

L'IMPARNABLE ASCENS CIENTÍFIC I SOCIAL DE LA BIOLOGIA AL DARRER TERÇ DEL SEGLE XX

JAUME BAGUÑA

Departament de Genètica. Facultat de Biologia. Universitat de Barcelona.

Adreça per a la correspondència: Departament de Genètica. Facultat de Biologia. Universitat de Barcelona. 08071 Barcelona. Telèfon: 34-93-402 14 97. Fax: 34-93-411 09 69. Adreça electrònica: *bagunya@porthos.bio.ub.es*

LA SESSIÓ DE GENER DEL 1970 DE LA SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA «CAP ON VA LA BIOLOGIA MODERNA?». EL PERQUÈ DEL TÍTOL

La sessió de la SCB de gener del 1970 (ara fa trenta anys) que donà lloc a la publicació del 1971 fou un bon reflex de l'estat de la ciència a Catalunya en aquells moments. Aquella sessió pretenia estimular el debat sobre alguns dels punts més *calents* de la biologia d'aleshores, biologia de la qual pràcticament res no es feia a casa nostra. La recerca a la Universitat era molt precària donada la manca de tradició i de mitjans. Alhora, la societat era molt poc sensible a la ciència i als avenços científics. Tot i això, hi havia gent amb inquietuds, com els participants a la sessió de la SCB, a la qual em sento orgullós d'haver contribuït. El títol de la sessió del 1970 «Cap on va la biologia moderna?», pot semblar avui en dia estrany i un pèl pe-

tolant. Però en aquells moments i en aquell país, això de moderna pretenia despertar i estimular la gent i alhora duia una crítica implícita a la biologia tradicional que majoritàriament es feia a casa nostra. La situació actual és prou diferent, ja que tot i no estar en el millor dels mons, les possibilitats de fer coses són més grans. Avui en dia un títol equivalent hauria de ser la biologia al proper mil·lenni, la biologia del segle XXI, o quelcom semblant.

IMPRESSIONS PERSONALS DE LA SESSIÓ: TRES DIES AL CEL I TORNADA AL PURGATORI

En l'àmbit personal, tinc vivències molt clares de la sessió de la SCB. Als meus vint-i-sis anys, jo era el jove, mentre que gent il·lustre, com els Drs. Margalef, Prevosti i Parés, tots ells lleugerament per sobre o per

sota dels cinquanta anys, eren les «estrelles» de la Facultat de Biologia, ja que representaven els departaments més joves i amb més empenta. El departament de genètica s'havia creat el 1963, el de microbiologia cap al 1964 i el d'ecologia el 1967 aproximadament. Que aquests departaments, que representaven disciplines molt consolidades a altres indrets, es creessin a Catalunya i a la resta de l'Estat a la dècada dels seixanta és el millor exemple del desesperant retard de la ciència al nostre país. El decurs de la sessió fou molt interessant, però més interessants foren encara les discussions, molt vives i obertes. En acabar, em trobava en estat exultant; havia compartit l'espai i el temps amb gent que admirava, els havia sovint contradit, havíem argumentat conjuntament, i per damunt de tot, m'ho havia passat bé. L'endemà, però, em vaig encarar de nou amb la crua i, perquè no dir-ho, trista realitat: fer la tesi doctoral en unes condicions molt precàries i amb escassos mitjans, malgrat l'interès genuí que el meu director de tesi, alhora cap del departament, Dr. Prevosti, tenia que es fessin «coses» de desenvolupament i regeneració. El departament de genètica de 1970 era al 2n pis del vell edifici de plaça Universitat ocupant l'espai (100-120 m² com a molt) que havien deixat els físics en anar-se'n al nou edifici de Pedralbes (nosaltres trigàrem encara dotze anys a inaugurar la nova Facultat de Biologia). En paraules d'un amic meu, la sensació en entrar al departament era de garatge rònc. El meu espai feia uns vuit o deu metres quadrats delimitats per un envà de dos metres d'alt (el sostre del departament era a cinc o sis metres) i algun armari. Una vella taula de fusta sense calaixos procedent de pràctiques de geologia feia alhora de taula d'estudi i de taula de laboratori. Al llarg de quatre anys, allà vaig fer tots els experiments de la tesi. Al meu davant hi havia un finestral immens que, teòricament, donava a un pati interior: l'havien tapat

temps enrere. Tota la tesi, doncs, la vaig fer de cara a la paret i amb llum artificial. No és estrany que la sessió de la SCB del 1970, feta, em sembla, a la biblioteca de l'Institut d'Investigacions Pesqueres (ara Institut de Ciències del Mar), que vessava de llum, em semblés el setè cel. En acabar, però, vaig entrar de nou al purgatori. Tot i així, i ho dic sense cap nostàlgia, aquells anys van ser, com solen ésser els anys d'aprenentatge, molt interessants.

EL DESENVOLUPAMENT DE LA BIOLOGIA AL DARRER TERÇ DEL SEGLE XX: PREVISIBILE EN INTENSITAT PERÒ NO EN L'ABAST

Quan es reflexiona honestament sobre el que ha esdevingut la biologia des de 1970 fins ara, crec que se'n podia haver previst la intensitat del desenvolupament, però no l'immens abast que ha tingut, molt més gran del que mai no hauria sospitat. L'avenç clau ha estat el desenvolupament de mètodes i tècniques d'anàlisi reduccionistes que han permès arribar a definir la majoria de processos biològics a l'escala dels seus components més elementals: cèl·lules, molècules i gens. Tot i que amb el mètode reduccionista podríem anar encara més avall, és a dir, tractar de definir els processos biològics a escala d'interaccions atòmiques, crec que és bàsicament innecessari. L'enfocament reduccionista ha demostrat d'una manera molt efectiva que tots els éssers vius funcionen de manera extraordinàriament semblant tant en l'àmbit informacional com en l'àmbit físic i ha subministrat per primer cop en la història de la biologia eines molt efectives per manipular tant la informació com el substrat físic dels éssers vius. Tot això ha representat una autèntica revolució en biologia i és el que la fa tant atractiva per als estudiants d'avui.

LA REVOLUCIÓ REDUCCIONISTA EN BIOLOGIA: EL GRAN DESENVOLUPAMENT DE LA BIOLOGIA CEL·LULAR I MOLECULAR I DE LA GENÈTICA

L'enfocament reduccionista predominant a la biologia de la segona meitat del segle xx ha fet que els grans avenços es focalitzessin en els camps relacionats amb les unitats elementals: cèl·lules, molècules i gens. És a dir, és en la biologia cel·lular, en la biologia molecular (incloent-hi la microbiologia) i molt especialment en la genètica (ja que els gens són alhora entitats físiques i informacionals) on s'han fet els grans avenços. Això no vol dir que les disciplines més clàssiques i macroscòpiques (zoologia, botànica, ecologia, fisiologies, etc.) no hagin avançat; el que passa és que ho han fet en un grau menor.

El mètode reduccionista ha generat una revolució dual: una de conceptual i una altra de tecnològica. En l'àmbit conceptual, la revolució ha girat al voltant de tres o quatre conceptes clau. En primer lloc, la genètica i la biologia molecular han demostrat que l'emmagatzematge, la transmissió, la replicació i l'expressió de la informació genètica (genotip) necessària per a fer els organismes i per a mantenir l'estructura i la funció d'embrions i adults (fenotip) opera a través de mecanismes semblants en tots els organismes. En segon lloc, la genètica del desenvolupament d'organismes model com la mosca *Drosophila*, el cuc *Caenorhabditis elegans*, la planta *Arabidopsis* i, en grau menor, el ratolí, ha identificat els gens clau del desenvolupament i n'ha establert les jerarquies i el programa generatiu. Paral·lelament, el desenvolupament explosiu de les tècniques del DNA recombinant i de l'enginyeria genètica han permès, mitjançant el crivellatge de genoteques i experiments de transfecció i transformació, trobar en molts

altres organismes (entre els quals l'home) gens homòlegs als trobats en els organismes model. Finalment, la genètica, la biologia molecular i cel·lular i la bioquímica han permès analitzar com els gens i els seus productes s'interrelacionen en vies de senyalització i d'activació gènica a la base de molts fenòmens o propietats cel·lulars i supracel·lulars. Això ha permès connectar per primer cop gens, molècules i comportament cel·lular. És a dir, els gens contenen informació per a la síntesi de molècules, l'expressió i combinatòria diferencial de les quals permet explicar els canvis en determinats paràmetres cel·lulars (proliferació, canvi de forma, moviment, diferenciació, interacció cèl·lula-cèl·lula) que són la base dels processos macroscòpics que duen a la forma i funció finals dels organismes de cada espècie.

L'estudi comparat dels gens que controlen el desenvolupament embrionari i l'estructura (morfologia) i funció (metabolisme i fisiologia) dels organismes adults ha dut a un dels avenços conceptuals més importants, i alhora sorprenents, d'aquests darrers vint-i-cinc anys: constatar que tot i l'enorme diversitat de formes dels organismes, la seva base genètica és molt semblant. Dit d'una altra manera, els gens que intervenen en processos clau del desenvolupament de cada espècie estan extremadament conservats entre espècies tan diferents com són cucs, insectes o mamífers, l'home inclòs. D'altra banda, els senyals i les vies de transducció dels senyals cap a l'interior de les cèl·lules, clau per als fenòmens de comunicació i interacció cel·lulars, són molt semblants entre els unicel·lulars i tots el multisel·lulars. Això indica que els elements informacionals per «fer» organismes i per «fer-los funcionar» són semblants i que els processos generatius són tanmateix molt antics i semblants. D'ací neix la paradoxa no resolta encara: com és que elements sem-

blants poden generar morfologies i fisiologies diferents? La resolució d'aquesta paradoxa, almenys en l'àmbit conceptual, és que al llarg de l'evolució aquests elements semblants s'han combinat diferencialment a l'espai i en el temps i han generat diferents espècies amb diferents morfologies i funcions. Així, l'evolució de les espècies s'hauria donat més per un procés de «bricolatge» i combinatòria d'elements genètics ja existents que per un procés d'invenció de nous gens.

La segona revolució a la biologia del darrer terç del segle xx ha estat tecnològica. La introducció de les tècniques del DNA recombinant i l'enginyeria genètica han permès al biòleg analitzar i manipular els genomes de multitud d'organismes de manera absolutament insospitada. L'anàlisi de genomes ha permès descriure a escala molecular multitud de processos biològics que van des dels ecològics (ecologia molecular, genètica molecular de poblacions) i evolutius (filogenies moleculars, evolució molecular dels gens) fins als més microscòpics. A més a més, ha beneficiat extraordinàriament camps fins fa poc considerats inabastables, l'exemple més palès dels quals és la biologia i la genètica humanes i les seves aplicacions a la medicina bàsica i clínica. S'han identificat gens responsables de diverses malalties, que han estat identificats i caracteritzats prèviament en organismes model i se n'ha conegut la funció, cosa que ha permès postular la funció que realitzen a l'organisme humà i entreveure com la seva alteració o mancança provoquen les síndromes clíniques. Al seu torn, la manipulació dels genomes mitjançant transformació i transgènia està essent la base de la biotecnologia del futur, àrea que serà sens dubte la més important en la biologia del segle xxi.

EL PAS DE LA BIOLOGIA «TOVA», A POSTERIORI I POC PREDICTIVA A LA BIOLOGIA «DURA» I PREDICTIVA

Ambdues revolucions, la conceptual i la tecnològica, han fet canviar la biologia. Fins no fa gaire, la biologia era la ciència de la diversitat; és a dir, una ciència l'objectiu de la qual semblava ser descriure i, quan era possible, explicar les diferents adaptacions tant morfològiques com funcionals que cada espècie animal o vegetal presentava en l'entorn que vivia. En altres paraules, la biologia es delia per les singularitats, per allò diferent, pel que diferencia un organisme de l'altre, i el biòleg era un especialista en un organisme o en un grup, en un procés o en un fenomen, sense gaire connexió amb altres biòlegs que estudiaven altres grups o fenòmens. Durant molt de temps la biologia es mantingué com una ciència fragmentada, una ciència tova, amb molt poca capacitat de predicció, i on cada organisme i cada procés semblaven diferents dels altres. La causa bàsica n'és que els sistemes biològics són complexos i contingents; és a dir, fruit d'una complexa història evolutiva. Les úniques regularitats o invariàncies en biologia eren els gens, dels quals només se'n coneixia el comportament mendelià, el metabolisme cel·lular, determinats mecanismes cel·lulars com la mitosi i la meiosi o determinades propietats d'organització dels ecosistemes; tots ells massa allunyats, per dalt o per baix, d'allò fàcilment estudiable: el fenotip, la morfologia. L'únic principi integrador en biologia era la teoria de l'evolució per selecció natural. Com sovint s'ha dit, aquesta teoria ho explica tot, però sempre ho fa *a posteriori*. És a dir, sigui quin sigui el tipus d'adaptació i sigui quin sigui el nivell d'estudi, sempre podem explicar que aquest o aquell caràcter o aquella característica s'ha seleccionat per optimitzar una determinada estructura, funció o procés en un entorn con-

cret, real o imaginari. Això fa de la teoria de l'evolució per selecció natural una teoria irritantment tautològica i incompleta i, el que és pitjor, irritantment senzilla, com solen ser les grans idees i els grans conceptes. Tan senzilla és, que no pocs biòlegs, bàsicament els autoanomenats biòlegs teòrics, han cregut i creuen encara que hi ha d'haver altres principis d'organització necessaris per explicar la complexitat i l'evolució dels sistemes biològics. Particularment, no crec necessari postular nous principis. El que succeeix és que, tant en el passat com encara avui en dia, la distància que separa els gens i la biologia molecular de l'evolució i l'ecologia és massa gran, tant com la impaciència de certs científics per voler deduir lleis generals a partir de coneixements o dades excessivament incompletes.

El mètode reduccionista ha canviat aquest estat de coses en definir per primer cop el que és invariant en biologia: allò que, malgrat l'evident diversitat morfològica i funcional, tenen en comú tots els organismes. De l'estudi de les interaccions entre els elements invariants d'un nivell cal esperar-ne la comprensió de les propietats del nivell superior i deduir-ne la seva gramàtica generativa, i així successivament per a cada nivell fins arribar als nivells de l'evolució i l'ecologia. Un cop s'entengui la gramàtica generativa del desenvolupament embrionari, estarem en condicions de predir el que resultaria de l'acció, en un genoma concret, d'un programa específic d'activació gènica. No hi ha dubte que, a la llarga, això durà a «dissenyar» espècies a la carta i permetrà entendre com determinades morfologies s'han originat al llarg de l'evolució. Altrament, per arribar a comprendre el significat profund del que s'entén per adaptació i optimització d'una morfologia o d'una funció, s'haurà de reformular i precisar el concepte de selecció natural. En concret, s'haurà de respondre a una pregunta clau: què està me-

surant la selecció natural? A més a més, caldrà reformular les relacions de la selecció natural amb el fluxos i intercanvis de matèria, energia i informació a cada nivell d'organització. Tot això està convertint la biologia, i ho farà molt més en el futur, en una ciència de la invariància amb capacitat de predicció. En altres paraules, la biologia s'està començant a assemblar a una ciència dura com ho són la física i la química.

LA BIOLOGIA AL SEGLE XXI: DE L'ENFOCAMENT REDUCCIONISTA A L'ENFOCAMENT SINTÈTIC. LES ÀREES EMERGENTS

Esgotat l'enfocament reduccionista, la biologia del futur es desenvoluparà emprant el mètode sintètic, integrador, predictiu. Això vol dir que les àrees emergents seran, en l'àmbit conceptual i en primer lloc, la genètica funcional (la genòmica) i per extensió la biologia funcional. Definits, ja sigui pel seu fenotip mutant, ja sigui per clonatge, centenars o milers de gens a diferents espècies, el que cal ara és saber què fan; és a dir, saber quin producte codifiquen i quina funció té aquest producte. Això requerirà saber quins altres gens regula o amb quins productes gènics interacciona i, alhora, per qui és regulat. Aplicant aquesta lògica a diferents processos com poden ser la segmentació axial, la formació del tub neural, la transducció de la llum, el cicle cel·lular, etc., arribarem a definir el programa generatiu, lineal o cíclic, de cada un d'aquests processos amb els elements que hi intervenen i les seves interaccions en l'espai i en el temps. La culminació d'aquests estudis, lluny encara, serà arribar a explicar les funcions de l'òrgan més complex que coneixem, el cervell, la qual cosa subministrarà una clara base biològica a la psicologia i impulsarà una altra gran àrea de futur de la biologia: les neurociències.

Aquest avenç no serà possible sense el concurs decisiu de la bioinformàtica i de la biocomputació, essencials per donar sentit a l'immens cabal de dades ja existent en l'àmbit informacional. A més, són imprescindibles per a formular simulacions de gens, xarxes de gens, cadenes de transducció de senyals, cèl·lules, neurones i organismes, que ajudin a entendre el funcionament de qualsevol procés biològic. Sense la biocomputació, l'avenç conceptual sintètic serà impossible. Una altra àrea, extremadament integradora serà la comprensió del funcionament dels ecosistemes que haurà de maridar la biologia molecular i la genètica amb la biologia de poblacions i els cicles naturals. Calen moltes més dades sobre com els diferents elements d'un ecosistema interaccionen i amb quina força i amb quina dinàmica espaciotemporal ho fan. A més a més, cal saber com els organismes s'acoblen a les regularitats fisicoquímiques de l'entorn, n'extrauen informació i s'hi anticipen, i el paper que la variabilitat genètica té en tot això. Finalment, una altra àrea conceptualment important resultarà de la unió entre la genètica, la biologia molecular, el desenvolupament, l'ecologia i l'evolució per tal d'explicar la gènesi i l'evolució morfològica i funcional dels grans grups d'organismes. La unió de la genètica, la biologia molecular i el desenvolupament està duent ja a definir una gramàtica generativa de com es fan els organismes. Un cop conegut això, estarem en condicions de preguntar-nos i de respondre a la qüestió de com han divergit les espècies en l'aspecte morfològic i funcional i quin ha estat el paper dels gens. Això ens durà a la veritable teoria sintètica de l'evolució i a poder entendre els mecanismes de gènesi de la biodiversitat, la qual cosa seria de gran interès per dissenyar estratègies adequades de conservació de la natura. D'altra banda, aquests coneixements serviran, juntament amb les noves tècniques biotecnolò-

giques, per «fabricar» nous organismes perfectament adaptats al seu entorn.

Pel que fa a la tecnologia, el desenvolupament consistirà en inventar noves eines biotecnològiques i en perfeccionar les ja existents, ambdues en la seva accepció més àmplia, i adreçar-les a dos sectors clau: l'agroalimentari i el biomèdic. Com a objectius concrets, crec que seran importants, entre d'altres, la gènesi *in vitro* de tot tipus de teixits i òrgans a partir de cèl·lules soca del propi individu que servirien per reemplaçar teixits alterats; les noves tècniques de reproducció artificial (clonatge inclòs) que desplaçaran en molts casos els mètodes clàssics; l'ús creixent de tècniques físiques, no invasives, d'anàlisi de l'activitat biològica emprant tècniques diverses (RMN, TAC, PET, cirurgia molecular...) que arribaran per microminiaturització a la detecció cel·lular, subcel·lular i molecular d'aquesta activitat per més endavant controlar-la i modificar-la en aquells casos, com el càncer, patològics per a l'individu, i la producció d'organismes transgènics cada cop més sofisticats, segurs i manejables amb aplicacions en tots els àmbits de la biotecnologia.

Tot i que aquests són els camps tant bàsics com aplicats, on es concentraran de ben segur l'interès i els diners, hi ha tres o quatre àrees, no precisament de moda, que no s'haurien de deixar de banda. Des d'una perspectiva conceptual molt bàsica, és important distingir en tots els àmbits, i tractar d'integrar millor els conceptes d'informació i de matèria, que sovint es confonen. En segon lloc, caldria una millor integració entre física i biologia, en especial en dos camps concrets: 1) en l'ús de mètodes i tècniques físiques per a la detecció i el control de l'activitat biològica, i 2) en l'estudi profund dels fluxos de matèria i energia i de com afecten l'organització general dels sistemes biològics. Un tercer camp una mica oblidat, per la seva dificultat i el seu aparent estaticisme, és

la paleontologia, tot i fornir-nos l'únic registre històric, real, del que va passar. El seu estudi, particularment en allò referent a micropaleontologia i a les tècniques de datació, serà imprescindible per a un bon coneixement de l'origen de la vida a la Terra, de l'origen dels primers éssers vius, i de l'origen i diversificació dels grans grups d'organismes, l'home inclòs. Finalment, caldria no descurar la taxonomia. La preocupació per la biodiversitat i la conservació de la natura ha d'anar acompanyada per la formació d'experts que reconeixin la varietat existent a la natura. L'ofici de taxònom està, però, canviant, i ha de canviar encara més, perquè junt als coneixements morfològics, estructurals, del grup o grups en què s'és expert, caldrà dominar també les noves eines que la biologia molecular i la genètica estan oferint per estimar la variabilitat genètica, que és el substrat de la variabilitat morfològica, i per mesurar el grau de parentiu entre els diferents tàxons.

LA TRANSFORMACIÓ SOCIAL DEL BIÒLEG. DE L'EXCENTRICITAT I LA MARGINALITAT DELS SEIXANTA A LA CREIXENT RESPECTABILITAT SOCIAL DELS NORANTA

La percepció social del biòleg ha variat considerablement en els darrers anys. Als anys seixanta, un estudiant de biologia era un excèntric caçador de papallones, cuques o bolets, una noia o un noi que no servia per a coses elevades com enginyeria, arquitectura o advocacia, o per als negocis. Quan vaig comunicar a la família que faria biologia, la part més empresarial i marinera va pensar, sense dir-m'ho, que allò no servia per a res, o em va començar a preguntar si estudiaria les sardines i altres peixos. La part femenina em va començar a demanar consell sobre jardineria o malalties diverses de plantes. A cada

reunió familiar es repetia la mateixa història sobre sardines, papallones i plantes, situació que aguantava al més estoicament possible. Quan li vaig dir al meu pare, va abaixar el cap i el va moure de banda a banda tot dient «no ho sé fill, no ho sé... tota la vida seràs un cul llogat». I és que ell era un petit empresari i no un funcionari; és a dir, era un home lliure. Malgrat tot, em va deixar fer i em va pagar els estudis, la qual cosa li he agraït sempre profundament. Això de les noies ho esmento perquè la proporció n'era molt elevada. Aquest fet classificava la carrera de biologia un pèl despectivament, tot s'ha de dir, com a carrera tova i típica de noies, respecte de les carreres dures típicament masculines. I això del biòleg com a persona no apta per a realitzar tasques més elevades era el sentiment corrent, almenys en el col·legi on vaig fer el batxillerat, els Jesuïtes de Sarrià, on es formava part de la futura elit dirigent del país que, lògicament, anaven per advocats, empresaris, metges, enginyers o arquitectes. Lligant tots aquests trets, un estudiant de biologia a la dècada dels seixanta era un inútil excèntric segurament destinat a malviure de l'ensenyament o d'una editorial. Això darrer era prou cert.

La percepció social actual del biòleg ha canviat força i canviarà molt més en el futur. La raó és senzilla: la biologia està prenent un rol cada cop més important en la vida de la gent. Des dels problemes relacionats amb l'entorn, el medi ambient i la conservació de la natura fins a les notícies diàries on es revela que aquest gen és important per això i aquell altre per allò, passant per la seqüenciació de genomes de diferents animals i plantes, l'home inclòs, el clonatge d'éssers humans, ratolins o cucs, i la realitat dels aliments transgènics, la gent comença a saber que darrera d'això hi ha uns professionals, anomenats biòlegs, responsables, per bé o per mal, de tot aquest enrenou. A les reunions familiars, ara ja no gosen preguntar-me sobre sardines o

plantes sinó que amb un cert respecte s'interessaven per una o altra malaltia i els gens que la controlen i mostren una respectuosa admiració, tenyida d'incrèdilitat, quan els comenten que els cucs i l'home tenen un 40 % de gens en comú. L'inútil excèntric dels seixanta s'ha tornat socialment respectable, tot i que ens falta encara bastant per assolir el nivell social del metge, l'advocat o l'enginyer. Però hi arribarem... ja ho veureu!

L'IMPACTE DE LA BIOLOGIA SOBRE LA SOCIETAT DEL FUTUR. EL CAS CATALÀ: EL BIÒLEG EN TERRA DE LLETRAHERITS

En què beneficiaran l'individu i la societat els avenços de la biologia del futur? Personalment, crec molt agosarat fer prediccions sobre incidències socials d'una disciplina científica i francament no m'agrada fer-ne. Però posats a dir quelcom, és evident que tots els avenços descrits canviaran la vida de la gent i la societat. La canviaran segurament en el fet que la gent viurà més i en millors condicions; ens agradi o no, sabrem coses molt íntimes (és a dir genètiques) de nosaltres mateixos ja des que naixem, coses que ens podran condicionar força, i que faran la vida menys sorprenent i segurament menys divertida; es podran experimentar controladament sensacions virtuals de tota mena, i moltes altres coses difícils de predir. És també evident que el poder de manipulació de la biologia i de la biotecnologia s'haurà de regular i controlar amb cura per evitar-ne els excessos ja previstos en no poques obres de ciència-ficció.

Si difícil és predir com la biologia afectarà l'individu i la societat, més difícil és saber com pot afectar la cultura i la globalització. A Catalunya i a la resta de l'Estat espanyol em donaria per satisfet si la biologia i la ciència en general tinguessin un ressò

i un paper social més important del que ara tenen, ja que, actualment, la ciència i els científics catalans pesen molt poc, tant en els nuclis de decisió com en els mitjans de comunicació. En aquests darrers, tot i un cert increment recent, la ciència hi té encara una presència escassa i quan hi surt el tractament és sovint superficial i no excessivament professional. Això fa palès, de nou, que Catalunya és un país de lletres o més aviat de lletraferits com diu sovint el Dr. Margalef. Comparem si no la desigual cobertura que pot rebre l'estat de la recerca a Catalunya o una troballa científica d'interès amb la que rep la publicació dels darrers llibres, de desigual qualitat literària, de Terenci Moix, Pere Gimferrer, Vázquez Montalbán, Rosa Regàs o Joan Barril, l'opinió de Bohigas o de Bofill sobre tal o qual obra a Barcelona, o l'actuació d'alguna vella glòria de la cançó catalana. Si volem ser un país modern, això ha de canviar. Tant en l'àmbit català com en un àmbit cultural més global, crec extremadament necessari per als científics comunicar-se molt més amb la societat, no sols sobre el contingut de la seva recerca i la dels altres, i sobre l'ús i abús que se'n pot fer, sinó també del que la pròpia recerca diu sobre les limitacions tant corporals com mentals dels éssers humans. Això és particularment important per tal d'informar amb molt rigor la societat sobre els propis descobriments científics i sobre el seu abast i conseqüències.

Un àmbit molt important per incidir en això dit anteriorment és l'educació. Si a nivell de primària i de secundària tots els joves senten parlar, amb més o menys grau, de biologia, la seva presència s'esvaeix un cop s'arriba a la universitat, llevat, lògicament, d'aquells que estudien biologia, medicina i farmàcia. Els estudiants de dret, economia, empresarials, arquitectura o qualsevol de les enginyeries no senten ni saben res de biologia ni de ciència en general. Aquest fet és particularment negatiu perquè

els manté molt poc sensibles a tot el que fa referència a la recerca, llevat que pugui servir per guanyar diners o vots. I aquesta poca sensibilitat és molt més greu quan es pensa que són precisament advocats, empresaris, economistes, enginyers i altres els que ocupen bona part dels escons dels Parlaments d'arreu. Fóra, per tant, particularment necessari introduir en els currículums de les anomenades carreres de lletres elements de ciències i de biologia en particular. Si se'm preguntés què introduiria de biologia a economia, empresarials o enginyeria, diria que ecologia (fluxos de matèria i energia; dinàmica de poblacions), genètica (el DNA; relació genotip/fenotip; què són i què fan els gens?; principis bàsics d'enginyeria genètica), i evolució (estratègies de reproducció i presa de decisions; el paper de la selecció natural). Als enginyers en concret, els faria estudiar, a part del que acabo d'esmentar, una mena de bioenginyeria que hauria d'incloure diagrames de presa de decisions basats en criteris recurrents de selecció, construcció i optimització de xarxes d'elements (metabòlits, gens, cèl·lules, neurones, individus,...) i biocomputació. Als economistes tampoc no els faria gens de mal rebre alguns elements de psicologia. Estic segur que les seves prediccions, avui francament caòtiques, serien més precises. I als estudiants de dret no els faria cap mal saber una mica de genètica i d'ecologia. Al seu torn, crec que fóra bo que els estudiants de biologia, medicina i farmàcia rebessin nocions bàsiques d'economia, dret i, per què no, d'enginyeria.

L'IMPACTE DE LA SOCIETAT EN LA BIOLOGIA DEL FUTUR. EL CAS CATALÀ: UNA POLÍTICA DE RECERCA DE POCA VOLADA

La societat i el seu braç executor, el govern, saben molt bé que la ciència és útil, ja

que ha desenvolupat un seguit de mètodes eficaços per a resoldre un bon nombre de problemes. Com a bona tresorera, la societat exigeix del seu braç executor, el govern, generositat per a la ciència i l'activitat científica però alhora resultats ràpids, a la vista. Aquesta exigència és en certa manera contrària a la pròpia naturalesa de l'activitat científica, i font de no pocs conflictes. El principal és el clàssic però fals dilema entre ciència bàsica, pura o dirigida per la curiositat i ciència aplicada, estratègica o orientada. Aquest debat ha fet córrer rius de tinta sense arribar a cap solució definitiva. Per a mi, i no sóc el primer a dir-ho, el problema és fals i la solució senzilla. Com que la ciència tracta de respondre preguntes o problemes, un projecte científic s'hauria de jutjar no per si és aplicat, bàsic estratègic o bàsic pur, sinó per la importància o l'interès del problema al qual s'adreça i per la qualitat de les solucions que ofereix. És desitjable, doncs, arribar a un equilibri entre ciència bàsica i ciència aplicada que, tot satisfent les necessitats a curt termini i la pressió de benestar de la societat, no oblidí potenciar la curiositat del científic, que és la base del progrés a llarg termini.

De fet, la pròpia societat està ja actuant, pressionant, sobre les activitats del biòleg. No pocs programes de recerca estan avui en dia mediatitzats per empreses farmacèutiques, per determinades demandes socials i pels governs, per tal d'investigar aquesta o aquella molècula o vacuna, per tal de detectar i diagnosticar a escala genètica i molecular determinades malalties humanes, per millorar la productivitat de determinat procés industrial, o per preservar determinat indret, entorn o espècie animal i vegetal en procés d'extinció. Això està mediatitzant la mateixa activitat del científic, que veu que per obtenir diners per investigar, ha d'investigar coses concretes, generalment de caire aplicat, industrial, mediambiental o

mèdic. Això és en principi perfectament justificable si no arribés, cosa que ja està succeint, a coartar la mateixa independència del científic i, el que és pitjor, a allunyar-lo dels problemes biològics bàsics. Al nostre país que, recordem-ho, és un país que no ha arribat ni de bon troç als nivells de despesa dels països occidentals amb què tant ens agrada comparar-nos, és cada cop més fàcil obtenir diners per fer recerques pretesament aplicades sobre biomedicina o conservació que per investigar determinats problemes bàsics. És el que jo anomenaria «recerca de peus a terra o de poca volada» en contraposició a la recerca bàsica que podríem qualificar de «recerca somiatruites o d'alta volada». Això ha generat una ciència poc original, d'imitació, pretesament social o pretesament ecològica, que res o poc aporta a teixir la bastida de recerca bàsica clau per posar-nos en el mapa de les grans potències científiques. Mentre altres països (Estats Units, Anglaterra, Japó...) han deixat enrere el seu passat reaganianà o thatcherià, que va potenciar la ciència aplicada en detriment de la bàsica, i s'estan abocant a projectes de caire bàsic molt general, l'Estat espanyol (i Catalunya per extensió) està seguint una miop política de ciència aplicada que poc ajuda les empreses a qui pretesament es vol ajudar i molt poc a la ciència bàsica. En resum, a Catalunya hi ha una alarmant manca de política científica.

D'altra banda, els mitjans de comunicació catalans donen un tractament relativament marginal a la ciència. Els diaris, llevat del principal diari estatal, donen poca cobertura científica. La televisió es centra bàsicament en programes de natura que han servit per despertar la consciència «ecologista» de la gent, però poca cosa més. I quan parlen de ciència dura, ho fan després de dinar competint amb programes rosa o a altes hores de la matinada quan no hi ha ningú. L'experiència més «innovadora» són les re-

cents telemaratons a favor de tal o qual malaltia on l'objectiu és tocar la fibra sensible i la butxaca de la gent. Tot i ser en principi lloable, el resultat final és pervers: s'obté un finançament addicional important per a un seguit de grups de recerca, generalment mèdics i prou ben finançats, amb l'esquer que la recerca que endegaran ajudarà a combatre aquesta o aquella malaltia. És a dir, la gent, sovint humil o molt humil, supleix la funció que haurien de fer les administracions públiques o les fundacions privades. I els resultats que la pretesa acció ha suposat sobre un millor coneixement de la malaltia de l'any mai no s'han fet públics. Més val així, potser. Alhora, les administracions públiques (Generalitat, diputacions, ajuntaments) solen rentar-se la mala consciència mediambiental gastant considerables quantitats de diners en estudis de conservació o introducció de tal o qual espècie (el sùmmum de la ximpleria és la reintroducció dels óssos al Pirineu), o finançant estudis sobre espècies en perill d'extinció (hi ha exemples que són bajanades totals), mentre hi ha una manca preocupant de finançament d'estudis bàsics sobre els sistemes ecològics.

La conseqüència principal d'aquest estat de coses és que molts problemes de biologia bàsica, o fins i tot camps sencers, resten completament al marge a Catalunya. Per esmentar-ne alguns: on són els experts en biocomputació?, on són els experts en neurociències?, on són els experts en seqüenciació de genomes?, on són els experts en genòmica i en biotecnologia?, on són els experts en biodiversitat?, on són els experts en transgènia? No vull seguir. Catalunya ha d'apostar encara per la investigació, per la recerca bàsica. Ha d'apostar per crear centres d'excel·lència en biodiversitat, en biocomputació, en transgènia, en neurociències, on trobi recer la munió de científics joves, molts d'ells formats a l'estranger. En definitiva, Catalunya ha d'apostar per enriquir el teixit

de la recerca bàsica com a inversió rendible a llarg termini. Aquesta és l'assignatura pendent de la recerca a Catalunya.

CLOENDA. TORNADA A LA SESSIÓ DE LA SCB DE GENER DEL 1970

Quan torno a pensar en la sessió de la SCB de gener del 1970 i, en particular, en el meu retorn al purgatori, la meva actitud és raonablement optimista. Els doctorants d'ara treballen en més bones condicions, poden

viatjar i interaccionar més amb col·legues d'arreu, i tenen un accés més fàcil a les fonts d'informació. Però ens manca molt encara. Ens manca una sòlida política de recerca i invertir més en recerca bàsica, ens manca conscienciar molt més la societat en els beneficis de la ciència, i ens manca reformar en profunditat el sistema educatiu. I encara que ens hi poséssim ara i aconseguíssim aquestes fites, sé que jo ja no ho veuré o que no en podré fruit. Però tant se val. Entrem en el segle XXI, que serà, sens dubte, el segle de la biologia. I només per això, cal ser optimista.