L'ESTUDI I CONSERVACIÓ DE LA BIODIVERSITAT EN ELS PAISATGES CULTURALS

Joan Ll. Pretus i Guillem Chust
Departament d'Ecologia, Universitat de Barcelona

Introducció

El Conveni sobre Diversitat Biològica (CDB, Rio de Janeiro, juny de 1992), ratificat pels països de la UE, neix amb l'objectiu d'impulsar a escala mundial les estratègies dels diferents estats, organitzacions i institucions d'estudi i conservació de la naturalesa, encaminades a reduir la pèrdua de diversitat biològica de la Terra. En un intent d'incorporar tots els components possibles involucrats en el procés, defineix la diversitat biològica com la "*variabilitat entre els organismes vius de tota procedència, incloent, entre d'altres, els ecosistemes terrestres, marins i altres sistemes aquàtics i els complexos dels quals ells formen part; això inclou la diversitat dins de les espècies, entre espècies i dels ecosistemes*". Queda clar, per tant, que la biodiversitat es presenta com un ampli i renovat intent de comprensió dels processos ecològics que actuen en la generació, manteniment o pèrdua de diversitat biològica. Diversitat construïda al voltant del concepte d'espècie i de les seves escales de variabilitat. És així com la diversitat d'espècies és la peça clau de la biodiversitat, com la mesura de la importància de les amenaces latents o manifestes, i com la prova del grau d'èxit o fracàs dels programes d'actuació relacionats amb la implementació del CDB. Des d'aquest punt de vista, el CDB parteix de valorar equitativament totes i cadascuna de les espècies vives, com a patrimoni conjunt a preservar. Diguem que no tracta tant de discriminar o ressaltar les espècies clau que preserven la funcionalitat dels ecosistemes i dels processos biogeoquímics que controlen el clima i les condicions generals de vida, sinó de reconèixer el valor per si mateix de les espècies.

L'anàlisi de l'estat d'opinió actual dels investigadors i gestors ambientals dins l'àmbit europeu, sondejats amb enquestes específicament destinades a avaluar la importància dels diferents impactes sobre la biodiversitat, indica que una de les amenaces més importants en aquest continent se centra en l'alteració dels paisatges (European Topic Centre/Nature Conservation). En termes més concrets, les principals amenaces vénen donades a través de la pèrdua i fragmentació dels hàbitats naturals a causa de l'agricultura i l'urbanisme, seguit de les invasions i introduccions d'espècies alienes, i altres impactes derivats de la sobreexplotació de recursos i de la pol·lució. Havent donat aquesta impressió general sobre la importància dels canvis i amenaces derivades de la modificació dels paisatges es fa lícita, per tant, la pregunta de si hi ha arguments científics per a promoure una estratègia en la conservació basada en la gestió dels paisatges anomenats culturals, aquells heretats després de mil·lennis d'interacció entre l'home i la naturalesa (Fig. 1); o bé hem de renunciar a aquest objectiu i només tractar de preservar les espècies en "santuaris isolats" de l'activitat humana.

En el document promogut per la Comissió "*Entenent la Biodiversitat*" els analistes Watt et al. (1998) reconeixen que els paisatges, en tant que són els "hàbitats naturals de la gent", constitueixen les unitats ecològiques més rellevants de cara a la gestió de la naturalesa. Es tracta però de la diversitat biològica dins dels paisatges, més que la pròpia diversitat dels paisatges d'una regió geogràfica (la de major interès ecològic). En efecte, dins dels paisatges hi tenen cabuda les següents estimes o mesures de biodiversitat: (1) la diversitat genètica d'una espècie, formada per poblacions més o menys connectades i distribuïdes dins hàbitats específics com a parts discretes del paisatge; (2) la riquesa d'espècies, entesa aquesta com un component inventariable i no interactiu de les peces (espècies) amb què s'alimentaran les comunitats locals interactives (competència, depredació, mutualisme), de les quals no s'esperen equilibris estables sinó substitucions o successions d'espècies, que s'han de nodrir d'aquell *pool* regional; i finalment (3) la diversitat d'hàbitats, que ens donarà el valor en biodiversitat dels mosaics per a aquelles espècies amb requisits de múltiples hàbitats

Fig. 1. Els paisatges culturals preserven una elevada biodiversitat florística i faunística. Menorca, com exemple, fou declarada Reserva de la Biosfera, amb l'objectiu de preservar els seus mosaics paisatgístics tradicionals. Composició en fals color a partir d'una imatge de satèl·lit Landsat TM del juliol de 1992.

o que tenen mobilitats grans en el seu quefer quotidià. El plantejament de totes aquestes qüestions és important per a la conservació de la biodiversitat, i ens indica, també, quins són els problemes principals que ha d'afrontar la recerca actualment. Abans però cal establir l'escala espacial més sensible i identificar-ne les unitats de paisatge que cal reconèixer com a determinants de la riquesa dels diferents grups taxonòmics en estudi (Watt et al., 1998).

L'estudi de les poblacions biològiques, com a base per a entendre la biodiversitat

Si donem un cop d'ull a la literatura especialitzada en ecologia, per tal d'esbrinar fins a quin punt estem preparats per a afrontar aquests reptes, ens trobarem amb un conjunt de peces d'un trencaclosques repartides entre diferents disciplines sorgides recentment, i necessitades encara d'un procés d'aproximació i unificació: l'ecologia del paisatge i la dinàmica de metapoblacions, o macroecologia. Podem establir dos conjunts de branques que caminen cap a aquesta síntesi: unes parteixen de models poblacionals per a una espècie, i tracten de comprendre un mínim de factors relacionats amb la migració i l'extinció local que expliquin les condicions de persistència de les espècies separadament. Per un altre costat tenim aportacions més empíriques, basades en la interpretació estadística d'inventaris de camp, o en l'anàlisi de l'estructura dels hàbitats en termes descriptius, a partir de les facilitats que aporten els "sistemes d'informació geogràfica".

La problemàtica de la biodiversitat té també arrels profundes en l'ecologia tradicional. Des que a mitjan del segle passat els botànics anglesos començaren a ocupar-se de la distribució de la riquesa d'espècies florístiques en relació a superfícies extenses inventariades, s'ha anat acumulant un important nombre de relacions estadístiques que donen compte d'aquestes connexions per a una multitud de grups florístics i faunístics. L'estudi acurat dels paràmetres d'ajust d'aquestes funcions ha permès dibuixar un conjunt de regularitats notablement robustes; i un cop ordenades les observacions realitzades, les quals engloben àrees de diferents escales espacials –des de la parcel·la de terreny a la província biogeogràfica, fins arxipèlags propers i/o remots illots continentals i illes oceàniques-, podem dir que emergeix un diagrama molt esclaridor dels processos que cal tenir en compte a l'hora d'interpretar el perquè de la

riquesa d'espècies per a qualsevol combinació entre escala espacial i el grau d'aïllament d'una regió (Fig. 2). Al llarg dels darrers cinquanta anys hi ha hagut moments clau on aquestes regularitats han inspirat teories ecològiques que avui dia són la base de les estimes sobre les taxes de pèrdua global d'espècies (Fig. 3) així com també de la metodologia que aporta solucions estratègiques al problema de la conservació en principals àrees de la Terra amb elevada acumulació de biodiversitat. Són els anomenats *hotspots* (Myers, 2000), basats en la identificació d'unitats geogràfiques amb un màxim grau d'endemicitat.

Tornant als paisatges, quins són els principals reptes plantejats en la millora d'aquestes teories clàssiques sobre la diversitat d'espècies? En principi, la idea que en tenim fa referència a la "teoria insular" formulada sobre un hipotètic arxipèlag format per illes de diferent extensió i complexitat d'ambients, encara que aquesta darrera característica no sigui molt determinant d'entrada. N'hi ha prou en suposar que es tracta d'illes que solament difereixen en la seva extensió, separades per una matriu inhabitable, com ho és l'extensió d'aigua infranquejable per les espècies insulars. Imaginem-nos ara una espècie que es distribueixi potencialment dins aquest

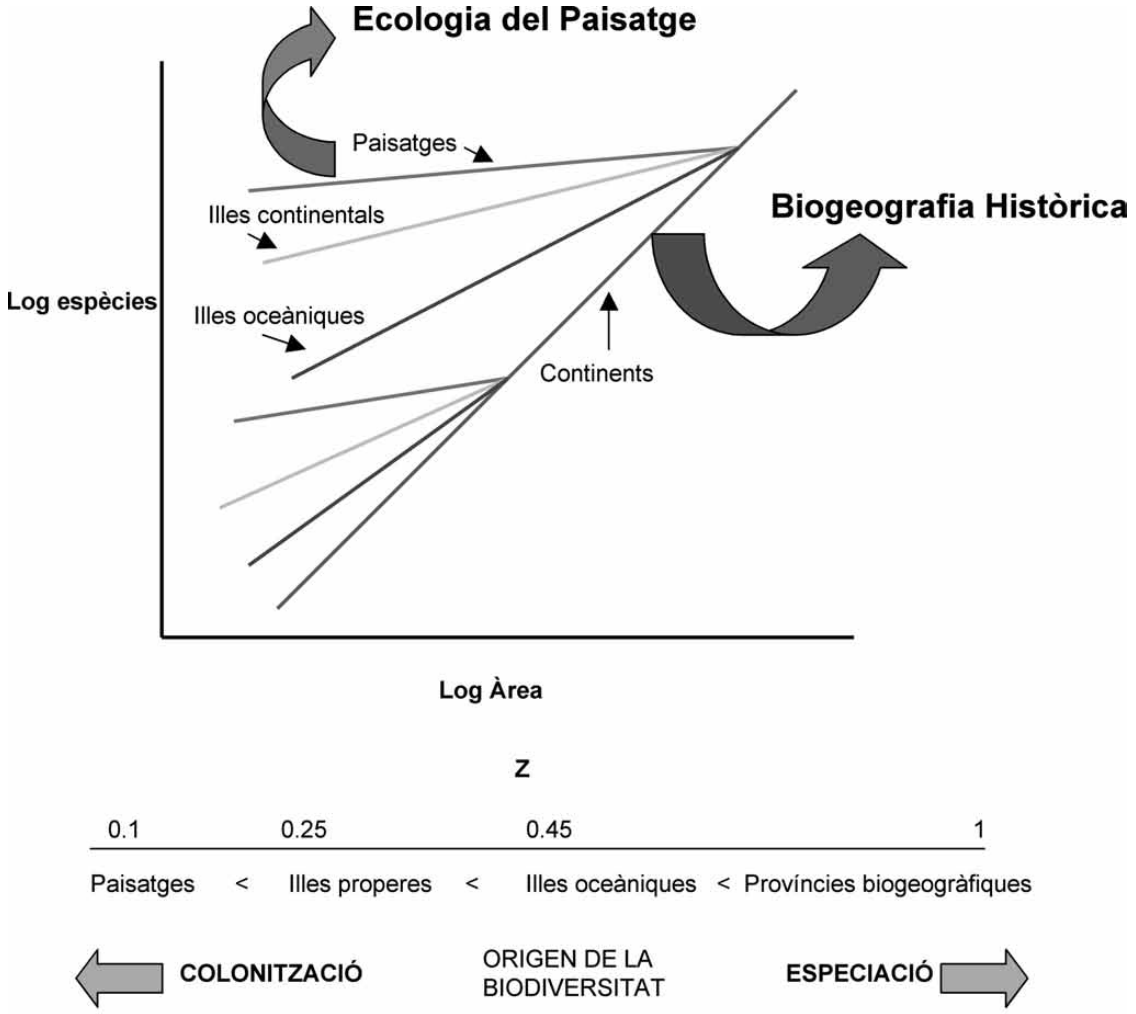


Fig. 2. Diagrama conceptual de les relacions espècies/àrea per a diferents situacions geogràfiques. Els pendents de les rectes (Z) són més alts com a més important és el grau d'aïllament (províncies biogeogràfiques, illes remotes oceàniques...), i on predomina l'especiació o generació d'espècies autòctones com a font de biodiversitat. En canvi, les taques d'hàbitat dels paisatges tenen valors baixos de Z, i moltes àrees petites mantenen la seva riquesa d'espècies sols a través de la immigració externa. La connectivitat dels hàbitats en mosaic és determinant per balancejar l'extinció local. (A partir de Rosenzweig, 1995).

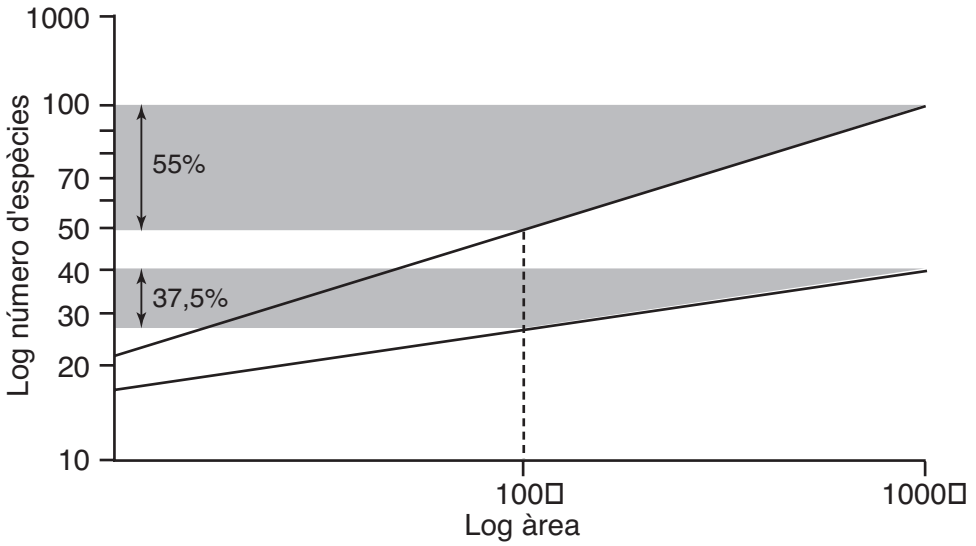


Fig. 3. Els pendents de les relacions espècies/àrea permeten estimar la importància de la reducció de la superfície dels hàbitats. Una reducció del 90% en la superfície de l'hàbitat prediu una pèrdua del 55% o del 37% de les espècies, segons els valors del pendent. A pendents majors, més gran és la pèrdua d'espècies.

ambient fragmentat, i que pot colonitzar cada una de les illes a partir de qualsevol de les restants, independentment de la distància a què es troben unes de les altres. Aquest plantejament ha portat a concebre que les poblacions biològiques formades per subpoblacions insulars, que, pel fet de comptar amb relativament pocs individus, esdevindrien més fràgils, és a dir, susceptibles d'ésser afectades fins a l'extinció per un espectre més gran de fenòmens destructius de l'entorn, com sequeres prolongades, epidèmies, invasions, focs o altres causes de perill per a la població. Fins i tot, per poblacions d'illes molt petites, es considera també la possibilitat que en un moment donat no hi hagués prou naixements per a compensar les morts, o que no naixessin proporcions de mascles i femelles equilibrats al 50% per raons simplement probabilístiques. A tot aquest conjunt de factors els anomenem estocàstics, és a dir, impredictibles, que poden afectar qualsevol població en qualsevol moment, i tant o més freqüentment quan més baixa és la densitat demogràfica. Diferents autors (MacArthur i Wilson, 1967; Levins, 1969) conceberen utilitats i perspectives ecològiques peculiars en aquest escenari dinàmic entre colonitzacions i extincions locals. Si considerem una única espècie, assistirem a la dinàmica d'una població de poblacions, que anomenem metapoblació. El paràmetre d'estat que interessa aquí és la proporció d'illes de l'arxipèlag que estan ocupades. Caldria plantejar-se quins són els requisits mínims perquè en un cert estat d'equilibri estacionari, aquest paràmetre sigui positiu, és a dir, garanteixi la persistència de l'espècie. Tal com hem plantejat la situació, que és com ho van fer els primers teòrics de les poblacions fragmentades, la permanència indefinida d'una espècie a l'arxipèlag dependrà solament de la relació entre les seves habilitats dispersives i la fatalitat imposada pel règim d'estocasticitat local que indueixi a l'extinció en un temps més o menys llarg. Tot i que poca cosa més es podria demanar d'aquestes estocasticitats imprevisibles, hi hauria una observació útil a fer: comparar la seqüència temporal de fatalitats que minvarien les diferents subpoblacions, de manera que si aquestes fatalitats actuessin en sincronia, l'estocasticitat afectaria en un instant la majoria de subpoblacions. Es tracta d'una estocasticitat regional, letal per a la persistència de tota la població conjunta. En canvi, l'estocasticitat local, com que afecta independentment cadascuna de les subpoblacions, podríem dir que és menys destructiva a llarg termini, ja que és com una esporgada, ara aquí i demà més enllà, i que no limita les possibilitats de recolonització per part de les poblacions no afectades a cada moment.

Els biogeògrafs dels anys seixanta, com els ecòlegs de metapoblacions, pretengueren fer també una explicació en termes similars a la riquesa d'espècies de les illes. Aquests investigadors reconsideraren l'efecte que podria tenir la distància i l'àrea insular sobre les probabilitats respectives de colonització i extinció local. També formularen determinats equilibris dinàmics a resultes del balanç d'entrades i sortides, en sintonia amb els models dominants de l'època. Per tant, les antigues relacions espècies/àrea i els progressos ulte-

riors en ecologia de poblacions ens dugueren a pensar que els controls que actuen sobre l'extinció i la colonització de les espècies estan en funció de l'extensió de les àrees, de les distàncies de colonització i de la distribució de l'estocasticitat -entre un component regional, més letal, i un de local-. Aquest darrer dependrà també de la distància entre les subpoblacions insulars. Així, sobre un mateix factor bàsic, la distància, podria tenir efectes en sentits oposats. Però també l'extensió de l'àrea, sempre avantatjosa, podria també limitar en alguns casos espècies pioneres. Aquestes mateixes consideracions són les que es varen tenir en compte a l'hora d'analitzar la incidència de les diferents espècies per a les faunes d'ocells a arxipèlags tropicals (Diamond, 1975). Si fins aquí la teoria insular indicava que les illes grans haurien de sostenir més espècies, perquè les seves poblacions locals eren més estables davant l'estocasticitat, en canvi s'observà que algunes espècies fugitives (conegudes com *supertramps*) eren més comunes als illots petits perifèrics. Potser evitaven, així, la competència pels recursos més accentuada en aquelles illes més poblades i riques en espècies. L'àrea, per tant, podria tenir en aquests casos efectes oposats entre la riquesa d'espècies i la persistència d'algunes d'elles. De tota manera feia falta precisar molt més en els models matemàtics utilitzats.

Metapoblacions i paisatges

Els models més realistes estan arribant amb el perfeccionament dels tractaments metapoblacionals per a una espècie, però considerant aquells factors utilitzats per a explicar la riquesa d'espècies, en particular la distància i l'àrea. Així, cada espècie tindria una probabilitat de residir a llarg termini en una illa o taca d'hàbitat. El focus d'atenció seran ara els retalls de paisatge amb hàbitats naturals enmig d'un "mar" més o menys inhòspit d'ambients humanitzats. Aquí la probabilitat d'una espècie de residir en una "taca" d'habitat estarà en funció no solament de les característiques de mobilitat i resistència a l'estocasticitat de l'espècie, sinó a l'oportuna ubicació geogràfica de l'hàbitat, que determina la taxa de recepció de propàguls, la qual actua rescatant contínuament la població local si aquesta tendeix a extingir-se. Per primer cop, els models reconeixen el patró de coordenades geogràfiques com a determinant en la possibilitat de persistència de la metapoblació (Hanski, 1999). L'existència de cada una de les espècies sobre fragments d'hàbitat no només dependrà de propietats intrínseques de les espècies -com el seu caràcter fugitiu- sinó també de la posició estratègica dins de l'hàbitat en qüestió. Per això, a vegades observem hàbitats d'aspecte apropiat per a trobar-hi una espècie, però per la seva posició marginal dins del rang de distribució regional, aquest roman buit la major part del temps. A partir d'això, es preveu un desajust entre el nínxol fonamental d'una espècie i el lloc on la trobem realment. Però aquest punt de vista també cal complementar-lo amb un altre; és a dir, a vegades el nínxol fonamental de les espècies -aquell conjunt d'hàbitats on viuria en absència de competidors-, podrà ser més petit que l'observat! En efecte, la proximitat d'un hàbitat de primera qualitat on hi hagi una producció demogràfica excedent d'una espècie dispersora, farà que els hàbitats circumdants, encara que siguin de menor qualitat, sostinguin una població més a llarg termini que l'esperat però que desapareixeria sense la font indicada. Tot això complica molt les possibilitats de comprendre els hàbitats i la seva protecció com a fenòmens aïllats. Cal recórrer de nou al concepte de paisatge per a no defugir aquests mecanismes implícits en la dinàmica de les espècies, ara ja d'una manera més sòlida i més convençuts de la seva significació crucial en l'ecologia bàsica de les espècies i comunitats.

Ecologia del paisatge

La disciplina coneguda per ecologia del paisatge tracta de ser un esglaó més en la direcció cap a models més realistes amb l'objectiu d'ubicar els processos poblacionals en un espai determinat per hàbitats en mosaic

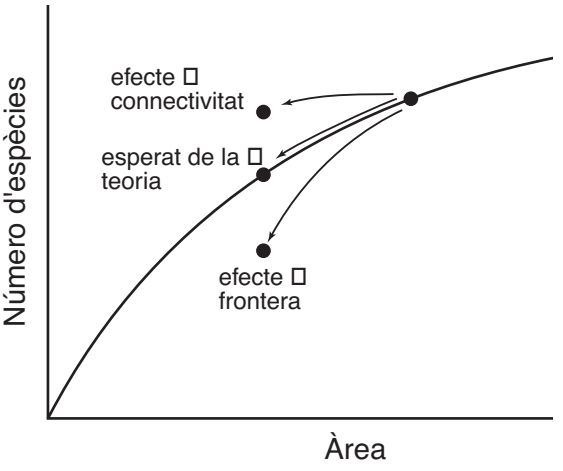


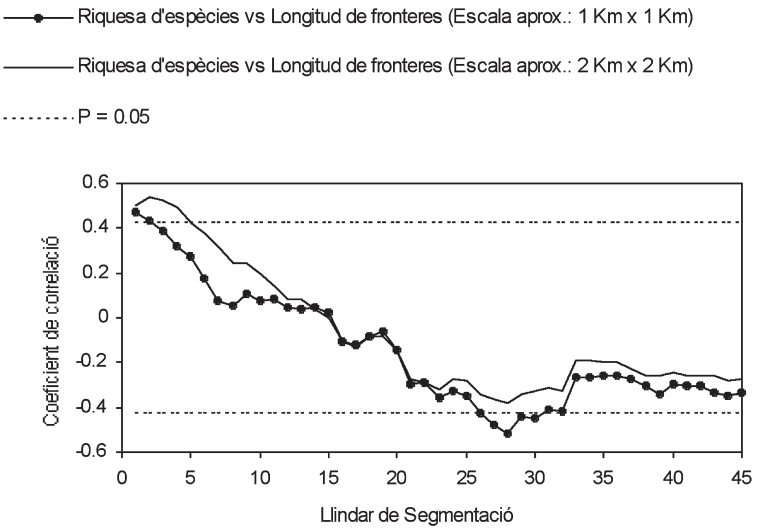
Fig. 4. L'ecologia del paisatge introdueix alteracions en les corbes espècies/àrea degudes a dos tipus de fenòmens: per un costat una bona connectivitat dels ambients de pas o corredors faria augmentar les taxes de colonització, mentre que els efectes frontera farien reduir l'àrea efectiva dels hàbitats, especialment si són ja petits. D'aquesta manera s'arribaria a fer baixar la riquesa d'espècies que podrien sustentar.

tal com s'observen en l'actual composició dels paisatges. En aquest sentit, incorpora nous ingredients fonamentals que fan variar les bàsiques relacions espècies/àrea de la literatura ecològica (Fig. 4). Un primer canvi conceptual és el de tenir en compte els diferents graus de permeabilitat de la matriu territorial. Hi ha vies de colonització més eficients que d'altres, segons les característiques dels hàbitats de pas, pels quals els individus colonitzadors poden anar passant d'un hàbitat primari a un altre. La necessitat de potenciar els corredors biològics o vies verdes respon aquest sentit d'afavorir la connectivitat de les poblacions contingudes dins d'espais naturals protegits del territori separats per matrius d'espai agrícola, industrial i/o per xarxes viàries que dificulten la transició entre les zones que acumulen major biodiversitat. Quan ho comparem amb el mar, la major connectivitat entre taques d'hàbitat resulta ser un efecte dels paisatges que modulen les relacions espècies/àrea en tant que afecta les capacitats de colonització de possibles nous ambients que fan augmentar la supervivència de l'estadi migrador. Un efecte complementari rau a considerar les pròpies taques d'hàbitat a mesura que es redueixen de mida. No obstant, hem d'esperar que la capacitat de sosteniment de les unitats metapoblacionals es vegi afectada per l'anomenada efecte frontera. Així, un ecosistema forestal que es vagi reduint o fragmentant cada cop més fins a estar constituït per retalls de mides molt petites arribarà el moment que perdrà les seves característiques microclimàtiques, i acabarà essent un simple conjunt d'arbres sense capacitat per a mantenir les condicions primàries. Abans que això passi, però, trobarem els efectes frontera que es manifesten de manera que a les primeres desenes de metres immediats al contorn de la taca d'hàbitat s'hi trobaran proporcions canviades de depredadors, paràsits, etc. respecte a les zones nucli o internes. Val a dir que a les fronteres dels hàbitats s'hi detecten efectes específics que fan canviar la diversitat biològica i els tipus d'interaccions ecològiques dominants (Murcia, 1995).

Escales i jerarquies del paisatge

Fins ara hem exposat el que podríem dir una visió elemental del paisatge. Però, tal i com suggereixen els autors que analitzen l'estat actual de la recerca en biodiversitat dels paisatges, un dels objectius a desenvolupar és la detecció de l'escala espacial dels processos involucrats en el manteniment de la diversitat sobre aquells hàbitats en forma de mosaic. Definir l'escala espacial d'un procés consisteix en definitiva a revelar dues magnituds que estan associades entre si, l'extensió (amplitud espacial d'una observació) i la resolució (grandària mínima de la unitat d'observació). La tradició en ecologia ha estat estudiar les relacions entre la distribució de les espècies i els factors immediats; i en part ha defugit la tasca d'apreciar fins a quin punt la riquesa d'espècies o la simple probabilitat de residència d'una espècie determinada pugui dependre de components ambientals que s'escampin dins d'un radi variable de l'entorn dels punts de mostreig. De fet, el que veiem és que possiblement hi hagi més d'una escala d'influència sobre les poblacions locals (Chust et al. 1999a): una marcada per les condicions immediates donades per la tipologia i l'arquitectura de la coberta del sòl, i una altra escala més gran determinada per les condicions de colonització i/o de persistència, les quals estarien definides per l'estructura del mosaic d'hàbitats. Aquesta estructura o heterogeneïtat engloba molts paràmetres ja esmentats: qualitat de la matriu i dels hàbitats circumdants, l'efecte de les fronteres, la distribució i distància dels fragments forestals..., que en els paisatges naturals aquests factors es troben altament imbricats. És per això que els models basats en el concepte d'illes han esdevingut forçosament rudimentaris, i necessitats de noves aproximacions i mètodes de treball, com és l'ús de les imatges de satèl·lit, per la riquesa de dades geogràfiques que aporten, i complementàriament, l'ús de nous índexs espacials, si demostren empíricament que capturen els components principals del paisatge, aquells que afecten a la distribució de les poblacions naturals.

Els nivells de percepció amb què les espècies discriminen diferents hàbitats ens duu a relativitzar els nostres sentits i a reconèixer la subjectivitat amb la qual confeccionen la majoria dels mapes biològics. El paisatge doncs no es pot definir solament per una escala espacial determinada (Allen, 1998), cal també definir amb quin grau de detall identifiquem l'heterogeneïtat ambiental, i per tant, les unitats elementals del paisatge: les taques. L'expressió 'grau de detall' és l'equivalent en teledetecció de la resolució radiomètrica, i, en el context de l'ecologia del paisatge, l'entenem com aquella unitat mínima de contrast entre cobertes contigües per tal de diferenciar-les. Des d'aquesta perspectiva el paisatge es pot considerar com un mosaic de taques formades al voltant de taques menys contrastades, i així successivament. Les imatges de satèl·lit ens forneixen d'una informació del territori força acurada en aquest sentit, car permeten discriminar fins a 255 nivells radiomètrics (per exemple en el cas dels sensors Landsat i Spot). La segmentació d'imatges, per altra banda, és una tècnica basada en la de detecció de contorns que delimiten una regió. Aquest procediment es pot realitzar



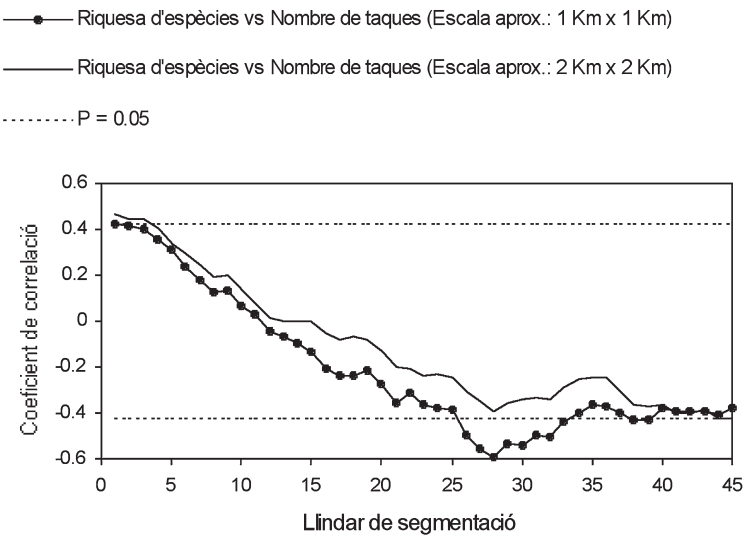
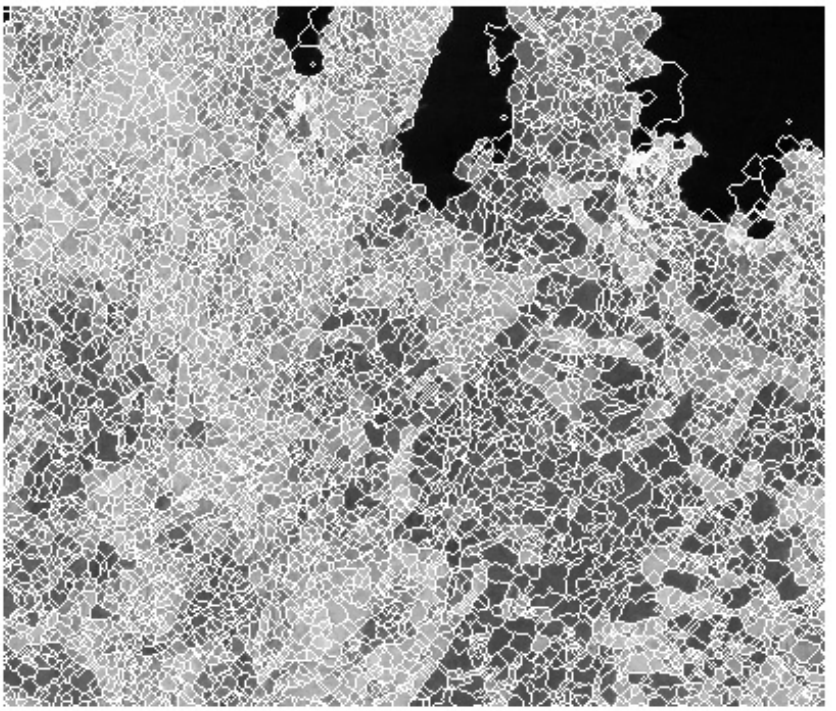
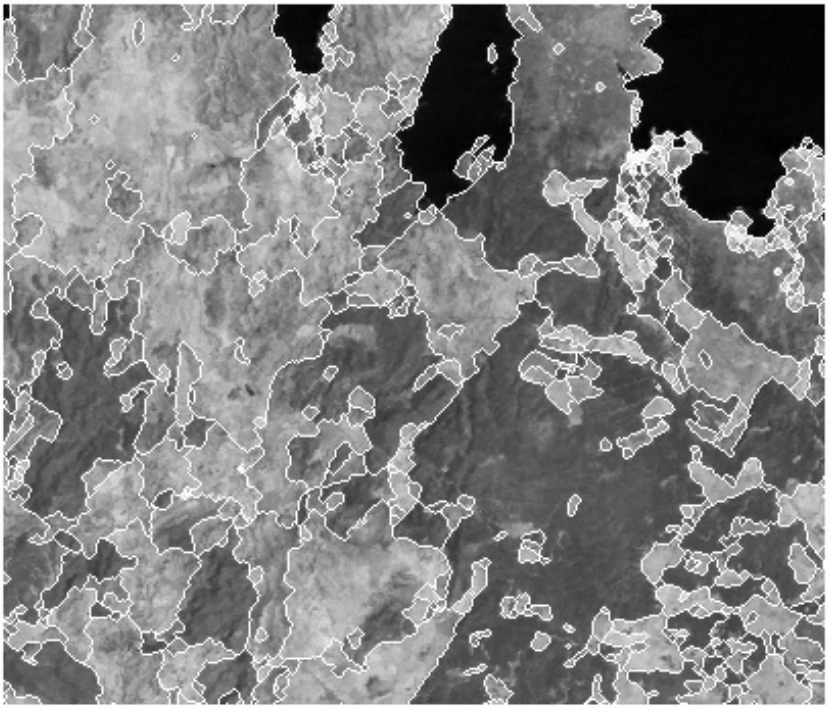


Fig. 5. Resposta de la riquesa d'espècies d'artròpodes, recol·lectats en parcel·les de 10 x 10 m a l'illa de Menorca, vers dos descriptors del paisatge (longitud total de fronteres i nombre de taques) a diferents llindars o nivells de segmentació i a dues escales espacials. A llindars baixos (heterogeneïtat fina, contrastos subtils) i ambdues escales, es donen correlacions positives amb la longitud de fronteres i amb el nombre de taques que hi queden contingudes. Les correlacions s'esvaeixen fins a reaparèixer, amb signe negatiu, a llindars alts (heterogeneïtat grollera, grans contrastos) i a escala de 1 x 1 km. Extret de Chust et al., 1999b.

a diferents nivells de contrast, creant així mapes de regions a diferent grau de detall. Un estudi sobre la resposta de la riquesa d'espècies d'artròpodes recollits a Menorca davant dos descriptors del paisatge, calculades a partir d'imatges del sensor TM segmentades, ha permès constatar la importància de l'escala espacial i del llindar de segmentació (Chust, 1999b) (Fig. 5). Una manera de visualitzar com les espècies "perceben" l'heterogeneïtat del paisatge és la que es mostra a la Figura 6, on s'observen dos llindars de resposta biològica a l'heterogeneïtat del paisatge. Aquestes eines exploren de manera quantitativa l'estructura jeràrquica dels mosaics d'hàbitats, i obren una via per a aprofundir en el coneixement de com es distribueixen en el territori les poblacions naturals a una multiplicitat d'escales espacials i jerarquies de mosaics. Analitzar la seva sensibilitat als canvis a aquestes diferents escales és una aproximació que pot contenir elements clau per a explicar la gran



Llindar de segmentació: 3



Llindar de segmentació: 28

Fig. 6. Composicions en fals color d'imatges del sensor Landsat TM al sector NE de Menorca on se superposa (en blanc) la segmentació a dos llindars. Com es mostra a la figura anterior, la riquesa d'espècies d'artròpodes és sensible i mostra correlacions de signes oposats a aquests dos llindars de segmentació. Al llindar 28 s'aprecien les zones litorals urbanitzades com a unes de les més contrastades (heterogeneïtat grollera). Extret de Chust et al. 1999b.

riquesa i capacitat de coexistència de les espècies.

Referències

ALLEN, T.F.H. (1998). The landscape "level" is dead: persuading the family to take it off the respirator. In: Ecological Scale: 35-54. Peterson, D. & V.T. Parker ed.

Chust, G., S. Lek, D. Ventura, D. Ducrot i J. Pretus (1999a). The effects of the landscape pattern on arthropod communities: a methodological approach using satellite data. Int. congress on High Endemism Areas, Endemic Biota and Conservation of Biodiversity in Europe, Moulis, França, Febrer 1999.

Chust, G., D. Ventura, D. Ducrot i J. Pretus (1999b). Scales and hierarchies of habitat fragmentation affecting arthropod biodiversity, based on satellite data. Int. congress on Habitat Loss: Ecological, Evolutionary and Genetic consequences, Helsinki, Finlandia, Setembre 1999.

Diamod, J.M. (1975). The island dilemma: lessons of modern biogeographic studies for the design of natural reserves. Biol. Cons. 7: 129-146.

Hanski, I. (1999). Metapopulation ecology. Oxford University Press.

Levins, R. (1969). The effect of random variation of different types on a population growth. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 62: 1061-1065.

MacArthur, R.H. i E.O. Wilson (1967). The theory of island biogeography. Princeton University Press.

Murcia, C. (1995). Edge effects in fragmented forests: implications for biodiversity, Ecol. Evol. 10, 58-62.

Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. da Fonseca i J. Kent (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403: 853-858.

Rosenzweig, M.L. (1995). Species diversity in space and time. Cambridge Univeristy Press.

Watt, A., G. Grabherr, L. Hansson i A. Troumbis. (1998). Relevant measurements of Biodiversity. In: Understanding Biodiversity: 32-36. Catizzone, M., T.B.