

LA BIOLOGIA I EL

per François Jacob

24 (376/Volum 2/juny 1982

ciència 17)

El professor François Jacob, un dels capdavanters de la moderna genètica molecular, que ja l'any 1965 va ser mereixedor del premi Nobel de fisiologia i medicina (junt amb André Lwoff i Jacques Monod), va ser investit el 10 de març de 1982 doctor Honoris Causa per la Universitat de Barcelona. Oferim aquí al lector el discurs pronunciat en aquesta ocasió per François Jacob en un paranimf de la Universitat de Barcelona ple, com poques vegades, de gom a gom. En el discurs retrobem les idees exposades ja en el seu magnífic assaig *Le jeu des possibles*, del qual oferim com a complement documental unes breus pàgines en què Jacob ens parla de l'acció de la selecció natural cent anys després de la mort de Charles Darwin.



És un gran privilegi per a mi ser, avui, a Barcelona, en aquestes condicions. Sóc especialment sensible a l'honor que em fa la Universitat de Barcelona en conferir-me aquest doctorat Honoris Causa. Us ho voldria agrair molt sincerament a tots. També us voldria agrair haver-me donat l'ocasió de venir, un altre cop, a aquesta meravellosa ciutat.

En la mesura que un camp de la ciència afecta més els afers humans, més les teories en joc tenen el risc de trobar-se en conflicte amb les tradicions i les creences. I, també, més les dades que aporta la ciència seran manipulades i utilitzades per a finalitats ideològiques o polítiques. És el que passa especialment amb la biologia on veiem, actualment, renéixer una vella i nefasta disputa que tracta sobre la part respectiva de l'innat i de l'adquirit en certes aptituds dels éssers humans. Des del punt de vista de la biologia, el problema pot plantejar-se de la següent manera. Tot ésser viu, des del més humil fins al més orgullós, representa l'expressió d'un programa contingut en els seus cromosomes. Però, evidentment, cap organisme no viu en el buit. Sempre representa el que els especialistes en termodinàmica en diuen un sistema obert i només pot desenvolupar-se, créixer i re-

produir-se gràcies a un triple flux de matèria, energia i informació. El desenvolupament i la vida d'un ésser resulten, doncs, necessàriament d'una interacció molt estreta entre la seva hereditat i el seu medi.

En els organismes molt simples, les instruccions contingudes en el programa genètic són executades d'una manera molt rígida. Potser el que millor caracteritza la direcció seguida per l'evolució és l'augment d'intercanvis entre l'organisme i el seu medi. Els "èxits" evolutius representen la majoria de les vegades un augment tant en la capacitat de percebre com en la de triar una reacció. Aquest augment implica una flexibilitat en les obligacions imposades pel programa genètic, una "obertura" d'aquest programa a fi de permetre a l'organisme estendre el seu camp d'acció. Així disminueix progressivament el rigor de l'hereditat. Dins del programa genètic d'un animal una mica complex, hi ha una part tancada en la qual l'expressió resta estrictament fixa, i una altra part oberta que dona a l'individu una certa llibertat de resposta. Així, doncs, són els quaranta-sis cromosomes de l'ésser humà els que li confereixen tota una sèrie d'aptituds físiques o mentals que ell pot explotar i desenvolupar de moltes maneres, segons el seu medi i la societat en què creix i viu. És el seu

equipament genètic el que dona a l'infant la capacitat de parlar. Però és el medi que l'envolta el que fa que aprengui una determinada llengua i no una altra. Des de fa molt temps s'ha tractat d'oposar aquests dos ordres de factors que acabo d'exposar, en lloc de veure'ls complementaris i indissolublement units. S'ha volgut determinar amb exactitud la part que juga l'hereditat i la part que juga el medi dins del comportament i de les aptituds dels éssers humans.

Ja que el mecanisme de la sexualitat està agençat de manera que cada cop produeix alguna cosa únic, i ja que cada individu presenta una combinació particular de caràcter físics, fins on aquestes diferències genètiques s'estenen dins de les aptituds mentals? Si l'organisme és el fruit d'una interacció del medi i de l'hereditat, és possible diferenciar la part respectiva d'aquests dos factors dins del comportament intel·lectual? Perquè la interdependència dels determinants biològics i dels socials és molt sovint menyspreada, quan no és simplement negada per raons ideològiques o polítiques. Com si, en la gènesi del comportament humà i de les seves perturbacions, aquests dos factors estiguessin obligats a excloure's mútuament. Així veiem que en una sèrie de debats sobre l'escola, la psiquiatria i la condició dels sexes aquestes dues posi-

“MILLOR DELS MONS”

(ciència 17

juny 1982/Volum 2/377) 25

cions extremes s'oposen, dues actituds completament diferents i defensades pels qui podríem anomenar partidaris de la “cera verge”, (*cire vierge*), i els partidaris de la “fatalitat genètica”, (*fatalité génétique*).

Segons els partidaris de la “cera verge”, les aptituds mentals de l'ésser humà no tenen res a veure amb la biologia i l'hereditat. Tot depèn de la cultura, de la societat, de l'aprenentatge, dels condicionaments, del reforçament, i dels mitjans de producció. Així, doncs, desapareix tota diversitat i tota diferència d'ordre hereditari en les aptituds i talents dels individus. Únicament compten les diferències socials i educatives. La biologia no pot anar més enllà del cervell humà. En aquest punt, aquesta actitud extrema és insostenible. L'aprenentatge no és altra cosa que l'inici d'un programa que permeti adquirir certes formes de coneixement. No es pot construir una màquina per aprendre sense inscriure en el seu programa les condicions i modalitats d'aquest aprenentatge. Una pedra no aprèn res i animals diferents aprenen coses diferents. Les dades de la neurobiologia demostren que els circuits del nostre sistema nerviós, els quals subtendeixen les nostres capacitats i les nostres aptituds, estan en certa mesura biològicament determinats des del naixement. En l'ésser humà els factors biològics se superposen als factors psíquics, lingüístics, culturals, socials, econòmics, etc... No es pot parlar d'un conjunt tan complex com aquest a través d'un sol o fins i tot de diversos coneixements fragmentaris, a cada un dels quals correspondria un coeficient particular. És a dir que si l'estudi de l'home no pot reduir-se a la biologia, tampoc no pot ignorar-la, igual que la biologia no pot ignorar la física.

Tan insostenible com l'anterior és l'actitud oposada, la de la “fatalitat genètica”, que atribueix a l'hereditat la quasi totalitat de les nostres aptituds mentals, al mateix temps que nega pràcticament tota influència del medi i tota possibilitat seriosa de millora per mitjà de l'entrenament.

(continua a la pàgina 26)

EL BRICOLATGE DE L'EVOLUCIÓ

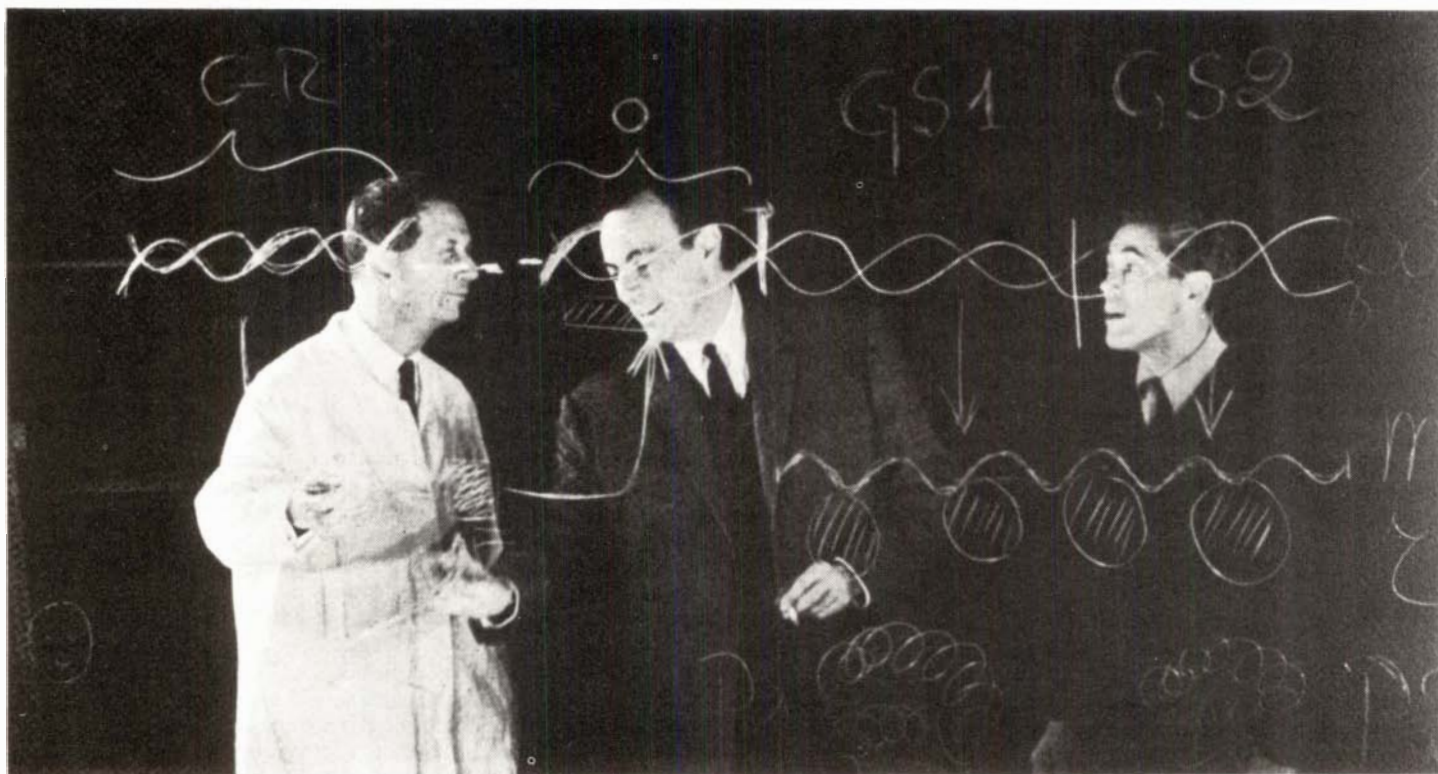
Sovint s'ha comparat l'acció de la selecció natural amb la d'un enginyer. Però la comparació resulta bastant dissortada. En primer lloc perquè, contràriament a l'evolució, l'enginyer treballa en un pla, segons un projecte llargament madurat. Després perquè, per fabricar una nova estructura, l'enginyer no procedeix necessàriament a partir d'objectes antics. La bombeta elèctrica no prové pas de l'espelma, ni el reactor del motor d'explosió. Per produir un nou objecte l'enginyer disposa de materials especialment destinats a aquesta tasca i de màquines únicament concebudes per a aquest fi. I, finalment, perquè els objectes produïts per l'enginyer, si més no pel bon enginyer, assolixen el nivell de perfecció que autoritza la tecnologia de la seva època. L'evolució, per contra, queda lluny de la perfecció, com constantment ho va repetir Darwin, qui combatia l'argument de la creació perfecta. Al llarg de l'*Origine des Espèces*, Darwin va insistir sobre les imperfeccions d'estructura i de funció del món viu. No va deixar de remarcar les extravagàncies, les solucions estranyes que un Déu raonable no hagués mai utilitzat. I un dels millors arguments contra la perfecció prové de l'extinció de les espècies. Es poden estimar en uns quants milions el nombre d'espècies d'animals actualment vius. Però el nombre d'espècies que han desaparegut després d'haver poblat la terra en una o altra època, segons un càlcul de G.G.Simpson¹, deu elevar-se com a mínim a uns cinc-cents milions.

L'evolució no treu les seves novetats del no-res. Treballa sobre el que ja existeix, ja sigui transformant un sistema antic per donar-li una nova funció, ja sigui combinant diferents sistemes per construir-ne un altre de més complex. El procés de selecció natural no s'assembla en cap aspecte al comportament humà. Però si es vol jugar amb una comparació, cal dir que la selecció natural opera no com un enginyer, sinó com un “bricolador”; un “bricolador” que no sap encara el que farà, però que recupera tot el que li arriba a les mans, els objectes més heteròclites, trossos de cordill, fustetes o cartrons vells, que poden eventualment servir-li com a materials; en fi, un “bricolador” que aprofita el que troba al seu voltant per

treure'n algun objecte utilitzable. L'enginyer, en canvi, no es posa a treballar fins que no ha reunit tots els materials i els útils que convenen exactament als seus projectes. El “bricolador”, per contra, s'arregla amb el que troba. El més sovint és que els objectes que fa no participin de cap projecte global. Són el resultat d'una sèrie d'esdeveniments contingents, el fruit de totes les ocasions que s'han presentat per enriquir la seva fita. Com va remarcar Claude Lévi-Strauss², els útils del “bricolador”, contràriament als de l'enginyer, no poden ser definits per cap programa. Els materials dels quals disposa no tenen una aplicació precisa. Cadascun d'ells pot servir per a diverses tasques. Aquests objectes no tenen res en comú, excepte que es pot dir de tots ells: “això sempre pot servir”. Per què? Depèn de les circumstàncies.

Sovint el procés de l'evolució s'assembla a aquesta manera d'actuar. Moltes vegades sense projectes a llarg termini, el “bricolador” agafa un objecte del seu estoc i li dona una funció inesperada. D'una vella roda de cotxe, en fa un ventilador; d'una taula trencada, un para-sol. Aquest tipus d'operació no difereix gens de la que aconsegueix l'evolució quan produeix una ala a partir d'una pota, o un tros d'orella d'un fragment de mandíbula. Això ja ho va assenyalar Darwin en el llibre que va consagrar a la fecundació de les orquídies,³ com ho va remarcar Michael Ghiselin.⁴ Per Darwin, les noves estructures s'elaboren a partir d'òrgans preexistents que, en un origen, estaven encarregats d'una tasca determinada, però que es van adaptar progressivament a funcions diferents. Amb les orquídies, per exemple, existia una mena de vesca que, inicialment, retenia el pol·len sobre l'estigma. Després d'una lleugera modificació, aquest vesca va permetre d'enganxar el pol·len al cos dels insectes, que llavors van poder assegurar la fecundació indirecta. De la mateixa manera, moltes de les estructures que semblaven no tenir ni significació ni funció i que, segons les paraules de Darwin, semblaven “trossos d'anatomia inútils”, s'expliquen perfectament com vestigis d'alguna funció més antiga. Així, Darwin conclou que “si un home construeix una màquina amb una finalitat

D'esquerra a dreta: A. Lwoff, F. Jacob i J. Monod, a l'època en la qual els va ser atorgat el premi Nobel de fisiologia i medicina (1965)



ment i de l'aprenentatge. En la seva versió moderna, aquesta actitud es basa sobretot en el fet de mesurar el que s'anomena el coeficient intel·lectual o QI, i en la seva hereditat. El significat de QI, el que ell mesura, la possibilitat fins i tot de concebre proves completament lliures de qualsevol influència cultural, tot això ha estat i és encara objecte de debats apassionats. Sense voler entrar en aquestes discussions, voldria simplement subratllar la sorpresa del biòleg davant del mateix principi del QI. ¿Com es pot esperar mesurar el que es designa com a intel·ligència global —que ni tan sols arribem a definir clarament i que es compon d'elements tan diversos com la representació que ens fem del món i de les forces que el regeixen, la capacitat de reaccionar davant de situacions diferents en condicions diferents, l'amplitud d'opinió, la rapidesa de captar tots els elements d'una situació i prendre una decisió, el poder de descobrir analogies més o menys amagades, de comparar el que en un principi

no és comparable, i encara moltes altres qualitats—, com es pot doncs, mesurar tot un conjunt tan ample de propietats per mitjà d'un valor simple que varia regularment dins d'una escala de 50 a 150? Algunes persones creuen que per tenir una actitud científica només cal mesurar qualsevol cosa i introduir els valors així obtinguts en un ordinador. De fet l'actual biologia no té gaire cosa a dir sobre el comportament de l'ésser humà, sobre les seves aptituds mentals i sobre l'interacció de l'hereditat i del medi, i tot això a causa de la següent raó. El mètode de la genètica consisteix en l'estudi del que es veu, dels caràcters observables, el que s'anomena fenotip; i del que se'n dedueix, el que està ocult, l'estat dels gens, que s'anomena genotip. Aquest mètode funciona perfectament quan el fenotip reflecteix més o menys directament el genotip. És el cas per exemple dels grups sanguinis o de certes malformacions hereditàries que poden observar-se de generació en generació. També

és el cas d'algunes malalties que semblen estar vinculades a la constitució genètica de l'individu. I la majoria de les vegades aquesta vinculació té un caràcter de probabilitat d'aparició, i no de fatalitat: en les mateixes condicions de vida, un cert "càncer", o bé una certa poliartritis apareixerà més sovint en els individus portadors de certs genotips que en altres. En canvi, els mètodes de la genètica s'apliquen dificultosament a l'estudi del cervell humà i del seu comportament. D'una banda, la lògica del desenvolupament embrionari, la manera com el programa genètic inscrit dins dels cromosomes de l'ou és executat, segueix essent encara un misteri gairebé total. I per altra banda, el comportament intel·lectual que es pot observar en un individu no reflecteix directament l'estat dels gens. Reflecteix l'estat de nombroses estructures que intervenen entre el genotip i el fenotip, estructures ocultes en el més profund del cervell funcionant en múltiples nivells
(continua a la pàgina 28)

EL BRICOLATGE DE L'EVOLUCIÓ

determinada però utilitza a aquest efecte, modificant-les una mica, rodes velles, velles politges i vells ressorts, la màquina, amb totes les seves parts, podrà ser considerada una organització destinada a aquest fi. Així, a la natura, és de suposar que les diverses parts de tot ésser vivent han servit, mitjançant lleugeres modificacions, a diferents projectes i han funcionat en la màquina vivent de diverses formes específiques, antigues i diferents”.

L'evolució actua com un “bricolador” que, durant milions i milions d'anys, retocaria lentament la seva obra, modificant-la contínuament, tallant aquí, estirant allà, aprofitant totes les ocasions d'ajustar, de transformar, de crear. Vet aquí, per exemple, com, segons Ernst Mayr,⁵ es va formar el pulmó dels vertebrats terrestres. El seu desenvolupament va començar amb alguns peixos d'aigua dolça que vivien en mars tancats, i per tant pobres en oxigen. Aquests peixos van prendre l'habitud d'empassar aire i d'absorbir l'oxigen a través de la paret del seu esòfag. En aquestes condicions, tot allargament d'aquesta paret es traduïa en un avantatge selectiu. Es van formar d'aquesta manera els diverticles de l'esòfag que, sota l'efecte d'una pressió de selecció contínua, es van engrandir a poc a poc per transformar-se en pulmons. L'evolució ulterior del pulmó no va ser més que una elaboració a partir d'aquí, amb el creixement de la superfície utilitzada per al pas de l'oxigen i per a la vascularització. Fabricar un pulmó amb un tros d'esòfag s'assembla bastant a fer una faldilla amb una cortina de l'àvia.

Diferents enginyers, que s'ocupin del mateix problema, tenen totes les possibilitats d'arribar a la mateixa solució: tots els cotxes s'assemblen, com s'assemblen totes les càmeres i totes les estilogràfiques. En canvi, diferents “bricoladors” que s'interessin en la mateixa qüestió trobaran solucions diferents, segons les ocasions que se'ls ofereixin. El mateix passa en els productes de l'evolució, com ho mostra, per exemple, la diversitat d'ulls que es troben en el món vivent. Evidentment, posseir fotoreceptors atorga un gran avantatge en nombroses situacions. Durant l'evolució, l'ull ha aparegut sota for-



mes molt diverses, fonamentades com a mínim sobre tres principis físics diferents: lentilla, forat d'agulla i tubs múltiples. Els més refinats, com els nostres, són els ulls on la lentilla forma la imatge; la informació que forneixen no es limita tan sols a la intensitat de la llum, sinó també als objectes d'on prové la llum, a la seva forma, color, posició, moviment, velocitat, distància, etc. Estructures tan elaborades són, necessàriament, molt complexes. No poden, doncs, desenvolupar-se més que en organismes ja de per si complexos. Es podria doncs creure que existeix una manera, i una sola, de produir una estructura similar. Però no és així. L'ull de lentilles va aparèixer almenys dues vegades, als mol·luscs i als vertebrats. Res no s'assembla més al nostre ull que l'ull del pop. Tots dos funcionen quasi exactament de la mateixa manera. I, això no obstant, no han evolucionat pas de la mateixa manera. En els mol·luscs, les cèl·ules fotoreceptores són dirigides cap a la llum i, en els vertebrats, a la inversa. Entre totes les solucions trobades al problema de les fotoreceptores, aquestes dues s'assemblen sense ser idèntiques. En cada cas, la selecció natural fa el que pot amb els mitjans de què disposa. Finalment, contràriament a l'enginyer, el “bricolador” que busca millorar la seva obra prefereix molt sovint afegir noves estructures a les velles abans que substituir aquestes. Sovint passa el mateix en l'evolució, com ho

demostra clarament el desenvolupament del cervell en els mamífers. Efectivament, el cervell no s'ha desenvolupat pas segons un procés tan integrat com, per exemple, la transformació d'una pota en una ala. Al vell rinocèfal dels mamífers inferiors s'ha afegit un neocòrtex que ràpidament, potser massa ràpidament, ha tingut el paper principal en la seqüència evolutiva que condueix a l'home. Per alguns neurobiòlogues, especialment per McLean,⁶ aquests dos tipus d'estructures corresponen a dos tipus de funcions; però no han estat ni coordinades, ni jerarquitzades completament. La més recent, el neocòrtex, regeix l'activitat intel·lectual i cognoscitiva. La més vella, provinent del rinocèfal, governa les activitats visceral i emotives. Aquesta vella estructura, que dirigia els mamífers inferiors, ha estat en certa manera relegada al camp de les emocions. En l'home, constitueix el que McLean anomena el “cervell visceral”. El desenvolupament de l'ésser humà es caracteritza per una extrema lentitud que comporta una maduresa tardana. Potser és per aquesta raó que les velles estructures cerebrals han conservat estretes connexions amb els centres autònoms inferiors, que continuen coordinant unes activitats tan fonamentals com la recerca d'aliments, la caça de parella sexual o la reacció davant d'un enemic. La formació d'un neocòrtex dominant, sosteniment d'un antic sistema nerviós i hormonal, en part autònom, en part subordinat a la tutela del neocòrtex, tot aquest procés evolutiu recorda molt el bricolatge. És una mica com la instal·lació d'un motor a reacció en un carro de cavalls vell. No és estrany que hi hagi accidents.

1. G.G. Simpson: *How many species?* Evolution, 1952, 6, 342.
2. C. Levi-Strauss: *La pensee sauvage*, Plon, Paris 1962.
3. C. Darwin: *De la fecondation des orchidees par les insectes*. Traducció francesa, L. Pérolle, C. Reinwald éd. Paris 1870.
4. M. Ghiselin: *The triumph of the darwinian method*. University of California Press, 1969.
5. E. Mayr: *From Molecules to organic diversity*, Fed. Proc. Am. Soc. Exp. Biol., 1964, 23, 1231-1235.
6. P. McLean: *Psychosomatic Disease and the visceral Brain*. Psychosom. Med., 1949, 11, 338-353.

François Jacob, el 10 de març del 1982, al paranif de la Universitat de Barcelona, en ocasió de la seva investidura com a doctor Honoris Causa

d'integració. Ignorem totalment la relació d'aquestes estructures amb els gens i encara no hi tenim cap accés. És evident que l'hereditat té un paper dins de l'elaboració d'aquestes estructures: sabem els estralls que poden comportar algunes mutacions i anomalies cromosòmiques dins del comportament humà. També és evident que aquestes estructures es desenvolupen sota la influència del medi: coneixem molt bé els estralls que comporta la manca d'atenció i d'afecte a l'infant. Cal tenir els quaranta-sis cromosomes humans per aprendre qualsevol llengua, i l'aprenentatge d'una llengua no es pot fer ni massa d'hora ni massa tard. El que sembla més probable és que per tota una sèrie d'aptituds mentals, el programa genètic presenta el que es podria anomenar "estructures d'ajut", les quals permeten a l'infant reaccionar davant del seu medi, localitzar regularitats, memoritzar-les i després combinar els elements i formar conjunts. Amb l'aprenentatge s'elaboren a poc a poc aquestes estructures nervioses. Es aleshores quan per mitjà d'una interacció constant del fet biològic i del fet cultural durant el desenvolupament del nen les estructures nervioses que subtendeixen el comportament mental poden madurar i organitzar-se. En un esquema com aquest és evident que atribuir una fracció de les estructures finals a l'hereditat i la resta al medi no té cap sentit. Com tampoc no en té cap preguntar-se si el desig d'en Romeo per la Julieta era d'origen genètic o cultural.

Es per aquestes raons, ideològiques i passionals, i no pas científiques, que s'inicia novament la vella disputa de l'innat i l'adquirit. Poques vegades, doncs, veurem considerada la diversitat genètica pel que és realment: un dels principals motors de l'evolució, un fenomen natural sense el qual no estariem en aquest món. La majoria de les vegades, aquesta diversitat és considerada com un motiu d'escàndol, o com un mitjà d'opressió. Per una estranya raó, es tendeix a confondre dues nocions que són, no obstant això, ben diferents: la identitat i la igualtat. L'una es refereix a les qualitats físiques o



mentals dels individus; l'altra als seus drets socials o jurídics. La primera depèn de la biologia i de l'educació; la segona depèn de la moral i de la política. És, evidentment, aquest últim aspecte el punt conflictiu, ja sigui perquè es vulgui fonamentar la igualtat en la identitat, ja sigui perquè preferint la desigualtat es vulgui justificar-la amb la diversitat. Com si la igualtat no hagués estat precisament inventada "perquè" els éssers humans no són idèntics. És una mica com la bellesa de les dones: si totes les dones fossin boniques, ja no hi hauria dones boniques. Igual succeeix amb els humans, si tots fossin tan idèntics com uns bessons univitel·lins, la noció d'igualtat no tindria cap interès. La diversitat d'individus, les diferències en els camps més variats, és el que dona el valor i la importància a l'ésser humà.

El nostre món està amenaçat per la monotonia i per la uniformitat. Cada dia minva aquesta extraordinària varietat que han donat els homes a les seves creences, als seus costums i a les seves institucions. Ja sigui perquè els pobles desapareixen físicament o ja sigui perquè es transfor-

men sota la influència del model que imposa la civilització industrial, moltes cultures estan en vies de desaparició. Per sort la diversitat genètica ha resistit molt millor a les empreses humanes, malgrat algunes temptatives considerades dins de la història com a monstruositats, (el cas de la eugènesis n'és un exemple). Sortosament no hi ha gaires possibilitats que els enginyers de la genètica vinguin aviat a remodelar els nostres cromosomes segons una norma necessàriament arbitrària. "El millor dels móns" no és per demà. Fins a nova ordre, l'ús del sexe segueix essent el mitjà més segur per fer nens. És a dir que encara durant molt de temps aquests gens que formen el patrimoni de l'espècie continuaran unint-se i separant-se per produir aquestes combinacions cada cop efímeres i cada cop diferents que són els individus. I no podem imaginar aquesta combinació infinita que ens fa únics a cadascun de nosaltres. És ella la que fa la riquesa de l'espècie i li dona les seves potencialitats. I a més és ella també la sal de la vida.

(François Jacob)