



# SOCIETATS I ECOSISTEMES: UNA VISIÓ EVOLUTIVA

Jaume Terradas i Serra

INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS  
SECCIÓ DE CIÈNCIES BIOLÒGIQUES  
BARCELONA, 2005

SOCIETATS I ECOSISTEMES:  
UNA VISIÓ EVOLUTIVA



INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS  
SECCIÓ DE CIÈNCIES BIOLÒGIQUES

SOCIETATS I ECOSISTEMES:  
UNA VISIÓ EVOLUTIVA

Discurs de recepció de  
JAUME TERRADAS I SERRA  
com a membre numerari de la  
Secció de Ciències Biològiques,  
llegit el dia 7 de novembre de 2005

BARCELONA  
2005

Biblioteca de Catalunya. Dades CIP

**Terradas, Jaume**

Societats i ecosistemes : una visió evolutiva

Bibliografia

ISBN 84-7283-796-3

I. Institut d'Estudis Catalans. Secció de Ciències Biològiques II. Títol

1. Evolució 2. Ecosistemes 3. Home — Influència sobre la natura  
575.8(042)

Disseny de la coberta: Maria Casassas

© Jaume Terradas i Serra

© 2005, Institut d'Estudis Catalans, per a aquesta edició

Carrer del Carme, 47. 08001 Barcelona

Primera edició: octubre de 2005

Tiratge: 600 exemplars

Text revisat lingüísticament per l'Oficina de Correcció i Assessorament Lingüístics de l'IEC

Compost per Anglofort, SA

Carrer del Rosselló, 33. 08029 Barcelona

Imprès a ALTÉS arts gràfiques, SL

Carrer de Cobalt, 160. 08907 L'Hospitalet de Llobregat

ISBN: 84-7283-796-3

Dipòsit Legal: B. 37104-2005

Són rigorosament prohibides, sense l'autorització escrita dels titulars del *copyright*, la reproducció total o parcial d'aquesta obra per qualsevol procediment i suport, incloent-hi la reprografia i el tractament informàtic, la distribució d'exemplars mitjançant lloguer o préstec comercial, la inclusió total o parcial en bases de dades i la consulta a través de xarxa telemàtica o d'Internet. Les infraccions d'aquests drets estan sotmeses a les sancions establertes per les lleis.

## Introducció

Els problemes del medi ambient han originat una gran quantitat d'estudis per a fer diagnosis, desvetllar connexions o proposar solucions, així com aproximacions més aviat líriques o religioses i un considerable feix de reflexions filosòfiques sobre les relacions entre l'home i la natura, amb tot el ventall que va des del reduccionisme més positivista fins a l'holisme, des dels punts de vista que integren l'home i les seves societats dins la natura fins als que insisteixen en el dualisme irreductible home-natura o cultura-natura. Ací donaré una síntesi, que serà necessàriament simplista en tan poques planes, d'una manera d'entendre l'home i les societats des de l'òptica de l'evolució que podria ajudar a afrontar sobre una base més enraonada la qüestió ambiental.

L'Univers, la matèria, la vida que avui existeixen són el resultat de processos històrics, evolutius, constructius i destructius. La biologia ens permet situar l'home i la ment humana en el context de la vida en evolució. L'home és part de la natura i ha evolucionat dins la natura, juntament amb els canvis que s'han produït en el medi i en altres organismes. L'ecologia ens parla de l'home com un component dels ecosistemes. Partiré de la idea que l'evolució de la vida sobre la Terra no és només una qüestió de canvis genètics, com els biòlegs tenim tendència a pensar. És també una qüestió de canvis de relacions entre espècies i estructures fisicoquímiques i moltes vegades es basa en l'establiment d'associacions entre organismes. Aquesta manera d'entendre l'evolució, més àmplia que la purament genètica, inclou processos constructius i destructius que també es donen en l'evolució de societats, tecnologia i altres sistemes complexos. Ortega, a *La España invertebrada*, parla de l'historiador Mommsen, per qui «la història de tota nació és un vast sis-

tema d'incorporació». La incorporació, aclareix Ortega, no és mera expansió del nucli inicial. Doncs bé, arreu, i no només en la història dels imperis, els processos històrics de creixement de la complexitat impliquen incorporacions i no mers processos «expansius» d'un nucli inicial. En l'evolució de la matèria, de les partícules als àtoms, a les molècules, a les galàxies, als eucariotes, als ecosistemes, també hi ha processos d'incorporació en nous sistemes més complexos. Les incorporacions poden ésser definitives o mantenir una conflictivitat (a Catalunya en som ben conscients i Ortega també n'era, des de la seva òptica). La complexitat augmenta a passos més o menys lents, i de tant en tant hi ha processos, la majoria de vegades catastròfics, de perturbació o destrucció. Aquesta versió ampliada de l'evolució no abandona una molt bona dosi de darwinisme; la persistència dels nous sistemes formats per agregació o incorporació segueix passant en general per un filtre selectiu extern.

## Noves idees en l'evolució biològica

Comencem per l'evolució biològica. Un principi general és que tota evolució és *coevolució*: els organismes evolucionen en relació amb la presència d'altres organismes, i també hi ha coevolució, forçant una mica el terme, entre organismes i medi. La nostra comprensió dels processos de tria que determinen la història de l'evolució biològica té com a bases la selecció natural darwiniana i la deriva genètica. El neodarwinisme va centrar els mecanismes productors dels canvis sobre els quals actua la selecció en les *mutacions* favorables, desfavorables o neutres i les *recombinacions* o *translocacions* de fragments de DNA. La visió actual crec que no és ja ben bé la del neodarwinisme, o no hauria de ser-ho. El canvi evolutiu no es dona exclusivament per mutacions i altres variacions més o menys petites del genoma de cada espècie. Hi ha una sèrie de temes que han adquirit una importància creixent. En primer lloc, el genoma no és una seqüència lineal homogènia, en què els gens se seleccionen un a un, sinó un sistema jeràrquic modular, en què hi ha: fragments codificadors estables associats a proteïnes i grups de reaccions que s'han mantingut constants en la majoria d'organismes al llarg de molts milions d'anys; fragments que s'han reordenat o han creat nous conjunts i noves funcions, i parts molt més variables. Alguns conjunts de gens són com caixes d'eines que s'empren per a fer coses diferents en contextos diferents. Aquesta organització jeràrquica i modular és un fet essencial del qual el neodarwinisme crec que no ha extret, almenys de moment, totes les conseqüències. Implica que hi pot haver incorporacions sobtades de mòduls i reorganitzacions jeràrquiques igualment sobtades. El fenomen de la *simbiosi* ha permès salts evolutius extremament importants, com el pas de procariotes a eucario-

tes, i l'adquisició de *paquets* funcionals, com la capacitat de respiració aeròbia (mitocondris) o de fotosíntesi (plastidis). Es tracta de mecanismes constructius d'organització i d'incorporació, potser anàlegs (no homòlegs, certament), en certa manera, als que Mommsen assenyalava per als imperis.

Les idees més recents situen en l'origen de la vida no pas un organisme primordial sinó una mena d'ecosistema químic protobiòtic, amb vesícules que aïllen parcialment conjunts de reaccions, i amb material genètic intercanviat amb força fluïdesa. Avui, encara, els procariotes sembla que intercanvien material genètic entre *espècies* d'una manera molt més promíscua del que permet la reproducció sexual dels eucariotes. L'organisme eucariota, a partir de la teoria de l'endosimbiosi, apareix com una mena de joc de nines russes. Hi ha algues que s'han format mitjançant, fins i tot, quatre processos simbiòtics successius, en què un organisme més petit s'integrava en un de més gran. Un procés força misteriós, però que encara es dona avui en les plantes amb força freqüència, és la integració, almenys parcial, del genoma de l'organisme allotjat al nucli de l'organisme hoste.

La significació de les simbiosis va més enllà de la cèl·lula. La conquesta del medi terrestre per plantes vasculars, crucial en la història de la vida, sembla que ha exigint una simbiosi entre un vegetal i un fong. Van ser, segons sembla, les habilitats dels micelis fúngics, les que van permetre l'extracció de recursos en un medi advers. Avui, la immensa majoria de les plantes vasculars tenen micorizes com a resultat de la simbiosi amb fongs. La relació de simbiosi entre plantes i fongs o bacteris no és senzilla. Com en els matrimonis, hi pot aparèixer conflictes, i se sap que les plantes poden *desconnectar* els simbiotes si aquests no els donen el que necessiten. Certs gens de les plantes fan possible l'establiment de la relació simbiòtica: el fong envia missatges químics en forma d'aminoàcids que activen una resposta d'aquests gens, que, al seu torn, permeten la formació de la micoriza. Aquests gens probablement van evolucionar en relació amb la presència del fong, però els mateixos gens formen un *mòdul* que regula l'admissió de les infeccions per bacteris fixadors de nitrogen en les lleguminoses i algunes altres plantes, un altre tipus de simbiosi de gran importància en el funcionament dels ecosistemes terrestres. Un descobriment que s'acaba de publicar (Imaizumi-Anraku *et al.*, 2005) és que l'entrada de fongs i bacteris simbiotes a les arrels de les plantes depèn, de manera crucial, de proteïnes que es produeixen als plastidis, i per tant l'admissió de nous simbiotes està regulada per un endosimbiont antic, de manera que es reforça la idea d'una evolució constructivista per incorporació i la metàfora del *bricolatge de la vida*, com acostuma a dir François Jacob.

Hi ha força animals que presenten simbiosis amb algues i, gràcies a això, tenen capacitats molt útils per a la seva supervivència. El cas més conegut és el dels coralls, que poden tenir més d'una alga simbiote. La relació pot des-



fer-se com a conseqüència de petits canvis ambientals, que porta a l'empal·lidiment i mort del corall —i, de vegades, pot haver-hi una reinvasió del corall per algues. Molts dels organismes que han colonitzat les aigües profundes dels oceans també han necessitat la simbiosi amb microorganismes bioluminiscents. Això ha estat essencial per a la captura de preses, la fugida davant de depredadors o per tal de trobar parella. La lliçó que podem extreure dels processos de simbiosi és que la coevolució és tan intensa que arriba a construir organismes complexos, mixtos, amb noves habilitats. Es donen molt sovint i de cap manera no estan limitats a l'exemple, abans quasi únic als llibres de text, dels líquens.

### Interaccions ecològiques

Les simbiosis, encara que quasi omnipresents, són casos extrems d'incorporació, però són molt més freqüents els casos de mera cooperació entre espècies. Sense integració dels genomes, ja no parlem d'evolució en el sentit estricte de la genètica, però l'establiment de nexes entre espècies suposa de fet una evolució de la vida a un altre nivell, ecològic —construcció de xarxes tròfiques i ecosistemes. La literatura biològica mostra un interès més gran per esbrinar les relacions *depredador-presa* o de competència que per les *mutualistes*, potser com a resultat del pes de factors ideològics i d'entorn social en les decisions sobre què cal o no cal estudiar. Mentre el mateix Darwin va dedicar moltes hores a l'observació de relacions de pol·linització i d'altres que impliquen intercanvi de serveis entre espècies, molts naturalistes posteriors van creure que la «lluita per la vida» s'expressava més bé en relacions de depredació o competència, les quals, i no per casualitat, s'assemblaven a les que el capitalisme considerava mecanismes bàsics del funcionament del mercat i les empreses. La prova que la ideologia influeix en aquesta perspectiva, ens la dóna també que un dels primers defensors de la importància del mutualisme a la natura —del qual la societat hauria d'aprendre alguna cosa— fos el príncep anarquista Kropotkin.

Si prescindim de propensions ideològiques a exaltar més un tipus de relacions o altre, el cert és que les relacions entre espècies cobreixen tota la gamma, de la fusió simbiòtica de dues espècies en una a la depredació, passant per simbiosis més febles i no internalitzades o fins i tot oportunistes, a cooperacions ocasionals, a trofobiosis —el nom tècnic de les relacions del tipus de la domesticació de fongs per formigues o de vaques per homes—, a esclavització, parasitisme, mimetisme i altres enganys molt variats, robatoris, competència i depredació. La coevolució produeix tota aquesta immensa varietat de combinacions en un joc que no s'ha de limitar a dues espècies i que genera la complexitat extrema dels sistemes ecològics. Els models ha-

bituals de xarxes tròfiques dels llibres de text de batxillerat o dels materials de divulgació reflecteixen de manera molt pàl·lida aquesta complexitat, ja que només inclouen fluxos materials i energètics i no s'hi diferencien individus per edats o fases del cicle de vida. En qualsevol cas, el que ens importa ara és que la formació d'una xarxa de relacions en un ecosistema és també un procés constructiu d'incorporació.

Com en qualsevol sistema complex, en un ecosistema hi ha diferents escales d'organització, amb relacions causals des de les escales més petites fins a les més grans i constriccions de les més grans sobre les més petites, fet que obliga l'ecòleg a procedir en les dues direccions: des del determinisme de les causes més elementals, com la taxa de fotosíntesi de les fulles, per a construir *models mecanicistes* que expliquin, cap amunt, comportaments de conjunt del sistema; o des de les condicions més generals, com el clima, la topografia, el paisatge, la societat o la cobertura foliar, que aclareixin les *constriccions* que limiten el desenvolupament del sistema, de dalt a baix.

Les *xarxes* ecosistèmiques tenen punts de similitud i relacions molt fortes amb altres xarxes, com les gèniques o les socials, també jerarquitzades en escales. Això ha despertat molt d'interès per entendre el paper de variables com la connectivitat o la diversitat, o per estructures de connexió en *món petit* i per la manera com les organitzacions complexes tendeixen espontàniament a situar-se *a la vora del caos*, ni massa connectades com per a provocar la congelació del sistema, ni massa poc com per a fer-ne impossible la persistència. Les xarxes resulten d'un procés constructiu d'incorporació, en què cada organisme influeix en el canvi del medi que, al seu torn, actua com a filtre selectiu sobre la generació següent, de manera que hi ha un procés doble d'herència genètica i ecològica, amb un acoblament coevolutiu entre selecció i construcció del medi, entre ús de recursos i evolució de l'eficiència en aquest ús.

La consideració d'aspectes pràctics, com en el cas de la biologia de la conservació, ens duu a noves reflexions teòriques. Què passa quan dos sistemes complexos entren en contacte de manera brusca? Les relacions no solen pas ser simètriques, i el *principi de Sant Mateu*, de què Margalef parlava tan sovint, sembla que funciona de manera inflexible. El sistema més complex i organitzat tendeix a aprofitar-se de la connexió per a xuclar recursos de l'altre i incrementar-ne encara més l'organització, mentre el més senzill perd elements i connexions internes, i s'hi accelera el pas de l'energia. Tant se val que parlem de dues espècies, de dos nivells tròfics, de dos ecosistemes o de dues societats, els efectes sobre el grau d'organització són d'increment en un pol i reducció a l'altre pol. Quan es produeix la simbiosi que dóna lloc a la cèl·lula eucariota, mitocondris o plastidis s'integren en un sistema més gran i perden autonomia i una bona part dels seus genomes, que s'incorporen al nucli. Quan s'introdueixen ramats d'herbívors, la vegetació llenyosa, més organitzada per l'estructura que li dóna la fusta, és substituïda per prats

d'herbes de taxa de renovació més ràpida i estructura més senzilla. Quan l'home explota un ecosistema terrestre o marí, el simplifica i tendeix a fer que predominin espècies de vida curta i regeneració ràpida: les espècies explotades veuen com avança la seva maduresa sexual i com augmenta la producció; l'imperialisme militar o econòmic enriqueix la metròpoli i desballesta l'organització cultural i social de la colònia (Terradas, 2003). Les extrapolacions d'una ciència a una altra sempre són dubtoses, però algunes de les similituds assenyalades podrien no ser meres analogies i relacionar-se amb propietats comunes dels sistemes complexos.

Ara tornem a l'ecologia. El punt crucial —tant de la resolució dels problemes ambientals com del progrés de la teoria ecològica— jo crec que rau en el paper de l'home en la natura (Margalef, 1988).

## El paper de l'home

L'home, el veiem, des de Darwin, com una espècie que ha evolucionat, com les altres, per enfrontar-se a les condicions del seu medi. No cal dir que el que més dificultats ha suposat per a una interpretació evolutiva de l'home és la ment. Encara que Freud ja va creure que en aquest camp havia fet una revolució copernicana, ha estat sobretot la *psicologia evolutiva* la que, recentment, ha descartat una sèrie de mites fortament arrelats sobre aquesta qüestió, començant per decantar el vell debat sobre la natura humana (no cal dir que hi ha resistències) i aclarint que l'home no és, en néixer, una taula rasa, i que no ha existit mai el bon salvatge rousseunià. El cervell no està acabat de configurar al naixement, és cert, i això explica la importància dels primers estadis de la vida, que inclouen necessàriament les relacions socials, en el desenvolupament de la personalitat, però tot i així una bona part dels trets de la personalitat són hereditaris i hi ha pautes bàsiques, que dirigeixen la posterior organització d'habilitats tan importants com el llenguatge, que també les portem de fàbrica. Un altre mite relatiu a la ment que s'esvaeix és el dualisme heretat de Descartes (Pinker, 2002). Ment i cervell són inseparables. No existeix el «fantasma dins la màquina», l'esperit que comanda els controls físics del cervell. Les nostres capacitats mentals descendeixen evolutivament de les dels animals: el reconeixement de la relació causa-efecte es troba en molts animals; l'autoconsciència i el reconeixement de consciència en altri, només en aquells animals que tenen cervells més evolucionats. En l'evolució dels primats, i sobretot dels homínids, s'han produït canvis importants en aquestes capacitats i ha aparegut el llenguatge, capaç de transferir imatges generades al cervell entre individus, però probablement fins i tot això es donà abans de l'home modern, en homínids ja extingits com l'*Homo erectus* o l'*Homo neanderthalensis*.

L'home és, doncs, una espècie evolucionada com les altres, en un procés històric en què han intervingut l'atzar i una activa selecció natural. El nostre genoma és molt semblant al d'altres primats, i compartim parts significatives d'aquest genoma amb molts altres organismes, més amb els mamífers i menys —però també algunes— amb el llevat de la cervesa. En l'origen de la diferenciació dels homínids en relació amb altres primats —en particular, la branca que duu als ximpanzés moderns— sembla que hi hagué un canvi climàtic, que generà l'aparició de grans extensions de sabanes a l'Àfrica, una mostra de la contingència en els processos evolutius. Un altre exemple de contingència és que la nostra espècie mostra proves genètiques d'haver passat per un coll d'ampolla: tots procedim d'una població de pocs centenars o algun miler d'individus africans, motiu pel qual presentem una homogeneïtat genètica tan gran. Les insòlites capacitats mentals de l'home tenen una construcció modular —com passa sovint en l'evolució— i els conflictes que patim entre emocions i pensament són resultat del bricolatge: damunt d'un cervell preexistent que regeix emocions i vida vegetativa, es desenvolupà una peça quasi nova que permet el pensament abstracte i simbòlic però no prescindeix de l'anterior cervell.

Però ara m'agradaria examinar altres qüestions. De vegades estem tan segurs de la nostra individualitat que oblidem que el nostre cos, ell mateix, és un ecosistema. La nostra capacitat per a alimentar-nos està associada al fet que allotgem una multitud d'organismes, sobretot al nostre intestí. Per ells, nosaltres som el seu medi. Hem coevolucionat i moltes de les nostres capacitats són, en realitat, capacitats d'ells que hem adquirit en incorporar-los, de manera que ens hem convertit en el seu medi. Hem de veure els organismes superiors, doncs, com a complexos en què intervenen molts altres organismes suposadament més primitius, però amb extraordinàries propietats, amb els quals ens uneixen relacions que oscil·len entre el parasitisme i la simbiosi, i que, de fet, poden canviar en funció de les condicions de cada moment. Plagues que ens maten poden, evolutivament, esdevenir companys habituals i benignes, i amables procarïotes que acostumen a facilitar-nos la digestió poden esdevenir cruels devoradors dels nostres teixits quan la cirurgia o les ferides els fan arribar on no toca.

Cadascun de nosaltres és un ecosistema ambulant, però, a més, l'espècie humana és *social*. Les societats són resultat de processos d'incorporació mutualista d'individus en una organització creixent. Hi ha moltes espècies que formen colònies i algunes que són socials, com passa en les formigues i els tèrmit. En les espècies socials, hi ha col·laboració, divisió de funcions i comunicació. Igual que en el cas de l'evolució de la ment, l'evolució de la sociabilitat apareix en diferents branques evolutives, sobre estructures que poden ser també diferents —l'evolució del cervell i de l'emissió de sons es basa en estructures diferents en els dofins i les orques, en els lloros i els corbs, o en els primats. La sociabilitat implica una propensió genètica a la coope-

ració, sobre la qual s'ha discutit molt. Un dels termes més debatuts és el de l'*altruisme*. Els avantatges de l'altruisme recíproc i la selecció de parents han estat reconeguts en moltes espècies, però en l'home s'ha defensat l'existència d'un altruisme fort, que pot dur al sacrifici de l'individu en benefici d'altres no emparentats, sense un avantatge genètic (Fehr i Fischbacher, 2003). Hi ha moltes interpretacions possibles, amb idees com les del paper del prestigi en les societats humanes o que les respostes emocionals altruistes en els homínids hagin evolucionat en grups petits d'individus caçadors recol·lectors amb un fort grau de parentiu entre ells —l'altruisme heroic seria, des d'aquest punt de vista, un vestigi evolutiu de la selecció de parents sense gaire sentit en les multitudinàries societats modernes.

Com l'individu, ecosistema ambulat, les societats incorporen altres espècies. Això també té els seus precedents en els fenòmens de trofobiosi que es donen en insectes eusocials amb fongs i amb altres insectes. Però en el cas de l'home adquireix un enorme desenvolupament, que a més és molt recent, per la *domesticació*. El primer company de l'home va ser el gos, la domesticació del llop va començar fa divuit mil anys, o més. La resta de domesticacions es van produir totes a partir de fa només uns deu mil anys, i això va determinar un canvi cultural i de relació amb el medi extraordinari. Sobre aquest procés també hi ha molts mites. Avui sembla que els caçadors recol·lectors estaven més ben alimentats i havien de treballar menys que els primers agricultors i ramaders. La transició a agricultors ramaders devia ser forçada per canvis climàtics i/o per la reducció de preses resultant d'aquests canvis. La domesticació implica un procés de selecció, que inicialment va ser no dirigida, ja que no hi havia models amb què orientar-se: simplement, es conservaven exemplars que tenien característiques més *amables* i s'eliminaven els altres. Les àrees en què es va iniciar el neolític probablement van ser àrees en què hi havia un cert nombre d'espècies particularment aptes per a la domesticació —poques ho són—, tant de plantes com d'animals, i en què la vida tradicional caçadora recol·lectora havia esdevingut difícil. Més que inventar del no-res, l'home, com els prínceps de Serendip, trobava meravelles que la seva ment sabia apreciar i incorporar a la societat i a la cultura (Rindos, 1990). Les cultures agrícoles i ramaderes impliquen l'aparició d'un nou tipus de societats; les anomenaré *societats mixtes*. Alguns animals domèstics —vaques, cavalls, cabres, porcs, etc.— viuen amb els homes, sovint a les mateixes habitacions, comparteixen amb ells els seus microbis —això va provocar, segons sembla, una forta minva de la salut en la transició entre caçadors recol·lectors i agricultors ramaders, fins que els homes van desenvolupar defenses contra els microbis patògens dels animals. Són estimats i reben noms. Formen part de la societat, i de vegades es prefereix salvar un animal bàsic per a la família que una persona —ancià o nen. Les societats mixtes constitueixen un nou estadi evolutiu, resultat del mecanisme d'incorporació.

Algunes espècies són *enginyeres*, transformen el territori per aprofitar-ne els recursos. Margalef solia posar els exemples dels arbres, els fongs amb els seus micelis, els insectes eusocials, els coralls, els estromatòlits i, per descomptat, l'home. Assolir el control d'un territori al seu voltant, amb les branques i les arrels, garanteix el flux de recursos de llum, aigua i sals minerals cap a una planta, i la capacitat de fabricar fusta incrementa el territori sota control. L'home ha desenvolupat molt aquesta habilitat de transport, gràcies, és clar, a l'evolució de la ment i la vida social, i gràcies a aquesta recent etapa de les societats mixtes, amb animals que incrementen la capacitat de transport i transformació de l'espai —llaurar el sòl, arrossegat troncs, transportar collites, viatjar a territoris més allunyats en igual temps. La capacitat de transport lligada als animals permet l'intercanvi i l'aparició de mercats a distàncies a trenta o quaranta quilòmetres on es pot arribar un o dos cops la setmana.

La substitució en el transport de l'energia biològica humana i de la dels animals com el cavall o el bou per energia del vapor, la benzina, els gasos o l'electricitat incrementa les possibilitats de control de territoris extensos i la creació de mercats més grans. Això és un pas més en l'evolució de les societats humanes, prou conegut però molt recent. Les petites societats d'homínids caçadors recol·lectors en què es produí la nostra evolució biològica han durat milions d'anys. Només fa cent cinquanta anys que les societats mixtes han incorporat —com a elements fonamentals del seu funcionament— les màquines mogudes per energies procedents de combustibles fòssils. Aquest procés, la *industrialització*, suposa un canvi radical en l'evolució humana i la relació que té amb el medi. Si l'agricultura i la ramaderia havien canviat de manera espectacular els paisatges —i ecosistemes sencers havien estat desplaçats entre continents durant l'era de les societats agrícoles imperials—, l'era industrial provoca un canvi que incideix —encara més que els de l'estructura del paisatge— en el *metabolisme* de les societats mixtes i del conjunt de la biosfera —un canvi que comença a afectar també la composició de l'atmosfera i el clima, un canvi global.

L'evolució de les societats mixtes, ara compostes per homes, espècies associades i màquines mogudes per combustibles fòssils, no s'atura. La relació amb els animals domèstics canvia, ja que els animals productius perden la identitat i la proximitat familiar a l'home, passen de la domesticació a l'esclavitud, són confinats en granges en pèssimes condicions i tractats com a objectes que donen carn, llet, ous, menjar per a l'home, sense cap respecte per la seva llibertat de moviments o, deixeu-m'ho dir, la seva felicitat. Això genera protestes i algunes legislacions que crec i espero que aniran a més. D'altra banda, els animals domèstics de companyia reben un tracte molt diferent, de vegades quasi humà, ja que són objecte de cures, se'ls aplica l'ortopèdia, se'ls envia de vacances i, de vegades, se'ls enterra amb rituals.

En l'home, l'evolució cultural complementa i eixampla molt, és clar, les possibilitats. Hi ha també coevolució entre organismes i cultura —com diuen Cavalli-Sforza i Feldman (1981)— i així es construeix el medi que exerceix pressió alhora sobre gens i cultura. Alguns (Aunger, 2004) creuen que es pot parlar d'una unitat replicativa comparable al gen, el mem, i que aquest té una realitat física en el cervell, així que els artefactes expressen mems i són alhora transmissors de mems entre cervells humans, amb possibilitat de canvi i evolució selectiva. En tot cas, cultura i tecnologia evolucionen. Els artefactes s'incorporen a les societats. El desenvolupament de l'electrònica condueix a la construcció d'aparells cada cop més sofisticats. La tendència és que la robòtica aporti *nous elements actius* en aquestes societats; d'una banda, per fer treballs auxiliars —inclosa l'atenció a malalts—; de l'altra, per produir pròtesis (Brooks, 2003). S'anuncia un pas en una doble direcció: l'evolució biològica humana —i d'espècies domesticades— es complementarà amb elements no biològics, que permetin recuperar habilitats perdudes —per exemple, la visió—, de manera que els éssers humans del futur seran cada cop més ciberhumans, i la vida social es completarà amb els robots. Des d'un punt de vista evolutiu, tot això és perfectament lògic: l'home aprèn a emprar en benefici propi —individual o col·lectiu, i per això la tecnologia no té garantit el bon ús— i *incorpora* qualsevol recurs o material que trobi al seu entorn o que pugui ser generat per transformació. I amb això canvia el territori, el medi al seu voltant o el propi cos.

L'enginyeria genètica s'ha de veure en aquest context. Si podem canviar les característiques biològiques de l'home —per exemple, inserint gens que inhibeixin altres gens determinants de l'aparició de malalties—, ho farem. Potser trobarem gens que ens donin habilitats que ara no tenim. Tot això ens duu a la ciència-ficció i també a les comissions d'ètica sobre el que és lícit de fer i el que no ho és. Pere Puigdomènech en va parlar amb més autoritat que jo en un acte com aquest fa ben poc. Els filòsofs tenen ací un ampli camp per a la discussió, com han demostrat recentment Habermas —per cert, Premi Catalunya fa pocs anys— i Sloterdijk, amb la seva polèmica sobre un cèlebre discurs del segon (Sloterdijk, 2000), que va exposar el fracàs de l'humanisme tradicional —guerres mundials— i la incapacitat de l'escola, que l'humanisme veia com a via de «domesticació» de la natura humana, per a enfrontar-se amb altres formes d'«educació», com la televisió o els jocs d'ordinador i, en general, amb la cultura de l'espectacle i la propaganda, de l'embrutiment de les masses. Sloterdijk va presentar la hipòtesi que s'arribés a emprar l'enginyeria genètica per a fer homes més predisposats a viure en pau i harmonia. No cal dir que es va fer un gran escàndol, encapçalat per Habermas, que veu en la hipòtesi de Sloterdijk una reivindicació de l'eugenèsia feixista. Tanmateix, el tema no és tan senzill. L'eugenèsia positiva, decidida pels pares, per a fer que els seus fills puguin ser millors, més sans i

més feliços, no és igual que l'eugenèsia racista imposada per l'Estat. Les argumentacions de Habermas —basades en la dignitat de l'home des de l'embrió— mereixen consideració pels perills que comporta prendre decisions que afectin la natura humana, però quins pares —que no fossin fanàtics sectaris— no estarien d'acord que el seu fill rebés un fragment de DNA que li estalviés de desenvolupar als quaranta anys una corea de Huntington, si això fos tècnicament possible? Algunes malalties genètiques ja poden ser predites des del fetus i si tenen remei amb una manipulació, genètica o no, és segur que s'aplicarà. A partir d'ací no hi ha límits clars i escandalitzar-se és perfectament inútil. Un sistema de prohibicions sobre la recerca genètica que retardi la solució de malalties greus és una bestiesa. D'altra banda, no cal patir abans d'hora, ja que no és imminent que es puguin modificar per via genètica aspectes morals del comportament, perquè encara en sabem massa poc i les interaccions culturals són massa importants. És evident que la manipulació ideològica és una realitat molt més propera i inquietant que la genètica i, per exemple, una societat «embrutida», amb una escassa consciència democràtica, pot ser molt feble davant de nous fonamentalismes o despotismes de diferents signes.

Deixo aquests temes vidriosos a les comissions d'ètica, i torno a la qüestió de les relacions entre home i natura. He esmerçat la major part d'aquest discurs a exposar que l'home és un ésser natural, part de la natura, que evoluciona primer biològicament i després biològicament i cultural. He explicat que, espècie enginyera i social, transforma el medi al seu voltant i que, en augmentar la seva capacitat de transport i mobilitat, expandeix la seva presència i els intercanvis a escala global. I, naturalment, també expandeix els impactes de les seves societats. Això ja ho fa amb l'agricultura, que canvia la cobertura del sòl sobre una molt vasta part dels continents, fins al punt que es considera que l'apropiació humana de la producció primària pot ser de prop del 40 % de la total. També ho fa amb la ramaderia, ja que un 25 % del metà que arriba a l'atmosfera procedeix dels eructes dels nostres ramats de rumugants. Ho fa amb la crema de combustibles fòssils, a partir de l'estadi industrial, que incrementa la concentració de diòxid de carboni i altres gasos d'efecte d'hivernacle a l'atmosfera de manera molt ràpida, i amb les emissions de productes clorats que alteren la capa d'ozó i deixen arribar més radiació UV. L'evolució de la vida social de l'home es complica cap a societats mixtes amb altres espècies i amb la incorporació, també coevolutiva encara que per la via cultural, d'artefactes, alguns dels quals amb una participació cada cop més activa en la vida social. I dic també *coevolutiva* perquè tots els estudiosos de la cultura accepten que hi ha una relació, si es vol dialèctica, entre l'home i els seus artefactes, que genera evolució cultural.

Considerem ara les coses d'una manera més àmplia. Les societats mixtes són xarxes evolucionades damunt d'altres xarxes ecosistèmiques, però no in-



dependitzades sinó en coevolució constant amb aquestes. La vida de les societats es regula amb una organització estructural i funcional regida per lleis, per codis imposats per alguns o acceptats per la majoria. La política i el dret (xarxa cultural) han de disposar d'una clara comprensió de la natura de l'home i de la vinculació de les xarxes socials a les xarxes ecosistèmiques, almenys si volem que política i dret ajudin a la coevolució sinèrgica i no al desgavell sistemàtic del sistema complex de xarxes interconnectades en què vivim. Acabaré reprenent un tema que he deixat al començament, quan he parlat de què passa quan es posen en contacte dos sistemes complexos que estaven prèviament aïllats. Les conseqüències poden ser almenys per a un dels dos, si no per a tots dos, catastròfiques fins que els processos coevolutius tornin a generar complexitat i estabilitat. El problema és semblant en la *innovació* en general. La innovació és necessària. L'evolució depèn del fet que hi hagi innovació. Tanmateix, la taxa d'innovació és important. Si un ecosistema és sotmès a molts canvis en poc temps, el més probable és que hi hagi un descens de la complexitat, una desestabilització de les fines xarxes de relacions establertes per processos coevolutius lents. Les grans extincions estudiades pels paleontòlegs, els canvis ràpids de clima o un incendi forestal posen de manifest que els processos d'enderroc dels sistemes complexos poden ser ràpids i la reconstrucció coevolutiva de la complexitat és sempre gradual i lenta. L'excés d'innovació tecnològica també genera incertesa en els sistemes econòmics i socials. Encara que s'inventin sistemes millors per a emmagatzemar la música que ens agrada, no es comencen a treure al mercat fins que les indústries han amortitzat les inversions en la tecnologia anterior i la gent està disposada a reconvertir les seves col·leccions al nou sistema —com va passar entre els discs LP i els CD. El mateix passa amb el motor d'explosió: mentre hi hagi petroli, les noves tecnologies no troben marge per a evolucionar, i no ve d'una guerra per a mantenir el sistema tradicional, tan rendible. Massa innovació també genera incapacitat d'adaptació de les persones, per més cursos de reciclatge que es facin —és més barat agafar gent jove i la gent més gran es cansa, rebutja els canvis constants i, de vegades, es deprimeix. El problema amb què ens enfrontem ací és la manca d'equilibri entre les taxes d'innovació i de coevolució. Avui, les primeres són tan altes que generen estrès en el sistema social i en les persones individuals, en l'economia i en el medi. L'aspecte més perillós de l'acceleració dels canvis s'està donant en l'economia. La mundialització i la velocitat amb què es poden fer les transaccions està substituint l'economia *real* de produir i intercanviar béns per una economia especulativa en què les coses reals, fàbriques i productes, canvien de valor massa de pressa. Aquests canvis destrueixen els teixits socials i, de rebot, els ecològics. El capitalisme ja és un sistema global, sense pràcticament alternatives reals —llevat de dictadures arcaiques— ni ideològiques —llevat del fanatisme d'origen religiós. Serà capaç de com-

passar les taxes de canvi amb les de construcció de regulacions coevolutives en les diverses xarxes interconnectades de l'economia, l'organització social, la cultura i l'ecologia? O ens enfrontem a una crisi que causarà una desestabilització i un llarg —i segurament tenebrós— període de reconstrucció? No vull ser pessimista, però crec que la situació és prou seriosa i demana un esforç molt gran per a incrementar els nostres coneixements i transferir-los a la societat. Aquesta d'incrementar els coneixements i difondre'ls és una tasca en què l'Institut d'Estudis Catalans està compromès, i m'honora moltíssim, i ho agraeixo profundament, que m'hagueu cregut digne de participar-hi amb vosaltres.

## Bibliografia

- AUNGER, R. (2004). *El meme eléctrico, una nueva teoría sobre cómo pensamos*. Barcelona: Paidós.
- BROOKS, R. A. (2003). *Cuerpos y máquinas: de los robots humanos a los hombres robot*. Barcelona: Ediciones B.
- CAVALLI-SFORZA, L. L.; FELDMAN, M. W. (1981). *Cultural transmission and evolution: a quantitative approach*. Princeton (Nova Jersey): Princeton University Press.
- CROSBY, A. W. (1988). *Imperialismo ecológico*. Barcelona: Crítica.
- EHRlich, P.; FELDMAN, M. (2003). «Genes and culture: what creates our behavioral phenome?». *Current Anthropology*, vol. 1, núm. 44, p. 87-107.
- FEHR, E.; FISCHBACHER, U. (2003). «The nature of human altruism». *Nature*, núm. 425, p. 785-791.
- IMAIZUMI-ANRAKU, H. *et al.* (2005). «Plastid proteins crucial for symbiotic fungal and bacterial entry into plants roots». *Nature*, núm. 433 (3 febrer), p. 527-528.
- MARGALEF, R. (1988). «La ecología como marco conceptual de reflexión sobre el hombre». A: *Ecología y culturas*. Madrid: UICM.
- PINKER, S. (2002). *La tabla rasa*. Barcelona: Paidós.
- RINDOS, D. (1990). *Los orígenes de la agricultura*. Barcelona: Ed. Bellaterra.
- SLOTERDIJK, P. (2000). *Normas para el parque humano: una respuesta a la Carta sobre el humanismo de Heidegger*. Madrid: Siruela.
- TERRADAS, J. (2003). *Ulisses i les tortugues: l'home en els ecosistemes mediterranis*. Universitat Autònoma de Barcelona. 23 p. [Lliçó inaugural del curs acadèmic 2003-2004, del 29 de setembre de 2003]





ISBN 84-7283-796-3



9 788472 837966