

Valor biogeogràfic dels illots pitiüsos

per Antònia M. Cirer Costa

Actualment, en Biologia, *res no té sentit si no és sota la llum de l'evolució*. Aquesta frase no és de Darwin, sinó de Theodosius Dobzhansky.

Entre els treballs dels dos científics hi ha quasi un segle de descobertes progressivament més complexes. Dobzhansky és un dels fundadors de la teoria sintètica de l'evolució, i treballava tranquil·lament al laboratori amb mosques de la fruita *Drosophila melanogaster*, no viatjava. Darwin va veure la complexitat i la resolució del problema del canvi evolutiu visitant illes, una illa i una altra illa, un continent i un altre continent, comparant entre si el que observava en un indret i en l'altre indret. Aquest fou l'origen de la *llum* que actual-

ment il·lumina l'explicació del canvi dels éssers vius, o evolució.

Si qualsevol dels dos científics hagués visitat les illes Pitiüses haurien pogut emetre igualment les seves teories. Els illots pitiüsos configuren un conjunt similar al de les illes Galápagos i, amb la biodiversitat que alberguen, formen un ventall amb tots els estadis de la successió ecològica i dels processos d'especiació.

Però les illes Galápagos són d'origen volcànic, oceàniques des del punt de vista de la biogeografia, i les espècies que hi habiten les han colonitzat arribant-hi d'una en una, segons l'atzar les transporta. Mentre que el massís pitiús ha estat en contacte amb el continent, del qual es va separar per processos de tec-

tònica de plaques durant el Miocè, és a dir que són unes illes continentals, i la biota pionera ja és allí quan se separen les illes del continent, perquè en són un fragment; com les illes Britàniques respecte d'Europa.

I, en el nostre cas, el procés encara es complica a causa de l'ampla connexió posterior que tingueren les illes mediterrànies amb el continent durant la crisi del Messinià (6 Ma – 5 Ma), cosa que permeté tornar a posar el procés de diferenciació insular al punt de partida, però sempre amb un reservori d'organismes que ja hi eren, i amb una acumulació de canvis (mutacions) en els seus respectius *pools* gènics que no tenen per què arribar a homogeneïtzar-se durant el temps de contacte. És a dir, segurament es mantingueren diferents freqüències gèniques entre els organismes del massís pitiús i les seves espècies respectives del massís ibèric, o del massís balear veí (Gimnèsies).

Però, el massís pitiús encara té més particularitats biogeogràfiques que enriqueixen el conjunt, i és que l'illa d'Eivissa funciona com a *mainland* (continent biogeogràfic) respecte als illots. I això permet tenir tot el ventall de mecanismes evolutius, no sols els descrits per Darwin, com l'adaptació al medi i la selecció natural, sinó també de mecanismes de diferenciació de les poblacions, identificats amb posterioritat a Darwin i recollits en la *teoria sintètica* de l'evolució o *neodarwinisme*. Mecanismes com l'efecte del fundador, els episodis de coll d'ampolla, la deriva genètica causada per la manca d'efectius, es poden estudiar aquí gràcies a tenir tot un ventall d'illots,

Illa des Penjats, vista des de l'illa Negra Grossa o de Tramuntana, prop des Freus.



de diferents superfícies, diferents altures, etc., i que han experimentat diferents històries geològiques. I també es factible establir la influència del medi (la dieta, la depredació) en els caràcters que interaccionen amb el medi exterior, que solen ser relatius al fenotip visible a l'observador, com el color, la forma, la grandària; mentre que altres gens que afecten caràcters que no interaccionen amb el medi, gens que codifiquen enzims, citocroms, etc., poden quedar amb una taxa de variabilitat molt baixa, ja que són molt conservadors.

A més no hi ha una única espècie en la qual poder-ho constatar, sinó que als illots pitiusos hi viu el caragol terrestre *Trochoidea ebustana*, que presenta un ventall de poblacions en molts illots diferenciables entre elles: subespècies d'un cercle de races, segons la nomenclatura clàssica; poblacions genèticament separades per una barrera geogràfica infranquejable: el mar; en una concepció menys taxonòmica i més evolutiva. Així com també els escarabats del sòl *Alphasida ibicensis*, *Asida mater* i altres tenebrionids, que també s'han diferenciat en diverses subespècies en els diferents illots.

En tot aquest panorama, però, l'espècie més notable de totes les Pitiüses és la sargantana *Podarcis pityusensis*, que habita una quarantena d'illes i illots i cada una d'elles és una població aïllada reproductivament de les altres, i per tant és una unitat evolutiva, tant si la seva diferenciació és molt marcada i pot rebre la categoria de subespècie com si la població en concret s'assembla tant a altres poblacions d'illes o illots veïns que no ha rebut el nom subespecífic corresponent.

Per als zoòlegs és important si una població és o no és subespècie, és com una mena de pedigrí i títol nobiliari alhora. Però des del punt de vista evolutiu, biogeogràfic i ecològic no té tanta rellevància. El que val és el fet que actualment les illes són receptacles que engloben poblacions que no poden reproduir-se amb altres individus que no siguin de la mateixa població. Per



Ilot de s'Ora. Reducte de vida terrestre extraordinàriament petit, però estable, i amb poblacions autòctones de sargantanes, tenebrionids i caragols, entre d'altres.

tant, tan valuosa és la població d'una illa com es Vedrà com la de l'illa d'Encalders, ja que totes juntes configuren el ventall complert dels diferents estadis evolutius.

Ara bé, si cada una d'aquestes poblacions, o unitats evolutives, està lligada a una illa-illot, és de primordial interès saber la història de cada un dels illots per tal de poder inferir després la història natural de les poblacions d'éssers vius que hi habiten. Tant se val si el nostre interès són els caragols, les sargantanes o altres, sempre que siguin organismes lligats a la terra ferma. La història geològica dels illots no té gaire importància, per no dir cap, per a les gavines, les baldritges o els insectes voladors.

De tots els illots i esculls que hi ha a les Pitiüses he acotat el punt de mira en els que tenen poblacions de sargantana per tal de delimitar els petits espais de terra ferma que poden sustentar un ecosistema terrestre. Els esculls que no tenen sargantanes, poden tenir alguna planta de saladina (*Limonium sp.*), amb alguns insectes voladors provinents de zones veïnes i segurament amb isòpodes marins a la zona d'esquitxada, com és el cas de la illeta des Pas Estret, l'Esponja, o ses Formigues. Però aquestes manifestacions de vida no són estables, i els grans temporals i la manca de

recursos els retorna sempre a la fase inicial de la successió ecològica.

Quin és el tret més significatiu de la història d'una illa?

El mar, sens dubte. El més significatiu és la relació que té l'illa amb el mar que li dona sentit. I aquesta relació es concreta amb les variacions del nivell que assoleix el mar al llarg del temps geològic (o temps evolutiu) respecte del nivell actual, que denominarem nivell zero.

Tan interessants són les baixades com les pujades del nivell del mar. I aquestes tenen relació amb el clima global, possiblement l'altre tret més important per a determinar la biota d'una illa.

Quan el clima és més càlid que l'actual, els continents no sustenten masses de glaç, com ara hi ha a Groenlàndia, l'Antàrtida, Canadà... Però la quantitat d'aigua que té el planeta Terra és sempre la mateixa, sigui en forma líquida, gasosa o sòlida. I això implica que si no està en forma de gel estarà en forma de vapor als núvols (que no pot variar gaire, ja que si n'hi ha molt precipita), o en forma líquida, ocupant la cubeta marítima i fent que pugi el nivell del mar. També se li ha de sumar que a més temperatura el volum és major, i per tant, sols augmentant uns graus la temperatura

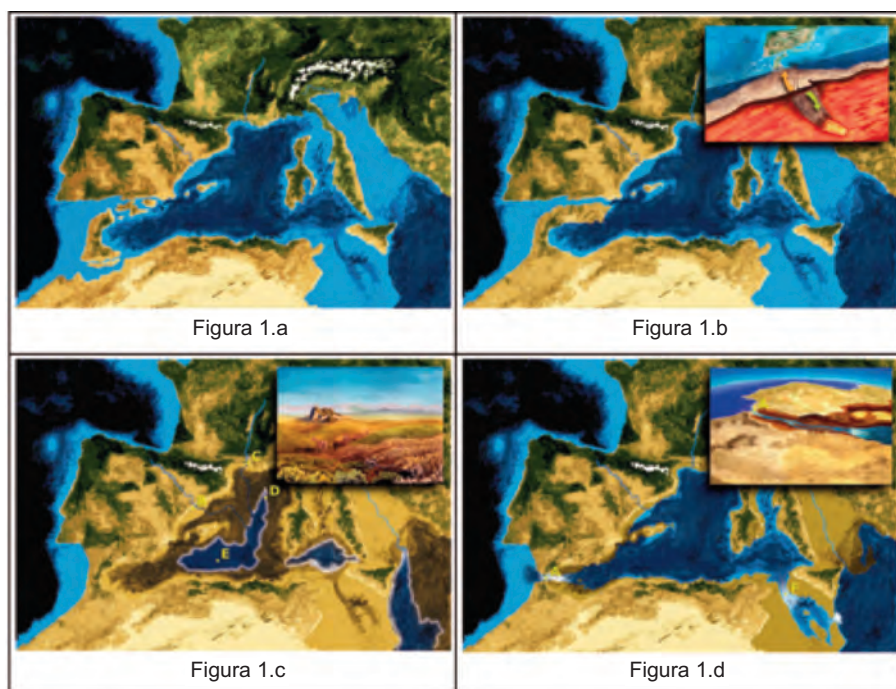


Figura 1. Interpretació gràfica del tancament de la Mediterrània, posterior crisi salina i obertura de Gibraltar, realitzada per Pau Bahí sota direcció científica de García-Castellanos.

mitjana de l'oceà el nivell del mar pot pujar uns metres.

Què els passa als illots si puja el nivell del mar? Simplement, els menys elevats desapareixen i es converteixen en esculls, baixos i seques on rompen les ones, i els més alts veuen reduïda la seva superfície útil fins a límits extrems. Aquí tenim un episodi de coll d'ampolla que hauran de resoldre les poblacions terrestres supervivents dels illots més alts, mentre que s'extingiran les poblacions dels illots més baixos.

Quines han estat les últimes pujades estables del nivell del mar?

Hi ha dos episodis a considerar: l'interglacial Riss-Würm (entre 150.000 i 120.000 anys abans d'ara) i el final de l'última glaciació o inici de l'Holocè (entre 6.500 i 6.000 anys abans d'ara).¹ Tots dos episodis, separats per la baixada de l'últim episodi glacial, el Würm, que va durar des de 120.000 BP fins a 10.000 BP.

1. En Geologia i Evolució no es contempla la mesura del temps igual que en Història, no hi ha temps abans de Crist (aC) i després de Crist (dC), sinó que tot és temps abans d'ara (BP = before present, en termes internacionals). Per tant, la datació de 6.000 BP és, més o menys, el 4000 aC.

Les pujades i baixades anteriors del nivell del mar perden interès per a les poblacions actuals dels illots a causa de la seva llunyania en el temps. Excepte la transgressió del Messinià, que té un gran interès per a tot el massís pitiús, ja que fou quan s'establiren la flora i la fauna ancestrals que han donat lloc als ecosistemes que tenim en l'actualitat.

Crisi salina del Messinià

A la darrerria del Miocè, ara fa 6'5 milions d'anys, la Mediterrània connectava amb l'Atlàntic per la zona de l'actual vall del Guadalquivir (figura 1.a). L'orogènia alpina que s'havia iniciat al Paleogen continua durant tot el Miocè plegant i elevant els materials mesozoics prèviament sedimentats. Durant aquests episodis es varen estructurar les illes Balears, com una continuació de l'orogen Bètic. Mentre s'eleva la serralada Bètica es provoca el tancament del canal de connexió entre la Mediterrània i l'Atlàntic (figura 1.b). Això va causar l'inici de la crisi salina del Messinià.

La Mediterrània és una conca amb un gran dèficit hídric, ja que evapora més aigua de la que li ar-

riba amb les pluges i rius. Per això, ara fa 5'96 milions d'anys, quan va restar totalment tancat sense connexió amb l'Atlàntic, el seu nivell va anar baixant lentament. Mentrestant, els rius excavaven profunds congostos i l'evaporació provocava la saturació de la sal i la seva precipitació en capes de més de 1.000 metres de gruix a les parts de la Mediterrània que quedaren inundades, ja que allí la cubeta té més de 3.000 metres de profunditat (5.000 m en molts llocs). Així, les zones més profundes de la conca marina restaren com a llacs endorreics similars als actuals Txad o Aral (vegeu la figura 1.c). No hi ha dades fefaents de fins on va descendir el nivell del mar, però tot apunta a uns 1.300 metres, que és més que la cota batimètrica actual entre Eivissa i la península Ibèrica.

Evidentment, amb la baixada del nivell del mar s'establiren el que s'anomenen «ponts» en biogeografia, que faciliten els intercanvis faunístics entre continents (Europa i Àfrica) o entre illes i continents veïns.

És un temps en que la majoria de les plantes, els mamífers i altres vertebrats pogueren colonitzar les Pitiüses, i establir-s'hi les poblacions ancestrals d'organismes. Molts d'ells, extingits posteriorment per l'arribada de l'home, excepte les sargantanes, que és l'únic vertebrat realment autòcton de les Pitiüses. Les sargantanes són al massís pitiús des del Miocè, ja que se n'han trobat fòssils que ho testimonien.

Durant més de mig milió d'anys es va mantenir la Mediterrània tancada. Amb ecosistemes terrestres a sobre de les terres que abans estaven submergides, que no tenen per què ser diferents dels ecosistemes dels continents circumdants; i per tant amb gran facilitat per a l'intercanvi genètic entre les poblacions de totes les espècies.

Però la tectònica (terratrèmol a terratrèmol) anava acumulant petits esdeveniments, que tots sumats provocaren l'obertura final del pas actual per l'estret de Gibraltar ara fa uns 5'3 milions d'anys (figura 1.d). Esdeveniment amb el qual

acaba el Miocè i comença el Plistocè. Actualment, se suposa que el ritme d'inundació fou molt ràpid: uns 10 metres de pujada diaris del nivell del mar, i arribada a la cota actual amb sols uns 2 anys. Hi ha unes animacions a youtube molt interessants al respecte (http://www.youtube.com/watch?v=bwqf_zQMWs i http://www.youtube.com/watch?v=awV3U_Kvmig).

El massís pitiús va quedar, en aquell moment, i de forma dràstica, definitivament aïllat, i va començar la seva pròpia història natural.

És fàcil imaginar com seria el massís pitiús en aquell temps: just abans d'iniciar-se la inundació, totes les illes i els illots coneguts actualment devien estar units i, de cop, es fragmenta el massís en un seguit d'illots que representen els cims més elevats. Les poblacions terrestres es varen fragmentar en tantes poblacions com illots quedaren.

Atenció! Les terres emergides que queden després de la gran inundació no tenen per què correspondre's amb els illots actuals, ja que molt temps després se succeïren les sis glaciacions del Quaternari que modificaren greument la morfologia de les terres emergides. Aquest succeís sí que fou el que va configurar els nostres illots actuals.

Canvis al final del Quaternari

A l'interglacial Riss-Würm, època càlida, a totes les Balears hi havia una fauna similar a la que actualment habita les costes del nord d'Àfrica; els geòlegs (Fornós i col·laboradors) han establert que a Mallorca el nivell del mar va arribar fins a 30 metres per sobre del nivell actual. És de suposar que a Eivissa es va assolir el mateix nivell, ja que no hi ha hagut cap esdeveniment tectònic que ho pogués posar en dubte. En altres indrets de la Mediterrània s'observen plataformes d'abrasió marina a l'altura de 40 metres, però n'hi ha prou de considerar la cota més prudent dels +30 metres. La majoria dels illots que actualment sustenten ecosistemes terrestres suficientment estructurats quedaven sota el nivell



Illota de Cala Salada. La costa d'Eivissa en aquest indret és de calcàries karstificades i fisurades. Al fons, s'observa una gran fisura vertical que, mitjançant bolcada, podria donar lloc a un futur escull similar al de Cala Salada. En aquests casos els organismes pioners ja són a sobre de l'illa des del seu inici.

del mar, o bé tota la seva superfície era zona d'esquitxada. De tota la gran extensió d'illots pitiüsos sols 10 tenen una alçada superior al 30 metres:

· Eivissa	385
· es Vedrà	382
· Formentera	192
· es Vedranell	124
· Tagomago	114
· sa Conillera	69
· illa des Bosc	67
· s'Espartar	50
· illa de ses Balandres	45
· illa Murada	34

Formentera quedava reduïda a la Mola i poc més, mentre que Eivissa es degué disgregar en diverses illes, ja que s'inundaren les esplanades que actualment estan per sota dels 30 m d'altura. Aquests reductes terrestres són els únics que varen poder proveir d'organismes supervivents els nous ecosistemes que es formarien posteriorment quan descendís el nivell del mar.

Després del llarg episodi càlid Riss-Würm es produí l'última de les glaciacions quaternàries: el Würm, que durà des de devers 110.000 BP fins a uns 10.000 BP.

A mesura que avançava la glaciació les aigües del mar anaven baixant i les terres emergides s'expandien. Cada illa augmentava la

seva superfície, cosa que permetia ecosistemes més estables, però la temperatura anava baixant, cosa que dificultava l'existència de les espècies més termòfiles, com les sargantanes; un nou episodi de coll d'ampolla per a totes aquestes espècies, que veuran reduïda la seva variabilitat genètica, mentre que d'altres se'n veuran afavorides.

No sols aparegueren noves illes, sinó que les illes s'anaven unint unes a les altres a mesura que baixava el nivell del mar, cosa que permetia la colonització dels nous territoris i el contacte entre poblacions que havien estat separades.

Els temps del Würm vénen marcats per un descens del nivell del mar més acusat que en altres episodis glacials, especialment al final (Würm II), en què es va arribar a un mínim batimètric que a la Mediterrània s'estima d'uns 110 metres per sota del nivell actual. Alguns estudis demostren que arribà fins a 130 metres, però sempre es parla de cotes que van molt més enllà de la cota batimètrica que uneix tots els illots pitiüsos actuals en un únic massís terrestre, ja que la profunditat màxima entre illots (ses Bledes-Eivissa, illa de ses Balandres-Eivissa, es Vedrà-Eivissa) és de 70 metres com a màxim.



A dalt, l'illa des Canar. A l'estiu la vegetació està seca, però a l'hivern llueix una elevada coberta vegetal d'un verd frondós. A baix, s'Olla de Tramuntana, a Tagomago, amb un plegament imposant.

En el cas concret de les Pitiüses, queda palès que es va formar un gran massís terrestre que arribava més enllà de ses Bledes i de la Mola de Formentera, separat del massís de les Gimnèsies, que per la seva banda estaven unides en un gran massís que incloïa Mallorca, Menorca, Cabrera i tots els illots veïns a aquestes illes.

Aquest és el moment en què totes les terres pitiüses pogueren ser recolonitzades; els tenebrionids,

els caragols i les sargantanes s'expandiren per tots els racons, provinents dels reservoris que varen perdurar a les 10 illes que, com hem vist abans, quedaren durant l'interglacial Riss-Würm.

El fet d'existir la possibilitat d'intercanvi genètic no vol dir que s'arribi a una homogeneïtzació genètica de les poblacions, ja que molts organismes no tenen tendència a migrar gaire lluny del lloc on han nascut. I això és el que passa

amb les sargantanes, els caragols i els tenebrionids, que tenen una àrea d'expansió i prospecció del territori relativament petita, tal i com s'observa en les poblacions actuals de Formentera, que malgrat que teòricament podrien hibridar-se, ja que no hi ha cap barrera que ho impedeixi, no ho fan i es mantenen les diferències (molt marcades) entre les poblacions que ocupen la punta des Trucadors i les que es troben a la Mola o al cap de Barbaria.

Per tant, també podrien haver-se mantingut les diferències locals durant tot el temps en què va durar la glaciació. Per exemple, les zones des Vedrà, de l'illa Murada o de l'illa de ses Balandres eren moles elevades, perfectament definides per cingleres que segurament dificultaven l'intercanvi d'organismes tan poc migradors.

Per tant, per estudiar el grau de diferenciació genètica de les poblacions d'organismes actuals des Vedrà, l'illa Murada o l'illa de ses Balandres respecte als seus homònims d'Eivissa, no basta considerar el temps que fa que són una illa des de l'última pujada del nivell del mar, sinó que totes aquestes illes (i per tant, les seves biotes) tenen acumulat el temps de separació de les successives vegades que han quedat aïllades. O sigui, que les seves poblacions tenen acumulats els canvis genètics que s'han produït en les successives separacions.

Arribem als temps actuals

El final de l'últim episodi glacial ve marcat per un sobtat augment del nivell del mar, que passa dels 70 metres per sota del nivell actual (ara fa 10.000 anys) a uns 3 metres per sobre del nivell actual (6500 BP), amb algunes oscil·lacions posteriors fins assolir el nivell zero de l'actualitat, ara fa uns 6.000 anys. Aquesta pujada, no gaire extrema, pot tenir una importància major que la de l'interglacial Riss-Würm, ja que ens delata quins ecosistemes insulars foren negats i que posteriorment necessitaren d'una nova colonització. Per tant, és d'esperar que les seves poblacions d'organismes terrestres no presentin grans

A la dreta,
a dalt, l'illa Murada;
a baix, en Caragoler

diferències respecte a les poblacions veïnes que varen proveir-los de colonitzadors.

Els illots de menys de 5 metres d'alçada són:

- illot de sa Sal Rossa
- es Dau Gros
- illa de sa Corbeta
- illa Negra
- illeta Negra Grossa o de Tramuntana (prop des Freus)
- illa des Pouet (ses Illetes)
- illa de Castaví
- illa de s'Alga
- illa de sa Torreta
- illa des Pujols

En tots ells es degué empobrir el seu petit ecosistema fins a la seva pràctica desaparició, de manera que calgué una nova instauració que va arribar de mica en mica durant els últims 5 mil·lennis, des dels illots veïns, fins tenir els fràgils i minúsculs ecosistemes insulars actuals. El fet de ser més recents no els treu valor; tot al contrari, ens acaba de proporcionar tots els esglaons d'una gradació completa del grau d'aïllament, que va des d'illes molt singulars amb gran nombre d'endemismes vegetals i poblacions animals amb forts trets identificatius com es Vedrà o ses Bledes, fins a ecosistemes de recent instauració, però que ja marquen algun tret identificatiu o particular, com a l'illa Negra o a la de sa Torreta. I aquest és el gran valor biogeogràfic de les Pitiüses: que en un territori petit tenim tots els esglaons evolutius.

Bibliografia

CIRER, Antònia M. (1987). «Revisión taxonómica de las subespecies del lacértido *Podarcis pityusensis* (Boscá, 1883)». Tesis doctoral. Universitat de Barcelona.
DOBZHANSKY, Theodosius (2003). *Dobzhansky's Genetics of Natural Populations I-XLIII* Columbia University Press.



FORNÓS, Joan J. (ed.) (1998). *Aspectes geològics de les Balears*. Universitat de les Illes Balears. 473 p. + 1 mapa.

GARCÍA-CASTELLANOS, Daniel & VILLASEÑOR, Antonio (2011). *Messinian salinity crisis regulated by competing tectonics and erosion at the Gibraltar Arc*. *Nature*, 480, 359-363.

GORMAN, M. L. (1991). *Ecologia Insular*. Edicions Vedrà. Barcelona.
MAYOL, Joan (2008). *Què punyetes és la biodiversitat?* Edicions Documenta Balear. Ciutat de Palma.

REY, Jorge & FUMANAL, M^a Pilar (1996). «Cuaternario submarino frente a la Serra Gelada (Alicante)

y sus implicaciones eustático-paleogeográficas». *Cuad. de Geogr.* 60: 243-258. Valencia.

SALVADOR, Alfredo (2009). «Lagar-tija de las Pitiusas – *Podarcis pityusensis* (Boscá, 1883)». En: *Enciclopedia virtual de los vertebrados españoles*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid

http://www.youtube.com/watch_v=bw-qf_zQMWs

http://www.youtube.com/watch_v=awV3U_Kvmig

ANTÒNIA M. CIRER COSTA
DOCTORA EN BIOLOGIA
CATEDRÀTICA DE CIÈNCIES NATURALS,
ESCOLA DEL TREBALL DE BARCELONA ■