

HERÈNCIA I AMBIENT

ANTONI PREVOSTI

Catedràtic de Genètica.
Universitat de Barcelona

Quina és la contribució relativa de la herència i de l'ambient a les propietats dels éssers vius, ha estat un dels problemes més debatuts i polèmics al llarg de la Història de la Genètica. En part les controvèrsies s'han produït per les dificultats que freqüentment es presenten per estimar aquesta contribució, experimentalment i a partir de dades d'observació. També hi ha contribuït el coneixement deficient del mecanisme d'interacció de les dues classes de factors i, malauradament, també, prejudicis originats en el pensament científic teòric, en idees filosòfiques i, fins i tot, en idees político-socials.

El concepte de norma de reacció

Començarem tractant d'aclarir que l'herència rebuda dels progenitors, no determina un destí únic i inexorable, que marca a un nou ésser des del moment de la unió de l'òvul i l'espermatozou, en formar-se la primera cèl·lula de l'organisme. En aquest moment, en reunir-se els gens dels dos gamets, es produeix una combinació de gens única, car el nombre de combinacions diferents possibles dels gens del pare i de la mare, s'ha estimat en un ordre superior a 10^{1000} , en el cas de l'home. Per tant, en aquest moment queda determinada la individualitat genètica del nou ésser. Aquesta, des d'un punt de vista pràctic, és única i no repetible, excepte en el cas de què durant les primeres fases del desenvolupament es produeixi un accident, que tingui per conseqüència l'escisió de l'embrió en dos o més grups separats de cèl·lules, que, desenvolupant-se independentment, donin origen a individus separats. Aquests són els bessons univitelins, els únics a l'espècie humana, que tenen una individualitat genètica idèntica.

Però, individualitat genètica no equival a individualitat biològica. Per això, en el moment de la fecundació, encara que quedi determinada la individualitat genètica, no hi queda la biològica. La dotació genètica d'un ésser viu porta una informació que està organitzada en un programa genètic. Aquest es va executant al llarg del desenvolupament i en el curs de tota la vida. En aquesta execució hi té un paper important l'ambient.

No sabem encara, quina és, exactament, l'organització i estructura del programa genètic ni tampoc, amb detall, com funciona. No obstant, en tenim alguns coneixements interessants, relacionats amb el paper que hi juguen l'herència i l'ambient. Respecte de l'estructura sabem que la informació genètica, continguda a les seqüències de nucleòtids de l'àcid desoxirribonucleic, és de dues classes. Una part serveix directament per la construcció de l'organisme, amb totes les seves propietats morfològiques, estructurals, fisiològiques, de comportament, etc. L'altra té per funció l'execució del programa genètic.

Els gens regeixen la construcció de l'organisme amb la informació que porten per la síntesi de proteïnes específiques, algunes de les quals són components de les estructures cel·lulars, i les altres, enzims que dirigeixen el funcionament de la maquinària química de la cèl·lula. Aquesta maquinària elabora totes les altres molècules que intervenen en la construcció de les estructures i el funcionament cel·lular, incloses les que, com els aminoàcids i els nucleòtids, formen les mateixes proteïnes i els àcids nucleics. També té per missió desmuntar les molècules procedents de l'alimentació, obtenint-ne l'energia necessària per a funcionar.

Per l'execució del programa genètic, hi ha gens que porten la informació per la síntesi de les molècules de ARN, ARNs ribosòmics i de transferència, que intervenen en el procés de síntesi de les proteïnes especificades pels gens a què fa referència el paràgraf anterior. Altres gens especifiquen proteïnes que regulen l'execució del programa genètic. Almenys a les bacteries, de les quals tenim més coneixements, aquesta regulació sol fer-se a nivell de la transcripció de l'ADN, on és més eficaç, perquè la transcripció és el primer pas de l'expressió de la informació que porten els gens. Hi ha proteïnes reguladores activadores, que indueixen o incrementen la transcripció dels gens, exercint, per tant, un control positiu. D'altres, les proteïnes repressores, efectuen un control negatiu, car bloquegen la transcripció o la disminueixen. Les proteïnes reguladores interactuen amb seqüències específiques de l'ADN, les seqüències reguladores, a les que poden unir-se o separar-se, produint canvis en l'estructura de l'ADN, que faciliten o dificulten la transcripció.

L'acció de les proteïnes reguladores està controlada per senyals efectors, que indiquen quan i com han d'actuar. Aquests senyals solen ser petites molècules que s'uneixen a les proteïnes reguladores, determinant canvis en la seva conformació (canvis alostèrics), que varien la seva capacitat d'unir-se o separar-se de les regions reguladores de l'ADN. És interessant que les molècules efectores poden procedir de l'ambient. Per exemple, la presència, en lloc de glucosa, d'un altre sucre en el medi de cultiu dels colibacils (*Escherichia coli*) té per conseqüència una transcripció activa dels gens de la bactèria amb informació per la síntesi dels enzims que degraden el sucre que hi ha en el medi, per obtenir-ne energia per la cèl·lula. Les molècules del sucre, directament o després d'algun petit canvi, que poden experimentar en entrar dins de la bactèria, actuen d'efectors. S'uneixen a les molècules repressores que per estar unides a una regió reguladora dels gens amb informació per la síntesi dels enzims degradadors del sucre, impeden la seva transcripció. La unió de la molècula efectora amb la

repressora té per conseqüència que aquesta canviï d'estructura i es desprengui de la regió reguladora a la qual estava unida. Aleshores, els gens amb informació pels enzims degradadors del sucre, comencen a ser transcrits i la cèl·lula obté del sucre l'energia que necessita. Veiem, per tant, que les bacteries presenten una resposta adaptativa a l'ambient, que els permet utilitzar el sucre del que disposen en cada moment. La transcripció dels gens amb informació per enzims que dirigeixen la síntesi de metabòlits (con aminoàcids, vitamines, etc.) necessaris per la cèl·lula, també presenta una regulació adaptativa semblant, encara que no idèntica a l'acabada de descriure. En aquest cas, l'adaptació consisteix en què els enzims s'elaboren i, per tant, els gens que els codifiquen són transcrits quan el metabòlit és escàs o falta a la cèl·lula. En canvi, és una despesa inútil elaborar-lo quan n'hi ha en excés, tant perquè n'hagi sintetitzat molt, com perquè en trobi en el medi i pugui utilitzar-lo. En aquest cas, la proteïna reguladora sola no pot unir-se a la regió reguladora dels gens; per fer-ho necessita associar-se a la molècula efectora que és el metabòlit. Per això quan aquest abunda, forma el complex amb la molècula reguladora, i la transcripció queda bloquejada, mentre que quan no hi ha metabòlit o n'hi ha molt poc no es forma el complex i el repressor no pot reconèixer la regió reguladora, deixant lliures els gens per ser transcrits.

Dels mecanismes que regulen el funcionament dels gens en els organismes superiors en els processos de desenvolupament, de formació i diferenciació dels òrgans i teixits i en totes les fases de la vida, en sabem molt menys que dels de les bacteries. No obstant, també hi intervenen proteïnes reguladores (activadores i repressores) i aquestes actuen amb la cooperació de senyals efectors, entre els quals hi ha, per exemple, les hormones. Per tant, les idees generals referents a les bacteries, acabades d'exposar, també són vàlides, encara que el programa genètic dels organismes superiors és molt més complex, tant per l'estructura de l'organització de la informació genètica com pels mecanismes de l'execució del programa. Especialment, és necessària la integració i coordinació en l'espai (parts i teixits de l'organisme) i en el temps, de mecanismes de regulació elemental, com els existents en les bacteries. En aquests mecanismes més generals de regulació hi intervenen, també, molècules efectores no elaborades pels gens de la pròpia cèl·lula en què actuen. Així ho demostra l'efecte de les substàncies acumulades a l'ou, que durant la segmentació es reparteixen desigualment entre les cèl·lules de l'embrió i poden determinar la diferenciació futura de la línia cel·lular d'elles derivada, a conseqüència d'un funcionament diferencial dels gens de cada línia. L'acció reguladora del funcionament dels gens que tenen les hormones, en parts del cos allunyades de les cèl·lules en què es formen, també demostra el mateix. Podríem anar citant altres factors que modulen el funcionament dels gens durant el desenvolupament, però pel propòsit d'aquest article seria redundant.

A més d'influir directament sobre el funcionament dels gens, principalment sobre la transcripció, l'ambient actua sobre moltes activitats de l'organisme, a nivells més separats de l'acció gènica primària. Així, el creixement d'un individu, encara que influeix pels seus gens, també ho està per molts factors externs, com l'alimentació. També la temperatura té influència sobre molts caràcters dels éssers vius. Hi ha enzims termosensibles, que només funcionen a tempera-

tures baixes, per la qual cosa el procés que controlen queda bloquejat quan la temperatura és alta. En són un exemple alguns enzims que controlen la síntesi del pigment del pèl a alguns mamífers. Quan la temperatura és baixa poden sintetitzar pigment, per la qual cosa tenen el pèl fosc a les parts del cos en què, com a les orelles, les potes, el morro i la cua, la temperatura sol ser més baixa, mentre que el pèl de la resta del cos és blanc. La temperatura també té una important acció sobre la velocitat de les reaccions químiques del metabolisme. A conseqüència d'això té influència sobre la mida i la forma del cos en general i de les seves parts, sobre molts caràcters fisiològics, sobre el comportament, etc. L'enumeració dels factors ambientals que tenen una influència sobre les propietats dels éssers vius podria ser gairebé inacabable.

En síntesi, de tot el que hem dit sobre l'acció de l'ambient, convé deduir-ne el concepte que les propietats dels éssers vius, el que en la Genètica en diem el fenotip, és el resultat d'una interacció entre l'herència i l'ambient. És freqüent la idea de què l'herència condiciona rigidament unes determinades característiques. Això no és així, ja que el que s'hereta no és un caràcter determinat, sinó una **norma de reacció enfront de l'ambient**, és a dir, en els exemples que hem posat, la capacitat de formar pigments a unes temperatures concretes, de formar enzims per degradar un sucre i obtenir-ne energia quan aquest sucre hi sigui, etc. Això vol dir que les influències genètiques són manejables per l'acció de factors ambientals adequats.

L'heretabilitat

Un paràmetre important per estudiar les relacions entre l'herència i l'ambient és l'heretabilitat. Aquesta és la fracció de variances genètica dins de la variances total o fenotípica, que s'observa entre els individus d'una població, en un caràcter determinat. Així, l'heretabilitat, que es sol simbolitzar per h^2 , s'expressa per:

$$h^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_F^2}$$

on σ_G^2 és la variances genètica i σ_F^2 la fenotípica. Aquesta, $\sigma_F^2 = \sigma_G^2 + \sigma_A^2 + \sigma_I^2$, simbolitzant σ_A^2 la variances deguda a l'ambient i σ_I^2 la variances deguda a la interacció entre l'ambient i el genotip, que algunes vegades és despreciable i d'altres no. Aquest és un concepte ampli d'heretabilitat, que per entendre la problemàtica que discutim en aquest article és suficient. Hi ha un concepte més precís d'heretabilitat, que és la relació entre la variances genètica aditiva i la total.

La variances s'utilitza com una mida de la variabilitat biològica. Per tant, emprant llenguatge biològic podríem dir que l'heretabilitat mesura quina és la fracció de variabilitat present en un caràcter, que és deguda a les diferències genètiques existents entre els individus que integren una població. Per poder esti-

mar l'heretabilitat d'un caràcter és necessari que la seva variabilitat sigui quantificable.

Convé remarcar que l'heretabilitat és un paràmetre descriptiu de les poblacions en unes condicions determinades. Per tant, l'estima que s'obté en cada cas concret no és extrapolable a d'altres, si no tenim raons per a pensar que s'hi donen circumstàncies semblants. Encara és menys correcte generalitzar les observacions fetes en uns quants casos concrets, a tot un caràcter. La fracció de variança genètica d'un caràcter pot variar molt en diferents poblacions. Per exemple, una població formada per individus genèticament molt diferents, si està sotmesa a un ambient molt uniforme, tindrà una variança ambiental molt petita, per la qual cosa presentarà una heretabilitat molt alta, poc inferior a 1. Inclús, si fos possible controlar totalment l'ambient i aquest fos uniforme per a tots els individus de la població, l'heretabilitat seria 1, és a dir, a la població només hi hauria variabilitat genètica. Si a la generació següent les condicions ambientals a les que estava sotmesa aquesta població variessin, desapareixent la uniformitat, encara que la composició genètica de la població es mantingués constant, l'heretabilitat del caràcter estudiat en les condicions anteriors baixaria i tant més, quan més gran fos l'heterogeneïtat de l'ambient. Si l'espècie fos una planta amb reproducció per esqueixos, podríem obtenir una altra situació extrema, oposada a la considerada abans. Podríem tenir una població formada per individus del mateix clon, per procedir d'un individu originari únic sempre per reproducció per esqueixos. Tots els individus d'aquesta població serien genèticament idèntics, o sia que només presentarien diferències degudes a l'ambient. En aquesta població l'heretabilitat del mateix caràcter seria 0. No seria correcte, per tant, dir que l'heretabilitat del caràcter en general té un valor determinat, car pot tenir qualsevol valor entre els possibles, compresos entre 0 i 1.

Per altra banda, el que hem dit en el paràgraf anterior també ens indica que quan troben diferències entre dues poblacions en un caràcter, encara que en ambdues l'heretabilitat sigui alta, no vol dir que les diferències entre elles siguin genètiques. Podríem tenir una població de ratolins amb molta variabilitat genètica, però desenvolupats en un ambient uniformement molt dolent, sotmesos a una alimentació uniformement molt dolenta. L'heretabilitat del pes d'aquests ratolins seria molt alta, propera a 1, perquè només presentarien variabilitat genètica; però el pes d'aquests ratolins seria molt baix. Una població de ratolins de la mateixa soca amb igual variabilitat genètica, sotmesa a un ambient uniformement bo, amb aliment igualment abundant per a tots els individus, també tindria una heretabilitat del pes alta, però aquest seria molt més elevat que a la població anterior. L'existència d'una important diferència en el pes entre les dues poblacions, encara que en ambdues l'heretabilitat fos molt alta, no significaria que presentin diferències genètiques. En les condicions suposades, la diferència entre les dues poblacions seria exclusivament deguda a l'ambient, a la diferència en l'alimentació. Queda ben clar que l'heretabilitat alta en ambdues poblacions no és una propietat general del pes com a caràcter, només és una expressió d'una situació present a les poblacions estudiades i no indica res respecte a les diferències observades entre els grups. Per interpretar aquestes diferències es necessiten altres dades.

Les estimes de l'heretabilitat

Per estimar l'heretabilitat hi ha diferents mètodes, dels quals convé comentar-ne alguns aspectes per poder-ne valorar els resultats, en alguns casos polèmics, que tractarem al final.

Un mètode és el càlcul de l'heretabilitat realitzada, que utilitza resultats d'experiments de selecció artificial. En el context d'aquest article aquest mètode interessa poc. Dóna una mesura de la part de variabilitat aprofitable per la selecció artificial, en les condicions concretes en les que aquesta es porta a terme. No és una mida molt precisa, però té una utilitat operativa, car serveix per a preveure el progrés que s'aconseguirà en els projectes de millora d'animals domèstics i plantes cultivades, basats en la selecció artificial.

El mètode més general i utilitzat és el del càlcul de correlacions entre parents, principalment entre pares i fills o entre germans. Calculant les correlacions entre diferents tipus de parents, es poden obtenir estimes dels diferents components de la varianza genètica, aditiva, deguda a la dominància, a l'epistasi i a les interaccions entre elles i amb l'ambient. No obstant, perquè les estimes siguin bones és necessari planejar experiments adequats. En aquests experiments cal controlar com es creuen els individus de la població analitzada i, també, a vegades, fer aleatòries les influències de l'ambient sobre el desenvolupament dels individus estudiats. Però degut a les característiques dels organismes no és sempre possible fer aquests experiments. Aleshores, les estimes que s'obtenen dels components de la varianza i de l'heretabilitat poden presentar desviacions importants. La dificultat principal és poder distingir la varianza genètica de l'ambiental. Ideal seria que les correlacions entre parents només depenguessin de la seva semblança genètica, però si no es planteja un experiment adequat, això generalment no és així. La semblança i, per tant, la correlació entre els parents, molt sovint depèn també de l'ambient. Els individus d'una mateixa família freqüentment estan sotmesos a un ambient més semblant que dos individus, qualsevolga, de la població. Això té per conseqüència que les correlacions entre ells siguin més altes que si només depenguessin de l'herència. Per tant, les estimes de l'heretabilitat seran més grans del que correspondria. Fins i tot, poden semblar hereditaris caràcters que no ho siguin i depenguin exclusivament de l'ambient. Cal destacar la influència materna com a factor ambiental important, perquè determina semblança entre els germans, i en alguns casos també, entre els fills i les seves mares. En considerar la importància que la influència ambiental durant les primeres fases del desenvolupament pot tenir per a les característiques futures d'un individu, s'entén la influència de les substàncies que s'acumulen en els òvuls, sintetitzades amb la informació dels gens de la mare, però influïdes també pel seu estat de salut, de nutrició i d'altres factors externs i interns. En el cas dels mamífers, les possibilitats d'influència materna encara són més grans, car l'embrió es desenvolupa dins de la mare, alimentat per ella, i aquesta alimentació continua després del naixement, durant la lactància. També la cura que els pares tenen dels fills pot constituir un factor no genètic de semblança entre els germans.

Un altre mètode per estimar l'heretabilitat, d'aplicació poc general, però que interessa tractar-lo perquè s'utilitza en l'home, és el dels bessons. Aquest mètode es basa en què els bessons monovitel·lins són genèticament idèntics, per la qual cosa les diferències que presenten els membres d'una parella són exclusivament degudes a l'ambient. En canvi, els bessons bivitel·lins presenten diferències com els altres germans no bessons. Els germans i, per tant, els bessons bivitel·lins tenen la meitat dels gens iguals, per la qual cosa les diferències genètiques entre ells són la meitat de les que es troben entre els individus de la població en general. Per tant, la varianza entre els bessons monovitel·lins ens dona una estima de la varianza ambiental. Restant de la varianza entre els bessons bivitel·lins l'observada en els monovitel·lins, queda la varianza genètica en els bivitel·lins. Com que aquesta és la meitat de la de la població en general, multiplicant-la per dos tindrem una estima de la varianza genètica total. Amb les dades així obtingudes pot estimar-se l'heretabilitat.

No obstant, el mètode dels bessons té la mateixa dificultat que el de les correlacions entre parents. Pot confondre la varianza genètica i l'ambiental. Per una banda els bessons monovitel·lins segurament donen una estima massa baixa de la variabilitat ambiental, car han rebut idèntica influència materna, tant a través del citoplasma ovular com de l'ambient en el sí matern. També durant la vida extrauterina tots els factors ambientals que varien en el temps els afecten alhora, a la mateixa edat. Hi ha autors que inclús creuen que els bessons monovitel·lins, pel fet d'assemblar-se més són tractats pels seus pares, professors, etc., d'una manera més semblant que els bivitel·lins, cosa que especialment en els caràcters psíquics contribuiria a que presentessin menys diferències. Als bessons bivitel·lins, només alguns d'aquests factors els influeixen alhora, concretament l'ambient intrauterí comú i una part de les influències extrauterines. Per tant, l'estima de la varianza genètica obtinguda en restar la varianza entre els bessons monovitel·lins i els bivitel·lins està esbiaxada. És més gran, car part de les diferències que presenten de més els bivitel·lins no són genètiques, sinó degudes a què estan sotmesos a ambients més diferents. Per aquestes raons és possible que el mètode dels bessons sobreestimi l'heretabilitat.

L'herència i l'ambient en el comportament i la intel·ligència de l'home

La informació sobre el condicionament genètic i ambiental dels caràcters dels organismes en general, presentada en el que procedeix, ens servirà, ara, per a discutir el més objectivament possible, un problema de la genètica humana de molta importància sociològica; quina és la contribució de l'herència i de l'ambientat en el comportament i la intel·ligència de l'home.

En enfocar aquest problema potser el primer que cal tenir en compte és que diferents aspectes del comportament i components de la intel·ligència poden presentar característiques molt variades en relació amb la seva dependència de l'herència i de l'ambient. Per tant, una anàlisi rigorosa de la qüestió requeriria tractar per separat aquests components, però això allargaria massa aquest article. Per això, en el que segueix, només tocarem alguns punts que serveixin per emmarcar el problema.

En primer lloc, pel que hem dit en tractar de les tècniques per estimar l'heretabilitat, queda clar el difícil que és obtenir bones estimes en una espècie com l'home, en la qual no podem fer experiments. Ni el càlcul de les correlacions entre parents ni l'estudi dels bessons ens donen resultats precisos. Tampoc és segur recórrer a la comparació dels fills adoptius amb els fills biològics d'una mateixa parella. En aquestes comparacions generalment les mesures psicomètriques dels fills biològics s'assemblen més a les dels pares que les dels fills adoptius. La diferència pot atribuir-se a que els fills biològics són genèticament més semblants als pares. Així i tot, la influència materna i l'ambient intrauterí, podrien també ser-ne la causa. Per exemple, si la mala alimentació de la mare tingués influència negativa sobre el desenvolupament del sistema nerviós del fill durant la vida intrauterina, podria explicar la mitjana més baixa del coeficient intel·lectual que solen tenir els fills adoptius respecte dels propis, quan pares benestants han adoptat fills procedents de classes socials més humils. A més, aquestes dificultats s'accentuen en caràcters com els psíquics que és difícil definir-los objectivament, com pot fer-se amb l'estatura o l'índex cefàlic. D'altra banda la mesura dels caràcters psíquics no es pot fer d'una manera directa i objectiva com a les mesures del cos. En realitat, els tests utilitzats en psicometria donen una mida de la capacitat per resoldre aquests tests, però és poc clar quina característica del comportament mesuren.

Veiem, per tant, que no disposem d'un mètode que permeti una estima precisa de l'heretabilitat dels caràcters psíquics i, per tant, de la importància relativa que tenen l'ambient i l'herència en un cas concret. No obstant, aquestes dificultats no impliquen que sigui impossible obtenir unes idees generals sobre la qüestió. En aquest sentit sembla que seria voler negar l'evidència que els dos factors són importants i causa de les diferències en els caràcters psíquics, entre els individus d'una població.

La influència de l'ambient és evident. Negar-la equivaldria a negar la influència de l'aprenentatge i de l'educació. A més, hi ha dades concretes de què l'assistència a l'escola, l'ambient familiar i d'altres factors tenen una clara influència sobre el coeficient intel·lectual i d'altres caràcters psíquics. En el cas dels bessons monovitel·lins criats separatament, s'observen diferències de coeficient intel·lectual molt més grans que en els criats junts. I aquestes diferències estan a favor del membre de la parella que ha tingut un ambient familiar més favorable i, especialment, que ha rebut una educació escolar més completa. També, els fills adoptius, encara que s'assemblen menys que els fills biològics als seus pares adoptius, solen presentar una mitjana del coeficient intel·lectual compresa entre la de l'estament social o professional dels seus pares biològics i la dels seus pares adoptius.

També tenim raons fortes per admetre que en els caràcters psíquics hi ha una component genètica. En primer lloc tenen una base orgànica, l'estructura del cervell i altres òrgans del sistema nerviós, les glàndules de secreció interna que elaboren les hormones, l'estructura dels òrgans dels sentits, etc. Aquests òrgans, com tots els altres de l'organisme, presenten una variabilitat controlada per gens. La variació en algun d'aquests gens produeix desviacions dràstiques

respecte del psiquisme normal de l'home, l'herència de les quals segueix rigorosament les lleis de l'herència mendeliana o bé mostra una clara associació amb alguna anomalia cromosòmica. Però, a més d'aquestes tares hereditàries es coneixen molts gens amb efectes més o menys patològics, però que es manifesten principalment en òrgans o funcions no directament relacionades amb els caràcters psíquics, que determinen un síndrome dintre del qual hi ha alguna peculiaritat del comportament. Això és freqüent, per exemple, en els gens que determinen algun canvi en el metabolisme. Actualment passen de 150 els gens identificables que tenen alguna influència sobre el comportament.

En l'anàlisi de la variabilitat quantitativa dels caràcters psíquics ja s'han vist les dificultats per obtenir resultats precisos. També cal recordar el que han dit respecte a l'error que podríem fer, si no matiséssim diferenciant situacions corresponents a diversos caràcters. Així, sembla evident que les posicions ideològiques, com la militància o la simpatia per un partit polític o per una religió, tenen molt poca influència genètica, si és que en tenen alguna. Les semblances i diferències en aquests caràcters són del mateix ordre en els bessons monovitel·lins que en els bivitel·lins. En canvi, en altres aspectes, com el coeficient intel·lectual, les característiques temperamentals, etc., si que hi ha una variabilitat genètica. En aquests caràcters les correlacions disminueixen a mida que els individus estudiats presenten un grau de parentiu més petit, d'acord amb la previsió basada en la teoria de la semblança genètica entre els parents. També, les dades experimentals obtingudes en animals indiquen que en aquests hi ha variabilitat genètica en els caràcters de comportament. Igualment, les observacions de que les races d'animals domèstics, gossos, cavalls, toros, etc., tenen unes característiques peculiars de comportament, d'intel·ligència, de capacitat d'aprendre, etc., demostren l'existència de factors genètics en aquests caràcters. Suposar que a l'home aquests factors genètics no hi són en absolut contradiria els principis de l'evolució biològica.

No obstant, com s'ha dit abans, l'existència de variabilitat genètica dintre de les poblacions no es pot extrapolar i deduir-ne que ha d'haver-n'hi entre les poblacions. Per tant, encara que s'observin diferències en els caràcters psíquics entre grups socials o grups racials, això no permet assegurar que l'herència contribueix a aquestes diferències. Fins que no sigui possible fer proves amb individus de diferent origen social o raça, educats idènticament i, en general, sotmesos al mateix ambient, no es podrà donar una resposta segura a aquesta qüestió. A més, en un problema tan delicat com aquest, per la seva transcendència social i també individual, no es oportú donar-ne cap opinió si no és basada amb dades totalment objectives i segures.

Finalment, sembla adient en acabar l'article remarcar que cal tenir en compte que el que s'hereta és una norma de reacció enfront de l'ambient. Per tant, encara que un genotip **A**, en unes condicions ambientals determinades es mostri superior a un altre de **B** en les mateixes condicions, això no implica que el genotip **B** hagi de ser sempre inferior a l'**A** en totes les altres condicions ambientals possibles. En aquest sentit una qüestió important pot ser trobar en cada individu o en cada grup, si és que existeixen característiques genètiques de grup,

l'ambient adequat, que en el cas dels caràcters psíquics és principalment l'educació, per obtenir el fenotip òptim.

Resum

L'autor del present treball ha volgut precisar quina és la contribució relativa de l'herència i de l'ambient sobre les propietats dels éssers vius, un dels problemes més controvertits i polèmics al llarg de la història de la Genètica. En part, les controvèrsies s'han produït degut a les dificultats que es presenten sovint per valorar aquesta contribució, experimentalment i a partir de les dades de l'observació. Així mateix ha contribuït a aquesta situació el coneixement deficient del mecanisme d'interacció d'ambdues classes de factors i també dissortadament la presència de prejudicis nascuts del pensament científic-teòric, d'idees filosòfiques i fins i tot d'idees político-socials.

L'article desenvolupa el concepte de norma de reacció enfront de l'ambient, la noció d'heretabilitat i els diferents mètodes de valoració, i acaba amb una reflexió sobre la influència de l'herència i l'ambient en el comportament i la intel·ligència de l'home.

Resumen

El autor en el presente trabajo ha querido precisar cuál es la contribución relativa de la herencia y del ambiente a las propiedades de los seres vivos, éste ha sido uno de los problemas más debatidos y polémicos a lo largo de la Historia de la Genética. En parte las controversias se han producido por las dificultades que frecuentemente se presentan para valorar esta contribución, experimentalmente y a partir de los datos de la observación. También ha contribuido a esta situación el deficiente conocimiento del mecanismo de interacción de las dos clases de factores y también desgraciadamente por la presencia de prejuicios originados en el pensamiento científico teórico, en ideas filosóficas e inclusive en ideas político-sociales.

El artículo desarrolla el concepto de norma de reacción frente al ambiente, la noción de heredabilidad y sus diferentes métodos para valorarla, y finaliza con una reflexión sobre la influencia de la herencia y el ambiente en el comportamiento y la inteligencia del hombre.

Summary

The author of the present work has chosen to define what is the relative contribution of inheritance and environment on the characteristics of human beings; one of the most controversial and polemical questions throughout the history of genetics. In part, the controversies were brought about by the difficulties often presented in evaluating this contribution by experiment, and by observational data. This situation has also been contributed to by the lack of know-

ledge of the interaction mechanism of both classes of factors and, unfortunately, by the presence of prejudices born of scientific-theoretical thought, philosophical ideas, and even social-political ideas.

The article develops the concept of the norm of reaction to the environment, the idea of inheritance and the different methods of evaluation, and concludes with a reflexion on the influence of inheritance and environment on the behaviour and intelligence of man.