

Indicadors de sostenibilitat: recerca elusiva o frontera de l'anàlisi ecològicoeconòmica?

Cutler J. Cleveland

Centre d'Estudis Energètics i Ambientals / Departament de Geografia, Universitat de Boston.

La millora de la qualitat de vida es relaciona més amb canvis qualitatius a llarg termini que no pas amb l'augment quantitatiu dels béns i serveis naturals als quals un individu hi té accés. Malgrat això, els criteris que s'utilitzen avui dia per determinar el nivell de desenvolupament d'un país es basen en indicadors que mesuren el creixement econòmic, deixant de banda aspectes tan rellevants com ara la condició en què es troben els recursos o serveis ambientals que, al cap i a la fi, constitueixen la base de la nostra pròpia existència. Ja s'han elaborat diversos indicadors de sostenibilitat dirigits a estimar la quantitat de capital natural que les activitats humanes requereixen o fan malbé, però la seva complexitat i implicacions polítiques fan que no siguin encara tan unívocs com els indicadors de riquesa convencionals.

Els humans sembla que tinguin un desig irresistible i insaciable d'informació que els digui si algun aspecte de la seves vides o de les vides dels que els envolten millora o empitjora. Cada dia podem trobar indicadors que intenten de destil·lar fenòmens molt complexos en poques paraules entenedores i assequibles. La darrera enquesta d'opinió pública, la tendència de l'Índex Dow Jones, el dèficit comercial i el creixement del PNB en el darrer quart de segle són exemples ben coneguts d'indicadors que juguen papers importants a l'hora de determinar les idees de la gent sobre la tendència de l'estat de les coses.

El medi ambient no és diferent. A la Cimera de la Terra a Rio, el 1992, un dels temes més tractats va ser la demanda d'indicadors que puguin informar-nos de l'estat de la degradació mediambiental i que puguin guiar la normativa ambiental a nivell nacional i internacional. Com a resultat d'això, el capítol 40 de l'Agenda 21 demana que cada país desenvolupi un sistema d'indicadors ambientals per a una àmplia sèrie de qüestions específicament ambientals. Molts països i algunes organitzacions internacionals com el Banc Mundial, el World Resources Institute, el programa de les Nacions Unides per al Desenvolupament i l'Organització de Cooperació i Desenvolupament Econòmic estan començant a fer-ho. L'objectiu primordial que s'amaga darrera d'aquestes organitzacions és el d'oferir indicadors que ens informin de si la societat es troba en el camí de la sostenibilitat.

Sovint, el terme «desenvolupament sostenible» és motiu de controvèrsia, especialment pel que fa a la distinció entre creixement (un canvi físic en el volum de les

economies) i desenvolupament (un canvi qualitatiu en els serveis basats en el consum de les persones). L'argument més freqüent a favor del desenvolupament sostenible és que el benestar humà no hauria de decaure en el futur. Robert Costanza, president de la Societat Internacional d'Economia Ecològica, ofereix una descripció més explícita: la sostenibilitat és una «relació entre els sistemes econòmics humans dinàmics, i uns sistemes ecològics més dinàmics però més lents a l'hora d'experimentar canvis, en els quals (a) la vida humana pot continuar indefinidament, (b) els éssers humans poden prosperar i (c) les cultures humanes evolucionar, però en els quals (d) els efectes de l'activitat humana no excedeixen els límits, per tal de no destruir la diversitat, complexitat i funció del sistema de suport a la vida ecològica.» Essencialment, si el creixement econòmic és un augment de la quantitat, aleshores, lògicament no pot ser sostenible indefinidament en un planeta amb una quantitat limitada de recursos. El desenvolupament econòmic, no obstant això, representa una millora en la qualitat de vida i no implica necessàriament un augment de la quantitat de recursos consumits. D'aquesta manera es disposa el teló de fons per al desenvolupament dels indicadors que ens informen sobre si la societat s'acosta o s'allunya de la sostenibilitat.

Un marc conceptual

El terme indicador prové del verb llatí *indicare* que significa mostrar o assenyalar. L'objectiu dels indicadors és el d'informar sobre l'estat de la relació entre la societat



L'economia de la sostenibilitat utilitza **indicadors** que superen els aspectes quantitius dels criteris econòmics convencionals i que incorporen els costos dels recursos naturals consumits o degradats per les accions humanes.

i el medi ambient i, sobretot, el d'informar sobre si la qualitat mediambiental millora o empitjora o sobre si la societat s'encamina cap a la sostenibilitat. També mostren alguns aspectes de la relació entre l'ús que el éssers humans fan dels recursos ambientals, de com aquests recursos s'utilitzen per satisfer les necessitats i els desitjos dels éssers humans i de quina manera l'activitat humana afecta la capacitat del medi ambient per proporcionar aquests recursos i serveis. Per tal de aconseguir-ho, els indicadors han de reflectir els canvis al llarg del temps en les condicions biofísiques del medi ambient, com aquests canvis afecten la salut i el benestar social i com la societat respon a aquestes transformacions mitjançant canvis en la tecnologia i el comportament de les institucions i de les persones.

Un marc conceptual sobre la relació medi ambient-societat ajuda a organitzar els nombrosos i variats indicadors de sostenibilitat. L'economia forma part del món biofísic (Figura 1). Una sèrie d'energies de baixa entropia (bona qualitat), de materials i de serveis ambientals procedents del medi ambient sostenen la producció de béns i serveis. Energies com la del carbó o el cru s'utilitzen per convertir materials com el coure, la fusta o el plàstic en béns i serveis. Quan els materials i l'energia es transformen en producció i consum, la calor residual entròpica i els materials s'alliberen al medi ambient. Així doncs, la producció i l'intercanvi de béns és un pas intermediari entre la creació inicial de recursos i serveis ambientals i l'assimilació i el reciclatge finals dels residus.

Les diferents maneres en què el medi ambient promou la producció -així com molts altres aspectes de l'existència humana- es poden descriure des del punt de vista del capital natural. Atès que normalment el terme capital es defineix com a un mitjà de producció fabricat, el terme capital natural requereix una explicació. Es basa en una descripció més funcional del capital com a una reserva que produeix un flux d'objectes o de serveis de valor per al futur. El

que és important, però, és la relació de la reserva que produeix un flux -si la reserva és fabricada o natural és, des d'aquest punt de vista, una distinció entre els tipus de capital i no una característica definidora del capital-. Així, per exemple, la reserva o la població d'arbres o peixos proporcionen un flux o una producció anual de fusta o de marisc que es pot mantenir any rere any. Però la creació de recursos naturals només representa una de les funcions del capital natural. L'assimilació i el reciclatge dels residus, la captació d'aigües i el control de l'erosió, el manteniment de la diversitat biològica i la regulació dels climes regional i mundial són només alguns exemples dels serveis que ofereix el medi ambient. Atès que el flux de serveis dels ecosistemes requereix que aquests funcionin com un tot, l'estructura i la diversi-

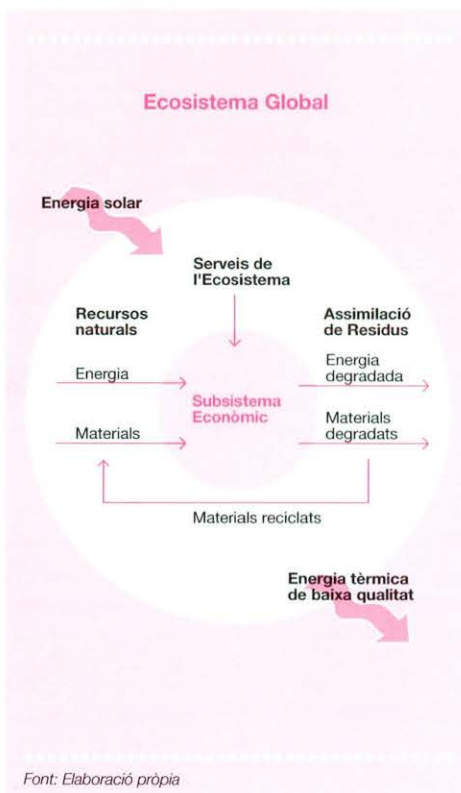
tat del sistema constitueixen un component important del capital natural.

Existeixen dos tipus importants de capital natural. El capital natural renovable és actiu i s'autoconserva utilitzant l'energia del sol i de la Terra. Els ecosistemes són un exemple de capital natural renovable. D'una banda, se'n poden extreure béns, com la fusta, però, de l'altra, si se'ls deixa fer, també poden oferir una sèrie de serveis com, per exemple, la recreació i el control de l'erosió. El capital natural no renovable és més passiu. Els combustibles fòssils i els jaciments minerals en són el millor exemple. D'ells, no se'n obté cap servei fins que s'extreuen. El capital natural renovable equival a les màquines i està subjecte a la depreciació entròpica mentre que el capital natural no renovable és anàleg als inventaris i pot exhaurir-se.

També existeixen dos tipus de capital humà. Un està format per les fàbriques, els edificis, les eines i altres artefactes físics que normalment s'associen al terme «capital». El segon està constituït per l'educació, les habilitats, la cultura i el saber emmagatzemats pels éssers humans. Aquest últim tipus normalment es coneix com a «capital humà», mentre que l'altre s'anomena «capital manufacturat» o «fet per l'home». Així doncs, tenim tres tipus principals de capital: el natural, l'humà i el manufacturat que corresponen aproximadament als factors econòmics de producció tradicionals: la terra, el treball i el capital.

El capital natural proporciona tres categories de serveis de suport a la vida. Els recursos naturals estan formats per l'energia i els materials renovables i no renovables que els sectors extractors de l'economia (agricultura, silvicultura, pesca i mineria, que inclou l'extracció de combustible fòssil) obtenen del medi ambient. Els serveis d'assimilació de residus exemplifiquen la capacitat dels ecosistemes terrestres i aquàtics per absorbir, diluir i eliminar la toxicitat dels residus. Els serveis dels ecosistemes descriuen de quina manera el processos naturals generen condicions ambientals que fan del planeta un lloc apte

● **Figura 1. La relació entre l'economia i el medi ambient.**



per viure. Alguns exemples d'aquests serien la regulació dels climes local i mundial, la creació de sòl fèrtil, el manteniment de la diversitat biològica i l'emmagatzematge i reciclatge dels nutrients. Els canvis en el medi ambient com a conseqüència de l'activitat humana afecten la societat de diverses maneres. Atès que els béns i els serveis provenen de l'energia i el materials, els canvis en la qualitat i disponibilitat dels recursos naturals pot, en teoria, afectar la capacitat de les persones per satisfer les seves necessitats econòmiques. L'alliberament de residus comporta diversos efectes adversos per a la societat. La contaminació perjudica directament la salut dels éssers humans ja que els exposa a materials tòxics i perillosos alliberats al sòl, l'aigua i l'atmosfera. La contaminació afecta l'economia ja que degrada la productivitat dels recursos naturals com, per

exemple, quan la contaminació de l'aire redueix la producció de productes agrícoles i forestals. La contaminació també afecta la societat en fer reduir la capacitat del medi ambient per oferir els serveis de l'ecosistema com quan les deposicions àcides, l'esgotament de l'ozó, l'alliberament de residus tòxics i el canvi climàtic perjudiquen el bon estat dels ecosistemes terrestre i aquàtic. Tots els tipus d'esgotament de recursos i de degradació ambiental afecten l'economia, ja que s'han de desviar els recursos d'altres sectors per tal de compensar els seus possibles efectes negatius per a la salut dels éssers humans i de l'economia.

Indicadors de sostenibilitat

El Banc Mundial i l'Organització de Cooperació i Desenvolupament Econòmic (OCDE) van ser dels primers a proposar estructures globals per als indicadors ambientals (Taula 1). Ambdós sistemes utilitzen un sistema de resposta pressió-estat per organitzar els indicadors d'un tema ambiental en concret (per exemple, la desforestació o la influència de la contaminació en la salut, etc.). En molts casos, els indicadors «pressió» i «estat» reflecteixen els canvis en l'estat d'alguna condició biofísica com a resposta al canvi en la pressió de l'activitat humana. Per exemple, en el cas del canvi climàtic, la variable pressió representa el canvi en la quantitat de gasos hivernacles alliberats, mentre que la variable estat és el canvi en la concentració atmosfèrica d'aquests gasos. Els indicadors

● Taula 1. Resum d'Indicadors ambientals per àrees.

Àrea	Pressió	Estat	Resposta
Canvi climàtic	Emissions de gasos hivernacle	Concentracions de gasos hivernacle	Eficiència energètica
Destrucció de l'ozó	Ús de CFCs i halons	Concentracions de substàncies destructores de l'ozó	Recuperació de CFCs: Protocol de Montreal
Eutrofització	Emissions de N i de P a l'aigua i al sòl	Concentracions de N, de P, i de DQO	% de població connectada a sistemes de tractament d'aigües residuals
Acidificació	Emissions de NOx i de SOx	Deposició i concentracions	Capacitat dels equipaments reductors del SOx i del NOx
Contaminació tòxica	Emissions de metalls pesants	Concentracions en compostos orgànics	Canvi dels continguts tòxics en la producció
Qualitat ambiental urbana	Emissions de SOx, de NOx i de VOC	Concentracions	Polítiques de transport
Biodiversitat	Alteració dels hàbitats	Espècies amenaçades i extingides	Àrees protegides, polítiques d'explotació forestal
Residus	Generació de residus municipals, industrials i perillosos	Qualitat del sòl i de les aigües subterrànies	Índex de reciclatge
Recursos hídrics	Intensitat de la demanda i de l'ús	Relació demanda/subministrament; qualitat	Política de preus de l'aigua
Recursos forestals	Intensitat de l'ús	Àrea, volum i estructura dels boscos	Gestió i protecció forestal
Recursos pesquers	Captures pesqueres	Estat dels peixos amb capacitat reproductora	Regulació dels bancs (quotes) i del volum de captures
Recursos del sòl (erosió i desertització)	Canvis en l'ús del sòl	Pèrdua de sòls superficials	Restauració, protecció
Oceans/zones costaneres	Emissions, fuites de petroli, desenvolupament en les zones costaneres	Qualitat de l'aigua	Gestió de les zones costaneres

Font: Organització de Cooperació i Desenvolupament Econòmic, Programa per al Desenvolupament de Nacions Unides, World Resources Institute.

de les polítiques reflecteixen l'adaptació de les polítiques als canvis en l'estat del medi ambient. Les estructures del Banc Mundial i l'OCDE s'assemblen molt ja que ambdues se centren en el mesurament d'un canvi físic o biològic concret en el medi ambient i en les respostes polítiques que genera. Per això, aquestes mesures reben el nom d'indicadors ambientals.

El Banc Mundial i l'OCDE proposen indicadors per a un gran nombre de qüestions mediambientals. El Programa de les Nacions Unides per al Desenvolupament (PNUD) ha ampliat aquest sistema d'indicadors ambientals per tal que inclogui un major nombre d'indicadors socioeconòmics, sobretot aquells relacionats amb les qüestions de sostenibilitat en els països en vies de desenvolupament. Aquests indicadors cobreixen les tendències de la pobresa, la dinàmica demogràfica, l'educació i la formació (que inclou temes de gènere) i de les institucions amb capacitat de construcció.

Mohan Munasinghe i Walter Shearer van proposar un sistema d'indicadors per al que ells anomenen «sostenibilitat biofísica». El seu sistema se centra en els tipus de serveis i recursos naturals que proporcionen els diferents ecosistemes i proposa diversos indicadors per a cada un. La producció de menjar i fibra, el manteniment de la diversitat biològica i la fertilitat del sòl són exemples d'aquests béns i serveis.

Aquests enfocaments exclouen un gran nombre d'indicadors relacionats amb la sostenibilitat perquè la contaminació i l'exhauriment *per se* no són més que un component de la sostenibilitat. Altres factors determinants de la sostenibilitat són els efectes econòmics de l'exhauriment i la degradació i les reaccions que generen; la salut dels ecosistemes que ofereixen serveis clau de suport a la vida i els efectes dels canvis a llarg termini en la tecnologia, les institucions, les preferències del consumidor que afecten la demanda de la societat de suport a la vida i la seva capacitat per reaccionar i adaptar-se davant l'esgotament i la degradació. En les pàgines següents,

analitzaré alguns dels indicadors proposats pel Banc Mundial, l'OCDE i el PNUD així com també d'altres indicadors que no han estat inclosos en aquests sistemes. No es tracta, en absolut, d'una anàlisi exhaustiva, ja que, com s'aprecia a la Taula 1, es necessitaria molt d'espai.

Indicadors dels recursos naturals i de la seva escassetat

Les preocupacions sobre si els recursos naturals són suficients per satisfer les necessitats de l'home daten del famós assaig de Thomas Malthus sobre creixement demogràfic, escrit el 1798. La preocupació de Malthus sobre la suficiència dels recursos agrícoles per alimentar la població en creixement van tornar a sorgir els anys 60 amb l'aparició de preocupacions ambientals molt difoses. L'esgotament dels recursos naturals, sobretot dels combustibles fòssils i d'altres recursos no renovables, va tenir una funció decisiva en els models informàtics de l'estudi dels *Límits del Creixement*, que va tenir una gran influència en l'anàlisi de la sostenibilitat. En els *Límits del Creixement* es va arribar a la conclusió fatalista que es produiria una situació de forta davallada econòmica, en part, perquè es va assumir que l'esgotament dels recursos naturals clau frenaria el creixement econòmic i produiria un empitjorament dels nivells de vida.

Recursos renovables i no renovables

Existeixen indicadors biofísics i econòmics sobre l'adequació dels recursos naturals. El indicadors biofísics intenten mesurar com canvien les característiques físiques, biològiques o químiques dels recursos naturals, les quals en determinen el grau de disponibilitat respecte als humans. Els recursos no renovables disposen de característiques qualitatives i quantitatives que determinen el seu grau de disponibilitat. La base total del recurs està formada per la quantitat total del recurs disponible a l'escorça terrestre (per exemple, tones de coure, ba-

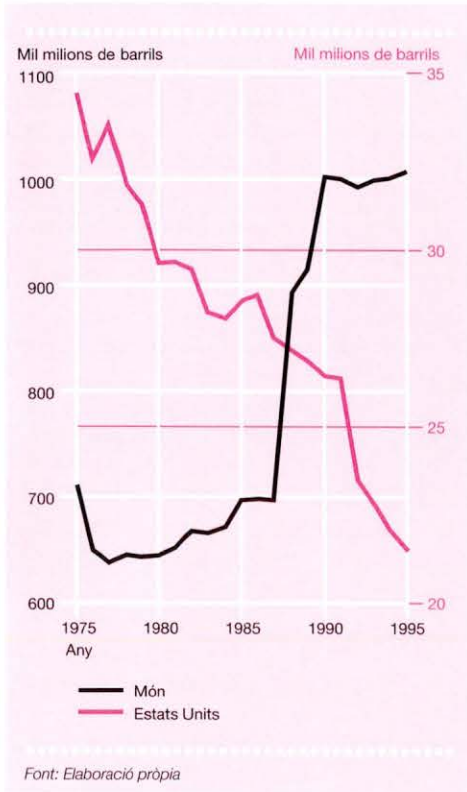
rrils de petroli). Les reserves comprovades corresponen a aquella fracció de la base total que es pot extreure d'acord amb les actuals condicions econòmiques, tècniques i institucionals. La base del recurs es manté fixa mentre els recursos comprovats són dinàmics. Les reserves s'esgoten per mitjà de l'explotació i s'aprovisionen amb nous descobriments, l'últim dels quals canvia amb la tecnologia d'exploració, l'estructura del mercat i la demanda del recurs. La Figura 2 mostra les reserves comprovades dels recursos mundials de petroli. Les reserves han augmentat en l'últim quart de segle sobretot com a conseqüència dels nous descobriments a l'Orient Mitjà. Els augments globals ombregen l'abrupte davallada de les reserves comprovades d'altres regions com els Estats Units i els països de l'antiga URSS.

La qualitat dels recursos no renovables també es pot mesurar directament. La qualitat dels recursos metàl·lics, per exemple, es mesura pel grau de la mena. El grau de la mena en una regió determinada normalment davalla amb el pas del temps perquè primer se n'extreu el mineral de millor qualitat. Però, una vegada més, els avenços en la tecnologia poden modificar aquesta tendència creant reserves viables amb un grau de la mena baix.

Els jaciments de petroli i de gas natural disposen de característiques que es poden mesurar directament. Les dimensions mitjanes dels jaciments descoberts recentment en una regió proporcionen una mesura global dels canvis en la qualitat física de la base del recurs. En general, les dimensions dels jaciments d'una regió van disminuint amb el temps ja que els jaciments més grans es descobreixen amb més facilitat (Fig. 3). A una escala més petita, els canvis en la qualitat dels jaciments de petroli i de gas natural es poden mesurar per mitjà de canvis físics com la porositat o la permeabilitat, entre d'altres.

Les característiques biofísiques dels recursos no renovables resulten més difícils d'incloure en un sol indicador ja que estan formades per complexes interaccions

● **Figura 2. Reserves de petroli mundials i dels Estats Units, 1975-1996.**



dels components animats i inanimats dels ecosistemes. Els recursos agrícoles en són un bon exemple. Els ecosistemes agrícoles disposen de diverses característiques biològiques i físiques que els permeten proporcionar aliments a les persones. Una vegada més es pot fer la diferenciació entre quantitat i qualitat. La quantitat de terra disponible per a la producció d'aliments es limita a la que es pot fer càrrec de la producció d'aliments i de la ramaderia. Les collites resulten especialment importants ja que els cereals són la base de la dieta de la majoria de les persones. El 24 % de la superfície terrestre no coberta de gel és apte per al cultiu. D'aquestes 3.300 milions d'hectàrees, només el 3 % està altament capacitat per al cultiu i la major part d'aquesta terra ja està emprada. La capacitat productiva ve determinada per diverses característiques qualitatives que inclouen el tipus i la humitat del sòl, la profunditat de la seva capa superficial, la temperatura i les preci-

pitacions i la biodiversitat local, entre d'altres. Aquestes característiques es poden mesurar però depenen molt de cada lloc en concret.

Una sèrie d'indicadors fan un seguiment dels canvis en la qualitat de la terra de cultiu. L'erosió del sòl és una qüestió crítica perquè degrada moltes de les característiques biològiques i físiques que permeten el creixement de les plantes i perquè s'extén amb molta facilitat. Un gran nombre d'agrònoms i d'agroecologistes han aportat indicis que demostren que en moltes regions els índexs d'exploació del sòl superen àmpliament els índexs de formació. En els climes tropical o temperat, l'índex de recuperació del sòl és de 0,3 a 2,0 tones per hectàrea i per any. En canvi, el grau d'erosió del sòl en els països industrialitzats supera les 10 tones per hectàrea i per any, mentre que a la Xina, a Amèrica Central i a algunes zones d'Àfrica s'han enregistrat quantitats properes a les 100 tones per hectàrea. En moltes regions la situació està empitjorant perquè les noves terres que s'utilitzen per cultivar són marginals i, per tant, amb més possibilitats que s'erosionin. Les inundacions, la salinització i l'alcalinització degraden les terres de cultiu irrigades.

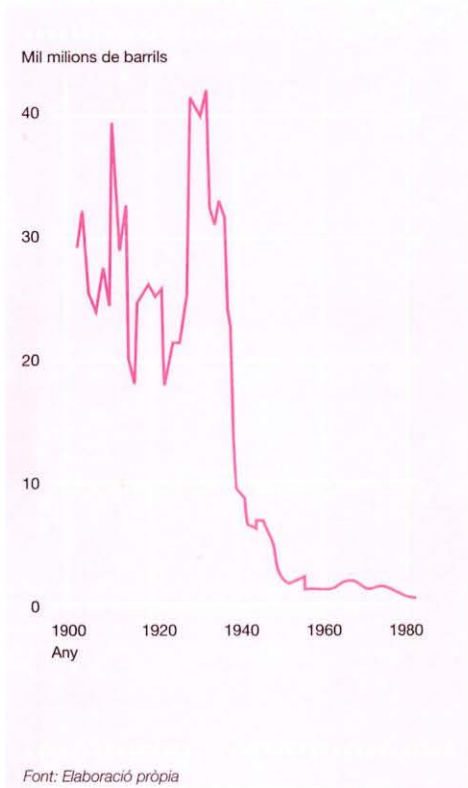
Els càlculs de les escales de salinització/alcalinització presenten variacions com a conseqüència de la capciosa naturalesa del problema i de la manca d'estandardització d'allò que el defineix. Una estimació determina que 25 milions d'hectàrees de tot el món són aptes per al conreu a causa de la salinització. A finals dels anys 80, entre una tercera part i la meitat dels més de 90 milions d'hectàrees de terra irrigada es van veure afectades d'una manera o d'una altra per la salinització.

Les característiques biològiques també determinen la qualitat dels recursos agrícoles. La industrialització de l'agricultura ha comportat la reducció de la diversitat genètica de les plantes de cultiu. L'impressionant augment de les collites en les últimes tres dècades s'ha assolit mitjançant una dependència creixent d'uns cultius genè-

ticament limitats d'un nombre reduït de plantes alimentàries. Els anys 80, els sis camps de cultiu més importants de soja, blat i blat de moro van produir el 40 % de les collites. Una diversitat genètica minvada disminueix la capacitat de les collites per resistir les plagues i les malalties i la capacitat per adaptar-se als canvis climàtics, als sòls pobres i a la baixa qualitat de l'aigua. La resistència als pesticides també constitueix un problema crònic de l'agricultura industrial. Els pesticides ajuden a augmentar la producció d'aliments reduint les pèrdues a causa de les pestes però, alhora, provoca que augmenti la resistència d'aquestes pestes. Des del 1940 els pesticides han creat com a mínim 261 varietats de plagues d'insectes, 67 varietats de patògens de plantes, 2 varietats de nematodes i 4 (encara que segons algunes fonts, 19) varietats de blat immune als pesticides.

Els boscos constitueixen el que es coneix com «l'ombra de la civilització» ja que la superfície coberta de boscos s'ha vist reduïda o eliminada a tot arreu on la presència humana ha augmentat. Els canvis en l'àrea, el volum i l'estructura dels boscos determinen l'estat dels recursos forestals. En el passat, els boscos cobrien més del 40 % de la superfície terrestre de la Terra, però a partir del 1700, per cada nova persona que ha poblat el planeta 0,3 hectàrees de bosc s'han convertit en cultius o s'han utilitzat per altres usos. Com a resultat, la seva extensió s'ha vist reduïda a una tercera part, és a dir, al 27 % de la superfície. La major part d'aquesta pèrdua s'ha produït a partir del 1950. Entre el 1980 i el 1990 la superfície forestal mundial ha disminuït una mitjana anual de prop de 10 milions d'hectàrees, aproximadament l'extensió de Corea del sud. En els darrers anys, la desforestació s'ha concentrat als boscos tropicals, la major part dels quals es troben als països en vies de desenvolupament (Figura 4). La degradació forestal en els tròpics és extremadament preocupant atès que els boscos tropicals proporcionen una gamma única de serveis mediambientals, que

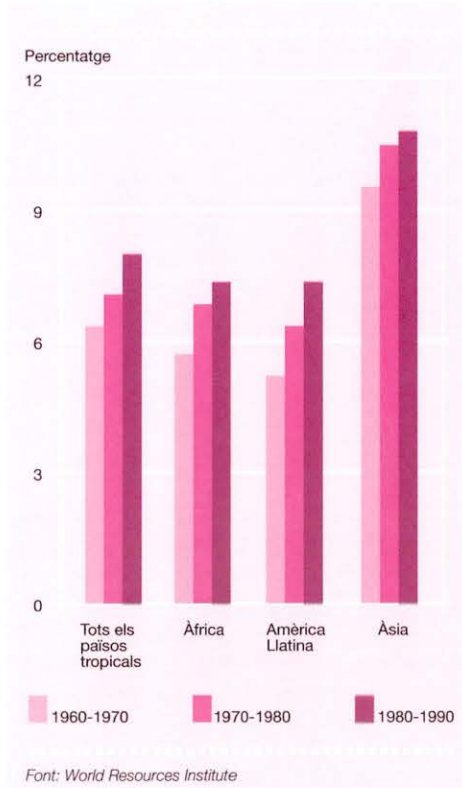
● **Figura 3. Dimensió mitjana dels nous pous de petroli descoberts als Estats Units, 1900-1991.**



inclou l'hàbitat per a la meitat de la biodiversitat del planeta. Els índexs de desforestació no reflecteixen canvis qualitius vitals com ara la fragmentació (és a dir, el trencament de la superfície forestal restant en parcel·les aïllades) o els danys a causa de la contaminació de l'aire.

Els canvis en les dimensions i la composició quant a espècies de les reserves de fresa determinen els recursos pesquers. La major part de la pesca mundial prové de zones marines, moltes de les quals han sofert una important degradació de resultes d'una explotació pesquera excessiva. En conseqüència, s'ha produït una reducció de moltes espècies comercials importants, com el bacallà i la mollereta a Nova Anglaterra o les anxoves a la costa xilena i peruana. Els canvis qualitius també s'han de tenir en compte atès que la pesca desmesurada de les espècies més sol·licitades ha portat a una predominància d'espècies amb un valor comercial menor.

● **Figura 4. Estimació de la velocitat de desforestació tropical, 1960-1990.**



Indicadors de l'escassetat dels recursos naturals

Una disminució en el grau de la mena i en l'extensió de la superfície forestal no implica necessàriament un trencament amb la sostenibilitat. Els recursos són importants perquè s'utilitzen per produir béns i serveis. Els indicadors de l'escassetat de recursos se centren en la següent qüestió: els recursos naturals s'han reduït de manera significativa? i, en cas afirmatiu, quines implicacions econòmiques i mediambientals comporta aquesta davallada? Els intents de mesurar l'escassetat es basen en l'anàlisi al llarg dels temps dels canvis en la quantitat, la qualitat o el cost dels recursos naturals, com ara els combustibles fòssils, els minerals, els productes agrícoles i forestals i la indústria pesquera. Tanmateix, existeix una gran controvèrsia entorn a quins indicadors s'ha de prestar atenció. Per a alguns científics, l'escassetat té un origen clarament físic: una davallada en la qua-

litat i/o en la quantitat física d'un determinat recurs. Per això, els geòlegs mesuren l'escassetat per mitjà dels canvis en el tonatge o grau de la mena del coure o els canvis en les extensions mitjanes dels nous jaciments de petroli. De la mateixa manera, un biòleg marí mesurarà l'escassetat segons els canvis en les dimensions o la composició d'espècies d'una família de peixos. Tanmateix, un canvi en les característiques biofísiques d'un recurs no implica necessàriament un canvi econòmic. El reemplaçament i/o els avenços tecnològics poden compensar la disminució del grau de la mena del coure de manera que el preu del coure no augmenti. En conseqüència, altres analistes prefereixen els índexs que mesuren la quantitat d'esforç o sacrifici que la societat realitza per obtenir una unitat d'un recurs natural.

El mesurament de l'esforç i la producció varia segons el punt de vista que adopta l'analista. Els economistes normalment prefereixen indicadors de mercat com ara els preus perquè, en teoria, reflecteixen la interacció entre les preferències del consumidor i el cost del subministrament d'una unitat del recurs. D'altres analistes prefereixen mesures basades en el cost ja que consideren que reflecteixen les forces que fan augmentar els costos, com ara l'esgotament del recurs, i les forces que els fan disminuir com, per exemple, els nous jaciments i la innovació tecnològica. El cas del petroli als Estats Units il·lustra aquestes complexitats. Des d'un punt de vista purament físic, la qualitat i la quantitat del recurs va disminuint. Les reserves comprovades van assolir el seu grau màxim els anys 60 i la mitjana de les dimensions dels nous jaciments ha disminuït de 30 a 40 milions de barrils els anys 30 a menys d'un milió de barrils els anys 90 (Figura 3). Però, quins són els efectes econòmics, si n'hi ha, d'aquesta disminució? La tendència a llarg termini en els preus reals del petroli s'ha interpretat de moltes maneres (Figura 5). Segons una interpretació, malgrat les fluctuacions a curt termini, els preus no mostren cap augment o disminució a llarg ter-

● Figura 5. El preu real del petroli als Estats Units, 1860-1995.

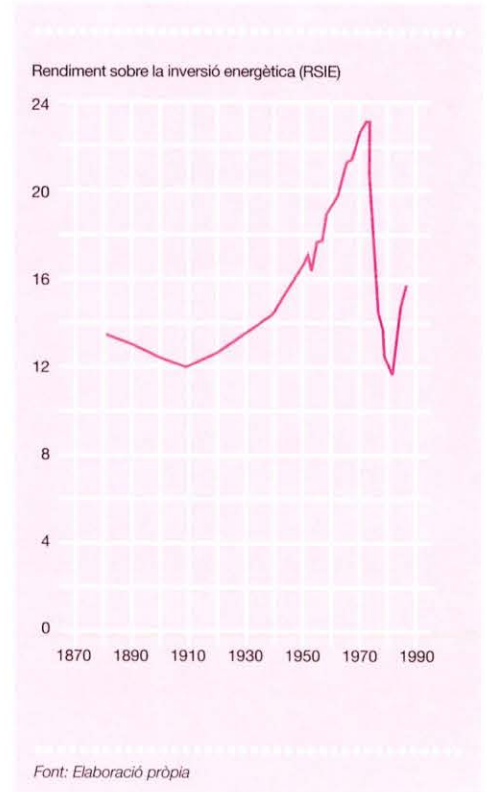


mini de manera que s'arriba a la conclusió que l'escassetat no augmenta tot i la disminució física de la base del recurs. D'acord amb un altre punt de vista, la tendència a llarg termini té forma d'U, ja que els primers anys els preus davallen atès que la base del recurs disposa de jaciments d'alta qualitat i la tecnologia que abarateix els costos avança amb rapidesa. Finalment, l'esgotament provoca que els costos augmentin, la tecnologia produeixi rendiments decreixents i els preus comencin a augmentar. D'acord amb aquest enfocament, els preus es troben ara en el braç ascendent i, per tant, s'espera que augmentin en el futur.

Un punt de vista totalment diferent mesura l'escassetat en funció de l'energia. En el seu estat natural, els recursos no són vàlids per al procés de producció. S'han de localitzar, extreure, refinar, transportar i modificar de moltes altres maneres abans que resultin útils. Produir un major estat orga-

nitzatiu d'un recurs requereix energia. Aquest enfocament mesura el cost d'aquest procés de transformació des d'un punt de vista energètic. Les lleis de la termodinàmica determinen que quant més baixa sigui la qualitat del recurs, més energia es necessitarà per convertir-lo en una matèria primera d'utilitat. Els éssers humans poden produir un coure d'un 99 % de puresa a partir d'una mena d'un 10 % o d'un 1 %, però per transformar la mena de més baixa qualitat es requereix més energia. De la mateixa manera, els aliments cultivats en un sòl amb una qualitat baixa necessiten més energia, en forma de combustible, productes químics i fertilitzants, en comparació amb els que es cultiven en sòls rics. Segons aquest enfocament, l'escassetat ve determinada per l'energia que es necessita per extreure una unitat d'un recurs. El rendiment sobre la inversió energètica (RSIE) funciona com a l'indicador dels recursos energètics. La relació entre la quan-

● Figura 6. Els recursos sobre inversions energètiques (RSIE) en l'extracció de cru als Estats Units.



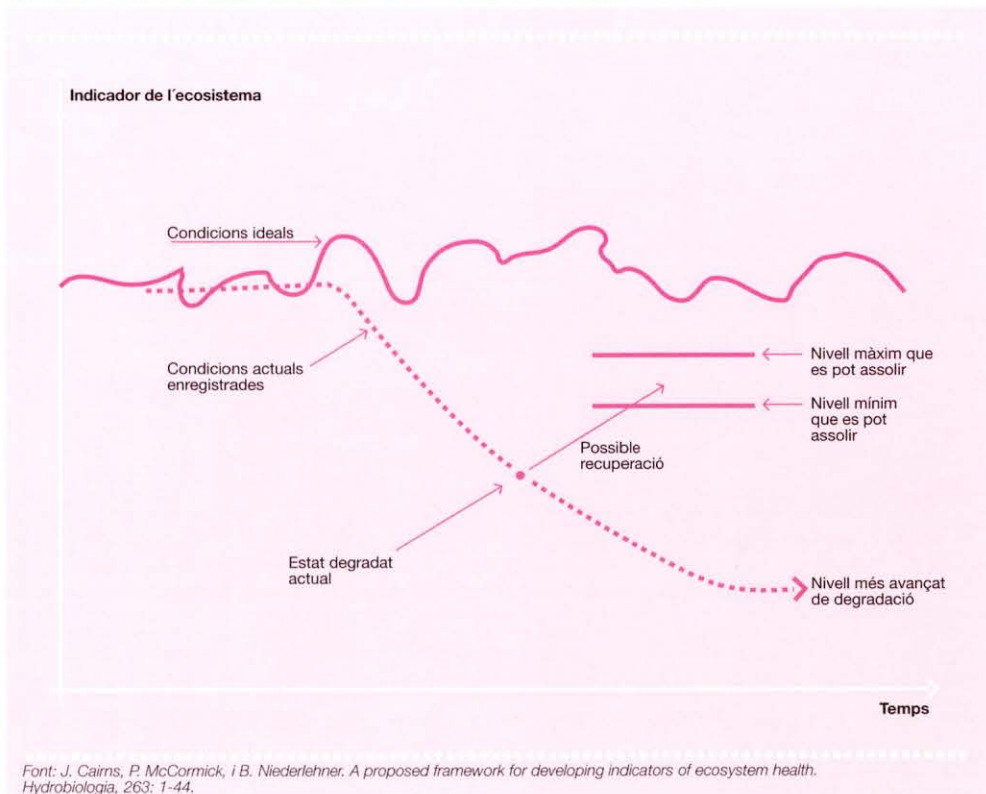
titat d'energia extreta i l'energia directa i indirecta utilitzada en el procés d'extracció determina el RSIE. El combustible i l'electricitat constitueixen l'energia directa utilitzada directament en els jaciments de gas i de petroli per permetre l'extracció de cru i gas natural. L'energia indirecta és aquella que s'utilitza en l'economia per tal de produir els capitals i els materials que s'empren en l'extracció de petroli i gas. Aquests factors inclouen l'energia que es troba en les plataformes de perforació submarina, en els fangs de perforació, en les instal·lacions de la superfície, en els productes químics, etc. El RSIE per a l'extracció de petroli als Estats Units mostra una tendència ascendent i descendent que indica que es necessiten unes quantitats creixents d'energia per produir un barril de petroli (Figura 6).

Serveis de l'ecosistema

Els indicadors de molts recursos naturals són fàcils d'idear i elaborar perquè inclouen característiques biològiques i/o físiques que ens preocupen (per exemple, el grau de la mena dels metalls o les dimensions d'una família de peixos) i perquè es comercialitzen en els mercats. Els indicadors de sostenibilitat per als serveis dels ecosistemes formen un món a part per una sèrie de raons. Un sol ecosistema ofereix simultàniament molts serveis a diverses escales espacials i temporals. Un ecosistema forestal proporciona un hàbitat per a la biodiversitat, manté la fertilitat del sòl, ajuda a reomplir els aqüífers i proporciona a les persones uns beneficis econòmics, estètics i d'esbarjo directes. Ni una sola característica del bosc ofereix aquests serveis, sinó que són el fruit de la complexa interacció entre les plantes, els animals i el seu entorn físic. Els ecosistemes estan subjectes a la pressió humana i natural amb uns efectes que normalment no s'arriben a entendre. Una administració eficaç dels ecosistemes -aquella que manté els serveis que proporcionen- requereix el desenvolupament d'indicadors que mostrin la «salut» del sistema al llarg del temps (Figura 7). Està clar que l'elecció de l'indicador depèn de quin sigui el tema que ens interessa, és a dir, el manteniment de la qualitat de l'aigua enfront l'hàbitat de les espècies en perill. Els indicadors oscil·len des de les característiques individuals i de la població (malaltia, èxit reproductiu) fins als indicadors de les característiques més generals del sistema (productivitat, capacitat d'adaptació, diversitat d'espècies, conservació nutritiva, estructura comunitària).

Els exemples d'indicadors generals de la sostenibilitat del ecosistema són índexs de la integritat biota (IBI) i del Síndrome de Risc per a l'Ecosistema (SRE). El SRE defineix la tensió de l'ecosistema com a una funció de molts paràmetres entre els quals es troben els canvis en l'estructura de la societat, la riquesa de les espècies, la incidència de les malalties, l'estabilitat demogràfica i el grau de bioacumulació dels

● Figura 7. Monitorització de la salut d'un ecosistema al llarg del temps.



contaminants, entre d'altres. El SRE no intenta combinar aquestes característiques en un indicador global. En contraposició, l'IBI utilitza tècniques quantitatives com l'anàlisi dels components principals per elaborar un indicador global de l'ecosistema.

Indicadors de l'escala i de la capacitat de càrrega

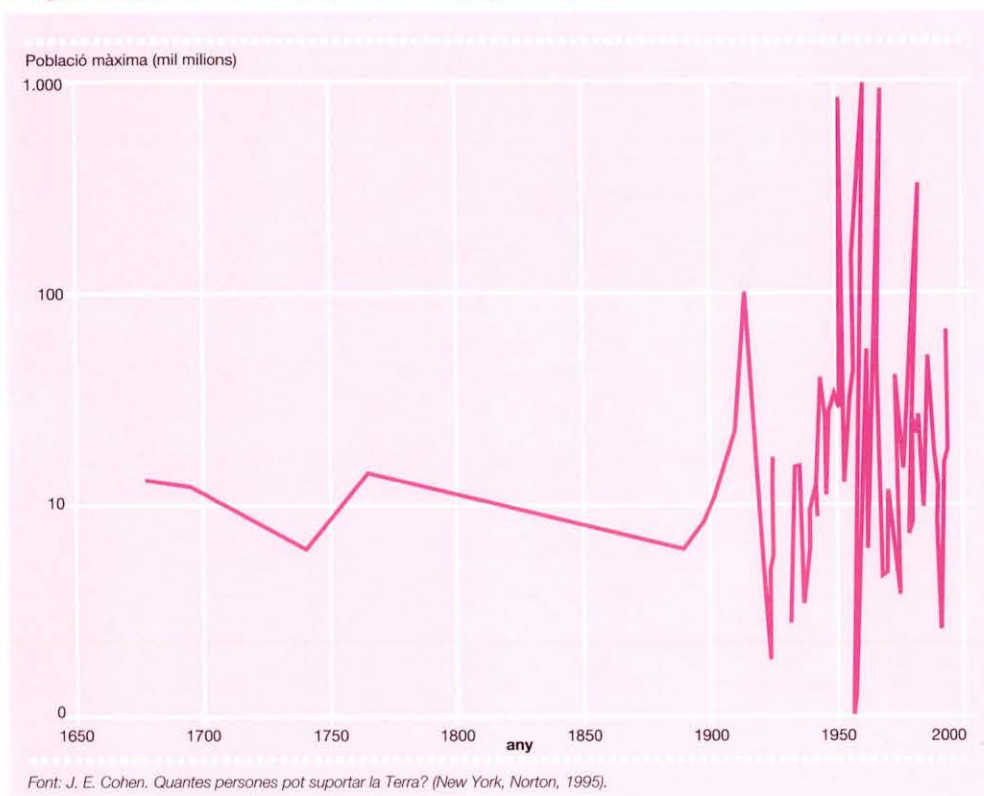
A quanta gent pot mantenir la terra? Quin és l'abast de l'economia en relació amb el medi ambient que permet la vida i fins a quin punt pot créixer sense causar danys irreparables al medi ambient? Aquestes preguntes fan referència a la capacitat de càrrega i a l'escala. La capacitat de càrrega es pot definir com el nombre màxim de persones que una determinada zona pot mantenir indefinidament sense degradar el medi ambient. L'escala descriu les dimensions de la demanda de recursos i serveis ambientals que utilitza una població en rela-

ció amb la proporció en què el medi ambient els genera. Per tal de quantificar aquestes variables, s'han desenvolupat una sèrie d'indicadors.

Estimacions de la capacitat de càrrega humana

Els éssers humans necessiten aliments, habitatges i roba i, per tant, provoquen que la demanda de recursos naturals i de serveis mediambientals augmenti. La limitació de la capacitat de la Terra per generar recursos i serveis imposa un sostre al nombre de persones que hi poden viure. L'alçada d'aquest sostre és incert ja que depèn de les eleccions que realitzen les persones i les institucions i de les restriccions biofísiques. Algunes persones creuen que el sostre és tan alt que actualment resulta irrelevant tractar el tema de la capacitat de càrrega. Altres creuen que la població ja ha sobrepassat la capacitat de càrrega del planeta.

● Figura 8. Estimació de la capacitat de càrrega global de l'home.



El 1679, Antoni van Leeuwenhoek, l'holandès que va inventar el microscopi, va publicar la primera estimació quantitativa sobre la capacitat de càrrega de la Terra: 13.400 milions de persones.

Des d'aleshores, s'ha intentat moltes vegades realitzar estimacions de la capacitat de càrrega de la terra (Figura 8). Les estimacions oscil·len entre menys de mil milions i més d'un bilió de persones. Les diferències entre les estimacions es deuen en part a la varietat de mètodes utilitzats. Aquests inclouen les restriccions assumides d'un sol recurs, normalment aliments, les restriccions assumides de recursos múltiples (aliments i aigua), l'ajustament de les corbes matemàtiques dels índexs de creixement demogràfic, les generalitzacions de les densitats demogràfiques observades i les declaracions categòriques («és així perquè ho dic jo.»).

Participació humana en els cicles biogeoquímics globals

El model conceptual de la Figura 1 representa l'economia com a un subsistema del mediambient. Les «dimensions» del mediambient són fixes en el sentit que els processos biològics i físics que creen els recursos i assimilen els residus no es troben sota el control directe dels éssers humans. La proporció en la qual el sol arriba a la Terra, el nivell d'especiació i extinció i el grau d'elevació continental i d'erosió, entre d'altres, controlen aquests processos. D'altra banda, el subsistema econòmic està creixent amb relació al sistema superior de resultes del creixement demogràfic i de la riquesa creixent, que fan augmentar la demanda de recursos i serveis. Això planteja les preguntes següents: 1) quina és l'escala sostenible de l'economia en relació amb el mediambient que permet la vida i 2) quina és l'escala actual de l'economia en funció de la demanda total o de la influència

en l'entorn mundial. Aquest tipus de qüestions són les que s'utilitzen per idear els indicadors d'escala.

Indicador d'escala I: metabolisme industrial

Els cicles biogeoquímics del planeta, dirigits per l'energia solar i l'energia calorífica del centre de la terra, creen i mantenen els recursos naturals i els serveis mediambientals. Així doncs, el grau de participació humana en els cicles mundials de les matèries esdevé una manera de mesurar l'escala. Robert Ayres de L'Institut Europeu d'Administració d'Empreses de França utilitza el concepte de metabolisme industrial per desenvolupar els indicadors de la nostra funció en el cicle de materials. La paraula metabolisme, tal i com s'utilitza en aquest context biològic, es refereix als processos interns d'un ésser viu. L'organisme ingereix materials rics en energia (aliments) per mantenir-se, créixer i reproduir-se. Aquests processos produeixen residus en forma de materials degradats. Ayres sosté que existeix una analogia evident entre els organismes biològics i els sistemes econòmics ja que ambdós són sistemes de processament de material menats per una corrent d'energia lliure, que utilitzen aquesta energia per organitzar els materials en estructures útils (béns i serveis) i que produeixen residus en el procés.

El metabolisme industrial se centra en el cicle vital dels materials individuals o «nutrients». El cicle hidrològic, el cicle del carboni i el cicle del nitrogen són conceptes que resulten familiars als científics. Però el flux d'energia i materials ens els sistemes econòmics difereixen del metabolisme natural de la Terra en què molts dels cicles naturals (com ara, l'aigua, el carboni/l'oxigen, el nitrogen, el sofre) són tancats, mentre que la majoria dels cicles industrials són oberts. En altres paraules, Ayres es va adonar que el sistema industrial normalment no recicla els seus nutrients. Al contrari, aquest sistema s'apodera de materials d'alta qualitat (combustibles fòssils, menes) extrets de la terra i els retorna degradats

a la natura. Moltes d'aquestes «filtracions» en els cicles dels materials degraden la qualitat dels recursos de l'aigua, de l'atmosfera i de la salut dels éssers humans i d'altres espècies.

Una altra diferència és que els sistemes industrials han desenvolupat una gran habilitat en extreure i utilitzar elements i compostos molt tòxics que o bé no existeixen a la natura o bé s'hi troben en unes concentracions molt baixes. És molt possible que aquests elements i compostos siguin més perillosos des d'un punt de vista biològic que els elements i els compostos que circulen en el món natural. Els metalls pesants com el plom pertanyen a aquesta categoria. Juntament amb els seus compostos, aquests elements resulten ecotòxics fins a cert punt ja que és probable que influeixin negativament en els entorns naturals que han evolucionat sense ells.

Tal i com indiquen els valors de la Taula 2, els éssers humans constitueixen la força preminent en la majoria dels cicles de materials del planeta. Per exemple, en l'actualitat, els éssers humans fixen més nitrogen que els processos naturals a través de la producció de fertilitzants i la inflamació de combustibles fòssils. L'acumulació resultant de compostos de nitrogen a l'atmosfera té una funció molt important en les deposicions àcides i en els problemes de la qualitat de l'aire a les zones urbanes. La nostra mobilització de metalls traça com el plom i el cadmi és enorme amb relació als recursos naturals i provoca una acumulació en el sòl fins a uns nivells que causen problemes greus en la salut dels éssers humans i de l'ecosistema.

Per a Ayres i els seus col·legues, aquests indicadors posen de manifest que una economia sostenible s'hauria de caracteritzar per un reciclatge quasi total de materials perillosos o tòxics, així com també per un reciclatge important de plàstics, paper i altres materials la deposició dels quals constitueix un problema ambiental. Per complir amb el criteri de sostenibilitat, els metalls traça s'haurien de reciclar pràcticament del tot.

● Taula 2. Emissions Atmosfèriques Mundials de Metalls Traça (1.000 Tonelades l'Any).

Element	Contribucions Antropogèniques Totals	Contribució Total de les Activitats Naturals
Antimoni	3,5	2,6
Arsènic	19,0	12,0
Cadmi	7,6	1,4
Crom	31,0	43,0
Coure	35,0	6,1
Plom	332,0	28,0
Manganesi	38,0	12,0
Mercuri	3,6	317,0
Níquel	52,0	2,5
Seleni	6,3	3,0
Tali	5,1	29,0
Estany	5,1	10,0
Vanadi	86,0	28,0
Zinc	132,0	45,0

Font: Jeorome O. Nriagu, *Global Metal Pollution, Environment*, 32: 7-33 (1990).

Indicador d'escala II: apropiació mundial de recursos i serveis ambientals

Un altre grup d'indicadors d'escala mesuren l'apropriació i el consum dels recursos mundials clau o dels serveis mediambientals per part dels éssers humans. L'ús que fem dels compostos de carboni resulta potser l'exemple més clar i important. La base de la cadena alimentària de totes les espècies, inclosa la humana, és la producció primària neta (PPN) per part de les plantes. Es tracta de la quantitat de carboni convertit en materials vegetals en el procés de la fotosíntesi. Cada any, els éssers humans utilitzen directament i indirecta el 40% de la producció primària neta terrestre mundial. Els aliments i el combustible que extraïem dels ecosistemes representen una petita proporció d'aquest total. La major part és fruit de la disminució de la PPN provocada per la degradació dels ecosistemes i del fet que els éssers humans substitueixin uns sistemes naturals per uns altres de menys productius com, per exemple, quan construeixen un supermercat allà

on hi havia uns aiguamolls. L'alliberament del carboni emmagatzemat a través de la inflamació del combustible fòssil, la desforestació i altres formes de combustió de biomassa contribueix a l'augment de la concentració de CO₂ a l'atmosfera. El Grup d'Assessors Intergovernamentals per al Canvi Climàtic, l'organisme científic amb més prestigi a nivell mundial que estudia el canvi climàtic, estableix que els indicis disponibles mostren que l'home influeix de manera evident sobre el clima mundial a causa de l'alliberament de gasos hivernacle. L'ús que fem dels recursos d'aigua també és ingent. Actualment, els éssers humans utilitzen el 26% del total de l'evapotranspiració terrestre (és a dir, l'aigua que absorbeixen les plantes i que després alliberen) i el 54% de l'escorrentia que és accessible geogràficament i temporalment. Un augment en l'ús de l'evapotranspiració i la construcció de noves preses aportarà un benefici mundial mínim perquè la majoria de la terra apte per a l'agricultura ja està utilitzada i perquè la majoria dels rius més importants del món ja disposen de preses.

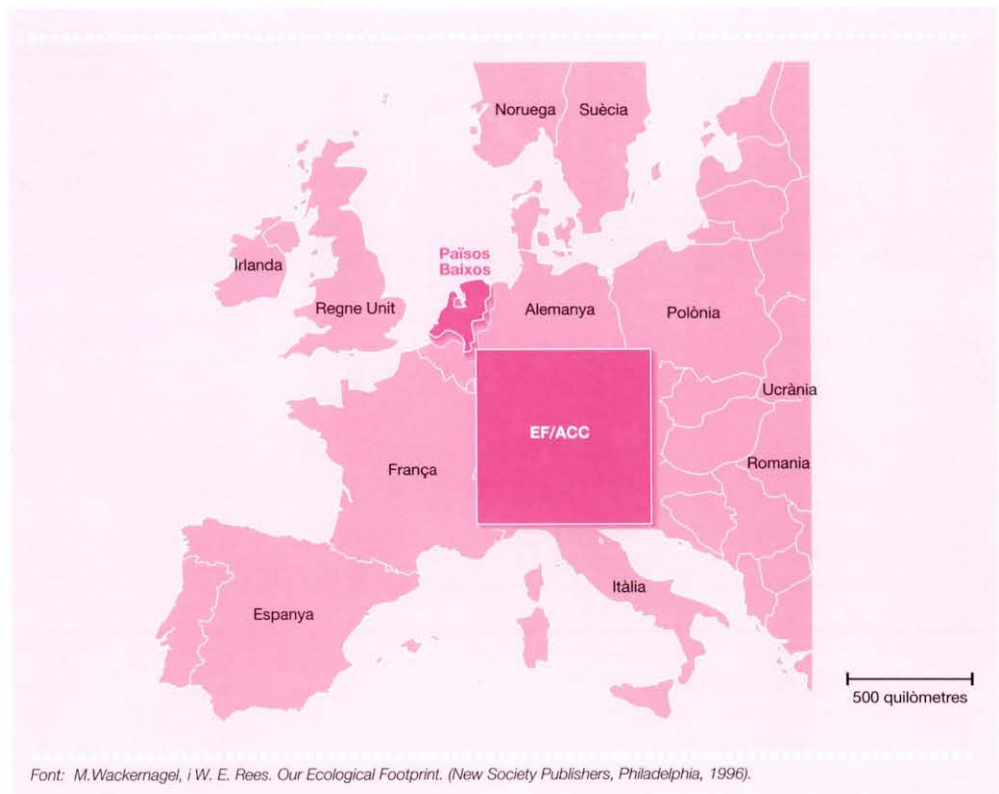
La tercera part de la superfície terrestre no coberta de gel s'ha convertit en terrenys dominats pels éssers humans, sobretot en terres de conreu i en pastures. La consegüent desaparició de molts hàbitats és una de les principals causes de la pèrdua de la diversitat biològica i amb ella de les funcions dels ecosistemes que permeten l'existència humana. L'Avaluació Mundial de la Biodiversitat, resultat de la dedicació de 1.500 científics i patrocinada pel Programa de les Nacions Unides para el Medio Ambiente, mostra la magnitud del problema de la biodiversitat. Segons les proporcions previstes sobre la pèrdua de bosc tropical, s'espera que en el pròxim quart de segle la corresponent pèrdua de biodiversitat sigui de l'1 al 10% en totes les espècies. Aquestes proporcions són aproximadament de 1.000 a 10.000 vegades superiors al grau d'extinció que s'havia calculat.

Fins i tot un estudiant d'ecologia de primer curs, veient aquesta derivació massiva dels materials i l'energia cap d'altres organismes i sistemes dins una gran varietat d'escala espai-temps, es qüestionaria si el medi-ambient podria mantenir a llarg termini la població d'éssers humans, que s'espera que es dupliqui en el pròxim segle. Pot algú, per exemple, arribar-se a creure que els éssers humans es podrien apropiari del 80 % del PPN mundial?

Indicador d'escala III: empremtes ecològiques

Molts indicadors de la sostenibilitat que es basen en les dades nacionals són enganyosos ja que no reflecteixen el fet que quasi totes les nacions utilitzen un capital natural «emascarat»: recursos i serveis ambientals de fora de les seves fronteres aconseguits mitjançant el comerç internacional i la contaminació transfronterera. El consum d'un capital natural emascarat provinent de les reserves estrangeres i mundials permet que una població visqui per sobre dels mitjans que poden sostenir els recursos nacionals. Les empremtes ecològiques són uns indicadors que intenten ex-

● Figura 9. L'empremta ecològica dels Països Baixos.



plicar les connexions internacionals a l'hora d'utilitzar el medi ambient que permet la vida. L'empremta ecològica d'una població és el total de terra necessari per cultivar aliments, assimilar els residus, etc. en relació amb la capacitat nacional per facilitar aquests recursos i serveis. Els partidaris d'aquest indicador argumenten que una nació només pot seguir desenvolupant-se si s'apropia de la capacitat de càrrega d'altres nacions a través de la importació de recursos i de l'exportació de la contaminació i de la degradació ambiental. La Figura 9 mostra una estimació de la empremta ecològica dels Països Baixos que indica que el capital natural emascarat que utilitzen correspon al menys a 15 vegades la seva pròpia àrea. Un altre estudi ha determinat que les 30 ciutats més importants de la conca hidrogràfica del mar Bàltic utilitzen 200 km² de l'ecosistema terrestre i aquàtic per cada km² d'àrea urbana per produir les seves necessitats de

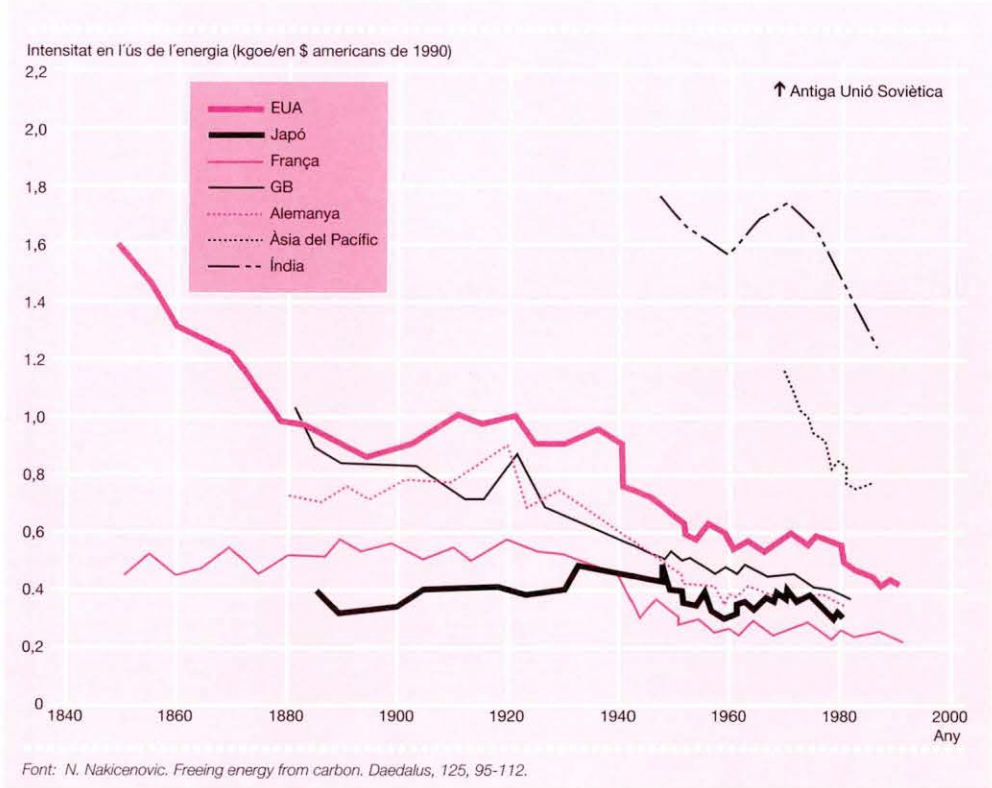
productes agrícoles, pesquers i de silvicultura. Alguns analistes consideren que la possibilitat d'utilitzar capital natural despareix a escala mundial. Aquesta observació genera una qüestió crítica: es pot augmentar el nivell de vida en els països en vies de desenvolupament fins igualar al dels Estats Units, Japó o els Països Baixos? De ser possible, significaria un augment substancial en les dimensions de l'economia en relació amb les reserves regionals i mundials de capital natural.

Els indicadors de l'eficiència en la utilització d'energia i materials

Un altre tipus important d'indicadors mesuren els canvis en la intensitat de la utilització d'energia i materials en la producció de béns i serveis. En el cas de l'energia, la intensitat de la utilització ve determinada per la proporció entre l'energia i el PIB, que és la suma de tota l'energia usa-

da per cada dòlar del PIB produït. En general, la proporció entre l'energia i el PIB disminueix al llarg del temps en la majoria de països (Figura 10). Aquesta tendència es pot interpretar com que el lligam entre la utilització de l'energia i l'activitat econòmica és dèbil, fet que fa pensar que si l'escassetat d'energia augmentés, la producció de béns i serveis no es veuria necessàriament afectada. La disminució de la proporció entre l'energia i el PIB en els països industrials des de les crisis en els preus de l'energia dels anys 70 i 80 sembla confirmar aquesta interpretació i suggereix que la voluntat del mercat va estimular substitucions i canvis tecnològics que van separar encara més l'ús de l'energia del PIB. Un altre enfocament ofereix una explicació diferent. La causa principal de la davallada en les proporcions entre l'energia i el PIB és l'adopció d'uns combustibles de major qualitat que acompanya el procés d'industrialització. Aquesta interpretació es basa en el fet que una unitat calorífica (Btu) dels diferents combustibles disposa de diferents capacitats per fer el treball. Per facilitar els càlculs, la utilització d'energia normalment es mesura a través de la suma de les unitats calorífiques de diversos combustibles. Tanmateix, els éssers humans utilitzen l'energia per altres funcions diferents a la de proporcionar calor, de manera que la pràctica habitual d'afegir diversos combustibles mitjançant equivalents calorífics no reflecteix les importants diferències entre la qualitat de l'energia. Per exemple, una kcal d'electricitat utilitzada per posar en funcionament una locomotora elèctrica pot fer que un tren arribi fins a tres vegades més lluny que una kcal de combustible dièsel utilitzada per posar en funcionament una locomotora dièsel. Una solera oberta i un electroform d'arc necessiten quantitats diferents de carbó i electricitat, respectivament, per produir una tona d'acer. L'electricitat pot fer més treball útil (és a dir, produir més PIB) per Btu que el petroli, però, al mateix temps, el petroli en produeix més que el carbó i aquest més que la fusta. Així doncs, quan una economia

● Figura 10. El PIB real/energia per a alguns països.



passa d'utilitzar combustibles de baixa qualitat a emprar-ne d'alta, es genera més PIB per Btu d'energia.

La qualitat de l'energia és determinant a l'hora d'establir la quantitat d'energia que una societat necessita per generar riquesa. La disminució en la proporció entre l'energia i el PIB en els països més industrialitzats normalment s'atribueix a les substitucions i als canvis tècnics per estalviar energia provocats per les crisis en els preus de l'energia. Tanmateix, unes anàlisis empíriques detallades assenyalen que la major part de la variació de la proporció entre l'energia i el PIB en les potències industrials més importants és fruit de la redistribució en la composició de la utilització del combustible i, per tant, dels canvis en la qualitat del combustible emprat. Això no vol dir que la substitució o el canvi tecnològic no puguin reduir la quantitat d'energia utilitzada per a generar una unitat de producció. Els canvis tecnològics

han fet disminuir la quantitat d'energia (mesurada en unitats calorífiques) que es requereix per generar una unitat de producció. Però considerar que aquest canvi «estalvia energia» resulta enganyós. En els últims quaranta anys, els canvis tecnològics han aconseguit reduir la quantitat d'energia calorífica que es necessita per generar una unitat de producció desenvolupant noves tècniques per emprar el petroli, el gas natural i l'electricitat primària en lloc del carbó. Aquestes innovacions han aprofitat les característiques físiques d'aquestes energies que els permeten efectuar un treball més útil per unitat calorífica que el carbó. Aquesta interpretació implica que el canvi tecnològic no ve determinat només per la intervenció dels éssers humans, sinó que també depèn de les característiques físiques de les energies disponibles en l'entorn.

Per als materials, l'indicador equivalent seria la intensitat en que s'empren els mate-

rials d'una economia, mesurada per la quantitat de materials emprats per produir un dòlar de PIB. Les intensitats en què s'usen alguns materials com el coure, el ferro, el ciment i altres materials bàsics mostren una tendència de pujades seguides de davallades. Aquest model en forma d'U invertida s'anomena desmaterialització i molts analistes consideren que estableix que un dels límits del procés d'industrialització és una separació entre la utilització de materials i la producció de béns i serveis. L'argument que s'esgrimeix és que la davallada en la utilització de materials quan les rendes són altes és el resultat lògic i inevitable del desenvolupament econòmic fruit de diverses causes. En primer lloc, si la renda augmenta, les preferències del consumidor es dirigeixen cap als serveis amb una relació entre els continguts de materials i dels preus més baixa que la resta dels béns. El segon motiu és la saturació del mercats a l'engròs de materials bàsics. Aquest enfocament manté que quan una economia es consolida, disminueix la demanda de noves infraestructures com ara ponts, carreteres, xarxes ferroviàries o fàbriques d'acer, entre d'altres, i per tant es requereix una quantitat menor d'acer, ciment i d'altres materials bàsics. Un tercer motiu és una major eficiència en l'ús dels materials. Els canvis de disseny estimulats per uns preus energètics més alts que han reduït l'ús dels materials en molts béns amb un ús intensiu d'energia en constitueixen un bon exemple. El quart factor és la substitució de materials més barats, resistents, lleugers i amb més característiques atractives com, per exemple, la substitució del metall i el vidre dels contenidors pel plàstic i el coure en les telecomunicacions, per la fibra òptica. Aquestes generalitzacions, però, comporten certs problemes. En primer lloc, la teoria de la desmaterialització es basa en l'assumpció que amb el canvi tecnològic i en la demanda s'aconseguirà una reducció en la intensitat en què s'utilitzen els metalls. En el cas de la demanda, tothom assumeix que unes rendes altes desplacen la demanda cap uns serveis en els que s'utilitzen menys

materials. Quant a la tecnologia, es creu que la innovació estalvia energia (reciclatge, duració prolongada, miniaturització i substitució). No obstant això, no s'ha demostrat que cap d'aquestes assumpcions constitueixi un fenomen econòmic molt difós principalment perquè molts estudis sobre la desmaterialització no mostren explícitament la demanda, el canvi tecnològic o el canvi estructural i no apliquen metodologies que puguin provar la presència i la importància relativa d'aquestes forces. Això resulta un contratemps perquè la influència del canvi tecnològic i del desplaçament de la demanda en l'ús dels materials pot resultar inesperada. Durant molt de temps, se'ns havia dit que la tecnologia de la informació reduiria el consum de paper. Però ha succeït tot el contrari. En lloc de substituir el paper, els microxips han fet augmentar espectacularment la demanda de paper, n'ha provocat la pujada dels preus i ha augmentat la pressió sobre els recursos forestals.

En segon lloc, la teoria de la desmaterialització simplifica la relació entre l'ús dels materials i el desenvolupament econòmic. La majoria dels estudis empírics sobre desmaterialització se centren en materials bàsics més antics com el ferro, l'acer la roca i la sorra. La reducció en la intensitat de consum d'aquests materials pot indicar simplement la substitució d'uns materials antics per uns de més nous. Alguns analistes sostenen que els mercats nord-americans de materials, en comptes de desmaterialització, han sofert una «transmaterialització», és a dir, una transformació industrial en la manera en què la societat utilitza els materials que es produeix periòdicament o cíclicament al llarg de la història. En lloc del canvi estructural definitiu que comportaria la desmaterialització, la demanda de minerals experimenta fases en les quals els materials antics i de més baixa qualitat són substituïts per materials de millor qualitat i tecnològicament més apropiats. El model de la transmaterialització es basa en la teoria dels cicles de vida dels productes materials i en la teoria més gene-

ral dels cicles de llarga durada en els sistemes econòmics. Aquest fet té gran importància per a l'esgotament dels recursos i la contaminació, ja que l'esgotament d'un recurs pot comportar una major pressió sobre un altre i perquè es pot substituir un tipus de residu per un de nou.

En tercer lloc, molts teòrics de la desmaterialització s'equivoquen a l'hora de considerar la influència del comerç internacional en l'ús dels materials. Les economies dels diferents països són cada vegada més interdependents. El volum de les importacions i les exportacions, com a percentatge del PIB, ha augmentat a molts països des de finals dels anys 70. És important, per tant, respondre de la quantitat de materials que es troben en els béns i serveis que una economia exporta i importa. La davallada en el consum de materials en els països desenvolupats, per exemple, pot ser fruit de la ubicació de les indústries consolidades que utilitzen una gran quantitat de materials en els països en vies de desenvolupament, de la davallada en l'exportació de productes amb un ús intensiu de materials atesa la gran competència internacional o de l'augment de les importacions d'aquest tipus de productes per substituir la producció nacional. En altres paraules, un país pot traspasar la seva necessitat de materials a altres països a través del comerç internacional.

Per últim, existeixen unes dades empíriques que no coincideixen amb el que preveu la desmaterialització tradicional. Per exemple, la tendència del consum dels principals metalls en les nacions industrialitzades entre 1960 i 1985 no indica una separació. A més, la intensitat en l'ús dels materials als Estats Units va ser relativament constant del 1974 al 1988, d'unes 20.000 lliures per càpita.

Les corbes Kuznets ambientals

Un altre grup recent d'indicadors anomenats les Corbes Kuznets ambientals (EKC) intenta relacionar diferents mesures de l'ús de recursos i l'alliberament de residus amb

● Figura 11. La corba Kuznet ambiental.



els nivells de renda. La majoria dels treballs han utilitzat valors d'una sèrie cronològica i una anàlisi de secció creuada de diverses nacions sobre contaminadors atmosfèrics com el diòxid de sofre i sobre el grau de desforestació. Els treballs anteriors mostraven una tendència general: utilitzar les rendes per càpita exacerba la degradació ambiental a nivells de renda baixos, però a partir d'un moment crític qualsevol altre augment de la renda millora els problemes ambientals (Figura 11). Aquest comportament en forma d'U invertida per a la contaminació o la degradació es coneix com EKC.

Els primers estudis suggerien que aquests moments crítics varien segons els països, encara que la major part de les vegades succeeixen abans d'assolir una renda per càpita de 8.000 dòlars (en dòlars americans de 1985). Alguns analistes van considerar que aquests resultats demostraven que el creixement econòmic, mesurat per les ren-

des creixents, genera automàticament antídots per als problemes ambientals. Aquest argument defensa que les persones «exigeixen» una qualitat mediambiental superior quan les rendes augmenten i que les rendes creixents també s'associen amb davallades generals en la intensitat de producció d'energia i materials tal i com s'ha descrit en l'apartat anterior.

Els estudis posteriors han despertat importants dubtes sobre la validesa teòrica i empírica de la hipòtesi de les ECK. El principal problema és que les ECK només han tingut en compte un tipus determinat de contaminant, sobretot els atmosfèrics. La pèrdua de biodiversitat, les emissions de CO₂, els residus sòlids i perillosos i d'altres problemes o no presenten una forma d'U invertida o no han estat analitzats.

En segon lloc, les davallades en l'alliberament d'un contaminant en un país s'associa amb un augment dels danys a una altra zona atès que les indústries fortament contaminants tendeixen a traslladar-se a països en vies de desenvolupament. En tercer lloc, una davallada en la influència per càpita d'un determinat contaminant no garanteix que la influència total es redueixi fins a un nivell sostenible. Així, per exemple, els cotxes als Estats Units estalvien molt de combustible, però l'augment de les rendes ha provocat que també pugui el nombre de quilòmetres per càpita que es condueixen, per tant, s'eclipsa la major part del que s'havia aconseguit amb la millora de l'eficiència de la demanda total de gasolina. En quart lloc, n'hi ha que consideren que les EKC ignoren «l'ambientalisme dels pobres», és a dir, el tipus de problemes ambientals i fonts vitals que no mantenen cap relació amb el nivell de la renda, com ara l'accés al consum d'aigua potable. Per últim, rigoroses anàlisis estadístiques dels primers estudis sobre les EKC despertaven importants dubtes sobre la generalitat de la forma d'U invertida perquè ignora variables importants com la densitat espacial de l'activitat econòmica. La lliçó que es desprèn d'aquest conjunt d'estudis és que encara que les corbes ECK només tracten uns de-

terminats contaminants, no podem assumir que les rendes creixents seran les «varetes màgiques» que solucionaran els nostres problemes ambientals.

Capital natural i capital humà: complements o substituïts?

Una de les qüestions principals respecte al tema de la sostenibilitat és la substitució. Una creença molt difosa és que la societat pot evitar els efectes perjudicials de l'esgotament dels recursos i de la degradació ambiental utilitzant capital humà (màquines, enginy, tecnologia) per desenvolupar substituïts que siguin assequibles i funcionalment equivalents al capital natural. La fibra òptica pot substituir el metall de coure, els fertilitzants i els adobs poden reemplaçar els sòls fèrtils, les estacions de tractament d'aigües residuals poden fer la funció dels rius i els aiguamolls i les noves fonts d'energia poden ocupar el lloc de les que s'han esgotat. Altres sostenen que les possibilitats per aquests tipus de substitucions presenten més limitacions perquè el capital humà i el natural són complementaris, és a dir, s'han d'emprar a la vegada.

Per tal d'avaluar les funcions del capital natural i humà, hem de definir de quin tipus de substitució estem parlant. Existeixen tres categories principals: la substitució entre els diferents tipus de capital natural, la substitució entre els diferents tipus de capital humà i la substitució entre el capital humà i el natural. Es poden trobar molts exemples de les dues primeres categories. Està clar que una forma de capital natural normalment en substitueix una altra. El potencial més gran es troba en l'energia i els minerals. Per exemple, podem transformar l'alumini, en lloc del coure, en cable elèctric; també podem substituir la fusta i el metall per plàstic o podem utilitzar la biomassa en comptes del petroli per tal de generar energia. Les possibilitats de substitució disminueixen quan s'arriba a les categories més extenses dels serveis de l'ecosistema. L'energia i els minerals

no poden substituir la protecció contra la radiació còsmica nociva proporcionada per l'ozó, la regulació del clima mundial o la informació emmagatzemada en la biodiversitat. La segona categoria de substitució també està molt difosa. Les diferents formes de capital humà es substitueixen les unes a les altres quan, per exemple, un tipus de màquina en reemplaça un altre, quan les noves idees ocupen el lloc de les antigues o quan els robots automatitzats realitzen les funcions dels treballadors de l'automòbil.

¿Què succeeix amb la tercera categoria de substitució entre el capital natural, format per una sèrie de recursos naturals i serveis mediambientals que participen en el procés de producció, i el capital manufacturat que els transforma en béns i serveis? ¿Fins a quin punt aquests recursos naturals i serveis mediambientals -i les reserves de capital natural que els generen- es poden substituir pel capital manufacturat? Existeixen diferents limitacions biofísiques i mediambientals per aquest tipus de substitucions. Des del punt de vista biofísic, es poden trobar alguns serveis regionals i mundials que només el capital natural pot proporcionar com, per exemple, la regulació del clima mundial, la fotosíntesi, la conservació de la biodiversitat i la provisió d'espai on els éssers humans puguin viure. Aquestes formes de capital natural proporcionen serveis essencials i irremplaçables per al funcionament de tot el sistema ambiental de suport a la vida i cap forma de capital humà les pot substituir.

Les consideracions econòmiques constitueixen un factor determinant del fenomen que actualment té lloc amb les eleccions que són possibles des d'un punt de vista biofísic. El factor que serveix de guia és el cost d'oportunitat de la substitució. En aquest cas el cost d'oportunitat es mesura per la quantitat d'energia, materials i altres formes de capital natural que es necessiten per produir el capital manufacturat substitutiu. La magnitud del cost d'oportunitat i, per tant, el grau de substitució depèn del tipus de substitució (la

directa *versus* la indirecta i la marginal *versus* la no marginal), l'escala temporal (el llarg termini *versus* el curt) i l'escala espacial (la local *versus* la mundial).

Els costos d'oportunitat poden ser reduïts en el cas de la substitució directa que té lloc quan un capital manufacturat, normalment acompanyat de capital humà, ofereix un servei equivalent al del capital natural. Per exemple, els pesticides químics poden substituir els predadors naturals i les cèl·lules fotovoltaïques poden convertir l'energia solar en formes útils a l'igual que la fotosíntesi, malgrat que la qualitat de l'energia resulta bastant diferent. El capital manufacturat substitueix indirectament el capital natural a través del que es coneix com el progrés tecnològic optimitzador de l'eficiència. Aquest tipus de progrés es dóna quan unes màquines de major eficiència milloren la productivitat del capital natural. Un exemple seria els cotxes que recorren més quilòmetres per litre i les bombetes que emeten més lumen per watt. El tipus de substitució, però, no és il·limitada, ja que els canvis tecnològics no es produeixen aïllats, sinó que requereixen la inversió del capital humà i natural en educació, investigació i desenvolupament i últimament també en nous procediments, màquines, equips, fàbriques, etc. Així doncs, el progrés tecnològic optimitzador de l'eficiència presenta uns límits definits.

Els costos d'oportunitat són més reduïts per a les substitucions marginals del capital natural pel capital manufacturat que les no marginals. Existeixen moltes oportunitats de substituir les petites pèrdues de capital natural per capital manufacturat. Per exemple, els barrets i les cremes de protecció solar ens poden protegir contra la davallada de l'ozó a l'estratosfera i els dies ens podrien protegir contra la pujada del nivell del mar provocada per l'escalfament de la Terra. Però l'esgotament total de l'ozó a l'estratosfera i un augment espectacular de nivell del mar imposarien uns costos més elevats.

Les escales temporal i espacial també gaudeixen d'una gran incidència sobre la subs-

Els indicadors econòmics actuals no reflecteixen que el creixement de les produccions agrícoles de les tres darreres dècades ha anat lligat a una diversitat genètica reduïda, que fa disminuir d'una banda la capacitat dels cultius per resistir les plagues i malalties i, d'altra banda, la seva capacitat per adaptar-se als canvis climàtics, als sòls pobres i a una aigua de baixa qualitat.

titució. Si els temps es mesura per segons, minuts, dies i, fins i tot, mesos, moltes de les tecnologies resten invariables, de manera que les possibilitats de substitució són mínimes o nul·les. En termes generals, uns marges temporals més amplis ofereixen més possibilitats per a que es produeixin canvis tecnològics i substitucions. Tanmateix, això no significa que les possibilitats de substitució sempre augmentin amb el temps. Els costos de substituir a mig termini els jaciments convencionals de petroli que s'han esgotat per petroli esquistós són inferiors als del reemplaçament de tots els tipus de combustible fòssil per nous sistemes d'energia. Aquest fet podria limitar la substitució a llarg termini.

L'espai té un efecte similar en les possibilitats de substitució. Una societat pot augmentar el seu potencial substitutiu si disposa d'accés a les existències regionals o mundials de capital natural. De fet, la majoria de les controvèrsies sobre els efec-

tes ambientals del lliure comerç es basen en el fet que el comerç augmenta les possibilitats d'una economia per accedir als recursos naturals, als serveis d'assimilació de residus i als serveis de l'ecosistema d'altres regions. Les societats poden compensar l'esgotament dels recursos naturals mitjançant l'importació, tal i com fan els Estats Units amb la importació de la meitat del petroli, i evitar els inconvenients de l'assimilació dels residus locals usant l'atmosfera per a que absorbeixi residus com el CO₂. El comerç pot dissoldre les fronteres polítiques però no les ecològiques ja que existeixen uns límits sobre fins a quin punt totes les societats poden augmentar el seu potencial de substitució per mitjà de l'ampliació de l'escala espacial del capital natural. Aquests límits vénen establerts pel grau d'energia solar que arriba a la Terra, la proporció total de fotosíntesi, l'índex d'evaporació de l'aigua i altres components dels cicles biogeoquímics mundials que constitueixen la base del capital natural del planeta.

Moltes formes de capital natural probablement es podrien substituir per capital manufacturat, al menys, en teoria. Es podria arribar a imaginar la substitució del sòl fèrtil del planeta per un ampli sistema de granges hidropòniques o l'aire net per algun tipus d'entorn atmosfèric controlat per una biosfera tipus-II. Encara que la substitució de moltes de les formes de capital natural, sobretot dels serveis de l'ecosistema, pel capital manufacturat sigui possible, mai es durà a terme perquè els costos d'oportunitat serien astronòmics. En altres paraules, el capital natural proporciona moltes funcions de suport a la vida que normalment són gratuïts, però reemplaçar-les per equivalents manufacturats resultaria excessivament car a nivell regional i mundial.

El motiu s'ha de buscar en la relació de complementarietat existent entre el capital manufacturat i el natural que es basa en els següents factors:

1. Històricament, el capital manufacturat i el natural s'han desenvolupat com a com-

plements i no com a substituïts. Les reserves de capital manufacturat com els tractors, les plataformes de perforació petrolífera i els vaixells pesquers, s'han incrementat amb el propòsit exprés d'ampliar l'ús de capital natural com el sòl fèrtil, els jaciments de petroli i la població de peixos. Seria ridícul parlar d'un sense l'altre. Si el capital manufacturat i el natural fossin els perfectes substituïts, no hi hauria cap necessitat de desenvolupar i acumular capital manufacturat atès que ja existiria una forma equivalent!

2. Des d'un punt de vista biofísic, la producció es podria definir com un procés en el qual s'utilitza energia per transformar els materials en béns i serveis. En altres paraules, la producció és un procés de transformació en el qual dos agents, el treball humà i el capital manufacturat, transformen una sèrie de materials, energia i informació. El capital natural és el que es transforma (la causa material), mentre que el capital manufacturat duu a terme la transformació (la causa eficaç). Per exemple, totes les màquines necessiten energia per posar-se en funcionament i actuen d'acord amb els materials procedents del capital natural de què disposen. Així doncs, ampliar el nombre de fàbriques de pasta de paper no augmenta la producció d'aquest producte a menys que es disposi de la fibra de fusta per proveir-les. No hi ha dubte que els dos elements es complementen.

3. Existeix una interdependència biofísica entre el capital manufacturat i el natural. Les eines, les màquines i les fàbriques estan fetes de capital natural i els éssers humans que les dirigeixen també consumeixen capital natural. Per tant, per produir més «substituït», és a dir, capital manufacturat, es requereix més del què se suposa que hauria de ser l'element substituït. Els nostres coneixements actuals sobre aquesta qüestió es limiten a la substitució entre el treball, el capital manufacturat i els recursos no renovables dels quals es disposa de la informació adequada. L'energia ha estat analitzada amb més detall que els materials mentre que les fonts no



Per definir el «desenvolupament sostenible» cal distingir entre creixement (un canvi físic en el volum de les economies) i desenvolupament (un canvi qualitatiu en els serveis que la gent obté d'allò que consumeix)

renovables ho han estat més que les renovables. Sabem que l'energia i el treball humà es poden substituir entre si, mentre que l'energia i el capital manufacturat sovint es complementen l'un a l'altre. Com que l'assimilació de residus, l'abastament d'aire net, el manteniment del sòl fèrtil i altres serveis mediambientals no formen part del mercat, la seva funció en el procés de producció no s'ha estudiat correctament. Per tant, disposem de poca informació per quantificar fins a quin punt la degradació d'uns serveis mediambientals específics amenacen la producció econòmica. Unes estimacions preliminars sobre el valor anual dels serveis proporcionats pels ecosistemes del planeta els situava a la vora dels 32 bilions de dòlars. En contrast, l'economia mundial actualment produeix béns i serveis valorats en 19 bilions de dòlars.

Aquesta crua comparació suggereix que el paper econòmic del capital natural és ampli tant en termes absoluts com relatius. Així mateix, també indica que els costos de substituir la pèrdua o degradació del capital natural, especialment molts serveis de l'ecosistema, pel capital manufacturat exigiria inversions massives en energia, materials i altres recursos. Lògicament, aquesta substitució accelera l'exhauriment d'altres formes de capital natural. Aquests costos d'oportunitat limiten efectivament el grau en què podem esperar que el capital manufacturat compensi l'esgotament del capital natural.

Què és el que intentem sostenir?: indicadors del benestar dels éssers humans

Molts indicadors ambientals se centren en els mitjans físics i biològics de la producció econòmica. Però la sostenibilitat ens obliga a plantejar-nos la següent pregunta lògica: amb quines finalitats emprem aquests mitjans? L'objectiu final del procés econòmic és satisfer els desitjos i les necessitats dels éssers humans. La mesura utilitzada per determinar l'abast d'aquestes necessitats sol ser el PIB. Els augments

del PIB per càpita s'utilitzen freqüentment per determinar si un país està «en una millor situació» que altres, o, si la població d'un país es troba «en una millor situació» que l'any anterior. Però cada cop som més conscients que el creixement econòmic no va necessàriament aparellat amb la millora del benestar de la població. Les mesures estàndard de caràcter econòmic, com ara el PIB, no reflecteixen la creixent disparitat entre rics i pobres a la major part dels països, ni tampoc la degradació mediambiental que minva la salut de la població, dels ecosistemes i de l'economia. Per tal d'enfocar millor aquestes qüestions es proposen una sèrie d'indicadors.

Aportar el concepte de «verd» als comptes nacionals

Pràcticament, cada país del planeta utilitza els sistemes de comptes nacionals (SCN). El seu objectiu és proporcionar un marc informatiu per tal d'analitzar el funcionament dels sistemes econòmics. Els SCN s'empren per reunir i organitzar la majoria dels indicadors econòmics que ens són familiars: consum, estalvi, inversió i PIB, entre d'altres. Seria difícil sobrevalorar la seva importància perquè s'utilitzen per dividir el món entre rics i pobres; a més, entre d'altres funcions, serveixen per valorar l'índex de creixement del PIB, que constitueix l'únic mitjà i el més important per mesurar el creixement econòmic.

Peter Bartlemus de la Divisió d'Estadístiques de les Nacions Unides destaca que els SCN s'han criticat a causa dels inconvenients i distorsions quant al mesurament del funcionament econòmic, que inclouen: 1) la negació de la finitud dels recursos naturals que amenaça la productivitat sostinguda de l'economia; 2) la negació de la degradació de la qualitat mediambiental a causa de la contaminació i altres activitats humanes, i els seus efectes sobre la salut i el benestar dels éssers humans; 3) la comptabilització de la despesa en protecció mediambiental (com ara, les plantes de tractament de residus) com a increments del producte i la renda nacional, tot i que

aquestes despeses es podrien interpretar més com a costos socials que com a progrés social.

Lester Brown del Worldwatch Institute va fins i tot més enllà i acusa els SCN de contribuir a la degradació ambiental argumentant que «és lògic pensar que una economia d'expansió basada en un sistema comptable tan incomplet s'anirà minant a poc a poc i eventualment es col·lapsarà a mida que els sistemes de suport es destrueixin».

En resposta a aquestes preocupacions, l'ONU ha desenvolupat una metodologia per a un Sistema Integrat de Comptabilitat Mediambiental i Econòmica (SEEA). La SEEA és un compte «satèl·lit en el sentit que està destinada a complementar el SCN convencional més que a substituir-lo. Això ho fa mesurant el valor del dòlar dels punts 1 a 3 de més amunt, especialment, l'exhauriment dels recursos naturals i les anomenades despeses en defensa, el costos de protegir o anul·lar els efectes sobre l'economia i la salut humana provocats per la degradació mediambiental. La presa en consideració d'aquests costos permet el càlcul d'indicadors alternatius del funcionament macroeconòmic, especialment el Producte Interior Net que inclou el concepte de mediambient.

Comptabilitat de l'exhauriment dels recursos

Una tasca principal en el càlcul de qualsevol indicador econòmic que integri el concepte ambiental és la valoració de l'exhauriment de recursos. Robert Repetto i els seus col·legues del World Resources Institute han proposat un mètode per dur a terme aquesta valoració. Tal i com indiquen existeix una asimetria en la manera en què mesurem el valor dels recursos naturals. Els actius fabricats pels humans, com ara les màquines i les fàbriques, es consideren capital productiu i s'amortitzen contra el valor de la producció a mida que es deprecien, és a dir, que la seva depreciació es considera un cost de producció. D'altra banda, no es valoren tant els ac-

tius dels recursos naturals i el seu exhauriment no comporta cap mena de compte deutora contra els ingressos d'exploració que es reflectirien en la disminució del potencial de producció futura. Especialment en els països en vies de desenvolupament que depenen de l'extracció i l'exportació dels recursos naturals, aquesta exclusió de l'exhauriment de recursos de les rendes nacionals ens dona una idea falsa de l'estat econòmic. En un estudi molt difós sobre Indonèsia el World Resources Institute descobrí que la comptabilització de l'erosió del sòl, de la desforestació i de l'extracció petroliera reduïa significativament les xifres de la renda nacional d'Indonèsia. El 1984, per exemple, el govern Indonesi declarava que el PIB del país era de 13,5 bilions de rupies (en diners de 1973). Després de tenir en compte el valor de mercat dels canvis nets amb les existències físiques de recursos forestals, petrolífers i de sòl, els investigadors del WRI van calcular que les dades oficials ignoraven 2,3 bilions de rupies en recursos naturals exhaurits, una suma equivalent al 17,3% del PIB. Entre l'any 1971 i el 1984, l'ajustament anual del WRI d'aquestes tres formes d'exhauriment dels recursos suposava una mitjana del 9% del PIB.

L'índex de desenvolupament humà

Les mesures de la renda econòmica, com ara el PIB, assumeixen tàcitament que el consum de béns i serveis està directament lligat al benestar. Un enfocament completament diferent consisteix en separar els mitjans (consum) del fi (benestar) sense assumir que existeix un lligam entre ambdós. L'índex de desenvolupament humà de l'ONU (HDI) intenta mesurar directament en quin grau es satisfan algunes necessitats humanes bàsiques. El primer informe sobre desenvolupament humà del 1990 el definia «com a un procés per ampliar les opcions de les persones o possibilitar que disposin de més opcions», una perspectiva que assumeix explícitament que el benestar de l'ésser humà no es pot aconse-

● Taula 3. L'Índex de Desenvolupament Humà (HDI) el 1996.

Rang HDI Desenvolupament humà elevat	Rang HDI Desenvolupament humà mitjà	Rang HDI Desenvolupament humà baix
1 Canadà	58 Brasil	127 Camerun
2 EUA	61 Bielorússia	128 Kenya
3 Japó	69 Algèria	135 Índia
4 Països Baixos	79 Cuba	141 Zaire
5 Noruega	89 Sri Lanka	151 Nepal
8 Islàndia	95 Filipines	156 Cambotja
11 Austràlia	106 Egipte	163 Txad
15 Suïssa	116 Namíbia	168 Etiòpia
18 Alemanya	124 Zimbabwe	174 Níger
24 Israel		
25 Barbados		
30 Argentina		
42 Emirats Àrabs Units		
46 Hongria		
52 Tailàndia		
57 Federació Russa		

Font: Programa de les Nacions Unides per al Desenvolupament

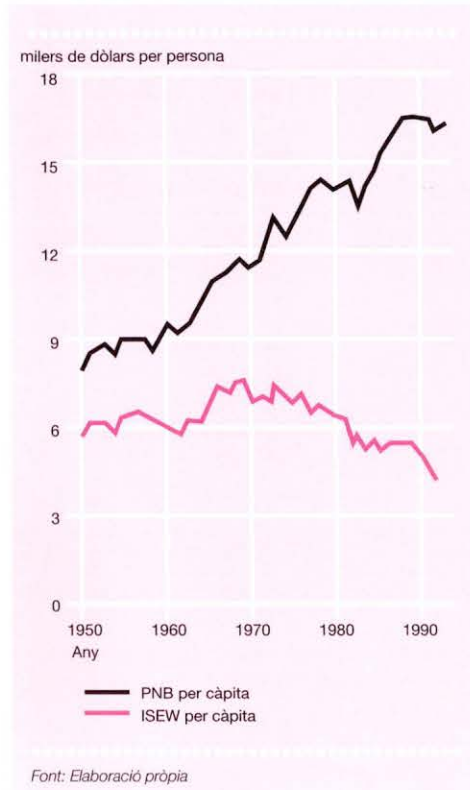
guir exclusivament amb l'afany miop de creixement econòmic.

L'HDI integra tres components clau en un sol índex: 1) longevitat, mesurada segons l'esperança de vida des del naixement; 2) nivell cultural, mesurat segons la capacitat de llegir i escriure dels adults entre el 0 i el 100 % i la mitjana d'anys d'escolarització; 3) nivell de vida, mesurat pel PIB real per càpita ajustat amb el poder adquisitiu. El PIB per càpita s'ajusta per tenir en compte la contribució descendent de beneficis més importants per al desenvolupament humà, basant-se en l'assumpció que el creixement continuat en els països rics contribueix ben poc al desenvolupament de la seva població, una de les assumpcions més controvertides de l'ONU. La Taula 3 detalla els HDI de diversos països el 1996.

Índex de benestar econòmic sostenible

En el seu llibre *For the common good* (Pel bé comú), Herman Daly i John Cobb proposaven un Índex de Benestar Econòmic Sostenible (ISEW) que constitueix el primer intent d'integrar l'exhauriment de recursos, les despeses de defensa i les qüestions socials, com ara la pobresa i la discriminació en un sol indicador. L'ISEW comença amb el valor del consum personal i, després, s'ajusta amb costos i beneficis que normalment no es prenen en consideració, per arribar a una estimació del flux sostenible de serveis útils. Per exemple, ajusten la renda personal a la desigualtat de rendes, afegixen els serveis prestats pel treball domèstic, i resten els costos de la contaminació, l'exhauriment de recursos i el desplaçament fins a la feina amb transports públics. Aquests ajustaments ens ofereixen estimacions ben diferents sobre el

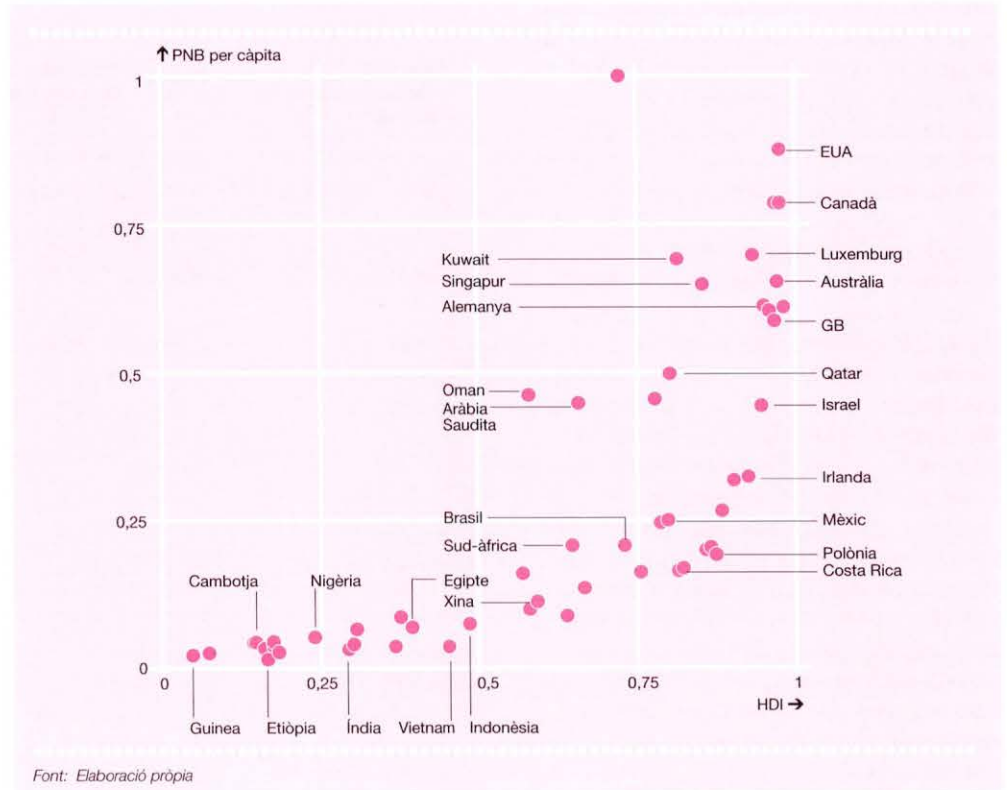
● Figura 12. PNB per càpita i l'Índex de Benestar Econòmic Sostenible (ISEW) per càpita als Estats Units, 1950-1994.



benestar. El consum personal mesurat en la forma tradicional va ser d'11, 3 bilions de dòlars (en dòlars del 1972) als Estats Units el 1990, mentre que l'ISEW va ser de tan sols 818.000 milions de dòlars (en dòlars del 1972).

Què podem fer amb els diferents enfocaments per valorar el benestar humà? Possiblement, el missatge més important sigui que cada indicador serveix per mesurar una cosa diferent i, per tant, és adequat per finalitats específiques. Per exemple, els mètodes per mesurar l'exhauriment de recursos pretenen millorar les nostres estimacions sobre la renda nacional, mentre que l'HDI mostra les enormes disparitats entre el benestar entre els països rics i els països pobres. No ha de sorprendre que la valoració del benestar al llarg del temps i entre els països variï moltíssim segons la mesura. Per exemple, el PNB per càpita dels Estats Units va augmentar entre el 1950

● Figura 13. Comparació internacional del PNB per càpita i l'Índex de desenvolupament humà (HDI).



i el 1994 (Figura 12). L'ISEW per càpita iguala el PNB per càpita durant els primers anys d'aquest període, però després s'estabilitza i davalla. S'observa la mateixa estabilització en l'ISEW per càpita en altres països industrialitzats en els que s'ha calculat. La diferència del benestar entre països variaria enormement segons si es mesura amb el PNB per càpita o amb l'índex de desenvolupament humà (Figura 13). Per exemple, Israel i Oman tenen un PNB per càpita similars, però una major esperança de vida i uns nivells d'ensenyament més elevats atorguen a Israel un HDI molt més elevat.

Conclusions

La sostenibilitat exigeix un delicat equilibri entre els objectius socials, econòmics i mediambientals. El recent interès en el desenvolupament d'indicadors de sosteni-

bilitat és un intent de fer operatiu el significat de desenvolupament sostenible. Els indicadors no constitueixen un fi en si mateixos, sinó que són eines amb les quals els governs, les ONG, les indústries i les persones poden formular estratègies i accions. Cap indicador individual o conjunt d'indicadors pot ser útil per aquest objectiu, perquè diferents usuaris dels mateixos tenen necessitats diferents. Això és especialment cert en la comparació entre països, perquè no existeix cap mètode estàndard per comparar els indicadors de diferents països. A més, cal veure tots els indicadors en un context dinàmic perquè poden canviar a mida que varien els coneixements, les percepcions i les respostes als problemes ambientals ●