

## ASPECTES ADAPTATIUS DE L'EVOLUCIÓ HUMANA

per JOSEP PONS

L'anàlisi del polimorfisme de l'espècie humana posa de manifest que hi ha una variabilitat deguda a l'acció de factors indeterminístics. Però també és cert que la variabilitat de moltes característiques és de natura adaptativa.

Sobre aquest particular, convé de tenir present que en la persistència o expansió d'un grup humà juguen d'una manera important les particularitats de l'ambient. Ecologia, en el seu sentit més ampli, significa precisament l'interrelació dinàmica de la població amb el seu ambient total. Les variacions necessàries perquè una població pugui sobreviure en un determinat hàbitat reben el nom d'adaptacions. L'adaptabilitat podem considerar-la per a cada individu en particular o bé per a tota la població considerada en conjunt.

En els fenòmens d'adaptació convé distingir dos aspectes: d'un cantó, els canvis en les activitats corporals i socials, necessaris per a acomodar-se a les exigències de l'ambient; d'un altre, el mateix ambient és canviat (en el seus components vius i inanimats) per acostar-lo a les necessitats de l'organisme. Convé dir, doncs, que amb la paraula «ambient» s'entén la totalitat de les circumstàncies en què es troba la comunitat, tant les naturals com les que resulten quan aquestes són més o menys substituïdes per un medi domesticat o industrialitzat.

En el seu sentit més ampli, l'adaptació biològica comprèn el conjunt de processos bioquímics, fisiològics i genètics necessaris per a acomodar-se a les particularitats del medi. Afecta naturalment els aspectes funcionals i les estructures de què depenen aquestes funcions. Els fenòmens adaptatius apareixen en els grans esdeveniments evolutius, durant el creixement de l'individu i com a conseqüència de variacions ambientals de curta durada.

L'adaptació biològica implica la seva antítesi. És a dir, que si una manera de funcionar és adaptativa, una altra ho és menys o no ho és gens en les mateixes circumstàncies. D'aquí surt la idea de la selecció adapta-

tiva, o sigui, la selecció natural dels individus millor adaptats i l'extinció dels menys aptes, per fertilitat reduïda o bé per mort prematura. Així doncs, per l'efecte sobre cada individu, l'ambient influeix sobre la direcció i magnitud de l'evolució, i per aquest motiu la selecció natural pot ésser considerada com un factor creador i oportunistic en explorar noves vies evolutives que forneixen la mutació a l'atzar, la deriva genètica i la recombinació gènica en la reproducció sexual.

Les relacions entre les característiques anatòmiques i funcionals, d'una banda, i les diferències ambientals, d'una altra, no són fàcils d'establir. Com més diferents siguin els individus o poblacions, més fàcilment podrem trobar aquestes relacions. Dissortadament, en molts aspectes, els pobles d'avui dia són tan similars que és difícil de relacionar les diferències estructurals amb les diferents característiques ambientals. No obstant això, són coneguts molts aspectes adaptatius que expliquen algunes de les particularitats morfològiques i fisiològiques de l'home.

De fet els fenòmens adaptatius es presenten en tres nivells. El primer correspon a la selecció natural, durant generacions successives, dels genotips d'una població que mostren una millor adequació biològica respecte al medi en què els toca viure. El segon fa referència a les adaptacions que tenen lloc durant el creixement; es tracta de variacions fenotípiques generalment permanents després del creixement, i hom usa el nom de plasticitat per a distingir-les de les primeres. El tercer nivell és constituït per la capacitat d'aclimatació als petits canvis de curta durada, i és de natura reversible.

Adaptació, plasticitat i aclimatació actuen conjuntament o, més ben dit, d'una manera transgressiva. Com més gran sigui la plasticitat i la capacitat d'aclimatació adquirides, menys necessària serà la modificació genètica de la població per selecció natural. Naturalment que la capacitat d'aclimatació i la plasticitat han estat presumiblement seleccionades.

Convé afegir que, si bé es cert que en molts casos es presenta l'adaptació a un determinat ambient, en altres és l'home el que, per mitjà d'una migració selectiva, va en cerca d'un hàbitat que considera més convenient o més atractiu.

Com que aquí no podem fer una exposició exhaustiva de tot el fenomen adaptatiu, considerarem solament la influència d'una característica climàtica, l'adaptació al fred i a la calor i, en segon lloc, la migració del camp a la ciutat.

## ADAPTACIÓ AL FRED I A LA CALOR

Es tracta d'un fenomen molt complex, puix que, juntament amb l'acció de l'ambient climàtic natural, hi actuen factors culturals que interfereixen amb el primer. En efecte, l'obtenció de vestits, foc i habitatges són aspectes culturals que permeten de disminuir les inclemències de l'ambient natural.

Com és ben sabut, l'home és un animal homeoterm que manté una temperatura del cos al voltant dels  $37^{\circ}$ . Una resposta homeotèrmica és que, quan fa fred, disminueix la circulació perifèrica. Si bé és cert que també es perd calor en la respiració, la pèrdua més important és a través de la pell. Per tant, la superfície de la pell és important en tractar de la pèrdua de calor (se sobreentén la superfície corporal relativa a la massa total del cos).

En els animals homeotermes han estat establertes lleis que relacionen la pèrdua de calor amb la massa i forma del cos. Aquestes lleis es basen en el fet que en variar la grandària del cos, la superfície varia segons els quadrats, i el volum segons els cubs, de les dimensions lineals. D'acord amb això, la regla de Bergmann diu que, dels cossos de la mateixa forma, els més grans tenen menys superfície relativa; per consegüent, els animals que s'adaptin al fred tendiran a ésser més grans, puix que en ells la relació de superfície (agent que difundeix calor) a massa del cos (agent que produeix calor) és més petita.

Al mateix temps, la regla d'Allen diu que les extremitats curtes disminueixen la relació de superfície a massa, i per aquest motiu les formes adaptades al fred tenen les extremitats més curtes.

NEWMAN (1961)<sup>5</sup> aplica aquestes lleis a l'home i assenjala que la grandària general del cos, mesurada pel pes i també per l'estatura, es troba en correlació positiva amb el clima (especialment amb la temperatura del mes més fred). Considerant grans àrees de l'hemisferi Nord, com Xina, Europa i Estats Units, hom comprova un gradient que va, en general, de formes més grans en el nord a formes més petites en el sud.

Cal esmentar que hi ha excepcions a la regla de Bergmann; per exemple, els esquimals són petits, però rodanxons i d'extremitats curtes. Alguns pobles de l'Àfrica oriental han d'ésser també considerats aquí. Són alts però prims, i d'extremitats extraordinàriament llargues. La gran estatura dels watusi, per exemple, és una notable excepció a la llei de Bergmann; BAKER (1960)<sup>1</sup> pensa que pot haver-hi influït el fet que, essent una casta dominant, estaven menys subjectes a la tensió del treball i de la calor. Aquestes excepcions no ens han d'estranyar si tenim en compte

la complexitat de les interaccions entre els diferents factors ecològics i altres elements que intervenen en la fenogènesi. D'altra banda convé tenir present que no sempre una població es troba en el lloc on es diferencià, sinó que les migracions poden haver-la desplaçada a una àrea molt distant.

Deixant a part aquestes particularitats, ROBERTS (1953) <sup>6</sup> ha demostrat que la relació entre el pes i el clima es compleix a escala mundial; així comprova que en la regressió del pes sobre la temperatura mitjana anual, el pes disminueix en augmentar la temperatura. Igualment demostra ROBERTS que la regressió de l'altura relativa del tronc (altura del tronc/estatura) disminueix quan augmenta la temperatura mitjana, és a dir, que es troben cames relativament més llargues en els climes càlids. SCHREIDER (1950, 1951) <sup>7</sup> de manera semblant indica que la relació de pes a superfície del cos disminueix en augmentar la temperatura. NEWMAN (1961) <sup>8</sup> conclou finalment que la temperatura ambiental explica pràcticament el 80 % de la variança de la massa mitjana del cos de diferents poblacions de tot el món combinada adequadament amb l'estatura.

La forma del nas sembla també adaptada a les condicions climàtiques. A un clima càlid i humit, correspon el nas ample, potser per a facilitar el pas d l'aire als pulmons. Inversament, el clima fred és acompanyat d'una contracció de les formes nasals per tal d'impedir l'entrada excessiva d'aire fred. És ben cert que el prognatisme i la forma de l'arc dentari compliquen la interpretació del fenomen, però els coeficients de correlació calculats entre l'índex nasal i el clima són fora de dubte, tant si hom considera la temperatura ambiental com la pressió de vapor de l'aire, però els valors més alts dels coeficients de correlació són obtinguts respecte a la pressió de vapor. Això explicaria per què la forma estreta del nas es troba en deserts calents i freds però ambdós d'aire molt sec. És sabut que la vitalitat i activitat de l'epiteli ciliar del tracte respiratori es redueix més per la sequedat de l'aire que per les temperatures altes o baixes. Convé d'assenyalar que, com és lògic, hi ha excepcions degudes tant a les raons de morfologia facial abans indicades, com a migracions més o menys recents, ja que cal suposar que la pressió selectiva determinada per la morfologia nasal ha d'ésser força baixa. Dels diferents pobles mongoloides, els esquimals són els de nas més estret.

Quan passem a l'extrem oposat de l'escala tèrmica, es presenten els fenòmens adaptatius a la calor excessiva. Convé de distingir dos tipus de calor: la calor humida i la calor seca.

En un lloc calorós, d'humitat alta amb il·luminació solar no excessiva i on hom treballi durament, es posa en tensió el sistema de regulació tèrmica de l'individu. Després d'una setmana d'aclimatació en aquest ambient millora la tolerància per mitjà d'un augment de la sudació i una disminució de la tensió cardiovascular (WEINER, 1964) <sup>9</sup>.

La majoria dels primats viuen en aquests ambients de selva tropical. En opinió de molts, avantpassats de l'home visqueren durant un cert període en una zona calenta i humida amb poc moviment de l'aire i reduïda acció solar directa. En aquestes circumstàncies la calor és ben tolerada durant el descans, però el treball intens produeix la tensió funcional ja esmentada.

A les regions més seques i obertes, de latitud baixa, on és possible que en un període posterior els progenitors de l'home desenvolupessin la posició erecta i l'economia de caçadors i recollectors, la suor s'evapora més fàcilment, però la llum solar que actua sobre l'home i sobre els objectes que l'envolten constitueix una severa càrrega de calor radiant en la problemàtica de l'adaptació a la calor.

En aquestes circumstàncies la sudació és molt important i la postura erecta redueix la superfície directament exposada a la llum solar, en comparació amb els quadrúpedes. Si el cabell, almenys el llarg i rígid, pot haver estat una protecció contra la calor, és naturalment qüestionable. En tot cas, la nuesa del cos, més que una avantatge com alguns antropòlegs han assenyalat equivocadament, degué ésser més aviat una dificultat per a adaptar-se a la vida desèrtica, fins que l'home trobà un accés més fàcil a l'aigua per mitjà de recipients o es cobrí amb algun tipus de vestimenta. Convé tenir present que l'home no pot beure molta aigua d'un cop, però en una hora pot suar més que qualsevol altre mamífer dels que han pogut ésser estudiats en aquest sentit. Abans que l'home aprengué a transportar aigua amb ell, l'ocupació humana dels espais oberts i de la sabana féu necessari de trobar la manera de poder beure aigua amb freqüència.

D'una manera general hem de recalcar que l'absorció i pèrdua de calor en l'espècie humana és un fenomen de superfície. Però la investigació de possibles diferències entre les poblacions cal centrar-la no solament en la superfície de la pell sinó també en la natura de les seves estructures: pigments, pèl, glàndules sudorípares, etc.

La qüestió del pigment no és senzilla. Els habitants de les zones equatorials són de pell fosca. Així s'esdevé a Melanèsia, sud de l'Índia i Àfrica, tot i que pels altres caràcters biològics les gents d'aquestes zones són molt diferents. El color semblant de la pell és conseqüència d'una acció adaptativa comuna, més que no pas d'un origen comú.

No està pas totalment aclarit per què la pell fosca és adaptativa en els climes calorosos. Si bé és cert que la pell clara reflecteix millor la calor radiant, la pell fosca protegeix millor el cos. Entre altres aspectes assenyalarem que la pell fosca inhibeix les cremades pel sol i aquestes interfeixen la resposta de sudació. La pell fosca protegeix contra una excessiva radiació ultraviolada. En les zones geogràfiques amb molt de sol a

l'estiu i poc a l'hivern, la capacitat de variar de pigmentació segons el grau d'acció solar és més adaptativa que no pas tenir una quantitat constant de pigment. Ha estat comprovat que aquesta capacitat varia considerablement d'unes persones a unes altres.

El principal pigment de la pell és la melanina, i el control de la seva producció és evidentment poligenètic. LIVINGSTONE (1969)<sup>4</sup>, mitjançant l'ús de computadors i admetent un cert avantatge selectiu, calcula la distribució teòrica de la pigmentació en anar de nord a sud a Europa, Orient Pròxim i Africa. Els seus resultats són concordants amb la realitat, és a dir, amb la pigmentació general i amb els fenòmens migratoris més recents. La baixa taxa selectiva suposada explica que, després d'uns centenars d'anys, els europeus dels tròpics siguin encara de pell clara, i foscos els negres dels Estats Units. Però després d'alguns mil·lenis els amerindis dels tròpics són lleugerament més foscos que els d'Amèrica del Nord.

El paper del pèl en la tolerància de la calor és difícil d'establir. Com ja hem indicat, potser la retenció del cabell estigui relacionada amb el fet que el cap és la part del cos més exposada al sol del migdia, però resta sense aclarir la influència dels diferents colors i formes dels cabells. Essencialment res no se sap referent a l'època que els progenitors de l'home comencen a tenir el cos sense pèl i si això s'anticipa a l'ús de vestits i capells.

Respecte a les glàndules sudorícoles, hem de dir que hom creia que els negres en tenien més que els blancs o bé que eren més eficients. Re-comptes acurats demostren que no és pas així. L'única diferència coneguda és que els individus obesos tenen menys glàndules per unitat de superfície de pell que els prims. Les persones de diferent tipus constitucional semblen tenir el mateix nombre total de glàndules (KNIP, 1969)<sup>2</sup>.

#### CIUTAT I CAMP

La humanitat no es troba uniformement repartida sobre la superfície de la terra. Els factors geogràfics són, en molts casos, responsables d'aquesta manca d'uniformitat. Però, a part d'ells, altres factors determinen una diferenciació dins la col·lectivitat humana. Ens referim a la diferenciació en ciutat i camp. Al camp li correspon essencialment la producció dels mitjans de subsistència, i a la ciutat la producció industrial.

Moltes ciutats es caracteritzen, avui dia, per un creixement intens, produït no tan sols per llur propi excedent de natalitat, sinó principalment per una immigració procedent del camp. Les causes que determinen la migració del camp a la ciutat són diverses. Més aviat hauríem de parlar d'un complex de causes, que aquí no ens correspon de discu-

tir; podem indicar entre les més importants les circumstàncies econòmiques, la major possibilitat de treball en una ciutat, un treball menys dur i més regular, i també les facilitats que ofereix la ciutat per a les activitats intel·lectuals.

Des del punt de vista biològic ens interessa d'assenyalar que, d'una manera general (hi ha naturalment moltes excepcions), es tracta de migracions selectives. Dit d'una altra manera, que les persones que emigren a la ciutat no són una mostra a l'atzar extreta de la població camperola.

Assenyaem, en primer lloc, una certa selecció segons l'edat i el sexe. Semblantment al que s'esdevé en les altres migracions, són els joves principalment en l'edat d'escollir professió els qui amb una major freqüència es desplacen a la ciutat. Per contra, respecte al sexe no hi ha aquesta concordança, puix que, si bé la dona és en general menys mòbil que l'home des del punt de vista migratori, en el cas de les migracions cap a les ciutats els termes resten invertits, possiblement perquè l'economia rural ofereix menys possibilitats per a les tasques femenines, en comparació de les que ofereix a l'home, i per això les dones resten desplaçades passivament. Naturalment, hi ha excepcions a aquest fenomen.

Continuant amb els diferents aspectes d'aquesta migració selectiva, convé afegir que els individus que emigren són, respecte als que resten al camp, persones amb més sensibilitat vegetativa, hormonal i cerebral. Naturalment aquestes diferències són únicament vàlides a nivell estadístic, o sigui que són diferències significatives en els valors mitjans però no a escala individual.

D'acord amb el que acabem de dir i segons investigacions alemanyes i anglo-nord-americanes sembla que les persones amb millors aptituds intel·lectuals emigren en més gran nombre que les menys dotades. És cert que una considerable part dels individus intel·ligents solen restar al camp, però per terme mitjà són els més eixerits i amb esperit més despert els que se senten atrets per la gran ciutat.

Altres observacions que no permeten encara d'establir un quadre definitiu, indiquen que els qui tenen una major capacitat de reacció tenen també un ritme més ràpid de desenvolupament i de creixença; són doncs més alts, amb una major capacitat craniana i emergència dentària més precoç.

\* \* \*

Acabem de veure dos aspectes de la diferenciació humana entre els molts que hauríem pogut considerar. Un d'ells mogut fonamentalment per l'ambient natural climàtic, l'altre conseqüència de l'ambient social. Aquesta exposició no és ni molt menys exhaustiva, sinó solament una

mostra. Voldríem afegir, però, que el fenomen general de l'adaptació humana és molt complex perquè també ho són les interaccions entre els diferents factors que hi intervenen. Pot ocórrer que una bona adaptació genètica en un lloc no continuï quan varien les circumstàncies. Per exemple, és ben conegut que en certes àrees baixes del planeta els heterozigots, per la ciclèmia i talassèmia, tenen més resistència a la malària endèmica que els homozigots de l'allel normal. Però aquesta immunitat no es presenta en els habitants adaptats a les grans altures, ja que els heterozigots poden estar també sotmesos a les crisis hemolítiques. És comprensible que en aquest mitjà no resulti adaptativa qualsevol reducció en la capacitat per a transportar oxigen.

Afegim encara que, a la complexitat natural del fenomen adaptatiu, cal ajuntar-hi la dificultat del seu estudi, puix que per raons òbvies no podem analitzar-lo en l'espècie humana com ho fariem amb animals de laboratori. No és possible l'estudi separat de cada factor amb independència dels altres, ni tampoc disposar de suficient material genèticament uniforme.

Per acabar, direm que l'estudi ampli del procés adaptatiu ens aniria demostrant que d'una banda l'home s'adapta a les circumstàncies ambientals d'acord amb les seves possibilitats evolutives d'índole biològica. Però, alhora, gràcies a la seva cultura, l'home governa cada vegada més les adversitats de l'ambient natural. Aquest ha deixat de tenir la severitat d'altres èpoques. Els perills són ara provocats pel mateix home. Encara que pugui semblar una paradoxa, hem de dir que el pitjor adversari amb què avui dia s'enfronta l'home és la pròpia humanitat.

#### BIBLIOGRAFIA

1. BAKER, P. T. — *Climate, culture and evolution*, «Human Biology», 32, 3-16 (1960).
2. KNIP, A. S. — *Measurement and regional distribution of functioning eccrine sweat glands in male and female caucasians*, «Human Biology», 41, 380-387 (1969).
3. LASKER, G. W. — *Human Biological Adaptability*, «Science», 166, 1480-1486 (1969).
4. LIVINGSTONE, F. B. — *Polygenic models for the evolution of human skin color differences*, «Human Biology», 41, 480-493 (1969).
5. NEWMAN, M. T. — «Ann. N. Y. Acad. Sci.», 91, 617 (1961). Cit. en Lasker (1969).
6. ROBERTS, D. F. — *Body weight, race and climate*, «Amer. J. Phys. Anthrop.», 11, 533-558 (1953).
7. SCHREIDER, E. — «Nature», 165, 286 (1950); «Nature», 167, 823 (1951). Cit. en Lasker (1969).
8. WEINER, J. S. — *Human ecology*, Part V d'«Human Biology», Oxford University Press. (1964).



*DISCUSSIÓ*

*CRUSAFONT*

¿Quina relació pot tenir la llei de Bergmann amb la llei paleontològica de Deperet: augment de talla dels mamífers? Excepte rosegadors, insectívors, dermòpters i quiròpters, tots els altres han augmentat de talla des de llur origen, i no pas per canvi de clima. ¿Hi ha alguna explicació d'aquest fenomen?

*PONS*

El fenomen és complex. L'home ha experimentat un augment d'estatura, independentment del compliment de la llei de Bergmann i Allen a escala mundial. Hom ha parlat d'un fenomen d'heterosi com a causa probable.

*CRUSAFONT*

Hi ha alguna explicació de tipus genètic?

*CATALA*

Hom diu que l'home primitiu tenia la pell fosca perquè havia de fer front a fenòmens climàtics tan adversos. Pot ésser mantingut?

*PONS*

Com era el color de la pell en l'home primitiu, és pura especulació. Igualment com quan deixa de tenir pèl i es fa la nuesa. No se sap.

*MARGALEF*

Pel que fa a la relació entre gradients de mida i augment de mida de moltes sèries paleontològiques, la llei de Bergmann és part d'un fenomen més complex; també existeix en organismes sense regulació tèrmica. Existeixen moltes raons quant a l'augment de mida en sèries filogenètiques. Exemple: gat i rata: a gats més grossos, rates més grosses. Pel sol fet d'ésser més gros, un organisme també té més control del medi intern. Altrament, en molts animals, el nombre de descendents i la protecció d'aquests és major quan l'organisme és més gros. Això és un avantatge que perdura si no hi ha un inconvenient especial que ho talli. Les sargantanes a Eivissa són més grosses i més melàniques: això tal vegada està en relació amb el dèficit de depredadors.

*CRUSAFONT*

La insularitat pot donar gegantisme o nanisme.

*MARGALEF*

A l'illa de Malta, els elefants que hi havia no pogueren persistir-hi per manca de menjar i tingueren un creixement molt lent.

En general podem parlar sobre l'augment de mida, d'una manera estadística, i és molt probable que s'hi puguin trobar raons de tipus genètic.

*PREVOSTI*

A les illes hi ha menys competència i l'evolució dona formes més diferenciades. En alguns casos potser que es donin formes més grans, que en les condicions normals amb les competències amb altres no serien eficaces i serien més petites, i en altres potser que passi al contrari que en una illa, amb menys control de selecció.

*CRUSAFONT*

Hi ha més variabilitat en una illa que en el continent, constatat d'una manera paleontològica.