

CANVIS EN EL MEDI COM A FACTOR EVOLUTIU

J. M. Roqué

Comissió de Medi Ambient.
Collegi Oficial de Químics

Tota característica d'un organisme és el resultat d'una evolució progressiva deguda a les interaccions entre herència i medi. Tant la salut com la malaltia (tant física com psíquica) depenen d'ambdós, herència i medi. La interacció del medi amb els organismes o amb una cultura pot provocar canvis genètics o culturals, i aquest procés seria la base de l'origen de noves espècies.

En la teoria de l'evolució hi ha dos aspectes quantitius importants: l'abast de l'efecte de les *mutacions* i llur freqüència. Podem formular dues teories extremes: ¹ les mutacions tenen efectes mínims però són molt freqüents (micro-mutacions), o al contrari, tenen efectes importants però són molt rars (macro-mutacions).

Ens podem preguntar si la mutació és el vertader motor de l'evolució. Essent les micromutacions freqüents cal suposar que es produiran en diversos individus d'una població determinada. Vol dir que hi haurà sempre un material disponible perquè tingui lloc una *selecció*. El medi canviant és la força conductora de l'evolució exercint una *pressió de selecció* sobre els organismes. Les variacions entre individus d'una mateixa espècie són aleatòries. La selecció es va manifestant fins que els organismes estan totalment adaptats a llur medi i la variant genètica (allel) que assegura la millor *adaptació* (és a dir, la sèrie de canvis bioquímics, fisiològics, anatòmics i de comportament) de l'individu al medi es fixa com a nova norma de la població.² Segons aquesta teoria no es pot esperar que l'evolució sigui progressiva. El procés de selecció natural es presenta com l'agent de "mantenir l'ordre" en els centres actius, preservant de la degeneració les funcions biològiques; en canvi, les mutacions tenen, essencialment, el paper de canviar la naturalesa i la posició dels aminoàcids de les proteïnes, la qual cosa té per resultat l'adaptació de l'organisme al seu medi.^{3, 4}

Amb aquestes idees ha estat formulada la teoria neodarwiniana de la genètica de poblacions (teoria sintètica o biològica) que proposa explicar l'evolució sobre les bases del mendelisme. Segons aquesta teoria micromutacionista l'adaptació seria sempre la millor possible en un medi determinat. Aquest postulat neodarwinian és contrari a l'observació.

Quant a les macromutacions, el fet important és la mateixa existència de mutacions. Si el medi canvia fins a tal punt que els organismes no poden sobreviure i no tenen lloc les mutacions adequades, en resultarà l'extinció. Els organismes poden adquirir amb una sola macromutació l'especialització que els permeti llur supervivència aïllats de llurs progenitors. Hom creu que aquesta separació

i isolació, en l'espai, de l'espècie afectada és necessària per a l'aparició d'una nova espècie. Si aquest aïllament no és possible en una macromutació determinada, els organismes que l'han sofert competeixen amb els seus progenitors. Són, doncs, les propietats dels organismes les que determinen el resultat de la selecció i no pas les propietats del medi. En general, les grans poblacions canvien comparativament a poc a poc, mentre que grups petits, aïllats, sofreixen sovint canvis evolutius ràpids.

Aquestes dues teories prediuen un curs evolutiu totalment diferent en cada cas. Per la primera la mutació és l'únic agent de creació, la causa de l'evolució filogenètica mitjançant un canvi gradual però a l'atzar, ja que es tracta de fenòmens aleatoris, dóna lloc a una adaptació completa al medi i per tant a cap extinció. La segona prediu canvis bruts, la competència amb el medi però no necessàriament l'adaptació, una *direcció progressiva* en l'evolució, resultat de la selecció natural mitjançant la conservació de les mutacions beneficioses i l'eliminació de les perjudicials, i l'existència d'extincions importants.

Sobre aquestes idees hi ha molts biòlegs que en són escèptics (ja des de Cvetverikov, 1926). S'han formulat diverses crítiques al neodarwinisme, entre les quals destaquem les següents:

1. una espècie dóna lloc a subespècies (o races) però no noves espècies. La selecció apareix com un agent de conservació o eliminació,⁵ però no s'ha observat l'aparició de noves espècies per selecció sinó només millora o adaptació. A més, nombroses dades experimentals demostren que els canvis en el fenotip (propietats adquirides) induïts pel medi no són heretables.⁶ En el cas de l'home són coneguts nombrosos exemples d'adaptacions al clima;⁷
2. es pressuposa la reproducció sexual, però els organismes asexuals també sofreixen canvis evolutius;
3. el motor primer de l'evolució, l'agent creador, és la variació i no la selecció natural, la qual només pot eliminar o conservar.

Diversos autors (neutralistes,⁸⁻¹⁰) sostenen que la majoria de les mutacions són neutres (és a dir, que no tenen forçosament un interès selectiu). De molts canvis en els organismes en resulta una variació aparentment sense cap finalitat, la qual variació es manté sense ser influïda per la selecció natural.

Altres autors (seleccionistes) sostenen que les mutacions fan possible l'adaptació.¹¹ Les fusions acrocèntriques i les inversions pericèntriques¹² s'han reconegut com els grans motors de l'evolució. Aquests dos tipus de modificació són ben coneguts en patologia humana: són els responsables de la producció de zigots anormals que porten a una disminució apreciable de la fertilitat i, per tant, de l'*aptitud*.

S'ha proposat un altre mecanisme d'evolució genètica.⁵ Es tracta de la duplicació dels gens; els dos exemplars que en resulten evolucionen independentment. Aquesta duplicació permet explicar algunes observacions experimentals.

La comparació entre portadors d'un genotip forneix una mesura de l'aptitud darwiniana. També es considera com la probabilitat de supervivència i de producció de descendència. Valors com la salut, l'audàcia, l'energia, el valor, l'ànim, la intel·ligència, la previsió podem augmentar o minvar l'aptitud, tot depèn de com actuïn sobre el potencial de reproducció.

La intensitat de la selecció és una funció del medi, el qual pot variar molt ràpidament (especialment en el medi humà). A més hi ha una relació entre intensitat de selecció i poder de reproducció de l'organisme. La influència relativa de les variables genètiques i del medi no és constant, al contrari, depèn del lloc i del moment, per exemple: grup sanguini i idioma. No hi ha una solució única al problema herència-medi, cal que cada característica l'investiguem a part. Aleshores els resultats són vàlids només per a una població determinada.²

PARÀMETRES D'EVOLUCIÓ

Hem insinuat més amunt l'existència d'una direcció progressiva en l'evolució. Aquesta progressió és la conseqüència de l'existència de sistemes de control que orienten l'expressió de les mutacions, limitant l'efecte de l'atzar. Es pot comprovar que hi ha hagut una evolució progressiva del medi i ens podem preguntar quina ha estat la seva incidència en l'evolució biològica i si aquesta evolució encara continua avui. Una aproximació al coneixement d'aquests problemes es pot aconseguir mitjançant paràmetres adequats, de diversa índole segons l'objectiu concret del nostre estudi, per exemple si ens proposem un estudi global de l'evolució des dels orígens del planeta, o bé l'evolució dels vertebrats, la humana, etc.

Alguns autors proposen com a paràmetre general¹³ el canvi entròpic. El caràcter primordial de tota evolució és la tendència a l'estat d'equilibri. En un sistema no aïllat, l'evolució està orientada per les seves interaccions amb el medi exterior. Es dedueix de la termodinàmica que un conjunt que evoluciona tendeix a complicar-se (desordenar-se).

Algun autor¹⁴ ha pres com a fet fonamental aquesta progressiva complecció del món en evolució, la qual, en una visió de conjunt, implicaria l'existència d'un cert psiquisme àdhuc en el món físic (hom parla actualment de memòria en els bacteris¹⁵ i en el neutró).¹⁶

Dintre d'aquesta categoria general, un paràmetre per a l'estudi de l'evolució del medi i algunes possibles conseqüències d'ordre biològic (com les aparicions de la fotosíntesi i de l'hemoglobina), és el potencial químic d'oxidació-reducció, el qual mesura el poder oxidant o reductor del medi. Aquest paràmetre ens permet seguir l'evolució del planeta fins, aproximadament, el triàsic superior (fa 240 milions d'anys), època en què l'atmosfera va assolir una concentració en oxigen igual a l'actual.

El poder oxidant d'un sistema en equilibri es pot expressar per la quantitat pE.¹⁷ Segons dades existents a la bibliografia¹⁸⁻²⁴ i càlculs propis, s'obté la Taula I el gràfic I. Resulta molt arriscat extrapolar la corba resultant, tant per la imprecisió de les dades com pel seu petit nombre; això no obstant, no sembla possible l'augment continu del poder oxidant (pE) i es postula un valor màxim pròxim a l'actual.

El punt Pasteur indicat en la Taula I equival a l'1 % de la concentració actual d'oxigen en l'atmosfera; el fet d'assolir aquest nivell d'oxigen va ser probablement la causa de l'evolució explosiva de la vida marina fa uns 800 milions d'anys.²⁵ Altres autors^{26, 27} suggereixen valors diferents per a algunes dades de la Taula I, les quals no s'ajusten a altres dades que es tenen per certes. Per exemple, l'aparició de la fotosíntesi, s'ha suggerit²⁸ que va tenir lloc en un medi reductor al voltant de fa 2800 milions d'anys, en bon acord amb la corba del

TAULA 1. — Potencials d'oxidació del medi terrestre en el curs de l'evolució. (Ga = Giga-any = 10^9 anys)

Temps, en Ga	pE	Remarques	Bibliografia
0.1	— 6.7	origen	(17,22)
0.7	— 5.5	$\text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2$	(20,23)
1.5	— 3.9	$\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{SO}_2$	(19,20)
2.7	0.0	red $\rightarrow$ oxid	(24)
4.0	12.2	punt Pasteur	(18,21)
4.5-4.7	12.5	actualitat	(17,18)

gràfic I. També, la pressió d'oxigen necessària perquè es combini un àtom de la molècula d'oxigen amb una cadena de l'hemoglobina és d'aproximadament el 4 % de la pressió parcial de l'oxigen en l'atmosfera actual. Aquest valor dóna $pE = 12,2$, el qual, interpolat en la corba del gràfic I, permet obtenir un valor lleugerament més recent que la data d'aparició dels vertebrats.³⁰ Aquest resultat suggereix que el punt Pasteur s'assolí en data anterior a la indicada.

Per tal d'estudiar un període més concret de l'evolució caldrà prendre un paràmetre més adequat. Per exemple, per a l'estudi de l'evolució dels vertebrats s'ha proposat³¹ la consideració del pes de l'encèfal, el qual seria proporcional a la superfície del cos de l'organisme; aquesta superfície es troba evidentment en relació amb el medi. La superfície corporal està relacionada amb el pes del cos, Ps , de manera que es troba la relació següent pel pes encefàlic, Pe

$$Pe = k Ps^a$$

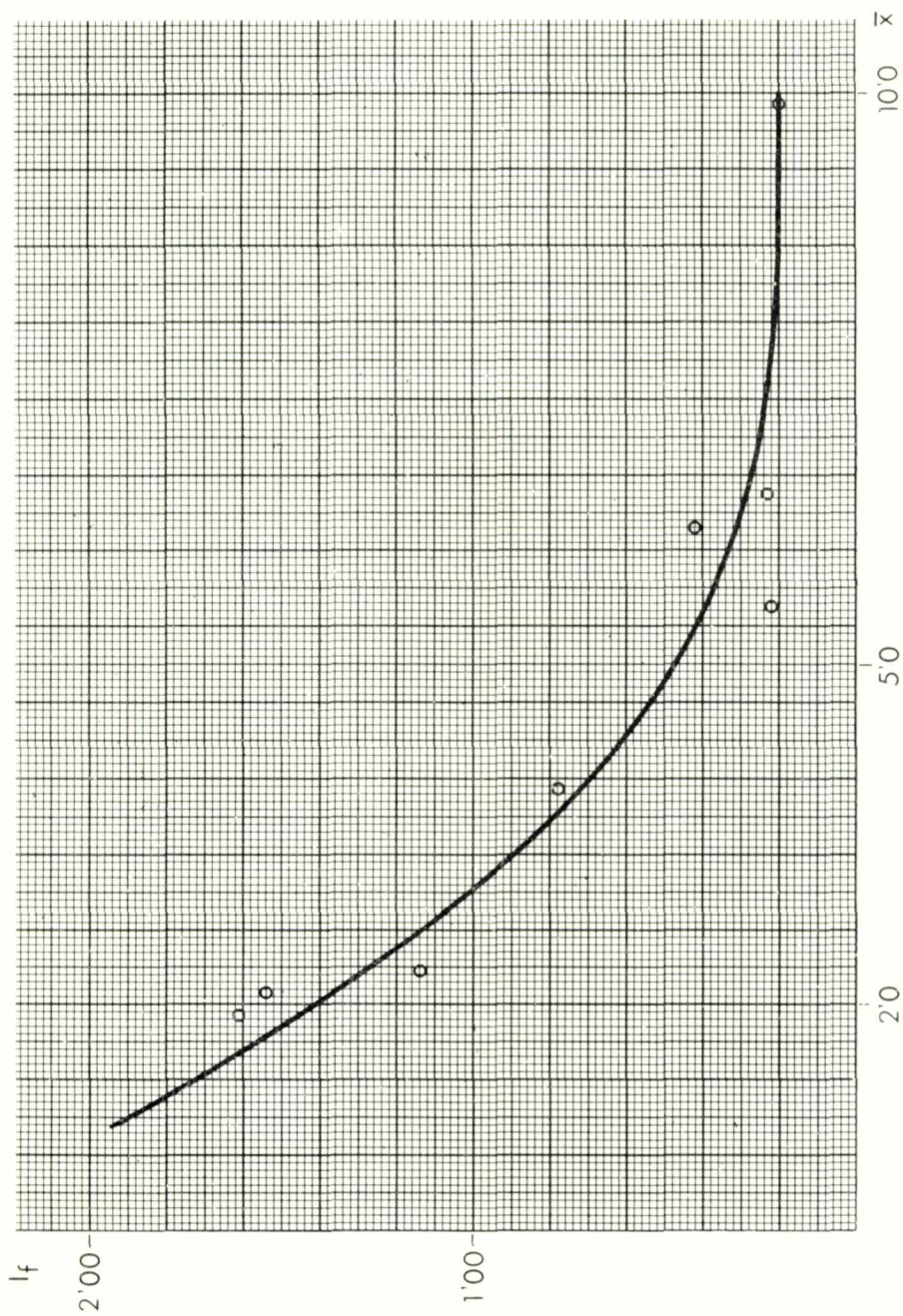
on k s'anomena coeficient d'encefalitització que és independent del pes del cos, i la constant a s'ha comprovat que val 0.56. Com més elevat és el valor de k , més desenvolupades es troben les capacitats psíquiques. La Taula II resumeix els valors més significatius.

TAULA 2. — Valors del coeficient d'encefalitització en vertebrats.

	k
Homo sapiens	2.8186
Hylobates leuciscus	0.6994
Sorex minutus	0.0688

En els darrers cent anys s'han reconegut canvis en el medi a escala planetària i, sobretot, a escala local.

GRÀFICA I. — Potencials d'oxidació del medi terrestre en funció del temps.



CANVIS "ARTIFICIALS" DEL MEDI

A causa de l'activitat humana ha tingut lloc en els darrers cent anys un augment progressiu del contingut en diòxid de carboni en l'atmosfera.³² El poder tamponador de l'oceà ha estat incapaç (per la seva lentitud) d'equilibrar l'augment de producció i un 40-50 % del diòxid de carboni produït per l'home ha restat en l'atmosfera; el seu augment acumulatiu des de 1850 fins a 1978 fou d'un 10 %. A causa l'increment en els darrers anys (3 ppm/any actualment) s'estima un augment en la temperatura mitjana de 0.79 °C, en absència d'altres factors compensatoris.

La tendència a l'escalfament que tingué lloc des de la meitat del segle XIX va canviar el 1940. Des d'aleshores la temperatura mitjana mundial està baixant i el contingut en diòxid de carboni ha continuat augmentant. Això podria ser degut a l'augment de partícules en suspensió en l'atmosfera, les quals provoquen l'augment de l'albedo; hi pot contribuir també la desforestació de zones molt extenses (cas del Brasil, per exemple).

En l'hemisferi sud ha augmentat significativament el contingut de plom i zinc en l'atmosfera des del principi de la revolució industrial, però podria ser degut a fenòmens naturals, exceptuant la crema de boscos.

S'ha observat també l'augment de radioactivitat, especialment abans de la prohibició de proves nuclears atmosfèriques (1963). Actualment, el nivell de radioactivitat és del 50 % superior al nivell natural (1950). També s'ha detectat l'augment del diòxid de sofre, del qual s'observa una partició molt desigual; en l'hemisferi sud només hi ha hagut un 6-7 % de l'augment total; en el nord s'observa en forma de sulfats en l'atmosfera.

Quant a la variació de concentració de la capa d'ozó es preveu una disminució d'un 6-14 % en els pròxims anys. És coneguda la ubiqüitat d'alguns insecticides (DDT, TCDD) i la perillositat de molts d'ells (derivats de fòsfor, halogenats, arsenicals, etc.).

A escala local, els canvis que han tingut lloc han arribat en alguns casos a ser molt acusats. En valor mitjà s'accepten com a típiques les dades resumides en la Taula III.

TAULA 3. — Concentracions típiques de contaminants de l'atmosfera a 1 atm i 25 °C.

Substància	Concentracions en atmosfera	
	contaminada	"normal"
monòxid de carboni	200-200 ppm	0.1 ppm
òxid nítric	1-15	traces
hidrocarburs saturats	20-60	traces
alquens	2-6	traces
productes aromàtics	10-30	traces
aldehids	5-25	traces
oxidants	8-44	0.5 ppm

En un estudi més complet caldria considerar no solament els canvis de tipus físic o químic, sinó també canvis de l'entorn biològic (variació d'espècies vegetals i animals) i en el cas de l'home, canvis en l'entorn cultural.

EVOLUCIÓ I AUGMENT DE POBLACIÓ

Tota espècie està en situació d'augmentar el nombre dels seus individus en progressió geomètrica en condicions adequades. La probabilitat estadística de supervivència dels individus o del grup depèn (a part els possibles accidents) del grau d'adaptabilitat al medi en el qual viuen.

Les adaptacions a llarg termini impliquen un equilibri en relació amb els recursos d'un entorn particular. Hi ha una quantitat de població màxima i òptima basat en la "capacitat" o "càrrega útil" del medi. Aquesta capacitat és el nombre màxim d'organismes d'una espècie que poden utilitzar un medi sense degradar-lo. Per a les poblacions humanes aquesta "càrrega útil" és funció de factors del medi i de la tecnologia. Quan una població comença a sobrepassar aquesta "càrrega útil" pot passar el següent: ³³

- la població s'estabilitza
- la població degrada el medi i n'abaixa la capacitat
- la població augmenta la "càrrega útil" mitjançant millores tecnològiques i socials.

Tenim un exemple de l'explosió demogràfica, la qual ha tingut lloc gràcies als progressos de la Medicina i la Higiene social. Una altra millora en aquest sentit pot ser un aprofitament més racional de l'energia disponible.

Qualsevol espècie que es trobi pitjor adaptada al seu hàbitat que les espècies confrontants d'un ecosistema, minva el nombre dels seus individus en tant que augmenta la població d'aquestes espècies confrontants; una població que redueixi així el seu nombre (per pressió del medi), la selecció natural afavoreix l'adaptació de l'espècie a aquest medi (fa progressar evolutivament aquesta espècie). A l'inrevés, en les espècies confrontants l'augment de població (nombre creixent d'individus mal adaptats) tendeix a frenar el procés evolutiu i fins i tot pot canviar de signe.

Un augment excessiu de la població o una gran densitat de població provoca un *stress* excessiu, el qual és causa d'una mortalitat alta i esterilitat parcial o total.³⁴ La sola densitat és suficient per a provocar una disminució de la taxa de natalitat, fins i tot si hi ha excés d'aliments, això implica una regulació de la taxa de creixement de les poblacions.

En el cas de l'home, l'augment de densitat porta a una hiperurbanització, o dit d'altra manera, el fenomen urbà constitueix en ell mateix una dada complexa en la qual intervenen factors socio-econòmics, nutritius, culturals, familiars, etc.; resulta difícil, doncs, aïllar l'efecte de densitat en si.

Algunes malalties estan relacionades amb la densitat de població.³⁵ En els països de densitat elevada les causes principals de mort són càncer, bronquitis i úlcers, mentre que en els països de densitat baixa són tuberculosi, hemorràgia cerebral i accidents (diferents dels de circulació). La densitat elevada no augmenta la taxa de mortalitat global, mentre que les malalties com càncer de pulmó i bronquitis són més aviat el resultat de contaminació del medi i no de la densitat.

EVOLUCIÓ HUMANA I CÀRREGA GENÈTICA

En els mamífers i en l'home la selecció natural és més estàtica en relació amb altres espècies, ja que la comparació de les seqüències d'aminoàcids en moltes proteïnes, per exemple, l'hemoglobina, ha revelat llur identitat quasi completa entre el ximpanzé i l'home, per exemple. Dit d'altra manera, el paper conservador de la selecció natural ha estat molt destacat en la línia dels homínids.⁵

En la població humana s'ha observat que ha estat augmentant la taxa de mutació i minvant la taxa de selecció, per tant ha augmentat la *càrrega genètica*.² Posem per exemple les radiacions d'alta energia. Totes les diverses formes d'aquestes radiacions (penetrants o ionitzants, des dels raigs X als raigs gamma; probablement també els raigs còsmics) augmenten les freqüències de les mutacions de tots els organismes experimentats; no s'observa cap valor lliandar o mínim. La radiació d'origen natural (raigs còsmics i radioactivitat del sòl) té un valor en 30 anys (una generació humana) d'uns 3 rem (0.1 rem/any; rem = roentgen equivalent man = 0.01 J/kg). L'exposició a altres fonts³⁶ [raigs X en Medicina (55 mrem/any/persona)]³⁷ poden estimar-se grollerament en 0.1 rem/any.² De manera que l'home ha duplicat la intensitat de les radiacions a què són exposats els seus gens. No hi ha dubte que aquest augment de la taxa de mutació és una conseqüència indesitjada del desenvolupament d'aquest segle.

Segons alguns biòlegs la taxa de mutació augmenta no solament amb les radiacions, sinó també amb les drogues que tots prenem en l'actual era química. Per exemple, són mutàgens químics la ciclohexilamina (producte de degradació del ciclamat) i l'àcid nítrós (que prové dels aliments).

A més, l'eliminació de mutants ineptes de les poblacions humanes no és tan ràpida i efectiva com havia estat abans (minva la taxa de selecció), a causa del mateix progrés de la Medicina. Un exemple pot ser el següent: suposem que una determinada malaltia hereditària, que obeeix a un gen mutant dominant, redueix l'aptitud darwiniana del seu portador a la meitat del que és normal; és a dir, a l'extensió d'aquesta malaltia s'oposa una selecció natural amb el *coeficient de selecció* $s = 0.5$. La freqüència d'equilibri d'un gen mutant dominant és igual a u/s , i per a aquesta malaltia és, $p = u/0.5 = 2u$. Suposem ara que amb l'ajut de la medicina, l'aptitud ha augmentat a 0.9 del normal, per tant tenim que el coeficient de selecció ara val $s = 0.1$, i la freqüència $p = u/0.1 = 10u$. La malaltia serà, doncs, cinc cops més freqüent que abans que la Medicina ajudés a les víctimes.

Ja hem vist que un dels efectes negatius del medi és l'augment de la *mortalitat*. Altres causes que contribueixen a aquest augment són la presència de fums i diòxid de sofre, els quals provoquen malalties pulmonars, bronquitis, malalties coronàries (miocarditis), entre altres menys freqüents. Només considerem un altre factor d'entre els més importants relacionats amb el medi i l'home; es tracta del pes estadístic de les *morts entre 1 i 14 anys*. Un cas investigat recentment³⁸ és el relacionat amb la síndrome de mort infantil sobtada (SIDS o *cot death*), la qual és el resultat d'un *stress* lleuger (infecció, un àpat perdut, calor o fred excessiu o un canvi d'ambient).

ÍNDIXS DE PROBABILITAT DE SELECCIÓ

S'ha remarcat² que, malgrat els canvis del medi indicats anteriorment, resulta impossible determinar les taxes de mutació espontànies, degudes al medi "natural", o les provocades, degudes als canvis del medi. Tampoc no podem afirmar amb plena seguretat que les mutacions de cèl·lules germinals o somàtiques de l'home siguin degudes a l'acció de substàncies químiques del medi. Això no obstant, cal indicar la presència dels següents problemes potencialment greus:

- en el laboratori alguns medicaments indueixen mutacions *in vivo* en mamífers i en cèl·lules somàtiques de l'home;
- s'observen anomalies cromosòmiques en els avortaments espontanis i en nadons, tot i que s'ignora quin paper hi juguen les substàncies químiques;
- en el medi humà va augmentant l'ús de substàncies químiques capaces de reaccionar amb els àcids nucleics.

Si l'augment de la taxa de mutació provocada fos realment un fet, caldria, amb més motiu, que la taxa de selecció també augmentés per tal que la càrrega genètica es mantingués constant o minvés. Per tal de fer una anàlisi quantitativa de l'esperança (o possibilitat) que tingui lloc la selecció en una extensió adequada, s'ha proposat³⁹ un índex de selecció:

$$I = \frac{V}{\bar{x}^2}$$

on V és la variància del nombre d'infants nascuts per dona (incloses les no casades) d'una població; $\bar{x}$ és el nombre mitjà d'aquests infants. Com més gran sigui l'índex de selecció I , més gran serà l'esperança que actuï la selecció. S'ha demostrat la relació

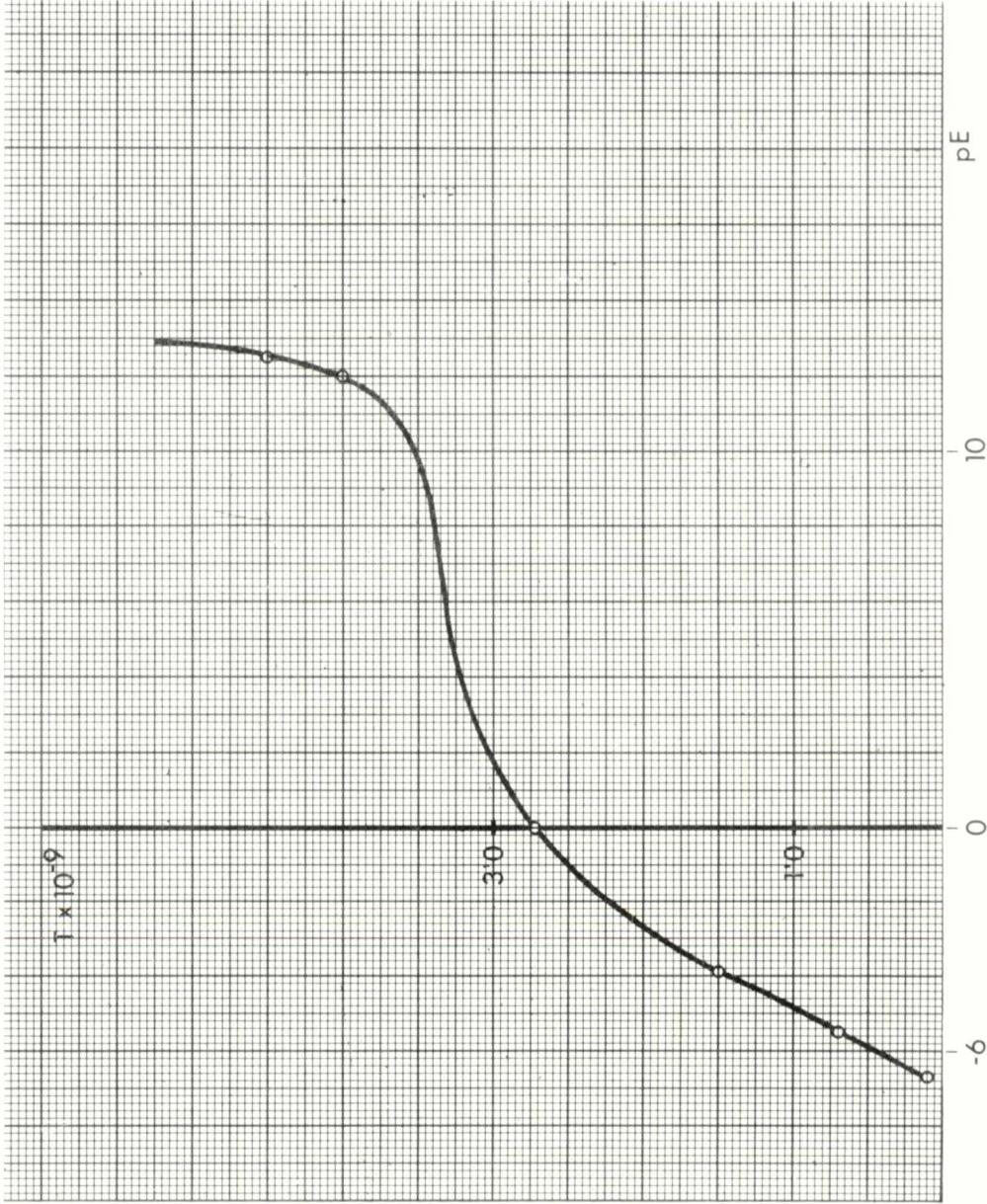
$$I = I_m + \frac{1}{p_s} I_f$$

on I_m , fa referència a la mortalitat i és el quocient entre el nombre d'infants que no sobreviuen, p_d , i els que arriben a la maduresa, p_s ; o sigui, $I_m = p_d/p_s$; I_f és l'índex de variació de fertilitat, és a dir, les variacions entre diferents parees del nombre de llurs fills; s'expressa pel quocient,

$$I_f = \frac{V_f}{\bar{x}_s^2}$$

on V_f és la variància del nombre d'infants nascuts d'una dona que viuen fins la maduresa, i $\bar{x}_s$ és el nombre mitjà d'infants per sobreviscut. ¿Quin dels dos factors, una mortalitat alta o una variabilitat elevada de la fertilitat, té més in-

GRÀFICA II. — Índexs de variació de fertilitat, I_r , en funció de la fertilitat, x , segons las dades de la Taula IV.



fluència en el valor total de l'índex de selecció? S'ha comprovat estadísticament que l'índex de variació de fertilitat, I_f , augmenta quan la fertilitat (nombre mitjà de fills) decreix (Taula IV). El motiu és que les variàncies del nombre d'infants

TAULA 4. — Relació entre l'índex de variació de fertilitat amb la mitjana de fills per família en diverses poblacions.

	$\bar{x}$	I_f
Quebec no urbà	9.9	0.20
Costa d'Or	6.5	0.23
Nova Galles del Sud	6.2	0.42
Estats Units d'Amèrica, nascuts el 1839.	5.5	0.23
Id. vivents a 1910	3.9	0.78
Id. vivents a 1950	2.3	1.14
Navahos	2.1	1.57
Òrrius (Maresme)	1.9	1.68

nascuts d'una dona que viuen fins la maduresa (V_f) no augmenta tan de pressa com els quadrats dels valors mitjans de tots els infants nascuts ($\bar{x}$), o dit d'altra manera, que l'índex de variació de fertilitat (I_f) augmenta en poblacions amb pocs fills ($\bar{x}$ petit). Això ho podem veure en l'exemple de la Taula V on $\bar{x}$ baixa de

TAULA 5. — Valors de l'índex de selecció i els seus components en diverses poblacions.

Població	I_m	I_f	I_f/p_d	I
Estats Units d'Amèrica 1910.	0.11	0.78	0.87	0.98
	1.00	0.78	1.57	2.57
Ídem 1950	0.11	1.14	1.27	1.38
	1.00	1.14	2.28	3.29
Òrrius 1980	0.15	1.68	1.91	2.06

3.9 a 1910 a 2.3 a 1950 mentre que I_f augmenta quasi en un 60 %. De la reducció de la mortalitat infantil (p_d petit, per tant I_m petit) no se'n pot deduir un grau de selecció natural determinat, depèn dels valors d' I_f . En general, on neixen pocs infants per família, dels quals en sobreviuen una gran part (I_f alt), resulta un índex de selecció (I) alt. Amb l'eliminació total de la mortalitat infantil ($p_d = 0$) la selecció natural actuaria influint en la probabilitat de casar-se o en el desig o possibilitat de tenir fills (variacions d' I_f).

Seria interessant fer l'estudi estadístic a fi de calcular l'índex de selecció d'una població com més nombrosa millor (Països Catalans, Catalunya, Barcelona) i veure si es poden apreciar diferències en aquest valor. La interpretació de les causes d'aquestes diferències (densitat de població, contaminació, cultura, sector econòmic) seria un problema a esbrinar posteriorment.

EVOLUCIÓ HUMANA I CULTURA

Entenem per cultura tot aquell conjunt complex que comprèn el saber, les creences, l'art, la moral, la llei, el costum i tota altra mena d'habilitat i hàbit, els quals són aconseguits pels homes com a membres de la societat. Per tant, no és una herència biològica. L'evolució de la cultura és unilínear, és a dir, totes les cultures passen, necessàriament, per etapes de desenvolupament anàlogues (salvatgisme, barbarisme, civilització). Aquests passos són caracteritzats de la millor manera ² per l'eficiència en què s'aprofiten les *fonts energètiques* del medi.

La cultura ha substituït àmpliament l'evolució somàtica.⁴⁰ S'han reconegut els següents canvis somàtics conduents a la cultura: la visió acomodativa, la locomoció bipèdica, la manipulació, la dieta carnívora-omnívora, el control cortical del comportament sexual, la comunicació oral i l'expansió de les zones d'associació en el còrtex cerebral.

El procés d'adaptació en l'home és en gran part cultural;³³ el paper del medi és selectiu, és a dir, la variació de comportament que es produeix a nivell dels individus ha de respondre a les exigències del medi per tal que una població humana pugui sobreviure. A l'engròs, l'espècie millora la seva capacitat de convertir l'energia del medi en organismes adaptats.

En l'evolució humana s'observa una expansió cerebral sense precedents ⁴¹ que va permetre l'aparició del llenguatge (potser amb l'*Homo habilis*) imprescindible per a la comunicació cultural. La transmissió cultural fou un mecanisme que facilità la supervivència de la descendència. La cultura humana es transmet per mecanismes d'herència social, és a dir, l'ensenyament, i no per mecanismes d'herència genètica. L'evolució genètica és lenta, en canvi l'evolució social és sovint molt més ràpida.

Els cervells actuals devoren el 25-33 % de la glucosa del cos tot i que representa només el 2.5 % del pes del darrer. Per atendre aquestes necessitats fou necessari obtenir uns instruments millors i una millor organització social, que van possibilitar l'obtenció i la preparació dels aliments.

Si cal admetre que l'home està controlat pel seu medi, cal dir igualment que és ell qui en gran part participa en la realització d'aquest medi.⁴² És a ell a qui toca establir les condicions responsables del seu comportament futur.

CONCLUSIONS

1. Una característica del medi és al seu poder oxidant, del qual podem quantificar i observar la variació durant la història de la Terra. Aquesta variació fou especialment ràpida entre fa mil i dos mil milions d'anys (Proterozoic). Actualment s'acosta a un valor límit.

2. La concentració d'oxigen en el medi atmosfèric en augment progressiu va tenir diversos efectes biològics, com per exemple, l'explosió de la vida marina fa 800 milions d'anys i l'aparició d'una proteïna transportadora d'oxigen (hemoglobina en els vertebrats).

3. L'estudi de l'ús de l'energia disponible en el medi pels organismes, el

qual només s'insinua en aquest treball, forneix un paràmetre molt interessant per a l'estudi de tota l'evolució biològica, inclòs l'home. Aquest aprofitament de l'energia es relaciona amb la càrrega útil del medi i, en el cas de l'home, amb el seu desenvolupament cultural.

4. L'augment de càrrega genètica que sofreix l'home a causa del deteriorament del medi (densitat de població, contaminació, etc.) l'obliga a efectuar canvis culturals (socials i tecnològics) els quals actuaran com a pressió de selecció. La conseqüència serà l'adaptació i posteriorment s'arribarà a una estabilització del creixement.

5. Entenc que el gran salt endavant, que alhora provocaria la desaparició de la humanitat com avui l'entendem, pot venir de l'aplicació de l'enginyeria genètica aplicada a l'home (macromutació artificial).

6. L'esperança o probabilitat de selecció en l'home pot estudiar-se quantitativament, tot comparant els diferents valors corresponents a poblacions diverses podem deduir les possibles causes, com el medi contaminat, la densitat de població (hiperurbanització), les diferències culturals, econòmiques, etc.

7. Els resultats d'aquests estudis quantitius que resten per fer poden ser prou significatius per a fer aconsellable tenir-los en compte en política sanitària, econòmica, energètica, ordenació del territori.

Apèndix

Dades estadístiques pel càlcul de l'índex de selecció.

Població: Òrrius (Maresme), 1980.

$$\bar{x} = \frac{118}{62} = 1.90 \quad \bar{x}_s = \frac{118}{103} = 1.14$$

$$I_m = \frac{p_d}{p_s} = \frac{15/118}{103/118} = \frac{0.127}{0.873} = 0.146$$

Càlcul d' I_r :

Nombre de fills sobreviscuts	freqüències	$x_i - \bar{x}_s$	$(x_i - \bar{x}_s)^2$	$(x_i - \bar{x}_s)^2 P_p$
0	14	— 1.14	1.30	18.20
1	18	— 0.14	0.19	3.42
2	16	0.86	0.74	11.84
3	7	1.86	3.46	24.22
4	4	2.86	8.18	32.72
5	3	3.86	14.90	44.70
	62			135.10

$$V_r = \frac{135.10}{62} = 2.18$$

$$I_r = \frac{2.18}{1.14^2} = 1.68$$

BIBLIOGRAFIA

1. S. LÖVTRUP, *Recherche* 1977, 8, 642.
2. T. DOBZHANSKY, *Dynamik der menschlichen Evolution*, Fischer, 1965.
3. J. DAVID, *Recherche* 1978, 9, 482.
4. E. LANGE, *Wiss. Fortsch.* 1976, 3, 109.
5. S. OHNO, *Recherche* 1980, 11, 4.
6. P. THUILLIER, *Recherche* 1979, 10, 302.
7. C. S. COON, *Recherche* 1978, 9, 438.
8. M. KIMURA, *Nature* 1968, 217, 624.
9. M. KIMURA, *Scientia* 1977, 112, 687.
10. J. L. KING i T. H. JUKES, *Science* 1969, 164, 788.
11. A. DAMBLY, *Recherche* 1977, 8, 84.
12. J. de GROUCHY, *Recherche* 1974, 5, 325.
13. J. TONNELAT, *Recherche* 1979, 10, 614.
14. P. TEILHARD DE CHARDIN, *El fenomen humà*, Edicions 62, Barcelona, 1965.
15. D. BOUANCHAUD, *Recherche* 1973, 4, 172.
16. Y. ALPERT, *Recherche* 1980, 11, 338.
17. L. G. SILLÉN, *Arkiv Kemi* 1965, 24, 431.
18. E. BOUREAU, *Recherche* 1976, 7, 541.
19. H. D. HOLLAND, a *Petrologic Studies*, A. E. ENGEL, H. L. JAMES, B. F. LEONARD, eds., Geological Soc. Amer., Denver, 1962.
20. L. G. SILLÉN, *Arkiv Kemi* 1965, 25, 159.
21. M. SCHIDLowski, R. EICHMANN i C. E. JUNGE, *Precambrian Res.* 1975, 2, 1.
22. N. W. GABEL, a *Progress in Molecular and Subcellular Biology*, Springer, Heidelberg, 1977, pp. 145-172.
23. S. L. MILLER i H. C. UREY, *Science* 1959, 130, 245.
24. E. BRODA, *The Evolution of Bioenergetic Processes*, Pergamon, Oxford, 1975.
25. J. W. VALENTINE, *Recherche* 1980, 11, 666.
26. S. P. S. ANDREW, *Chem. Britain* 1979, 19, 580.
27. M. G. RUTTEN, *Space Life Sci.* 1970, 1, 1.
28. L. MARGULIS, a *Chemical Evolution and the Origin of Life*, R. DUVET i C. PONNAMPERUMA, eds., North-Holland, 1971, vol. 1, pp. 480-484.
29. A. L. LEHNINGER, *Bioquímica*, Omega, Barcelona, 1972.
30. Ph. Janvier, *Recherche* 1979, 10, 84.
31. R. BAUCHOT i R. PLATEL, *Recherche* 1973, 4, 1069.
32. J. M. ROQUÉ, *Jorn. Catalanas Contaminación Aire y Aguas*, Asoc. Nac. Quím., Barcelona, 1980, tom I, pp. 37-46.
33. A. ALLAND, Jr., *Recherche* 1975, 6, 548.
34. J. P. DESPORTES, *Recherche* 1972, 3, 382.
35. J. P. DESPORTES, *Recherche* 1973, 4, 1113.
36. Verband Chemischen Industrie, "Umwelt und Chemie von A-Z", Herder, Freiburg, 1975.
37. J. LEGAULT-DEMASE, *Recherche* 1973, 4, 169.
38. A. R. JOHNSON, R. L. HOOD i L. EMERY, *Nature* 1980, 285, 159.
39. J. F. CROW, a *Natural Selection in Man*, J. N. SPUHLER, ed., Wayne State Univ., Press, Detroit, 1958.
40. J. N. SPUHLER, *Human Biol.* 1959, 31, 1.
41. Ph. V. TOBIAS, *Recherche* 1980, 11, 282.
42. B. F. SKINNER, *Analyse expérimentale du comportement*, Dessart, Bruxelles, 1971.