

Inseriu ací la vostra publicitat

MÈTODE. Publicitat TRIÀDE C/ Batxiller, 27-6ª 46010-València.
Tel. (96) 393 17 53

El impulso a la Innovación Industrial está presente en toda la Comunidad Valenciana.



INNOVACIÓN-INDUSTRIAL, DOS PALABRAS QUE NOS INDICAN EL RUMBO QUE HAN DE SEGUIR NUESTRAS EMPRESAS.

A través de la RED IMPIVA, se pone a disposición de las pequeñas y medianas empresas una avanzada infraestructura técnica que les facilita un conjunto de soluciones y servicios difíciles de alcanzar de una forma autónoma e independiente.

Estas acciones se concentran en unos programas específicos desarrollados por la RED, compuesta por 11 Institutos Tecnológicos, 4 Centros Europeos de Empresas Innovadoras CEEI'S, Valencia Parque Tecnológico y el propio IMPIVA.

PROGRAMAS DE ACTUACIÓN 1.993

PARA LOGRAR SUS OBJETIVOS DE INNOVACIÓN Y COMPETITIVIDAD INDUSTRIAL EL IMPIVA PONE A DISPOSICIÓN DE LAS EMPRESAS UN CONJUNTO DE PROGRAMAS DE ACTUACIÓN COORDINADOS CON LOS ORGANISMOS DE LA RED. ESTOS PROGRAMAS LLEVAN A CABO ACCIONES DE APOYO A LA INDUSTRIA EN MATERIA DE CALIDAD, ASESORAMIENTO, FORMACIÓN, I + D Y MISIONES TRANSNACIONALES.

SI DESEA MÁS INFORMACIÓN DIRÍJASE AL IMPIVA, TEL. 351 01 00, O A CUALQUIERA DE LOS ORGANISMOS DE LA RED.

UTILIZÁNDOLOS, SU EMPRESA PUEDE SUPERAR MUCHAS LIMITACIONES.

VALÈNCIA
PARC
TECNOLÒGIC

CEEI's
Centros Europeos de
Empresas Innovadoras
ALCOY - CASTELLÓN
ELCHE - VALENCIA

RED IMPIVA

Institutos
Tecnológicos

- ❖ AICE Cerámica
- Ⓜ AIDICO Construcción
- Ⓜ AIDO Óptica
- Ⓜ AIDIMA Mueble
- Ⓜ AIJU Juguete
- Ⓜ AIMME Metalmecánica
- Ⓜ AIMPLAS Plástico
- Ⓜ AINIA Agroalimentación
- Ⓜ AITEX Textil
- Ⓜ IBV Biomecánica
- Ⓜ INESCOP Calzado



Evolució: el joc de la supervivència

«L'evolució només és una teoria». Amb aquesta frase no sabem si Ronald Reagan palesava la seua ignorància o, simplement, la seua mala fe. Tant se val. L'evolució biològica és un fet i acceptar que nosaltres —la nostra ment— en som un producte pot resultar incòmode. Altres «veritats» científiques, en el passat o ara mateix —la terra no és el centre de l'univers, el valencià és un dialecte de la llengua catalana— també han interessat sospitosament el clergat o els tribunals. Però, insistim, el fenomen evolutiu és un fet constatable i constitueix el tema de recerca genuïnament biològic. Perquè, com a assenyalat Ernest Mayr, els éssers vius poden estudiar-se des del punt de vista físico-químic, preguntant-nos com funcionen —la biologia funcional— o evolutivament, ocupant-nos de les causes llunyanes, de la natura històrica dels organismes. Açò darrer, la biologia evolutiva, és el que diferencia el quefer de la ciència biològica del de la resta de les ciències. Els éssers vius són com són per raons històriques, perquè ha hagut un encadenament de transformacions des de l'origen de la vida, fa uns quatre mil milions d'anys, fins a la biosfera actual.

Tot això també ha condicionat el mètode científic emprat en biologia. No solament s'usa l'experiment sinó, amb el mateix poder heurístic, l'observació i la comparació. Abans l'observació era l'enfocament exclusiu de la biologia evolutiva, mentre que l'experiment ho era de la funcional. Ara hi ha una osmosi extraordinària i

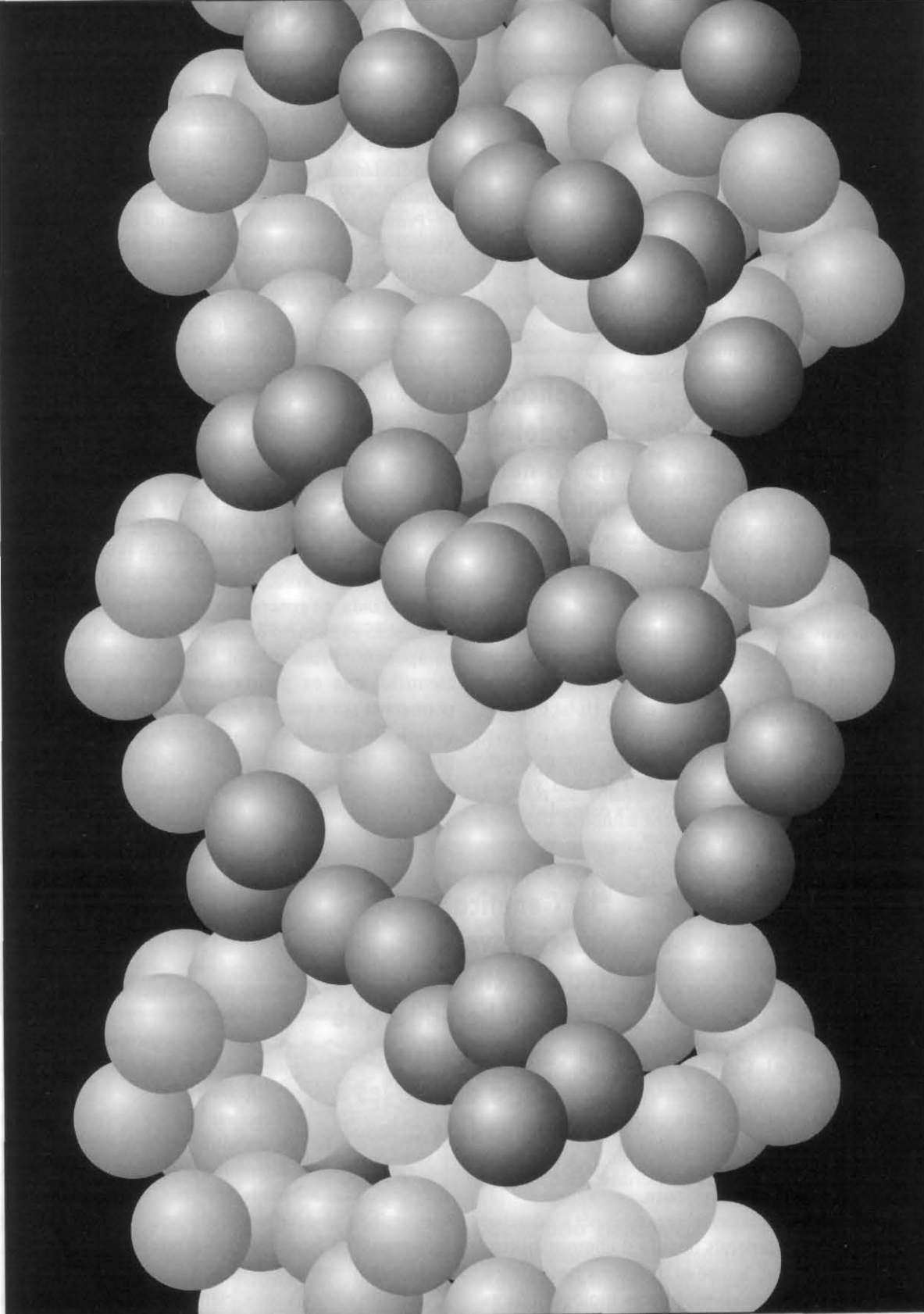
enriquidora. Darwin bastí la seua teoria revolucionària de la selecció natural sobre els fonaments d'una immensitat d'observacions de la natura: plantes, animals, fòssils, roques,... La biologia evolutiva ha arribat a l'altre extrem i, per exemple, avui s'estudia l'evolució en temps real de molècules d'RNA en el tub d'assaig, només a uns passos d'allò que seria una recepta per sintetitzar vida. Afortunadament, també aquells que es dediquen a la biologia funcional comencen a preguntar-se per les rutes evolutives que han conduït fins els fenòmens estudiats.

Aquest monogràfic presenta la recerca sobre l'evolució que es fa a dos departaments de la Universitat de València. Un grup de científics que des de la Genètica, per un costat, i des de la Paleontologia, per l'altre, presenten aproximacions complementàries a un problema tan bàsic com difícil d'atacar. Però, tal com deia Theodosius Dobzhansky, en biologia res no té sentit si no s'estudia a la llum de l'evolució. Qualsevol tipus de recerca biològica pot —deu— impregnar-se de perspectiva evolutiva. I és per això que si hom fa un passeig per les diferents línies d'investigació biològica, en tots els departaments es troben treballs orientats evolutivament. Potser en el futur ens caldrà completar aquest panorama.

Juli Peretó
Martí Domínguez



TONI PUIG



**M
O
N
O
G
R
À
F
I
C**



Una doble hèlix de DNA: la primera matèria de l'evolució són els canvis en la seua estructura.





LA PERPLEXITAT BIOLÒGICA I LA TEORIA EVOLUTIVA

Fins i tot amb el qualificatiu de Biologia moderna, molt del que en aquesta disciplina apareix actualment no deixa d'ésser essencialment descriptiu, de manera que allò que se situa fora de l'estret marc teòric de moltes de les disciplines biològiques forma la part explicativa dels fenòmens biològics. La versatilitat és de tal magnitud que sempre podem confinar el nostre treball dins dels marges de la catalogació, amb una variant addicional que podríem anomenar de catalogació en circumstàncies controlades per l'experimentador. La Biologia moderna pot semblar explicativa perquè fa ús de modernes tecnologies, però en una anàlisi minuciosa dels seus assoliments, l'únic que apareix és una cosa així com una descriptiva molecular. La descripció, per fi, ha arribat a escala molecular, però l'explicació no ve pel fet d'haver pogut accedir amb tant d'èxit a tal nivell. El grau de satisfacció que en Biologia sent un esperit essencialment crític, depèn directament del grau d'explicació que troba en tot allò que investiga. L'aplicació de metodologia científica no va necessàriament unida a un sentit crític. Hi ha molt de treball en Biologia que es limita simplement a veure allò que passa, en la millor línia del que podríem anomenar la descriptiva biològica i la seua variant experimental, la descriptiva biològica controlada.

És evident l'accentuat caràcter historicista de la investigació biològica, i en les èpoques més positivistes de la Filosofia de la Ciència s'arribà a pensar que historicitat i ciència eren incompatibles, amb la qual cosa es manifestava el poc caràcter científic de la Biologia. Les concepcions actuals al voltant de la Ciència s'han fet menys rígides, però en un exercici d'autocrítica cal dir que la component històrica és més descriptiva a mesura que manca d'un menor contingut teòric o explicatiu, o quan el marc teòric és tan feble que només s'admeten explicacions molt generals de difícil contrastabilitat. En honor a la veritat, també hi ha intents per reduir a dimensions objectives els problemes biològics, on es plantegen hipòtesis d'envergadura creixent que

permeten accedir a l'explicació dels fets històrics i al caràcter contingent dels matèixos. Comencem a tenir teories per a les contingències, i volem recrear la vida controladament, bé a partir dels seus components, bé simulant-la. Això últim ara s'anomena vida artificial.

Preval, no obstant, la sensació de complexitat. Moltes vegades el biòleg es queda perplex davant el desplegament fenomènic de què fa gala la complexitat biològica, i no se sent amb força per a anar més enllà

de la descriptiva, siga aquesta molecular o sistèmica. Autors més teoritzants entren en interpretacions generalistes, que desgraciadament queden més a prop de la Metafísica que no de l'explicació teòrica en ciència. Aquesta ambivalència d'enfocament és constant en qualsevol branca de la Biologia ac-

tual, ha generat no pocs conflictes en la comunitat de científics de l'àrea, i ens presenta una ciència bipolaritzada, en general poc explicativa. La transició descripció-explicació és subtil, i requereix una doble component. Primerament, una actitud crítica del científic, que es podria concretar en una tensió permanent per a passar del *com* descriptiu al *per què* causal. En segon lloc, una adequada objectivació dels problemes a resoldre, siguen tant naturals o de camp com experimentals o de laboratori.

El panorama pot ser tant descoratjador com inquietant. No podem esperar que arribe la metodologia definitiva o la teoria última que sembre en nosaltres la pau intel·lectual. Són múltiples les àrees de la Biologia, i totes i cadascuna d'aquestes incorporen metodologies a mesura que apareixen, i es produeixen integracions teòriques quan les teories sorgeixen. Ningú no està legitimat per a dir que uns han d'esperar mentre els altres arriben o, en altres paraules, tenim trens diferents que parteixen de diferents punts als seus horaris habituals.

Uns arriben al destí i a d'altres els queda un llarg recorregut. És cert que els recorreguts són diferents, però també les locomotores.

La Genètica és una ciència jove, però pel seu objecte d'estudi, el material hereditari, té un camp

"L'aplicació de metodologia científica no va necessàriament unida a un sentit crític"

"La Genètica és una ciència jove, però, pel seu objecte d'estudi, el material hereditari, té un camp d'aplicació que varia des de les molècules fins a les poblacions"

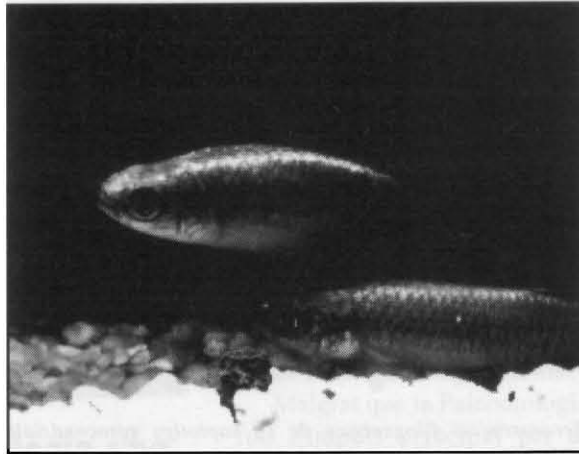




d'aplicació que varia des de les molècules fins a les poblacions. El seu recorregut és, en efecte, llarg. Però l'anàlisi genètica, entesa ara no solament en la seua dimensió d'herència sinó també de desenvolupament, se serveix d'una poderosa metodologia que l'ha fet recórrer llargs trams en poc de temps. Com poques altres ciències biològiques, la Genètica incorpora les idees de canvi i estasi evolutiva. Estructura, funció i evolució són tres paraules claus associades a l'objecte d'estudi de la Genètica. El nostre grup de treball concreta la seua activitat d'estudi en l'Evolució, amb incursions estructurals i funcionals cada vegada més abundants.

De la teoria de l'Evolució s'ha dit més d'una vegada que és un programa metafísic d'investigació, i de la selecció natural que és un paràmetre omnipresent i, per tant, amb limitada capacitat explicativa. L'aproximació genètico-poblacional li ha servit a la teoria evolutiva, entre altres coses, per a demostrar que algunes hipòtesis evolutives són susceptibles d'un tractament hipotètico-deductiu, i que el concepte de selecció natural, en la mesura que existeixen altres paràmetres per a explicar el canvi evolutiu, no és omniexplicatiu.

La teoria de la Genètica de Poblacions és una poderosa eina per a, mitjançant determinats paràmetres,



Exemplars mascle i femella de Samaruc (Valencia hispanica)

explicar els patrons observats d'evolució gènica i genòmica, tant dins d'una mateixa espècie com entre espècies. El nostre grup de Genètica Evolutiva centra el seu treball en l'estudi teòric i experimental de la dinàmica evolutiva de diferents tipus de genomes. Per a això ens servim de la metodologia del DNA recombinant, com també de la Biologia computacional. Tres són les àrees temàtiques d'investigació.

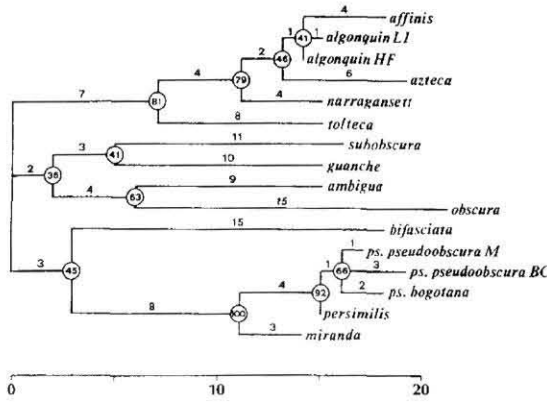
Variació i evolució de virus RNA

Els genomes dels virus RNA, com a conseqüència de les seues molt elevades taxes de mutació, presenten extraordinaris nivells de variació molecular. Les poblacions de virus RNA d'una determinada espècie, si tenim en compte la seua dinàmica poblacional, haurien d'acumular mutacions perjudicials a un ritme vertiginós, tot minvant progressivament la seua eficàcia biològica fins a la seua eventual extinció. Però la realitat és ben distinta, ja que observem que, front a la població infectiva inicial, pot seguir en poc de temps l'aparició de noves variants poblacionals virulentes amb major capacitat de defensa, front al sistema immune de l'allotjador, que la població inicial. ¿Sota quines circumstàncies poden aparèixer aquestes variants? ¿es pot mantenir i expandir en la població? ¿quin paper juguen els impediments i la selecció en l'expansió de la població viral? Tot utilitzant un sistema de cultius cel·lulars on replicar els virus, hem dissenyat experiments de dinàmica poblacional que tracten de respondre les anteriors respostes.

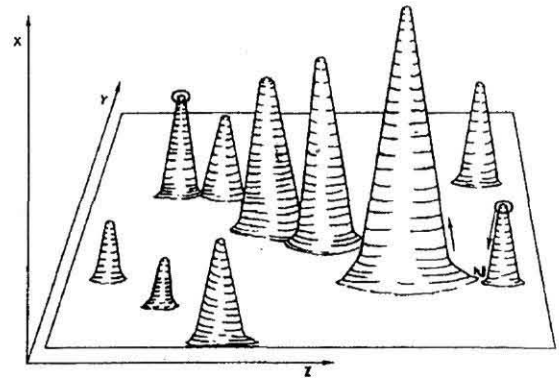
Coevolució genòmica

Els genomes mitocondrials o, més generalment, genomes extranuclears, entraren en processos d'integració coevolutiva amb genomes receptors. ¿Amb quina freqüència es presenten actualment aquests





Reconstrucció filogenètica de 16 haplotips mitocondrials corresponents a 13 espècies del grup Obscura de *Drosophila*. La caracterització dels haplotips s'ha fet mitjançant l'anàlisi de restricció del DNA mitocondrial.



Topografia adaptativa hipotètica de l'evolució d'un virus d'RNA en un ambient constant.

fenòmens d'integració simbiòtica i quina rellevància evolutiva tenen? D'una banda, per a sistemes ja integrats pretenem estudiar la dinàmica evolutiva dels propis genomes, bàsicament mitjançant la informació obtinguda de la seqüenciació d'un o més gens en diversos individus d'una espècie o entre espècies. A més a més, si triem gens adequats, es pot estudiar la coevolució de genomes. És el cas, per exemple, de l'ATPasa, enzim multimèric amb subunitats que estan codificades, una part en el genoma mitocondrial i una altra part en el genoma nuclear. Volem demostrar l'eficiència de la integració genòmica en una molècula fonamental del metabolisme energètic. ¿Són iguals estructuralment les subunitats en diferents poblacions i/o espècies? ¿hi ha una variació concomitant, de manera que els canvis en les subunitats mitocondrials comporten canvis en les subunitats nuclears? La mesura de l'acoblament la duem a terme mitjançant l'estudi poblacional dels desequilibris de lligament entre les zones seqüenciades d'ambdós genomes i per mitjà de correlacions intergenòmiques.

La coevolució genoma nuclear/genoma mitocondrial és, per dir-ho d'alguna manera, una coevolució feta, efectiva, evolutivament reeixida, el producte més refinat de la qual és l'actual cèl·lula eucariòtica. Però tenim proves de nous processos d'interacció o coevolució genòmiques. És el cas, per exemple, dels endosimbionts d'àfids (pugons). Hi ha una estreta relació funcional entre la dieta dels àfids i els productes sintetitzats pels seus endosimbionts. Aquests bacteris són simbionts obligats, i sembla que subministren els àfids aminoàcids essencials, no sintetitzats per l'insecte.

Conservació de recursos genètics

Com a línia d'investigació marcada, amb un destacat interès social, el nostre grup estudia també el risc genètic d'extinció d'espècies endèmiques amenaçades a la Comunitat Valenciana. Concretament ens interessa dur a terme una tasca sistemàtica d'avaluació de l'estructura genètica de poblacions i/o posicionament filogenètic d'endemismes tan propers a nosaltres com ara: *Valencia hispanica* (samaruc), *Affanius iberus* (fartet), *Hippocrepis valentina* o les espècies del gènere *Limonium*. Bé pel polimorfisme enzimàtic, bé pel polimorfisme a nivell de genoma nuclear o mitocondrial, estem determinant els nivells de variabilitat genètica i estructuració poblacional de les espècies abans esmentades. Els resultats són rellevants en un doble sentit. D'una banda, mostren una activitat científica amb un marcat interès social, ja que subministrem a les institucions pertinents uns resultats que poden utilitzar per a fonamentar determinades polítiques de preservació de la biodiversitat. Però també mostren el costat pràctic d'una activitat científica, tradicionalment considerada molt allunyada dels sectors aplicats. Desgraciadament, pels seus efectes, el nostre grau d'intervenció en la dinàmica de la Natura ha estat tal que ara ens hem de convertir en els seus gestors. La biodiversitat gestionada entra en ple en la pròpia evolució orgànica. Tenim una responsabilitat com a espècie davant el patrimoni biològic, la taxa d'extinció del qual hem accelerat. I cada persona o grup ha de complir com puga.

Andrés Moya
Departament de Genètica,
Facultat de Biologia
Universitat de València



"De la teoria de l'evolució s'ha dit més d'una vegada que és un programa metafísic d'investigació"



L'EVOLUCIÓ, DES DE LA PALEONTOLOGIA

La ignorància al voltant de la Paleontologia, com també de la història de la Ciència en general, ha fet que aquesta disciplina siga vista, pejorativament, com una activitat de museu — quan aquestes activitats poden ser tan científiques com les dures!— o, en tot cas, com un conjunt de dades que cal interpretar, sobretot en evolució, des del punt de vista de les teories que donen raó d'uns fets molt concrets, però que l'extrapolació de les quals encara no té suficient base per a fer-se d'una manera rigorosa. Vegeu, sinó, la darrera síntesi feta a *Nature* sobre la problemàtica de l'especiació i la gran quantitat d'aspectes per resoldre. La Paleontologia pot refutar aquestes teories encara tan feblement establertes. Veurem immediatament per què.

Primerament, s'ha de dir que la Paleontologia parteix de la vàlida —independentment del lloc i l'època— de les lleis de la natura (l'antic principi d'uniformitat, en part), la qual cosa és essencial per a tota ciència històrica natural. En segon lloc, la Paleontologia aportà, històricament, la noció de canvi orgànic; Cuvier —el primer paleontòleg modern— establí fermament que les espècies s'extingeixen, i això ho mostra amb els grans vertebrats terrestres, tot comparant les formes fòssils amb les actuals, amb l'evidència que les espècies actuals no representen la continuació de les antigues i que, per tant, aquestes haurien desaparegut de la Terra. A partir d'ací, desenvolupà un ampli programa d'investigació que concluí, cap a mitjans del segle passat, amb la visió general de canvi representada pel registre fòssil, visió que encara té rellevància. La conclusió fou que les espècies no són ni perfectes ni eternes, sinó que s'extingeixen i solen ésser reemplaçades per d'altres.

Aquest reemplaçament continu exigí de seguida un mecanisme que donés raó de com es produïen aquestes entitats. A més, Cuvier posà de relleu, a principis del segle XIX, que les espècies estaven

formades per organismes ben adaptats al medi on vivien, i que aquesta adaptació es fonamentava en estrictes correlacions orgàniques. Això féu que l'origen de les espècies i l'origen de les adaptacions foren les dues cares d'un mateix problema.

Malgrat que la Paleontologia fou l'impuls principal per al pensament evolutiu en Biologia —sobretot perquè implicava l'ordenació temporal explícita dels fets paleobiològics i, per tant, del canvi orgànic—, Darwin atribuï la manca de suport paleontològic a algunes

de les seues prediccions, a unes suposades però no verificades imperfeccions del registre fòssil. I dic *suposades* perquè es basaven en una concepció estrictament *uniforme* de la natura, una visió que tenia molt de teològica i que venia de Newton: la natura estaria en un estat estacionari perpetu, i això reflectiria la saviesa del Creador. Una de les conseqüències d'aquest punt de vista seria la gradualitat de l'evolució, que en molts casos és refutada pel registre fòssil.

Avui sabem que el registre fòssil és imperfecte, però que aquestes imperfeccions poden avaluar-se. Ara bé, si volem conèixer les imperfeccions del registre fòssil, cal saber com s'ha format. La subdisciplina paleontològica que estudia com es transmet la formació biològica de la biosfera a la litosfera s'anomena *Tafonomia*. Aquesta disciplina dona raó,

independentment d'hipòtesis biològiques no verificades, de per què es conserven unes entitats paleobiològiques i no altres. Així, la gradualitat de l'evolució cal verificar-la a través de seqüències de fòssils analitzades des del punt de vista tafonòmic, perquè sinó caurem en el raonament circular i donarem per bo que el registre és imperfecte sobre la pretensió que l'evolució és gradual, que era una hipòtesi que calia provar. Això, i d'altres qüestions on s'impliquen *Tafonomia* i *Evolució*, ja ho vaig constatar en un ampli article publicat el 1992. I el mateix s'ha de dir per al rellotge molecular: és una hipòtesi a

"La Paleontologia s'ha vist sempre, pejorativament, com una activitat de museu"

"La gradualitat de l'evolució és refutada, en molts casos, pel registre fòssil"





contrastar amb dades del registre fòssil i mètodes de datació absoluta, i no donar-ho com a procediment cronològic. Això darrer seria semblant a la negació de l'evolució per part de Geoffroy Saint-Hilaire, quan constatà que les mòmies d'animals trobades a Egipte, i datades en alguns milers d'anys, corresponien encara a espècies actuals; és a dir, una uniformitat a la natura que no cal assumir, sinó que cal provar. Per tant, un cop passat el filtre de l'anàlisi tafonòmica, les dades paleontològiques esdevenen elements de verificació o refutació d'hipòtesis evolutives.

Volia exposar tot aquest raonament abans d'entrar en la consideració sobre l'activitat dels paleontòlegs a la nostra Universitat, perquè crec que hi ha un desconeixement capital a la comunitat científica sobre quines són les maneres de fer de la nostra ciència.

A la Unitat de Paleontologia del nostre Departament ens preocupen, doncs, quatre aspectes bàsics: la Tafonomia; la problemàtica i l'estructura de la teoria de l'evolució; l'evolució morfològica, i, finalment, les interaccions organisme-medi en passats períodes geològics; és a dir, la Paleoeologia. Val a dir que els aspectes ecològics i paleoecològics formarien part dels factors externs o ambientals en l'evolució, mentre que molts dels problemes estudiats en evolució morfològica atenen més a factors netament interns, concretament al desenvolupament i al seu fonament genètic.

La **Tafonomia** ens ha preocupat molt a tot el grup, car no hi ha investigació paleontològica correcta sense un coneixement precís de com s'han format les associacions de fòssils que estudiem; les interpretacions evolutives o paleoecològiques no poden fer-se fiablement si no coneixem la representativitat dels nostres registres. En aquests moments, ja hi ha una llarga tradició d'estudi de foraminífers —tant vivents com fòssils— en projectes dirigits pel professor Juan Úsera i jo mateix. Aquest grup presenta nombrosos problemes de conservació diferencial. En successius projectes i articles, s'han estudiat situacions ecològiques actuals que permeten veure en quin sentit es produiran pèrdues d'informació paleobiològica i, aleshores, poder avaluar el registre gràcies a aquest guany d'informació tafonòmica.

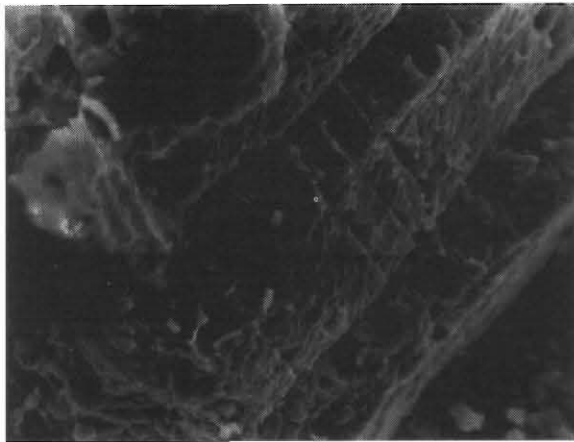
El registre fòssil del Triàsic espanyol —un període geològic que presenta enormes dificultats d'estudi paleontològic— és el nucli d'una línia de recerca amb força impuls al Departament. En aquest cas, la Tafonomia és exemplarment essencial si es volen comprendre els processos paleobiològics implicats; així ho ha mostrat la professora Ana Márquez, que encapçala aquesta línia de recerca, en diverses publicacions. Sense estudis tafonòmics, les qüestions referents a paleoecologia, paleobiogeografia i evolució durant aquest període, poden ser interpretades d'una manera errònia; val a dir, com a conclusió a què s'ha arribat per part nostra, que al registre triàsic hi ha dues «pobreses»: la produïda per l'extinció en massa del final del Pèrmic (*pobresa paleobiològica*), i la provocada pel caràcter dels ambients físics on tenia lloc la vida i els inicis dels processos de fossilització (*pobresa tafonòmica*).

Com he dit, la **recerca teòrica sobre l'evolució**, tant des del punt de vista de mecanismes com d'estructura de la teoria de l'evolució, amb especial atenció a l'evolució morfològica, ha tingut una forta component en la tradició del nostre Departament, i sóc qui l'encapçala. Mentre que el plantejament neodarwinista té un fort accent reduccionista, la

concepció de molts paleontòlegs implica que el procés suggerit per Darwin es dóna a diversos nivells d'entitats susceptibles de replicar-se (així, les espècies), sense possibilitat de reducció a d'altres nivells més primaris. En això es fonamenta, en realitat, la distinció entre micro i macroevolució; aquesta darrera només es pot abastar des del camp paleontològic, des del punt de vista de les pautes i taxes que segueix, que són les evidències empíriques del procés. Una altra qüestió és l'**evolució morfològica**; el seu fonament està en el desenvolupament, que no és precisament una relació lineal genotip-fenotip, sinó una complexa xarxa cibernètica entre expressió gènica i context epigenètic, que s'acaba traduïnt en una concepció morfodinàmica o construccional de la forma orgànica, segons la qual la història evolutiva està carregada, entre d'altres coses, per les limitacions imposades pel desenvolupament, que es tradueixen en un constrenyiment de les possibilitats d'adaptació d'un pla estructural. I això perquè els sistemes

"Les espècies no són ni perfectes ni eternes, s'extingeixen i són reemplaçades per d'altres"





*Un cas de bona preservació al Triàsic: el bivalve **Gevillia**, que conserva la microestructura prismàtica original (Fotos A. Márquez)*

que es desenvolupen són sistemes físico-químics, amb totes les fronteres i restriccions que hi ha entre els diversos estats d'equilibri. Des de finals dels 70 ençà he fet recerca —recerca que ha pres forma d'articles especialitzats— i difusió sobre aquestes idees, tant als cursos ordinaris de la Facultat de Biològiques de València com en conferències i seminaris impartits en altres universitats de l'Estat espanyol, com també en el programa de doctorat impartit actualment: Paleontologia evolutiva.

Finalment, les **relacions organisme-medi** en un context espàcio-temporal ocupen, com he dit, una part molt important de la recerca d'aquesta Unitat del departament. Una àrea que s'ha desenvolupat bastant és la de l'estudi dels Mol.luscs, en la qual treballen tres persones: els professors Fernando Robles, Ana Márquez i jo mateix; el primer treballa bàsicament sobre taxonomia, ecologia i paleoecologia de mol.luscs continentals, tant de terra com de llac, mentre que els altres dos treballem en mol.luscs marins, del Triàsic i el cenozoic respectivament, la qual cosa no impedeix que hi haja connexions entre nosaltres, atés que els problemes són comuns a tots tres: és en el registre fòssil on podem interpretar processos evolutius i posar-los en connexió amb factors paleogeogràfics i paleoambientals, un cop comprenem els processos de fossilització implicats.

Una altra línia, com ja he dit, és la de l'estudi dels foraminífers, tant fòssils com actuals, en què treballa el professor Juan Úsera, amb especial atenció a l'ecologia i paleoecologia del grup. Els foraminífers són uns organismes especialment plàstics morfològicament, i les influències de l'ambient en la seua evolució són considerables.

Aquests estudis se centren, des de fa un any, en un projecte molt més ampli que inclou la problemàtica paleobiològica de les conques paràliques, amb especial atenció a les dels terrenys triàsics, eocènics i quaternaris. En aquest sentit, el professor Leopoldo Márquez estudia, des de fa uns anys, els foraminífers triàsics.

La sedimentologia i els processos de bioconstrucció (esculls de coralls, etc.) són objecte d'estudi pel professor Carles de Santisteban, amb especial atenció als factors físics que els afecten en la seua evolució. L'estudi dels vertebrats fòssils valencians va començar al nostre Departament —amb l'accent posat en la tafonomia, la paleoecologia i la filogènia— amb la tesi doctoral de la doctora Margarita Belinchón, actualment directora en funcions del Museu Paleontològic i en estret contacte i col.laboració científica amb nosaltres i amb el recentment incorporat professor Plinio Montoya. Finalment, puc dir que el nostre grup s'ha enriquit molt recentment amb la incorporació de dos joves professors: Rodolfo Gozalo i Miguel Pardo, que inauguren els estudis de Paleontologia del Paleozoic, especialistes en ostracodes i trilobits el primer, i en braquiòpodes el segon.

La nostra Unitat s'ha projectat de València cap a fora i es mantenen importants relacions de col.laboració amb les universitats de Barcelona, Madrid, Granada, Salamanca, Saragossa i Oviedo, com també amb la Universitat de Tübingen, l'Institut Geològic d'Israel i l'Acadèmia de Ciències de Bulgària.

Miquel de Renzi
Departament de Geologia
Facultat de Biologia
Universitat de València



OPINIÓ

UN DE TRES MONS

Camilo J. Cela Conde
Departament de Filosofia
Universitat de les Illes Balears

Un marc modèlic —la teoria darwiniana de l'evolució per selecció natural— i una proposta estructural —la doble hèlix de l'ADN— han convertit la biologia evolutiva en la ciència de major creixement i més espectaculars resultats de l'últim segle. Així i tot, encara mantenim idees una mica vagues quant als límits —tant «inferiors» com «superiors»— d'allò que és el món biològic. M'agradaria proposar algunes idees sobre quines són les característiques que es poden indagar en eixe món destinat, en darrer i reduït terme, a la perpetuació de les cadenes d'àcids nucleics.

La més coneguda proposta de mons emergents distints és, per descomptat, la de Karl Popper. Popper proposa tres mons distints numerats correlativament, els quals corresponen, a grans trets, al físic (Món 1), al mental (Món 2) i al dels productes de la ment humana (Món 3) i se separen per processos d'emergència. La idea d'una organització suficientment complexa com per a justificar tot un nou món és també la que ara utilitze, però ni la divisió que ara s'estableix no és la de Popper. Em sembla més oportú referir-me a tres mons corresponents respectivament a allò físic, allò biològic i allò psicològic, amb una espècie de «mecanisme pertorbador» capaç d'introduir més o menys incertesa i caracteritzar cadascun d'aquests. Aquesta manera de dividir els esdeveniments està, probablement, més a prop de la forma com s'han plantejat les discussions sobre les propietats físiques, biològiques i mentals en l'entorn de les teories funcionalistes de la ment (o del cervell, o fins i tot, si salvem les distàncies —òbviamen salvables— de la computadora) proposades, per exemple, per Fodor o Donnot (i discutides, per exemple, per Paul Churchland o Sober).

Relacionar aspectes procedents d'eixos mons distints no és una tasca fàcil, ni tan sols des del punt de vista metodològic. Però és possible que bona part de la culpa d'aquestes dificultats tinga molt a veure amb la manera com s'han desenvolupat, històricament, les ciències. La biologia, com a ciència capaç de proporcionar explicacions causals als fenòmens de canvi a llarg termini, apareix quan la física ja porta segles proporcionant models molt acceptables d'interpretació del moviment. Si anomenem «món biològic» al dels organismes que s'interaccionen amb el món físic sense comptar amb sistemes cognitius complexos, aquests organismes són capaços de pertorbar els esdeveniments purament físics descriptibles en termes de par-

tícules amb massa, velocitat i acceleració. Eixe món té les seues pròpies lleis en conflicte amb unes maneres habituals de teoritzar en física. Amb els fenòmens psicològics ha passat més o menys el mateix.

Anem ara, però, a les dificultats de la pròpia biologia. Les sospites sobre la capacitat científica d'explicar la vida s'han prolongat molt més enllà dels moments fundacionals del darwinisme. Ens servirà d'exemple la primera postura de Popper quan desqualifica la biologia sense considerar-la una autèntica «ciència». O, més en la línia del que es tracta ací, les contradiccions que s'han intentat trobar entre el darwinisme i el segon principi de la Termodinàmica. La idea d'una entropia creixent casava malament amb un món biològic capaç d'organitzar-se cada vegada més a través de l'evolució per selecció natural. Va haver d'aparèixer la teoria de les «estructures dissipatives» de Prigogine per a disposar d'un model capaç de reconciliar ambdós paradigmes, el termodinàmic i l'evolucionista. Tal com plantejen Coveney i Highfield, des d'eixa perspectiva els organismes biològics són considerats pels físics com «sistemes dissipatius no lineals allunyats de l'equilibri» que evolucionen de manera irreversible, és a dir, complexos amb certes característiques pròpies que els permeten guanyar en ordre gràcies a formar part de sistemes oberts. Fóra vertaderament absurd pretendre que l'emergència de la vida introdueix una línia capaç d'escapar-se de les limitacions termodinàmiques generals del món físic; en la mesura que són objectes físics, els organismes se sotmeten, és clar, a eixes lleis i els seus «mecanismes pertorbadors» no pertorben en absolut el discórrer general cap a entropies creixents. Però tampoc no tindria cap sentit pretendre predir els esdeveniments en els que intervenen organismes mitjançant lleis de partícules elementals. L'emergència imposa la necessitat d'una perspectiva nova.

Un exemple potser ens deixi més clares les coses. Imaginem la fundació d'una colònia nova de tèrmits. El coneixement de l'estat individual de les partícules que formen els cossos dels insectes no és suficient per a predir el fet que es construirà un termiter amb una complexa estructura de relacions socials entre els seus membres. Eixa estructura és predicible en funció d'altre tipus de lleis que estableixen la relació existent entre la presència de certes molècules molt llargues, amb seqüències de bases nitrogenades disposades en un ordre precís en el nucli de les cèl·lules dels tèrmits, d'una

VIN 7





banda, i la conducta que duen a terme eixos mateixos tèrmit encaminada a protegir el termiter de l'amenaça dels intrusos, a canvi fins i tot de la pròpia vida. L'explicació de com es relaciona la conducta i el codi genètic, en aquest cas, no queda reduïda a la identificació de la part del genoma que controla eixa conducta; és precis explicar, a més a més, de quina manera ha sorgit. Ni tan sols el paradigma original darwinian d'evolució per selecció natural —per al qual la conducta altruista del gènere *Hymenoptera* és paradoxal— basta per a establir quin és el mecanisme perturbador d'una conducta predicable en termes d'una llei general, que estableix que els organismes maximitzen les seues pròpies oportunitats de supervivència i reproducció. Un organisme que obra d'eixa forma paradoxalment altruista no s'explica fins a l'aparició de models més complexos, com els de la selecció de parentesc (Hamilton).

La predicció dels esdeveniments en eixe món biològic és, tanmateix, una mica diferent del que podríem trobar en el món físic, en la mesura que la incertesa que trobem és major. El món físic contenia també, per descomptat, certes dosis d'incertesa. Fins i tot en termes de la mecànica newtoniana apareixen dubtes d'eixe tipus quan es pretén predir, per exemple, el comportament de tres cossos puntuals de massa idèntica que entren en col·lisió simultàniament. La mecànica quàntica introdueix unes dosis d'incertesa molt més grans i, sobretot, conceptualment més importants que, així i tot, desapareixen en abandonar l'escala d'allò molt petit. Pel que fa a escales majors la incertesa física sol referir-se a l'aparició de processos caòtics, a allò que se sol anomenar «caos determinista». El món biològic, evidentment, introdueix alguna cosa més. Així, de la definició d'organisme biològic en termes termodinàmics derivada del model de Prigogine —un sistema dissipatiu no lineal allunyat de l'equilibri que evoluciona de manera irreversible— no es dedueix ni la conducta d'un tèrmit ni la línia filogenètica que ha donat lloc a la seua existència. El moviment efectiu d'un organisme/soldat de la colònia de tèrmit és predicable en termes biològics —amb ajuda dels models de selecció de parentesc— tot anticipant que acudirà a obturar amb el seu cap un forat que aparega en la paret del termiter. Però la trajectòria del seu moviment en aquest, i no diguem en altres casos, conté un grau d'incertesa molt més alt que l'existent en la trajectòria d'un baló abandonat a la seua pròpia inèrcia. En una mesura encara per precisar, ja hi ha aparegut un cert grau de «llibertat», encara limitat pels controls genètics existents, que podríem remetre a un grau paral·lel de voluntat.

Per a entendre l'abast del que es pretén establir sota el terme «voluntat» és interessant portar a col·locació un influent article publicat pel biòleg Ernst Mayr ja fa trenta anys. El seu títol «Cause and Effect in Biology» (Mayr, 1961) és ben explícit i justifica el que l'autor proporcione quatre diferents raons per a l'alt grau d'indeterminació dels organismes biològics. L'última d'aquestes al·ludeix al fenomen d'emergència que hem pres ací com la principal font d'irreductibilitat dels esdeveniments biològics a l'explicació en termes físics, però hi ha encara una altra de gran interès per a delimitar el que pot ser això de «voluntat». Mayr entén que el caràcter únic de totes les entitats que es troben en un alt nivell d'integració biològica introdueix un aspecte del tot diferent al de les entitats físiques. «El gel sura en l'aigua», segons Mayr, és una sentència vàlida per a tot gel i tota aigua; no hi ha cap característica individualitzada que distingisca un gel en particu-

lar com a membre de la classe. Per contra, el món orgànic inclou espècimens únics de tot tipus: organismes únics, poblacions únics, espècies úniques, contactes interindividuals únics i esdeveniments evolutius únics. Mayr entén que eixe caràcter únic és evident en l'ésser humà, però resulta igualment vàlid per a tots els animals i plantes amb reproducció sexual. I una de les seues immediates conseqüències és que només es poden fer prediccions estadístiques sobre els comportaments previsibles. En descendir a l'individu apareixen elements impre-

dicibles; sembla interessant lligar la voluntat a eixa característica d'impre-

dicibilitat. La qüestió de la voluntat implica un subjecte amb menys protagonisme: el seu paper és, paral·lelament a aquell que exigeix Schrödinger, el de donar compte d'allò que succeeix. És la conducta de l'actor en si mateix el que reclama la major part de l'interès de l'anàlisi. Pel que fa, almenys, el «món biològic», les prediccions respecte de l'ésser que actua es poden realitzar al marge de les capacitats cognitives amb les que aquest compta per a moure's pel món. Només cal que existesca una desviació respecte d'una conducta previsible per a atribuir voluntat. Racionalitat, desig, intenció i creença quedaran per a més endavant —quan siga el «món cognitiu» el que reclame l'atenció. Potser siga un indicatiu de la importància que se'ls ha de donar, des del món biològic, a eixes qüestions el fet que Francis Crick —el descobridor, fa quaranta anys, de la doble hèlix de l'ADN— treballa en aquests moments en la formulació d'una teoria neurobiològica de la consciència.

"Només es poden fer prediccions estadístiques sobre els comportaments previsibles. En descendir a l'individu apareixen elements impre-

