

CIÈNCIA I TÈCNICA

Ecologia

AULA D'ECOLOGIA

CICLE DE CONFERÈNCIES
2002



AULA D'ECOLOGIA

ANNA ÀVILA I JAUME TERRADAS (EDS.)

AULA D'ECOLOGIA

CICLE DE CONFERÈNCIES
2002

Universitat Autònoma de Barcelona
Servei de Publicacions
Bellaterra, 2003

DADES CATALOGRÀFIQUES RECOMANADES PEL SERVEI DE BIBLIOTEQUES
DE LA UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA

Aula d'Ecologia : cicle de conferències 2002 ; Anna Àvila, Jaume Terradas (eds.). — Bellaterra :
Universitat Autònoma de Barcelona. Servei de Publicacions, 2003. — (Ciència i Tècnica ; 24. Ecologia)

ISBN 84-490-2316-5

I. Universitat Autònoma de Barcelona
II. Col·lecció
III. Àvila, Anna
IV. Terradas, Jaume
1. Diversitat biològica — Congressos
502.3(063)

L'Aula d'Ecologia ha estat, en els cicles del 1996 al 2002, una iniciativa de l'Ajuntament
de Barcelona, en conveni amb la Universitat Autònoma de Barcelona, que ha tingut el suport,
en la coordinació i secretaria, del Centre de Recerca Ecològica i d'Aplicacions Forestals (CREAF).

Director de l'Aula d'Ecologia

Jaume Terradas i Serra, catedràtic d'Ecologia de la UAB

Coordinadors per l'Ajuntament de Barcelona

Margarita Parés i Rifà, Pau Rodríguez i Montequín

Preparació dels textos (resums de les ponències)

Anna Àvila (CREAF)

Coordinació de les sessions

Pilar Andrés (CREAF)

Anna Àvila (CREAF)

Il·lustració de la coberta

????????????????????????????????

Composició

Medusa

Edició i impressió

Universitat Autònoma de Barcelona

Servei de Publicacions

08193 Bellaterra (Barcelona). Spain

Tel. 93 581 10 22. Fax 93 581 32 39

sp@uab.es

ISBN 84-490-2316-5

Dipòsit legal: B. 18.442-2003

Impress a Espanya. Printed in Spain

Impress en paper ecològic



Aquesta publicació no pot ser reproduïda, ni totalment ni parcialment, ni enregistrada en, o transmesa per, un
sistema de recuperació d'informació, en cap forma ni per cap mitjà, sia fotomecànic, fotoquímic, electrònic, per
fotocòpia o per qualsevol altre, sense el permís previ de l'editor.

Índex

- 9-11 Pròleg, per Jaume Terradas i Serra
13 Ponents i programes de l'Aula d'Ecologia de l'any 2002

Setè cicle de conferències 2002

- 15-21 **Alfredo Ruiz**
Evolució i conservació de la biodiversitat
- 23-27 **Jordi Agustí**
Evolució de la biodiversitat al llarg del temps geològic
- 29-34 **Francisco Lloret**
Funció ecològica de la biodiversitat
- 35-40 **Miquel Riba**
Espècies prop de l'extinció
- 41-46 **Pere Arús**
La diversitat genètica en els conreus
- 47-50 **Miquel Alcaraz**
La diversitat en el medi marí
- 51-55 **Adolf de Sostoa**
La diversitat de vertebrats a l'Amazònia
- 57-61 **Eduard Durany**
Els ocells de la ciutat de Barcelona
- 63-71 **Xavier Font**
El banc de dades de biodiversitat a Catalunya
- 73-78 **Jaume Vicens**
La diversitat biològica aplicada a la gestió de parcs naturals.
En cal un model?

- 79-84 **Antoni Alarcón**
La recuperació del front litoral del Besòs
- 85-91 **Joan Subirats**
Diversitat intercultural

Pròleg

Jaume Terradas i Serra

Catedràtic d'Ecologia de la UAB
i director de l'Aula d'Ecologia

Aquest nou volum de resums de les conferències fetes a l'Aula d'Ecologia, que organitza l'Ajuntament de Barcelona conjuntament amb la Universitat Autònoma de Barcelona, recull les de l'any 2002 i es diferencia dels anteriors en el fet que, per una vegada, totes es poden incloure en un únic tema general, el de la biodiversitat. Com en els anys anteriors, les entitats organitzadores van comptar amb la cooperació del Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) i, també com a les darreres edicions, la seu de l'Aula va ser el Centre de Recursos Barcelona Sostenible. Els resums han estat elaborats un any més per la doctora Anna Àvila, investigadora del CREAF, i revisats pels ponents, excepte el del senyor Alarcón, que va ser escrit directament per l'autor.

La tria d'un tema únic, apartant-nos de la tradició de les sis edicions anteriors d'aquests cicles de conferències, es va deure a la importància que aquest tema tenia en relació amb els compromisos plantejats per l'Agenda 21 i també a l'interès que havia generat de cara a la cimera de Johannesburg. Tanmateix, les conferències van mantenir les seves característiques d'aportacions molt lliures per part dels autors i debats posteriors igualment oberts. La selecció de conferenciants va incloure, un cop més, alguns dels més reconeguts experts en la matèria i va permetre de recórrer un ventall de qüestions molt ampli.

Un primer bloc de conferències va abordar els mecanismes geològics i biològics de formació i manteniment de la biodiversitat i d'extinció. L'Alfredo Ruiz va fer una aproximació evolutiva al desenvolupament de la diversitat, des de l'òptica de la genètica, i va incidir també en les conseqüències que hem de treure dels coneixements sobre l'evolució i la filogènia a l'hora de dissenyar polítiques de conservació. En Jordi Agustí es va ocupar també de l'evolució, però en una perspectiva temporal, basada en el registre fòssil, en la qual va poder posar de manifest les fluctuacions experimentades per la biodiversitat com a resultat de diversos

processos d'extinció i, de manera molt rellevant, la tendència general a l'augment de la biodiversitat propiciada per processos geològics lligats a la dinàmica de l'escorça terrestre. En Francisco Lloret va exposar la relació de la biodiversitat amb el funcionament dels sistemes ecològics, tant pel que fa a la teoria com a les principals evidències experimentals, insistint en el paper de la biodiversitat com a garant del manteniment dels mecanismes funcionals sota una varietat de condicions ambientals i en resposta a perturbacions. En Pere Arús es va referir a la generació de nova diversitat, en aquest cas a nivell subespecífic, en els conreus, la qual cosa, a més, va permetre entrar en un repàs de les principals tècniques moleculars emprades en genètica que es relacionen amb l'estudi de la biodiversitat.

Un segon grup de conferències va considerar la biodiversitat en diferents ambients. En Miquel Alcaraz es va referir a la biodiversitat en el medi marí, especialment en el plàncton. L'Adolf de Sostoa va descriure les característiques dels ambients amb més biodiversitat del món, a l'Amazònia, per explicar aquesta biodiversitat en el cas dels vertebrats. L'Eduard Durany es va ocupar d'un tema de gran interès local en el marc de l'Agenda 21, com és la biodiversitat d'ocells a la ciutat de Barcelona, que va relacionar amb els diferents ambients que es donen a la ciutat.

Tres conferències van tenir una molt forta component pràctica. En Xavier Font va explicar l'estructura, funcionament, contingut i ús del Banc de Dades de Biodiversitat de Catalunya, eina indispensable per a estudis científics o consultes relacionades amb previsió d'impactes i planejament. En Jaume Vicens es va ocupar de la gestió dirigida a la conservació de la biodiversitat mitjançant àrees protegides, fent un ampli repàs de fortal·leses i debilitats en el sistema actual d'espais protegits català. L'Antoni Alarcón va presentar les iniciatives de restauració dirigides a recuperar la biodiversitat al darrer tram i front litoral del riu Besòs, exposant les tècniques emprades i els resultats, molt positius, d'aquestes actuacions.

La conferència de Joan Subirats va ser la única que no va tractar de biodiversitat, sinó d'un tema que també té una enorme importància, el de la diversitat intercultural. Els organitzadors vam creure interessant disposar d'una oportunitat per veure possibles similituds i diferències entre els conceptes emprats per estudiar la diversitat en la perspectiva més naturalista i la social. El conferenciant va tractar sobretot de la immigració, les legislacions i polítiques que s'hi refereixen i les idees subjacents sobre el fenomen en aquestes mesures.

Entenem que l'Aula d'Ecologia 2002 va tornar a oferir als assistents la possibilitat d'obtenir coneixements que els ajudessin a formar-se opinions ben fonamentades sobre qüestions del màxim interès ambiental.

No hi ha dia en què no es posin de manifest les dimensions complexíssimes de la qüestió ambiental i la necessitat de fomentar el coneixement, la reflexió i la presa de decisions adequades. Aquest és el camp en què l'Aula d'Ecologia vol fer la seva aportació, i, a la vista de l'interès de les aportacions de les conferències del 2002, hem cregut útil, un cop més, posar-les almenys parcialment a disposició d'un públic més ampli amb la publicació d'aquests resums.

Com a director de l'Aula, vull agrair un any més la voluntat institucional de l'Ajuntament de Barcelona, representada per la regidora i tinenta d'alcalde Imma Mayol i Beltran i pel gerent del Sector Manteniment i Serveis, Ricard Frigola i Pérez, i de la Universitat Autònoma de Barcelona, de perseverar a organitzar aquests cicles, i al CREAM la seva important aportació. Més específicament, cal reconèixer la contribució logística essencial que han fet els responsables i personal del Centre de Recursos Barcelona Sostenible, el personal del Servei de Publicacions de la UAB, especialment en Carlos Alonso, els secretaris de la Unitat d'Ecologia de la UAB Javier Jerónimo, i del CREAM Marta Barceló, la feina de coordinació d'en Pau Rodríguez i la Margarita Parés des de l'Ajuntament i la coordinació de sessions que han fet l'Anna Àvila i la Pilar Andrés. I, de manera molt especial, és clar, les dels ponents i de la doctora Anna Àvila en la redacció dels textos.

Gener de 2003

Ponents i programes de l'Aula d'Ecologia de l'any 2002

Setè cicle de conferències 2002

Alfredo Ruiz: Evolució i conservació de la biodiversitat (14 de febrer).

Francisco Lloret: Funció ecològica de la biodiversitat (21 de febrer).

Jordi Agustí: Evolució de la biodiversitat al llarg del temps geològic (28 de febrer).

Miquel Riba: Espècies prop de l'extinció (7 de març).

Antoni Alarcón: Recuperació de biòtops en el medi marí. El front litoral del Besòs (14 de març).

Eduard Durany: Els ocells de la ciutat de Barcelona (21 de març).

Xavier Font: Banc de dades de diversitat a Catalunya (4 de abril).

Joan Subirats: Diversitat cultural i societats interculturals. Interrogants i polítiques (11 de abril).

Jaume Vicens: La diversitat biològica aplicada a la gestió d'espais naturals. En cal un model? (18 de abril).

Adolf de Sostoa: Diversitat de vertebrats a l'Amazònia (25 de abril).

Pere Arús: Diversitat genètica en els conreus (2 de maig).

Miquel Alcaraz: La diversitat en el medi marí (9 de maig).

Fruit de la ja antiga col·laboració —iniciada el 1980— en el camp de l'ecologia urbana entre l'Ajuntament de Barcelona i la Universitat Autònoma de Barcelona, el 1996 neix l'Aula Permanent d'Ecologia de la Ciutat. L'Aula d'Ecologia té els seus orígens en el propòsit de consolidar un nucli de debat sobre la qüestió ambiental. Des de la seva creació, l'Aula d'Ecologia ha organitzat un cicle de conferències anual i, des del cicle de 1997, els resums s'han publicat en volums d'aquesta mateixa sèrie.

En el present volum, s'inclouen els resums del cicle de l'any 2002, que va ser dedicat de manera monogràfica al tema de la biodiversitat. Es van tractar en aquest cicle els aspectes més científics, com els relatius a genètica i mecanismes evolutius (Alfredo Ruiz), el registre fòssil evolutiu (Jordi Agustí), la funció ecològica de la biodiversitat (Francisco Lloret), el comportament d'espècies prop de l'extinció (Miquel Riba); també d'altres components a estudis de casos concrets, sigui d'abast molt general, com l'Amazònia (Adolf de Sostoa), el medi marí (Miquel Alcaraz), l'agricultura (Pere Arús), o d'abast més particular barceloní, com els biòtops marins i el litoral del Besòs (Antoni Alarcón), o els ocells de Barcelona (Eduard Durany); altres temes van tractar de la gestió (Jaume Vicens) i la recopilació de bancs de dades a Catalunya (Xavier Font). En un context diferent, no biològic sinó social, es va situar la conferència sobre diversitat cultural, de Joan Subirats.

Creiem que l'espectre temàtic descrit certament no esgota la gran complexitat de qüestions que es poden vincular a la biodiversitat, però ofereix un panorama força equilibrat de conceptes, casos concrets, eines i línies d'actuació. Això ha estat possible per la qualitat de les conferències, que es van encarregar, un any més, a personalitats rellevants, experts amb trajectòries que els fan profunds coneixedors dels temes tractats. L'interès de les sessions, també un any més, es va veure molt enriquit pels debats, generalment vius i oportuns, amb els assistents.

ISBN 84-490-2316-5



9 788449 023163

Evolució i conservació de la biodiversitat

Alfredo Ruiz

La biodiversitat de la Terra és el producte de quatre mil milions d'anys d'evolució. L'home és una espècie molt recent en el planeta i, tot i ser d'aparició tan recent, està causant uns impactes sense precedents que poden condicionar la posterior evolució de la biodiversitat. Analitzaré aquí les conseqüències evolutives de l'acció de l'home en la biosfera, i presentaré algunes estratègies que ens indiquen, des del punt de vista evolucionista, com podem mantenir aquesta biodiversitat.

La diversitat és un producte de l'evolució, i, per tant, l'estudi de com s'ha originat aquesta biodiversitat i la seva evolució hauria de proporcionar eines per predir els canvis i per dissenyar millors estratègies de conservació.

Conseqüències evolutives de l'impacte humà sobre la biosfera

Extinció d'espècies

Una primera conseqüència de l'impacte de l'home sobre la biota és l'extinció d'espècies. Les extincions provocades per l'home no són un fenomen recent: fa uns quinze mil anys, quan l'home va colonitzar el continent nord-americà, ja es produí l'extinció dels grans mamífers. Recentment, però, la taxa d'extinció ha esdevingut molt ràpida. En els darrers quatre-cents anys s'ha documentat l'extinció d'unes set-centes espècies, i això encara seria una subestimació, a causa del desconeixement profund d'alguns grups taxonòmics. En dos grups força ben coneguts, com són les aus i els mamífers, el nombre d'espècies extingides és d'unes dues-centes, xifra que representa una proporció considerable del total d'espècies d'aquests tàxons. Aquesta taxa és de dos o tres ordres de magnitud més gran de la que correspondria per l'extinció natural.

En la història de la Terra hi ha hagut períodes d'extincions massives. En els darrers sis-cents milions d'anys s'han produït cinc períodes d'ex-

tinició massiva, coincidint amb crisis ambientals molt importants en el planeta. Dades del registre fòssil d'organismes marins, que és molt fiable i complet, mostren com s'han desenvolupat els processos d'extinció i la posterior recuperació. En general, després d'una extinció s'ha produït una recuperació, de manera que, globalment, la tendència és cap a un increment de la diversitat. I això fa que actualment estiguem en el període de màxima diversitat. El registre indica també que el període necessari per a la recuperació de la diversitat és força llarg, de l'ordre de desenes de milions d'anys. Hi ha alguns autors que opinen que som a les portes d'un sisè episodi d'extinció. Si fos així, i la recuperació d'aquesta extinció durés unes quantes desenes de milions d'anys, podríem pensar que l'espècie humana no existiria ja en el planeta per veure-la.

El motiu per explicar la lentitud de la recuperació és que el procés que porta a la generació de noves espècies demana temps. En molts grups es considera que les espècies sorgeixen per especiació geogràfica. Això requereix que la població original se separi en dos o més grups i que aquests es mantinguin aïllats per barreres geogràfiques. Amb el pas de les generacions les subpoblacions s'adaptaran als seus respectius ambients i finalment seran prou diferents per constituir espècies diferents, aïllades reproductivament. Aquest procés requereix desenes de milers de generacions; és a dir, molt de temps. A més, l'especiació necessita espai, ja que les espècies s'han de separar per barreres geogràfiques. Això ha anat sovint lligat a canvis geològics molt lents. Així doncs, l'especiació és molt lenta, i actualment no es produeix a un ritme prou àgil per compensar la taxa d'extinció.

L'espai necessari per a l'aparició d'espècies noves es pot deduir a partir de la mida de la illa més petita on hi ha hagut especiació (generació d'espècies noves) *in situ*. La mida varia entre els diferents grups d'organismes. Comparant la superfície necessària per a l'especiació amb la de molts parcs naturals, es pot deduir que els parcs són probablement massa petits perquè hi puguin aparèixer espècies noves d'ocells, peïxos, mamífers i plantes fanerògames, malgrat que sí que semblen suficients per a l'especiació d'amfibis i rèptils.

Extinció d'espècies i fragmentació de l'hàbitat

És evident que l'extinció d'espècies és només la punta de l'iceberg. El nombre de poblacions que desapareixen a mesura que els hàbitats es fragmenten i alteren es incalculable. Un exemple dramàtic d'aquest efecte és la desaparició de la selva Atlàntica del Brasil. Aquesta selva ocupava un milió de km² aproximadament, estenent-se en paral·lel a la costa atlàn-

tica del Brasil des de Recife fins a Rio Grande do Sul. Des de la colonització portuguesa s'ha anat destruint aquests boscos, fins que ara en queda només el 5% de l'hàbitat original, i, a més, està molt fragmentat: el fragment més gran té tan sols uns 7.000 km².

Espècies exòtiques

Un altre canvi evolutiu provocat per l'home és la invasió d'espècies. Intencionadament o sense saber-ho, l'home ha trencat les barreres que existien originalment per a les espècies i les mantenen dins d'uns límits geogràfics concrets, cosa que ha facilitat l'intercanvi d'espècies que anteriorment estaven aïllades. Les espècies invasores provoquen molts perjudicis en els ecosistemes envaïts: competeixen amb les espècies autòctones, les depreden, i transfereixen malalties d'una forma molt agressiva. Lluny de les seves zones d'origen, les espècies invasores sovint perden els seus enemics naturals i esdevenen plagues. Hi ha exemples d'invasions biològiques a tots els continents. A part de les espècies exòtiques, tenim les espècies oportunistes que s'aprofiten de l'expansió humana. Rates, pardals, escarabats, i altres insectes proliferen en els espais domèstics en augment per l'expansió urbana.

Conseqüències evolutives de l'escalfament global

Es calcula que en els darrers cent anys ha augmentat la temperatura de la Terra en 0,5 °C, i es preveu que augmentarà en 2 °C més en els propers cent anys. Aquest escalfament s'ha vist que ja està causant canvis en algunes poblacions. Per exemple, s'ha documentat un desplaçament geogràfic cap al nord de la papallona *Euphydryx editha* de Califòrnia. Si les espècies poden desplaçar-se, és perquè tenen possibilitat de dispersar-se, però tot sovint hi ha barreres per a l'espècie o hi ha fragmentació del seu hàbitat i la possibilitat de desplaçament queda interrompuda.

Estratègies per a la conservació. Identificació i conservació dels diversos llinatges en l'arbre de la vida

Per conservar la biodiversitat, seria prioritari contestar la pregunta: què és el que volem conservar? Des del punt de vista evolutiu la resposta és: les espècies. Les espècies són grups d'organismes que estan aïllats reproductivament i evolucionen com a llinatges independents. A més, normalment les espècies han desenvolupat diferències morfològiques, ecològiques i etològiques que poden contribuir al seu aïllament genètic

i a la seva coexistència en simpatria. Des del punt de vista evolutiu és molt clar que el que cal conservar són les espècies com a diversos llinatges de l'arbre de la vida.

S'han identificat 1,5 milions d'espècies, però aquest nombre probablement només constitueix una petita fracció de la diversitat existent.

Importància de la filogènia

S'han de tractar igual totes les espècies? Totes les espècies mereixen el mateix esforç de conservació? Totes les espècies valen el mateix?

Des del punt de vista evolutiu, el més lògic és conservar la major diversitat taxonòmica possible, el major nombre de llinatges diferents: el que s'anomena la diversitat filogenètica. En aquest sentit, s'hauria de tenir en compte la història evolutiva, és a dir, la suma de les longituds de totes les branques de l'arbre filogenètic de la vida. Si s'accepta això, és clar que les espècies no contribueixen en el mateix grau a la diversitat taxonòmica o a la història evolutiva i, per tant, haurien de rebre una diferent prioritització.

Per entendre això posaré l'exemple de la filogènia de l'ós panda. Durant molt de temps no se sabia ben bé on situar l'ós panda, si entre els óssos o entre els mapatxes. Els estudis moleculars van mostrar que efectivament l'ós panda pertany a la família dels óssos (*Ursidae*). Però el llinatge del panda se separà molt aviat de la resta dels óssos, fa uns vint milions d'anys, formant la subfamília exclusiva de l'ós panda (*Ailuropodinae*), de la qual és l'únic representant. Això confereix a aquesta espècie un valor superior al dels altres óssos, en el sentit que, si s'extingeix l'ós panda, desapareix tota una subfamília o vint milions d'anys d'història evolutiva. Des d'aquesta perspectiva, hi ha espècies amb major valor a l'hora de pensar en conservació. Això es pot quantificar. S'han proposat mètodes per assignar un valor a les espècies. Aquest procediment té l'avantatge de ser precís i de permetre combinar aquests valors amb altres criteris per tenir-los tots en compte en la presa de decisions.

Conservació de la història evolutiva

Recentment, Nee i May (1997) han abordat la mateixa qüestió des d'un altre punt de vista. Es pregunten, en un arbre d'una certa diversitat filogenètica mesurable per la longitud de les branques d'aquest, si es produeixen extincions, quina proporció de la diversitat filogenètica es perd. En les seves simulacions per ordinador, l'extinció es pot produir a l'atzar o bé selectivament (mitjançant un algorisme que maximitza la quantitat

d'història evolutiva conservada). Els resultats mostren que, per a arbres filogenètics de cinquanta a cinc-cents espècies, la quantitat d'història evolutiva que es conserva és molt alta malgrat que s'extingeixin la majoria de les espècies. Per exemple, amb una extinció aleatòria que elimina el 80% de les espècies, es manté encara el 50% de la història evolutiva d'aquest arbre. Si s'aplica l'algorisme de maximització, s'aconsegueix salvar només un 10% addicional. En resum, el que es vol dir en aquest treball és que, si s'extingeixen les espècies a l'atzar, es té aproximadament el mateix resultat que si es prioritzen les espècies. Però, hi ha dos problemes: 1) L'efecte de la pèrdua d'espècies és diferent depenent de la topologia de l'arbre: amb un arbre en forma d'arbust de moltes bifurcacions (*bush*), la pèrdua es menor que quan l'arbre té forma de pinta (*comb*). 2) Alguns autors han contestat que en molt poques ocasions l'extinció és aleatòria (tal com consideraven Nee i May), i això fa que la pèrdua d'espècies provoqui una pèrdua de diversitat filogenètica més gran que la postulada.

Preservació de la variabilitat genètica i la diversitat intraespecífica

Les espècies no són estàtiques. Canvien i han canviat contínuament. Si es vol conservar la biodiversitat a mitjà o llarg termini, s'ha de permetre que les espècies segueixin evolucionant. Per fer això s'ha de conservar tant la variabilitat genètica com la diversitat geogràfica intraespecífica. Conservar-la significa permetre que les espècies segueixin el seu procés d'adaptació, que tinguin l'oportunitat de continuar evolucionant. La variació genètica que hi ha en les poblacions de qualsevol espècie és la matèria prima sobre la qual actua la selecció natural i li permet evolucionar. La clonació va justament en sentit contrari.

Des del punt de vista evolutiu, s'ha de conservar la diversitat genètica que hi ha en les poblacions. Això es pot fer conservant una mida mínima de les poblacions, ja que la diversitat genètica varia en funció de la mida. Per exemple, una població de deu individus perdrà pràcticament tota la variabilitat en cent generacions. Si la població tingués cinc-cents individus, en cent generacions només hauria tingut un 18% de pèrdua. Així doncs, es pot predir la mida de la població necessària per conservar un cert percentatge de la diversitat genètica inicial. Molts programes de conservació tenen com a objectiu conservar el 90% de la diversitat inicial en un termini de cent o dos-cents anys. Per conservar el 90% de la diversitat en cent anys en una espècie de temps de generació de deu anys, necessitem una població mínima de quaranta-vuit individus.

Si el temps de generació és d'un mes, necessitarem més de cinc-mil individus. La mida de les poblacions s'ha de tenir en compte en els programes de gestió en parcs naturals i d'espècies en captivitat, no només per raons demogràfiques, sinó també perquè és el principal determinant del destí de la variabilitat genètica.

També és important de conservar la diversitat intraespecífica geogràfica. En moltes espècies, els taxònoms han descrit subespècies o races geogràfiques, com per exemple el llop gris (*Canis lupus*), del qual els taxònoms a Nord-amèrica han arribat a descriure vint-i-tres subespècies, i a Euràsia, unes set o vuit. Normalment, entre els taxònoms hi ha discrepàncies quan descriuen tàxons a nivell de subespècie per la dificultat de trobar criteris objectius unànimes. Això constitueix un problema, atès que, des del punt de vista evolutiu, les subespècies són molt importants ja que poden representar un estadi intermedi en el procés d'especiació. Si fos així, les subespècies o races estarien en el camí de l'especiació i caldria respectar aquest procés. A causa de la dificultat per establir les subespècies, ens podem preguntar: ¿totes les subespècies són diferents genèticament? Les diferències morfològiques ¿corresponen a una diferència genètica substancial? Per tal d'esbrinar això s'han de fer estudis genètics i conservar les subespècies amb una diferenciació genètica important; és a dir, identificar el que s'anomena les unitats evolutives significatives (ESU), els llinatges més divergents dins d'una espècie.

L'estudi de l'ós bru a Europa ha revelat que n'hi ha tres llinatges amb un grau considerable de diferenciació (és a dir, tres ESU). Amb estudis de l'ADN mitocondrial, s'ha vist que hi ha dos llinatges ben diferenciats, un d'oriental que es distribueix per Rússia, Estònia i Romania, i un altre d'occidental. Aquest darrer se subdivideix al seu torn en un llinatge balcànic, que ocupa Grècia, Bulgària, Eslovènia i Croàcia, i un llinatge ibèric, a la península Ibèrica i Escandinàvia. Aquest estudi suggereix que en l'ós bru hi ha tres ESU que s'haurien de conservar separatament, i que el llinatge representat pel refugi de la península Ibèrica és el més amenaçat.

Conservació dels hàbitats i ecosistemes

La conservació de la diversitat genètica no serviria de res si no es conservessin els ecosistemes. Les espècies estan immerses en xarxes d'interaccions (competència, depredació, mutualisme, etc.), que les sustenten i determinen part de les seves característiques. No té sentit conservar espècies fora dels seus hàbitats o ecosistemes, llevat que es faci com a solució temporal d'emergència.

Fem ara un repàs dels ecosistemes més diversos de la Terra i la pèrdua d'espècies que provocaria la seva desaparició. Dins d'aquests, la selva humida tropical és un dels més importants del planeta. Conté més de les dues terceres parts de les espècies de la Terra. Aquest ecosistema està en franca regressió. De la superfície de 14 o 18 milions de km² que ocupava originàriament, ara en queda aproximadament la meitat i segueix desapareixent a un ritme de l'1% anual (entre 100.000 i 200.000 km² per any), la qual cosa el portaria a desaparèixer en uns cinquanta anys. Pimm i Raven (2000) han utilitzat la teoria de la biogeografia insular per calcular les extincions associades a la desaparició del bosc tropical. Veuen que amb la desaparició del 50% del terreny de la selva, desapareixeria el 15% de les espècies. Un corollari d'aquest estudi és que, si tota l'àrea tropical desaparegués i només quedessin les superfícies protegides amb alguna figura legal de protecció (que constitueixen el 5% de l'àrea total), s'esperaria la desaparició del 50% de les espècies. Això es podria considerar com una crisi massiva, similar a les extincions esmentades al principi. Si no canvien les tendències actuals, el panorama és molt poc engrescador. S'hauria de fer un esforç a escala planetària per salvar la màxima extensió possible dels hàbitats que encara conserven el seu estat original. El creixement econòmic i l'explotació de recursos ha de ser compatible amb la conservació de la biodiversitat.

Referències

- Nee, S. i May, R., 1997. *Science*, 278: 692-4.
Pimm, S. i Raven, P., 2000. *Nature*, 403: 843-5.

Evolució de la biodiversitat al llarg del temps geològic

Jordi Agustí

En aquesta presentació no parlarem dels canvis de biodiversitat que tant ens preocupen en aquests moments de la nostra petita història actual, sinó de canvis a nivell del temps geològic, és a dir, els canvis que s'han produït al llarg d'una història que es remunta uns 3.600 milions d'anys enrere. De fet, no ha estat fins la segona meitat del segle XX que l'anàlisi de l'evolució de la biodiversitat global a escala geològica va ser objecte d'atenció preferent per part dels paleontòlegs. Anteriorment, la mancança de bases de dades suficientment elaborades sobre el nombre de famílies i llur extensió en el temps geològic feia molt difícil plantejar aquest tipus de qüestions. La mateixa noció de diversitat biològica, de gran significació ecològica pel que fa a la calibració de la maduresa d'un ecosistema, tenia poca implantació en els estudis de paleontologia, més centrats aleshores a deduir les condicions locals de formació dels jaciments. No existia encara una aproximació global a les variacions de diversitat que s'observaven en el registre fòssil.

Una primera aproximació a aquest tema va ser desenvolupada el 1969 pel paleontòleg americà James W. Valentine, de la Universitat de Califòrnia a Berkeley. Prenent com a referència una base de dades encara força incompleta, Valentine va fer una estimació per famílies de la variació de la diversitat al llarg del temps geològic. L'esquema resultant mostrava un ràpid increment del nombre de famílies a la primera part del Paleozoic, des de gairebé cinquanta en el Càmbric fins a prop de dues-centes cinquanta al final de la primera part de l'Ordovícic. Posteriorment, al llarg del Paleozoic, aquesta xifra s'anava mantenint amb oscil·lacions, fins que una abrupta caiguda al límit del Pèrmic-Triàsic situava novament la biodiversitat a nivells comparables als del principi del Paleozoic.

Posteriorment, al començament del Mesozoic, i durant el Triàsic, la diversitat pujava novament. Des de llavors, segons l'esquema esbossat per Valentine, la biodiversitat no hauria deixat d'augmentar al llarg de la història del planeta.

Aquest esquema fou poc després criticat pel paleontòleg David Raup, per qui el patró observat per Valentine reflectia en realitat un artefacte estadístic. Per Raup, tot l'esquema estava influït pel volum de roca preservat de cada període. A més quantitat de sediment preservat, major nombre d'espècies i famílies preservades. Com que a mesura que ens apropem al present augmenta el volum de roca que no ha estat destruït, és lògic esperar que el registre de biodiversitat també augmenti. L'increment en el nombre de famílies que Valentine havia observat no reflectiria un veritable augment de la biodiversitat al llarg del temps geològic, sinó una millor preservació del registre fòssil a mesura que ens apropem al present (el que Raup va anomenar «the pull of the present»). Posteriorment, el model de Valentine va rebre crítiques semblants per part d'altres paleontòlegs com Stephen J. Gould o Jack Sepkoski. La proposta de Valentine, nogensmenys, va tenir el seu efecte, ja que aquest darrer investigador, alumne de Raup, va iniciar després, pel seu compte, un càlcul similar, encara que amb una base de dades més completa. Curiosament, encara que més detallats, els resultats de Sepkoski mostren a grans trets una clara similitud amb els de Valentine. Novament s'observava un increment significatiu de la diversitat al Càmbric, increment que es feia molt més evident a partir de l'Ordovíic, moment en què s'assolia una fita superior de més de quatre-centes famílies. Posteriorment, al llarg del Paleozoic, i malgrat les importants recaigudes (com la del final de l'Ordovíic), es mantenia un equilibri al voltant de quatre-centes famílies, fins que tenia lloc la gran extinció del límit Paleozoic-Mesozoic. Aquest últim esdeveniment d'extinció, el més gran de la història del planeta (P-T XT en la fig. 1), va comportar l'extinció de més d'un centenar de famílies, i va baixar la diversitat fins a nivells anteriors al màxim de l'Ordovíic. Posteriorment, en el Triàsic, i al llarg de la resta del Mesozoic i del Cenozoic, la diversitat, tal com va comprovar Valentine, no ha fet sinó incrementar-se successivament (i això malgrat altres crisis de biodiversitat profundes com van ser les extincions del Triàsic superior i del final del Cretaci; fig. 1).

Sepkoski no només va realitzar un càlcul del nombre de famílies presents a cada interval geològic, sinó que va engegar, així mateix, una anàlisi de les faunes marines, establint els grans grups d'organismes que havien protagonitzat cada nou increment de diversitat. Així doncs, l'increment inicial de diversitat que s'observava en el Càmbric va afectar bàsicament quatre tipus d'organismes: cucs poliquets, trilobits, mol·luscs monoplacòfors i braquidípodes inarticulats. Aquests grups assolixen la seva màxima diversificació al començament de l'Ordovíic, i decauen i són reemplaçats a continuació per un altre conjunt d'animals de la

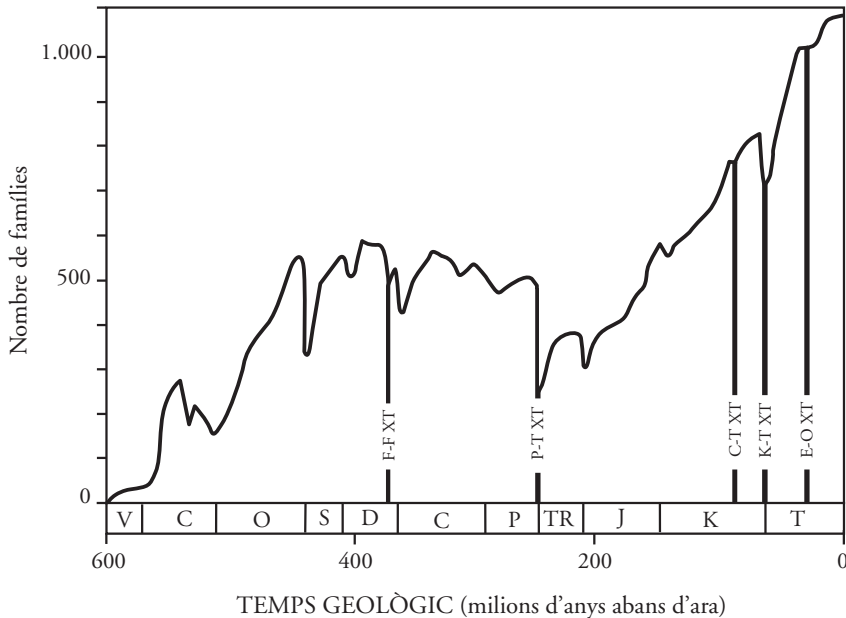


Figura 1. Registre de la diversitat de famílies marines durant els darrers 600 milions d'anys, modificat de Sepkoski (1993). V = Vendesiense, C = Càmbric, O = Ordovíci, S = Silúric, D = Devònic, C = Carbonífer, P = Pèrmic, TR = Triàsic, J = Juràssic, K = Cretaci, T = Terciari.

plataforma marina. És amb aquest segon conjunt de formes que s'arriba, durant l'Ordovíci, als nivells estàndard de diversitat observats en gran part del Paleozoic. Aquest nou conjunt està format per braquiòpodes articulats, coralls antozous, briozous estenolemats, equinoderms arcaics (crinoideus, esteleroideus), ostràcodes i cefalòpodes del grup dels nautiloideus. Amb petites variacions, constitueixen els organismes dominants a les plataformes continentals del Paleozoic. Una de les coses que sorprèn d'aquestes faunes és que, contràriament al que s'observa durant el Càmbric o l'Ordovíci, els nivells de diversitat es van mantenir més o menys constants al llarg del Paleozoic, i això apareix en el gràfic com un persistent «altiplà» que, amb diverses oscil·lacions (relacionades amb episodis de extinció massiva), es manté, com hem dit, a l'entorn de les quatre-centes famílies d'invertebrats marins (fig. 1). Aquest altiplà es manté fins fa uns 220 milions d'anys, quan es produeix la gran crisi del límit Pèrmic-Triàsic. De forma abrupta, el segon grup de faunes paleozoiques queda reduït a un xic menys de cent famílies, i un tercer grup de faunes, les anomenades «faunes modernes», es fan dominants en els

ambients de plataforma. Els elements que componen aquest tercer grup de faunes són els que avui dia reconeixem a les nostres costes, com per exemple els mol·luscs gasteròpodes i bivalves, els equinoideus, els crustacis de tipus modern (malacostracis), els peixos ossis (osteictis) i els esquals (o condriactis), les esponges del grup de les demosponges o els briozous gimnolemes. Una de les característiques d'aquest tercer grup d'organismes «moderns» és que llur diversitat no ha parat d'augmentar des que, fa 220 milions d'anys, van esdevenir els organismes dominants en els ecosistemes marins de plataforma.

El patró que es deriva dels treballs de Valentine i Sepkoski mostra l'existència de moments, com ara l'inici del Càmbric o de l'Ordovíic, durant els quals es produeix un augment pràcticament ininterromput de diversitat. Posteriorment, sembla que s'arriba a un estat d'equilibri, tal com apareix al final del Càmbric i, molt especialment, a partir de l'Ordovíic superior. Una manera d'explicar aquestes pautes de diversitat seria aplicant models derivats de la física, com per exemple la teoria de forces. Es tracta de models que parteixen d'una situació inicial d'equilibri. A continuació, s'assumeix que es produeix una pertorbació d'aquest equilibri per un factor extern (en el nostre cas, podria tractar-se de factors abiòtics, com ara davallades sobtades de la temperatura, impactes meteorítics o episodis de vulcanisme massiu). Aquesta pertorbació externa provoca una transició en el sistema cap a una nova fase d'equilibri. Models d'aquesta mena han estat aplicats, per exemple, a faunes insulars que s'han vist afectades per alguna catàstrofe externa o bé per la intrusió de nous elements. Les pautes de diversitat observades durant el Paleozoic, amb un augment de diversitat inicial, que després s'atenua i es manté al voltant d'uns valors estables durant milions d'anys, semblen acoblar-se força bé al model descrit basat en l'equilibri de forces. Ben al contrari, el model falla quan es tracta d'explicar l'increment pràcticament ininterromput de biodiversitat des del principi del Mesozoic. Un «estat d'equilibri» comparable a la «meseta» del Paleozoic no sembla haver-se produït mai entre les faunes modernes del tercer grup, on la diversitat ha anat creixent i creixent fins avui.

¿Com explicar aquest increment continuat de la diversitat?; ¿existeix un límit superior per a aquesta diversitat?; ¿sota quines condicions s'arriba als màxims? En altres paraules, ¿quins han estat els factors que han regulat la biodiversitat en el passat? En una primera instància, es podria pensar que una certa estabilitat ambiental afavoriria una progressiva partició dels *guilds* o dels nínxols ecològics del ecosistemes al llarg del temps. En absència de pertorbacions, per tant, la diversitat podria anar augmentant sense límits aparents, tal com s'observa amb les «faunes modernes».

Ara bé, quan s'observa a llarg termini l'evolució d'aquests *guilds*, res no fa pensar en una partició sense límits dels nínxols ecològics. Per contra, aquests mostren una gran estabilitat al llarg del temps, tant pel que fa als ecosistemes marins com als terrestres. El que varia i contribueix a incrementar la diversitat és el fet de que en determinats moments de la història, cadascun d'aquests *guilds* és ocupat per un gran nombre d'espècies a la vegada. I, inversament, hi ha moments, com en les extincions en massa, on hi ha una gran reducció del nombre d'espècies que ocupen aquests nínxols o, fins i tot, aquests poden arribar a quedar desocupats. Ara bé, un cop superat l'esdeveniment d'extinció, els nínxols tornen a recuperar-se i són novament ocupats per espècies que poden no tenir res a veure amb les precedents.

Hi hauria, nogensmenys, una altra via, en aquest cas no adaptativa ni funcionalista, com l'anterior, per explicar l'increment ininterromput de diversitat des del Mesozoic. Ens referim al fenomen de la vicariança, és a dir, a la formació de noves espècies per factors molt més lligats a l'atzar com podria ser l'aparició de noves barreres geogràfiques (braços de mar, cadenes muntanyenques) o de nous espais verges per ocupar (com en el cas de noves illes). Els màxims de diversitat s'assolirien en els moments en què la distribució dels continents comportés una màxima complexitat espacial. En aquest sentit, la tectònica de plaques ofereix una explicació per als canvis de diversitat en el passat que s'adiu molt millor amb les pautes del registre fòssil. Així doncs, la història de bona part del Paleozoic ens mostra unes masses continentals que tendeixen a agregar-se, tot formant al final del Paleozoic el supercontinent Pangea. Aquesta evolució explicaria per què, en un moment determinat de l'Ordovícic s'arriba ja a un màxim de diversitat que, amb variacions, es manté al llarg del Paleozoic. La coalescència dels continents hauria limitat la superfície útil per ser ocupada, tant a terra com a les plataformes continentals, amb la qual cosa s'hauria limitat també el nombre d'espècies que haurien ocupat aquests hàbitats.

Per contra, la situació a partir del Mesozoic és completament diferent: el supercontinent Pangea comença a disgregar-se, i nous braços de mar comencen a establir-se entre els incipients nous continents. L'aparició de noves barreres geogràfiques hauria afavorit nous processos d'aïllament i especiació a cada una de les àrees disjunctes, la qual cosa es resoluria en un increment continuat de la biodiversitat biològica. I això és precisament el que mostren les pautes desenvolupades a partir dels treballs de Sepkoski. Els models vicariants, per tant, semblen més adients a l'hora d'explicar les variacions de la diversitat al llarg del temps geològic.

Funció ecològica de la biodiversitat

Francisco Lloret

M'agradaria començar amb la definició dels conceptes en què es basa aquesta conferència: diversitat i ecosistema. Per mi, la biodiversitat és una qualitat dels sistemes biològics determinada pel nombre dels seus components i la seva abundància. Aquests components es poden considerar a diferents nivells: nivell genètic, d'espècie, o bé de tipus d'hàbitat. La pregunta clau és: com influeix aquesta biodiversitat en el funcionament dels ecosistemes? La primera reflexió, deguda al doctor Margalef, ens porta a veure que la natura es troba entremig de dues situacions extremes, amb un extrem situat en la màxima varietat d'elements (per exemple, el museu), i l'altre, en el de la màxima uniformitat (per exemple, les plantacions d'una mateixa espècie). A la natura, ens trobem generalment entremig d'aquestes dues situacions.

Paràmetres funcionals i biodiversitat

Alguns dels paràmetres que s'han usat més sovint per veure com la biodiversitat influeix en els ecosistemes serien: la productivitat (mesurable directament a partir de la biomassa o la cobertura vegetal), la respiració (mesurable per la producció de CO₂ o per la taxa de descomposició), els fluxos de nutrients (per exemple, l'ús del N pels vegetals és particularment important quan aquest nutrient és limitant), o la disponibilitat d'aigua. També hi podem considerar variables relacionades amb altres característiques, com ara la variabilitat en el temps. Per exemple, tindríem la predictibilitat, mesurable a partir de la desviació típica de qual-sevol d'aquests paràmetres anteriors, o la invasiabilitat, és a dir, el grau en què un ecosistema és vulnerable a l'entrada d'espècies alienes.

Biodiversitat a nivell d'espècie

El concepte de biodiversitat comprèn un ventall d'aspectes, com hem comentat abans, però aquí em centraré en la biodiversitat a nivell d'espècie. La raó és conceptual: adonar-nos que els organismes d'una mateixa espècie, subjectes reals que fan funcionar els ecosistemes, pel fet de compartir una dotació genètica, tenen un comportament ecològic semblant. Això permet als ecòlegs d'utilitzar les espècies com a unitats de treball. L'altre concepte important és que, sovint, espècies diferents tenen un comportament ecològic diferenciat; és a dir, les espècies no sempre són ecològicament equivalents. Si el seu comportament ecològic no és igual, hi ha d'haver alguna mena de jerarquia. Algunes espècies dominen, destacant per la seva contribució en algun dels paràmetres d'interès. Aquestes espècies poden ser importants per la seva quantitat o per fer una funció particularment rellevant. Aquestes darreres, que anomenem espècies clau, poden no ser gaire representades en quantitat, però tenen un paper funcionalment molt important. Les espècies clau poden controlar altres espècies de manera que poden condicionar tota l'estructura de l'ecosistema (un exemple molt bonic i molt estudiat és el de l'estrella de mar, que controla les comunitats de musclos bentònics). Hi ha altres tipus d'espècies clau, les que tenen un efecte modificador de l'hàbitat, com ara els coralls, que, per la seva forma de creixement, proporcionen aliment i també refugi a altres espècies que viuen al seu voltant.

Aquests són exemples que mostren que algunes espècies són particularment rellevants per al funcionament de l'ecosistema, però en realitat ens interessa veure la influència del conjunt d'espècies en els ecosistemes. En concret, ens podem preguntar per les conseqüències sobre l'ecosistema de la pèrdua o la incorporació de noves espècies. Aquest és un dels temes «estrella» de la recerca ecològica en aquests moments. D'altra banda, es tracta d'un tipus de qüestió que necessita d'experiments i infraestructures dissenyades especialment.

Una mica d'història

Abans de continuar, presentarem les hipòtesis de diversos pensadors teòrics. Primerament, a resultes de les reflexions d'Elton i de MacArthur es va proposar la idea que l'eficiència energètica de l'ecosistema augmenta amb el nombre d'espècies. La idea bàsica era que, si tenim un ecosistema amb moltes espècies i alguna d'elles falla, sempre n'hi haurà una altra que compleixi la mateixa funció i que la pugui suplir. Pensant en els fluxos d'energia en l'ecosistema, si faltava un dels elements d'un

nivell tròfic, aquest podria ser substituït per una altra espècie amb la mateixa funció. Un corollari de la sentència anterior és que la disminució del nombre d'espècies incrementa la vulnerabilitat de l'ecosistema a causa de la major escassetat o, eventualment, la manca d'espècies per intercanviar funcions.

Una altra aproximació és la d'Ehrlich i Ehrlich, autors de diversos llibres, entre els quals hi ha una petita meravella titulada *Extinction*, on reflexionen sobre aquest tema. Proposen la hipòtesi que ells van anomenar del *plane rivet* i que jo tradueixo com a col·lapse funcional, basada en la idea que la desaparició d'espècies pot ser irrellevant fins que s'ultrapassa un llindar a partir del qual es produeix un col·lapse. Usaven el símil de l'avió, per indicar que un avió pot seguir volant encara que li extraïem 1, 2, ..., o n cargols, fins que en traiem un (i hem arribat al llindar) que provoca el col·lapse, i l'avió cau. La hipòtesi té una implicació important, que és que la relació entre el nombre d'espècies i la funció de l'ecosistema no és lineal.

Més recentment, Walker va proposar la idea que el nombre d'espècies és irrellevant, posant l'èmfasi en la biomassa de productors, consumidors, descomponedors, etc. Aquest autor destaca la importància que hi hagi organismes capaços de fer les diverses funcions, i els processos de l'ecosistema podrien ser mantinguts per unes quantes espècies gràcies al principi de compensació.

Finalment tenim una altra possibilitat, expressada per Lawton, anomenada la hipòtesi idiosincràtica, en la qual s'afirma que no podem preveure les relacions entre nombre d'espècies i els processos dels ecosistemes, ja que aquesta relació seria pròpia i particular de cada cas (i d'aquí el nom). Una conseqüència d'aquesta visió és que la pèrdua d'espècies podria tenir en alguns casos uns efectes molt grans i alhora molt poc predictibles.

Així doncs, tenim teories i hipòtesis; ara caldria verificar què passa en la realitat. Buscarem primer evidències empíriques, basades en observacions a la natura. Posaré com a exemple els treballs de Tilman en prats de Nord-amèrica, on ha comprovat que un augment de la riquesa d'espècies augmenta la cobertura (és a dir, la producció) dels prats. Altres exemples confirmen ja un munt d'evidències que la relació entre el nombre de espècies i alguns processos dels ecosistemes és positiva.

La relació entre funcions dels ecosistemes i biodiversitat: evidència experimental

No obstant això, com a científics, a més de les dades observacionals, ens cal evidència experimental, per tal de poder ajustar millor la relació

causa-efecte. El repte actual és el disseny d'experiments que permetin revelar aquesta relació, i arreu del món diferents grups de recerca estan treballant en la manipulació de la diversitat per tal de veure els seus efectes sobre els processos de l'ecosistema. S'han fet molts estudis en prats, ja que en aquests hàbitats les espècies creixen ràpid, es poden fer rèpliques i es poden dissenyar moltes manipulacions. Per exemple, els experiments de BIODDEPTH (amb manipulacions al llarg d'un gradient latitudinal a Europa, des de la zona mediterrània fins al nord) han permès concloure que una disminució en el nombre d'espècies comporta una disminució de la producció, o sigui, una prova més de la relació positiva entre nombre d'espècies i una funció de l'ecosistema.

Una important característica dels ecosistemes és la seva capacitat de recuperar-se després d'una pertorbació. Les pertorbacions poden tenir diferents orígens (humans o naturals, sequeres, incendis, atacs d'herbívoros, etc.). La qüestió que es planteja és si les comunitats que tenen més espècies tenen també més capacitat de recuperar-se, o d'afrontar (resistir) aquestes pertorbacions. Tilman va aprofitar els seus mesuraments en parcel·les de prats per estudiar l'efecte de les pertorbacions. Va observar que les parcel·les que tenien un nombre més elevat d'espècies presentaven major resistència a la sequera, tot i que la resposta no era lineal, sinó asimptòtica, amb un efecte de saturació. En els ecosistemes ja rics en espècies, un augment d'aquestes no aportava major resistència a la pertorbació, un tipus de resposta no lineal que es va repetint en les diferents aproximacions.

Altres experiments s'han efectuat en el que s'anomena «microcosmos». Un microcosmos és una cambra situada al laboratori on es controlen les condicions ambientals, i on es fa créixer una combinació de diferents organismes, reproduint un ecosistema a petita escala, amb productors primaris, herbívors, depredadors, descomponedors, etc. I en aquests experiments es veu igualment que la resposta asimptòtica es va repetint.

Singularitat i redundància

El resum dels resultats d'aquestes observacions empíriques i dels experiments indica que la relació entre biodiversitat i funcionament dels ecosistemes és positiva, i sovint asimptòtica. D'altra banda, sabem també que no totes les espècies tenen el mateix comportament, havent-hi algunes espècies que contribueixen més que les altres. Així doncs, tenim dos elements: una certa resposta de redundància i, d'altra banda, el paper irremplaçable d'unes poques espècies (les espècies clau). En el cas de la

redundància, hi ha un concepte que ens ajuda força, el de grup funcional. Un grup funcional és un conjunt d'espècies que tenen un paper semblant en els processos dels ecosistemes. Per exemple, el grup funcional dels descomponedors, els fotosintetitzadors, els fixadors de nitrogen, etc.

Per què funciona això d'aquesta manera? ¿Podem imaginar el mecanisme pel qual aquesta diversitat entesa com a conjunt d'espècies afecta el funcionament dels ecosistemes? Per respondre això ens tornem a adreçar als teòrics. Alguns teòrics parlen d'un efecte de «selecció»: com més espècies hi ha en un ecosistema, més alta es la probabilitat de trobar espècies que hagin experimentat una selecció per un ús més eficient dels recursos.

Una altra explicació, no oposada a l'anterior, seria la de la idea de complementarietat: com més espècies hi ha en un ecosistema, més ampli és el rang de comportaments i més alta la probabilitat d'un ús més eficient dels recursos, ja que el que no és capaç de fer una espècie ho fa una altra, complementària de l'anterior.

Biodiversitat i perdurabilitat en el temps

Per anar acabant, ens falta afegir un darrer element important. Què és el que passa quan afegim l'escala temporal en aquest esquema? Els ecosistemes no són constants al llarg del temps; hi ha una seqüència d'entrades i desaparicions d'espècies. Des del punt de vista de la societat humana, això és rellevant per veure si els serveis que proporcionen els ecosistemes es mantenen, si perduren en el temps. Ens podem preguntar quin es el paper de la biodiversitat en la fiabilitat del funcionament dels ecosistemes.

Per respondre aquestes qüestions presentem la proposta de Naem (1998), que usa un concepte procedent de l'enginyeria per aplicar-lo a l'ecologia. Es tracta d'assimilar els elements dels ecosistemes als utilitzats en sistemes d'enginyeria. En enginyeria, si es vol que el sistema funcioni, el que es fa és afegir redundància, i així es preveuen i eviten les fallides d'algunes de les peces. Si això es trasllada als ecosistemes, les espècies d'un mateix grup funcional farien aquesta funció de redundància. Es pot incloure en aquest esquema el concepte d'espècie clau per indicar un grup funcional amb molt poques espècies, que, en un cas extrem, només en tindria una. Tanmateix, dins d'un grup funcional, les diferents espècies no tenen totes el mateix comportament. Afegint-hi l'escala temporal, en el cas que es produís un canvi ambiental (com un canvi climàtic), si hi ha redundància, l'espècie dominant pot canviar,

i passar a ser-ho una altra. Aquesta redundància, que en un dels enuncisats inicials era considerada com a garantia que es podien treure espècies, ara veiem que és valuosa per tal de mantenir la fiabilitat en el temps de l'ecosistema. I per il·lustrar això podem posar un exemple proper. L'estiu del 1994 va ser molt sec a Catalunya, i va afectar especialment les alzines (*Quercus ilex*), l'espècie dominant dels boscos esclerofil·les de Catalunya. Però a l'alzinar trobem també l'aladern fals (*Phillyrea latifolia*), una espècie que va resistir molt millor la sequera. Si aquesta tendència cap a condicions més xèriques continués, l'alzina podria ser substituïda per l'aladern fals als boscos esclerofil·les.

Sintetitzant, podríem resumir les idees principals que ajuden a entendre la relació entre biodiversitat i funcionament. Tenim la disjuntiva entre les espècies clau i els grups funcionals, dos conceptes que importen per entendre aquesta relació. Aquesta disjuntiva es correspon amb dos conceptes més generals: singularitat i redundància. Els sistemes ecològics neden, com s'ha dit al principi, entremig de les situacions extremes de màxima singularitat o de màxima repetició. Sovint, en parlar de biodiversitat només fem referència als elements de singularitat, però en realitat hem de considerar els dos aspectes i la seva relació si volem entendre el paper funcional de la biodiversitat. La redundància no es supèrflua, ja que proporciona fiabilitat en el temps. I és important considerar no únicament els valors puntuals de les funcions dels ecosistemes, sinó també la seva perdurabilitat en el temps.

Espècies prop de l'extinció

Miquel Riba

Abans de parlar d'extincions, el primer que cal fer és definir el terme. Entenem per extinció la desaparició de tots els membres d'una espècie. Això es pot produir a diferents escales espacials: des d'un nivell local, a un de regional o bé global; però les extincions quasi sempre comencen en les poblacions locals i acaben per ser de tipus global.

Història geològica

Per saber què pot passar amb les espècies prop de l'extinció, el millor és veure què ens diu la història del nostre planeta. En la història de la Terra s'han produït cinc o sis períodes d'extinció massiva amb una minva important del nombre d'espècies. Malgrat això, s'observa un increment de la biodiversitat cap als nostres dies. El període d'extinció més important fou el del Pèrmic-Triàsic, amb la desaparició del 50% de les famílies animals i d'aproximadament el 95% de les espècies marines. Aquestes extincions són selectives, i hi ha qui pensa que han tingut un paper clau en la diversificació de la vida. Així doncs, és probable que l'extinció dels dinosaures en el Cretaci hagi afavorit la diversificació dels mamífers tot posant les bases per a l'aparició de l'home.

L'extinció seria un fenomen molt freqüent a escala geològica. D'aquesta manera, si considerem que el nombre estimat d'espècies que hi ha hagut al planeta al llarg de tota la seva història se situa prop dels quatre mil milions, trobaríem que entre un 76-96% d'aquest total d'espècies s'han extingit. És també important aprendre algunes lliçons de la manera com es distribueixen aquestes extincions. Les corbes de supervivència per a les diverses famílies en els darrers sis-cents milions d'anys (el Fanerozoic) ens mostren unes èpoques d'extincions massives, entre les quals s'intercalen altres episodis d'extinció més petits i més freqüents. Podem veure una predisposició més gran a l'extinció per part de certs

organismes, justament els de poblacions de mida petita, distribució geogràfica reduïda i poca capacitat de dispersió.

Història recent

Anant cap a temps més recents, podem estudiar el que ha passat en els darrers quatre-cents anys, amb extincions ben datades per a alguns grups, com ara les aus i els mamífers. En aquest període s'observa un increment progressiu de les extincions per l'efecte de l'activitat humana fins fa uns cinquanta anys, on sembla que hi ha una estabilització de la tendència. Això, segons els optimistes, podria correspondre a l'efectivitat de les activitats dels grups conservacionistes. No obstant això, també n'hi ha que pensen que podria ser un artefacte de la normativa moderna, ja que, per declarar-la extingida, cal documentar que una espècie no ha estat observada durant cinquanta anys. Sembla que les extincions han estat majors per a les aus i els mamífers, i en canvi es troben poques extincions entre els insectes. També s'observa que les extincions han estat més acusades a les illes que no pas als continents.

Es poden fer alguns càlculs de les espècies en perill d'extinció, també dites amenaçades. El percentatge d'espècies amenaçades és bastant elevat entre els ocells i els mamífers. Entre les plantes, les monocotiledònies (per exemple, les palmeres) també ho estan força. En canvi, els insectes semblen estar poc amenaçats.

S'ha estimat la biodiversitat total del planeta en uns cinc milions d'espècies aproximadament, però n'hi ha que en fa una estimació de trenta milions. Hi ha, per tant, un rang de variació enorme en les estimacions del nombre d'espècies existents actualment al planeta, i per tant en el nombre total d'espècies en perill d'extinció. On hi ha més incertesa és precisament en l'estimació de les espècies d'insectes, i, malauradament, avui les grans destruccions d'hàbitat es produeixen en la selva tropical, allí on hi ha una major diversitat d'insectes. Tot i que el procés d'extinció recent d'espècies ve explicat per diverses causes, es pot considerar la destrucció de l'hàbitat com la més important.

Aproximació teòrica a la dinàmica de poblacions

Per entendre què pot passar en les espècies prop de l'extinció, faré una aproximació teòrica, basada en les probabilitats d'extinció. Per pronosticar els canvis en el nombre d'efectius d'una població es fan uns càlculs de probabilitat, basats en l'expressió $N_{t+1} = \lambda N_t$. Si λ (taxa de creixement) és 1, la població es manté; si és més gran que 1, la població augmenta, i si es

més petita que 1, aquesta disminueix. El paràmetre λ representa el nombre de descendents que deixa un individu reproductor quan mor.

La taxa de creixement depèn de factors ecològics i factors genètics. A les poblacions naturals, el nombre d'individus no és gaire regular: hi ha força variació, malgrat que la tendència temporal a llarg termini es pugui mantenir constant. Això ho hem pogut comprovar en els nostres estudis amb *Centaurea corymbosa*, en què, malgrat les oscil·lacions observades, en termes generals la població es mantenia en uns nivells constants. Quan parlem de la probabilitat d'extinció, hem de tenir en compte tres tipus d'extincions: 1) estocàstica: l'extinció és impredecible, i es produeix en poblacions de taxa de creixement constant però amb importants fluctuacions, de tal manera que en un moment determinat es pot donar una davallada tan gran que produeixi la desaparició dels efectius; 2) determinística: en aquest cas les fluctuacions poden ser poc importants, però hi ha una taxa constant de disminució que acaba per portar la població a l'extinció, i 3) una combinació dels dos fenòmens anteriors, que és el cas més comú a la natura.

Seguint amb la formulació teòrica abans esmentada, hem de ser conscients que difícilment sabrem quins factors ecològics fan que les taxes de creixement variïn d'un any a l'altre. Hi ha una variabilitat que englobem dins del concepte d'incertesa ambiental (també parlarem posteriorment de la incertesa demogràfica). Les diferències que hi ha d'un any a l'altre per a una espècie en la taxa de naixement, creixement i mortalitat afecten el nombre d'individus i , per tant, la λ . Per veure el que representa la incertesa ambiental, prenem la fórmula anterior i donem un valor global a λ constant de mitjana, però simulem una variació a l'atzar d'any en any. Simulant el que passa segons el nombre d'individus de les poblacions, veiem que, si augmenta el nombre d'efectius, disminueix la probabilitat d'extinció i augmenta el temps de persistència.

Respecte a la incertesa demogràfica, ens basem en la mateixa fórmula i simulem $\lambda = 1$, o sigui, mantenim la població constant al llarg del temps. Tot i considerar $\lambda = 1$, és a dir, una població estable i constant al llarg del temps, podem donar un 50% de probabilitat de supervivència als individus. Jugant amb aquests valors es poden fer simulacions que mostren que la probabilitat d'extinció és molt elevada en poblacions petites, i molt menor quan el nombre d'efectius és més gran.

Aquestes aproximacions teòriques sobre els efectes de la incertesa ambiental i demogràfica proporcionen unes guies per a la gestió. A partir d'aquest tipus d'anàlisis arribem a uns criteris per predir les tendències de les diferents poblacions i estimar la seva probabilitat d'extinció. En funció d'aquests criteris es classifiquen les espècies, tot assenyalant

com a espècies vulnerables les que tenen el 10% de probabilitat d'extinció en cent anys, com a amenaçades si la probabilitat d'extinció es del 20% en vint anys o en cinc generacions, o bé com a críticament amenaçades si la probabilitat d'extinció és del 50% en deu anys o cinc generacions. No obstant això, en realitat sovint no tenim cap informació sobre la dinàmica de les espècies i les seves poblacions, és a dir, sobre les seves taxes de creixement, de les fluctuacions, ni del paper de la incertesa demogràfica. Aleshores, el que fem és usar criteris de prevenció, i per exemple, declarar una espècie com a vulnerable o en perill d'extinció si el seu nombre d'efectius és escàs, o si no se'n coneixen gaires poblacions.

En alguns casos sí que podem saber quins factors ambientals afecten les taxes de creixement. Un primer factor ambiental el constituïria el de les fluctuacions climàtiques. En el nostre estudi sobre l'orella d'ós (*Ramonda myconi*), la taxa de creixement fluctua entre valors positius i negatius en relació amb la temperatura mínima de la zona on s'emplacen les poblacions. Això ens permet fer unes previsions de futur per a aquesta planta en funció de com evolucioni el canvi climàtic. Altres interaccions ecològiques, com ara la depredació, el parasitisme o la pol·linització, també poden afectar de forma molt important el manteniment de les poblacions petites, especialment quan es troben aïllades.

D'altra banda, cal considerar els factors genètics. D'una generació a una altra la selecció afecta la variabilitat genètica. Quan actua un factor de selecció, la variabilitat genètica poblacional en la generació posterior pot canviar respecte a la de la generació anterior. No obstant això, en poblacions petites també són importants uns altres factors, com ara la deriva genètica i el règim de reproducció. Aquests factors tenen un impacte molt fort sobre la variabilitat genètica i el grau de parentesc. A curt termini poden conduir a l'anomenat fenomen de depressió per consanguinitat, i a llarg termini afecten el potencial evolutiu de les espècies. S'entén per consanguinitat l'elevat grau de parentesc entre individus que s'aparellen reproductivament, amb la possibilitat que aflorin i s'expressin gens negatius que comportin una supervivència més baixa, i una menor reproducció.

La deriva genètica és una conseqüència de l'anomenat coll d'ampolla genètic. Imaginem una població amb els individus genèticament diferents. Si es produeix una disminució important del nombre d'efectius, disminueix la variabilitat genètica i incrementa la probabilitat d'aparellament entre individus emparentats. Així doncs, veiem que la mida de les poblacions afecta la variabilitat genètica. Amb exercicis de modelització es pot veure que la quantitat d'homozigosi augmenta a mesura que disminueix el nombre d'individus de les poblacions. En experiments

de camp amb plantes, s'ha comprovat que, quan augmenta l'autogàmia, es produeix un increment del grau de parentesc entre individus, cosa que a llarg termini pot portar a l'extinció.

Metapoblacions

Hem parlat del que passa en una població local. Però, des de fa uns quants anys hi ha una nova manera d'aproximar-se al problema de les extincions locals. Es tracta de considerar diverses poblacions separades però amb la possibilitat d'intercanviar individus: les metapoblacions. Amb aquest marc de referència, l'extinció d'una població en una localitat concreta pot ser reparada per una migració des d'altres poblacions circumdants. Així doncs, sabent que hi pot haver una recolonització que mantingui el conjunt estable, podem acceptar que hi hagi poblacions que s'extingeixin localment. Això és important per a la gestió. És important conservar llocs i hàbitats encara que l'espècie objectiu de la conservació en concret no hi sigui, ja que podria tornar a ser-hi, sempre que hi hagi poblacions al voltant amb capacitat de dispersar propàguls.

La capacitat de dispersió és molt important per a la recolonització que esmentava anteriorment. No obstant això, amb l'augment de temperatura observat en algunes zones del planeta, les espècies han de trobar la manera de desplaçar-se en hàbitats fragmentats. La capacitat de dispersió requereix dues condicions: 1) que hi hagi l'hàbitat, i 2) que hi hagi capacitat de migració.

Efectes del canvi climàtic en l'estat de poblacions a la Mediterrània

Què pot passar a la Mediterrània amb el canvi climàtic? En el nostre territori es prediu un augment de la temperatura i, malgrat que hi ha dubtes en aquest aspecte, la precipitació podria disminuir, aspectes que fan pensar que hi haurà més dèficit hídric. Les espècies mediterrànies, doncs, es troben davant una modificació ambiental que les obliga a uns canvis. Per afrontar-los, o bé han de desplaçar-se cap allí on les condicions els són més adequades, o bé han de tenir prou variabilitat genètica per adaptar-se a les noves condicions. A més, la regió mediterrània, després de molts anys d'utilització per l'home, presenta un paisatge molt fragmentat. En hàbitats fragmentats, les poblacions, malgrat tenir gran capacitat de migració, poden trobar-se envoltades d'hàbitats inadequats. Aleshores, van perdent els individus que porten genèticament més capacitat de dispersió, i les poblacions en van perdent la capacitat. Aquest fenomen

sembla bastant evident en l'espècie vegetal *Mycelis muralis*, per a la qual obtenim una disminució de la capacitat de dispersió en incrementar el grau d'aïllament de les poblacions.

Finalment, i a manera de resum, presento una imatge del dodo, extingit, i una d'una altra espècie, *Argyroxiphium sandvicense* (endèmica d'un cràter a l'illa de Maui), que tenen les característiques més inconvenients per sobreviure enfront dels efectes del canvi global: poca capacitat de dispersió, poblacions petites i una adaptació molt específica a uns ambients molt concrets.

La diversitat genètica en els conreus

Pere Arús

Els avenços en genètica molecular produïts en els darrers vint-i-cinc anys ens permeten estudiar acuradament la variabilitat genètica. Les tècniques moleculars han esdevingut imprescindibles en l'estudi d'alguns processos, tal com mostren els nostres estudis als laboratoris de l'IRTA amb el meló i fruiters del gènere *Prunus*.

Conceptes bàsics de genètica molecular

Les mutacions de l'ADN són a la base de la diversitat genètica. Les mutacions constitueixen el motor de l'evolució, ja que, passades pel filtre de la selecció natural, acaben determinant com és el que queda i el que desapareix.

Hi ha dos tipus fonamentals de mutacions. Les substitucions d'una sola base, anomenades polimorfismes d'una sola base (*single nucleotide polymorphisms* o SNP) són les mutacions més essencials. En humans hi ha una d'aquestes mutacions cada 1.000 parells de bases, xifra que significa un total d'uns 3 milions en el conjunt dels 3.000 milions de parells de bases del genoma humà. Un altre tipus de mutació, també molt freqüent, és la coneguda com a «inserció/delecció». En aquest tipus de mutacions es produeix l'addició o desaparició d'un fragment d'ADN.

Per detectar la variabilitat genètica s'utilitzen marcadors. Els marcadors s'obtenen de moltes maneres. Una de molt típica és la basada en la reacció en cadena de la polimerasa. Si nosaltres coneixem la seqüència d'un fragment d'ADN, podem dissenyar trossets petits d'ADN (anomenats encebadors) que s'uneixen a banda i banda de la seqüència d'interès i que permeten que un enzim, la polimerasa, fabriqui un altre fragment d'ADN dins del fragment marcat. Anant iterant el procés, això permet obtenir milers de còpies del fragment d'interès: s'ha obtingut una amplificació de l'ADN, un procés molt usat en els laboratoris de genètica.

Quan hi ha una mutació, pot passar que un dels encebadors no reconegui un dels extrems del fragment. En aquest cas no hi haurà amplificació. En canvi, si hi ha inserció, l'amplificació produeix un dels trossos més llarg que l'altre, i així es poden diferenciar aquestes mutacions. En ser detectats aquests senyals, podem treure conclusions sobre els polimorfismes o la variabilitat genètica.

Actualment tenim uns marcadors extremament útils anomenats microsatèl·lits (SSR).

Els polimorfismes es poden localitzar per mitjà de l'electroforesi. Amb aquesta tècnica, es distingeixen els fragments d'ADN segons la seva velocitat diferencial de desplaçament en una placa del gel. Es poden comparar les bandes d'ADN de diferents individus: si un individu presenta una mutació per al gen d'interès, no s'observarà cap banda. Per contra, si la mutació ha estat per inserció, presentarà una banda més llarga. Com que les bandes procedeixen d'un mateix fragment d'ADN, se les coneix per al·lels i funcionen seguint les lleis de la genètica mendeliana. Modernament, s'utilitzen els seqüenciadors automàtics en lloc de gels, i s'obtenen pics en lloc de bandes per als diferents gens.

Amb aquest tipus d'anàlisi es poden fer interpretacions genètiques per tal caracteritzar molt acuradament la variabilitat genètica; per exemple, es pot saber quins al·lels hi ha i amb quines freqüències apareixen. Hi ha diferents tipus de marcadors segons que es vulgui caracteritzar ADN o proteïnes. Els marcadors de proteïnes són els isoenzims. El procediment és comparable al descrit: es fa un extracte, se'l fa córrer per la placa d'electroforesi, i les diferències entre proteïnes es poden veure com a bandes de diferent mobilitat en la matriu porosa.

Els marcadors poden ser emprats per a diferents línies d'investigació, com per comparar el nivell de variabilitat entre diferents espècies, per avaluar la variabilitat del germoplasma d'una espècie, o, en una línia més directament aplicada, per identificar varietats.

Per mesurar la variabilitat genètica s'han d'usar uns índexs, els més usuals dels quals són:

a = la mitjana d'al·lels per *locus*

p = % de *loci* polimòrfics

heterozigositat = proporció de *loci* heterozigòtics respecte del total dels estudiats

Definint, H_o = heterozigositat observada, i H_e = heterozigositat esperada (en la qual se suposa que hi ha una situació d'encreuament totalment

a l'atzar), quan $H_o = H_e$, es diu que la població està en equilibri, i si $H_o < H_e$, que hi ha consanguinitat (més homozigosi que heterozigosi). L'índex gènetic (F) ho recull en l'expressió:

$$F = 1 - (H_o/H_e)$$

Aquest índex és zero quan $H_o = H_e$, situació en la qual la població reté el màxim de variabilitat que pot tenir, i és 1 quan es dona la situació oposada, amb el màxim de consanguinitat.

Una mesura també interessant és la de la distància genètica entre individus i poblacions.

Com són les plantes des del punt de vista de variació molecular?

Hi ha plantes al·lògames, que s'encreuen entre elles de forma anàloga als animals, normalment obligats a fecundar un altre membre de la població. Però les plantes poden també ser autògames i autofecundar-se en un mecanisme pel qual el pol·len d'una flor fecunda l'òvul de la mateixa flor. Les plantes al·lògames són molt més polimòrfiques que les autògames, en tots els paràmetres esmentats.

Les plantes conreades tenen menys variabilitat genètica respecte de les silvestres com a resultat del procés de domesticació, que ha seleccionat alguns individus i no tots, i de l'efecte de la millora moderna, agressiva quant a reducció de la variabilitat.

Recerques del nostre grup de treball

Al nostre equip treballem, sobretot, amb el meló i els fruiters del gènere *Prunus*. El meló es diploide, i consta de 24 cromosomes, un genoma petit. És una espècie aïllada, que no es pot encreuar amb altres espècies properes. Tota la variabilitat que podem trobar és la de l'espècie cultivada, amb un nivell de variabilitat genètica mitjà-baix.

Els fruiters del gènere *Prunus* també són espècies diploides, normalment de 16 cromosomes, i un genoma molt petit. Entre els fruiters amb què hem treballat hi ha el presseguer, l'ametller, el cirerer, el pruner i l'albercoquer. Moltes d'aquestes espècies es poden entrecruar entre si.

Variabilitat de Prunus i tipus de reproducció

La variabilitat d'aquestes espècies s'ha estudiat amb isoenzims. Hem trobat que el presseguer només té un 8% de polimorfismes, essent aquesta l'única espècie de *Prunus* capaç d'autopol·linitzar-se. A l'altre extrem, la prunera i l'ametller tenen vora d'un 70% de polimorfismes. Aquestes dues

espècies són de pol·linització encreuada obligada. L'albercoquer, que queda entremig quant a polimorfisme, té un sistema mixt de pol·linització. Concloem, per tant, que el sistema de pol·linització determina decisivament la variabilitat genètica de l'espècie.

Variabilitat genètica del meló i història evolutiva

En un altre estudi hem avaluat la variabilitat genètica d'una sola espècie, el meló. Estudiem varietats de tot arreu del món, des de l'Índia, el Senegal, les Malvines, Espanya, etc., fins a recollir unes trenta varietats.

Emprant microsatèl·lits podem veure els al·lels de determinats *loci*. Es construeix una matriu, en la qual es calcula la distància genètica entre les varietats. Es representa un dendrograma per resumir tota aquesta informació.

Com a resultats d'aquest estudi, obtenim que: 1) les varietats que procedeixen de regions geogràfiques properes surten agrupades en el dendrograma, 2) la variabilitat màxima es troba en les varietats de l'Índia i de l'Orient Pròxim.

Aquests resultats ens expliquen la història evolutiva del meló: per altres fonts històriques se sap que el seu origen és en el Corn d'Àfrica (Somàlia, Eritrea). D'allí va passar a l'Orient Pròxim i a l'Índia. Les varietats mediterrànies van ser posteriorment importades a partir d'aquelles. El dendrograma explica aquesta història evolutiva.

D'altra banda, les varietats amb menys variabilitat són aquelles en les quals més s'ha treballat en millora genètica. El progrés en qualitat i en producció ha tingut com a contrapartida una reducció de la variabilitat genètica.

Selecció dels progenitors

En millora genètica, per trobar varietats millors és molt important tenir variabilitat genètica. És important seleccionar els pares de l'encreuament de manera que donin el màxim de variabilitat possible. La millor manera de poder avaluar-ho és utilitzant marcadors.

Per avaluar el paper dels progenitors, hem estudiat 212 varietats de préssecs i nectarines de carn tova, i més de 43 varietats de préssecs de carn dura. En aquestes es van analitzar 16 microsatèl·lits, i s'identifiquen 113 al·lels, un bon resultat per a una espècie tan poc variable, com ja s'ha esmentat. Les varietats es van agrupar per tres orígens: préssecs, nectarines, i préssecs de carn dura. Això ens indica que històricament els préssecs s'han utilitzat com a pares dels préssecs; les nectarines, per pro-

duir nectarines, i els préssecs de carn dura per al mateix. És a dir, hi ha hagut tendència a la separació. Avui dia es tendeix a barrejar.

Els préssecs de carn dura es diferenciaven més que els altres. La millora moderna de préssecs i nectarines funciona a força d'encreuar individus de dues varietats diferents i buscar-ne una entre la descendència que ens agradi més que els seus progenitors. Una vegada obtinguda, es pot reproduir vegetativament, per empelts, tant com vulguem. Com que les varietats s'obtenen d'encreuaments d'individus diferents i hi ha molt poca autofecundació, l'heterozigosi és elevada. La situació seria propera a una panmíxia, on tot es pot encreuar amb tot, afavorint el manteniment de la variabilitat. Antigament, el mètode tradicional era conrear les llavors en lloc d'empeltar. Com que el presseguer s'autofecunda, això feia baixar l'heterozigositat. I aleshores, perdre un sol individu representava una pèrdua de variabilitat molt més gran que en el procediment actual en l'obtenció de varietats per millora moderna.

Identificació de genotips

Els milloradors de préssec es dediquen a obtenir noves varietats comercials, i estan interessats a evitar que algú els plagii les varietats sense tenir-ne coneixement. O, en un altre cas, un pagès pot necessitar assessorament per saber que ha comprat una varietat concreta que ell necessitava. És una qüestió de gran interès amb el préssec perquè canvien les varietats molt sovint, i hi ha molta expectativa en les novetats. La manera tradicional per saber si una varietat és igual o diferent d'una altra consisteix a empeltar i esperar a diferenciar-les per l'aspecte dels seus fruits, o altres parts de l'arbre, un procés molt llarg que com a mínim dura cinc anys. Ara, per la via de l'ADN es pot saber això en qüestió d'hores.

Bancs de germoplasma

Lamentablement, l'única manera de conservar varietats, gens i germoplasma no comercials és guardant el material en uns magatzems anomenats bancs de germoplasma. Això és car i complicat i cal maximitzar l'eficiència del procés. Per no perdre variabilitat, cal conservar els individus que aportin més gens interessants i diferents, és a dir, els més distants genèticament. Els marcadors permeten estimar millor que els trets morfològics aquesta distància genètica i són, per tant, molt útils per a la gestió de la variabilitat que pretenen dur a terme els bancs de germoplasma. Amb aquests s'ha pogut veure que en alguns conreus la major part de la variabilitat està en les espècies silvestres i no en les cultivades. Així

doncs, potser caldrà donar més importància a la conservació d'espècies silvestres properes a les cultivades encara que això pugui reduir la importància que ara es dóna a les mostres de varietats cultivades. Convé guardar els gens que ens permetin reconstruir un genotip que ens pugui interessar. Si en canvi guardem els genotips de varietats molt semblants, ens arrisquem a perdre els gens que ens permetran construir noves varietats amb caràcters de producció, adaptació o qualitat millorats.

La diversitat en el medi marí

Miquel Alcaraz

Diversitat i biodiversitat

Buscant amb un buscador web el terme *biodiversitat*, apareixen (en anglès) més d'un milió de pàgines; en castellà, 180.000, i en català, 3.700. Si busquem *diversitat específica* o *diversitat ecològica*, el resultat baixa a un terç. És a dir, està més difós el concepte de biodiversitat.

El terme *diversitat* té una connotació diferent segons qui l'utilitza: per a la majoria de biòlegs, diversitat representa un índex, relacionat amb l'entropia i la informació, que indica una cosa semblant al grau de diferenciació i maduresa d'un ecosistema. Els índexs de diversitat tenen en compte el nombre, l'abundància relativa d'espècies i el tipus de connexió entre els elements que conformen el sistema d'interès. Amb el prefix «bio» (biodiversitat), el terme sol tenir unes connotacions més lligades a problemes de conservació: se'l fa equivalent a la riquesa o nombre d'espècies. Es tracta d'un terme que ja forma part del lèxic habitual de periodistes i polítics. Tanmateix, en el fons, tots dos conceptes ens serveixen per donar una idea de la complexitat del sistema biològic.

Historia del concepte de diversitat

El problema de fer un estudi de la diversitat consisteix primer a posar ordre. A la antiguitat es coneixien bé els organismes principals, plantes o animals. Les plantes es classificaven en tres categories: verinoses, útils i curatives. Els animals es classificaven entre els que tenien sang i els que no en tenien. Al segle XVIII, Karl Linné va desenvolupar un sistema per descriure, classificar i donar nom als éssers vius. Linné va triar caràcters diagnòstics que va considerar importants (els òrgans reproductors en el cas de les plantes), va agrupar els organismes en categories en funció de la seva semblança i va anomenar les espècies amb una nomenclatura binària, un nom per al gènere i un altre que classifica estrictament l'espècie.

Al medi marí, les coses anaven pitjor. Les cultures mediterrànies antigues coneixien bé els organismes útils, els que es menjaven o que eren perillosos. Però el gran coneixement del mar no es va desenvolupar fins a finals del segle XIX, amb les expedicions científiques organitzades per explorar els fons marins. La ignorància era tan gran que es creia que no hi havia vida per sota de 180 brases, molt poca fondària. L'expedició del *Challenger* al voltant del món (1872-1876) va obrir un nou món (valgui la redundància) de coneixements.

Què determina el nombre i l'abundància d'espècies?

L'any 1959, Hutchinson va publicar un treball anomenat «Homenatge a Santa Rosalía o per què hi ha tantes classes d'animals». L'any 1972, aquest assaig va ser contestat pel doctor Margalef amb el treball «Homenatge a Evelyn Hutchinson o per què hi ha un límit superior a la diversitat». El fet concret que es discutia era la percepció que els ecosistemes són més eficients i més estables com més complexos són (amb més nombre de nivells tròfics, més especialització entre les espècies, etc.), tot i reconèixer que el nombre de connexions està limitat.

Singularitat del medi marí

Les espècies descrites a la Terra són aproximadament 1.300.000. D'aquestes, el 75% són insectes. Al mar hi ha unes 270.000 espècies, amb representants de tots els grups.

Què ho fa que al mar hi hagi aquesta elevada diversitat? Primerament, el mar és un ambient continu, no hi ha barreres físiques, es pot circular pertot arreu. Sí que hi ha barreres ambientals (com la generada per diferències de temperatura); però, comparades amb les barreres en medi continental, no són gaire importants. De fet, al mar hi ha molt pocs endemismes. La distribució geogràfica de les espècies acostuma a ser molt àmplia, amb una majoria d'espècies de distribució circumpolar. D'altra banda, el mar és turbulent, i això facilita la barreja de les comunitats d'individus i també de les propietats físiques i químiques de l'aigua. Els gradients tendeixen a ser més suaus que en terra, essent la llum el factor que varia més, amb un gradient d'extinció en fondària. Així mateix, les característiques del mar són notablement estables. La composició química és pràcticament uniforme arreu del medi marí. Les concentracions absolutes poden variar una mica (per dilució o concentració), però les proporcions relatives són constants. A més, a causa del seu elevat calor específic, al mar hi ha una variabilitat tèrmica reduïda. Els gradients de temperatura dia/nit són poc importants, excepte en zones molt poc fondes. La variació de temperatura estacional tampoc és molt gran.

Per exemple, al Mediterrani la variació entre estiu i hivern no oscil·la més enllà de 13 °C. En fondària, l'aigua del Mediterrani se situa uniformement entorn dels 13 °C. Àdhuc en fondària, s'observa una gran constància al llarg de l'any entorn dels 13 °C.

Peculiaritats dels organismes

El mar conté una comunitat especial dels ecosistemes aquàtics, el plàncton. El plàncton està format per organismes que viuen sempre suspesos a l'aigua, a l'embat dels corrents sense tenir mai relació amb el fons. Depèn, per tant, de la producció de les zones il·luminades. Molts dels organismes bentònics (adherits al fons marí) tenen fases larvàries planctòniques i, per tant, en alguna fase del seu cicle vital, exploten també les aigües superficials.

El plàncton conté organismes d'una varietat extraordinària des del punt de vista taxonòmic (hi són pràcticament tots els grups), i també des del punt de vista tròfic. Com que els organismes planctònics viuen suspesos a l'aigua, sense cap contacte amb el fons, rarament pateixen problemes derivats de la competència per l'espai. Aquestes característiques determinen que la diversitat al plàncton sigui controlada per factors com ara la turbulència i la fondària, altament específics del sistema. Contràriament, les comunitats que viuen íntimament lligades al fons (bentos) són comparables gairebé en tot amb comunitats terrestres.

El plàncton, des del punt de vista funcional, és un sistema complet, amb tots els nivells tròfics d'una comunitat qualsevol. El rang de mides és molt extens: des de menys de 0,2 micres (virus) fins al megaplàncton de més de 2 metres. Aquesta gran diversitat de formes encara és més evident quan hom observa una mostra amb microscopia d'escaneig. La capacitat que té el plàncton de sostenir una tan gran varietat d'organismes la va qualificar Hutchinson de «la paradoxa del plàncton». Normalment, en les comunitats d'organismes funciona el principi de l'exclusió competitiva, que prediu que la competència limita el nombre d'espècies coexistents. Al plàncton es viola aquest principi: coexisteixen espècies potencialment competidores, i això s'explica per la impossibilitat d'aconseguir un equilibri en un medi fluctuant.

Entre els factors que controlen la diversitat del plàncton tenim: 1) l'alternança entre dia i nit, amb poblacions específiques per al dia i la nit; 2) la turbulència, que provoca la barreja de taques de diferent grandària amb el resultat que podem trobar una composició més rica en espècies; 3) la fondària: en superfície trobem el fitoplàncton, el bacterioplàncton i els primers nivells d'herbívoros; en fondària augmenta el

nombre d'organismes carnívors de primer o segon ordre; 4) l'existència d'ergoclines, fronteres entre dues masses d'aigua de propietats diferents (en salinitat, temperatura, etc.): a la zona de barreja hi ha major varietat d'organismes. I, finalment, 5) la successió, amb cicles de fertilització, utilització i esgotament de nutrients que dona canvis cíclics en la diversitat.

La diversitat del bacterioplàncton, que s'intueix molt elevada, no es pot conèixer bé per la dificultat de cultius i recompte de colònies, i la dificultat de classificació i identificació. Actualment, s'ha vist que la molècula 16s de l'ARN dels ribosomes té una molt baixa capacitat de mutació neutra. En ser tan lenta, les mutacions es poden acumular al llarg de la història i això pot permetre veure la distància i el temps que ha transcorregut des de la primera estructura fins a la que trobem més tard. Usant aquestes tècniques moleculars es poden classificar millor els bacteris.

Lynn Margulis va proposar la hipòtesis, ja en els anys 1960, que les cèl·lules eucariotes procedeixen d'una simbiosi entre una cèl·lula procariota hoste i un bacteri anaerobi. Si en aquesta simbiosi, el bacteri simbiònt era fotosintètic, donaria lloc a la cèl·lula vegetal, i si no, el simbiònt faria la funció de les mitocondries donant lloc a les cèl·lules d'animals, de fongs o de protozous. El tèrmit *Reticulitermis flavipes* conté poblacions de ciliats en el seu aparell digestiu: es tracta de *Mixotrica paradoxa*, un organisme que té cinc genomes diferents. Això proporciona una certa confusió a l'hora de considerar la diversitat genètica.

Si he parlat poc de biodiversitat marina és per no transformar la conferència en una llista o catalogació d'organismes sense fi. En canvi, he volgut concentrar-me en els conceptes de diversitat i biodiversitat, i en les característiques del medi marí que afavoreixen la diversitat.

La diversitat de vertebrats a l'Amazònia*

Adolf de Sostoa

L'Amazònia és emblemàtica quan parlem de biodiversitat, però també és una de les zones del planeta on aquesta està més amenaçada.

Marc geogràfic

La conca de l'Amazones és d'una immensitat increïble. L'Amazònia és la selva plujosa equatorial més gran del planeta amb una conca d'uns 6 milions de km² que abasta dues cinquenes parts de Sud-amèrica. El riu Amazones, en època de pluges, arriba a tenir fins a 50 km d'amplada.

A la conca de l'Amazones, la temperatura és elevada i estable durant tot l'any: en una mateixa localitat de la plana, les diferències al llarg de l'any rarament sobrepassen els 2 °C, tot oscil·lant entre els 22 i 24 °C. Ara bé, entre la zona de la plana i les zones elevades hi ha diferències més grans (uns 10 °C) en les temperatures mitjanes.

L'estació seca va del juny al setembre (l'hivern de l'hemisferi sud), i la plujosa, de l'octubre al maig. Les precipitacions presenten una gran variació en l'espai a causa de les importants diferències altitudinals, que van des del nivell del mar fins a uns 5.000 m d'alçada a la carena andina. La pluvisilva de les zones baixes, situada per sota dels 200 m d'altitud, ocupa més del 50% de l'Amazònia i rep uns 1.500-2.000 mm/any. Però la zona de les selves andines, anomenades també «ceja de selva», o «jungas», tenen pluviositats de fins a 6.000 mm/any. La zona baixa, de pluviositat moderada, rep i canalitza l'aigua de les pluges de la zona andina, en una xarxa fluvial enorme: hi ha prop de 2 km lineals de riu per cada km² de superfície de selva.

En resposta a la precipitació de les zones altes, les crescudes dels rius poden ser molt grans i la variació estacional del nivell dels rius pot variar

* Text del resum no revisat per l'autor.

entre 2 i 15 m. En època de crescudes, s'inunden els marges dels rius. En aquests moments, els arbres de menys alçada poden quedar totalment coberts per les aigües.

Tipus de selva

A les zones altes tenim el bosc nebulós, la «ceja de selva», que està sempre cobert de boira, i rep, per tant, molta precipitació. A la part baixa, trobem diferents tipus de sòls i vegetació depenent de la freqüència d'inundació i del tipus d'aigua del riu («aguas negras» / «aguas blancas»). Els rius d'aigües blanques drenen terrenys argilosos: el seu color prové de l'arrossegament de partícules argiloses. Els rius d'aigües negres contenen altes concentracions d'àcids húmics que els donen una coloració fosca. De rius d'aigües negres n'hi ha pocs, però dos d'aquests, el Rio Negro i el Xingu, són molt importants. El Rio Negro s'ajunta amb el Solimões a nivell de Manaus i formen el nucli principal de l'Amazones. A l'aiguabarreig es pot apreciar durant molt de temps la diferenciació de colors dels dos afluents.

Els rius d'aigües blanques van dipositant les argiles que transporten per les zones on discorren, i donen lloc a un tipus de selva anomenat «varzea». En època d'inundació molta vegetació queda totalment coberta per les aigües. En època baixa, en canvi, veurem la terra ferma (zona no inundable més elevada), els llacs de «varzea», uns cordons de tipus al·luvial on es desenvolupa un cert tipus de vegetació (la «restinga»), i uns canals d'aigua anomenats «igarapé».

Una situació semblant la trobem als rius d'aigües negres. A les zones altes hi ha la terra ferma. La «catinga» es una zona d'inundació periòdica, i l'«igapó» constitueix una superfície periòdicament inundada durant les pluges però que queda parcialment eixuta en època seca. L'«igapó» alt és aquell on només s'inunden una part dels troncs.

La diversitat faunística de l'Amazones

La selva amazònica té una gran diversitat d'espècies de flora i de fauna. A causa de l'enorme exuberància de la selva, és molt difícil saber amb exactitud el nombre d'espècies existents en un punt determinat. Hi ha punts on es poden trobar entre tres-centes i quatre-centes espècies d'ocells, setanta d'anfibis, noranta de rèptils, i unes cent espècies de mamífers en 1 km². Constitueixen autèntics rècords de biodiversitat, però només es troben en determinades localitats corresponents a zones molt estudiades, com ara les estacions biològiques del parc nacional

Manú. En aquestes estacions treballen diversos equips científics d'universitats nord-americanes des de fa uns vint-i-cinc anys, estudiant les «madreviejas», llacs interiors d'elevada productivitat sorgits d'antics meandres del riu. En altres zones la informació és molt més escassa.

Per què hi ha una diversitat tan elevada a l'Amazònia? Per explicar aquesta característica s'han de tenir en compte aspectes de caire històric i de caire ecològic. Una de les teories que ha tingut més predicament es la que diu que a l'Amazònia es troben zones de refugi que conserven una fauna procedent del Terciari i el Quaternari. Respecte als factors que condueixen a una alta diversitat, s'ha generat una certa controvèrsia: hi ha qui pensa que l'estabilitat de clima a la selva afavoreix la biodiversitat; però també hi ha qui sosté el contrari: l'elevada biodiversitat provindria de l'existència d'un cert ritme de fluctuacions i de pertorbacions més o menys cícliques. En realitat, probablement, per explicar l'elevada biodiversitat ens cal una combinació de diferents aproximacions.

Un dels aspectes per explicar una elevada biodiversitat seria el de l'existència d'una xarxa intricada de sofisticades relacions. Tindríem una heterogeneïtat d'ambients que proporcionarien gran diversitat de nínxols. Com a exemple de diferents explotacions alimentàries dels recursos de la selva, tindríem una espècie d'ocell que s'alimenta de nèctar, un ratpenat pescador, unes granotes verinoses, o espècies d'ocells granívores que ajuden a la dispersió de les llavors.

Un altre aspecte seria la teoria dels refugis plistocènics esmentada anteriorment. Aquesta teoria la va posar en boga Haffer l'any 1969, i després s'hi han sumat diversos autors. Durant les glaciacions del Terciari i sobretot del Quaternari, les selves tropicals retrocedien, i en els interglacials s'expandien. Les àrees de selva que van quedar en els moments de retrocés constitueixen el que diversos autors anomenen refugis plistocènics, i aquestes zones coincideixen amb *hot spots* d'alta diversitat actual. Aquesta teoria ha rebut fortes crítiques, ja que també s'ha dit que l'alta diversitat d'aquests llocs podria ser simplement l'efecte que han estat les zones més estudiades de l'Amazònia i Sud-amèrica. També hi ha una crítica en el sentit que el nombre d'espècies s'ha calculat només en plantes superiors, insectes i ocells, i en menor grau en amfibis, rèptils, mamífers, o en determinats grups d'insectes. Jo sóc del parer que cal fer una revisió sobre les evidències que suporten aquesta teoria, que sí que es podria confirmar a la zona nord (on es troben més refugis plistocènics), però no a les zones sud, més aïllades.

Entre la selva africana i la sud-americana hi ha una certa convergència de formes entre les espècies. Per exemple, la capibara, la paca, l'agutí, i l'armadillo, espècies de la selva amazònica, tenen equivalències de forma

en la selva africana, però s'observa una reducció de la mida en la selva americana, on l'espècie més gran es el tapir. No obstant això, aquesta convergència no és total, ja que els primats són molt diferents en els dos continents.

Un altre aspecte a destacar seria la gran abundància de vida arborícola a la selva amazònica. Un percentatge molt elevat de les espècies explota la dimensió vertical del bosc. No obstant això, algunes d'aquestes espècies (sobretot els primats) es troben actualment en un gran perill d'extinció. Entre un 80 i un 90% de les espècies de primat estan amenaçades, ja que s'ha passat d'un sistema de caça tradicional i selectiu, poc agressiu i usant eines senzilles, a una caça despietada amb escopetes modernes per abatre tot el que es mou, no només per menjar, sinó també per al comerç. Abans, hi havia un cert nomadisme que permetia una regeneració itinerant, però ara l'explotació generalitzada en superfícies extenses no deixa lloc a la regeneració.

Un dels aspectes que caracteritza la selva amazònica és el fet de tenir un ambient molt humit, cosa que permet la vida d'amfibis en qualsevol part del bosc, aprofitant les fitotelmes (dipòsits d'aigua en la vegetació). A la selva amazònica, els amfibis són arborícoles, i es poden distribuir a diferents alçades en el bosc: molts d'ells no arriben mai a tocar a terra.

Vida als rius

L'oceà d'aigua dolça que és el riu Amazones, amb un cabal de 5,5 bilions de metres cúbics l'any i una xarxa de 80.000 km lineals de rius, conté una enorme diversitat de vida aquàtica. Tenim tres tipus de riu: a la zona andina, rius d'alta muntanya, de corrent ràpid. Més avall trobem els rius de l'interior de la selva, d'amplada variable entre 2 i 20 m d'amplada. I, finalment, els rius de la plana amazònica, molt més amples, amb meandres que conformen diversos ambients.

A tota la regió neotropical es creu que hi ha tres mil espècies de peixos, dues mil de les quals viuen a l'Amazònia. Tanmateix, amb l'ús de tecnologia molecular s'estan aclarint dubtes taxonòmics, i això proporciona un degoteig cap a l'augment del nombre d'espècies. És difícil fer una expedició ara a l'Amazones i no trobar-hi espècies noves. A l'Amazònia hi ha una gran varietat d'espècies de peixos, amb una dominància d'algunes famílies, com els siluriformes, però amb gran ventall de famílies, des dels caracoideus (piranyes) fins a rareses com el *Potamogrygon*, una rajada d'aigua dolça dotada d'una fisiologia especial per equilibrar la pressió osmòtica.

Dins d'un mateix grup trobem, a més, una gran variabilitat morfològica. Per exemple, hi ha moltes espècies de peixos plans que viuen soterrats. També es donen diverses categories tròfiques, amb espècies estenòfagues especialitzades i no especialitzades. Hi ha peixos herbívors, insectívors, menjadors de fang, menjadors de zooplàncton. O també trobem espècies eurífagues que alternen una fase carnívora i una altra de vegetariana.

Quan la selva s'inunda, moltes de les espècies que es troben al riu entren en els braços inundats de la selva, ja que són molt més rics en recursos (llavors, fruits, insectes, fulles, etc.). La «varzea» encara es conserva força bé, ja que aquí la pesca es realitza de forma artesanal: s'ha de passar en piragües lleugeres dins d'una zona arbrada. A més, la pesca es realitza normalment de nit, que és quan l'efectivitat de la captura és més gran.

Vida terrestre

Pel que fa a la part terrestre, un aspecte important és que la fauna està organitzada en sentit vertical. Hi ha espècies, com ara l'ós formiguer o el jaguar, que només viuen en el nivell inferior (terra). N'hi ha d'altres que habiten en diferents nivells intermedis, i d'altres que només viuen en el cobricel de la selva. Ara s'ha posat de moda estudiar les espècies en pisos verticals: a 20 m trobem la «parva de monte», els lloros, el perezós, etc. A la part del cobricel (44 m d'alçada), el dosser és continu, només interromput per clarianes degudes a la caiguda d'alguns arbres vells o l'emergència de la *Ceiba pentandra*, que pot superar els 55 m d'alçada. Les espècies de vertebrats que viuen en la part superior dels arbres són el formiguer tamanduà, l'harpia o els guacamais.

Amb aquesta pinzellada de la selva amazònica i dels seus habitants espero haver despertat l'interès per aquest espai extraordinari i per la necessitat de conservar-la.

Els ocells de la ciutat de Barcelona

Eduard Durany

Observar els ocells és una afició molt estesa als països anglosaxons, on centenars de milers de persones dediquen bona part del seu temps lliure a gaudir amb l'observació i l'estudi dels ocells. Irradiant des d'aquests països, l'interès pels ocells s'ha anat estenent cap a altres indrets. A l'Estat espanyol, Catalunya ha estat pionera en l'estudi dels ocells.

Aquesta creixent popularització de l'ornitologia es deu bàsicament a una sèrie de característiques pròpies dels ocells, com ara: 1) la seva gran varietat de mides, des d'espècies de pocs centímetres fins a ocells de més de dos metres d'envergadura, 2) les diverses formes i colors que presenten, 3) la seva ubiqüitat, i 4) el fet de volar, que els dona unes bones possibilitats d'observació.

Bàsicament l'interès ornitològic s'ha dirigit a les àrees naturals, sobretot aiguamolls, on és fàcil observar espècies de mida mitjana i gran. D'altra banda, altres zones s'han menystingut des del punt de vista naturalístic. Les grans ciutats en són un bon exemple. I, no obstant això, les ciutats presenten unes característiques i uns hàbitats molt adequats per a moltes espècies. Àdhuc, hi podem trobar indrets singulars per a algunes d'aquestes. En aquesta xerrada volem reivindicar el paper de la ciutat com a lloc d'observació i estudi dels ocells gràcies al ventall d'ambients diferents que hi podem trobar.

La ciutat: un mosaic d'ambients diferents

Centrant-nos en Barcelona, podem dir que la ciutat presenta una gran varietat d'ambients, cadascun dels quals té una avifauna associada. Resumidament, podem enumerar els ambients següents: 1) la costa i el litoral, 2) els parcs i jardins, 3) els conreus urbans, 4) els estanys artificials, i finalment 5) el medi urbà (construccions) pròpiament dit. Les

espècies característiques d'aquests ambients i les seves particulars adaptacions es descriuen a continuació.

Les espècies lligades al medi marí són generalment de mida gran, adaptades a alimentar-se d'animals marins (mol·luscs, peixos i crustacis). Entre aquestes, podem diferenciar les espècies costaneres —ligades a la franja costanera— i les pelàgiques —de mar obert. Freqüentment se les pot observar al port, seguint les barques de pesca per alimentar-se del peix rebutjat. Entre les espècies més representatives tindríem el gavià argentat (*Larus cachinnans*), malgrat que aquesta espècie ha envaït també altres ambients de terra endins; la gavina riallera (*Larus ridibundus*), que podem veure durant l'hivern, procedent de les zones de cria al centre i nord d'Europa; el mascarell (*Sula bassana*), que també ens visita a l'hivern i que es caracteritza per una peculiar tècnica de pesca, llançant-se des de gran alçada sobre el mar, i que per evitar la pressió de l'aigua té els orificis nasals tapats; els corbs marins, amb dues espècies, el corb marí gros (*Phalacrocorax carbo*) i el corb marí emplomallat (*Phalacrocorax aristotelis*), que es caracteritzen per ser uns excel·lents bussejadors. Finalment, també trobem al port les baldrigues (*Puffinus* sp.), que són espècies pelàgiques, que només van a terra per criar i que s'alimenten del plàncton de mida gran que puja a la superfície durant la nit.

Un altre ambient de la ciutat són els boscos o les imitacions d'aquests, els parcs i jardins. En aquests ambients, amb una sèrie d'obstacles verticals com són els arbres, hi ha poca visibilitat, i això fa que la majoria dels ocells es comuniquin pel cant. Són ocells de mida petita i mitjana i de colors críptics o disruptius (per trencar la silueta). La gran majoria són insectívors. Exemples d'aquesta ornitofauna són el bruel (*Regulus ignicapillus*), l'ocell més petit d'Europa; el cargolet (*Troglodytes troglodytes*), de color terrós i en qui és el cant el que denota la seva presència; el colltort (*Jynx torquilla*), de la família dels picots i d'un color mimètic amb els troncs, el pit-roig (*Erithacus rubecula*), ocellet molt vistós que es diferencia bé gràcies a l'ampla taca taronja que presenta al pit. Cria aquí, però a l'hivern augmenten les poblacions per l'arribada de poblacions del centre i nord d'Europa; les mallerengues (*Parus* sp.), ocellets de colors vistosos i acrobates associats a les pinedes; la merla (*Turdus merula*), amb el mascle que té un plomatge característic negre i el bec de color taronja; el gafarró (*Serinus serinus*), de tonalitats groguenques i emparentat amb els nostres canaris; i finalment el gamarús (*Strix aluco*), rapinyaire nocturn de cos compacte i esgarip característic que a Barcelona podem escoltar al Guinardó i a Montjuïc.

El tercer gran grup d'ambients dins la ciutat serien els conreus, un medi que va en franca davallada, no només a la ciutat de Barcelona, sinó

també a tot Catalunya, en favor del bosc i la urbanització creixent. És per aquest motiu que gairebé totes les espècies associades a medis agrícoles estan en franca regressió arreu de Catalunya. Els ocells d'espais oberts es caracteritzen pel seu mimetisme amb l'entorn i la seva mida reduïda. Exemple d'aus d'aquests ambients són el cucut reial (*Clamator glandarius*), gran depredador de les erugues de la processonària del pi i avui en dia pràcticament desaparegut en l'àmbit barceloní; l'enganyapastors (*Caprimulgus europaeus*), ocell nocturn que s'alimenta d'insectes que captura amb una boca extraordinàriament gran; els tallarols (*Sylvia* sp.), habitants de les brolles i mates als marges dels camps; les garses (*Pica pica*), que crien als arbres però s'alimenten als camps i que actualment han colonitzat el medi urbà pròpiament dit; i finalment els mussols (*Athene noctua*), petits rapinyaires nocturns que a Barcelona presenten una població molt important al cementiri de Montjuïc.

Un altre hàbitat és el dels estanys artificials. Les espècies d'aus que podem trobar-hi són les associades a masses d'aigua dolça. Podem esmentar la fotja (*Fulica atra*), amb els dits molt llargs i lobulats per poder caminar pel fang, de la qual n'arriben a l'hivern grans quantitats; la polla d'aigua (*Gallinula chloropus*), molt abundant arreu fins i tot en petites séquies; l'ànec collverd (*Anas platyrhynchos*), una espècie en expansió a tot Catalunya. A l'hivern ens arriben altres espècies d'ànecs procedents del centre i nord d'Europa. Finalment, cal esmentar el berrat pescaire (*Ardea cinerea*), el qual ha establert una important colònia de cria al parc zoològic de la Ciutadella.

El medi pròpiament urbà conté una fauna que va associada als medis rupícoles (penya-segats). Aquestes espècies troben a les parets d'edificis el seu ambient. Les espècies més característiques d'aquest hàbitat són els falciots (*Apus apus*) i els ballesters (*Apus melba*), ocells que només van a terra per criar i fan tota la seva activitat a l'aire; la cotxa fumada (*Phoenicurus ochruros*), petit ocell de color gris amb la cua de color taronja; el pardal (*Passer domesticus*), que és l'ocell més estretament lligat a l'home, ja que no se'n coneixen poblacions salvatges; el falcó pelegrí (*Falco peregrinus*), l'au més veloç del planeta, que va desaparèixer de Barcelona a començaments dels anys setanta, tot i que actualment hi ha engegat un projecte de reintroducció; el xoriguer (*Falco tinnunculus*), de la mateixa família que l'anterior, però que s'alimenta de petits animals que van per terra, a diferència del falcó pelegrí, que captura ocells en ple vol. A Barcelona hi ha una població molt important de xoriguers, amb una quarantena de parelles que crien en llocs inversemblants, just al costat dels habitatges humans.

Hi ha altres espècies urbanes que han estat afavorides per l'acció humana, perquè els homes els donen menjar, o per la manca de depre-

dadors i/o pel recer tèrmic que representa la ciutat a l'hivern. La més popular és la dels coloms (*Columba* sp.). L'origen dels coloms a la ciutat és domèstic, per naturalització dels coloms engabiats, ja que les poblacions salvatges, molt escasses, només es localitzen a casa nostra als penya-segats marins de les illes Balears. El gran ventall de colors i el fet que poden criar durant tot l'any indiquen el seu origen domèstic. La tórtora turca (*Streptopelia decaocto*) també va molt lligada a l'home. Procedent de l'est de l'Àsia, s'ha anat expandint en l'ambient urbà. També la cotorra de pit gris ha experimentat una expansió gran i espectacular, ajudada pel fet de fer nius colonials on aconseguixen una temperatura més alta per passar millor l'hivern. L'origen d'aquestes colònies ha estat l'alliberament d'exemplars captius. De moment les poblacions no han sortit de la ciutat, però, si ho fessin, podrien provocar greus danys als conreus i possiblement a les altres espècies d'aus autòctones.

Relació home-ocells

En una ciutat densament poblada com Barcelona, la relació entre persones i ocells no és sempre fàcil. Entre les interaccions negatives que s'hi donen cal esmentar la depredació sobre animals domèstics efectuades per espècies com el xoriguer, que en les èpoques de l'any de més necessitat depreden sobre preses fàcils com els ocells engabiats. Un altre problema és la superpoblació d'algunes espècies afavorida per l'excés de menjar i la manca de depredadors, com en el cas del coloms, amb molts individus malalts. Un altre aspecte negatiu per a l'home és el comportament agressiu de defensa del niu en època de cria, com és el cas dels gavians. Finalment, cal esmentar el soroll que algunes espècies poden provocar. És el cas del comportament social de les cotorres de pit gris.

D'altra banda, entre els efectes positius de la convivència amb els ocells, hi ha el fet que tenir ocells a la ciutat fa més agradable, més relaxat i natural l'ambient urbà. A més, cal tenir en compte l'efecte de lluita biològica que realitzen algunes espècies insectívores, pròpies dels jardins. Per exemple, una mallerenga consumeix diàriament més d'una tercera part del seu pes en insectes. Els falcons ataquen els coloms, sobretot els malalts, tot efectuant un paper de selecció.

Quines accions pot fer l'home per potenciar els aspectes positius que ens proporcionen els ocells? Una d'aquestes és la construcció i col·locació de menjadores durant l'hivern. Moltes espècies (com el pit-roig o les mallerengues) són insectívores a l'estiu, però a l'hivern són omnívores, de manera que poden menjar llavors i fruits secs. Amb la col·locació de menjadores poden sobreviure als hiverns més severs, quan altrament

moririen. Un altre aspecte és mantenir arbres vells a la ciutat, per tal que puguin utilitzar els forats per fer-hi el niu. Una alternativa és la col·locació de caixes niu. Una altra acció interessant és la reintroducció d'espècies que havien desaparegut quan la causa de la desaparició ja no hi és.

I, per concloure, m'agradaria fer ressaltar una vegada més la vàlua ornitològica de molts indrets de Barcelona. Com a especialment destacable, cal esmentar el penya-segat marítim de Montjuïc, on podem trobar una fauna rupícola molt interessant, entre la qual destaca per la seva singularitat una colònia de xoriguers amb una vintena de parelles.

El banc de dades de biodiversitat de Catalunya

Xavier Font

La llarga tradició naturalística de Catalunya fa que actualment puguem disposar de molta informació sobre les espècies animals i vegetals que hi viuen. Les dades que tenim responen sobretot a citacions: la constatació d'un organisme determinat en un indret del territori. Aquestes dades, però, es troben disperses en una munió de publicacions nacionals i internacionals i en diverses col·leccions situades en museus i centres d'investigació.

Actualment, perquè una citació sigui vàlida s'ha de tenir informació fidedigna de tres paràmetres: 1) la identitat de l'organisme (en el cas de col·leccions, ho podem comprovar estudiant la mostra); 2) la localitat d'on prové, com més precisa millor, i georeferenciada (amb coordenades geogràfiques o UTM i precisió, com a mínim, d'1 km²), i 3) la data de recol·lecció/observació. Aquesta darrera dada és important perquè alguns organismes poden modificar amb el temps la seva distribució, i en aquest cas la data d'observació és imprescindible per documentar aquests canvis. En els bancs de dades que recullen informació contemporània, no s'hi pot entrar una citació nova si hi manca una d'aquestes tres dades.

Els bancs de dades de biodiversitat s'han de furnir a partir de fonts bibliogràfiques, de fonts documentals històriques inèdites i de col·leccions. Les fonts més valuoses de dades, perquè ens permeten de verificar la mostra, són les col·leccions de museus i instituts de Ciències Naturals (o més específicament, de Botànica i Zoologia). En això, Catalunya és afortunada, ja que té molt bones col·leccions. Entre les que comprenen exemplars més antics podem destacar-ne dues:

1. El gabinet Salvador, de l'Institut Botànic de Barcelona, que conserva el primer herbari prelinneà d'Espanya, amb vora quatre mil plecs de plantes vasculares, moltes i líquens dels segles XVII i XVIII, recol·lectats

- en diversos països del Mediterrani occidental (Catalunya, València, Provença, Itàlia).
2. En el camp de la zoologia, les col·leccions de vertebrats més antigues són les de Francesc Martorell (1850-1882), col·leccions que es van anar ampliant durant el període d'activitat de la Junta de Ciències Naturals (1893-1948). Totes aquestes col·leccions han quedat recollides a l'actual Museu de Zoologia de Barcelona.

Una altra base important són les dades publicades en llibres i revistes. Per a la majoria de grups d'organismes, es tracta de la principal font d'informació pel que fa a volum de dades disponibles. Cal, però, prendre certes precaucions i acceptar només les citacions d'investigadors fiables i rebutjar les dubtoses i errònies.

Per tal de facilitar les tasques de documentació, tant per als científics com per als gestors del patrimoni natural, es va iniciar l'any 1998 el projecte Banc de dades de biodiversitat (BDB), projecte que ha estat possible gràcies a un conveni entre la Universitat de Barcelona i el Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya. El Banc de dades de biodiversitat vol ser un portal de referència sobre la biodiversitat de Catalunya i té per objectius:

1. La recopilació de tota la bibliografia especialitzada referent als organismes vius i a la vegetació de l'àmbit territorial català.
2. La recollida informatitzada de totes les citacions d'organismes (amb llur informació taxonòmica, topogràfica i ecològica) aparegudes en aquesta bibliografia.
3. La recopilació dels inventaris de vegetació (amb llur informació topogràfica, estructural i ecològica) aixecats a Catalunya.

La coordinació general del Banc la porta a terme l'autor de l'article, amb la col·laboració de Salvador Grau i Francesc Diego (tècnics del Departament de Medi Ambient). La feina de programació informàtica correspon a Rafael Quadrada, Miquel de Càceres i el dit autor. Cada grup taxonòmic tractat (vertebrats, artròpodes, fongs i cormòfits) té assignat un coordinador que es fa responsable de la informatització de les dades, de la nomenclatura i la sistemàtica i de confirmar i validar les citacions publicades al web. En Xavier Ferrer és el coordinador dels vertebrats i compta amb la col·laboració de J. Gosàlbez (mamífers), G. Llorente (amfibis i rèptils) i A. de Sostoa (peixos); n'Antoni Serra coordina diversos especialistes en artròpodes; en Jaume Llistosella és el responsable dels fongs, i l'autor assumeix la coordinació dels cormòfits i la vegetació. El

Banc de dades de biodiversitat de Catalunya està disponible a l'adreça d'Internet: <http://biodiv.bio.ub.es/biocat/homepage.htm>.

Inicialment, es van publicar en el web les dades de les plantes vasculares (juliol del 1999), posteriorment s'hi afegiren les dels fongs (juny del 2000) i finalment les dels artròpodes i dels vertebrats (desembre del 2001).

La tecnologia informàtica emprada

El maquinari consta d'un ordinador Pentium IV amb sistema operatiu Windows; com a servidor de pàgines web utilitzem el Java Web Server 1.1.3, i com a gestor de base de dades hem triat DB2 (versió 7.1), d'IBM. La programació es fa en llenguatge Java, operatiu en qualsevol sistema informàtic que disposi de la màquina virtual de Java (JRE), característica ben interessant per si calgués migrar, en un futur, a un ordinador o a un sistema operatiu amb més prestacions. El programari Java funciona tant del costat del servidor (*servlets*) com del costat del client (*applets*), cosa que ajuda a descarregar la feina del servidor. També hem utilitzat els llenguatges SQL (per fer cerques al gestor de dades), html i xml.

Dades introduïdes

Pel que fa a la flora vascular, tenim recollides 1.280.000 citacions, corresponents a vora 3.200 tàxons. De fongs, artròpodes i vertebrats tenim dades de 3.160, 4.374, i 640 tàxons, respectivament. En total el Banc disposa de vora 1.500.000 citacions, corresponents a unes 11.000 espècies.

Cada responsable de grup té una certa independència per utilitzar els sistemes que li són més propers per informatitzar les dades, tot respectant, però, l'estructura de dades final. Per a cormòfits i fongs s'ha dissenyat un sistema d'entrada de dades força innovador. Consisteix en un «escanneig» del text de les obres a informatitzar (tesis, llibres, articles de revistes, etc.) i el reconeixement de la imatge mitjançant un programa de reconeixement òptic de caràcters (OCR). El fitxer de text generat per l'OCR s'edita i s'hi incorporen unes marques del llenguatge de descripció de citacions Xflora (actualment tenim definits més de setanta senyals, cadascun amb el seu significat específic). Finalment s'executa un programari original que interpreta el text i les marques i afegeix la informació resultant a l'estructura relacional de la base de dades. Aquest procés és força ràpid i fiable si la impressió original és de bona qualitat. Per recollir les dades relatives a vertebrats i a artròpodes s'han implementat uns formularis d'Access.

Desgraciadament, el mostreig de camp que han realitzat tradicionalment els biòlegs no ha estat fet a l'atzar, sinó de manera clarament contagiosa: les àrees molt diverses han estat repetidament visitades, i les presumiblement pobres gairebé no ho han estat encara. En el cas dels cormòfits, són àrees molt mostrejades els Pirineus, les rodalies de Barcelona, el Montseny, Montserrat, el cap de Creus, etc., mentre que queden territoris gairebé per explorar. El ventall va des d'àrees molt estudiades i realment molt diverses com, per exemple, la vall de Ribes (el quadrat UTM DG38 amb més de 30.000 observacions), fins a espais presumiblement més pobres (i, per tant, poc atractius i poc estudiats), com les planes de Lleida, amb no més de 250 observacions per quadrat UTM de 10 km de costat.

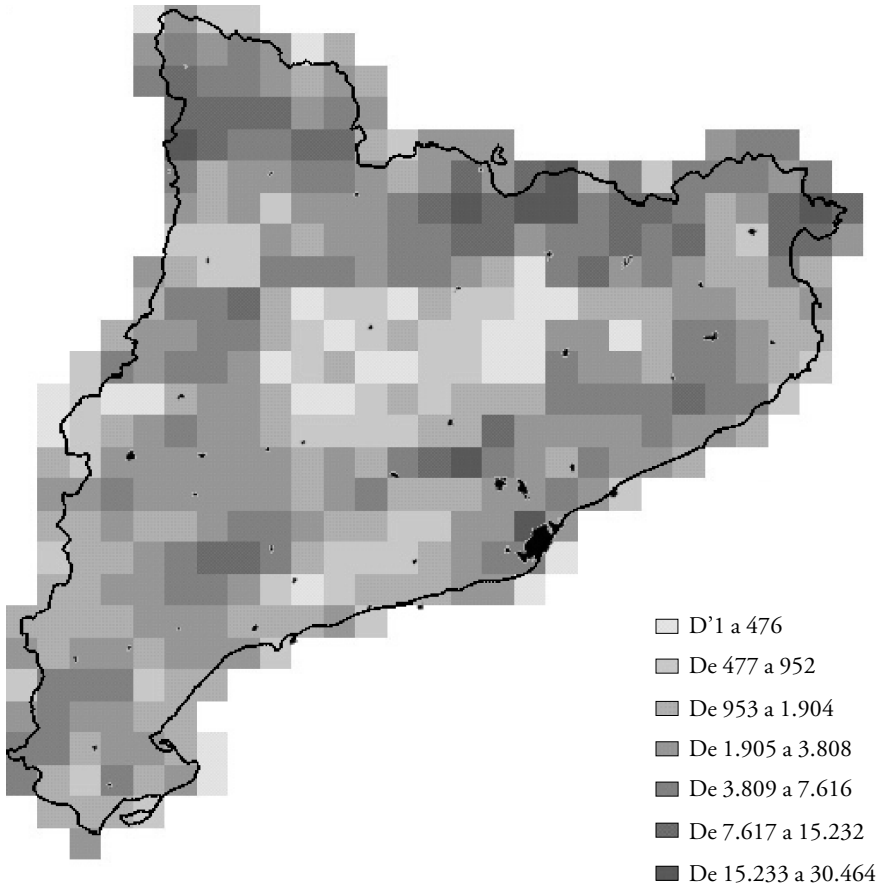


Figura 1. Intensitat de mostreig pel que fa als cormòfits.

Tipus de consultes

Bàsicament podem fer dos tipus de consultes: 1) on es troba una espècie, i 2) quines espècies hi ha en un lloc determinat.

Per exemple, si busquem al Banc la distribució de l'estepa negra (*Cistus monspeliensis*), apareix en pantalla una imatge de punts en vermell indicant, en una malla UTM de 10 km de costat, on és present l'espècie (fig. 2). Aquesta imatge la genera un programa interactiu (*applet*) que pot afegir-hi altres capes d'informació (hidrografia, poblacions, relleu o capes temàtiques, com ara els espais protegits, la pluviositat, etcètera). Es pot saber també el nombre de citacions corresponents a cada un dels quadrats representats. Clicant al damunt dels punts es pot saber l'origen de les dades corresponents (localitats precises, autors, etc.). Si algú hi està interessat, la imatge es pot exportar com a fitxer gràfic (format gif), en l'opció «exporta mapa».

Un altre tipus de cerca seria el de llistar totes les espècies d'un indret o territori determinat. Per exemple, llistar quines espècies han estat citades al Montseny. Coneixent les coordenades UTM, es pot obtenir una

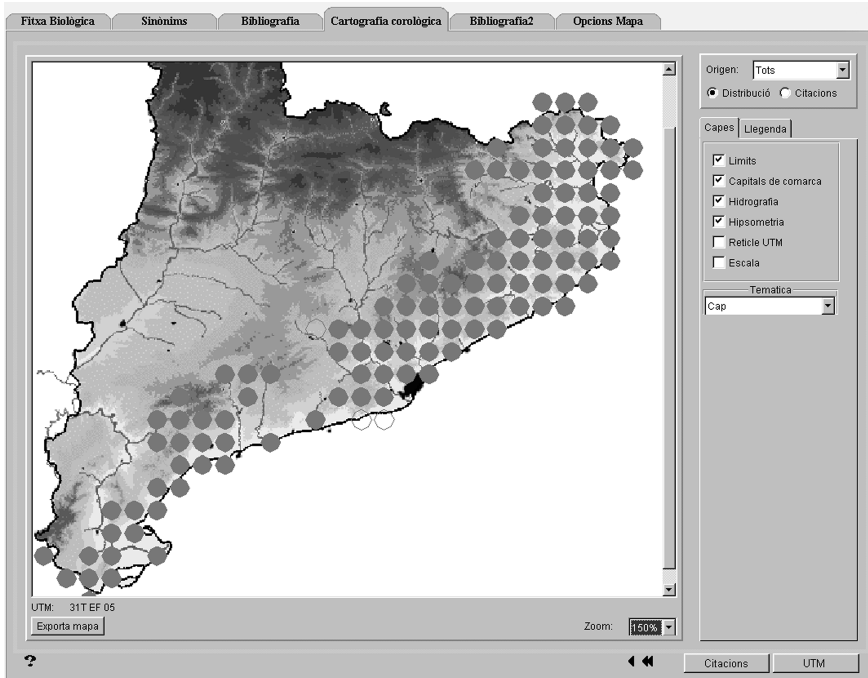


Figura 2. *Applet* de representació cartogràfica amb la distribució de *Cistus monspeliensis*.

Llista dels tàxons presents al quadrat o als quadrats pertinents (escala de 100 km², o d'1 km²).

A continuació presentem una relació de les principals consultes:

Consulta a la base de dades florística

- Llista totes les citacions d'un UTM
- Llista totes les citacions d'un tàxon
- Llista tots els tàxons d'un o més quadrats UTM
- Llista tots els tàxons de Catalunya
- Llista tots els sinònims d'un tàxon
- Comunitats en què és present un tàxon
- Imatges i fitxa biològica d'un tàxon
- Àrea de distribució d'un tàxon a partir de les citacions

Bibliografia

- Obres bibliogràfiques en què trobem esmentat un tàxon
- Llista d'obres bibliogràfiques referents a un o més quadrats UTM

Mòdul d'explotació de dades de conservació

- Tàxons rars, vulnerables, endèmics o protegits presents en un o més quadrats UTM
- Tàxons vulnerables
- Tàxons protegits
- Tàxons endèmics

Dades estadístiques del banc de dades

- Nombre de tàxons per quadrat UTM
- Nombre de citacions per quadrat UTM
- Nombre d'obres bibliogràfiques per quadrat UTM
- Nombre total de tàxons
- Nombre total de citacions
- Nombre total de citacions
- Nombre total d'obres bibliogràfiques

Una altra informació interessant que es pot trobar en aquesta pàgina web és la llista de les espècies amenaçades, vulnerables o en perill d'extinció. Aquesta informació es va introduir en xarxa el juliol del 1999.

L'interès dels bancs de dades

Hem anat monitoritzant les consultes realitzades, i el resultat es mostra a la figura 3. A partir del 1999 el nombre de consultes gairebé s'ha duplicat anualment (més de 81.000 consultes el 2002). Estimem que vora unes 1.000 persones coneixen i han utilitzat, si més no una vegada, el Banc de dades.

Entre els usuaris destaquen, en nombre de consultes, els investigadors de centres de recerca catalans i els tècnics de les consultories dedicades al medi ambient. Per a aquests últims el Banc resulta molt útil com a font d'informació primària per fer estudis d'impacte ambiental. També els aficionats a la natura comencen a utilitzar aquest recurs amb l'objectiu de reconèixer a través de les imatges els tàxons i de localitzar-ne exemplars.

Altres projectes

En l'àmbit internacional es desenvolupen nombrosos projectes de bases de dades de biodiversitat accessibles per Internet. Entre els més de cent projectes, locals, nacionals o internacionals que coneixem, recomanem la visita telemàtica a Calflora (Flora de Califòrnia, <http://www.calflora.org>), que conté 800.000 registres relatius a 8.375 plantes i una informació complementària molt entenedora i acuradament presentada.

Amb tants projectes d'instauració de bases de dades com s'estan desenvolupant darrerament, calen organismes que estandarditzin els formats de dades i coordinin la informació generada. El Taxonomical Data Working Group (www.tdwg.org/) dóna recomanacions sobre formats de dades i indica com fer les coses per aconseguir una bona coordinació entre els diversos bancs de dades de caire naturalístic.

Hi ha també organismes de promoció de xarxes de biodiversitat i de desenvolupament de programari especialitzat. Entre aquests, podem destacar el GBIF (Global Biodiversity Information Facility), un projecte molt ambiciós finançat per molts Estats, entre els quals hi ha l'espanyol, però que fins ara s'ha mostrat poc resolutiu. Es pot obtenir més informació sobre aquest projecte a www.gbif.org/.

Cal esmentar que últimament han aparegut en escena els suprabuscadors (metabuscadors), pàgines que permeten fer cerques en diferents bases de dades a la vegada. Es poden fer cerques en moltes bases de dades per obtenir el màxim d'informació a partir d'una cerca individual. Entre aquest grup de webs destaquen:

Species Analyst (<http://tsadev.speciesanalyst.net>), xarxa de centres amb un mateix protocol de comunicacions (Z39.50). A partir d'un únic for-

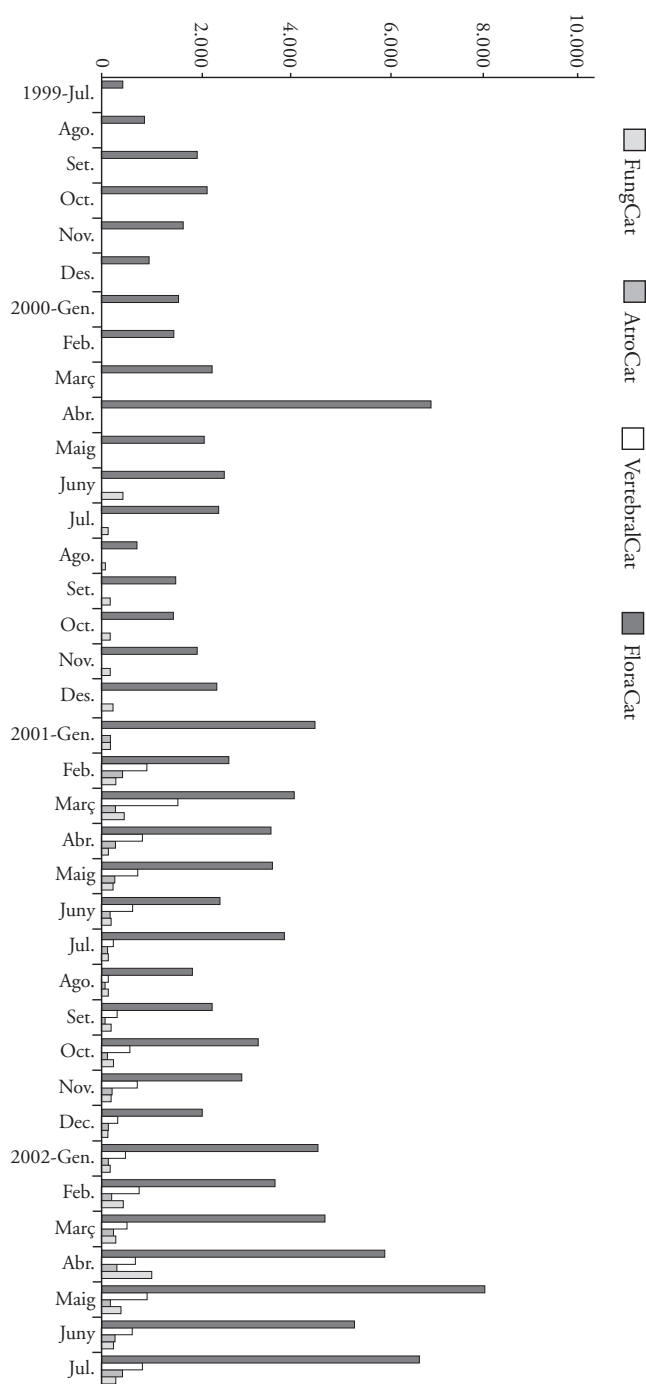


Figura 3. Nombre de consultes per any als quatre mòduls taxonòmics del Banc de dades de biodiversitat de Catalunya.

mulari de consulta permet cercar mostres en més de cent vint col·leccions de museus i universitats americans.

REMIB (Red Mundial de Información sobre Biodiversidad). Es tracta d'una xarxa interinstitucional que comparteix informació biològica i que està formada per nodes situats en centres que generen col·leccions i té un node central situat a Mèxic:

(http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remib_esp.html).

Neodat II (<http://www.neodat.org>), xarxa de museus i de centres d'investigació dedicats a l'estudi dels peixos.

Algunes consideracions finals

El Banc de dades de biodiversitat de Catalunya és, en primer lloc, un magatzem d'informació corològica i biològica de les espècies, però ens agradaria que fos més útil i més utilitzat. Amb aquest objectiu estem preparant per al proper any (2003) cartografia sobre els elements corològics de les espècies i sobre la distribució potencial de les plantes. Aquest darrer aspecte té un interès aplicat notable, ja que ens permet conèixer les àrees on podrien viure les plantes i, per tant, on es poden conrear o utilitzar amb èxit per revegetar.

Recopilar la informació sobre biodiversitat per posar-la a l'abast dels investigadors, dels afeccionats de la natura, dels gestors, etc., és una feina feixuga, cara i que, en definitiva, no s'acaba mai, ja que es publiquen milers de noves citacions cada any. En un futur proper, caldrà idear algun sistema integrat en què les mateixes publicacions científiques i, per tant, els científics que hi publiquen, integrin de manera més automàtica les seves recerques en els bancs de dades. I també caldrà valorar adequadament els científics que col·laboren en aquesta mena de projectes, que tenen una difusió en línia i, per tant, no impresa.

Tots els projectes de bancs de dades distribuïts en la web apareixen en paral·lel, gràcies al recent desenvolupament tecnològic del món de les telecomunicacions i la informàtica. Se'ns presenta, doncs, una oportunitat única, que no podem desaproveitar, per avançar en el més bon coneixement, gestió i divulgació de la nostra biodiversitat.

La diversitat aplicada a la gestió de parcs naturals. Cal un model?

Jaume Vicens

En aquesta xerrada presentaré algunes pinzellades sobre el que crec que hauríem de tenir en compte quan parlem de diversitat i de com gestionar-la. No obstant això, més que parlar estrictament de diversitat (la llista d'espècies, d'hàbitats o de paisatges) el que faré serà recordar que al territori on vivim es produeixen un nombre molt alt d'interaccions amb forts efectes sobre la diversitat. Si això no ho tenim en compte, difícilment podrem avaluar si la diversitat millora o empitjora.

Agafaré el fil conductor del que conec millor: el parc natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa (PNZVG). Així doncs, d'entrada ja partim d'uns espais amb reconeguts valors naturals o culturals, i, per tant, hem de pressuposar que inclouen una diversitat preuada i valuosa. Això ens defineix el context en el que intentem gestionar la diversitat d'un territori concret. La informació que aniré presentant del PNZVG es pot ampliar i complementar a les següents adreces d'Internet:

www.parcscatalunya.net

www.gencat.es/mediamb

www.gencat.es/sig/sig.htm

www.gencat.net/mediamb/PNZVG/vulca/index.htm

www.gencat.net/mediamb/PN/biodiversitat.htm

La Garrotxa, un territori ric en flora i fauna

En parlar de diversitat el que primer ens plantejem és conèixer les espècies que trobem en un territori determinat. Basant-nos generalment en censos i bibliografia recent de la zona en consideració, busquem la llista d'espècies, la seva distribució i el seu grau de vulnerabilitat. Aplicat aquest mètode al PNZVG, en una superfície de 12.000 hectàrees, trobem 255 espècies de vertebrats, xifra que representa el 67,3% del total de vertebrats de Catalunya (sense comptar les espècies marines). Aquest

percentatge indica que la biodiversitat és alta en aquesta zona. L'exemple anterior es refereix a la fauna, però també ho podem calcular per a la vegetació. Un mapa de Miramon de l'àrea del PNZVG ens mostra que la zona presenta un mosaic molt ric de vegetació, on hi ha 5.000 o 6.000 hectàrees de bosc que cobreixen aproximadament el 50% del parc. Això ja ens dóna a conèixer que aquesta zona és d'una gran diversitat: un territori ric tant en fauna com en flora.

Ara bé, arriba un moment en què, a causa de l'especulació o de l'explotació per creixements urbanístics o altres activitats antròpiques, es fa necessària la protecció dels elements naturals del territori. I així, en la transició democràtica a mitjan anys setanta, sorgiren un seguit de moviments conservacionistes que animaren una forta campanya de conservació per tal d'actuar abans que es malmetessin molts espais valuosos. Aleshores sorgeix un primer dilema: tots estem d'acord que cal conservar aquests espais; la qüestió és com.

Normalment el concepte teòric del que caldria fer seria analitzar primer la flora i la fauna presents a la zona, tot fent l'inventari del que hi ha. Focalitzant més cap a la conservació, ens interessarà saber en quin estat es troben les espècies, quin grau de vulnerabilitat tenen, o bé si hi ha algun tipus de problemàtica que les afecta. En resum, ens caldrà fer el diagnòstic de la situació. Per exemple, al PNZVG, el conill és una espècie en franca regressió a causa, entre altres aspectes, de la pèrdua d'hàbitats, de determinades pràctiques d'explotació agropecuària, de la cacera, i també de diverses malalties que l'han afectat. Una vegada realitzat el diagnòstic, cal fer un control i seguiment de les poblacions en risc. Si detectem que aquestes poblacions baixen, això indica que hi ha alguns factors que estan incidint negativament sobre elles. Si una espècie està afectada negativament, com per exemple el conill o la perdiu, això ens pot indicar que determinats ambients on vivien aquestes espècies, ambients agrícoles o zones obertes, estan desapareixent. És a dir, canvis en la demografia d'una espècie ens indiquen canvis en usos del sòl. Tot això podria revertir en el fet que s'haguessin d'implementar programes de recuperació i millora ja fos a nivell d'espècies, d'hàbitats o a escala global. Aquest procés, basat en les tres fases, de conèixer, controlar i recuperar, seria l'esperable i lògic per a la gestió de la diversitat.

El factor humà

No obstant això, la qüestió no funciona exactament així. No podem perdre de vista un aspecte clau: al territori, a més de la flora i fauna, hi som nosaltres, la població humana, que hi desenvolupem una intensa

activitat socioeconòmica. Si només ens quedem amb el primer aspecte, en la perspectiva clàssica de diversitat entesa com a llista d'espècies de flora i fauna, estarem considerant només una part de la història, la del nostre punt de vista com a naturalistes. I, si no tenim en compte els condicionants socials i econòmics del territori en el qual ens estem movent, i com interactuen els habitants i l'ambient, la gestió no és possible. Un espai natural mirat només des d'una de les parts (la naturalista o la socioeconòmica) no pot ser subjecte d'una adequada gestió. No obstant això, l'equilibri entre les parts és difícil d'aconseguir i veiem que la realitat va per camins tossudament diferents.

Seguint amb el cas de la Garrotxa, l'evolució de la demografia de la ciutat d'Olot des de l'any 1958 fins avui mostra que la població va creixent suaument, però presenta un salt important corresponent a l'onada migratòria dels anys seixanta. En comparar aquesta tendència i els forts augments dels seixanta amb l'evolució de la superfície forestal, del sòl agrícola i de l'urbà, veiem que la migració dels seixanta consumeix sòl de la plana agrícola per convertir-lo en urbà. Aquest comportament no és exclusiu de la Garrotxa, sinó que va apareixent de forma extensiva arreu de la Catalunya rural dels anys seixanta. De sobte, a partir dels anys noranta ens trobem amb un altre comportament: la població no creix apreciablement, però en canvi la superfície urbana ho fa de forma exponencial. No estem ocupant sòl per necessitat d'habitaclles, sinó que es produeix un esponjament relacionat amb la construcció d'àrees residencials, de zones industrials i de serveis. Aquest comportament té una àmplia repercussió en la gestió de la natura. A part de pensar en els boscos i en les àrees de conreu, s'ha de gestionar pensant també en les activitats socioeconòmiques, les quals incideixen sobre el territori i la diversitat de forma veritablement acusada.

El model d'activitat econòmica que tenim actualment demana un ús del sòl molt gran. D'altra banda, el fort augment recent de la mobilitat fa que ara es produeixin habitualment connexions entre llocs allunyats que antigament només es donaven molt esporàdicament. Mentre que als anys cinquanta parlàvem d'una mobilitat d'escala reduïda, amb la unitat productiva principal, el mas, envoltat per les seves terres, amb un funcionament autònom i amb poques necessitats de desplaçaments a la ciutat capital de comarca (en aquest cas, Olot), cap als anys setanta ja va augmentar la mobilitat, amb freqüents desplaçaments a escala comarcal. Però, en arribar al 2000 l'escala s'ha disparat. Les línies de comunicació afavoreixen les connexions a grans distàncies, amb la frontera francesa i la resta de Catalunya. S'ha produït un canvi estructural molt fort que ha provocat un canvi de fase. I, insistim, en gestionar la diver-

sitat d'una zona, s'han de tenir en compte aquestes circumstàncies, aquest context. En els darrers anys s'ha produït un canvi que ha comportat passar d'una escala humana, on es podia fer tot a peu, a una escala motoritzada massiva. Quan ens plantejem com hem de gestionar la diversitat, no ens hem de quedar només amb la llista d'espècies i hàbitats. Hem de tenir en compte aquesta globalitat.

Eines de gestió

Qualsevol parc, quan es crea, disposa d'un òrgan rector. Molt sovint, una vegada s'ha creat l'espai protegit, es considera que la feina ja està feta; no hi ha la consciència d'una necessitat de gestió. I això es veu clar en el mateix redactat de les primeres lleis de creació dels parcs: «es crea una junta o òrgan rector, que serà l'encarregada de vetllar per la conservació, de realitzar els programes d'actuació i redactar les memòries d'actuació». Una junta pot marcar unes directrius i estratègies, però en cap cas no és qui fa la feina. Així doncs, aquestes lleis no afavoreixen que hi hagi una gestió al darrere.

El desitjable seria que l'òrgan rector marqués una pauta i una estratègia d'ordenació del planejament. Si els òrgans rectors fossin de tipus polític i funcionessin com un ple d'Ajuntament, tindrien una certa capacitat, però en aquests moments són generalment òrgans híbrids entre els representants de l'Ajuntament i representants d'altres entitats (caçadors, entitats veïnals, naturalistes, etc.), i, si aquesta varietat d'interessos implicats no és equilibrada, es fa molt poc viable la presa de decisions.

L'òrgan gestor estaria format per les persones encarregades d'implementar la gestió en funció dels planejaments i directrius marcades pels òrgans rectors i de les iniciatives de les interaccions amb el teixit associatiu de les diverses associacions d'àmbit local. Si s'ha fet correctament la diagnosi de què parlàvem a l'inici, i si d'aquesta n'obtinguéssim un planejament correcte sobre les espècies més sensibles, l'òrgan gestor seria l'encarregat d'aplicar-lo.

Realitat actual de la gestió dels espais naturals

En un territori, d'entrada ja s'hi desenvolupen unes activitats: hi ha un municipi i s'hi fan unes actuacions. ¿Quina diferència hi ha entre el fet que aquest espai funcioni tal com ha funcionat sempre i el fet de l'establiment d'un òrgan responsable de mantenir els valors naturals? La principal missió d'un òrgan de gestió és mantenir o millorar els valors naturals de l'espai en el qual s'ha decidit una protecció amb certes garanties tenint

en compte el context econòmic en què està inserit i l'activitat que s'hi desenvolupa.

Fent una radiografia simplista de la gestió d'un espai, les fases que es podrien trobar serien les següents:

1. Marc legal: llei o decret que aprova l'espai i li marca un espai territorial. En aquests moments disposem de diverses figures de protecció (parc nacional, parc natural, reserves naturals, paratges naturals, etc.).
2. Planejament: a Catalunya podem declarar un espai i després fer el planejament. A l'Estat espanyol tindríem en aquests moments uns sis-cents espais naturals protegits, dels quals un 70% són assimilables a parcs naturals i representen més del 80% del territori protegit espanyol. En el cas de Catalunya, tots els parcs declarats tenen un marc legal, però no tots disposen de planejament. Així doncs, en els parcs naturals ens hem de basar en el planejament municipal, o en normatives de caire sectorial o general.
3. Els òrgans gestors, que són qui ha de fer la feina. Comprendrien el director, els tècnics, els vigilants i els informadors. Es tracta d'una estructura diferent de la municipal, més reduïda.
4. Recursos materials. Consistirien en els equipaments, materials per a la recerca, per a l'ús públic, per al manteniment, les infraestructures i els serveis.
5. Recursos administratius.
6. Recursos econòmics.

Es podria començar a parlar que un espai té una certa consolidació quan disposa de marc legal, el planejament està aprovat, hi ha un òrgan de gestió ben estructurat, els pressupostos estan garantits, els recursos són suficients, tant administratius com de finançament, i la despesa per inversió està estabilitzada i tendeixen a incrementar-se els costos en manteniment. En moltes ocasions, a l'Estat espanyol, s'han fet grans equipaments molt costosos, però després no és viable el seu manteniment.

De les sis-cents figures de protecció de l'Estat espanyol, l'any 1998, el 40-45% tenien el planejament aprovat. Els que tenien uns òrgans de gestió operatius no arribaven a un centenar, i dels que, a més, tinguessin una gestió activa, en quedaven molt menys. I en el cas que s'hi faci una gestió, a continuació caldria reflexionar sobre l'adequació de la gestió: avaluar com estan els recursos aquells pels quals es va crear el parc, l'estat de les aigües, la diversitat biològica, la superfície forestal, la qualitat del bosc, etc. En molts casos, això no se sap.

Per la meua experiència puc posar l'exemple del treball al PNZVG, en el qual es va intentar seguir una certa lògica, tenir seny en les actuacions

que es portaven a terme. Es va intentar gestionar la diversitat tenint sobre la taula tots els elements que incidien per tal de prendre decisions tenint en compte els tres pilars de què parlàvem: el territori (medi físic i natural), les activitats i la gent que hi viu.

En col·laboració amb el CREA, al PNZVG vam desenvolupar un GIS anomenat Vulcà amb l'objectiu de reunir i gestionar el màxim d'informació disponible del territori del parc. El programa Vulcà és una eina d'ajuda en la presa de decisions sobre territori en la seva globalitat utilitzant el millor criteri.

A banda de la gestió dels propis espais, hem de tenir en compte l'important dinamisme en el territori. En aquest sentit, i per acabar, apuntaré dues eines que han de començar a ser imprescindibles en un futur proper: 1) l'avaluació ambiental estratègica, que obligarà a avaluar l'impacte ambiental en els planejaments, tenint en compte altres aspectes a més de la part de projectes de traçat d'infraestructures i construccions, i 2) els plans territorials, que impulsaran a planificar actuacions de manera que les infraestructures no col·lapsin el territori. Actualment, la xarxa viària connecta i permet una alta mobilitat entre zones llunyanes, coagulant un espai que prèviament era molt més permeable. No obstant això i malauradament, la permeabilitat no la podem donar en les mateixes figures de protecció; ha de venir embolcallada pel planejament territorial o per plans directors de coordinació.

La recuperació del front litoral del Besòs

Antoni Alarcón

La recuperació d'aquest tram costaner, avui en dia, comença, de mica en mica, a ser realitat. Han calgut diferents actuacions que abasten no només el litoral, sinó fins i tot a la conca del baix Besòs, perquè s'iniciï una lenta recuperació ambiental. Aquestes actuacions, engegades a mitjans de la dècada dels noranta, tenen la seva continuïtat en el marc de la renovació de la franja litoral al nord de Barcelona i la reordenació dels espais per al Fòrum de les Cultures de l'any 2004. El model de ciutat proposat ha fet un esforç per incorporar criteris ambientals, uns aspectes que fins fa ben poc eren negligits en les actuacions urbanístiques.

El riu Besòs

El tram final del riu Besòs era amb tota seguretat un dels àmbits fluvials més degradats de Catalunya. La forta contaminació de les seves aigües, juntament amb la canalització de la llera arran dels aiguats de l'any 1961, van comportar la degradació i marginalitat d'aquest àmbit fluvial. L'acord institucional pres l'any 1995 entre els ajuntaments de Barcelona, Santa Coloma de Gramenet, Santa Adrià de Besòs i Montcada i Reixac va permetre engegar un projecte unitari de remodelació de tot el tram final del riu Besòs i el seu àmbit d'influència. Aquest esforç es va concretar en diferents projectes i intervencions, un dels quals ha estat la «Recuperació mediambiental del tram final del riu Besòs». El projecte, redactat i gestionat per Barcelona Regional, i que ha estat cofinançat entre la Unió Europea, mitjançant els Fons de Cohesió, i l'Administració local, ha permès no només la recuperació ambiental d'aquest tram de riu, sinó a més apropar el ciutadà a aquest espai degradat.

El projecte global, de 9 km de recorregut, pretén abordar els objectius següents:

- Millorar la qualitat ambiental i paisatgística de la llera.
- Millorar la capacitat hidràulica del riu.
- Millorar part de l'efluent de la planta depuradora de Montcada i Reixac mitjançant un tractament terciari basat en la implantació de zones humides.
- Aprofitar per a l'oci determinades zones de la llera del riu.

El projecte s'ha executat en dues fases amb un cost aproximat d'uns 37,5 milions d'euros. La primera fase, ja finalitzada, es va inaugurar l'any 2000 i va permetre la creació del parc fluvial del Besòs. Aquest projecte ha millorat ostensiblement la capacitat hidràulica en fer més alts els murs de l'endegament i amb actuacions concretes en determinats punts conflictius. Tanmateix, en el tram inicial, s'ha meandrificat el canal central, no només per millorar les condicions ambientals, sinó per tal d'incrementar l'estabilitat de la mateixa llera.

Probablement, una de les aportacions més innovadores del parc ha estat la construcció de gairebé 10 ha de canyissars, per tal d'aconseguir un tractament terciari de l'efluent de l'EDAR de Montcada i Reixac, i així millorar la qualitat de les aigües del riu. Això ha permès, a més, la recuperació d'hàbitats fluvials la qual cosa ha comportat l'estada, i en alguns casos la nidificació, de més de 120 espècies d'aus, algunes de les quals estan protegides.

Un altre fet important ha estat generar 13 ha de prat fluvial accessible als ciutadans. Aquest àmbit incorpora l'ampliació del canal central, la qual cosa permet disminuir les condicions d'inundabilitat i, per tant, incrementa les possibilitats d'utilització de les zones de prat. A més, s'han instal·lat preses inflables per mantenir una làmina d'aigua constant (en condicions normals) en el canal central. Aquestes preses tenen la capacitat de desinflar-se de manera automàtica, tant per condicions de risc d'inundacions com per problemes de salubritat de les aigües. Adossats als murs de l'endegament, a ambdós marges del riu, s'ha construït un passeig per a viants i carrils per a bicicleta, la qual cosa dóna una continuïtat a tota la zona accessible del parc fluvial. Això ha permès recuperar activitats de lleure com ara passejar, anar en bicicleta o senzillament badar en una zona fortament densificada i mancada d'espais verds. En tot l'àmbit fluvial s'han creat i donat continuïtat als passeigs de ribera que ressegueixen la llera. Des d'aquests, a les zones accessibles del parc, s'accedeix al riu mitjançant rampes i escales. Aquests accessos, a més, disposen de panells lluminosos i senyals informatius, per tal de facilitar la informació necessària a l'usuari.

Per garantir la seguretat dels ciutadans s'ha creat un Sistema d'alerta hidrològica (SHABE) que permet conèixer en temps real l'estat de la

conca, com també les previsions d'aiguats. Tanmateix, el sistema també disposa de càmeres i avisadors optoacústics per tal de facilitar la vigilància i alertar en cas de necessitat.

Actualment es troba en obres la segona fase de 3 km fins a la desembocadura. En aquest àmbit, força urbanitzat, es perllongarà el parc fluvial amb el mateix disseny de zona accessible. D'aquesta manera, en la totalitat del parc fluvial, s'aconseguiran un total de gairebé 23 ha de prat fluvial accessibles als ciutadans amb la consegüent continuïtat dels carrils bici. Finalment, en el tram de la desembocadura es proposa un tractament de naturalització i creació de nous hàbitats generant zones de vegetació ripària i d'ambients salobres, que, juntament amb la recuperació de la platja de la desembocadura, permetrà millorar les condicions ambientals per als ocells limícoles i marins, sobretot tenint en compte la importància que tota aquesta zona té per a les aus migratòries.

En aquest àmbit s'estan desenvolupant altres projectes engegats i gestionats per Barcelona Regional, com ara la retirada i soterrament de les línies elèctriques d'alta tensió de dins la llera o els projectes per tal de millorar l'accessibilitat entre ambdós marges del riu amb la construcció d'un pont per a vehicles i de passeres per a vianants. Un cop finalitzades totes aquestes obres, aquest tram fluvial constituirà un dels parcs fluvials més grans de Catalunya, on es combinaran els aspectes de l'oci ciutadà amb la recuperació ecològica d'un espai fluvial.

Recuperació dels fons marins de Barcelona

La realització l'any 2004 del Fòrum de les Cultures marca una nova fita en la recuperació del sector litoral Besòs. La discussió sostenibilista constitueix un dels eixos principals del Fòrum i, per tant, totes les actuacions urbanístiques previstes responen a aquesta inquietud.

La remodelació d'aquesta façana no només pretén recuperar l'espai vora mar, sinó que s'emmarca en una intervenció decidida i contundent amb criteris sostenibles del litoral i per tant, com no podia ser d'una altra manera, incorpora les propostes necessàries per recuperar els ecosistemes marins. Això va molt més enllà de les tesis del 1992: ja no és suficient la restauració estètica i la millora de les condicions ambientals per a l'ús del lleure ciutadà, sinó que, a més, s'incorporen les bases per a la recuperació dels fons marins a les propostes de la nova línia litoral.

Amb les condicions ambientals recuperades i les obres realitzades, s'iniciarà una lenta recuperació d'aquests fons bentònics, però aquest procés pot accelerar-se i fins i tot millorar-se. La present proposta pretén, en el marc de les obres de recuperació del front litoral del Besòs, diver-

sificar els ambients submergits per tal d'incrementar la diversitat dels organismes bentònics. Recuperar els fons marins afegeix un interès no només estètic sinó ecològic, ja que a mitjà termini comportarà la generació d'un nou sistema ecològic juntament amb la nova remodelació de la línia de costa.

Millora de les condicions ambientals

Les aportacions durant anys al sector litoral del Besòs dels abocaments dels emissaris submarins d'aigua depurada i de fangs de la depuradora del riu Besòs i del sistema de col·lectors d'emergència, van portar a l'alteració de les característiques físiques, químiques i biològiques de l'aigua i dels sediments litorals, i en conseqüència dels organismes presents en aquest ecosistema.

La inversió d'aquests processos contaminants amb el tractament dels diferents abocaments que arriben a la línia de vora mar possibilitarà la lenta recuperació de tot aquest entorn.

La implantació del Pla de sanejament de la conca del Besòs ha possibilitat una millora substancial de la qualitat de les aigües del riu que, tot i que encara és lluny d'una recuperació ecològica, ha millorat les condicions en la desembocadura. Segurament la transformació més important ha estat la planta depuradora del Besòs. Aquesta planta, construïda a finals dels anys setanta, ha experimentat darrerament una progressiva transformació. Un dels seus principals punts d'abocament, l'emissari d'aigües, va ser millorat i construït de nou l'any 1995. Amb això es va aconseguir una millora notable de la qualitat de les aigües litorals.

Però, sens dubte, la millora més important pel que fa a la recuperació del medi marí ha estat l'eliminació de l'emissari de fangs. Al llarg dels anys, aquest ha abocat al medi una mitjana d'unes 14×10^3 tones en pes humit de fangs anuals. Això ha originat davant de la costa un fons de llots d'aproximadament 1 km^2 d'extensió, amb un gruix d'uns 2,5 m. Des de l'eliminació d'aquests abocaments, s'ha detectat una petita millora del medi marí, que en el futur tendirà a augmentar substancialment. Lentament les aportacions naturals de materials arenosos es van dipositant sobre l'extensió dels llots, i aquests seran colonitzats gradualment pels organismes propis d'aquests fons sedimentaris.

Actualment, els fangs són tractats en una planta d'assecatge annexa a la depuradora. Com que el procés d'assecatge requereix un consum energètic molt elevat, s'ha construït una instal·lació de cogeneració per optimitzar l'energia emprada, amb una potència instal·lada de 25 MW. Per altra banda, en la superfície que ocupava l'antiga depuradora (11,5 ha)

s'està construint la nova depuradora segons un disseny compacte que permeti alliberar espai perquè es pugui desenvolupar el tractament biològic. Aquesta nova planta tractarà 600.000 m³/dia, amb una càrrega contaminant de 3.250.000 habitants equivalents. A la nova planta es remodelarà el tractament primari, que serà amb decantadors laminars d'alta càrrega de superfície amb espessiment incorporat, i el tractament biològic serà de reactor profund amb selector i decantador de doble pis, així com un espessiment mecànic, amb centrífugues per als fangs biològics.

La construcció d'aquesta planta s'adequa a l'entorn urbà, de manera que la planta depuradora estarà coberta, ventilada i desodoritzada, i a sobre s'hi situarà una plaça pública i tots els elements emergents s'integraran i adequaran arquitectònicament a la plaça.

Per acabar, per tal de minimitzar el nombre d'abocaments al medi marí i incrementar el nombre de dies de compliment de la Directiva de qualitat d'aigües de bany, s'han dut a terme diferents actuacions com la construcció de dipòsits antiinundacions i anti-DSU, comportes de regulació i col·lectors. L'objectiu plantejat amb aquestes actuacions és reduir el nombre de descàrregues en temps de pluja al medi receptor a una tercera part dels actuals, reduint les hores en temporada de banys en les quals està prohibit el bany per culpa de les DSU del 5% al 1,5%. Entre aquestes actuacions destaca el dipòsit anti-DSU del carrer Taulat, amb una capacitat de 50.000 m³, el qual retindrà l'aigua de pluja per posteriorment traslladar-la a l'EDAR del Besòs, on serà tractada abans de ser abocada al medi receptor. Actualment s'està finalitzant l'estudi de modelització de la qualitat microbiològica del litoral, que permetrà conèixer amb detall l'efecte de totes aquestes actuacions.

Projecte del parc d'Esculls

L'objectiu del projecte del «parc d'Esculls del Litoral de Llevant de Barcelona», elaborat per Barcelona Regional i Infraestructures del Llevant, és la recuperació dels bentos marí i l'augment de la diversitat dels actuals fons sedimentaris mitjançant l'enfonsament d'estructures artificials (esculls artificials). Aquestes estructures crearan hàbitats diversificats i substrats amb capacitat per a la fixació del *pool* larval planctònic. Això permetrà, per una banda, desenvolupar la pesca artesanal sostenible en establir zones d'explotació exclusives per a aquests mètodes no degradants del medi natural i, per una altra, fomentar les activitats subaquàtiques.

Després d'haver realitzat una caracterització i cartografia dels fons marins, i sobre la base dels condicionants de l'entorn (gradient de qua-

litat ambiental de l'aigua marina i dels sediments amb la fondària i les ocupacions actuals del fons marí), l'àrea del parc d'Esculls comprèn la zona litoral entre els espigons submergits del col·lector de Bac de Roda i la nova bocana del port de Barcelona, entre les isòbates de 15 i 25 metres de fondària. Aquesta àrea suposa més de 10 km² de fons submarí i abastarà cinc subzones de forma semicircular, on s'instal·laran estructures productives, és a dir, que afavoreixin la posta, el reclutament i el refugi de les espècies objectiu de les pesqueres locals. Totes les zones d'esculls estaran protegides perimetralment per estructures de protecció per tal d'evitar agressions per part d'arts de pesca no permesos. Una d'aquestes subzones estarà destinada a les activitats subaquàtiques.

El disseny del parc d'Esculls preveu diferents usos que es plantegen amb estructures diferents:

- Estructures per a activitats subaquàtiques (inclou una zona per a l'enfonsament de vaixells de pesca com a derelictes).
- Estructures per al reclutament larval, la posta d'organismes i el refugi, alimentació i reproducció d'espècies d'interès pesquer.
- Estructures per a la promoció dels aspectes educacionals del medi ambient marí i destinades a la investigació per estudiar la colonització dels nous substrats.
- Estructures per a la protecció del medi davant d'arts de pesca no permesos (ròssec, art clar, ancoratges, etc.).

La combinació d'un substrat dur i un fons sedimentari en una zona on encara arriba la llum, juntament amb la millora de la qualitat de l'aigua, pot comportar un gran increment de les espècies a la zona. Serà la prova del nou, com diu l'alcalde, del fet que les coses, ambientalment, han anat millorant.

Diversitat intercultural

Joan Subirats

El concepte de diversitat l'aplicarem aquí com a element que ens ajudi a entendre la transformació de la nostra societat des del punt de vista de l'heterogeneïtat cultural, ètnica o religiosa. En el debat sobre les polítiques d'immigració a Espanya i a Catalunya tenim, encara, massa interrogants. Els diaris i altres mitjans de comunicació recullen discussions sobre l'interculturalisme o el multiculturalisme, o sobre la forma de denominar el fenomen. I és palpable que les coses no estan clares, que hi ha un neguit entorn d'aquest tema. A molta gent se li fa difícil d'entendre fins a quin punt es pot acceptar aquesta diversitat entre cultures. Hi ha dubtes en una munió de qüestions: des del vel o l'alimentació, en un *crescendo* cap a temes difícilment admissibles com l'ablació del clítoris, o la poligàmia. I dubtem d'on situar els límits: ¿hem de rebutjar de pla totes les peculiaritats de les ètnies immigrants, o, per contra, ho hem acceptar tot? Què podem acceptar i què hem de rebutjar?

Abans m'agradaria presentar la diagnosi dels canvis ocorreguts a Espanya recentment en el tema de la immigració, amb el plantejament de la qüestió per part del Govern central i els canvis derivats en passar de la Llei 4/2000 a la Llei 8/2000. M'interessarà especialment analitzar el paper que ha tingut la premsa en presentar el problema i com s'ha anat construint una imatge col·lectiva de la qüestió. Resumiré un treball nostre on analitzem les notícies sobre immigració del diari *El País* durant els anys 2000 i 2001. Veurem el paper dels poders autonòmic i local contraposats al Govern central, i acabarem parlant dels diversos models de gestió de la multiculturalitat que s'estan presentant en aquests moments a Europa. La idea és generar interrogants més que no pas oferir respostes; en definitiva, provocar la reflexió.

El fenomen de la immigració

Un primer element que cal considerar és el fet que Espanya ha passat de ser un país exportador de mà d'obra a ser-ne un importador. El procés d'immigració és molt recent. Podem dir que la seva major intensitat es detecta cap a mitjans dels anys noranta, i això fa que no siguem un país amb una gran tradició d'acollida d'immigrants. Respecte als immigrants que rebem, cal destacar que acollim dos tipus de visitants ben diferenciats. Un és el tipus d'immigrant benestant, d'edat avançada, procedent del nord i que s'instal·la a la costa del País Valencià, Múrcia o Andalusia. L'altre el formen els immigrants del sud (Magrib i Àfrica subsahariana), de l'Amèrica Llatina o del centre i est d'Europa, de desigual nivell cultural i poca capacitat adquisitiva, i al qual acompanyen, molts cops, connotacions molt més negatives. La xifra actual d'immigrants a Espanya, a finals del 2001, era d'1.109.000 immigrants regularitzats. A aquesta xifra s'han d'afegir uns 400.000 no regularitzats, i uns 15.000 difícilment classificables, no expulsables per buit legal, però tampoc regularitzables. A Catalunya, hi ha 300.000 immigrants regularitzats, entre els quals destaquen els llatinoamericans. Tot i així, a finals del 2001 hi havia més alemanys que llatinoamericans a Catalunya, cosa que indica la gran diversitat de procedències. En aquesta presentació, però, em centraré més estretament en la immigració no comunitària.

En termes generals, podem dir que Espanya no és un país receptor d'un gran flux migratori (un 2,5%, comparat amb percentatges d'entre 8-13% en altres països de la UE). De tota manera, aquesta mitjana presenta una gran variància, i en algunes zones es pot acumular el 20% de la immigració, com ara Ciutat Vella, percentatge comparable a les zones de més intensa immigració, com Marsella. La població immigrant s'acumula al litoral mediterrani, a Madrid i a la vall de l'Ebre, i en canvi n'hi ha molt poca al País Basc i a la cornisa nord. En general, trobem una correlació forta entre immigració i capacitat de generació de treball i nivells d'ocupació.

Legislació sobre immigració

A mesura que es produeix el fenomen de la immigració, la percepció social i les posicions polítiques sobre la qüestió van canviant. En l'àmbit de l'Estat espanyol, es promulgà una primera llei, l'any 1985, en plena època de majoria absoluta del PSOE. Aquesta llei, que avui en dia seria molt criticada per repressiva i autoritària, va ser pensada per facilitar l'entrada d'Espanya a la Unió Europea. De fet, la llei es va aplicar molt

poc, i de forma laxa. Per exemple, durant tot el període 1985-1998 els immigrants magribins podien entrar i sortir d'Espanya a conveniència, segons les seves necessitats econòmiques (amb la qual cosa s'evitava que tinguessin tants incentius com ara per quedar-se, amb papers o sense).

Fins al 2000, el nucli de política d'immigració era dins del Ministeri de Treball i Afers Socials, cosa que indicava una perspectiva relacionada amb el treball i amb els serveis d'integració. A partir d'aquest any es produí un gir molt important, centrat en dos elements: la cimera de Tampere a finals del 2000, i la modificació de la llei. En dita modificació es va pretendre un consens notable sobre la llei, amb la participació de tots els partits polítics, moltes entitats cíviques i unes quantes ONG. No obstant això, en un moment determinat, aquest consens es va trencar per un canvi d'opinió del Partit Popular. L'argument del PP era que s'havia d'adequar la normativa als acords de la cimera de Tampere. Malgrat l'esmentada manca de consens, la Llei 4/2000 va ser aprovada amb el suport de tots els grups parlamentaris, excepte el PP. Cal recordar que en el període 1996-2000 el PP no tenia majoria absoluta i necessitava els vots de Coalición Canaria i CiU per poder governar: sense el suport d'aquests dos grups, no va poder tirar endavant el seu projecte. Però aleshores ja va anunciar que, si guanyava les properes eleccions amb majoria suficient, canviaria aquesta llei.

A partir del 2000 i sota la batuta del senyor Mayor Oreja, aleshores ministre d'Interior, el tema de la immigració es va convertir en un tema d'encès debat. En aquesta situació, van tenir lloc els fets d'El Ejido, el febrer del 2000. Les declaracions dels ministres i altres polítics de l'entorn del PP sobre el tema van estar en la línia d'augmentar l'alarma. Es va arribar a declarar que la Llei 4/2000 tenia «un efecte llamada». Això va suscitar la sensació general que s'estava davant d'un tema molt delicat, amb un impacte electoral altament significatiu. I, aquí és on intervé poderosament el paper de la premsa.

La immigració als mitjans de comunicació

Nosaltres vam estudiar les informacions sobre immigració publicades pel diari *El País* (El País, Edición Nacional) durant els anys 2000 i 2001. L'any 2000 sortiren nou-centes notícies sobre el tema i l'any 2001 un total de mil dues-centes notícies. S'observà un patró estacional amb puntes a l'estiu i repunts importants en moments de successos específics (El Ejido, accident de la camioneta dels equatorians, etc.). Les portades, unes dotze al mes de mitjana, destacaven els temes negatius associats a la immigració: violència, ofegats, policia, precarietat, problemes d'in-

tegració, relacions amb el Marroc. Això contribueix a anar construint una imatge entorn dels aspectes negatius de la immigració, com ara la precarietat, la desesperació, la delinqüència, etc. En canvi, es fa molt poc esment de les dimensions positives que podria tenir la qüestió quant a renovació de la població, increment de la demografia, nova ocupació, nova formació, futurs pagadors de les pensions, etc. En resum, s'ha anat generant una forma d'entendre la política de la immigració que fa difícil a la resta de forces polítiques sortir d'aquest patró: si se n'apartaven, l'electorat els podria castigar enormement. I, de fet, les enquestes mostren una disposició favorable a la restricció de les entrades, a la poca tolerància en els enquestats.

La política governamental actual

Quina es la hipòtesi sobre la qual l'actual Govern organitza la seva política? Sobre quines bases està construint aquesta política d'immigració? Els principals inspiradors d'aquesta política d'immigració són l'exministre d'Interior senyor Mayor Oreja, el secretari d'Estat en matèria d'immigració, senyor Fernández Miranda, i el president del Foro de la Inmigración, senyor Mikel Azurmendi.

Es basen en les hipòtesis següents: 1) s'han de blindar les fronteres i impedir que entri ningú sense papers; 2) s'han d'establir acords prioritaris amb certs països i pactar amb ells convenis de recepció d'immigrants, 3) s'han de fixar les quotes d'immigrants que necessitem cada any d'acord amb les opinions dels agents socials i de les institucions públiques autonòmiques i locals, 4) s'ha de procedir a la recepció dels immigrants arribats segons aquests criteris; i 5) s'ha d'expulsar del país els immigrants que no compleixin aquesta previsió.

Però, a la pràctica, això no funciona així. Les fronteres, malgrat el canvi de la Llei 4/2000 a la 8/2000, no són inviolables; és evident que contínuament entren immigrants per molts llocs diferents, i en tenim constatacions cada dia. D'altra banda, s'han firmat poquíssims convenis amb països emissors d'immigració, i significativament no s'ha signat cap acord amb el Marroc; la fixació de quotes es fa de manera molt lenta i amb poc consens amb agents socials i autoritats autonòmiques i locals (per exemple, els empresaris catalans van demanar 80.000 contractes l'any 2001, però només els en van assignar 40.000. A tot Espanya, la quota era de 200.000, però d'aquesta quantitat 150.000 va ser destinada a regularitzar els que ja eren dintre del país); no s'han signat convenis d'extradició, i als immigrants «expulsats» no se'ls pot expulsar, però tampoc se'ls pot regularitzar.

Si el sistema no funciona, què és el que fa que es mantingui? Una possible resposta és que es tracta d'un mecanisme econòmicament funcional. Des del punt de vista polític dóna seguretat i rigor en resposta al que demana la societat; però, d'altra banda, com que se sap que la norma no es pot implementar, això permet que existeixi un exèrcit de mà d'obra irregular molt rendible i molt barata. Mentre que aquest funcionament beneficia molt les zones agrícoles del País Valencià, Múrcia i Andalusia, i Catalunya, el problema es presenta en els ajuntaments que han d'acollir els immigrants i donar-los els serveis bàsics i preocupar-se per la seva integració, educació, sanitat, habitatge, etc. Davant les demandes dels ajuntaments, la resposta del senyor Fernández Miranda va ser de proposar que no els empadronin, per la senzilla raó que, si no estan empadronats, no tindran drets.

Actualment, el programa GRECO intenta reestructurar la política d'immigració recent. Aquest programa està coordinat pel Ministeri d'Interior, amb els ministeris d'Exteriors i d'Afers Socials com a petits satèl·lits. Del Ministeri d'Interior penja una gran gamma de polítiques: Foro para Integración Social de Inmigrantes, Comisión Interministerial de Extranjería, i Consejo Superior de Política de Inmigración, entre d'altres. En canvi, els governs autònoms i els sindicats tenen molt poc pes: només són consultats pel Consell, i pel Foro. De les 85 mesures incloses en el pla GRECO, un 55% estan en mans del Ministeri d'Interior. Això demostra que, més que d'una política d'immigració, s'ha de parlar d'una política d'estrangeria, de control de fronteres i d'acció policial i posa en relleu una divisió de funcions molt costosa del punt de vista institucional i social. El Govern manté un tipus de política consistent en una imatge social basada en la por (amenaces, perill, invasió, etc.) alhora que se'n aprofita econòmicament. Però, en canvi, no accepta els costos que se'n generen, els quals recauen en les comunitats autònomes i, sobretot, en els ajuntaments. Tenim una situació en la qual, de tres aspectes: el conceptual, el substantiu i de contingut, i l'operatiu, el Govern té una forta presència en tots tres, però tant les comunitats autònomes, com els municipis i les ONG hi tenen només una presència operacional. I es dóna la paradoxa que el pes essencial de les polítiques positives d'integració social està en mans d'uns sectors que no tenen cap possibilitat d'influència sobre la forma de decidir la política en qüestió. Aquesta situació se sosté perquè les forces polítiques no tenen coratge per donar una alternativa. Els mitjans de comunicació no donen altra imatge millor (les bones notícies no són notícies) i així es genera un cercle viciós.

Les alternatives

Com podem modificar això? L'element central és que se sigui capaç de construir discursos alternatius des de l'àmbit local i des de les comunitats autònomes, ja que són els estaments que es fan càrrec dels costos de la política, de l'empadronament, l'habitatge, la sanitat i l'educació tant dels petits com la incorporació dels adults a l'educació. Fins ara, aquests costos s'han assumit bàsicament des del punt de vista humanitari.

La immigració també s'ha de veure com un tema cultural, un reflex d'elements de caracterització social. S'ha anat construint una imatge que tendeix a fer veure que les persones immigrants porten problemes, provoquen desajustos en la nostra forma de vida i en la convivència. I, per evitar el problema del xoc de cultures, s'ha fet distincions entre immigrants. Per exemple, en la darrera campanya de recollida de maduixa a Huelva s'han anat substituint els treballadors magribins i subsaharians que ja estaven allí d'anys anteriors per persones procedents de l'Europa de l'Est, educats en una cultura més semblant a la nostra. Els immigrants es necessiten per cobrir les feines més feixugues, però se'ls vol adaptats a la nostra manera de viure per tal que no produeixin problemes. Implícitament, s'ha generat una frontera entre els immigrants integrables i els no integrables. I aquí ve a tomb un comentari sobre les idees de Sartori, un polítològ italià molt influent, que en el seu llibre justifica que el pluralisme cultural (o multiculturalisme) és inacceptable en les nostres societats occidentals en relació amb els col·lectius que tenen una religió i uns valors contradictoris amb els nostres i la nostra tradició. Els països islàmics no separen religió i Estat, i això és profundament contradictori amb els fonaments de la nostra civilització. Huntington parla de «guerra entre civilitzacions», la nova fase de conflictes mundials.

Quins models hi ha a Europa sobre aquest conjunt de qüestions que ens puguin servir de guia? Molt simplificadament, es dibuixen tres models: el francès, l'alemany i l'anglosaxó. El model francès és republicà, de la il·lustració, de la ciutadania, i considera que els drets de les persones són drets individuals, i tot allò que els caracteritza des del punt de vista identitari forma part de l'espai privat. Aleshores, tota exteriorització de la fe religiosa constitueix un atemptat a la religió dels altres. Tothom ha de tenir accés a la ciutadania, però acceptant les bases d'aquesta ciutadania, és a dir, essent intolerant respecte al fet que el fet privat s'imposi en l'espai públic. A França la tendència ha estat de negar la presència del xador a les escoles públiques. És un model d'integració, és constitucional, legal. Si s'accepten aquestes condicions, eventualment es pot aconseguir la ciutadania francesa.

El cas d'Alemanya és diferent. Allà, fins fa molt poc, regia el *ius sanguinis* (s'havia de ser fill d'alemanys per accedir a la ciutadania). Hi havia habitants que després de moltes generacions (turcs, kurds) seguien sense ser ciutadans alemanys. Però des punt de vista cultural hi ha una permissivitat en la convivència de diferents cultures i tradicions. I ara fa poc s'ha començat a concedir la nacionalitat a turcs de segona i tercera generacions a Alemanya.

El cas anglosaxó és més pragmàtic. Es tendeix a pensar que es pot separar la societat en elements culturals en tant que en els espais públics s'acceptin mútuament les diferents cultures.

La nostra tradició seria mes aviat semblant a la francesa.

Els països que millor funcionen són Holanda i el Canadà, que tenen un nivell d'acceptació de la diversitat molt gran. En contrapartida, es tracta d'un model força car: per exemple, a les escoles es tenen en compte els diferents requeriments de les diferents cultures. Són interessants les idees de l'autor canadenc Joseph Carens, que ens alerta de no confondre l'acceptació de la diversitat amb una «neutralitat» cultural de la societat. Seguint Amartya Sen, hauríem de ser capaços de construir un «nucli dur» format pels aspectes que considerem innegociables (els drets dels individus, la integritat física, la no-acceptació de diferències per raó de gènere, etc.), i alhora construir una corona més ampla amb altres aspectes que s'haurien d'acordar, allí on posem els límits. No és tasca senzilla, però és un repte que les societats receptores no podem defugir.