

# Genètica i evolució cultural



**L. L. Cavalli-Sforza**  
Universitat de Stanford. EUA

**La comprensió dels mecanismes de transmissió és fonamental per entendre el procés de canvi en el temps o evolució, i els models de transmissió i canvi genètics poden ser ampliat a models de transmissió cultural. Aquests mecanismes han de ser a la base de la semblança que s'observa entre àrees culturals i genètiques.**

***The understanding of transmission mechanisms is vital to the comprehension of larger processes of change in time and evolution, and genetic models of transmission and change may be extended to the realm of culture. These mechanisms seem to be at the base of the observable similarities between cultural and genetic realms.***

El meu primer aprenentatge en la genètica es remunta als inicis de la dècada de 1940, temps en el qual era molt acceptada la definició de genètica com l'estudi de la transmissió, la variació i l'evolució de les característiques dels éssers vius. Avui aquesta definició no és tan satisfactòria ja que només inclou implícitament la genètica del desenvolupament i la naturalesa de les unitats genètiques; però en aquell temps, l'atac d'aquests problemes es trobava en els inicis. Aquesta definició representava fidelment els principals interessos del moment, i encara actualment és una part important de la investigació genètica. La raó per la qual començo a parlar sobre la variació de la transmissió i l'evolució és que si acceptem aquesta definició, hauríem d'incloure com a part de la genètica el que tractaré avui sota el nom de transmissió cultural i evolució, un tema que es podria considerar més dintre del camp de l'antropologia cultural, la sociologia, la història i les ciències humanes, però no de la biologia. D'algun manera és desafortunat que l'expressió «transmissió cultural» o altres d'equivalents que expressin el mateix concepte no siguin fàcils de trobar fins i tot fora de la literatura genètica, i que no hi hagi estudis sistemàtics. És possible que només se li acudeixi al genetista que per mantenir uns sistemes o trets culturals essencialment inalterats durant llargs períodes i per desenvolupar noves variants hi ha d'haver alguns mecanismes de transmissió molt poderosos. La seva existència i naturalesa no són en absolut trivials i no es poden donar per suposades sense un estudi més profund. La història de la genètica pot explicar fàcilment per què aquest problema pot ser interessant per als genetistes. Òbviament hi ha grans semblances; però a més, l'extensió dels conceptes genètics i els mètodes als fets i els problemes que estan tradicionalment en el camp de les ciències humanes i socials i tenen a veure amb la història i l'arqueologia sembla una perspectiva apassionant. Considerem alguns exemples de trets transmesos culturalment. Realment, gran part del nostre fenotips té, almenys en part, un origen cultural, en el sentit que deriva directa o indirectament d'un ensenyament individual o social, o de tots dos. Alguns trets es poden consi-



*Johann Mendel (1822-1884), pare de la genètica.*

derar com purament culturals en el sentit que no hi ha (o n'hi ha molt poca) una variació genètica que s'hi pugui reconèixer, almenys dins l'espècie humana. En altres, hi podem reconèixer una important interacció genètico-cultural. Com a exemple de la primera, considerem per exemple el fet de parlar la pròpia llengua nativa. És obvi que la nostra llengua nativa depèn totalment de la família i de la societat en què creixem, i és ben conegut que si una persona pot aprendre anglès o qualsevol altra llengua, també pot aprendre igual de bé (si se l'hi ensenya a l'edat adequada) qualsevol de les 5.000 o 6.000 llengües que existeixen al món actualment.

Aquí tenim un tret que no solament es reconeix fàcilment com purament «cultural», sinó que també està molt alt en la jerarquia dels trets culturals, en el sentit que és el mecanisme més gran

de comunicació humana, i és el vehicle cultural per excel·lència. Hi pot haver una variació genètica en la capacitat d'aprendre una llengua o certs segments d'aquesta llengua, per exemple alguns segments fonètics. Fins i tot és possible tenir un bloqueig genètic complet per aprendre o utilitzar el llenguatge parlat, com en el cas dels sords-muts. Les persones amb deficiències mentals greus poden ser totalment incapaces d'aprendre una llengua. No obstant això, hi ha hagut una selecció molt forta contra aquests defectes, i la societat humana està només disposada (o, més bé, ho estava fins fa poc) a acceptar com a membres amb eficàcia biològica<sup>1</sup> normal els individus que es poden comunicar normalment o que gai-

1. Probabilitat relativa de sobreviure i reproduir-se d'individus portadors de determinats gens.

rebé ho poden fer. Però la llengua real apresada no està determinada genèticament. Això és tan obvi que hom pot preguntar-se per què malgastem temps en tal consideració, excepte que el que és veritat per a la llengua ho és també per a molts altres trets per als quals no arribem tan fàcilment a la mateixa conclusió.

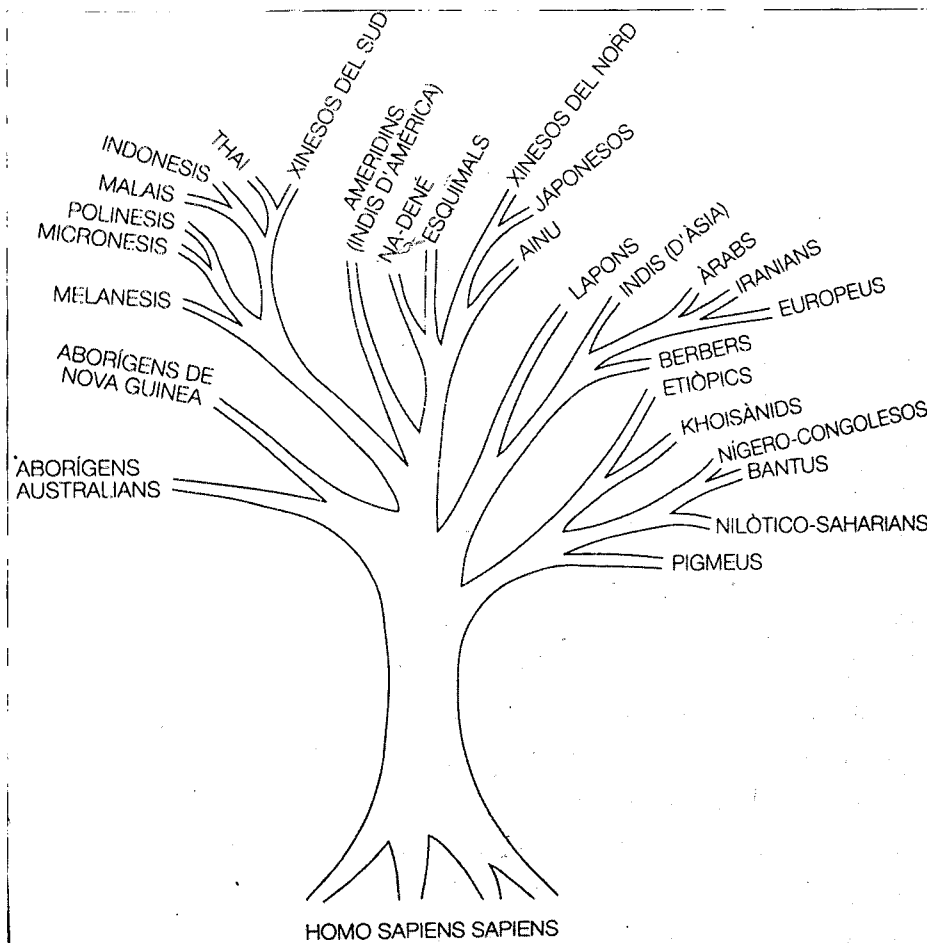
Pot ser útil remarcar que els costums, els valors i altres parts importants del nostre comportament es transmeten culturalment. La manera en què la cultura ens pot afectar es pot reconèixer més fàcilment si donem uns quants exemples trets de la medicina. La nostra dieta es transmet culturalment. L'absència d'una pressió sanguínia elevada i d'evidents manifestacions d'arteriosclerosi en poblacions que viuen en economies de caça, de recol·lecció o d'horticultura primitiva no és una prova menyspreable de la importància dels costums dietètics. En una població pigmea o yanomama, que essencialment no utilitzen el clorur sòdic, la pressió de la sang no augmenta en l'edat madura o en la vellesa. L'excés en el consum de clorur sòdic i de greix animal és característic de moltes societats occidentals. En aquest entorn, que és relativament inusual per als humans, la variació genètica que d'una altra manera pot estar en silenci, pot sorgir i generar malalties probablement desconegudes anteriorment. Els nous costums, com fumar tabac, poden augmentar la incidència del càncer de pulmó en ordres de magnitud, i l'emmagatzematge de cacauets en climes humits, el dels tumors de fetge determinats per micotoxines produïdes per fongs. Un cas especialment interessant és l'alta incidència del càncer de pit entre les dones americanes comparada amb la de les dones xineses. Aquesta diferència, que en un principi es considerava potencialment genètica, no es donava en les dones xineses residents a Califòrnia: la diferència era més petita a mesura que la residència als EUA era més llarga i el grau d'aculturació a la forma de vida americana era més gran, especialment als costums culinaris i a la dieta. No s'hauria de treure la conclusió que la forma de vida americana és terriblement perillosa com ho indiquen aquests exemples, ja que, per exemple, en les mateixes dones xineses hi ha una inci-

dència més petita del virus de l'hepatitis-B i de la seva important conseqüència, l'hepatoma?

### **Conservació i canvi ràpid en la cultura**

Per què és tan difícil separar la transmissió genètica i la cultural? La resposta és senzilla: la confusió de les dues formes de transmissió és sovint molt profunda. Gran part de la cultura es transmet des de generacions anteriors de formes que no són, o almenys no sempre, diferents a la forma en què es transmeten el gens; i per aquesta raó és convenient donar les oportunes consideracions a les regles de transmissió cultural, com ho farem de seguida.

Estem acostumats al fet que la cultura pot canviar ràpidament, i podem arribar a considerar això com una regla. Certament és veritat que els sistemes i els trets culturals poden experimentar una innovació freqüent. La substitució ràpida i completa de les velles tecnologies per altres de noves és molt comuna. Però s'hauria de reconèixer que els trets i els sistemes culturals també es poden conservar molt. La família nuclear pot ser tan antiga com l'espècie humana o fins i tot com el gènere humà i només ara és en vies de dissolució. Probablement moltes regles familiars o de parentiu també són molt antigues. Algunes tecnologies de caça o de pesca tenen més de 10.000 anys i no han sofert grans modificacions. En un període més curt, molts sistemes religiosos tenen milers d'anys. Una llengua pot durar 1.000 anys (ordre de magnitud) en el sentit que 1.000 anys després una llengua no seria entesa amb facilitat per un parlant que va viure 1.000 anys abans, i viceversa, el parlant nascut 1.000 anys després no entén la llengua de 1.000 anys abans amb facilitat. Això no inclou els canvis catastròfics en la llengua deguts a esdeveniments polítics, guerres, invasions, etc. Qualsevol teoria de l'evolució cultural hauria d'explicar els dos aspectes: la capacitat per conservar certs aspectes d'una cultura, i el potencial per a un canvi ràpid. Està clar que la conservació requereix la transmissió durant generacions, que sovint es dona a través d'un ensenyament directe pares-fill. També la resta de la família i la societat poden con-



*Correspondència entre l'arbre genètic de les principals poblacions del món i famílies lingüístiques. Quadre de l'obra de Cavalli-Sforza, L. i F. Qui som? Barcelona: Institut Català d'Estudis Mediterranis, 1994. La resta d'il·lustracions d'aquest dossier que portin la sigla ICEM han estat extretes d'aquesta obra.*

tribuir en l'ensenyament de la generació més jove, com també la gent de la mateixa edat. De vegades, l'ensenyament es pot donar en direcció contrària, de fill a pare, però per moltes raons això és l'excepció més que la regla.

Per tant, hem d'explicar per què i quan la cultura pot canviar ràpidament mentre en altres situacions es conserva. Aquesta dualitat és una habilitat incorporada que fa de la cultura un mecanisme molt potent d'adaptació al canvi ambiental. Però seria ridícul assumir que és només l'ambient extern el que, canviant o mantenint-se constant, determina el canvi cultural o la conservació. La clau per entendre aquest problema es troba en els mecanismes de transmissió.

### Models per a la transmissió de la cultura

Marc Feldman i jo hem desenvolupat una teoria matemàtica de l'evolució cultural. Vam ser conduïts cap a aquest intent per la certesa que ens obligaria a definir variables i processos de forma inequívoca i pel fet que en un camp tan confús o definitivament inexistent, un començament rigorós podria justificar l'inevitable cost en termes de popularitat, o d'una inevitable simplificació excessiva que en alguns casos podria conduir a la ingenuïtat. Afortunadament, les conclusions aconseguides matemàticament poden posar-se en termes no matemàtics, i algunes es poden descriure qualitativament, de manera

que avui no hauré de fer ús de cap fórmula. Ens trobem amb uns quants, essencialment quatre, models bàsics de mecanismes de transmissió (Cavalli-Sforza i Feldman 1981). Donats aquests models, hem pogut preveure la dinàmica, els equilibris i les taxes de canvi durant generacions de trets transmesos culturalment. Aquests mecanismes, que s'explicaran més tard, són: (1) pares-fill, (2) un-a-molts, (3) propi de malaltia contagiosa, i (4) molts-a-un.

Els mecanismes de transmissió tenen algunes variants dignes de ser considerades. Per exemple, la transmissió pare-fill pot existir en dues versions: el pare i la mare contribueixen a l'ensenyament, o només ho fa un d'ells. També és important si el tret que s'ha de considerar té una distribució unisexual o bisexual. Hi ha diferències entre la transmissió bipaternal i la unipaternal. La primera té més poder per conservar el tret: si només hi contribueix un dels pares, i l'eficàcia de l'ensenyament no és exactament del cent per cent, el tret finalment desapareixerà de la població (a menys que també estigui actiu algun altre mecanisme). En principi, aquest mecanisme de transmissió és el que més s'assembla a l'herència genètica i el que ofereix més possibilitats de confondre-s'hi. Igual que l'herència genètica, pot conservar tant el valor mitjà del tret en una població com la variació entre els individus constants durant el temps que, com sabem, és cert en el cas de l'herència genètica. No obstant això, hi

ha una possibilitat de distingir-los quan la contribució dels dos sexes paterns és diferent. Això és possible, sota l'herència genètica, només en casos molt especials, com l'herència lligada al sexe, que es reconeix fàcilment, o en la transmissió mitocondrial.

No hi ha una semblança directa amb el mendelisme (model de transmissió genètica basat en les lleis de Mendel) en els altres mecanismes de transmissió cultural. Per exemple, en la situació a l'escola hi ha la possibilitat d'una àmplia disseminació d'un «fenotip» donat en un període de temps curt, en la mesura que el professor té normalment diversos deixebles a la vegada, o almenys durant la seva vida. L'escola no és l'única oportunitat perquè una persona pugui influenciar-ne moltes altres, sovint al mateix temps: la gent influent políticament, socialment i artísticament tenen molts seguidors. Avui, els moderns mitjans de comunicació poden divulgar la informació, influir o fins i tot demanar un comportament específic a un gran nombre d'individus en un període de temps potencialment molt curt. Fins i tot sense un tractament matemàtic, és fàcil entendre que aquest mecanisme de transmissió (anomenat «un transmissor-a-molts receptors» o abreujadament «un-a-molts») té les conseqüències contràries quan és comparat amb la transmissió de tipus genètic pares-fill: pot determinar el canvi molt ràpid i extens en un període de temps molt curt. En contrast, un canvi que apareix en una família i és transmès pel mecanisme vertical (pares-fill) tarda aproximadament el mateix temps que tardaria un canvi genètic en estendre's a una població.

El pas d'informació d'una persona a una altra amb qui no té relació de parentiu és probablement el que nosaltres entenem com un típic intercanvi cultural. Clarament, aquest mecanisme de transmissió pot divulgar un tret molt ràpidament, però també pot ser lent. L'analogia amb les epidèmies és reveladora tant pels trets culturals com per les malalties contagioses. La transmissió persona-a-persona pot conduir a un augment ràpid en el percentatge de gent «afectada». Això és per una corba de tipus logístic i no s'estén necessàriament al cent per cent de la població.

Com en les epidèmies, hi ha l'equivalent a les condicions «llindar» sota les quals el tret no s'estendrà a la població i que depenen, en aquest cas, de la taxa de transmissió del coeficient, de selecció i de l'estructura d'edat. Això es va simplificar molt en els nostres models: en la transmissió horitzontal, el professor i l'alumne pertanyen a la mateixa generació. En la transmissió obliqua el professor pertany a una generació anterior. Hi ha algunes diferències en les expectacions generades pels dos models; per exemple, la transmissió horitzontal per si sola no pot mantenir un tret més d'una generació, i una barreja de transmissió horitzontal i obliqua pot ser la representació més realista de situacions empíriques.

Hi ha un quart model de transmissió important a considerar: quan tots els membres d'un grup exerceixen una influència concordant sobre cada individu de, posem per cas, la següent generació. Aquest és un mecanisme especialment poderós equivalent a una pressió social que s'exerceix ordinàriament sobre tots els individus. Té l'efecte evolutiu d'eliminar la variació individual i d'oposar-se fortament al canvi. Així, té tendència a crear uniformitat i a limitar severament el canvi cultural. Això és anomenat «molts transmissors a un receptor» o «molts-a-un» abreujadament. No sempre s'estén necessàriament a tot el grup social, sinó potser només a alguns membres d'una part d'un grup, per exemple, la família. Amb famílies nombroses aquest és encara un grup gran. Pensem que molts valors i costums es mantenen d'aquesta manera, però realment és difícil trobar investigacions específiques.

### **Quin és el mecanisme de transmissió dominant?**

Hi ha enormes diferències entre les societats en el predomini de diferents mecanismes de transmissió. En un estudi sobre els pigmeus africans, vam investigar com adquireixen el coneixement d'habilitats específiques i de trets culturals relacionats amb la vida quotidiana. El vuitanta per cent de les respostes (calculant sobre quaranta pigmeus i seixanta trets) indicaven un o els dos pares com l'origen. Només els trets relacionats

amb activitats socials (per exemple, danses) s'adquirien d'altres membres del grup, i la particular habilitat tecnològica de fer una ballesta va ser introduïda per individus no pigmeus. L'estructura de la societat pigmea, amb un fort èmfasi en la família nuclear, en les relacions entre pares i fills molt bones i prolongades, en els grups socials petits, sense jerarquies socials, amb escasses reunions grans, sense escola i amb cautela en els contactes amb altres tribus, predisposa clarament a fer que la transmissió vertical sigui gairebé l'únic tipus de transmissió social. Per tant, cal suposar que trobem una alta conservació dels costums pigmeus (Hewlett i Cavalli-Sforza 1986). De fet, hi ha molts grups de pigmeus, totalment aïllats geogràficament i genèticament, que encara mostren importants semblances culturals i que es consideren, probablement correctament, molt semblants a la societat paleolítica.

Quasi totes les societats modernes humanes s'han distanciat del paradigma paleolític. Agafant com a exemple la societat moderna, discutiré una anàlisi de la transmissió pares-fill dels estudiants de Stanford que van ser entrevistats (com ho van ser els seus pares i amics) sobre un cert nombre de costums i creences (Cavalli-Sforza et al. 1982). Els pares i els fills s'assemblaven només en alguns trets: principalment religiosos (freqüència en l'oració, assistència a cerimònies religioses, pertinença a una denominació religiosa, etc.) i polítics (esquerra contra dreta, votar, etc.). En alguns la semblança era molt més forta, o present en només un dels pares. Això no és fàcil d'interpretar sobre una base genètica. Els simples estudis de les semblances entre pares i fill no poden distingir entre l'herència cultural i la genètica, però en aquest cas Loehlin i Nichols (1976) han fet moltes preguntes semblants a un gran nombre de parelles de bessons. Les semblances entre bessons idèntics o monozigòtics i bessons fraternals o dizigòtics són molt grans i bàsicament no hi ha cap diferència entre les correlacions que hi ha entre bessons monozigòtics i dizigòtics, i deixen poc espai per a l'herència genètica. En qualsevol cas, això es fa improbable per les grans diferències observades en la majoria dels trets entre les correlacions amb el pare i amb

la mare. Martin et al. (1986) creuen que les nostres dades no poden distingir entre herència cultural i herència genètica, però semblen haver ignorat la nostra discussió sobre el tema en aquest escrit.

Els pares tenen un avantatge important sobre els educadors ja que són essencialment els primers contactes del nen. Potser no és tant el fet de ser els primers, sinó el fet d'actuar en les etapes que són més formatives per a un nen. Desafortunadament, només hi ha uns quants exemples estudiats incompletament sobre els «períodes sensibles» en els humans. Un és l'aprenentatge de llengües estrangeres, que gairebé mai no es parlen sense accent estranger si s'aprenen després de la pubertat. Això és àmpliament conegut, però no estudiat acuradament. Es creu que la pubertat és l'edat llindar per a un altre comportament relacionat amb el tabú de l'incest: el contacte social entre un noi i una noia abans de la pubertat tendeix a inhibir el posterior desenvolupament d'atracció sexual entre els mateixos individus (Wolf et al. 1980). La identificació amb un paisatge donat és probablement també el resultat de viure els propis anys anteriors en aquest paisatge (d'una investigació no publicada però no totalment concloent). Malgrat la pobresa de la investigació, sembla molt probable que existeixin uns «períodes sensibles» per adquirir costums, hàbits, actituds, etc. Probablement aquests períodes sensitius no estan tan definits en els humans com els que són familiars en els casos clàssics d'*imprinting* en animals, però de totes maneres poden ser importants. Els períodes sensibles en les primeres etapes podrien posar els pares en avantatge com a educadors; però a mesura que el contacte dels nens amb els pares es va fent menys intens, la transmissió vertical està destinada a perdre importància.

En qualsevol cas, queda clar que per gairebé cada tret hi poden haver contribucions de diversos mecanismes de transmissió en direccions que poden convergir o entrar en conflicte. Les escoles, els companys de la mateixa edat, els pares i la societat en general, es dirigeixen sovint cap a eleccions molt diferents. L'exemple de conflicte més greu avui és el de l'ús recreatiu de les dro-

gues. Les eleccions finals fetes per cada persona dependran de pressions externes i internes; i les predisposicions genètiques poden tenir un paper entre les últimes. El fet que la majoria d'eleccions culturals tampoc no són irrevocables genera més complicació. Quan parlem de transmissió cultural no ens referim simplement a la informació oferta, sinó també a la seva acceptació; la possibilitat de fluctuacions en les eleccions afegeix dificultats inevitables a l'anàlisi. La transmissió cultural comprèn dues fases: el pas d'informació d'un donant a un receptor i l'acceptació per part del receptor. Aquestes fases es distingeixen clarament en la transmissió d'innovacions; una innovació sempre pot ser acceptada o rebutjada. El pas d'informació i l'acceptació són gairebé indistingibles, per exemple, en peticions i ordres per part d'una alta i poderosa autoritat política o religiosa, especialment si l'incompliment pot significar un càstig sever.

Si algunes situacions deixen poca llibertat de decisió, o no deixen cap, en moltes altres l'elecció d'una o altres alternatives pot ser en gran part lliure. Anomenem això «selecció cultural» per distingir-la de la selecció natural. La selecció cultural i la natural poden coexistir en l'evolució cultural. Sovint seran concordants, però no necessàriament. En el llibre amb M. Feldman, s'hi analitzen algunes excepcions importants. Podem decidir a favor o contra l'acceptació d'una norma de cautela o d'higiene o més generalment de comportament; però si la indiferència de la norma implica una pèrdua potencial de l'eficàcia biològica, el tret cultural en qüestió no és neutral des del punt de vista de la selecció natural.

Està clar que avui la societat s'està movent cap a la disminució del paper de la transmissió vertical a favor d'un increment del mecanisme més ràpid, en el qual un professor, un líder polític o religiós, un animador, un artista admirat o una personalitat afectaran el comportament de mils, milions i potser fins i tot milers de milions d'éssers humans. Ens és familiar el fet que en la societat moderna un sol individu pot prendre decisions gairebé fortuïtes que afectin un enorme nombre de gent, i no estiguin precisament dirigides a fer un bé a aquesta gent o a l'espècie.

L'analogia amb la deriva genètica<sup>2</sup> està més propera del que hom pot pensar, i és molt adequat anomenar això «deriva cultural». Sabem que la deriva genètica és més forta quan el nombre d'individus sexualment madurs que contribueixen a la següent generació és més petit. En l'anàleg cultural, la transmissió d'un-a-molts individus és com la fundació d'una gran població per un sol fundador: el cas més extrem de deriva. Això fa que el canvi cultural sigui potencialment molt ràpid, però arrisca enormement el nostre futur. Mirant aquest fenomen com a simples científics naturals, podríem dir que la cultura està cada vegada més subjecta a la poderosa deriva cultural. Mirant-lo com a humans, aquest és un pensament espantós, del qual podem donar massa exemples de temps recents i molt recents en molts països. Esperem, com a éssers humans, que la nostra herència cultural i genètica ens pugui ajudar a mantenir dintre d'uns límits raonables i suportables els futurs perills que els poderosos líders polítics, econòmics i religiosos poden tenir-nos reservats.

### **Els gens influeixen en la cultura o la cultura influeix en els gens?**

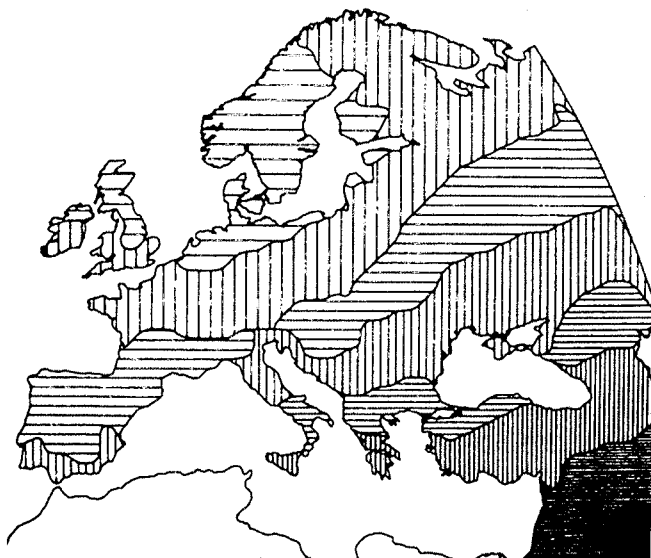
És fàcil anticipar que la resposta a aquesta pregunta ha de ser que els dos casos són possibles, però és increïblement difícil d'entendre quina de les dues és més important. És obvi que les diferències interspecífiques, són probablement en gran part genètiques. Deu ser veritat que la nostra herència cultural humana s'ha fet possible pels nostres gens; però també és veritat que no és gaire probable que hi hagi una gran diferència entre el conjunt dels gens avui i el dels nostres avantpassats de, diguem, fa 5.000 o 10.000 anys, malgrat l'enorme diferència en els aspectes socials, demogràfics i econòmics de la vida llavors i ara.

Tot i això és difícil trobar exemples de gens específics que influeixin en la cultura, mentre que és fàcil trobar exemples de trets culturals espe-

---

2. Mecanisme de canvi genètic produït per variacions a l'atzar quan el nombre d'individus d'una població és petit.

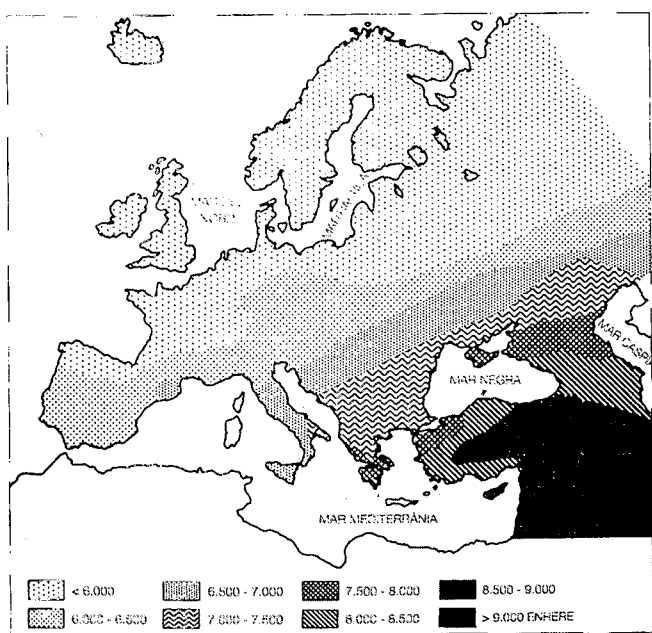
*El paisatge genètic més important d'Europa reflecteix d'una manera extremament fidel la difusió de l'agricultura neolítica, que molt probablement n'és la causa.*  
Font: ICEM.



l'anèmia falciforme, la talassèmia i altres gens que donen una major resistència a la malària. S'ha suggerit (Livingstone i altres) que els perills de la malària es van multiplicar amb la transició a l'agricultura, i per tant, les diverses i dramàtiques adaptacions genètiques que estan unides a la resistència a la malària tenen en part un component cultural. S'ha d'anar en compte, considerant que una de les freqüències més altes d'anèmia falciforme ha estat observada en el grup menys aculturat dels pigmeus africans, els mbuti (Cavalli-Sforza 1986b), que dediquen molt poc temps, o no n'hi dediquen gens, a les pràctiques agrícoles.

Es poden citar molts altres exemples de canvis genètics deguts a canvis en els costums o a avenços tecnològics. Recentment hi ha hagut una discussió sobre la relaxació de selecció amb exemples interessants, per als quals no hi ha una forta evidència en aquest moment. Que aquests canvis dramàtics relacionats amb un substrat genètic poden donar-se quan s'alteren alguns costums ho exemplifiquen els indis pima, un alt percentatge dels quals ha desenvolupat diabetis i obesitat amb el canvi cap als costums i la dieta occidentals. Encara és molt aviat per dir com afectarà això l'evolució genètica i cultural dels pimes, però probablement tindrà conseqüències. L'estat de les nostres artèries, que en molts de nosaltres es torna llastimós a mesura que avança l'edat, es deu en gran part a la història de la nostra riquesa creixent i la consegüent riquesa de la dieta.

Amb el consell genètic podem influir sobre les freqüències dels gens per malalties genètiques. Amb la medicina, podem augmentar l'eficàcia biològica dels genotips que eren constantment eliminats abans d'aquest segle. Els antibiòtics han augmentat la possibilitat de sobreviure en casos d'immunodeficiències heretades de diversos tipus. La cirurgia i, potser en un grau inferior, la medicina, han augmentat considerablement el temps de vida i la fertilitat potencial en un gran nombre de malformacions adquirides i congènites i en malalties potencialment mortals, moltes de les quals tenen almenys una base genètica parcial. En el grau que aquests defectes siguin genètics, la medicina i la higiene modernes po-



cífics amb un efecte real o potencial sobre el conjunt dels gens. De fet, permetin-me que els recordi uns quants casos en els quals el conjunt de gens sí ha canviat en els últims 5.000 o 10.000 anys. Gairebé tots els que se m'acudeixen són probablement la conseqüència de canvis culturals. Agafem, per exemple, la tolerància a la lactosa; en el nord d'Europa la gent hi és gairebé tolerant al 100%, en altres llocs les freqüències són més baixes, però en les tribus africanes en què els adults beuen llet fresca les freqüències tornen a pujar. Aquí hi ha un canvi genètic bastant radical que pot haver tardat 5.000 anys per desenvolupar-se, i el qual és considerat per molta gent avui com el resultat d'una adaptació per selecció natural al costum de beure llet quan hom és adult, costum que va arribar a algunes parts d'Àfrica i a Europa juntament amb la domesticació d'animals.

Un altre cas important és el de la malària,



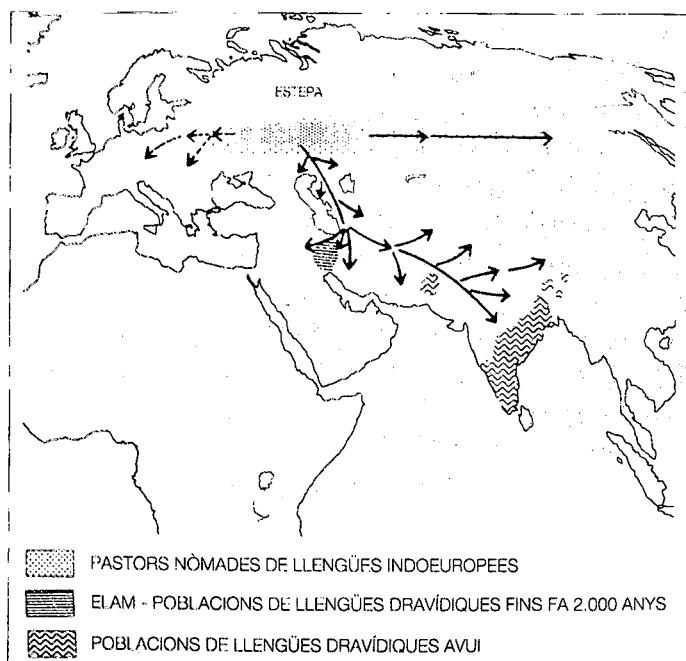
den contribuir a canviar el conjunt dels gens, encara que rarament es troba una evidència forta d'aquest fet.

Tots aquests són efectes directes de la cultura. Però hi ha també efectes indirectes que es podrien considerar com el resultat d'un tipus especial de selecció de grup, i que són més poderosos que els directes. S'ha estimat que els grups sanguinis ABO canvien a un ritme significatiu, simplement perquè hi ha una àmplia variació en les taxes netes de creixement de diferents països que tenen una composició diferent per aquest grup sanguini, tal com va suggerir A.W.F. Edwards (comunicació personal) i com va estimar E. Thompson. Aquest pot ser un fenomen transitori relacionat amb la lentitud amb què disminueixen les taxes de natalitat després que hi ha hagut, especialment en els països desenvolupats, una disminució sobtada de la mortalitat amb la introducció de normes higièniques i material mèdic.

Els canvis més dramàtics en la composició genètica de les poblacions han estat el resultat d'expansions de la població que semblen seguir un model simple (vegeu Cavalli-Sforza 1986a). En la història de la humanitat s'ha donat repetidament el cas que una o més innovacions tècniques han afavorit el creixement de la població. En el paleolític, les noves tècniques de caça com l'arc i la fletxa, l'arpó per pescar, les xarxes de caça i moltes altres (la història de les quals només es coneix molt aproximadament o no es coneix gens) probablement hagin afectat les taxes de creixement de la població. Clarament, entre les innovacions que són efectives per promocionar el creixement de població es troben les que augmenten i milloren l'aliment. Si es produeix un augment de població, encara que sigui lent, la pressió de la població augmentarà i es generarà la necessitat d'expansió geogràfica. Des del segle XVIII al XX, la població europea va experimentar un llarg període de creixement geogràfic i econòmic, malgrat les guerres i les epidèmies devastadores. Les sortides per a l'excessiu creixement de les poblacions europees eren les regions i els continents que llavors estaven poc habitats, com Amèrica del Sud i del Nord o Austràlia que van ser

poblats pels caucàsics, sovint provocant la desaparició dels nadius o confinant-los a petites reserves. Les nacions asiàtiques que estaven tan superpoblades com les índies o la xinesa, també es van establir en molts nous llocs fora dels seus països d'origen.

La introducció de la cria d'animals i de plantes ha determinat probablement el creixement de població i, per tant, l'expansió, potser més que cap altra innovació. La transició del paleolític al neolític és la transició de la recol·lecció d'aliment a les economies de producció d'aliment, i probablement va tenir el major efecte en l'augment de la densitat de població en la història dels humans: potser d'un habitant per deu quilòmetres quadrats a cent o mil vegades més (vegeu Ammerman i Cavalli-Sforza 1984). Va tenir lloc independentment en diverses àrees del món fa aproximadament entre 10.000 i 8.000 anys: les més importants van ser el Mitjà i el Pròxim Orient (on es van desenvolupar el blat, l'ordi i la domesticació de molts animals), el sud-est d'Àsia (arròs) i Mèxic (blat de moro i altres). Les tres plantes citades (blat, arròs i blat de moro) són encara els aliments bàsics en el món. Altres àrees importants de l'origen de l'agricultura es troben a Amèrica del Sud, al nord de la Xina i en el Sahel africà, just sota el Sàhara. L'origen de l'agricultura no és el mateix que l'origen d'una planta aclimatada, és l'origen d'una revolució cultural que inclou moltes innovacions i canvis de costums; a la pràctica, és l'origen de gairebé tota la cultura i l'economia d'un grup concret, no simplement una invenció. Aquesta revolució ha de tenir l'èxit suficient per difondre's. No obstant això, aquestes difusions eren sempre lentes. La de l'Orient Mitjà a l'extrem nord-oest d'Europa va tardar gairebé 4.000 anys. Es creu que l'expansió dels parlants de la llengua bantu es va originar a Nigèria fa uns 2.500 anys, afavorida per noves aclimatacions (probablement el mill, el sorgo i altres) i la utilització de la tecnologia del ferro, que probablement va tenir una importància considerable per obrir els boscos per a l'agricultura i els conreus. Fa cinc-cents anys va arribar al seu zenit a Zimbabwe. Penso que els lents índexs de dispersió s'han d'interpretar en el sen-



*Expansió dels nòmades de les estepes que parlaven llengües indoeuropees. Vegeu el mapa de la pàgina 19. Font: ICEM.*

tit que l'agricultura es va difondre més fàcilment pel canvi de lloc d'un granger que per la paraula, és a dir, per la migració de la gent més que per difusió cultural. El modern i multivariat mapa dels gens (Piazza et al. 1981) està realment d'acord amb això: mostra gradients concèntrics al voltant de les principals àrees de l'origen de l'agricultura, l'Orient Mitjà, Nigèria i l'Orient Llunyà. En un recent llibre amb Ammerman, hem discutit amb detall la hipòtesi que gran part de la difusió de l'agricultura pot ser deguda a la migració de grangers i així també als gens dels grangers.

### **Semblança d'àrees culturals i de conjunts genètics**

Juntament amb els col·legues Paolo Menozzi i Alberto Piazza, estem fent un atlas de freqüències del gen humà, i això ens ha donat l'oportunitat de preparar mapes geogràfics de gens humans, tant d'al·lels simples com de compostos, utilitzant tècniques multivariades que sintetitzen la informació de molts gens.

Aquests mapes construïts per ordinador són inevitablement més objectius i extensos que els existents anteriorment, i ofereixen una eina d'investigació interessant que complementa moltes altres propostes. Mostren clarament com són d'arbitràries les classificacions racials. De fet, són especialment poderosos per convèncer-nos dels dos principis més importants de la genètica humana. Un de molt conegut és que la variació hi és gradual. La segona conclusió xoca, només superficialment, amb aquesta primera: fins i tot si tota la variació geogràfica de les freqüències

dels gens humans és gradual, hi ha àrees genèticament més homogènies que d'altres. Mirant els mapes tricòmics obtinguts superposant els tres primers components principals l'un sobre l'altre amb colors diferents per a cadascun, de vegades es pot sintetitzar el cinquanta o el seixanta per cent de la variació corresponent a cinquanta o més gens (Menozzi et al. 1978; Piazza et al. 1981). Aquests mapes multivariats mostren que la variació és suficientment gradual, que cada classificació precisa no és satisfactòria, però també que hi ha una variació local en el pendent dels gradients observats de freqüències genètiques.

Hi ha àrees geogràfiques en les quals diversos gens, no solament un, tendeixen a mostrar cline.<sup>3</sup> Contràriament, hi ha àrees amb una homogeneïtat genètica més gran, com ens ho mostren de nou els mapes multivariats. Això pot ser cert a un nivell macrogeogràfic, quan es tenen en consideració àrees molt grans, i també a un nivell microgeogràfic. En altres paraules, hi ha regions en les quals el mapa de freqüències dels gens mostra gradients més inclinats, per terme mitjà, o és més heterogeni per canvis per deriva. Hi ha regions on és cert el contrari, és a dir, que genèticament són més planes. Però és important remarcar que gairebé mai no hi ha una discontinuïtat real; només hi ha variació espacial en les taxes espacials de canvi de les freqüències dels gens.

Davant el problema de trobar una classificació pràctica de les poblacions humanes, i en absència de tenir-ne una de satisfactòria donada per l'an-

3. Canvis graduals en la composició genètica de les poblacions en l'espai.

tropologia física, hem utilitzat l'única classificació completa existent dels grups ètnics humans: una classificació lingüística. De les cinc o sis mil llengües diferents que es parlen avui, podríem trobar dades genètiques per tres mil poblacions. Desgraciadament, per a moltes, de fet per a la majoria d'aquestes poblacions, les dades es limiten a un o a uns quants gens, la qual cosa no és suficient per a una anàlisi multivariada satisfactòria. Però hi ha un nombre significatiu de dades per a gairebé dues-centes poblacions.

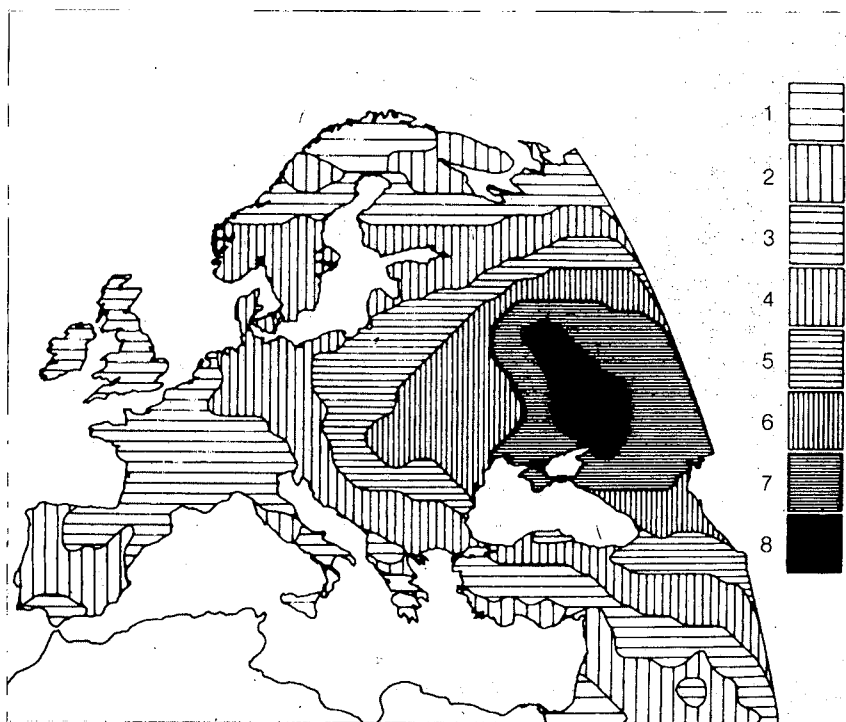
Encara que és difícil donar xifres exactes, no hi ha dubte que els grups humans definits lingüísticament mostren unes variacions dintre el grup bastant inferiors a les dels grups seleccionats només per criteris geogràfics. La correlació entre la variació genètica i la lingüística no és nova i ha estat profundament investigada amb resultats positius, per exemple, per Spuhler. Hom no pot astorar-se per les semblances quan aquest tipus d'anàlisi es porta més enllà, bé cap a un detall geogràfic més gran o a una extensió superior. Però si considerem una regió geogràfica definida per una homogeneïtat genètica més gran, podem esperar trobar-la (com a terme mitjà) també raonablement homogènia lingüísticament.

M'agradaria esmentar un exemple de correlació d'àrees lingüístiques i genètiques, que es va comunicar en un simposi sobre la genètica de les poblacions: un estudi microgeogràfic de l'illa de Sardenya, per A. Piazza i col·laboradors. L'estudi de la diferenciació lingüística es va basar en una anàlisi extensiva de paraules afins compartides. El del parentiu genètic es va fer de dues maneres: mesurant la isonomia, és a dir, la semblança en la composició dels cognoms de les poblacions, i estudiant la semblança en les freqüències dels gens. Els diagrames a partir dels cognoms i de la lingüística són molt semblants, i també ho és el de la genètica, encara que no tant. Això no és massa sorprenent, ja que els gens que avui estudiem van sorgir en un passat molt distant, mentre que els cognoms són d'origen recent (tres o quatre segles en aquesta àrea). Igualment, el conjunt dels gens es veu afectat per la migració d'ambdós sexes, i els cognoms només per la del masculí. Però, a banda d'aquestes limitacions, els

cognoms poden il·lustrar les semblances entre les poblacions més acuradament que els gens, que sovint provenen de mostres molt més petites i de menys al·lells. En el cas de Sardenya, per exemple, les dades dels cognoms provenien de les llistes de telèfons, i cobreixen una fracció important de tota la població. El nombre de cognoms és també en ordres de magnitud més gran que el dels gens estudiats. (Per a una anàlisi extensa de les dades sobre cognoms, vegeu Zei et al. 1984, 1986; Wijsman et al. 1984).

No cal dir que han d'existir discrepàncies entre les classificacions genètiques i les lingüístiques, que sovint són explicades per esdeveniments històrics coneguts, normalment una conquesta militar o política per una minoria agressiva. Aquests esdeveniments poden provocar la substitució completa d'una llengua en poques generacions sense una major substitució dels gens (encara que es puguin trobar senyals de la llengua antiga o dels nous gens). Donem alguns exemples de discrepàncies: els europeus són relativament homogenis genèticament, comparats amb la gent d'altres continents. Gairebé tots parlen llengües indoeuropees, que van més enllà dels límits d'Europa, fins a l'Índia. No solament l'hindi i la llengua iraniana s'assemblen a les llengües europees sinó que també els gens s'assemblen als gens europeus. Això no obstant, hi ha discrepàncies: els lapons, els finlandesos, altra gent del Bàltic est i els hongaresos parlen llengües de la família uràlica; i almenys en el cas dels últims, la invasió magiar del segle VIII al IX dona una simple explicació de la intrusió lingüística. Hi ha hagut una àmplia assimilació genètica d'aquests grups. Una altra excepció són els bascos, probablement una relíquia (segons Mourant) d'un poble protoeuropeu, molt d'acord amb la nostra explicació sobre l'expansió del neolític des de l'Orient Mitjà. Els bascos semblen haver conservat els seus gens i la seva llengua més eficientment que altres possibles poblacions relíquia.

Les àrees lingüístiques poden estar molt relacionades amb les àrees culturals. Guglielmino Matessi et al. (1983) va fer una investigació dedicada a la distribució geogràfica i a les correlacions dels trets culturals en l'Àfrica subsaha-



*L'expansió dels nòmades de les estepes es veu ben reflectida en el mapa del tercer component principal dels gens europeus. Vegeu el mapa de la pàgina 17. Font: ICEM.*

riana. Tots els trets culturals amb la família i el parentiu formaven un grup altament intercorrelacionat, a diferència d'altres trets culturals (relacionats amb l'economia general, el poder polític, la divisió del treball per sexes, la construcció d'habitatges, etc.). Els trets familiars i de parentiu mostraren una correlació més alta amb la lingüística i menor amb l'entorn, comparats amb la majoria dels altres trets. A l'Àfrica subsahariana, la llengua és probablement un marcador excel·lent dels models de fissió i de migració, i resumeix, la història evolutiva dels grups ètnics. Així, sembla que la família i el parentiu es conserven molt, probablement tant com la llengua. Aquest descobriment està d'acord amb l'expectativa, basada en l'obra de Feldman i meva (Cavalli-Sforza i Feldman 1981), que els trets familiars i de parentiu, suposadament transmesos en la família, han de ser transmesos mitjançant els mecanismes vertical i molts-a-un, que són els més conservadors.

A més, hi ha una bona correlació de gens i llengua a tot Àfrica, no solament a la part subsahariana. Per exemple, el treball sobre l'atlas de freqüències dels gens humans que juntament amb Menozzi i Piazza estem preparant, està aclarint que les àrees on es parlen les llengües de la branca cuixítica de la família afro-asiàtica, principalment Etiòpia, són diferents genèticament d'aquelles en les quals llengües d'altres branques afro-asiàtiques són la norma: Àfrica del nord, l'Orient Mitjà i Aràbia. Per tota aquesta extensa àrea no solament hi ha una semblança lingüística, sinó també genètica. De la mateixa manera, a l'Àfrica subsahariana la majoria de les poblacions parlen llengües nígero-kurdufanianes, i

mostren una homogeneïtat genètica relativa, si es mantenen al marge aquelles poblacions amb unes històries genètica i cultural molt específiques, com els pigmeus i els san (boiximans).

Donat que es poden esperar, i de fet es troben, moltes correlacions entre àrees genètiques i lingüístiques, com també entre àrees lingüístiques i àrees culturals adequadament definides, també s'han de trobar correlacions entre àrees genètiques i culturals. Potser el llibre més complet sobre això que podem trobar és francès: un llibre de Le Bras i Todd (1981) que mostra com es pot explicar la peculiar distribució geogràfica de molts indicadors demogràfics, socials i polítics a França a partir de la distribució de l'«estructura familiar». Seguint Le Play, un sociòleg francès del segle dinou, hom pot distingir tres tipus principals d'estructura familiar a França: (1) estrictament nuclear, en la qual el nou matrimoni és totalment independent dels pares; (2) àmpliament autoritària, on el patriarca pren totes les decisions; i (3) àmpliament igualitària, on hi ha una cooperació considerable per part de tots els membres de la família, i normalment una casa comuna. L'estructura familiar ha de ser heretada culturalment, i a partir del que acabem de dir al paràgraf anterior ha de ser —i ho és, en el cas de les societats africanes subsaharianes— altament conservada.

La distribució geogràfica de l'estructura familiar a França coneguda a partir de la història i de la moderna distribució geogràfica d'indicadors demogràfics relacionats, mostra correlacions molt significatives amb la història de les invasions i els poblaments bàrbars a la caiguda de l'Imperi Romà. Probablement, aquestes inva-

sions el van influenciar profundament, i potser també els costums dels pobladors anteriors. També es troben unes correlacions clares entre les distribucions geogràfiques d'aquests índexs demogràfics i les dels índexs socials i polítics. L'explicació que ofereixen Le Bras i Todd (més tard perfeccionada i difosa més enllà de les fronteres de França en un llibre posterior de Todd, 1985) és que les ideologies polítiques i socials es generen com a extensions naturals de l'individu dintre de la família. A. Piazza va dibuixar el mapa genètic multivariat de França gràcies a la meravellós col·lecció de dades obtingudes d'HLA i altres marcadors genètics clàssics, per Cambon i Ohayou, i part del projecte «Les provinces françaises». En aquest moment ja no hauria de sorprendre excessivament el fet que existeixin correlacions molt accentuades entre el mapa genètic i els indicadors demogràfics, socials i polítics de França.

### **Per què és tan forta la correlació entre els gens i la cultura?**

Certament, hom pot plantejar la hipòtesi que els gens determinen el comportament, i per tant la cultura, de manera que les diferències culturals simplement reflecteixen diferències genètiques. Avui, això pot semblar ingenu, però al segle passat era l'explicació gairebé universal de les diferències culturals. Potser avui encara la defensen alguns sociobiòlegs i alguns hereditaristes, i també, probablement més sovint del que pensem, l'home del carrer. Havent confirmat que realment existeix la correlació entre la cultura i els gens, i que aquesta és forta, hauríem de tornar a creure en la determinació genètica de les diferències culturals?

La resposta és no perquè hi ha una altra explicació perfectament legítima i convincent que hauria de considerar-se seriosament abans de fer qualsevol declaració sobre la determinació genètica a partir de comparacions entre cultures. El flux dels gens i el flux de la cultura corren pels mateixos camins, i són accelerats per les mateixes rutes o retardats per les mateixes barreres. Sempre és la gent que viatja, i la que pot difondre

gens o informació, i sovint ambdues coses. Naturalment, la situació ha canviat des del segle passat, i la informació pot divulgar-se molt més ràpidament i més eficientment sense que la gent es desplaci; però fins fa poc no n'hi havia una altra manera.

Donat que els camins i les barreres dels gens i la cultura són els mateixos, hem de trobar una alta correlació entre gens i cultura. Hom pot pensar que això és una declaració totalment trivial. Però no ho és en absolut si considerem que la naturalesa de la cultura exerceix una forta influència en la formació dels conjunts de gens. Després de tot, els conjunts dels gens estan determinats per qui es casa amb qui, i on s'estableix el matrimoni (vegeu, per exemple, Cavalli-Sforza i Hewlett 1982; Cavalli-Sforza 1986b). Aquestes coses estan determinades completament per costums i lligams culturals. Per tant, els conjunts de gens són la conseqüència dels conjunts culturals, i l'enfortiment de les barreres culturals juntament amb l'increment de les diferències lingüístiques i la consegüent disminució de l'intercanvi cultural automàticament faran que el flux dels gens disminueixi. Aquesta consideració pot servir per comprendre millor aquests paral·lelismes i interaccions: és natural per als genetistes mesurar l'exogàmia d'un grup comptant el nombre de parelles en les quals almenys un membre és d'un altre poble (o clan o grup). Els lingüistes creuen que les innovacions que arriben a la llengua com a «préstecs» d'altres llengües s'originen sovint en els matrimonis mixtos. En altres paraules, l'exogàmia genètica i la cultural (i el contrari, l'endogàmia) són sovint paral·leles.

Les correlacions entre les àrees genètiques i les culturals són tan bones que poden semblar inversemblants, com les que hi ha entre els mapes geogràfics que sintetitzen els gens francesos i el vot que va portar Mitterrand al poder. Jo trobo que l'explicació cultural és molt més simple i realista que qualsevol explicació sociobiològica. L'estructura familiar està molt conservada, per tant mostra unes fortes correlacions històriques amb els gens. La família és un microcosmos on s'adquireixen molts conceptes i valors. Llavors, l'individu tendeix a extrapolar-los al macrocosmos.

mos de la societat en general. L'ensenyament directe pares-fill només pot reforçar aquesta tendència. Les nostres observacions sobre la transmissió cultural dels trets religiosos i polítics dels estudiants de Stanford, i sobre la conservació dels trets familiars i de parentiu en les societats africanes, es complementen les unes amb les altres i amb les observacions franceses de manera reveladora.

En conclusió, hem de tenir en compte la història i les ciències socials per entendre la biologia humana. Aquest tipus de síntesi no és solament apassionant, sinó també necessària. Una conseqüència d'això és que si realment entenem les fortes interaccions i correlacions que han d'existir, i realment existeixen, entre els conjunts genètics i els culturals, només podem considerar com imperdonablement errònia l'explicació racista de totes les diferències ètniques.

## Referències

- AMMERMAN AJ., CAVALLI-SFORZA LL (1984) *The neolithic transition and the genetics of populations in Europe*. Princeton University Press. Princeton
- CAVALLI-SFORZA LL (1986a) "Population structure". In: gershowits H. Rucknagel DI. Tashian RE (eds) *Evolutionary perspectives and the new genetics*. Liss. New York. p 13
- CAVALLI-SFORZA LL (ed) 1986b) *African pygmies*. Academic Press. Orlando
- CAVALLI-SFORZA LL., BODMER WF (1971) *The genetics of human population*. Freeman. San Francisco
- CAVALLI-SFORZA LL. FELDMAN MW (1973) *Cultural versus biological inheritance: phenotypic transmission from parent to children (a theory of the effect of parental phenotypes on children's phenotype)*. *Ann J Hum Genet* 25:618-637
- CAVALLI-SFORZA LL., FELDMAN MW (1981) "Cultural transmission and evolution: a quantitative approach". In: May REM (ed) *Monographs in population biology*. Princeton University Press. Princeton
- CAVALLI-SFORZA LL., HEWLETT B (1982) *Exploration and mating range in African Pygmies*. *Ann Hum Genet* 46:257-270
- CAVALLI-SFORZA LL., FELDMAN MW., Chen KH., Dornbusch SM (1982) *Theory and observation in cultural transmission*. *Science* 218:19-2
- FELDMAN MW., CAVALLI-SFORZA LL (1976) "Cultural and biological processes, selection for a trait under complex transmission". *Theor Popul Biol* 9:238-259
- HEWLETT BS., CAVALLI-SFORZA LL (1986) "Cultural transmission among AKA Pygmies". *Am Anthropol* 88:922-934
- GUGLIELMINO MATESSI CR., VIGANOTTI C., CAVALLI-SFORZA LL (1983) *Spatial distributions and correlations of cultural traits in Africa*. Istituto di Analisi Numerica Consiglio Nazionale delle Ricerche Pavia Italy Spec Pub 383
- LE BRAS H., TODD E (1981) *L'invention de la France: Atlas anthropologique et politique*. Le Livre de Poche. Paris
- LIVINGSTONE FB (1968) *Abnormal hemoglobins in human populations*. Aldine. Chicago
- LÖEHLIN JC., NICHOLS RC (1976) *Heredity, environment and personality*. University of Texas Press. Austin
- MARTIN NG., EAVES LJ., HEATH AC., JARDINE R., FEINGOLD LM., EYSENCK HJ (1986) *Transmission of social attitude*. *PNAS* 83:4364-4368
- MENOZZI P., PIAZZA A., CAVALLI-SFORZA LL (1978) *Synthetic maps of human gene frequencies in Europeans*. *Science* 201 (4358):786-792
- PIAZZA A., MENOZZI P., CAVALLI-SFORZA LL (1981) *Synthetic gene frequency maps of man and selective effects of climate*. *PNAS* 78 (4):2638-2642
- RAO DC., MORTON NE., YEE S (1976) *Resolution of cultural and biological inheritance by path analysis*. *Am J Hum Genet* 28:228-242
- RAO DC., MORTON NE., LALOUEL JM., LEW R (1982) *Path analysis under generalized assortative mating*. II *American IQ. Genet Res* 39:187-198
- RICE J., CLONINGER CR., REICH T (1980) *Analysis of behavioral traits in the presence of cultural transmission and assortative mating: applications to IQ and Ses*. *Behav Genet* 10:73-92
- ROGERS EM (1962) *Diffusion of innovations*. Free press of Glencoe. Collier-Macmillan.. Galt
- SCARR S., WEINBERG RA (1976) *IQ test performance of black children adopted by white families*. *Am Psychol* 31:726-739
- SPUHLER JN (1979) "Genetic distances. Trees and Maps of North American Indians". In: Laughlin WS. Harper AB (eds) *The First Americans*. G. Fisher. N. York and Stuttgart
- THOMPSON E (1972) *Rates of change of world ABO blood-group frequencies*. *Ann Hum Genet* 35:357-361
- TODD E (1985) *The explanation of ideology: family structures and social systems*. Basil Blackwell. Oxford
- WIJSMAN E., ZEI G., MORONI A., CAVALLI-SFORZA LL (1984) *Surnames in Sardinia II. Computation of migration matrices from surname distributions in different periods*. *Ann Hum Genet* 48:65-78
- WOLF AP., HUANG CHIED-SHAN (1980) *Marriage and adoption in China. 1850-1950*. Stanford University Press. Stanford
- ZEI G., MATESSI RG., SIRI E., MORONI A., CAVALLI-SFORZA LL (1983) *Surnames in Sardinia I. Fit of frequency distributions for neutral alleles and genetic population structure*. *Ann Hum Genet* 47:329-352
- ZEI G., PIAZZA A., MORONI A., CAVALLI-SFORZA LL (1986) *Surnames in Sardinia III. The spatial distribution of surnames for testing neutrality of genes*. *Ann Hum Genet* 50:169-180