

I. BASES ECOLÒGIQUES PER A UNA GESTIÓ DE LA NATURA

Ramon Margalef

1. Comentaris per a centrar el problema

És difícil plantejar-se i plantejar de manera raonablement completa, que no oblidí aspectes essencials ni doni lloc a crítiques que obliguin a començar una i altra vegada, la problemàtica de les relacions entre l'home i la natura, i d'allò que hom anomena la defensa de la natura. Aquesta problemàtica implica en part sentit comú i en part ecologia –que és una ciència i com a tal no tota és sentit comú–, però també conté elements més emotius, que impliquen, fins i tot, la concepció que tinguem de l'Univers.

L'acceptació del fet de l'evolució –principalment a partir de Darwin– ha portat a reconèixer la unitat *genètica* de l'home amb la resta de la natura. L'acceptació dels principis generals de l'ecologia ens porta a reconèixer la unitat *funcional* de l'home amb la resta de la natura. Ambdues conclusions són pràcticament indefugibles i tenen transcendència intel·lectual i cultural. L'home ha nascut del fang d'aquest món i hi està unit en un destí comú, dintre d'unes regularitats fatals que podem conèixer i explicar, almenys en part. Com a fracció conscient de la natura hem de sentir-nos responsables en part de la seva funció; podem no sentir-nos-en responsables, però hauréem d'admetre que la nostra dependència funcional de la resta de la natura se'ns fa i se'ns farà sentir. Aquest és el punt de vista de la major part dels qui col·laborem en aquest llibre, però ens apressem a afegir que no és un punt de vista general. Correspon al racionalisme occidental, que oscil·la entre la imatge d'un déu, rellotger de l'Univers, i un pretès ateisme científista, també fundament religiós. L'Univers no és capriciós, sinó eloqüent, i l'home, que en fa part, pot aprendre d'escoltar-lo. Indubtablement es genera una certa arrogància i sentit de domini damunt la natura. D'altra banda, tenim cultures vagament paganes on el costum o ritualització apareix com una forma plausible de regularitzar el caprici de la relació interpersonal entre homes o entre déus, i és l'única norma dintre d'un món que es considera incomprendible i, per tant, tàcitament o expressament es declara absurd. Ni l'evolució ni l'ecologia tenen res a fer en aquest context cultural: de fet, la ciència en general en surt bastant malparada.

La realitat és sempre molt complexa, però potser aquest esquema, rudimentari i exagerat, en traça les principals coordenades, almenys pel que fa al tema d'aquest llibre. Els dos punts de vista assenyalats, en part corresponen a una distinció tradicional entre Occident i Orient, però en realitat tots dos conviuen en totes les cultures i en part s'imbriquen. És ben cert que una part de la població europea no ha assimilat ni el darwinisme ni la visió de l'home com a part integradora del funcionalisme racionalitzable de la natura. L'assimilació era refusada abans amb arguments religiosos; ara les raons es reforcen amb al·legacions de la ciència

maligna, freda i alienant. Totes són pregonament humanes: en el nostre interior tots ens creiem diferents i gairebé sempre distingits, o escollits, o inspirats. Així és la nostra vida i així resulta la història, feta de peces contradictòries. Però, en topar amb el món físic exterior, el sentiment pot ésser inoperant.

Certament que la ciència no ho és tot, però fins si refusem d'acceptar una posició netament racionalista, tots ens delim per usar els fruits de la ciència i de la tècnica. Els indis, així que poden, fan petar bombes atòmiques. Els aspectes pragmàtics de la ciència són rebutjats solament de paraula. D'alguns d'aquests aspectes hem de parlar en aquest llibre.

La problemàtica fonamental es pot dir en quatre paraules: la Terra se'ns fa petita; els recursos de tota mena s'esgoten i cada vegada serà més difícil de tenir-los en abundància, el món es tanca i no és possible de continuar l'expansió a què ens havíem acostumat. Una de les raons que el món se'ns faci petit és que la població humana augmenta massa. El problema no és nou: en una mesura més limitada, totes les civilitzacions s'hi han encarat d'alguna manera, i la majoria han trobat procediments, més o menys cruels i repugnants, per a mantenir la població a un cert nivell; o les malalties i les lluites se n'han ocupat. Avui en dia la recerca i l'aplicació de mitjans per a limitar la natalitat són font d'angoixes i conflictes. L'altra raó és que cada u de nosaltres desitja i sovint aconsegueix consumir cada vegada més recursos. Però això s'aconsegueix i es realitza de manera molt desigual, afegint un element ètic d'injustícia a un problema ja per ell mateix poc tractable.

Som conscients, qui no en fóra?, d'aquests problemes i de llur pressió i urgència. Comprenem que la disbaixa no pot continuar i que cal conservar alguna cosa de la natura primitiva, si volem fer possibles per als nostres descendents desenvolupaments que encara no es poden preveure. Seria inoperant pretendre que no hem d'usar la natura i fins abusar-ne: és el nostre destí com a espècie zoològica, si més no. De manera que tampoc no sabríem defensar una actitud de respecte malaltís davant la natura, actitud que de vegades és irracional (per a plorar la desaparició d'un arbre, s'escriu un mal llibre que consumirà un bosc). Però, a part totes les exageracions, hi ha una preocupació fonda sobre el nostre esdevenidor, en tant que és funció del món que ens envolta, món que tenim consciència de malmetre. Com en podríem continuar traient rendiment sense alterar excessivament el seu funcionament i sense deixar de conservar certes característiques que tant ens plauen?

Amb la popularitat de què en els darrers anys han fruit l'ecologia i la defensa de la natura i de l'ambient, hom ha pretès sensibilitzar la gent, però s'han produït molts elements de confusió. Ara sembla que els abusos de la mala propaganda comencen a remetre. Potser el primer Congrés Internacional d'Ecologia, a la Haia, l'estiu de 1974, fou un punt de retorn després de les carnestoltes d'Estocolm el 1972. Els polítics no són aliens a aquesta confusió. En campanyes electorals als Estats Units i també a Europa, prop de nosaltres, s'ha fet un ús abusiu de la defensa de la natura; després, els candidats, si han estat elegits, han retallat la seva ajuda per a portar a terme els projectes. Però això ha contagiats tots els països: hom ha creat arreu oficines, i fins ministeris, per a «protegir» la natura, com si tot es pogués fer per decret, sobre mapes i ponderant inversions i rendiments a curt període. I no obstant això, sembla que els polítics de debò, és a dir no excessivament miops, haurien de comprendre millor el problema.

En algun altre lloc he comparat la nostra situació amb la d'un vehicle que

avança per la carretera. Sabem que la distància al vehicle que el precedeix ha d'ésser proporcional a una potència de la velocitat, per raons de seguretat; altrament el risc de topada és molt més gran. Pensem per un moment en l'acceleració tecnològica: es passa del laboratori a la pràctica en pocs anys i, en menys temps encara, les màquines poden menjar-se una muntanya o desviar un riu. Allò que abans era obra de generacions ara es realitza en breus anys. No ens hem d'estranyar que anant tan de pressa qualsevol error de càlcul sigui catastròfic. Si volem anar veloçment, com per la carretera, hem de mirar més enfora i guardar una distància més gran. No basta planificar a cinc anys vista, sinó veure les conseqüències a vint anys o més.

Es troba a faltar la planificació a llarg termini i, ensems, sobre un espai geogràfic extens, commesurat també amb la nostra capacitat d'actuació. Llançades a la pressió de l'immediat i de la resposta oportunista, a l'exigència de l'immediat, poques reaccions polítiques semblen raonables. Però, val a dir que la informació existent, l'ajut de la ciència, s'hi veuen tanmateix ben poc. És difícil dir què cal fer, però sovint es pot dir què no s'ha de fer, i això no demana recerques inacabables. El científic ha de procurar aportar fets i interpretar-los, però al científic no se'l pot tenir ocupat en aquesta feina i, alhora, apartat de les decisions. Passa sovint que mentre un estudi és a mig fer, ja s'han pres les decisions i l'estudi esdevé inútil, i ni tan sols se n'han aprofitat els modestos documents recollits de forma encara parcial. No és aquesta la manera de fer ecologia aplicada. De manera que la projecció administrativa de l'ecologia, o l'ecologia burocràtica, si voleu, deixa molt a desitjar.

Tampoc no és satisfactòria l'altra faceta més tremenda de l'ecologia, que sembla una competició per a veure qui la dirà més grossa i rebaixarà més el temps que ens queda en aquest beneït planeta. És una posició que escau bé a la premsa, que així podria complir una missió crítica, tot desvetllant de manera discretament sensacionalista l'opinió pública. Per dissort, qualsevol espurna de veritat (quan hi és) apareix envoltada d'afirmacions confuses i d'insinuacions gratuïtes. Un dia es critica un fet i se suggereix un culpable, sobretot el culpable, però no es té constància, no es pensa que el respecte a la natura és cosa de temps, que és responsabilitat de tothom i que ha d'informar l'educació.

I no obstant això la presència feixuga dels problemes del nostre entorn és ben clara. Els exemples de mal procedir abunden. La ciutat de Barcelona n'és un. Era una ciutat bonica. Avui en dia, venint d'altres ciutats iguals o més industrialitzades i de països amb menys espai que el nostre, fa pena de contemplar-la: s'han afegit pisos a les cases de l'eixample, s'han construït blocs d'alta densitat humana en zones abans ocupades per casetes petites, la indústria s'està acabant de menjar el modest pulmó del delta del Llobregat, les vies de comunicació semblen projectades a posta per produir coàguls a la circulació... Tot això genera problemes secundaris. S'havia projectat depurar fins a un grau molt avançat l'aigua bruta de la ciutat, però això només tenia sentit si l'aigua es podia usar d'alguna manera, per exemple portant-la al Baix Llobregat per enriquir-ne el delta. Ara, aigua i lloms residuals hauran de llençar-se al mar, com hi anaven abans en santa companyia. El desenvolupament de ciutats perifèriques residencials ha estat substituït per l'esquizofrènia entre la ciutat i la residència secundària per als qui poden, en detriment de la ja migrada vida cultural. El transvasament de l'aigua dels rius fa més fràgil tot el sistema, però el pitjor és que permet de créixer encara més el monstre urbà, usa molta energia (controla més, per tant, tot el país) i no es reflecteix en una vida millor d'aquells que pretén afavorir. No tot s'ha d'atribuir al govern central:

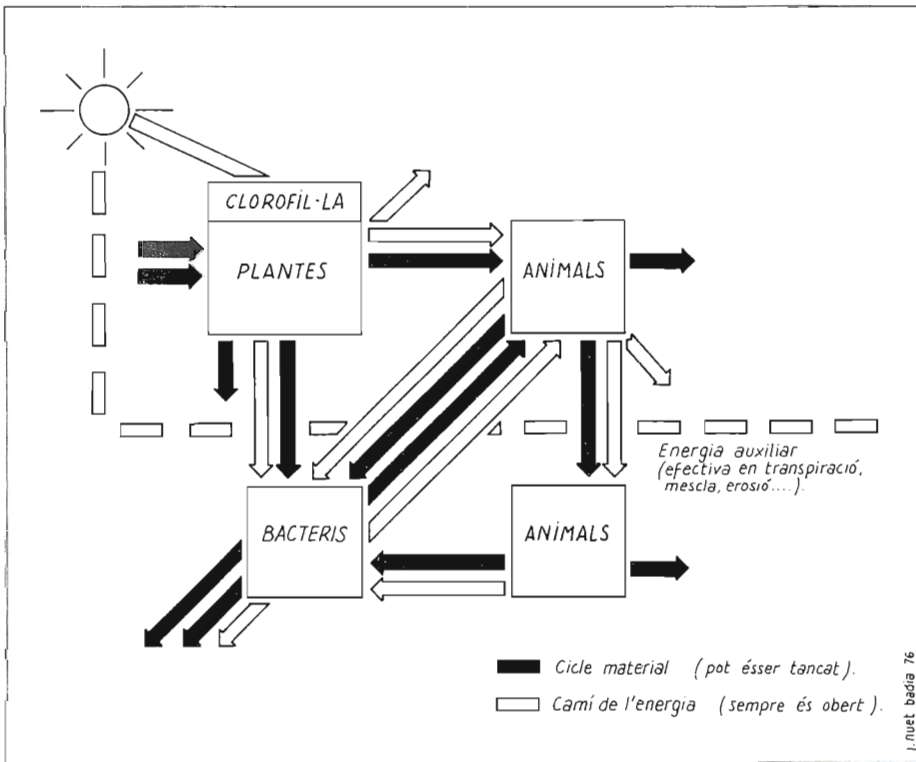
l'«avara povertà dei catalani», que no és cosa nova, hi té una contribució important.

No acabariem. Podríem parlar de les empreses multinacionals, que instal·len indústries molestes en països de mà d'obra barata, i així exporten pol·lució. Un país ecològicament explotador pot tenir molta cura de la natura pròpia perquè el pes dels seus habitants gravita sobre terres d'altri. Però tampoc no podem criticar-ho massa mentre ens dediquem a estimular el turisme, que és una forma d'importar pol·lució, i de vegades a preu elevat, si les empreses que ho fan són a més forasteres... Les millors terres de conreu són ocupades progressivament per la indústria, quan no ho són per embassaments. I ultra això, petits atemptats dia a dia i a tot arreu. Hi ha indústries de forta acció degradadora o francament perilloses que defugen sistemàticament de prendre mesures de precaució, troben car instal·lar depuradores o construir torres de refrigeració, usen l'aigua d'un riu cada vegada més escanyolit i prefereixen despendre en propaganda (aquests fullets o oficines, luxosos de manera ofensiva!) allò que podrien esmerçar a controlar l'efecte de les pròpies activitats sobre l'ambient. En això, la meua experiència personal és més aviat negativa. Hom té sovint ocasió d'establir relació amb uns interlocutors o altres. Sempre vénen a cercar arguments per a una posició presa prèviament i no pas a entaular un col·loqui que porti a aclarir algun fenomen o alguna situació i serveixi per a millorar –i probablement fer més car– algun procediment. Els qui malmeten la natura pretenen certificats basats en anàlisis molt parcials que els exonerin de tota culpa o, almenys, que testimoniiïn que «ells» fan menys mal que els «altres». Els qui s'indignen dels riscos correguts o dels estralls comesos resulten després ser propietaris de terrenys urbanitzables que temen una pèrdua de valor, o empresaris que temen una pujada dels jornals habituals en la localitat. Així i tot, que ara es parli més d'aquestes qüestions potser no solament és degut a la més gran importància de l'impacte humà sobre la natura, sinó al fet que, sentint-nos optimistes, hi podem veure una major presa de consciència i això és el poc de positiu que, de moment, hi ha.

Aquest llibre és escrit per persones que s'ocupen d'estudis que en major o menor grau es poden qualificar d'ecològics, per persones que sofreixen per l'ús nul o dolent que hom fa dels coneixements que ja es tenen. Volem fer veure que el desig de mantenir un món habitable és raonable i ha d'ésser feina de tots. No hi ha pretensions de pontificar, sinó solament de suggerir que les lleis de la natura són inexorables i que cal que en traguem les conseqüències adients. Si algú pot assimilar les formes d'actuar que ens hauríem d'imposar a valors estètics o a obligacions en la conducta social, millor, perquè es pot esperar que aleshores seran més eficaços, però no cal que sigui així. Potser més val deixar de banda implicacions massa elevades i anar al gra dels exemples; si tot fent camí, aprenem quelcom de més general, millor encara. Però crec que la voluntat de posar algun remei en la nostra manera de tractar el que ens queda del món que heretarem ha de contenir, per a ésser efectiva, elements que van més enllà dels purament científics. Esperem que el lector els hi sabrà posar.

2. L'energia, factor ecològic de base

L'ecologia estudia la natura tal com és, és a dir, l'entrelligat de plantes, bestioles, terra i aigua, amb les múltiples relacions internes que en fan un sistema complicat, tan complicat com pugui ésser-ho el nostre mateix organisme. D'aquest nivell d'organització, format per organismes en el seu ambient físic, se'n diu un *ecosistema* (fig. 1). L'ecologia és la biologia dels ecosistemes. I l'home és una més



1. Esquema de les rutes de la matèria i de l'energia en un ecosistema.
[Original de R. Margalef, dibuixat per J. Nuet i Badia.]

de les moltes espècies del món, espècie que actualment ofereix la característica d'estendre's per tots els ecosistemes naturals. És, a més, una espècie molt poderosa que trastorna pregonament tot el que toca.

Tota ciència usa alguns conceptes bàsics i tracta de donar-los forma mesurable. En ecologia podríem dir que els elements bàsics són la matèria, l'energia i l'organització. La matèria viva d'un ecosistema se sol anomenar la *biomassa* i és fàcilment quantificable. Podem dir que en un camp hi ha tants quilos de massa vegetal per ha, o tants grams de carboni orgànic per metre quadrat. En general, els ecosistemes naturals tenen des de menys de 100 g de C per m², en els deserts, fins a 30 kg de C per m² en boscuries de regions càlides i humides.

L'*energia* presenta més complicacions. És cert que tota biomassa conté energia química, és a dir, la matèria viva és formada de molècules que tenen energia potencial i l'alliberen, per exemple, si es crema. Hi ha taules que donen l'equivalència dels aliments (biomassa vegetal, biomassa animal) en calories, que són unitats d'energia. La calor és una unitat tradicional i sembla que es deixa comprendre amb l'exemple d'escalfar aigua en una olla: una calor gram és l'energia que fa augmentar d'un grau la temperatura d'un gram d'aigua. Avui en dia tots tenim ja una millor idea d'altres unitats més adients, els vats. És el mateix dir d'una persona que consum 150 vats que afirmar que necessita 2.000 calories i escaig per dia. La biomassa no sols conté energia, sinó que en necessita un flux continu per a mantenir-se organitzada. Aquesta energia ve, en principi, del Sol. De la llum del Sol passa a les plantes, i de les plantes als animals. Sense aquesta aportació d'energia, la matèria viva es consum i mor. Així, l'energia és una bona mesura tant de la biomassa dels organismes com del metabolisme, és a dir, de la renovació d'aquella biomassa i de llur activitat. A més, en termes d'energia es poden mesurar d'altres efectes naturals que són importants per a la vida, com el vent, la transpiració de les plantes, el transport per l'home. L'energia és potser el més important element mesurable quan es tracta de ponderar l'acció de l'home en la natura.

L'*organització* o *diversitat* de la natura correspon al fet que la biomassa no és uniforme, hi ha plantes, animals, homes: hi ha moltes espècies de diversa importància numèrica, i l'ecosistema resulta de la interacció equilibrada de totes plegades. Podem afegir dues coses: que tota organització viva consta de parts diferents, unes que es renoven més de pressa que les altres (per exemple, la matèria de les plantes es renova més de pressa que els animals que se'n nodreixen), i que tota acció de l'home tendeix a reduir la diversitat de la natura amb què es posa en contacte.

L'home no és pas una excepció i no se l'ha de considerar fora de la natura i afegit a ella, sinó formant-ne part. Òbviament aquesta posició fou més indiscutible si cal en èpoques passades, en el Paleolític, i ho és encara en poblacions actuals que segueixen un règim de vida semblant al dels nostres avantpassats, com els pigmeus i alguns pocs altres grups humans. En aquest cas l'home viu com un altre primat qualsevol, com un més dels grans simis, en equilibri amb el seu medi, amb un aliment molt variat, i no excedint gaire d'una densitat de població d'entorn un individu per km². Però en considerar l'home actual, és innegable que alguna cosa s'ha d'afegir a aquest esquema tan senzill. L'home és diferent dels altres animals, tots n'estem convençuts, però ara volem considerar altres diferències de les que d'ordinari ens importen. La capacitat de reflexió i la consciència poden ésser diferències profundes, certament, però pensem ara en diferències més materials, més ponderables. L'home acumula i transmet grans quantitats d'informació. A la

transmissió genètica s'afegeix una *transmissió cultural*, formada per tradició (instruments, cases, llibres, organització de l'espai). Semblant transmissió, tanmateix, no és totalment absent en els animals. Els ocells es passen tonades de pares a fills, i altres animals, nius i camins.

En termes encara més pragmàtics i més ecològics podríem establir la principal característica de l'home en l'ús ampli d'energia i no principalment en l'aliment. En l'home es pot distingir un *metabolisme biològic* o *endosomàtic* (la quantitat d'aliment que necessita i que va entorn dels 150 vats que dèiem) i un *metabolisme cultural* o *exosomàtic* (l'energia que usa per a escalfar-se, coure els aliments, viatjar, etc.). Hem quedat que l'energia era una bona mesura ecològica total, i el metabolisme total de l'home, endosomàtic (necessitat d'aliments) i exosomàtic (relacionat amb la seva capacitat de produir impactes diversos en la natura), és la millor mesura de la seva activitat, de la seva capacitat d'impacte sobre l'entorn.

En aquests mateixos termes es pot debatre una mica més la interacció de l'home i la natura, partint de les poblacions en etapa paleolítica suara esmentades. L'etapa posterior, amb densitats de població més considerables, és aconseguida amb l'activitat agrícola i ramadera. No és ja qüestió d'ambients de boscuria, sinó de regions marginals, principalment herboses, de clima fluctuant, que permeten una collita estable, en part formada per llavors nutritives, característiques dels teròfits o plantes de temporada. En el cas de les poblacions de bosc, teniem una regulació de la densitat de població a nivell molt baix, en virtut d'un circuit local de regulació («*feedback*»). Això vol dir simplement que si la població pujava massa, els recursos no bastaven o eren destruïts excessivament, la qual cosa provocava escassetat i ulterior minva de la població. En l'etapa de l'agricultura neolítica, el mecanisme de regulació esdevé una mica més complicat, perquè si els recursos locals eren inferiors als esperats, es podien anar a cercar noves pastures o importar o robar collites d'altres comarques. La capacitat de moviment de l'home, o la capacitat rudimentària de transport, canvia els termes de la regulació. Ja no és merament local, sinó sobre una regió més extensa, i diverses poblacions humanes apareixen combinades i més o menys solidàries, voluntàriament o a desgrat, i gravitant en comú sobre una regió bastant extensa. La forma d'explotació dona més rendiment que la simple collita, caça o recol·lecció en el bosc i, a més, es poden combinar recursos de diverses comarques o recursos diferents (agricultura, ramaderia, pesca) de manera que la població s'estabilitza a nivells més alts. És més, aquesta estratègia permetia deixar erm o destruir totalment una àrea més o menys petita, sense fer-ne dependre el destí de la població, perquè es podia anar després a un altre lloc. És una mica la història de la degradació progressiva de terres altament fèrtils, al proper Orient, i l'expansió dels deserts. Això es repeteix ara acceleradament en la regió del Sahel. Si una població rep aliments de fora, en intercanvi o com a ajuda, no hi ha incentiu per a mantenir un equilibri amb la natura i es pot arribar a la degradació irreparable.

L'agricultura del desert en els temps bíblics, tal com s'ha reconstruït en el Neguev, per EVENARI, es basava a guiar sàviament el flux superficial de l'aigua de les ruixades, per a mantenir la fertilitat de parcel·les escollides. L'explotació nòmada és ben diferent i generalment es basa en la ramaderia que va d'una pastura a una altra sense preocupar-se excessivament de com les deixa. L'erm és gran. La necessitat fa que es prodiguin altres formes de degradació, com la de desenterrar arrels per fer foc. Tot això porta la degradació d'una regió, ja per ella mateixa pobra, a límits sense retorn. El poble que ha de viure dels recursos locals, els ha de

respectar forçosament; el poble que es pot moure sobre una regió àmplia pot portar una mica més enllà la destrucció dels recursos, unes vegades cíclicament i d'altres de manera definitiva.

Hem insistit a gratient sobre un aspecte que pot semblar secundari, per fer veure certa identitat ecològica entre el comportament del nòmada i la de l'home actual. Es tracta d'escapar de la dependència dels recursos locals: en un cas, hom es trasllada senzillament a un altre lloc i, en el transport, s'esmerça una certa energia, en la pròpia locomoció humana, en animals de bast. És una estratègia ben coneguda en ecologia: hi ha animals molt sedentaris, d'altres es mouen poc o molt, i fins n'hi ha que emprenen llargues migracions. Aquesta estratègia demana invertir energia en la locomoció, però a canvi fa menys incertes les condicions de subsistència. L'home actual ha invertit solament els mecanismes d'operació (la tàctica) d'una estratègia que, en el seu sentit ecològic, segueix semblant: en lloc d'anar a cercar aliments, porta els aliments a casa. De la mateixa manera que un animal que es mou consumeix energia, el transport de recursos per l'home també vol energia, però aquesta no ve ordinàriament de l'home com a organisme directriu, ni d'esclaus forçats, ni d'animals de bast, sinó que és energia aliena, que l'home canalitza i usa. La capacitat de comunicació i de transport unifica la humanitat i fa que hom pugui portar ajut allà on cal. En aquest sentit és positiva. Per contra, però, permet d'arribar sense un amortiment suficient a una possible situació fatalment catastròfica. Fa el nostre món fràgil i, a nosaltres, més responsables. Un resultat és la pèrdua de la consciència de la dependència de la terra. Malgrat tota la didàctica moderna, els infants ciutadans actuals, per exemple, en presència d'aliments embolicats, transformats i emmotllats sense cap semblança amb el material d'origen, han de trobar més difícil que no pas qualsevol infant d'una cultura menys desvinculada de la terra copsar les bases de l'ecologia.

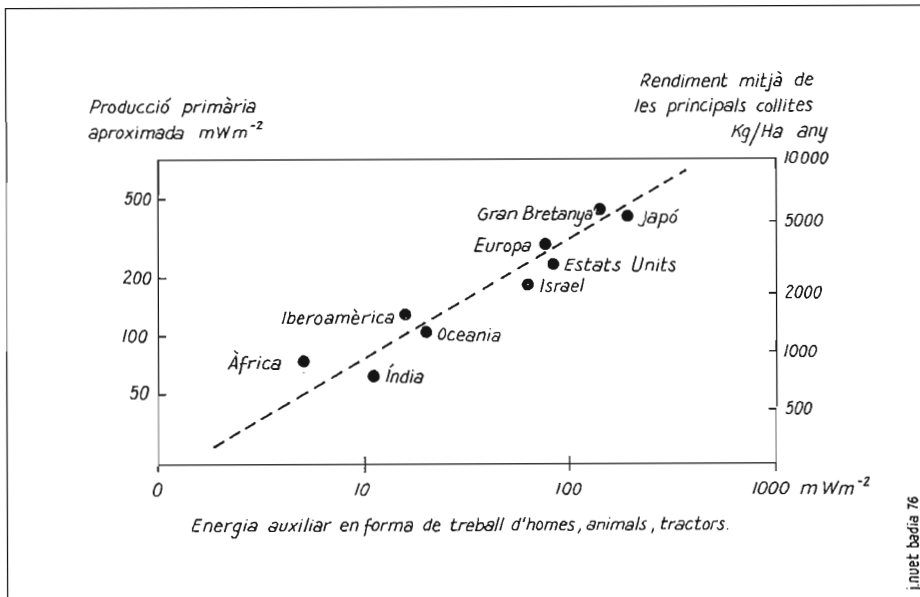
Aquesta digressió, més aviat llarga, sobre la mobilitat de les poblacions humanes i llurs lligams amb la terra, toca un tema que serà reprès més endavant, amb tota la seva importància, però ara ens ha de servir solament d'introducció per a considerar allò que possibilita el transport horitzontal, l'energia. Tot organisme té un consum propi d'energia, que és el cost del seu manteniment com a sistema bioquímic i de les seves activitats; és el que s'anomena metabolisme, que en el cas de l'home hem dit que era semblant al d'una bombeta de 150 wats. És obvi que amb aquest consum d'energia la humanitat no podria fer gaires estralls: $150 \text{ wats/habitant} \times 5.000.000.000 \text{ habitants} = 750.000 \text{ MW}$ o milions de wats (una planta nuclear d'energia elèctrica, mitjana, dóna de 1.000 a 2.000 MW).

Hem distingit un metabolisme endosomàtic, un consum d'energia en el propi cos per mecanismes biològics, com el suara referit, i un metabolisme exosomàtic, que consisteix en l'ús d'energia aliena que l'organisme pot canalitzar i utilitzar d'alguna manera. Podríem pensar que això és exclusiu de l'home, però no és cert. En les mateixes plantes, hi ha l'energia pròpia del seu metabolisme, que ve del Sol, a través de la fotosíntesi; però com a energia auxiliar hom pot comptar amb una sèrie d'efectes que promouen la transpiració o la circulació d'aigua a través de la planta, cosa que evidentment requereix energia –que no ha entrat amb la fotosíntesi– i és d'utilitat per a la planta. Els llangardaixos o insectes que augmenten llur temperatura assoleiant-se, els tèrmits i les formigues que poden regular l'ambient de llurs nius amb dispositius variats –cultius de fongs, conductes d'aire, etc.– substitueixen tots ells una part d'energia que altrament haurien d'alliberar, mitjançant mecanismes estrictament biològics, per energia d'altre origen. Pot dir-se que

llur metabolisme exosomàtic és molt baix. És l'home qui, per aquest camí, ha arribat a valors extraordinaris.

L'home canvia l'evolució genètica per una evolució cultural. Aquesta implica una enorme capacitat per a acumular i conduir informació per canals extragenètics, extrasomàtics –ciutats, llibres, tota la cultura–, però es recolza, forçosament, en un intensíssim metabolisme exosomàtic. Acceptar una cosa tot refusant l'altra seria una esquizofrènia perillosa. L'home ha d'acceptar en bloc la responsabilitat del seu destí. Volem dir, per si no quedava clar, que el manteniment i el desenvolupament de la cultura van lligats a un metabolisme exosomàtic.

Avui en dia, el metabolisme exosomàtic de la humanitat, en el seu conjunt, és almenys vuit vegades més gran que el metabolisme biològic normal o endosomàtic total. És evident que aquestes xifres mitjanes no s'apliquen per un igual a tota la humanitat. Certament hi ha grups humans en què el metabolisme exosomàtic és pràcticament negligible, com són les poblacions que viuen en una etapa cultural paleolítica (pigmeus, etc.), enfront de societats altament industrialitzades en què el metabolisme exosomàtic és un miler de vegades més gran que l'endosomàtic. A més, dintre les fronteres d'un país, les diferències entre uns i altres grups humans són igualment importants. Hi ha certes dificultats, o almenys és molt laboriós, d'escatir el metabolisme exosomàtic en cada país. Probablement, des del punt de vista ecològic, és suficient considerar-lo proporcional a allò que els economistes anomenen producte total brut dels estats, computat per individu. En realitat, aquest producte brut mostra una correlació perfecta amb partides tals com la



2. Gràfica que mostra la relació directament proporcional que existeix entre el rendiment agrícola i l'energia auxiliar esmerçada en les tasques de conreu.

[Original de R. Margalef, dibuixat per J. Nuet i Badia.]

producció d'energia o la importància del transport, encara més estretament lligades al metabolisme exosomàtic i al seu sentit ecològic. Cal afegir que una determinació més precisa del metabolisme exosomàtic seria molt difícil. Hi ha molta energia que es malmet o no s'usa; però la seva degradació és estimulada, de manera voluntària o no, i s'aprofita en diferent grau per part de l'home.

És notable de veure com el metabolisme exosomàtic incideix sobre l'endosomàtic. Volem dir, com l'ús d'una energia auxiliar incideix sobre la producció d'aliments en sentit d'augment. L'agricultura, ultra l'energia solar, ha implicat sempre certa energia auxiliar: treball del camp per part de l'home i les bèsties, transport d'adobs, organització de conreus i regadius, etc. Avui en dia, en la preparació dels aliments hi entra molta més energia auxiliar –gas-oil dels tractors i altres màquines, adobs de síntesi, irrigació, transport, preparació, envasat, i... anuncis!– que no pas la pròpia energia que els aliments contenen com a tals. En el cas de la pesca en mars llunyanes, incloent exploració, captura, transport i refrigeració, l'energia esmerçada en l'esforç és fins a 5 o 6 vegades més gran que l'energia que ens dóna el producte de la pesca com a aliment. No cal estranyar-se, doncs, que hom no pugui fer-se gaires il·lusions sobre la futura explotació de la mar, si ens movem dintre la trajectòria actual!

Una cosa ha portat l'altra i l'ús d'energia exosomàtica s'ha anat accelerant. Aquesta energia, fins ara, ha procedit fonamentalment de dues fonts. D'una banda, és energia que es degrada en l'atmosfera i en l'aigua, és a dir, en les cobertes fluides del planeta i en la interacció entre ambdues; és l'energia del vent, dels rius, de les ones, dels corrents marins, i la seva utilització es fa amb diversos ginyes, des dels molins de vent a les centrals hidroelèctriques. L'altra font és l'energia solar, passada a través d'organismes, és a dir, energia del metabolisme d'altres organismes: el treball de les bèsties de càrrega, la combustió de llenya i carbó vegetal pel que fa a ecosistemes coetanis, l'energia del petroli i carbó de pedra quant a energia acumulada per ecosistemes del passat.

La Terra està constantment il·luminada pel Sol en un cercle màxim de 127,5 milions de km² i cada cm² rep aproximadament dues calories/g per minut (139 mW/cm²). Com a recordatori, doncs, podem estampar:

Energia rebuda per la Terra	177.239.000.000 megavats
Producció primària de la biosfera	122.000.000 megavats
Metabolisme exosomàtic de la humanitat	3.750.000 megavats
Metabolisme endosomàtic de la humanitat	750.000 megavats

No sé si aquestes xifres podrien conduir algú a un optimisme excessiu. A escala planetària, l'home és encara com la mosca damunt del bou. La Terra està en equilibri tèrmic, emet aproximadament tanta energia com la que rep i la degradació (o consum) de la qualitat de l'energia es realitza tant si aquesta és aprofitada com si no ho és.

Però l'energia, essent important com una mesura còmoda en ecologia, no ho significa tot. Els aliments segueixen essent subministradors d'energia utilitzable pels nostres cossos i d'*elements químics* no menys necessaris. És lluny la visió d'una alimentació de síntesi total. D'altra banda, l'acció directiva de l'home sobre l'energia, especialment l'ús de l'energia en el transport, fa que es posin moltes coses fora de lloc, que s'incideixi fortament sobre els cicles naturals tot creant escassetats locals, i que es destrueixin estructures. Aquest és un altre aspecte que hem de considerar igualment.

Hi ha un altre punt referent a l'energia que té un sentit global i que escapa, per tant, al propòsit d'aquest llibre, per més que les seves conseqüències, si n'arriba a tenir, no poden deixar d'afectar-nos. Per la forma de la Terra, arriba molta més energia per unitat de superfície a les latituds baixes que a les altes. Si no hi hagués transport sobre la Terra, els tròpics serien molt més calents i els pols molt més freds encara del que ho són. Atmosfera i mar es combinen en una màquina tèrmica gegant, basada en un transport de calor de l'equador als pols, el vehicle principal del qual és l'aigua en forma de vapor. Això uniformitza o tendeix a uniformitzar la temperatura sobre la Terra i la circulació atmosfèrica, amb la distribució de vents i pluges, és una manifestació de la màquina dita. L'ús d'energia per part de l'home es fa de manera que treballa a favor del gradient bàsic planetari i tot accelerant el transport d'energia. És a dir, s'allibera més energia tèrmica –transport, calefacció, indústria– en terres temperades o de latituds altres que no pas en països tropicals. No sabem fins a quin punt aquesta lleugera acceleració sobre un mecanisme natural pot influir en el clima de demà. Tampoc no es poden preveure els efectes d'algunes modificacions en la capacitat d'absorció de les radiacions per part de l'atmosfera, conseqüència de variacions, per causa cultural, en la concentració de pols i de certs gasos (CO₂), l'anomenat «efecte d'hivernacle».

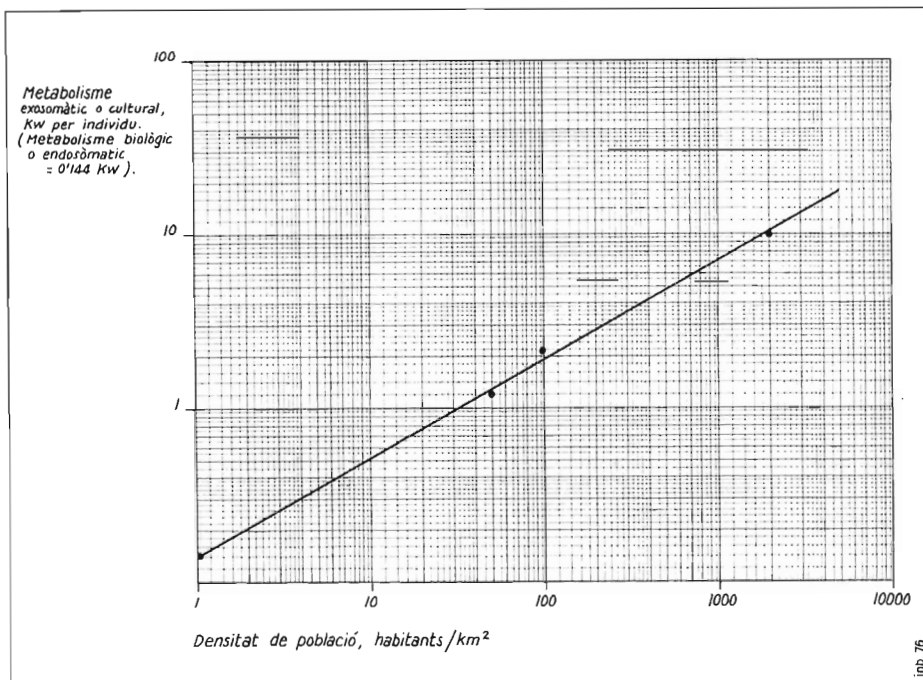
El creixement accelerat del metabolisme exosomàtic, l'ús extraordinari d'energia posada a l'abast de l'home, tenen una influència major en la desestabilització de la biosfera, en relació amb tal com era abans. Se sumen els efectes senzillament ecològics a nivell de les comunitats naturals d'organismes amb efectes socials i d'organització de l'espai, i els efectes sobre la dependència mútua entre diversos grups humans. Val la pena d'analitzar més de prop una sèrie d'implicacions molt diverses.

Veurem que el procés natural d'autoorganització dels ecosistemes, l'anomenada successió ecològica, porta a una organització del transport vertical dintre de l'ecosistema i a reduir enormement el transport horitzontal de tota mena de materials. L'efecte de l'home, en aquest sentit, és oposat al dels ecosistemes sense l'home i, evidentment, això porta canvis en l'estructura dels ecosistemes reals, que s'han d'emmotllar a les coses tal com passen.

El metabolisme exosomàtic és el suport de tot un món no lligat biològicament a l'organisme humà, però que en depèn i que, fins i tot, es podria considerar com un aspecte social positiu. Però hi ha altres aspectes que ens vénen semblantment donats biològicament i que èticament veiem com a negatius. El metabolisme endosomàtic té un límit superior i un límit inferior fixats per la biologia, límits que oscil·len, aproximadament, entre un i dos, entre el morir de gana i el morir de fart. En canvi, el metabolisme exosomàtic va de la penúria, en què pràcticament és nul, fins al luxe sense límits. Països, grups humans, individus, difereixen en la quantitat d'energia la degradació de la qual controlen. Controlar l'energia dóna poder per a controlar així mateix d'altres grups humans. Tal com han anat les coses, el diner apareix com un regularitzador en el canvi de béns, amb un significat ecològicament comparable al d'un ritme intern, per exemple. L'acumulació de diner ha arribat després a ésser important com a mesura de la capacitat per a controlar el metabolisme exosomàtic propi i dels altres. La correspondència, però, no és perfecta, car les relacions entre ecologia i economia no són senzilles d'establir i, de fet, el diner pot anar més o menys deslligat de la capacitat de control, del poder. Certes organitzacions permeten una gran concentració de poder sense una associació tan estreta amb el símbol del diner.

Si calculem el metabolisme exosomàtic per càpita sobre una base geogràfica, veurem tot seguit que és més important en les ciutats que en el camp, en els països més industrialitzats que en els poc desenvolupats, i que el gradient en la distribució dels dits valors dona una idea de la influència d'uns sistemes o d'uns grups sobre uns altres. Com a resultat d'aquesta interacció les diferències encara augmenten. Tot sistema que ja és més poderós, per l'usdefruit d'una font de degradació de molta energia, té poder, o més poder que els altres, per a controlar-ne l'augment. La situació és greu, com es pot comprendre per les consideracions següents.

Sobre una escala geogràfica àmplia, el metabolisme exosomàtic és proporcional a la densitat de població (fig. 3). Els grups més densos fan sistemes que controlen més energia, tant en conjunt com relativament, per càpita. Gran part d'aquesta energia, òbviament, s'usa per a establir i controlar un sistema de transport. L'aglomeració ha d'importar recursos i cada vegada de més lluny. Ací està el seu sentit positiu, però també el germen de greus inconvenients. Certament, hi ha una relació entre ús d'energia externa i qualitat de vida, però només fins a un cert punt. A qualsevol ciutadà d'una gran ciutat li toca individualment més energia que a un habitant d'una ciutat més petita, o del camp, i en aquest sentit la distribució



3. Les aglomeracions humanes intensifiquen exponencialment el consum d'energia a mesura que creixen. Les ciutats esdevenen poderoses en explotar l'entorn i augmenten de proporcions automàticament. La corba del gràfic, dibuixada sobre un reticle logarímic que rectifica les funcions exponencials, respon a un traçat aproximat obtingut mitjançant dades d'origen divers, no sempre coincidents.

[Original de R. Margalef, dibuixat per J. Nuet i Badia.]

d'energia apar injusta. Però és que l'energia que correspon a cada ciutadà s'usa en gran part a portar aigua i aliments de lluny, en transports interns no gaire necessaris, en llums i efectes d'ostentació. A l'Àfrica del Nord, hom calcula que el 10 % dels fertilitzants s'usen per a fer créixer la gespa dels jardins familiars i dels camps de golf, que serà dallada amb més consum d'energia encara!! Consideracions semblants podrien fer-se arreu amb els recursos més diversos. I la vida del ciutadà, explotant fortament altres àrees, amb una disbaixa d'energia, pot ser realment miserable. Hi ha ací quelcom que no rutlla, encara que es comprèn perfectament com hi hem arribat. La concentració del control del flux d'energia és la base del poder polític i, conscientment o inconscientment, hom procura que la seva ciutat sigui la més poblada, la més poderosa. Si ara recordem que sense l'home, en la natura, hi ha tendència a certa parsimònia en l'ús de l'energia que es destina al transport horitzontal, podem veure que una intensificació d'aquest transport i d'aquella energia crea un monstre, és a dir, un sistema en el qual parts molt allunyades depenen les unes de les altres, com la ciutat depèn de la font de l'energia i dels materials que consumeix i que a favor d'aquella energia transporta. No podem dir que semblant monstre, si se'l pot personalitzar així, com si fos un organisme, és quelcom totalment aliè a la biosfera, però sí que ha de tenir peculiaritats inexplorades i també podem dir que l'home que ha contribuït a crear-lo ha d'aprendre a resoldre els problemes inevitables que comporta.

Tractem ara de combinar aquestes idees amb el que s'ha dit abans en relació amb el pas de l'explotació local, primer al nomadisme i després a l'economia basada en el transport. La ciutat esdevé dependent del camp o d'altres països pel que fa referència a aliments i a d'altres productes i uns països esdevenen dependents d'altres. Mantenir aquests lligams, tenir l'«antroposfera» unida vol molta energia, però aquest no és un problema excessivament greu, com hem vist, perquè una quantitat commesurada o suficient d'energia es degradarà en la biosfera, s'aprofita o no. Un sistema local que estava regulat automàticament amb el seu ambient, escapa a aquesta regulació si l'explotació es pot dur també a un altre lloc, de manera successiva, cosa que el fet de disposar d'energia fa factible. Ara, aquesta possibilitat s'acaba perquè ja no queden llocs lliures ni recursos no usats i l'economia d'expansió també s'acaba ràpidament. La humanitat es troba molt lligada, de nou, enfront de la Terra i ha de trobar un mecanisme global de regulació que sigui tan efectiu enfront de l'energia com ho era en el Paleolític. Hi ha dubtes seriosos sobre la forma que pot tenir aquest «feedback» mundial, i d'ací les angúnies. Cal advertir, per si fos necessari, que el control de l'energia és posseït, no per qui treu o ven el combustible, sinó per qui el degrada efectivament.

Si admetem que la situació no és apocalíptica i que es poden trobar solucions sense violència extrema, cal pensar que les solucions han d'incloure una estabilització de la població i una descentralització del control del transport. Aleshores els problemes restants serien probablement d'una altra dimensió i relatius a la ulterior evolució cultural. Fins ara la major part de les cultures humanes s'han desenvolupat expansivament. Molts dels elements que han anat acumulant tenen valor de supervivència, la qual cosa vol dir que han passat els filtres selectius corresponents: això ha fet, per exemple, que la ciència es pugui considerar que reflecteix, almenys en part, les característiques d'un cert «món real», fet de lleis físiques inexplorables. Però un món tancat, després d'aconseguir un control suficient de la Terra, permetria que els canals d'informació s'omplissin de barroquisme i de soroll. Val la pena de reflexionar sobre possibles implicacions culturals de l'extensió de la influència total de l'home sobre la biosfera. Tot això forma part també, certament, d'allò que hom anomena qualitat de vida.

3. Aspectes diversos de la conservació de la natura

Tornem a la consideració dels elements fonamentals dels ecosistemes. Tenen una massa material, o *biomassa*, que és mantinguda i renovada per un flux d'*energia*, amb la qual cosa el conjunt adquireix una certa complexitat o *organització*. La biomassa és composta dels elements de l'aigua, oxigen i hidrogen, de carboni, de nitrogen, de fòsfor i d'altres cossos en quantitat potser menor. L'energia que circula veritablement a través dels organismes, en el metabolisme normal endosomàtic, és energia electromagnètica que ve del Sol i és captada a nivell dels cloroplasts dels vegetals. Transformada en energia química, pot passar al cos d'animals o ser degradada per bacteris. Es distingeixen els productors primaris o vegetals, que reben directament l'energia del Sol, i els productors secundaris, que reben energia química de les plantes (fig. 1). La producció secundària és una fracció de la producció primària i, a escala total, una part ben migrada. L'home és, òbviament, un productor secundari, que ha de rebre l'energia que el seu metabolisme biològic precisa, bé de vegetals, bé d'altres animals.

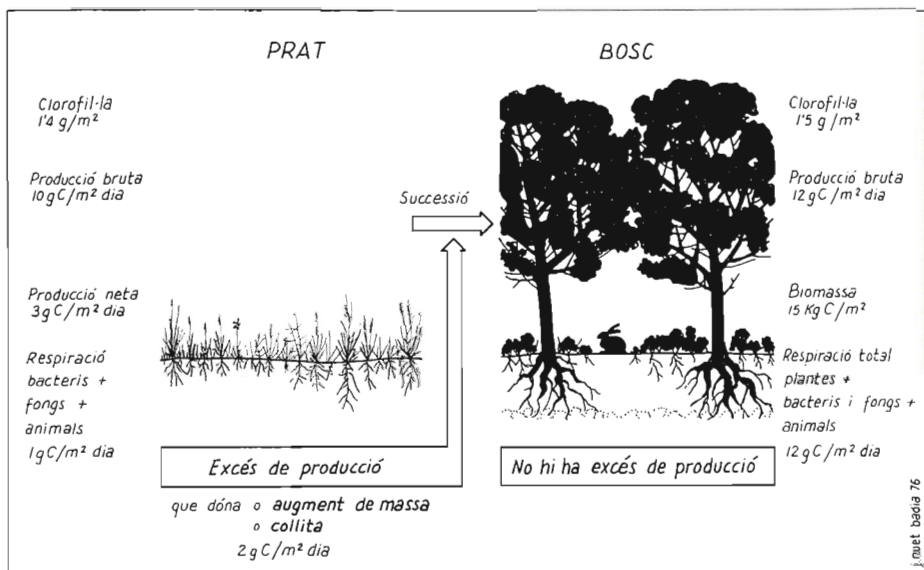
Els elements químics necessaris per a la formació de la matèria viva es troben en l'aigua, en l'aire i en les roques. Sense ells no és possible la síntesi de més matèria viva i esdevé inútil tot excés d'energia. Sovint és el fòsfor el que es troba en menor concentració relativa en l'ambient i aleshores la seva limitació frena l'acumulació de biomassa. Aquesta observació es posa com a exemple i també amb una altra intenció per a recordar com és de versemblant que, a la llarga, el fòsfor sigui l'element més important en la continuïtat d'un rendiment apropiat de la biosfera. L'home hauria de pensar més en el control i en la reserva de fòsfor que no hi pensa. És, per exemple, un aspecte més de la civilització actual de disbauxa, que s'empri el fòsfor per a preparar detergents, tot sostraint-lo així a d'altres usos i tot creant, a més, greus problemes de fertilització en llocs on el fòsfor més aviat sobra (cf. 7.2).

L'entrada d'energia en els ecosistemes és una funció de la superfície, car l'energia que ve del Sol és proporcional a la superfície d'il·luminació. L'evolució del sistema de captació d'aquesta energia, a nivell de les parts verdes dels vegetals, ha incorporat limitacions fonamentals. Parlant en un llenguatge molt antropomòrfic diríem que sembla que a la natura no li ha interessat mai gaire de captar molta energia, sinó solament la necessària per a mantenir una biosfera organitzada, amb una notable parsimònia, i que totes les idees sobre tendència a maximització del flux d'energia que s'han emès tenen la seva arrel en una manera molt humana de veure el profit i l'explotació.

Una quantitat de 350 mg de clorofil·la per metre quadrat absorbeix, ella sola, el 99 % de la radiació incident utilitzable. És la concentració que hi ha en una fulla normal. Mirada de besllum, deixa passar solament un 1 % o menys de la llum incident. Ara bé, l'organització dels vegetals és tal que 1 g de clorofil·la, en bones condicions de llum i de nutrients, en una hora, permet una producció primària equivalent a l'assimilació d'uns 3,5 g de carboni en forma orgànica. És a dir, cal esperar un màxim de producció primària d'1 g per metre quadrat i hora ($350 \text{ mg} \times 3,5$ és igual aproximadament a 1 g). Aquest és un límit superior que demana condicions favorables que rarament es donen; el normal és quedar entre 1 i 5 g de carboni per metre quadrat i dia, en lloc d'un nombre de grams semblant al d'hores de llum, que representa el màxim suara esmentat. Conreus de cereals i patateres donen 1,5-2,4 gC/m² dia; el blat de moro, la canya dolça i la remolatxa arriben fins a 5; els prats i les plantacions de pins i pollancrees queden entre 1,5 i 2,5; i en boscos tropicals potser s'arriba a 5, com en la canya dolça (fig. 4). Per a mantenir tal producció foren suficients els 350 mg de clorofil·la per metre quadrat que absorbeixen tota la llum útil, encara que ordinàriament n'hi ha més. La relació entre l'extensió de les fulles i l'extensió del sòl acostuma a ésser entre 4 i 6, és a dir, hi ha excés de clorofil·la, i la natura va assegurada. Probablement és una conseqüència de l'organització de la vegetació terrestre, on la llum es reflecteix una vegada i una altra damunt de les superfícies foliars i un aprofitament adequat demana un excés de substància verda. Pel que fa als pobladors de les aigües, al plàncton, la concentració de clorofil·la rarament s'acosta al límit dels 350 mg/m² i, en termes generals, la producció primària de les comunitats aquàtiques, per unitat de superfície i a escala mundial, és solament d'un terç, si menys no, de la producció corresponent de les comunitats terrestres.

La producció primària d'un cultiu de cereals és semblant a la producció primària d'una pollancrea o d'una pineda, i la producció primària d'una plantació de blat de moro o de canya dolça és semblant a la d'un bosc tropical. Això, malgrat que llur biomassa actual és ben diversa. Referint la producció al pes dels productors, podríem dir que la biomassa d'un camp de conreu produeix un rèdit més gran que la biomassa d'un bosc. Si deixem el conreu abandonat, a poc a poc la seva biomassa augmenta. Tot es fa a poc a poc, a escala humana –i també a l'escala de temps que veuríem en un sistema planctònic, on la vida dels individus és molt curta–, però pas a pas s'introdueixen plantes diverses, primer llenyoses baixes, després arbres, i la relació producció primària/biomassa baixa gradualment. La raó és ben senzilla: si el sistema produeix una certa quantitat de matèria viva, una part d'aquesta matèria és consumida per animals i molta més encara és degradada per bacteris, però una altra part es conserva i s'acumula dintre del sistema fins que la respiració esdevé igual a la producció primària; arribats en aquest cas no sobra res i es té un equilibri indefinit.

Aquest procés tan senzill, basat en l'equilibri entre la producció primària (proporcional a la superfície o extensió) i la respiració total (proporcional al volum o a la biomassa), s'anomena *successió ecològica*. En virtut de la successió, s'ocupen àrees pelades i, a poc a poc, s'hi desenvolupa un sistema cada vegada de més volum i més complex, que arriba fins a un límit que és imposat per l'ambient local. És obvi que en un país sotmès a gelades, els arbres perden la fulla, s'interromp la vegetació i molta biomassa és destruïda i no es pot capitalitzar, de manera que la successió no avança tan enllà com en un país càlid i plujós, on no hi ha més límit que la llum del Sol i on l'ecosistema s'ho fa tot ell i no depèn de factors aliens al propi sistema.



4. Representació esquemàtica de la successió ecològica o de la collita agrícola com un procés acumulatiu d'escreix de producció. Tot ecosistema té una producció basada en l'energia que rep del Sol, proporcional a la seva superfície; aquesta producció, o és sostreta (collita), o permet l'augment de la biomassa de l'ecosistema fins a un límit tal en què la respiració total, proporcional o a la massa o al volum, iguala la producció primària.

[Original de R. Margalef, dibuixat per J. Nuet i Badia.]

Es comprèn fàcilment que si un conreu continua amb una productivitat alta, sense capitalitzar l'augment de la biomassa, és perquè l'home en retira la producció. En això consisteix el conreu. Sols poden donar bon rendiment els sistemes amb una biomassa relativament petita, que no consumeixen en la respiració tota la producció. Convé, aleshores, limitar o excloure els consumidors o productors secundaris, tota mena de flagells i d'animals, sempre que no sigui l'explotació dels animals el que precisament interessa.

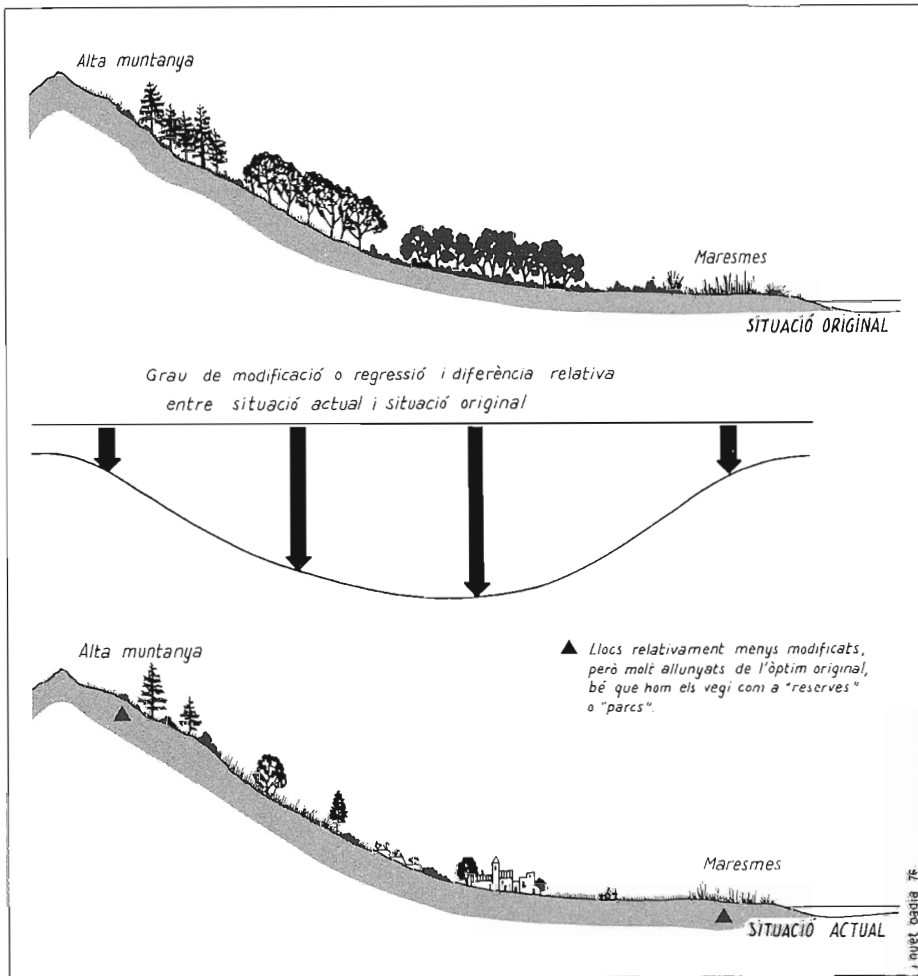
Hi ha, doncs, una oposició íntima entre *successió* i *explotació*. Aquest és, probablement, el problema bàsic de la conservació de la natura. Si es pretén que conservació vol dir deixar que els sistemes naturals s'autoorganitzin fins al seu límit, aleshores no es pot treure res d'aquests sistemes, no s'hi pot intervenir gens. Perquè, a part la simple extracció de materials, totes les altres activitats de l'home tenen el mateix sentit d'*accelerar el flux* relatiu d'energia (més mitjançant una reducció de la biomassa, que un augment de la producció, el qual, de tota manera, no és exclòs: penso, només, en l'adob de conreus i prats) i de *simplificar l'estructura*. La remoció de terres, la irradiació, l'ús de plaguicides, l'artigada, etc., tenen sempre com a conseqüència un augment del quocient producció primària/biomassa, l'eliminació de moltes espècies i l'afavoriment d'unes quantes, tot reduint aleshores la complexitat de la natura.

L'estudi de la successió vegetal en diferents condicions d'ambient és un tema molt important d'ecologia. Ens atreviríem a dir que el desenvolupament històric

d'un ecosistema és el fenomen bàsic de l'ecologia, que ens posa de relleu el funcionament de tot l'ecosistema, com la selecció natural a nivell de les espècies es combina amb una constant selecció d'elements a l'abast per a construir els grans ecosistemes. La selecció representa un assaig seguit d'introduir noves espècies en cada ecosistema: diàspores de tota mena d'organismes usen una estratègia múltiple per a infiltrar-se. Ara bé, en cada estat d'un ecosistema hi ha un complex de factors de selecció que avaluen el nou vingut, el qual és acceptat o rebutjat. Amb això, que és una decisió més d'una llarga cadena, el sistema pot canviar una mica i, òbviament, cada vegada sovintegen menys les decisions importants, car augmenta la probabilitat que ja s'hagin pogut produir, exceptuada la introducció d'aquelles espècies que depenen de les condicions d'un ambient creades per la mateixa successió. En la successió forestal, per exemple, un microclima es precisa gradualment i dona noves condicions de selecció i de successió. Sembla que a mesura que el temps passa tenen més èxit les espècies ja programades, que «ja saben com aniran les coses». Així, en les primeres etapes del bosc, podem trobar, per exemple, arbres que treuen més o menys fulla segons les condicions de l'any i que interrompen el període vegetatiu en arribar els freds. Però en etapes de maduresa més avançada, en allò que els botànics anomenen la *clímax*, hi trobem, per exemple, faigs i d'altres arbres que tenen ja prefixat des de l'any anterior el nombre de fulles que trauran i que han organitzat la interrupció de l'activitat vegetativa més aviat per la llum, sense fer cas de si l'any va més o menys endarrerit quant a la calor. Aquesta seriositat i estabilitat del final, ultra la multiplicitat d'assaigs i d'introduccions d'espècies que s'han pogut fer per arribar-hi, fa que el nombre d'espècies, la diversitat i la complexitat de l'ecosistema, a tots els nivells, augmentin gradualment vers l'etapa climàtica. De vegades sembla que això no és cert i que el bosc madur, final, té molt poca varietat d'espècies d'arbres. En tot cas, té molta més varietat en organismes menuts i en animals de tota mena. Es comprèn, doncs, que l'home, en tornar els sistemes a estats de menys maduresa, en simplifiqui també l'estructura. Estructures senzilles són molt més explotables i fàcils de menar; el límit és el monocultiu. És evident que l'estabilització d'una població mòbil (animal migrant, nòmada) o amb capacitat de mobilitzar recursos (home actual) o d'un sistema ampli (clímax, organització d'un gran país) pot comportar la desestabilització de grups o sistemes més locals o subordinats.

Plantejada la qüestió en aquests termes, la solució a adoptar per l'home en el maneig de la natura no es veu fàcil. Un sistema molt madur, si es vol deixar com a tal, no s'ha d'explotar i, per tant, no té utilitat per a l'home. I, si acceptem que qualsevol intervenció té valor regressiu, ni tan sols pot proporcionar un plaer estètic, ja que cal no visitar-lo. D'ordinari, però, la conservació no s'entén d'una manera tan radical. Sempre es fa referència a una utilització parcial, més intensa en uns punts que en uns altres, però portada de tal manera que es conservi quelcom que ja hi havia. Si reflexionem una mica veurem com el concepte de natura desitjable està fortament influït per la cultura. La nostra imatge d'un país poc alterat inclou claps de bosc, però també posem en la nostra visió mental una masia, unes feixes de conreus i pastures amb bestiar. És una imatge que ens és donada per tradició, a favor de la qual cal dir que una estructura semblant, d'una heterogeneïtat moderada i on les comunitats climàtiques són molt limitades o fins han desaparegut del tot, té una gran estabilitat i podria mantenir-se semblant a ella mateixa durant molt de temps, sense caure en una degradació excessiva. Seria interessant d'estudiar comparativament l'estabilitat a través del temps dels diversos tipus de paisatge.

És cert que l'estudi de les comunitats vegetals actuals inclou comunitats fortament humanitzades i en part s'hi recolza. En altres capítols es fa referència a aquest mateix tema, amb menció de les comunitats vegetals característiques de llocs alterats o en regressió sota l'acció de l'home. És oportú de recordar ací que l'acció de l'home sobre la natura és desigual i ha estat més llarga i més intensa en llocs favorables, de major producció primària, pròxims a rius, etc. Tots aquests llocs estan avui fonament transformats. L'impacte de l'home ha pogut ésser menys fort en llocs menys favorables, vers «la muntanya» (fig. 5). És clar que en

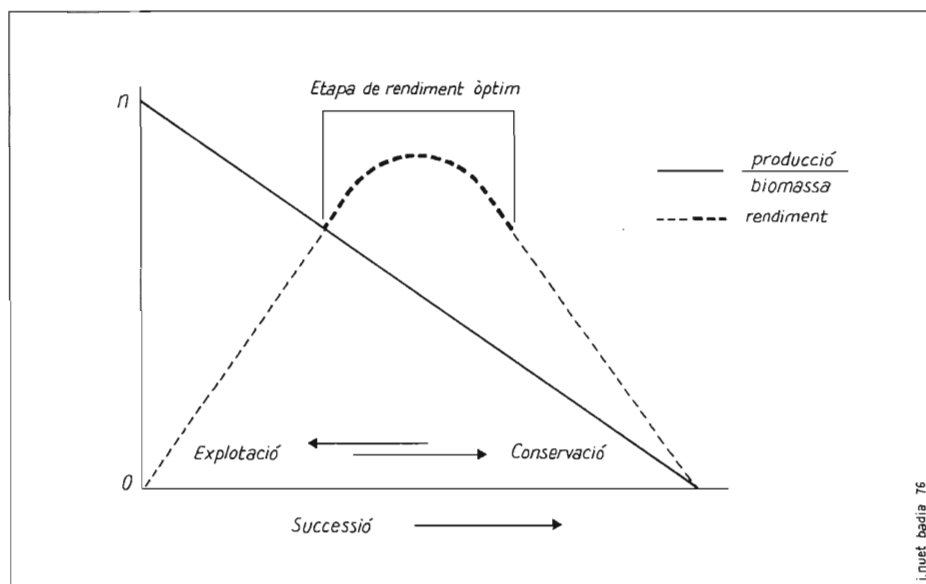


5. L'impacte humà ha estat històricament més intens en els llocs més favorables (relleu suau, valls dels rius, raiguers, etc.). En aquests llocs, per tant, la regressió ha estat més forta.

[Original de R. Margalef, dibuixat per J. Nuét i Badia.]

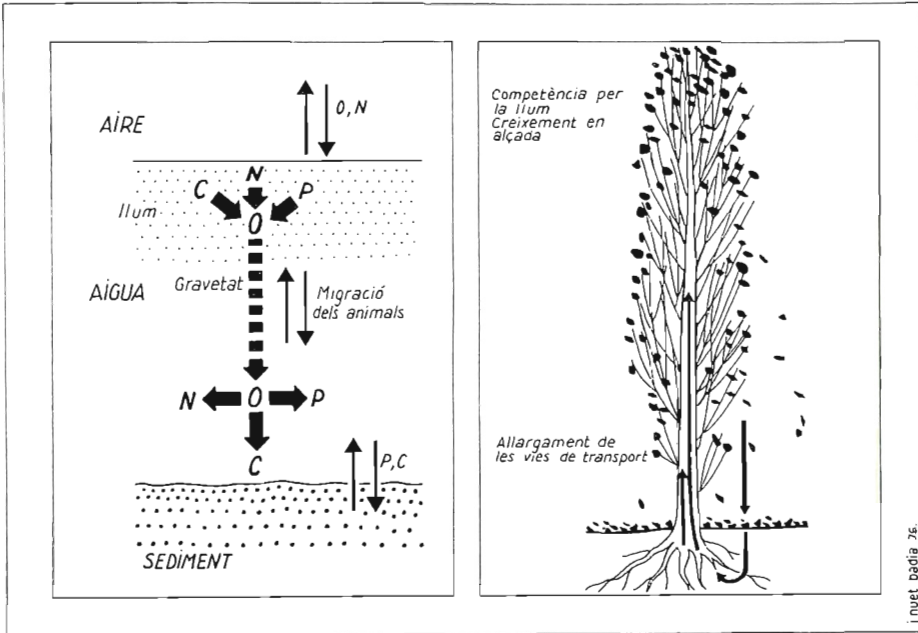
tals situacions queden comunitats més semblants a les naturals originàries; però seria potser exagerat creure-les representants de clímax d'antuvi més esteses. De tota manera, hem arribat a una situació tal que els ambients originàriament menys típics són, ara, els menys alterats que ens queden. Reserves i parcs nacionals s'han de limitar a regions que, fins fa poc, s'havien tingut per inhòspites i, per tant, poc alterades per l'activitat humana, com les maresmes o l'alta muntanya. A escala mundial, la darrera reserva que queda en aquestes condicions, la més inhòspita, és l'Antàrtida, i tan amenaçada pel turisme avui en dia com les altres. Què diríem ara si algú proposava d'abandonar terres de conreu en una vall baixa per veure si es reconstruïa una clímax pròpia? Això es posa simplement per a recordar que, àdhuc la idea més extrema de conservació, va unida a una història i és fruit d'una cultura. Però la consciència d'aquests fets no ha de portar a la indiferència o al tant se me'n dóna, sinó a una major informació i responsabilitat a l'hora d'actuar.

La conservació pot tenir un criteri utilitari. El mateix nom sembla suggerir-ho: la conservació d'avui és possibilitar una utilització o un desenvolupament per a demà. També pot tenir el sentit de fer màxim el profit que es treu d'un sistema. Sabem que el rendiment per unitat de biomassa, la producció per unitat de biomassa (P/B) és tant més gran com més petita és la biomassa (per unitat de superfície, s'entén). Però si ens preocupa la collita total, el rendiment total, hem de cercar de maximitzar el producte $(P/B) \times B$ (fig. 6), cosa que s'aconsegueix en uns valors intermedis. Aquest criteri obliga a fonamentat l'explotació en una biomassa no molt petita. Si s'afegeix el criteri de minimitzar el cost d'extracció, les



6. En una comunitat, l'augment de biomassa al llarg de la successió comporta una disminució del quocient **producció neta/biomassa**, quocient que esdevé nul per a una biomassa molt gran, mancada de creixement net. La màxima extracció és obtinguda per a valors mitjans de la biomassa.

[Original de R. Margalef, dibuixat per J. Nuet i Badia.]



J. Nuet i Badia '76.

7. Els sistemes naturals tendeixen a organitzar-se en sentit vertical i a automoderar-se. En els sistemes terrestres, el retardament és degut a l'acumulació d'elements en la fusta i en el progressiu allargament vertical del transport. En els sistemes aquàtics, el mecanisme de retardament es basa en la gran probabilitat que té el material particulat d'acabar sedimentant-se i en l'existència de derivacions vers l'atmosfera (noti's que el comportament dels animals, que en llur migració vertical acceleren l'acumulació de nutrients en estrats profunds mancats de llum, és tan «irracional» com el comportament humà quan acumula deixalles sense reciclar-les; només un animal que disposi d'energia extra pot canviar aquesta tendència fatal a la sedimentació, a l'acumulació: l'home disposa d'aquesta energia i, doncs, està en condicions –que per ara no exerceix– de comportar-se de manera ecològicament prudent).

[Original de R. Margalef, dibuixat per J. Nuet i Badia.]

condicions adients seran potser encara una mica més desplaçades vers un criteri de conservació. Un subsidi suficient d'energia auxiliar permetrà, en canvi, carregar una mica devers l'explotació. Una explotació pot mantenir-se a aquest nivell en una àrea petita, però hi ha condicions sobre la seva estabilitat que afecten una àrea més gran. La defensa contra l'erosió, contra l'acció del vent, etc., fa pensar que un sistema explotable no sol, no pot ésser, excessivament degradat, sinó que ha de mantenir segments amb una organització considerable. I que consti que ara ens movem en un nivell estrictament utilitari, després d'haver tractat d'exorcitzar allò que de cultura pot haver-hi en el desig conservacionista.

En un ecosistema natural hi ha animals, productors secundaris, que consumeixen una part d'allò que és produït per les plantes. La presència dels animals produeix sempre una certa regressió de la vegetació (com el cas de l'home suara considerat), la relació producció/biomassa de la qual és més baixa quan hi ha animals que quan no n'hi ha. Aquest efecte és molt important en la mar, on el plàncton animal i els peixos, en conjunt, poden atènyer una biomassa quantitativa-ment del mateix ordre que la biomassa del plàncton vegetal. Amb això, el plàncton vegetal és forçat a reciclar-se ràpidament: se'l té sota explotació, com si fos un conreu (fig. 7). En canvi, els ecosistemes terrestres, sense l'home, estan dominats

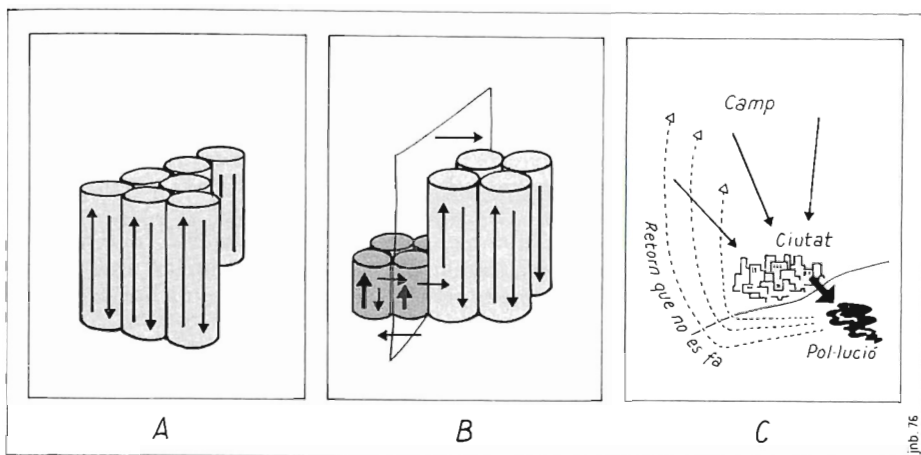
per la massa vegetal. Si acceptem en una alta proporció dels ecosistemes terrestres una biomassa entre 1.000 i 10.000 g de carboni per m² i una producció primària entre 200 i 1.000 g de carboni per m² i any, les corresponents xifres de productors secundaris (animals) són de 0,1 a 15 g de carboni per m² (del 0,1 a l'1,5 ‰) i de 0,2 a 10 g de carboni per m² i any respectivament (de l'1 al 10 ‰ de la producció primària).

És obvi que els ecosistemes terrestres esperaven, per dir-ho així, l'arribada de l'home per aconseguir una relació més «normal», és a dir, més semblant a la que s'observa en la mar. Si acceptem un raonament tan antropocèntric, es podria continuar afirmant que el sistema format per un ecosistema terrestre explotat més l'home, potser no s'hauria de considerar com la regressió a un sistema primitiu, sinó com una superació vers un nou tipus de clímax. El cert és que la vinguda i l'expansió de l'home han introduït noves regles de joc en les probabilitats de successió en relació amb tal com estava la cosa abans.

En aquest punt cal establir una relació amb el que s'ha dit en el capítol precedent. La successió dels sistemes naturals té una propietat molt interessant en relació amb el transport de materials: a poc a poc s'organitza rigidament en una dimensió vertical. A l'aigua tenim que la llum penetra en un gruix útil definit i pràcticament limitat (60 a 100 m o menys): en aquesta zona il·luminada, el fitoplàncton assimila els nutrients. Fòsfor, nitrogen i altres elements passen d'una forma soluble a una forma particulada. Una vegada en partícules, llur probabilitat de moure's cap avall augmenta, sigui per sedimentació directa del plàncton vegetal, sigui per l'acció dels animals, de manera que els nutrients retornen al medi en un nivell no il·luminat. La conseqüència és retardar el flux d'energia, perquè la llum en superfície no es pot aprofitar si no hi ha nutrients lliures i baixa el quocient P/B computat sobre un prisma vertical. El transport vertical que regula la productivitat primària queda sota el control dels animals i dels moviments verticals de l'aigua que siguin de causa externa a l'ecosistema pròpiament dit.

Un model conceptual semblant és aplicable també als ecosistemes terrestres (fig. 7). L'organització d'una comunitat vegetal consisteix en el desenvolupament d'un sistema de transport vertical, fet d'arrels i de tiges, que, en arribar als arbres, adquireix extraordinària robustesa i capacitat de resistència a tota mena d'agents de destrucció, entre altres els animals. El sistema s'allarga per dalt per un principi molt senzill: la competència per la llum, que fa que cada fulla intenti apropar-se més al seu origen. El resultat és un sistema de transport vertical que ha estat controlat fins ara pels mateixos vegetals. Tal vegada en aquest control es troba la raó que el quocient biomassa dels animals/biomassa dels vegetals sigui molt més baix a terra que a l'aigua. Hem dit fins ara, volent dir fins a la vinguda de l'animal dominant, l'home, que primer amb el foc i després amb altres recursos ha «posat al seu lloc» la vegetació, llevant-li el control del transport. Ensenms, el transport essencialment vertical ha estat substituït per un transport horitzontal molt important.

Aquest transport horitzontal s'ha de sopesar a la llum d'un important criteri de successió i de maduresa dels ecosistemes. La successió porta a comunitats que poden tenir certa heterogeneïtat horitzontal, però que tenen els punts adjacents pràcticament simètrics pel que fa a intercanvi o transport. En el centre de l'Atlàntic cada prisma d'aigua d'1 m² de base, de la superfície al fons, és semblant als prismes veïns i no ens preocupa el possible intercanvi horitzontal entre uns i altres perquè, si hi és, és simètric. És el mateix que passa en un bosc climàtic: estudiem amb cura el transport vertical, perquè es relaciona amb l'estructura i l'estratifica-



8. Els sistemes madurs s'organitzen en forma de prismes equivalents (A), els quals poden considerar-se independents els uns dels altres. Si, tanmateix, són juxtaposats sistemes de diferent nivell de maduresa (B), sol haver-hi, per contra, un flux d'energia del menys madur al més madur. La influència de l'home ha fet augmentar enormement la desigualtat i el transport horitzontal entre els sistemes en què opera: quan el transport és incomplet o unidireccional (C) el flux de retorn queda abolit i es presenta la contaminació.

[Original de R. Margalef, dibuixat per J. Nuet i Badia.]

ció del bosc, però podem entendre el funcionament del bosc prescindint del transport horitzontal, almenys si adoptem com a dimensió de referència un prisma vertical que inclogui almenys un arbre dels dominants. Si per cas hi ha algun transport horitzontal, va a càrrec dels animals: en el mar, els peixos que van d'un lloc a un altre; en el bosc, els animals grossos que mengen en uns llocs i reposen en uns altres. Però la importància d'aquesta mena de transport en el bosc climàtic natural era molt petita. Abans hem donat algunes xifres que il·lustren sobre la quantitat relativa de massa animal en comunitats terrestres. Cal afegir que, d'ordinari, tres quartes parts o més d'aquella biomassa és formada per cucs de terra i animalets, amb prou feines visibles a ull nu, que viuen en la fullaraca i en el sòl. En la mesura en què aquests animals formen part d'un sistema de transport, el sistema és tan vertical com el comanat pels arbres. En resum, el transport horitzontal és petit i la biomassa animal implicada en ell, molt migrada. Això, és clar, abans d'arribar l'home; però sembla una condició necessària per a la conservació (fig. 8).

Considerem ara la juxtaposició d'un clap de vegetació climàtica a un altre clap on la successió no hagi avançat tant. En aquestes fronteres hi ha sempre un flux horitzontal més important. D'ordinari, l'energia fixada en forma química per les comunitats menys madures, no sols contribueix a augmentar-ne la maduresa, fent-hi avançar la successió, sinó que també, en part, s'exporta vers els sistemes pròxims més madurs, que en certa manera exploten els sistemes menys madurs adjacents. Aquest fet s'observa en la mar, en les relacions entre taques més o menys productives, i també té una realitat en la terra: en una clariana del bosc, produïda per mort dels arbres, part del nodriment se'n va per les arrels vers la porció perifèrica, i molts animals de bosc van a caçar a les clarianes, aprofitant el ràpid desenvolupament de certs animals que allí es produeix, els quals es nodreixen

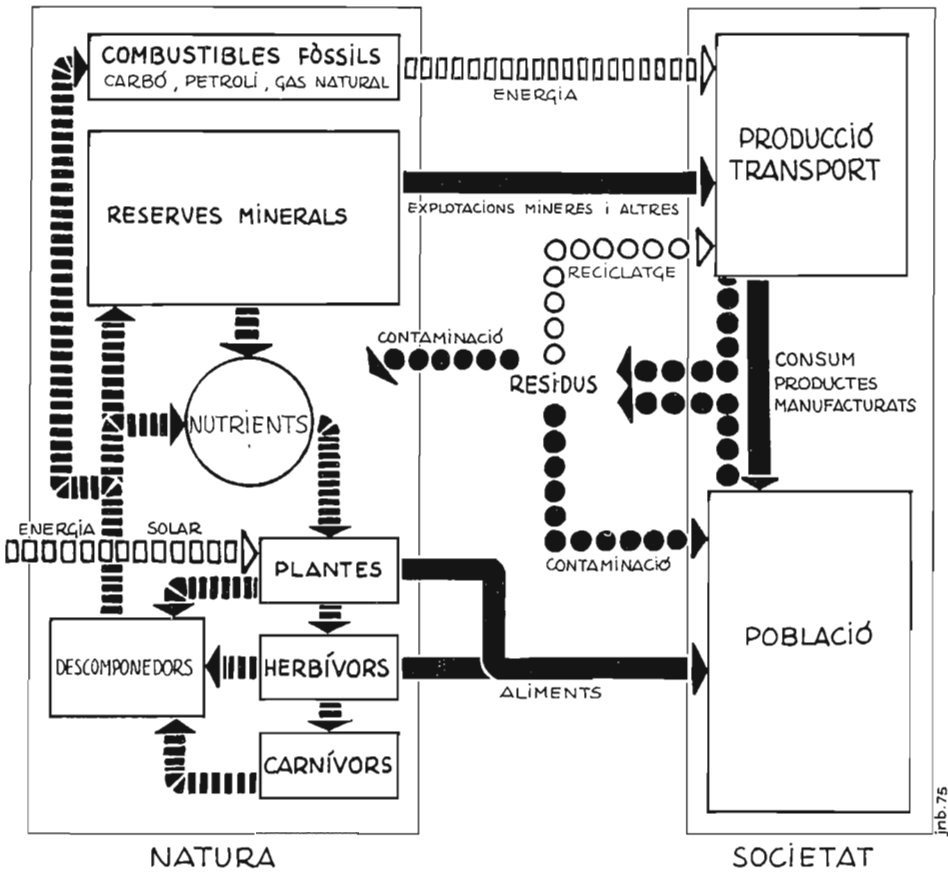
xen de la vegetació secundària que hi creix de pressa. Hem portat ací aquest exemple no sols com a il·lustració de la teoria ecològica, sinó perquè és molt pertinent a l'activitat humana. L'explotació humana es fa sobre els sistemes menys madurs –o artificialment retrogradats– i demana un transport horitzontal. Recordem que l'urbs, amb els seus tentacles de pop, exprem extenses regions rurals. Si volem, hi podrem veure signes atàvics: l'home com a resident del llindar del bosc, on troba protecció, o caçant en les àrees desboscades veïnes, àrees que ell ajuda a desboscar amb el foc i que més tard incorpora al conreu. Crec que ací tenim un esquema formal de la inserció de l'home en els ecosistemes naturals, que fins i tot pot servir per a justificar la visió patriarcal del paisatge humanitzat, amb la seva estructura de mosaic, a la qual l'home superposa sempre un sistema horitzontal de transport, que abans no hi era.

El transport horitzontal pot ésser indirecte o no volgut directament per l'home, fruit d'altres activitats, però qualsevol acció humana l'intensifica. La tala de boscos, l'ús d'herbicides, alliberen molts nutrients del sòl, que l'aigua s'emporta. Igual succeeix amb les diverses formes de facilitar l'erosió. El resultat és el transferiment de nutrients dels sòls emergits a les aigües, on poden crear problemes d'eutròfia. La pol·lució és un problema més de transport. La ciutat absorbeix tota mena de recursos d'un gran territori, els usa a mitges, i deixa els elements concentrats en un punt, prop del lloc on han estat usats, però lluny del lloc d'on procedien. En les explotacions agrícoles, és clar que s'han de reposar els elements manllevats, però això no es fa retornant-los, sinó portant-n'hi de nous, de lluny (amb la qual cosa s'afegeixen nous problemes de transport) o esperant que els elements hi siguin reposats per l'erosió natural del rocam situat a major altura i per la fixació de nitrogen.

L'embús representat per la pol·lució és una mena de fre a l'explotació, és un simple embús de circulació. Jo crec que, sense exageració, es podria considerar la pol·lució com quelcom positiu, com una mena d'assegurança contra estralls excessius. És una sort, per exemple, que la pol·lució marina sigui més visible prop de la costa, on van els turistes. Òbviament, si l'home estigués disposat a duplicar la quantitat d'energia invertida en el transport i, per tant, a pagar el bitllet de retorn als materials, el problema de la pol·lució desapareixeria. La pol·lució representa, doncs, un problema temporal causat per una certa gasiveria –mireu quina cosa més estranya– en l'ús de l'energia. Però potser més val així: si no estem preparats per a manejar l'energia que manegem, n'estariem molt menys per a menar-ne una dosi doble. Almenys ara com ara.

Suposem que el problema de reciclar els elements es pugui resoldre, amb el corresponent cost d'energia. O potser combinant unes mesures més lògiques, consistents a reduir el trajecte des de l'origen a la utilització dels recursos. Però qualsevol solució ecològicament assenyada voldria substituir les grans aglomeracions urbanes per una organització del territori més dispersa i reticulada. Ja sabem que això és poc probable que s'aconsegueixi, car hi ha en contra arguments molt humans –l'augment de poder– que fan creure que el creixement de les ciutats continuarà encara per un cert temps.

Certament que el reciclatge no resol la conservació, ja que el transport horitzontal no s'anul·laria, sinó que es duplicaria, tot donant un sistema que estaria molt lluny de la climax i potser seria fràgil. De manera que l'eventual solució del problema de la pol·lució, introduint un transport adient, no té res a veure amb una conservació estricta. La conservació, i potser, si voleu, l'estabilitat de part de la biosfera, demana poder deixar a part, desconnectats del cicle horitzontal cada



9. Relacions energètiques i materials entre els ecosistemes naturals i la societat humana.
 [Original de J. Terradas, dibuixat per J. Nuet i Badia.]

vegada més intens, més generalitzat, i controlat per l'home, alguns segments de la natura. Les raons per a això són múltiples, algunes esmentades, d'altres sovint discutides en altres llocs d'aquest llibre. Bàsicament es tracta d'un criteri de conservació i no sols a nivell de sistemes, sinó de llurs components, les mateixes espècies. L'efecte de simplificació de l'home sobre la natura implica una taxa d'extinció d'espècies veritablement esgarrifosa. Potser cada dia s'extingeix una espècie, planta o animal, gran o petita, per acció directa o indirecta de l'home. Animals grossos, ocells vistosos, algunes plantes, demanen i tenen de vegades un obituari. Però qui es recorda de l'enorme riquesa d'espècies amenaçades per la destrucció d'extensions de la selva tropical, de baixos de corall? És notable la inquietud que desperta el possible dany a una obra d'art humana, contrastada amb la indiferència amb què es veu la destrucció d'una obra irreproducible de la natura. No val a dir que la fi esperable de totes les espècies és l'extinció i que, per tant, poc

importa si s'esdevé una mica abans o una mica més tard davant de l'eternitat dels temps, perquè això mateix fóra vàlid per a tota obra humana. Però crec que convé reflexionar sobre l'actitud de divorci de l'univers que això representa.

Moltes vegades s'ha de recórrer a criteris utilitaris per trobar auditori on tractar de presentar arguments com els assenyalats. La intenció és bona, però el vehicle crec que no és adequat. Interessa conservar espècies perquè són insubstituïbles i ecosistemes complicats perquè són bonics i donen una lliçó sobre el funcionament del món. És dubtós voler parlar de la importància de bancs gènics i de la importància directa per a l'home que podrien tenir el dia de demà les espècies que tan alegrement avui anorreem. La raó és senzilla. L'home vol organismes per explotar: organismes que puguin viure en condicions senzilles, que siguin independents d'altres organismes, de taxa de creixement ràpida, d'un alt quocient P/B, propis, en una paraula, d'etapes pioneres de la successió ecològica, que són precisament les etapes explotables. Però en realitat les espècies més explotables estan sota cultiu, i les que es propaguen sense intenció, sota la protecció indirecta de l'home, la vegetació ruderal, els flagells, són organismes igualment predestinats a l'explotació. És poc probable que els ecosistemes més organitzats, climàtics, continguin moltes espècies amb futur dintre la ferotge explotació de la biosfera. Per això les raons per a conservar petites parcel·les de la natura sense explotació són més aviat científiques, estètiques, si voleu, i jo afegiria que fins i tot religioses.

4. Mecanismes de regulació

La persistència de la natura en condicions acceptables no és deguda precisament a la prudència i a la saviesa de l'home, sinó a l'existència d'una llarga sèrie de mecanismes de regulació i de seguretat presents en la mateixa biosfera. La biosfera és adaptada a un medi físic, subjecte a canvis, molts d'ells no previsibles pels organismes; es comprèn que per senzilla selecció ha hagut d'incorporar molts mecanismes de seguretat. Els mecanismes de tipus cibernètic, és a dir, de manteniment del valor d'una funció entre límits donats, són del coneixement de tothom, existeixen en el nostre mateix cos (manteniment de l'equilibri en caminar, regulació de la composició del medi intern, etc.) i n'hem vist exemples en els ecosistemes: l'augment de la biomassa per una producció primària que és aproximadament funció de la superfície, assegura la reconstrucció de la biomassa després d'algun accident que l'ha anihilada en part. Altres mecanismes de regulació esmentats en tots els llibres –bé que en realitat no són tan senzills com sembla– apareixen en la interacció entre un depredador i la seva presa, en el model que podem anomenar del gat i la rata. Si augmenten les rates, augmenten els gats, els quals delmen intensament la població de rates, cosa que, de retruc, fa disminuir també la població de gats. Seria d'esperar, doncs, un sistema de fluctuacions cícliques en tot parell d'espècies lligades per una relació semblant. Però a això la natura superposa una evolució gràcies a la qual les rates es fan més destres a escapar dels gats i els gats més lleugers per a encaçar les rates. Tenim un exemple d'una altra mena de mecanisme de regulació en el flux de vehicles que circulen per una carretera: si la densitat augmenta, disminueix la fluïdesa del trànsit, de manera que el nombre de vehicles que passen per unitat de temps no excedeix un cert nivell.

Val la pena de recordar que la parsimònia, i fins i tot la peresa, és una llei bàsica de la natura. Tota la regulació es fa tendint a uns nivells baixos en la producció, en el flux d'energia necessari per a mantenir una certa biomassa. No sobra de recordar els exemples prou clars en l'aigua i en la terra (fig. 6). Si la producció és molt alta en aigües superficials, no hi ha prou oxigen en el fons per a oxidar: part del carboni orgànic se'n va als sediments i l'oxigen corresponent marxa a l'atmosfera. Una forta producció fa probable que una part del fosfat dissolt precipiti i resti immobilitzat en els sediments i, en condicions de penúria d'oxigen, part dels compostos de nitrogen passen a nitrogen molecular atmosfèric. Tot això retira materials de la circulació i, en el cicle següent, la producció serà menor. És el retorn o desviació del carboni i del fòsfor vers els sediments, i de l'oxigen vers l'atmosfera, que fa la funció de fre. I per a completar això cal manifestar que sovint

s'han dit bestieses sobre el paper del plàncton marí en la producció d'oxigen. L'excés d'oxigen que passa de la mar a l'atmosfera, com a resultat net de la biologia del plàncton, és igual a la quantitat d'oxigen necessària per a cremar el petroli que es forma actualment en la mar. Ni més ni menys. Però, en definitiva, com a resultat del conjunt de relacions, la producció marina baixa. Així s'explica que la mar sigui decididament molt menys productiva que la superfície de la terra, aproximadament una tercera part per igual superfície. Les regions més productives tenen algun mecanisme que s'oposa a la natural migració dels elements nutritius vers el fons en el cos dels organismes. Com és de suposar, el mecanisme més efectiu és un simple moviment vertical ascendent de l'aigua. Els llocs més productius, les pesqueries més productives, són en localitats on l'aigua de fons aflora a la superfície.

Circuits semblants es reconeixen en el bosc. El creixement en alçada de la vegetació, en cerca de la llum i en competència per ella, acumula matèria orgànica en els troncs i allarga el camí (vertical) que han de recórrer els diversos elements químics en llurs cicles. Tot el cicle es retarda. Una tala, un foc, allibera nutrients i fa retornar a una vegetació més baixa, però de creixement relativament accelerat, que tendeix vers la vegetació primitiva.

Existeix, doncs, una identitat quasi absoluta entre els mecanismes de la *successió* ecològica i els mecanismes d'*estabilitat* dintre de l'ecosistema. Tots són mecanismes de retorn, mecanismes cibernètics que menen el sistema a un cert nivell de referència. No en va a la cibernètica, que tracta de sistemes de regulació en l'home i en els artefactes i organismes, li ve el nom d'un mot grec que significa timoner. En un dispositiu cibernètic, com en el comandament d'una embarcació, s'aplica en tot moment una força que és proporcional a la diferència entre l'estat actual del sistema i un estat ideal, que en el cas del timoner és la ruta a seguir, o sigui, l'angle que ha de servir amb una línia definida relativament a la brúixola. És clar que, ni en el cas de la vida en un oceà ni en el cas d'un bosc, té existència formal un ecosistema ideal de característiques definides que serveixi com a norma i en relació amb el qual es produeixin els canvis espontanis en l'ecosistema real, de manera que gradualment portin vers aquell sistema ideal. Però, en tot cas i basant-nos en el que dèiem, podem assignar algunes característiques a aquell sistema ideal, o clímax si voleu. Una d'elles és la parsimònia, el mantenir la biomassa més gran possible amb el canvi d'energia més petit possible. Les espècies de primer se seleccionen per la seva capacitat de persistència i després per l'economia del seu metabolisme. És a dir, no podem assignar característiques fixes, però sí tendències que menen vers una certa situació asimptòtica. Aquesta, i no altra, és la característica dels mecanismes cibernètics naturals.

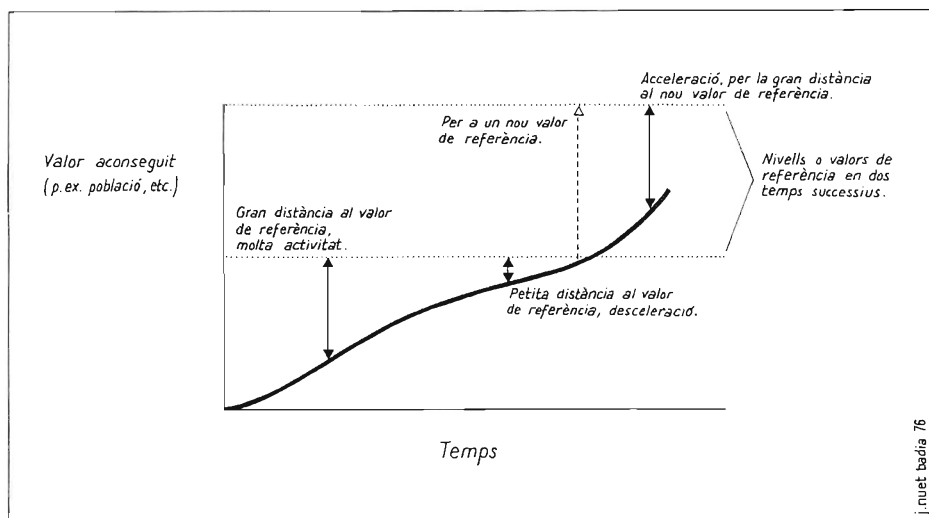
Després d'aquestes consideracions d'introducció, cal preguntar-se: i bé, què té a veure tot això amb les qüestions que hem de debatre? Hi té molt a veure, i en dos aspectes: en l'existència de veritables mecanismes cibernètics a nivell cultural i en l'apreciació de la mesura de seguretat per a la nostra pervivència que ens ofereixen els mecanismes cibernètics o de regulació que operen en el nostre planeta.

Hi ha mecanismes cibernètics biològics o físics que són palesos. Totes les coses escrites després de GAULT i de MALTHUS sobre la població humana giren a l'entorn d'un mecanisme d'aquest tipus que, si voleu, es pot referir al model del gat i la rata suara exposat. La població humana creix, però és impossible un creixement exponencial. Això és el que ve a dir tota la teoria malthusiana. I podem estar segurs que la humanitat no arribarà mai a una densitat tan gran que superi la permesa pels recursos de què pot disposar. Tota la discussió és sobre si cal esperar

que els mecanismes biològics actuïn com a tals o si l'home els pot preveure i, per tant, aplicar a temps certs correctius, sobre la població i sobre els recursos, per tal d'evitar efectes de destrucció molt dolorosos. És en aquest sentit que els profetes malastrucs de l'ecologia, que cada dia preveuen una nova manera d'acabar amb la humanitat i carreguen de negre la imatge del futur, poden ésser útils: per a fer pensar en els perills i desvetllar certa preocupació i desig d'acció. Sabem que els organismes han desenvolupat relloctges interns, que els fan preveure futurs esdeveniments i els permeten de preparar-s'hi. Organismes que viuen en el fang de les platges sotmeses a marees, saben quan pujarà l'aigua i, abans que això passi –això és essencial, altrament serien enduts per l'arribada de l'aigua–, s'enfonsen en el fang. Tal comportament és resultat de l'evolució mil·lenària d'unes estirps que han evolucionat sotmeses al vaivé de les aigües. Altres animals han desenvolupat mecanismes per a reduir la fertilitat, com anticipació a condicions desfavorables per a la persistència d'una alta població, i això també s'ha fet al llarg del temps i de moltes vicissituds. Per tant, si l'activitat és controlada culturalment i no genèticament, uns organismes que es vanten de conèixer o de preveure l'esdevenidor, com l'home, han d'incorporar uns mecanismes semblants de regulació dintre de llur comportament cultural. És en aquest sentit que es pot dir que els profetes no són inútils, encara que puguin resultar falsos. En realitat, el millor que pot passar a l'ecòleg que vaticina malaurances és que les seves profecies fallin.

Hi ha un problema seriós en relació amb aquests circuits cibernètics, referits a un valor límit o que dóna el patró. Aquest no és constant. La població humana romangué per molt de temps estabilitzada, car els mecanismes de regulació operaven amb referència a un valor molt baix, corresponent a l'explotació del medi a un nivell paleolític. Més tard, el pas a l'època neolítica primer i a la industrial darrerament, elevaren els nivells de referència. No és d'estranyar que la corba d'augment de la població humana no sigui contínua, sinó que consisteixi en segments de corbes que creixen ràpidament (fig. 10), de diverses corbes exponencials, enllaçades en els punts on s'han produït els fets més transcendents de la història biològica de la nostra espècie: l'explotació activa (pas al neolític) i el domini de l'energia (pas a l'època industrial).

L'home, com a espècie, és extraordinàriament poderós, si el comportament dels individus troba una referència comuna, és a dir, quan la seva activitat és orientada en un mateix sentit. La veritable comunicació quan té valor positiu selectiu, si és una conseqüència de l'evolució, rau en el fet que facilita aquest comportament comú. Aquest comportament comú no cal que sigui «correcte», pot ser equivocat: ho veurem «post mortem». I això no és un estirabot, sinó que vol significar solament que la selecció natural opera a tots els nivells, i que hi pot haver hagut selecció positiva d'actituds i de creences quan aquestes, pensades i actuades en comú, han permès la continuïtat de la vida humana en certes condicions. Dintre la cultura humana, encara que hagin canviat els nivells de referència, els grans valors han tingut sempre caràcter sagrat, són allò que no es discuteix, allò que no es pot discutir, dintre del comportament. Per això els antics són mirats com a repressius mentre se'n van creant de nous, i per això ara, encara que potser amb més lucidesa que abans, tindrem probablement molta més dificultat per a posar-nos d'acord i actuar a favor de la nostra supervivència. Però sembla cert que, entre els valors de referència indiscutible, hi hauria d'haver alguna actitud de respecte envers la natura. L'innegable poder actual de l'home tolera una quantitat considerable de soroll, confusió o informació falsa en la comunicació entre humans. Es crea d'aquesta manera una desconfiança entre uns i altres que pot posar certs obstacles a una acció comuna i coordinada.



10. Representació gràfica dels canvis, en el temps, d'una variable (biomassa, població, nombre de vehicles, etc.), en funció de la distància entre el valor actual d'aquesta variable i un valor de referència. Cal pensar que la successió ecològica –pas d'un prat a un bosc, per exemple– és un fenomen d'augment de biomassa que va a una velocitat proporcional a la diferència entre la biomassa actual i la màxima possible en l'ambient concret en què té lloc el fenomen.

[Original de R. Margalef, dibuixat per J. Nuet i Badia.]

L'home generalment ha pecat i peca d'immodèstia en l'avaluació de les seves relacions amb la natura, quan hi té alguna funció directiva. No és correcte vantar-se de la selecció de plantes en el començ de l'agricultura. Les plantes se seleccionaren elles mateixes per rendiment i perquè resistien les operacions de collita de l'home, i en alguns casos aquelles que l'home considerarà d'antuvi com a males herbes, suplantaren la collita principal fins a esdevenir-ne. Tampoc no podem vantar-nos de prendre mesures sàvies en relació amb la conservació; en realitat els mecanismes de regulació i d'estabilitat naturals hi han posat el que faltava.

Hi ha mecanismes d'estabilitat a tots nivells, però el que preocupa ara és l'acció molt més intensa de l'home, que mobilitza quantitats d'energia que ja no resulten negligibles en la maquinària de la biosfera i que, per les raons ja comentades, ara actua en bloc sobre un món que és també una unitat. És una mica com aquell acudit que diu: què passaria si tots els xinesos es posaven d'acord per fer un bot tots a la vegada? Aconseguirien de desviar l'eix de la Terra? És a dir, d'una part hi ha l'efecte mundial de l'home mitjançant els plaguicides que es difonen amb rapidesa a través de l'atmosfera i la mar, hi ha accions de transport de calor totes en un mateix sentit (a favor del gradient natural, és clar) i hi ha, a més, uns impactes molt específics locals, tots del mateix signe, i que estan unificats per un intens transport horitzontal de recursos. De manera que, en ampliar-se i uniformitzar-se l'acció de l'home sobre la Terra, esdevenen menys fiables els mecanismes naturals d'estabilitat. L'home, en fer-se més poderós, pot no descansar ja en la providència.

No obstant això, persisteixen uns mecanismes de regularització i d'estabilització de la importància dels quals no es pot ignorar. Els oceans, per exemple. No solament la capacitat calorífica i la massa d'inèrcia els fan un excel·lent regulador del clima, com si diguéssim un volant de la màquina tèrmica de la Terra, sinó que llur paper creix en intervenir en d'altres propietats, per exemple, en la regulació de la quantitat d'anhidric carbònic de l'atmosfera. En una columna mitjana de mar de 1 m² de secció hi ha prop d'un centenar de vegades més de carboni inorgànic que en la corresponent columna atmosfèrica. El mar pot absorbir fàcilment gran quantitat de carboni inorgànic variant tan sols el límit de dissolució del carbonat càlcic. És a dir, si augmentava la concentració d'anhidrid carbònic a l'atmosfera, el carboni en excés seria absorbit per la mar fins a recuperar l'equilibri, i això succeiria simplement pujant unes desenes de metres el nivell al qual es dissolen les closquetes dels foraminífers, que són uns petits animals marins les restes dels quals són també acumulades en abundància en terrenys fòssils i formen muntanyes.

Hi ha dues lliçons a extreure de tota continuació i ampliació de consideracions semblants. Una es refereix a la velocitat de retorn a l'equilibri, que és lenta i pot anar desacompassada de la velocitat, o de l'acceleració, que l'home imprimeix als seus estralls. En altres termes: una partició apropiada del carbònic entre l'atmosfera i l'oceà es pot aconseguir en segles, però què passa si l'home duplica la quantitat de carbònic atmosfèric en cosa de decennis? Una altra lliçó es refereix a la importància enorme de la vida en la configuració, àdhuc de les característiques físiques i químiques del planeta. La composició de l'atmosfera, la gran quantitat d'oxigen present en la Terra, són funció del desenvolupament i de les característiques de la vida, com ho és també la concentració de carbònic i, amb la quantitat de carbònic dissolt, la regulació de la quantitat de calci i de magnesi en dissolució o en estat sòlid. Les acumulacions dels foraminífers suava esmentats, les muntanyes fetes de madrepores (coralls) i altres organismes, en són la prova. I la vida tampoc no ha estat ni és aliena a la concentració de nitrogen en l'atmosfera. Si això és així, i no hi ha dubtes seriosos en aquesta reconstrucció del nostre passat, és palesa la importància de la biosfera en la conservació de característiques àdhuc «físiques» del nostre planeta. En altres termes, la biosfera, tal com la tenim ara, és una part integrant del nostre ambient i forma part dels mecanismes estabilitzadors a escala planetària. Qualsevol destrucció o alteració de la biosfera en proporcions considerables comporta riscos excessius. Molts dels problemes, implicats en consideracions com aquestes i d'altres de semblants, s'han plantejat moltes vegades. A les referències bibliogràfiques indicades es poden trobar interessants discussions seguint aquesta via i altres de comparables. Sovint, parlant des de punts de vista molt generals, no es fa remarcar prou què representa l'increment del transport horitzontal dintre la biosfera per efectes de l'home. Una gran part de l'energia que es degrada en la Terra s'usa en el transport horitzontal, però es reflecteix principalment en el transport horitzontal de calor, bé que també hi ha un transport important de massa, i àdhuc de massa viva, en els corrents marins. Però és l'home el principal agent que treu materials d'uns ecosistemes i els afegeix a d'altres, consumint en això una part important d'energia, energia que, en part, procedeix del passat (carbó mineral, petroli) i, per tant, per arrodonir la imatge de transport, estenent-la de l'espai al temps, podem dir que en usar aquesta energia l'home transporta al present el producte d'uns ecosistemes del passat. En aquest sentit l'efecte de l'home sobre la natura és simplement d'acceleració.

La pol·lució, entesa com una cosa fora de lloc, perquè s'ha dut a un cert punt, tot trencant el camí de retorn, és un altre dels frens o reguladors de la natura que

atenuen l'activitat dels ecosistemes. És com l'exemple del fòsfor i el carboni emmagatzemats temporalment en el sediment, que rebaixen la producció primària de les aigües, tal com s'ha dit abans. En aquest sentit la pol·lució és un factor d'estabilització i, repetim-ho, és cosa bona. Com ja s'ha dit en un altre lloc, fins i tot de manera psicològica, ja que la pol·lució marina, que es fa sentir de primer a les platges, d'aquesta manera alerta més els interessats, especialment en els llocs on hi ha explotacions turístiques. Ara bé, com s'ha dit també abans, teòricament es pot resoldre el problema de la pol·lució duplicant la quantitat d'energia usada en el transport horitzontal. Duplicar l'ús d'energia pot portar d'altres problemes, fins i tot si hom troba l'energia. El problema de la pol·lució és, afortunadament, una ocasió per a detenir-nos una mica a reflexionar abans de fer el salt d'incrementar el consum d'energia. Cal pensar, doncs, que si poguéssim reduir l'extensió del transport horitzontal amb una apropiada organització del territori humanitzat, aconseguiríem de reduir l'energia necessària i augmentar, ensems, l'estabilitat de tot el sistema.

És bo, doncs, d'acceptar l'existència de mecanismes de regulació a diferents nivells i d'aprendre com funcionen, però no refiar-nos massa de llur resistència a impactes creixents que, d'altra part, són nous en la història de la biosfera. Hi ha hagut certament trasbalsos importants en la història de la Terra, però, com la humana, la història de la Terra no es repeteix, i l'home resulta ser una força inèdita i poderosa, encara que no més poderosa que la vida anterior que, com hem vist, ha regulat la composició de l'atmosfera i de la mar. El que fa tan arriscat portar fins a les darreres conseqüències la intervenció humana és, precisament, el caràcter global que ara té el seu impacte. En alguns aspectes és inevitable, com quan es difonen plaguicides en l'aigua o en l'aire: s'ha dit fins a la societat que els pingüins de l'Antàrtida tenen DDT com qualsevol cristià. Però en altres aspectes ja no n'és tant, d'inevitable. És aconsellable de subdividir les àrees de «*feedback*» o de regulació, és a dir, desconnectar una altra vegada, en la mesura que sigui possible, ecosistemes adjacents i actualment esdevinguts massa solidaris a causa de la intervenció combinada de l'home.

La natura del procés cibernètic de regulació o «*feedback*» porta implícita una característica que hom tendeix a oblidar. De vegades hom pregunta quina és la màxima resistència d'un sistema, la màxima càrrega que pot suportar, la màxima quantitat de matèria orgànica, per exemple, que un riu pot absorbir sense mostrar canvis catastròfics. Es tracta d'una reflexió de la mentalitat d'enginyer, que demana la màxima resistència d'un pont a una càrrega, per exemple. Però en general es pot dir que un límit no existeix i que no hi ha altra cosa que una resposta –no lineal– de les conseqüències a certa càrrega. Això es demostra molt bé en relació amb l'eutrofització d'aigües dolces i referit, per exemple, al consum d'oxigen en les aigües fondes o a la separació de fosfat. En una aigua molt pura una determinada intervenció –la introducció d'una quantitat donada de matèria orgànica– és seguida d'un canvi qualitativament més important que si la mateixa càrrega s'afegeix a una aigua ja més eutròfica, o sigui, d'antuvi més productiva. Això es pot expressar de manera vulgar dient que una mica més de brutícia es nota menys en un lloc que ja sempre és brut. Però seria arriscat voler treure la conseqüència que és millor que una aigua sigui eutròfica i un sistema terrestre degradat, perquè així es notaran menys els efectes d'alteracions futures del mateix signe. En aquest cas, hi ha el risc de portar el sistema a un punt sense retorn. En tot sistema cibernètic es reconeix un conjunt d'estats en els quals existeix estabilitat, és a dir, una pertorbació genera mecanismes de retorn (la successió, l'autodepuració de l'aigua, l'estabilitat en general dels ecosistemes); hi ha una altra regió, més externa,

amb els estats diferents, on no hi ha retorn. Probablement la zona de transició no és definida, en el sentit que no existeixen unes respostes discontinües, sinó foncles alteracions en l'estructura dels sistemes, en llur ruta devers el camí de no retorn.

De vegades, parlant dels problemes de la pol·lució, es fa notar el risc que comporta anar acumulant molècules d'efectes negatius sobre la vida, o d'efectes imprevisibles en un medi, augmentant-ne la concentració, amb el risc d'arribar a la «gota que farà vessar la copa», és a dir, fins a produir efectes sense remei. És interessant com a imatge gràfica, però, pel que s'ha dit abans, no és d'esperar una transició brusca entre una situació i una altra. Aquests problemes poden ser quantificats en situacions concretes. Es considera sovint que els oceans poden admetre moltes deixalles i, de fet, continuar funcionant com la claveguera de la humanitat. Altres autors es mostren molt alarmistes i auguren la mort propera dels oceans. De fet, la introducció de matèria orgànica oxidable en la mar ha de portar a noves condicions en la distribució en equilibri d'oxigen en aigües profundes i a unes noves condicions en la concentració del carbonic i en la solubilitat del calci que no són difícils de calcular. D'altra banda, la introducció de tòxics en forma de molècules orgàniques i de metalls pot arribar a produir concentracions locals elevades, però l'equilibri químic de l'aigua marina fa que els metalls siguin, a la llarga, absolutament innocus. Menys conegut és el destí de les molècules de plaguicides. Es pot dir, doncs, que la mar té una capacitat considerable d'absorció de residus sense greus efectes immediats; però cal augmentar la vigilància i estudiar diversos aspectes de la difusió i descomposició dels materials i ésser prudents a augmentar la càrrega.

Des del punt de vista ecològic és intrascendent que els materials s'aboquin en superfície o mitjançant emissaris submarins, perquè d'una manera o altra la mateixa quantitat de materials orgànics va a la mar. És simplement amagar les escombraries sota la catifa o sota el llit. Potser és més perillós, des d'un punt de vista social, enviar els residus per emissaris submarins, perquè d'aquesta manera no es desvetlla la inquietud i la preocupació que acompanyen els emissaris superficials que embruten les platges i en foragiten els turistes; és a dir, si uns efectes semblants es produeixen de manera amagada, s'inutilitza el «*feedback*» social que és un regulador ecològic tan natural i vàlid com els altres. És en aquest sentit que en un altre lloc deiem que la pol·lució era una cosa beneficiosa, com a component d'un mecanisme de regulació natural.

5. Per una planificació viable

Les pàgines anteriors han servit per a presentar de manera senzilla les grans línies de la teoria ecològica que més es relacionen amb els problemes de la conservació de la natura. Però ens hi hem mogut de manera excessivament abstracta. En les pàgines següents es presentaran de manera molt concreta una sèrie de casos típics, d'agressions específiques contra bocins de la natura, limitats a exemples dels Països Catalans, però que es podrien estendre a tot el món.

Cal aplicar els coneixements que tenim als problemes plantejats i cal que els problemes presents incitin la recerca en aquelles direccions que seran més útils per a omplir els buits existents. Els nostres coneixements són limitats, però utilitzables, i si algunes vegades no basten per a aconsellar un procedir –gairebé sempre caldran més recerques complementàries– seran almenys suficients per a aconsellar què cal no fer. D'altra banda, cal defugir els esquemes grandiosos i imitar la vida, l'èxit de la qual es deu a la constant selecció –a la constant atenció en el nostre cas– de coses petites, als petits problemes de cada dia. Per tant, el tema de la conservació és problema bàsicament d'actitud, d'atenció, d'educació. Una vegada l'actitud correcta és donada, l'acció correcta s'ha de fer habitual. És essencial, doncs, tenir consciència clara d'una sèrie de fets. Per a major claredat i com a resum d'aquesta introducció, proposo de considerar-los breument l'un darrera de l'altre.

CONSCIÈNCIA DE L'ACCELERACIÓ TECNOLÒGICA

A mesura que passa el temps, canvis semblants es produeixen amb rapidesa creixent. Cada vegada es disposa de major energia. Hi ha màquines que mouen la terra amb velocitat i capacitat impensables fa unes dècades, barris i urbs creixen com bolets. Però la natura continua el seu ritme normal: ni la degradació espontània de matèria orgànica en l'aigua es fa més ràpida ni els arbres creixen més de pressa. Tot dispositiu d'anticipació ha d'ésser proporcional a la intensitat dels canvis del sistema: abans bastava preveure les coses amb uns quants anys d'antelació; ara hem de mirar una mica més enllà. La previsió ha de cobrir un major temps i més espai.

CONSCIÈNCIA DE LA DESIGUALTAT DEL METABOLISME EXOSOMÀTIC

És l'arrel de les desigualtats i injustícies entre nacions, comarques, grups humans i individus, però també té una projecció molt directa en el tractament que

rep la natura. Els centres que consumeixen molta energia són molt poderosos, exploten una gran extensió; llur manifestació ecològica fonamental és el transport, que arruïna i desestabilitza enormes extensions de país. La pol·lució és una manifestació externa que en el fons no és gaire greu, perquè sembla que és l'únic regulador efectiu, atesa l'actitud de la gent. Cal contribuir a evitar el creixement excessiu dels monstres urbans. Pensem que, com més gran sigui la concentració, més energia es consumeix endebades.

CONSCIÈNCIA DE LA PROXIMITAT I INEXORABILITAT DELS MECANISMES ÚLTIMS DE REGULACIÓ

La natura no accepta discursos: té la fredor de la lògica del món real. Si hem defugit d'associar-nos a les visions apocalíptiques del futur que llegim sovint en els diaris és perquè creiem que la confusió i l'error enterboleixen la claredat a l'hora d'actuar, però és cert que el funcionament de la natura ens mostra que hi ha coses impossibles i que ens esperen mecanismes biològics traumàtics, si no endolcim les transicions fent ús de la nostra capacitat d'anticipació i de la prudència que, al cap i a la fi, són també mecanismes biològics.

Possiblement es podrien afegir altres consideracions, però crec que si acceptem l'acceleració del nostre desenvolupament, amb la conseqüència d'una distribució massa desigual de l'energia (cada vegada grups humans més reduïts controlen un tant per cent més gran de la quantitat total d'energia, la degradació de la qual és canalitzada per l'home), i l'aproximació ràpida a una sèrie de situacions on, un darrera l'altre, diversos mecanismes de regulació hauran d'actuar forçosament, podem restar convençuts que es pot fer alguna cosa i que cal fer-la. Però els propòsits d'acció no poden ésser més que modestos.

En primer lloc, hi ha d'haver una crida a la temperància. Més que disminuir l'ús de recursos, possiblement és important no deixar les coses fora de lloc. A escala mundial, que la quantitat d'energia degradada ho sigui per l'home o independentment de l'home té poca importància; des del punt de vista ecològic, té importància si l'energia és usada per a promoure el transport horitzontal unilateral i a portar a termes excessius la destrucció d'ecosistemes locals. No ens podem estar de dir que la temperància s'ha d'orientar, també, a la procreació. L'augment de la població humana s'ha reconegut, amb justícia, com un element fonamental dels problemes presents.

La pressió d'explotació de l'home sobre un territori, disposant d'una quantitat d'energia molt gran, es pot fer de manera òptima. Hi ha hagut una tradició històrica, complementada amb mecanismes d'autoorganització i d'autoacceleració, que han portat a la creació de centres que disposen de molta energia i xuclen recursos sobre grans extensions. No hi ha dubte que es pot arribar a una estructura del territori millor, en què aquest estigui dividit en regions especialment explotades, altres de menys explotades i, si es pot, algunes deixades com a reserva: tota aquesta organització ha de basar-se en la distribució d'una població humana i l'organització d'un sistema de comunicacions i de transport.

En línies generals es podrien trobar solucions òptimes, relacionades amb la geografia i la situació actual de la biosfera i que tinguessin en compte la població global. Aquesta situació ideal, per a tenir condicions d'estabilitat i de mínim transport i més fàcil reciclatge, hauria d'ésser reticulada o en mosaic, amb un mòdul més petit del que es tendeix a donar. Tenim una situació present, enfront de

la situació desitjable. Seria oportú de considerar la diferència entre aquestes dues situacions com un sistema cibernètic de regulació i fer-se el propòsit d'accelerar els canvis que ens portessin devers la situació ideal i d'entorpir aquells que ens n'allunyessin. Hi ha un camp molt interessant d'ecologia aplicada, interessant també per a conreadors d'altres ciències: fixar els mòduls més adequats d'una organització més o menys en mosaic o reticulada, heterogènia, del territori.

Però tot això no es pot fer a una escala local. Hem arribat a una situació, com ja dèiem, en què la humanitat entera gravita gairebé com una unitat sobre la biosfera. D'igual manera que tota programació s'ha d'estendre en el temps, cal també que sigui geogràficament ampla. No val la pena de programar curosament una regió petita, si pot ésser continuament desestabilitzada per la influència de contrades veïnes. Aquesta necessitat de programació pot portar conflictes, però cal remarcar que és suficient estar d'acord en uns quants principis generals i que el detall es pot resoldre a nivell local. Malauradament, aquests principis generals són molt poc populars: limitació del creixement de les grans urbs, recomanació de certes redistribucions en l'ús d'energia, encariment de moltes coses amb el reciclatge, etc.

Queden, de tota manera, molts problemes solubles a escala local i, a més, urgents: la depuració de les aigües, el reciclatge local de les deixalles, la inducció discreta d'una reorganització més lògica del territori mitjançant les vies de comunicació, l'afavoriment de formes d'explotació de la Terra que comportin certa heterogeneïtat i estabilitat, l'oposició a les manipulacions forestals que poden conduir a una pèrdua de fertilitat i a l'erosió visible (sediments) o invisible (nutrients que van als embassaments i als rius), etc. Aquest capítol seria inacabable i les pàgines següents posaran a la consideració del lector exemples palesos de formes d'actuació indesitjables.

Podriem acabar aquests raonaments recordant que allò que pot fallar acaba fallant. Amb això volem dir que la prudència demana no malmetre mecanismes de regulació natural, àdhuc a una escala petita, i fins i tot quan ens sentim segurs i ensuperbits amb els mecanismes a escala major que hem creat. És millor rebre l'aigua i l'energia elèctrica d'una font propera i que el sistema no sigui dependent, com una unitat, d'uns pocs centres generadors. Convé utilitzar, per què no?, la capacitat de depuració natural de les aigües en una contrada relativament poc poblada: així podem fer-la independent de desgavells tècnics en aquest aspecte. En certa manera és aquesta una tendència natural en els sistemes madurs, una característica dels quals, com veïem abans, és estar constituïts per elements adossats lateralment, tots semblants i estables separadament. És inevitable que l'èxit de l'home, com a espècie dominant, hagi consistit en l'ús de l'energia en el transport horitzontal: és garantia del seu domini sobre la resta de la biosfera. Però, ara que el domini de l'home és global i ja no veu cap *terra incognita* ni cap *mare ignotum* de què refiar-se com a elements estabilitzadors, la pròpia responsabilitat humana ha de mirar-s'hi. Probablement el desig no serà efectiu si no s'hi troba algun element més o menys reverencial. Creiem que el destí de l'home demana una actitud de respecte enfront de la natura dintre la qual ha nascut.