

És possible evitar un col·lapse de la civilització global?

*Paul R. Ehrlich
Anne H. Ehrlich*

1. INTRODUCCIÓ

Pràcticament totes les civilitzacions passades han acabat enfonsant-se amb el temps, és a dir, han experimentat una pèrdua de complexitat social, política i econòmica generalment acompanyada d'un descens dràstic de la població [1]. Algunes, com Egipte i la Xina, s'han recuperat del col·lapse en diverses etapes; en d'altres, com la de l'illa de Pasqua o els maies antics, sembla que fou definitiu [1, 2]. Tots aquests col·lapses del passat eren locals o regionals; en diferents llocs, altres societats i civilitzacions no en resultaren afectades. De vegades, com en les valls del Tigris i l'Èufrates, van sorgir noves civilitzacions a continuació. En molts casos, si no en la majoria, la sobreexplotació del

medi ambient en va ser una causa probable o la causa última [3].

Però avui, per primera vegada, la civilització *global* de la humanitat –la societat mundial, cada vegada més interconnectada i altament tecnològica en què ens trobem inserits tots en una mesura o altra– es veu amenaçada d'acabar destruïda per un conjunt de problemes relacionats amb el medi ambient. La humanitat tota sencera participa del que el príncep Carles d'Anglaterra va descriure com «un acte de suïcidi a gran escala» [4], es troba davant el que l'assessor científic en cap del Regne Unit, John Beddington, va anomenar una «tempesta perfecta» de problemes ambientals [5]. El pitjor d'aquests problemes, l'alteració del clima, mostra signes d'incrementar la seua gravetat ràpidament. Però hi ha altres elements que podrien contribuir també a un col·lapse: una extinció accelerada de poblacions i espècies animals i vegetals, que podria conduir a una pèrdua de serveis ecosistèmics essencials per a la supervivència humana; la degradació de la terra i el canvi en l'ús del sòl; la difusió de compostos tòxics de pol a pol; l'acidificació i l'eutrofització (zones mortes) dels oceans; l'empitjorament d'alguns aspectes de l'entorn epidemiològic (factors que fan les poblacions humanes susceptibles a malalties infeccioses); l'esgo-

Paul Ehrlich és catedràtic de Biologia i director del Centre per a la Conservació Biològica de la Universitat de Stanford, i professor adjunt a la Universitat Politècnica de Sydney. Els seus interessos de recerca se centren en l'ecologia i l'evolució de les poblacions naturals de les papallones, els peixos d'escull, les aus i els éssers humans.

Anne Ehrlich és investigadora sènior en Biologia a Stanford i centra la seua recerca en qüestions de política relacionades amb el medi ambient.

Aquest article aparegué a *Proceedings of the Royal Society* (B 280, març 2013). Publiquem la traducció catalana amb l'amable autorització dels autors.

tament de recursos cada vegada més escassos [6, 7], incloent-hi especialment les aigües subterrànies, que estan sent sobreexplotades en moltes zones agrícoles clau [8], i les guerres pels recursos [9]. No es tracta de problemes aïllats, sinó que interactuen en dos enormes sistemes complexos adaptatius: el sistema de la biosfera i el sistema socioeconòmic humà. De les manifestacions negatives d'aquestes interaccions se n'ha dit sovint «el tràngol humà» [10]. Determinar com evitar que genere un col·lapse global és potser *el* repte més important a què s'enfronta la humanitat.

El tràngol humà actual té a veure amb la superpoblació, el consum excessiu de recursos naturals i l'ús innecessari de tecnologies nocives per al medi ambient, així com amb configuracions socials, econòmiques i polítiques al servei del consum agregat de l'*homo sapiens* [11-17]. L'anàlisi de la petjada o empremta ecològica suggereix –en un càlcul d'altra banda conservador– fins a quin punt la grandària de la població mundial supera la capacitat de càrrega del planeta a llarg termini [18-20]. Ens diu que caldria aproximadament mig planeta més per a atendre de manera sostenible l'*actual* població de 7.000 milions (és a dir, si tot segueix igual, incloent-hi les tecnologies i els nivells de vida actuals). I si tots els ciutadans de la Terra consumiren recursos al nivell dels Estats Units, caldrien de quatre a cinc Terres més. Si sumem els 2.500 milions més de persones que es preveu que hi haurà el 2050, l'assalt humà al sistema de suport vital de la civilització empitjora fora de mida, perquè gairebé pertot arreu la gent s'enfronta a sistemes de resposta no lineals [11, 21-23], en què el dany ambiental s'incrementa en una proporció que s'accelera per cada persona addicional.

Per descomptat, s'argumenta sovint que la humanitat augmentarà enormement la capacitat de càrrega de la Terra gràcies a la innovació tecnològica [24], però es ben sabut que les tecnologies poden tant sumar com restar pel que fa a la capacitat de càrrega. És clar que l'arada primer va ampliar aquesta capacitat i ara sembla que la redueix [3]. En conjunt, una anàlisi precisa de les perspectives no permet confiar gaire en el fet que la tecnologia ens salvarà [25] o que el PIB podria deslligar-se de l'ús de recursos [26].

2. LES TENDÈNCIES ACTUALS AUGUREN UN COL·LAPSE?

Quina és la probabilitat que aquest conjunt de tràngols interconnectats [27] conduirà a un col·lapse global en aquest segle? Hi ha hagut moltes definicions i molta discussió sobre «col·lapses» del passat [1, 3, 28-31], però un col·lapse global futur no requereix una definició acurada. Podria ser provocat per qualsevol cosa, des d'una «petita» guerra nuclear, d'efectes ecològics que ràpidament acabarien amb la civilització [32], a un esfondrament més gradual perquè les fams, les epidèmies i l'escassetat de recursos durien a una desintegració del control central al si de les nacions, que confluiria amb interrupcions del comerç i amb conflictes per béns necessaris cada vegada més escassos. En qualsevol cas, independentment de les societats que potser sobreviurien o que substituirien les actuals, desapareixeria el món tal com el coneix qualsevol lector d'aquestes pàgines, i el benestar de la gran majoria de la gent.

És probable, aquest col·lapse? Cap civilització pot evitar el col·lapse si no pot

alimentar la seua població. La manera com ha reeixit el món fins avui en aquesta matèria, i les perspectives de cara a alimentar les generacions futures almenys tan bé com fins ara, s'han discutit de manera relativament intensa durant mig segle [33-40]. L'agricultura va fer possible la civilització, i en els darrers 80 anys aproximadament, una revolució industrial agrícola ha creat un sistema alimentari mundial que depèn de la tecnologia. Aquest sistema, que és la indústria més gran de la humanitat, ha fet miracles en la producció de queviures, però també ha generat greus vulnerabilitats a llarg termini, sobretot per la dependència de l'estabilitat climàtica, de collites en règim de monocultiu, dels fertilitzants i pesticides industrials, del petroli, de suplementes alimentaris antibiòtics i d'un transport ràpid i eficient.

Malgrat aquests miracles en la producció de queviures, en l'actualitat almenys 2.000 milions de persones passen fam o pateixen malnutrició. La FAO estima que caldria un augment d'un 70% en la producció d'aliments per a nodrir adequadament una població humana un 35% més gran (i creixent) cap a l'any 2050 [41]. Quines són les perspectives que l'*homo sapiens* pugua produir i distribuir aliments suficients? Per a fer-ho, probablement caldrà dur a terme moltes, o totes, les comeses següents: limitar radicalment el canvi climàtic; restringir l'expansió de les terres per a l'agricultura (a fi de preservar els serveis dels ecosistemes); incrementar les collites tant com siga possible; esforçar-se molt més en la conservació del sòl [3]; augmentar l'eficiència en l'ús de fertilitzants, aigua i energia; fer-nos més vegetarians; produir més aliments per a les persones (no combustible per a vehicles); reduir el malbaratament d'aliments; aturar

la degradació dels oceans i regular millor l'aqüicultura; augmentar significativament la inversió en recerca sobre agricultura i aqüicultura sostenibles; i, finalment, donar una prioritat política clara a l'equitat i a l'exigència d'accés de tothom als aliments.

La major part d'aquestes tasques, que fa temps que es recomanen, requereixen canvis en el comportament humà fins ara difícils d'assolir. El problema del malbaratament d'aliments i la necessitat de més i millor investigació en qüestions agràries s'han debatut durant dècades. També s'ha parlat de projectes basats en la idea que «la tecnologia ens salvarà», com ara la construcció de «complexos nuclears agroindustrials» [42], on l'energia seria tan barata que podria donar suport a un nou tipus d'agricultura al desert en «fàbriques d'aliments», on les collites es podrien obtenir amb aigua desalada i fertilitzar-se de manera precisa amb màquines. Malauradament, l'energia nuclear no ha produït mai prou energia barata per a permetre que l'agricultura a gran escala avance en aquesta direcció. L'agricultura tampoc no ha avançat cap a l'alimentació humana a partir de fulles o bacteris produïts amb petroli [43, pp. 95-112]. Cap d'aquests projectes no ha donat lloc ni tan sols a un esforç de desenvolupament coordinat. Mentrestant, un contingent creixent de gent que ha accedit recentment a una posició més benestant ha fet augmentar la demanda de carn [44], cosa que ha incrementat la demanda mundial de cereals per a animals.

Potser és encara més important el fet que les alteracions del clima poden plantejar barreres biofísiques insuperables per a l'augment de les collites. De fet, si la humanitat té molta mala sort amb el clima, pot haver-hi reduccions en els rendiments dels

principals conreus [45], encara que a curt termini és poc probable que això pugui afectar les collites mundialment [46]. Tanmateix, l'augment de les temperatures ja sembla estar disminuint les tendències anteriors d'incrementar les collites de grans bàsics [45, 47], i si no es redueixen dràsticament les emissions de gasos d'efecte hivernacle, el perillós canvi climàtic antropogènic [48] podria ser devastador amb l'agricultura. A més, a la reducció de moltes poblacions de peixos marins a causa d'una sobreexplotació pesquera generalitzada [49], cal sumar-hi que l'escalfament i l'acidificació dels oceans amenaça el subministrament de proteïnes d'algunes de les persones més vulnerables nutricionalment [50], especialment aquelles que no es poden permetre de comprar peix de piscifactoria.

Malauradament, el sistema agrícola té connexions complexes amb totes les principals causes de deteriorament ambiental. L'agricultura mateixa és un important emissor de gasos d'efecte hivernacle i, per tant, és una important causa de l'alteració del clima i alhora excepcionalment vulnerable a les seues conseqüències. Sembla que som a les portes d'un canvi de fons en els patrons de temperatura i precipitacions [51], amb la perspectiva d'un increment cada vegada major de tempestes, sequeres, onades de calor i inundacions greus, la qual cosa sembla ja evident. Tots aquests fenòmens amenacen la producció agrícola.

La terra és un recurs essencial per a l'agricultura i la ramaderia, i s'enfronta a múltiples amenaces. A més dels problemes de degradació del sòl, que són greus i generalitzats, l'augment del nivell del mar (la conseqüència més segura de l'escalfament global) convertirà en improductives àrees importants, ja siga per inundació (un aug-

ment d'un metre inundaria el 17,5% de Bangla Desh [52]), exposant-les a mareas i tempestes més freqüents o salinitzant aqüífers costaners essencials per a l'aigua de reg. Un altre problema important per al sistema alimentari és la pèrdua de terres agrícoles de primera importància com a efecte de la urbanització, una tendència que molt probablement s'accelerará [53], per tal com el creixement demogràfic erosiona constantment la proporció de terres de cultiu per càpita.

La importància fonamental de reorientar substancialment les inadequades accions actuals respecte al problema demogràfic es pot veure en el temps que demana modificar la trajectòria del creixement demogràfic de manera humana i sensata. Sabem, per fenòmens com ara les mobilitzacions de la Segona Guerra Mundial, que, amb els incentius adequats, és possible alterar dràsticament molts patrons de consum en un any [54]. Si l'escassetat d'aliments s'aguditzara, hi seguiria una reacció ràpida en la mesura que la fam fóra molt més generalitzada. Els preus dels aliments apujarien i les dietes canviarien temporalment (per exemple, el nombre d'àpats per dia o la quantitat de carn consumida) per a compensar l'escassetat. A llarg termini, però, l'ampliació de l'oferta mundial d'aliments i una distribució més equitativa seria un procés lent i difícil. Tot i que una gran fam podria provocar la inversió en millores en la producció i la distribució d'aliments que fa temps que es necessiten, caldria temps per a planificar-les, comprovar-les i dur-les a terme.

A més, l'agricultura és una de les principals causes de pèrdua de la biodiversitat i, per tant, del dany als serveis clau que els ecosistemes forneixen a la mateixa agricultura (per exemple, la pol·linització, el con-

trol de plagues, la fertilitat del sòl, l'estabilitat del clima) i a altres activitats humanes. L'agricultura és també una font principal de la contaminació tòxica mundial, com està clar des del temps de Carson [55], ja que exposa la població humana a un munt de verins subtils, que plantegen altres riscos potencials per a la producció d'aliments.

3. QUÈ CAL FER PER A EVITAR UN COL·LAPSE?

L'amenaça que significa el canvi climàtic per a la producció d'aliments per si sola, implica que ha de transformar-se ràpidament tot el sistema humà d'ús de l'energia. L'escalfament ha de mantenir-se molt per sota d'un potencial augment de 5 °C de la temperatura mitjana global, un nivell que podria enfonsar la civilització perfectament [56]. Avui la millor estimació pot ser que, si no hi ha una acció concertada i ràpida, el món ja pot comptar amb un augment de 2,4 °C en la temperatura mitjana global [57]. Això és bastant més que els 2 °C estimats fa una dècada per científics experts en clima com a marge «segur», tot i que avui alguns analistes ho consideren massa perillós [58, 59], cosa que és versemblant atesos els efectes que ja constatem abans d'arribar a un grau d'augment. A més, hi ha elements que fan pensar que els models actuals subestimen un futur augment de temperatura per tal com sobrevaloren el paper del creixement de la vegetació com a dipòsit de carboni [60] i infravaloren les realimentacions positives [61].

Hi ha molts factors de complexitat que dificulten l'estimació de les amenaces concretes de l'alteració climàtica antropogènica, que van des de les morts per calor i

la propagació de malalties tropicals a l'augment del nivell del mar, pèrdua de collites i tempestes violentes. Una clau per a evitar un col·lapse global, i doncs una qüestió que demana un gran esforç i precaució, és evitar fams massives relacionades amb la variable climàtica. El nostre sistema agrícola va evolucionar en un període geològic de clima relativament constant i benigne i estava en sintonia amb les condicions del segle XX. Només això ja és motiu de força preocupació per tal com els diferents climes del planeta canvien ràpidament cap a règims nous, menys predictibles. És essencial alentir aquest procés. Això significa transformar dràsticament gran part de la infraestructura actual d'ús de l'energia [62] i canviar la conducta humana per fer el sistema energètic molt més eficient. Això és possible; de fet, s'han proposat plans viables per a assolir-ho [63, 64] i s'han aconseguit alguns avenços. El repte principal, evidentment, és reduir a menys de la meitat l'ús global de combustibles fòssils l'any 2050 per tal d'evitar els pitjors impactes del canvi climàtic, un repte que la darrera edició de l'informe «Perspectives de l'Energia al Món» (*World Energy Outlook*), de l'Agència Internacional de l'Energia, presenta com el més urgent i difícil [65]. Això posa en relleu un altre dilema: ara com ara, els combustibles fòssils són essencials per a l'agricultura perquè s'empren en la fabricació de fertilitzants i pesticides, per fer rutllar la maquinària agrícola, en el reg (sovint amb malbaratament), la cria de bestiar, l'assecat de collites i l'emmagatzematge, transport i distribució d'aliments. Per tant, l'eliminació ha de preveure una substitució, si més no parcial, per combustibles no fòssils en aquestes funcions, i ha de fer-se sense augmentar massa els preus dels aliments.

Tanmateix, resulta molt problemàtic, econòmicament i política, fer passos essencials, com són les reduccions de les emissions globals, que arribaran al nivell màxim el 2020 fins a la meitat dels nivells actuals devers el 2050 [66]. Les companyies dedicades a l'extracció de combustibles fòssils haurien d'abandonar la major part de les seues reserves ja identificades sota terra, la qual cosa vol dir que destruirien gran part del valor econòmic de la indústria [67]. Atès que l'ètica d'alguns negocis no descarta el fet de continuar conscientment amb activitats letals però rendibles [68], no és sorprenent que els grans interessos financers en el consum de combustibles fòssils hagen posat en marxa als EUA una campanya de desinformació d'enormes dimensions, i sens dubte reeixida, per confondre la gent sobre l'alteració del clima [69, 70] i bloquejar els intents d'aturar-la [71].

Un tema recurrent en les anàlisis sobre el problema de l'alimentació és la necessitat d'escurçar les gran «diferències de rendiments» [72-74]. Això significa incrementar els rendiments en sistemes menys productius que els típics de l'agricultura industrial. Però les condicions climàtiques poden canviar prou, de manera que aquestes grans collites industrials ja no s'aconseguirien [45]. Per tant, la reducció de les possibilitats d'un col·lapse demana posar molt més d'esforç en la recerca genètica i ecològica relacionada amb l'agricultura [75] i l'adopció de tècniques respectuoses amb el medi ambient, que ja són conegudes, encara que puguen requerir baratar beneficis empresarials immediats per beneficis socials o sostenibilitat a llarg termini [3].

Racionalitzar la mobilització de l'energia només pot no ser suficient per a mantenir la producció agrícola, i molt menys per permetre'n una gran expansió. La infraes-

tructura de gestió de l'aigua per a consum humà haurà de ser redissenada quant a la flexibilitat per a portar aigua als cultius en un entorn de pautes de precipitació en canvi constant [51]. Això és fonamental perquè, encara que avui només al voltant del 15% del sòl agrícola és de regadiu, proporciona aproximadament un 40% de les collites de cereals. Sembla probable que les zones agropecuàries que ara s'abasteixen amb aigua de pluja podrien necessitar irrigació algun dia, mentre que el reg podria esdevenir superflu en altres llocs, i tots dos casos podrien alternar més o menys contínuament. Per aquesta i moltes altres raons, el sistema alimentari mundial haurà de d'assolir ràpidament una flexibilitat sense precedents, que fins ara ni tan sols s'havia imaginat.

Un factor que fa més greus els reptes és la important participació en el sistema mundial de nacions de gran dimensió amb poblacions que no havien gaudit de l'abundància d'energia fòssil que va dur els països occidentals i el Japó a una posició de riquesa i benestar. Ara aquests països volen emular l'«èxit» energètic d'Occident, i a una escala encara més gran. L'Índia només, que recentment ha patit una apagada enorme que ha afectat 300 milions de persones, té projectades 455 noves centrals tèrmiques de carbó. Arreu del món, estan projectades més de 1.200 centrals amb un total de capacitat instal·lada de 1,4 milions de megawatts [76], la majoria a la Xina, on s'espera que es dispararà la demanda de subministrament elèctric. El consegüent augment de gasos d'efecte hivernacle interactuarà amb l'efecte de la utilització cada vegada major de gra per al bestiar, estimulada pel desig de més carn en la dieta dels indis, els xinesos i altres pobles en un context de creixement de la classe mitjana arreu del món.

4. ALTRES PROBLEMES, A MÉS DEL SUBMINISTRAMENT D'ALIMENTS

Una altra possible amenaça per a la continuïtat de la civilització és la contaminació tòxica global. Els símptomes negatius de l'exposició a productes químics sintètics neugitegen cada vegada més alguns científics quant als efectes sobre la població humana [77-79]. Tanmateix, si es materialitzara una amenaça global, no hi ha respostes preparades per fer-hi front (anàlogues als projectes de «geoenginyeria» ecològicament i políticament arriscats que es proposen sovint per a pal·liar l'alteració del clima [80]).

El mateix es pot dir quant a la variable epidemiològica i la possibilitat d'epidèmies, reforçada pel fort creixement demogràfic de societats amb immunitat baixa, un major contacte amb animals que poden ser portadors, l'acceleració dels transports i el mal ús dels antibiòtics [81]. El premi Nobel Joshua Lederberg, molt preocupat pel problema de les epidèmies, va dir la famosa frase: «la supervivència de l'espècie humana no és un programa evolutiu preestablert» [82, p. 40]. Algunes de les mesures de precaució que cal tenir en compte són, per exemple, prohibir l'ús d'antibiòtics com a estimuladors del creixement del bestiar, crear estocs d'emergència de vacunes i medicaments essencials (com el Tamiflu), millorar el control de malalties, posar a punt instal·lacions mèdiques d'emergència que es podrien activar si cal, preparar les institucions per a decretar quarantenes i, per descomptat, moure's tan ràpidament com siga possible per reduir, de manera humana, la població humana. És cada vegada més clar que la seguretat té moltes dimensions més enllà de la seguretat militar [83, 84] i que les ruptures de la

seguretat ambiental podrien posar en risc la continuïtat de la civilització mundial.

Però molta de la incertesa sobre la capacitat humana per a evitar un col·lapse té encara a veure amb la seguretat militar, especialment en la mesura que alguns conflictes de la humanitat podrien donar lloc a una guerra nuclear. Hi ha investigacions recents que indiquen que un conflicte nuclear fins i tot a escala regional, que és molt possible entre l'Índia i el Pakistan, podria conduir a un col·lapse global per les conseqüències climàtiques generalitzades que pot implicar [32]. Detonants de conflicte més enllà de les bregues polítiques i religioses, podrien ser, fàcilment, la difusió d'epidèmies a l'altra banda d'una frontera, la pruija d'apoderar-se d'aliments i terres de cultiu, i la pugna per altres recursos, especialment aigua per a usos agrícoles i (si el món no entra en raó pel que fa a l'energia) petroli. En els projectes de futur de la civilització hi han de guanyar importància els procediments per a eliminar l'armament nuclear i altres eines de destrucció massiva [85], perquè la guerra nuclear seria el camí més ràpid i segur a l'extinció [86].

En la consideració de la probabilitat d'un col·lapse, cal tenir en compte sens dubte els trastorns socials associats als diferents tràngols a què s'enfronta la humanitat. Potser als primers llocs de la llista, caldria situar els refugiats ambientals [87]. Les prediccions recents indiquen que podrien ser-ne 50 milions l'any 2020 [88]. Les sequeres, les inundacions, les fams i les epidèmies agudes podrien engrossir en gran mesura aquesta xifra. Si les prediccions «oficials» actuals quant a la pujada del nivell del mar són baixes (com molts creuen), les inundacions costaneres per si soles podrien generar moviments humans massius. Un

augment d'1 metre afectaria directament uns 100 milions de persones, mentre que uns 6 metres de pujada desplaçaria més de 400 milions [89]. Un sistema de governança internacional més desenvolupat, amb institucions que planifiquen per pal·liar els impactes d'aquestes catàstrofes, seria un mitjà important per minvar la perspectiva sinistra d'un col·lapse.

5. EL PAPER DE LA CIÈNCIA

La comunitat científica en el passat ha advertit la humanitat en repetides ocasions del perill que corre [90-102], i les advertències anteriors [93, 103-107] sobre els riscos de l'expansió demogràfica i els «límits del creixement» s'han demostrat com més va més encertades [108-111] (però vegeu també Hayes [17]). Les advertències continuen [109, 112-119]. Tanmateix, molts científics encara tendeixen a tractar el creixement de la població com una variable exògena, quan s'hauria de considerar endògena i, de fet, un factor central [120]. Molts estudis que es pregunten «com podem alimentar 9.600 milions de persones el 2050?» també s'haurien de preguntar «com podem controlar de manera humana les taxes de natalitat per a reduir aquesta xifra a 8.600?». Per a nosaltres, el remei clau —la reducció de l'escala de la comensal humana (incloent-hi la població) per mantenir el consum agregat dins dels límits de la capacitat de càrrega de la Terra [121]— és evident, però tot sovint és negligit o negat. Hi ha grans barreres socials i psicològiques en cultures obsedides amb el creixement, fins i tot a plantejar-se aquesta necessitat. Hi influeix sens dubte el que en podríem dir l'Enfosquiment: un moviment que creix ràpidament cap a ortodòxies

religioses que rebutgen els valors de la Il·lustració com la llibertat de pensament, la democràcia, la separació de l'església i l'estat o la convicció que cal sustentar creences i accions en l'evidència empírica. Es manifesta en tendències perilloses, com la negació del canvi climàtic, la no-actuació respecte a la pèrdua de la biodiversitat i l'oposició als preservatius (per al control de la sida) i altres formes de prevenció d'embarassos [122]. Mai hi ha hagut tanta necessitat d'estratègies de reducció de riscos basades en l'evidència (i no en la fe [123]), com ara.

Què més poden fer els científics per reduir l'eventualitat d'un col·lapse? Els científics naturals i socials haurien d'esforçar-se més per trobar la millor manera d'aconseguir la imprescindible reorientació de les infraestructures energètiques i d'ús de l'aigua. Haurien de desenvolupar procediments millors d'avaluació i regulació de l'ús de productes químics sintètics, un problema que podria minvar una mica si desapareguera la disponibilitat de les fonts de combustibles fòssils (tot i que només al voltant del 5% de la producció de petroli va a parar a la petroquímica). La protecció del que queda de biodiversitat a la Terra (sobretot la importantíssima diversitat de *poblacions* [124, 125]) ha d'ocupar un lloc central tant per als especialistes com per al públic en general, a través d'una informació i formació adequades [126, 127]. Els científics han de cridar l'atenció tothora sobre la necessitat de millorar el perfil epidemiològic humà, i de controlar i finalment eliminar les armes nuclears, químiques i biològiques. Sobretot caldrà fer més esforços per entendre els mecanismes a través dels quals evoluciona la cooperació [128], perquè evitar el col·lapse requerirà extraordinaris nivells de cooperació internacional.

La pregunta és aquesta: ¿és massa tard perquè la comunitat científica mundial es pose d'acord i comence a ocupar-se del nexa entre els dos sistemes complexos adaptatius [129], de manera que pugui promoure les accions necessàries per avançar cap a la sostenibilitat? Certament, hi ha molts esforços a escala reduïda basats en la ciència, sovint locals, que poden ser esperançadors si s'incrementen [121]. Per exemple, hi ha organitzacions no governamentals centrades en el medi ambient i d'altra mena que lluiten contínuament, i sovint amb èxit, per aturar la destrucció d'elements de la biodiversitat (i, doncs, en alguns casos, dels serveis vitals dels ecosistemes [7]). Davant la crisi d'extinció que es va congriant, ells preserven nuclis a partir dels quals es podria acabar regenerant la biota de la Terra i els serveis ecosistèmics de la humanitat. I alguns esforços positius *si que s'estan fent*. Actualment la Xina té al voltant del 25% del territori en àrees de conservació de la funció dels ecosistemes [130], dissenyades per a protegir el capital natural i el benestar humà. El Projecte del Capital Natural [131] està ajudant a millorar la gestió d'aquestes àrees. Això és una bona notícia, però en la nostra opinió massa pocs científics participen en els esforços necessaris. Massa pocs fan el pas de reorientar almenys part de la seua recerca de cara a mitigar el tràngol a què s'enfronta la humanitat i, després, a traslladar els seus resultats i conclusions al front polític.

6. LA NECESSITAT D'UN CANVI SOCIOPOLÍTIC RÀPID

Fins fa molt poc, els nostres avantpassats no tenien cap raó per a respondre genèti-

cament o culturalment a problemes a llarg termini. Si de cas les condicions climàtiques del món canviaven ràpidament en l'època de l'australopitec o fins i tot dels antics romans, ells no n'eren la causa i no podien fer res al respecte. Els ressorts de la selecció genètica i cultural no produïen cervells o institucions capaços de tenir la mirada posada en les generacions futures; no hi hauria hagut pressions de selecció en aquesta direcció. De fet, tot al contrari: probablement, la selecció afavoria mecanismes per a mantenir la percepció d'un context mediambiental constant de manera que els canvis ràpids (per exemple, un lleopard que s'aproxima) resultarien perceptibles [132, pp. 135-136]. Per contra, ara els canvis lents en aquest context són les amenaces més letals. Les societats tenen una llarga història de mobilització d'esforços, realització de sacrificis i canvis, per derrotar un enemic, o fins i tot només per competir amb més èxit amb un rival. Però no hi ha gaires exemples de societats mobilitzades i sacrificant-se per aturar un empitjorament gradual de les condicions, amb l'amenaça d'un veritable desastre per a les generacions futures. En canvi, aquest és exactament el tipus de mobilització que creiem que cal per a evitar un col·lapse.

Potser el repte més gran a l'hora d'evitar el col·lapse és convèncer les persones, especialment els polítics i els economistes, de trencar aquest antic motlle i modificar el seu comportament respecte als vectors bàsics de població-consum que marquen la pauta del deteriorament del medi ambient. Sabem que simplement informant del consens científic sobre un problema seriós, no se sol aconseguir canvis ràpids en el comportament institucional o individual. Això ha quedat demostrat a bastament en el cas

del tabac [68], la contaminació de l'aire i altres problemes ambientals [69] i ara s'està demostrant amb l'epidèmia d'obesitat [133], així com amb el canvi climàtic.

Hi ha paral·lelismes evidents pel que fa a la reproducció i el consum excessiu, que són especialment visibles en el que és pràcticament una addicció cultural al creixement econòmic continuat entre els ja benestants [134]. Hom podria pensar que les matemàtiques de l'interès compost haurien convençut tothom, i fa molt de temps, que el creixement d'una economia industrialitzada al 3,5% anual no pot continuar per sempre. Malauradament, la majoria de les persones amb una certa «formació» participa d'una cultura que no reconeix que, en el món real, una història breu (uns pocs segles) de creixement exponencial no implica un llarg futur d'aquest mateix tipus de creixement.

A més de centrar la seua recerca en les vies per evitar el col·lapse, cal que els científics naturals col·laboren amb els científics socials, especialment aquells que estudien la dinàmica dels moviments socials. Aquesta col·laboració podria promoure un augment significatiu del suport popular a una acció decidida i immediata davant l'emergència. Malauradament, la consciència entre els científics que la humanitat té seriosos problemes no ha anat acompanyada de la consciència popular i la pressió per a contrarestar les influències polítiques i econòmiques implicades en la crisi actual. Sense una pressió significativa de l'opinió pública que demane acció, ens sembla que hi ha poques possibilitats de canviar de rumb prou ràpidament per a evitar el desastre.

Tanmateix, la pressió que cal podria generar-se per un moviment popular basat en el món acadèmic i la societat civil que ajudara a guiar la humanitat cap al desenvolupament d'una nova intel·ligència múltiple

[135], «una intel·ligència previsor» que oferiria anàlisis i planificació a llarg termini que els mercats no poden oferir. La intel·ligència previsor no només podria mirar cap al futur sistemàticament, sinó també orientar canvis culturals cap a resultats desitjables, com ara una resiliència socioeconòmica més gran. Ajudar a desenvolupar un moviment d'aquesta mena i la desitjable intel·ligència previsor constitueix un dels grans reptes que enfronten els científics d'avui, una punta de llança per a la investigació, que ha d'actuar ràpid si volem augmentar les possibilitats d'evitar un col·lapse.

Si quallava la intel·ligència previsor, molts més científics i instàncies de planificació política (i la societat) podrien entendre, per exemple, la incidència de la demografia en la situació actual [136] i deixarien de tractar el creixement de la població com un fet «donat». Llavors, passarien a considerar els beneficis alimentaris, de salut i socials d'aturar, de manera humana, el creixement en un nivell molt per sota dels 9.000 milions per a iniciar tot seguit un descens lent. Aquesta seria una tasca titànica, tenint en compte l'impuls del creixement demogràfic. Titànica però no impossible si es podia generar suficient voluntat política a nivell mundial per donar drets plens, educació i oportunitats a les dones, proporcionar a tots els éssers humans sexualment actius anticonceptius moderns i donar suport a l'avortament. El grau en què aquestes mesures reduirien les taxes de fecunditat és controvertit [137-139], però són un tracte beneficiós per a les societats [140].

Òbviament, hi ha enormes barreres culturals i institucionals per dur a terme aquestes polítiques en determinades zones del món, sobretot en un context d'Enfos-

quiment creixent. Al capdavall, no hi ha cap nació en la qual les dones siguin tractades realment com a iguals als homes. Tot i això, no s'hauria de bandejar de cap manera el vector demogràfic amb la idea que la limitació del consum excessiu, almenys en teoria, pot aconseguir-se més ràpidament. La dificultat de canviar trajectòries demogràfiques dóna a entendre que el problema s'hauria abordar al més aviat possible. És clar que si s'atura el creixement demogràfic hi haurà canvis en la piràmide d'edats, però això no és excusa per a lamentar davallades en les taxes de fecunditat, com és habitual en els cercles governamentals europeus [141]. La reducció de la grandària de la població en les nacions amb un consum excessiu és una tendència molt positiva, i una planificació assenyada pot fer front als problemes de l'envelliment de la població [142].

Si bé per a aturar el col·lapse, resulta essencial el canvi ràpid de polítiques, és igualment necessari un canvi institucional de fons per a mantenir les coses en marxa, i això és especialment cert en el cas dels sistemes educatius, que avui no aconsegueixen informar la majoria de la població de com funciona el món i, doncs, perpetuen una enorme bretxa cultural [54]. El repte acadèmic és especialment gran per als economistes, que podrien ajudar a establir el marc per a evitar el col·lapse dissenyant sistemes econòmics d'estat estacionari [107, 134, 143], i de pas acabar amb faules del tipus «el creixement pot continuar per sempre si és en el sector serveis» o «la innovació tecnològica ens salvarà». Aspectes i qüestions com la importància de l'avantatge comparatiu en les condicions globals d'avui [144], el desenvolupament de nous models per tal de reflectir millor el comportament irracional d'individus i grups [145], la fi

del culte als mercats «lliures» que infesta la disciplina, i tasques com ara una informació més simètrica, moure's cap a la sostenibilitat i la millora de l'equitat (incloent-hi la *redistribució*), tot això s'ha de plantejar i revisar. En aquesta revisió, se seguirien els passos d'alguns distingits economistes [146-148] que han tractat amb el món real de les limitacions biofísiques i el benestar humà.

A escala global, i per a lluitar amb els destrets en què es troba la humanitat a hores d'ara, és del tot inadequada la xarxa informal d'acords que lliga els diferents països [149, 150], una xarxa que es va desenvolupar en una etapa relativament recent de l'evolució cultural, d'ençà que van sorgir els estats-nació. Enfortir la governança mediambiental global [151] i abordar el problema relacionat del fracàs dels estats [152] són tasques que fins ara la humanitat s'ha negat a abordar de manera global, tot just quan l'evolució cultural en el camp de la tecnologia ha fet obsolet l'actual sistema internacional (igual com els sistemes educatius). Només es poden resoldre els seriosos problemes mediambientals d'abast global i, per consegüent, evitar un col·lapse, si s'assoleix un nivell de cooperació internacional sense precedents [122]. Independentment de l'opinió de cadascú sobre la longevitat potencial de la civilització, ha arribat el moment d'encetar la reestructuració del sistema internacional. Si no ho fem els humans, la natura reestructurarà la civilització per nosaltres.

Igualment, cal un canvi cultural de base àmplia per a reduir de forma humana la grandària de la població i el consum excessiu dels rics. Totes dues coses van en contra de les normes culturals i, com s'havia temut d'ençà de molt de temps [153], el consum excessiu ha passat —i es pot entendre— a ser habitual en sectors de la població cada

vegada més rics de les nacions en desenvolupament, especialment l'Índia i la Xina. És possible sentir emoció pel nombre de persones que han sortit de la pobresa i, alhora, sentir aprensió pels enormes costos ambientals i socials, possiblement letals, que se'n podrien derivar [154, 155]. La Revolució Industrial va posar la civilització en el camí cap al col·lapse, estimulant el creixement demogràfic, que ha contribuït un poc més que el consum excessiu a la degradació ambiental [136]. Ara la població, juntament amb l'explosió de l'opulència, pot reblar el clau.

No cal dir que escometre les desigualtats econòmiques i relacionades amb la raça tindrà una importància cabdal de cara a aconseguir que un gran nombre de persones de grups culturalment diversos [156] orienten el seu esforç a lluitar amb el tràngol humà actual. La globalització podria ajudar en aquesta comesa [157]. La naixent Aliança del Mil·lenni per a la Humanitat i la Biosfera (MAHB; <http://mahb.stanford.edu>), es proposa dur a terme aquestes tasques, alhora que promourà també la «intel·ligència previsible». Un dels seus objectius centrals és tractar d'accelerar el canvi cap a la sostenibilitat, per a la qual cosa no serà suficient donar a conèixer els fets científics al públic, sinó que caldrà, entre altres coses, trobar marcs i argumentacions per a convèncer l'opinió pública de la necessitat de fer canvis.

Bé sabem que les societats poden evolucionar de manera radical i inesperada [158, p. 334], com va demostrar dràsticament el col·lapse dels règims comunistes a Europa el 1989 [159]. En comptes de proposar solucions temporals i fer gestos superficials o buits cap a un o un altre dels problemes interdependents que tenim, necessitem un enfocament fort i integral. Per exemple, per

a abordar el canvi climàtic, les nacions en desenvolupament han d'estar convençudes que (juntament amb la resta del món) no es poden permetre el luxe (i no els cal) de retardar l'acció mentre «escurcen distàncies» en termes de desenvolupament. De fet, el desenvolupament segons el vell model és contraproduent; tenen una gran oportunitat de ser capdavanters en nous enfocaments i tecnologies. Totes les nacions han de deixar d'esperar que altres actuen i estar disposades a fer tot el possible per mitigar les emissions i accelerar la transició energètica, independentment del que facen els altres.

Pel que fa al clima i molts altres problemes ambientals mundials, es poden trobar més fàcilment solucions policèntriques que no globals. Els sistemes complexos, multinivell, poden ser més aptes per a fer front a problemes complexos, multinivell [160], i cal un canvi institucional en molts nivells en molts sistemes polítics. El que els científics saben quant a l'evolució cultural sembla indicar que, encara que és improbable, pot ser possible moure les cultures en aquestes direccions [161, 162]. Tant si les solucions són globals com si són policèntriques, caldran negociacions internacionals, caldrà enfortir els organismes internacionals ja existents que se n'ocupen i caldrà crear noves institucions.

7. CONCLUSIONS

Creiem que la societat global pot evitar un col·lapse en aquest segle? La resposta és sí, perquè la societat moderna ha demostrat una certa capacitat per a fer front a les amenaces a llarg termini, almenys si són paleses o es posen en relleu de manera continuada (penseu en els riscos de conflicte nuclear). La humanitat té els mitjans per a aconseguir

fer la feina, però les probabilitats d'evitar el col·lapse semblen escasses perquè els riscos no són del tot evidents per a la majoria de la gent i els signes clàssics d'un col·lapse imminent, sobretot la reducció del rendiment o els guanys de la complexitat [28], són pertot arreu. Una barrera psicològica central per a escometre una acció dràstica és la distribució dels costos i beneficis al llarg del temps: els costos són ben presents; els avantatges resultants, en canvi, es veuen en gran part destinats a persones desconegudes del futur. Ara bé, tant si tenim raó nosaltres o els observadors més optimistes [171, 63], els nostres valors ètics ens obliguen a pensar que val la pena lluitar en benefici d'aquestes generacions futures, per augmentar si més no una mica la possibilitat d'evitar una dissolució de la civilització global tal com l'hem coneguda. □

Traducció de Maria Josep Cuenca

AGRAÏMENTS

Hem d'expressar el nostre agraïment especial a Joan Diamond, directora executiva del MAHB, per les seues idees sobre la intel·ligència previsorà i a l'Institut Beijer d'Economia Ecològica per dues dècades de discussions provocadores sobre els temes a què ens referim en aquest article. L'article s'ha enriquit amb els comentaris de Ken Arrow, Scott Barrett, Andy Beattie, Dan Blumstein, Corey Bradshaw, Greg Bratman, Paul Brest, Jim Brown, Bob Brulle, Gretchen Daily, Lisa Daniel, Timothy Daniel, Partha Dasgupta, Nadia Diamond-Smith, Tom Dietz, Anantha Duraiappah, Riley Dunlap, Walter Falcon, Marc Feldman, Rachel Gould, Larry Goulder, John Harte, Mel Harte, Ursula Heise, Tad Homer-Dixon, Bob Horn, Danny Karp,

Don Kennedy, Michael Klare, Simon Levin, Jack Liu, David Lobell, Doug McAdam, Chase Mendenhall, Hal Mooney, Fathali Moghadam, Dennis Pirages, Graham Pyke, Gene Rosa, Lee Ross, Jose Sarukhan, Kirk Smith, Sarah Soule, Chris Turnbull i Wren Wirth. Dos dels millors i més conscienciosos revisors anònims amb què ens hem trobat mai ens han ajudat a millorar el manuscrit. Aquest treball ha tingut el suport de Peter i Helen Bing i de la Fundació Mertz Gilmore.

REFERÈNCIES

- [1] J. Diamond (2005): *Collapse: how societies choose to fail or succeed*. Nova York, NY: Viking.
- [2] I. Morris (2011): *Why the west rules for now: the patterns of history, and what they reveal about the future*. Nova York, NY: Picador.
- [3] D. R. Montgomery (2012): *Dirt: the erosion of civilizations*. Berkeley, CA: University of California Press.
- [4] J. Brown (2012): «Mankind must go green or die, says Prince Charles», *The Independent* (Londres). Vegeu <http://ind.pn/R5WZgl> (consulta: 23 de novembre de 2012).
- [5] I. Sample (2009): «World faces 'perfect storm' of problems by 2030, chief scientist to warn», *The Guardian*. Vegeu <http://www.guardian.co.uk/science/2009/mar/18/perfect-storm-john-beddingtonenergy-food-climate>.
- [6] M. T. Klare (2012): *The race for what's left: the global scramble for the world's last resources*. Nova York, NY: Metropolitan Books.
- [7] R. Heinberg (2007): *Peak everything: waking up to the century of declines*. Gabriola Island, BC: New Society Publishers.
- [8] T. T. Gleeson, Y. Y. Wada, M. F. P. Bierkens, L. P. H. van Beek (2012): «Water balance of global aquifers revealed

- by groundwater footprint», *Nature* 488, 197-200. (doi: 10.1038/nature11295)
- [9] M. T. Klare (2001): *Resource wars: the new landscape of global conflict*. Nova York, NY: Henry Holt.
- [10] P. R. Ehrlich, A. H. Ehrlich (2012): «Solving the human predicament», *Int. J. Environ. Stud.* 69, 557-565. (doi: 10.1080/00207233.2012.693281)
- [11] P. R. Ehrlich, J. Holdren (1971): «Impact of population growth», *Science* 171, 1212-1217. (doi: 10.1126/science.171.3977.1212)
- [12] J. P. Holdren, P. R. Ehrlich (1974): «Human population and the global environment», *Am. Sci.* 62, 282-292.
- [13] T. Dietz, E. Rosa (1994): «Rethinking the environmental impacts of population, affluence and technology», *Hum. Ecol. Rev.* 1, 277-300.
- [14] E. A. Rosa, R. York, T. Dietz (2004): «Tracking the anthropogenic drivers of ecological impacts», *Ambio* 333, 509-512.
- [15] T. Dietz, E. A. Rosa, R. York (2010): «Human driving forces of global change: dominant perspectives», en E. A. Rosa, A. Diekmann, T. Dietz, C. C. Jaeger (eds.), *Human footprints on the global environment: threats to sustainability*, 83-134. Cambridge, MA: MIT Press.
- [16] B. Alcott (2010): «Impact caps: why population, affluence and technology strategies should be abandoned», *J. Cleaner Prod.* 18, 552-560. (doi: 10.1016/j.jclepro.2009.08.001)
- [17] B. Hayes (2012): «Computation and the human predicament», *Am. Sci.* 100, 186-191. (doi: 10.1511/2012.96.186)
- [18] M. Wackernagel, W. Rees (1996): *Our ecological footprint: reducing human impact on the Earth*. Gabriola Island, BC: New Society Publishers.
- [19] Global Footprint Network (2012): *World footprint: do we fit the planet*. Vegeu http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/world_footprint/.
- [20] W. E. Rees (2013): «Ecological footprint, concept of», en S. Levin (ed.), *Encyclopedia of biodiversity*, 2a ed. San Diego, CA: Academic Press.
- [21] J. Harte (2007): «Human population as a dynamic factor in environmental degradation», *Popul. Environ.* 28, 223-236. (doi: 10.1007/s11111-007-0048-3)
- [22] J. Liu, G. Daily, P. R. Ehrlich, G. Luck (2003): «Effects of household dynamics on resource consumption and biodiversity», *Nature* 421, 530-533. (doi: 10.1038/nature01359)
- [23] E. Yu, J. Liu (2007): «Environmental impacts of divorce», *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 104, 20 629-20 634. (doi: 10.1073/pnas.0707267104)
- [24] L. Rosner (2004): *The technological fix: how people use technology to create and solve problems*. Nova York, NY: Routledge.
- [25] M. Huesemann, J. Huesemann (2012): *Techno-fix: why technology won't save us or the environment*. Gabriola Island, BC: New Society Publishers.
- [26] J. H. Brown *et al.* (2011): «Energetic limits to economic growth», *BioScience* 61, 19-26. (doi: 10.1525/bio.2011.61.1.7)
- [27] J. Liu *et al.* (2007): «Complexity of coupled human and natural systems», *Science* 317, 1513-1516. (doi: 10.1126/science.1144004)
- [28] J. A. Tainter (1988): *The collapse of complex societies*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [29] P. A. McAnany, N. Yoffee (2010): *Questioning collapse: human resilience, ecological vulnerability, and the aftermath of empire*. Nova York, NY: Cambridge University Press.
- [30] J. Tainter (2006): «Archaeology of overshoot and collapse», *Ann. Rev. Anthropol.* 35, 9-74. (doi: 10.1146/annurev.anthro.35.081705.123136)
- [31] K. W. Butzer, G. H. Endfield (2012): «Critical perspectives on historical collapse», *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 109, 3628-3631. (doi: 10.1073/pnas.1114772109)
- [32] O. Toon, A. Robock, R. P. Turco, C. Bardeen, L. Oman, G. Stenchikov (2007): «Consequences of regional-scale nuclear conflicts», *Science* 315, 1224-1225. (doi: 10.1126/science.1137747)
- [33] W. Paddock, P. Paddock (1967): *Famine: 1975!* Boston, MA: Little Brown & Co.
- [34] L. R. Brown (1968): *Seeds of change: the green revolution and development in the 1970s*. Nova York, NY: Frederick A. Praeger.
- [35] J. Bardach (1968): *Harvest of the sea*. Nova York, NY: Harper and Row.
- [36] G. Borgstrom (1969): *Too many*. Toronto: Collier-Macmillan.
- [37] O. Frankel, W. K. Agble, J. B. Harlan (1969): «Genetic dangers in the green revolution», *Areas* (FAO) 2, 35-37.
- [38] N. W. Pirie (1969): *Food resources, conventional and novel*. Baltimore, MD: Penguin.
- [39] J. H. Ryther (1969): «Photosynthesis and fish production in the sea», *Science* 166, 72-76. (doi: 10.1126/science.166.3901.72)
- [40] G. C. Daily, P. R. Ehrlich (1990): «An exploratory model of the impact of rapid climate change on the world food situation», *Proc. R. Soc. Lond. B* 241, 232-244. (doi: 10.1098/rspb.1990.0091)
- [41] Food and Agriculture Organization (FAO) (2009): *How to feed the world in 2050*. Vegeu http://www.fao.org/fileadmin/templates/wfsf/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf. Roma.
- [42] A. M. Weinberg (1969): «Nuclear energy and the agro-industrial complex», *Nature* 222, 17-21. (doi: 10.1038/222017a0)

- [43] P. R. Ehrlich, A. H. Ehrlich (1970): *Population, resources, environment: issues in human ecology*. San Francisco, CA: W. H. Freeman and Co.
- [44] R. York, M. H. Gossard (2004): «Cross-national meat and fish consumption: exploring the effects of modernization and ecological context», *Ecol. Econ.* 48, 293-302. (doi: 10.1016/j.ecolecon.2003.10.009)
- [45] D. B. Lobell, W. Schlenker, J. Costa-Roberts (2011): «Climate trends and global crop production since 1980», *Science* 333, 616-620. (doi: 10.1126/science.1204531)
- [46] D. B. Lobell, S. M. Gourdjji (2012): «The influence of climate change on global crop productivity», *Plant Physiol.* 160, 1686-1697.
- [47] D. B. Lobell, C. B. Field (2007): «Global scale climate-crop yield relationships and the impacts of recent warming», *Environ. Res. Lett.* 2, 014002. (doi: 10.1088/1748-9326/2/1/014002)
- [48] J. Hansen *et al.* (2012): *Scientific case for avoiding dangerous climate change to protect young people and nature*. Vegeu http://pubs.giss.nasa.gov/docs/notyet/submitted_Hansen_etal.pdf.
- [49] D. Rowland (2012): «World fish stocks declining faster than feared», *Financial Times*. Vegeu <http://www.ft.com/cms/s/2/73d14032-088e-11e2-b37e-00144feabd0.html#axzz28KxPEqPr>.
- [50] M. D. Lemonick (2012): «Ocean acidification threatens food security, report», *Climate Central*. Vegeu <http://www.climatecentral.org/news/ocean-acidification-threatens-food-security-in-developing-world-studyfinds-15036>.
- [51] S. Solomon, G.-K. Plattner, R. Knutti, P. Friedlingstein (2009): «Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions», *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 106, 1704-1709. (doi: 10.1073/pnas.0812721106)
- [52] Md. Golam Mahabub Sarwar (2005): *Impacts of sea level rise on the coastal zone of Bangladesh*. Vegeu http://static.weadapt.org/placemarks/files/225/golam_sarwar.pdf.
- [53] K. Seto, B. Güneralp, L. R. Hutyra (2012): «Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools», *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 109, 16 083-16 088. (doi: 10.1073/pnas.1211658109)
- [54] P. R. Ehrlich, A. H. Ehrlich (2010): «The culture gap and its needed closures», *Int. J. Environ. Stud.* 67, 481-492. (doi: 10.1080/00207233.2010.510825)
- [55] R. Carson (1962): *Silent spring*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- [56] World Bank (2012): *Turn down the heat: why a 48C warmer world must be avoided*. Washington DC: World Bank.
- [57] H. J. Schellnhuber (2008): «Global warming: stop worrying, start panicking», *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 105, 14 239- 14 240. (doi: 10.1073/pnas.08073 31105)
- [58] K. Anderson, A. Bows (2011): «Beyond 'dangerous' climate change: emission: scenarios for a new world», *Phil. Trans. R. Soc. A* 369, 20-44. (doi: 10.1098/rsta.2010.0290)
- [59] M. Fischetti (2011): «28 global warming limit called a 'prescription for disaster'», *Sci. Am.* Vegeu <http://blogs.scientificamerican.com/observations/2011/12/06/two-degree-global-warming-limit-is-called-a-prescription-for-disaster/>.
- [60] P. B. Reich, S. E. Hobbie (2012): «Decade-long soil nitrogen constraint on the CO₂ fertilization of plant biomass», *Nat. Clim. Change*. (doi: 10.1038/nclimate1694)
- [61] M. S. Torn, J. Harte (2006): «Missing feedbacks, asymmetric uncertainties, and the underestimation of future warming», *Geophys. Res. Lett.* 33, L10703. (doi: 10.1029/2005GL025540)
- [62] S. Alexander (2012): «Degrowth, expensive oil, and the new economics of energy», *Real-world Econ. Rev.* 61, 40-51. Vegeu <http://www.energybulletin.net/stories/2012-08-07/degrowth-expensive-oil-and-neweconomics-energy>.
- [63] A. Makhijani (2007): *Carbon-free and nuclear-free; a roadmap for US energy policy*. Takoma Park, MD: IEER Press.
- [64] J. Harte, M. E. Harte (2008): *Cool the earth, save the economy: solving the climate crisis is easy*. Vegeu <http://cooltheearth.us>.
- [65] M. Klare (2012): «World energy report 2012: the good, the bad, and the really, truly ugly», *Truthout*. Vegeu <http://bit.ly/TrCGWA>.
- [66] M. E. Mann (2009): «Defining dangerous anthropogenic interference», *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 106, 4065-4066. (doi: 10.1073/pnas.0901303106)
- [67] B. McKibben (2012): «Global warming's terrifying new math», *Rolling Stone*. Vegeu <http://www.rollingstone.com/politics/news/global-warmings-terrifying-newmath-20120719> 1-11.
- [68] R. N. Proctor (2011): *Golden holocaust: origins of the cigarette catastrophe and the case for abolition*. Berkeley, CA: University of California Press.
- [69] N. Oreskes, E. M. Conway (2010): *Merchants of doubt: how a handful of scientists obscured the truth on issues from tobacco smoke to global warming*. Nova York, NY: Bloomsbury Press.
- [70] N. Klein (2011): «Capitalism versus the climate», *Nation* 293, 11-21.
- [71] J. Eilperin (2012): «Climate skeptic group works to reverse renewable energy mandates», *Washington*

- Post. Vegeu <http://wapo.st/UToe9b> (consulta: 24 de novembre de 2012).
- [72] H. C. J. Godfray *et al.* (2010): «Food security: the challenge of feeding 9 billion people», *Science* 327, 812-818. (doi: 10.1126/science.1185383)
- [73] J. A. Foley *et al.* (2011): «Solutions for a cultivated planet», *Nature* 478, 332-342. (doi: 10.1038/nature10452)
- [74] J. A. Foley (2011): «Can we feed the world and sustain the planet? A five-step global plan could double food production by 2050 while greatly reducing environmental damage», *Sci. Am.* 305, 60-65. (doi: 10.1038/scientificamerican1111-60)
- [75] L. H. Ziska *et al.* (2012): «Food security and climate change: on the potential to adapt global crop production by active selection to rising atmospheric carbon dioxide», *Proc. R. Soc. B* 279, 4097-4105. (doi: 10.1098/rspb.2012.1005)
- [76] L. Friedman (2012): «India has big plans for burning coal», *Sci. Am.* Vegeu <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=india-has-big-plans-forburning-coal> (consulta: 17 de setembre de 2012).
- [77] T. Colborn, D. Dumanoski, J. P. Myers (1996): *Our stolen future*. Nova York, NY: Dutton.
- [78] P. Myers, W. Hessler (2007): «Does 'the dose make the poison'? Extensive results challenge a core assumption in toxicology», *Environ. Health News*. Vegeu <http://www.environmentalhealthnews.org/science-background/2007/2007-0415nmdrc.html>.
- [79] L. N. Vandenberg *et al.* (2012): «Hormones and endocrine-disrupting chemicals: low-dose effects and nonmonotonic dose responses», *Endocr. Rev.* 33, 378-455. (doi: 10.1210/er.2011-1050)
- [80] S. Battersby (2012): «Cool it», *New Sci.* 2883, 31-35.
- [81] G. C. Daily, P. R. Ehrlich (1996): «Impacts of development and global change on the epidemiological environment», *Environ. Dev. Econ.* 1, 309-344. (doi: 10.1017/S1355770X00000656)
- [82] P. Wald (2008): *Contagious: cultures, carriers, and the outbreak narrative*. Durham, NC: Duke University Press.
- [83] D. C. Pirages, T. M. DeGeest (2003): *Ecological security: an evolutionary perspective on globalization*. Lanham, MD: Rowman & Littlefield.
- [84] P. R. Ehrlich (1991): «Population growth and environmental security», *Georgia Rev.* 45, 223-232.
- [85] G. P. Shultz, W. J. Perry, H. A. Kissinger, S. Nunn (2011): «Deterrence in the age of nuclear proliferation: the doctrine of mutual assured destruction is obsolete in the post-Cold War era», *Wall Street J.* Vegeu [http:// on.wsj.com/FLYQco](http://on.wsj.com/FLYQco).
- [86] P. R. Ehrlich *et al.* (1983): «Long-term biological consequences of nuclear war», *Science* 222, 1293-1300. (doi: 10.1126/science.6658451)
- [87] N. Myers (1993): «Environmental refugees in a globally warmed world», *BioScience* 43, 752-761. (doi: 10.2307/1312319)
- [88] J. Zelman (2011): «50 million environmental refugees by 2020, experts predict», *Huff Post Green*. Vegeu http://www.huffingtonpost.com/2011/02/22/environmental-refugees-50_n_826488.html (consulta: 22 de febrer de 2012).
- [89] R. J. Rowley (2007): «Risk of rising sea level to population and land area», *EOS* 88, 105-116. (doi: 10.1029/2007EO090001)
- [90] F. Osborne (1948): *Our plundered planet*. Boston, MA: Little, Brown and Company.
- [91] W. Vogt (1948): *Road to survival*. Nova York, NY: William Sloan.
- [92] H. Brown (1954): *The challenge of man's future: an inquiry concerning the condition of man during the years that lie ahead*. Nova York, NY: Viking.
- [93] G. Borgstrom (1965): *The hungry planet*. Nova York, NY: Macmillan.
- [94] P. Cloud (1968): «Realities of mineral distribution», *Texas Q.* 11, 103-126.
- [95] N. Georgescu-Roegen (1974): *The entropy law and the economic process*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- [96] N. Myers (1979) *The sinking ark*. Nova York, NY: Pergamon Press.
- [97] R. E. Dunlap, W. R. Catton (1979): «Environmental sociology», *Annu. Rev. Sociol.* 5, 243-273. (doi: 10.1146/annurev.so.05.080179.001331)
- [98] P. R. Ehrlich, A. H. Ehrlich (1981): *Extinction: the causes and consequences of the disappearance of species*. Nova York, NY: Random House.
- [99] Union of Concerned Scientists (1993): *World scientists' warning to humanity*. Cambridge, MA: Union of Concerned Scientists.
- [100] National Academy of Sciences USA (1993): «A joint statement by fifty-eight of the world's scientific academies», en *Population summit of the world's scientific academies*. Nova Delhi: National Academy Press.
- [101] T. Homer-Dixon (1994): «Environmental scarcities and violent conflict: evidence from cases», *Int. Security* 19, 5-40. (doi: 10.2307/2539147)
- [102] T. E. Lovejoy (1994): «The quantification of biodiversity: an esoteric quest or a vital component of sustainable development?», *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 345, 81-87. (doi: 10.1098/rstb.1994.0089)
- [103] P. R. Ehrlich (1968): *The population bomb*. Nova York, NY: Ballantine Books.

- [104] K. E. Boulding (1966): «The economics of the coming spaceship earth», en *Environmental quality in a growing economy* (ed. H Jarrett), pp. 3-14. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
- [105] H. E. Daly (1968): «On economics as a life science», *J. Polit. Econ.* 76, 392-406. (doi: 10.1086/259412)
- [106] D. H. Meadows, D. L. Meadows, J. Randers, W. W. Behrens III (1972): *The limits to growth*. Washington, DC: Universe Books.
- [107] H. E. Daly (1973): *Toward a steady-state economy*. San Francisco, CA: W.H. Freeman and Co.
- [108] C. A. S. Hall, J. W. Day Jr. (2009): «Revisiting the limits to growth after peak oil», *Am. Sci.* 97, 230-237. (doi: 10.1511/2009.78.230)
- [109] C. A. S. Hall, R. Powers, W. Schoenberg (2008): «Peak oil, EROI, investments and the economy in an uncertain future», en D. Pimentel (ed.), *Biofuels, solar and wind as renewable energy systems*, pp. 109-132. Berlín: Springer.
- [110] K. Kiel, V. Matheson, K. Golembiewski (2010): «Luck or skill? An examination of the Ehrlich-Simon bet», *Ecol. Econ.* 69, 1365-1367. (doi: 10.1016/j.ecolecon.2010.03.007)
- [111] P. R. Ehrlich, A. H. Ehrlich (2009): «The population bomb revisited», *Electron. J. Sustainable Dev.* 1, 63-71.
- [112] Millennium Ecosystem Assessment (2005): *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Washington, DC: Island Press.
- [113] T. Homer-Dixon (2006): *The upside of down: catastrophe, creativity, and the renewal of civilization*. Washington, DC: Island Press.
- [114] J. Rockström *et al.* (2009): «Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity», *Ecol. Soc.* 14, 32.
- [115] C. Bradshaw, X. Giam, N. Sodhi (2010): «Evaluating the relative environmental impact of countries», *PLoS ONE* 5, e10440. (doi: 10.1371/journal.pone.0010440)
- [116] A. D. Barnosky *et al.* (2010): «Has the Earth's sixth mass extinction already arrived?», *Nature* 471, 51-57. (doi: 10.1038/nature09678)
- [117] J. R. Burger *et al.* (2012): «The macroecology of sustainability», *PLoS Biol.* 10, e1001345. (doi: 10.1371/journal.pbio.1001345)
- [118] A. D. Barnosky *et al.* (2012): «Approaching a state shift in Earth's biosphere», *Nature* 486, 52-58. (doi: 10.1038/nature11018)
- [119] J. Gerken (2012): «Arctic ice melt, sea level rise may pose imminent threat to island nations, climate scientist says», *Huff Post Green*. Vegeu http://www.huffingtonpost.com/2012/10/05/arctic-ice-melt-sealevel-rise_n_1942666.html?utm_hp_ref=green&ncid=edlinkusaolp00000008.
- [120] A. Turner (2009): «Population priorities: the challenge of continued rapid population growth», *Phil. Trans. R. Soc. B* 364, 2977-2984. (doi: 10.1098/rstb.2009.0183)
- [121] P. R. Ehrlich, P. M. Kareiva, G. C. Daily (2012): «Securing natural capital and expanding equity to rescale civilization», *Nature* 486, 68-73. (doi: 10.1038/nature11157)
- [122] R. M. May (2006): «Threats to tomorrow's world», *Notes Rec. R. Soc.* 60, 109-130. (doi: 10.1098/rsnr.2005.0134)
- [123] D. Kennedy (2005): «Twilight for the enlightenment?», *Science* 308, 165. (doi: 10.1126/science.1112920)
- [124] J. B. Hughes, G. C. Daily, P. R. Ehrlich (1997): «Population diversity: its extent and extinction», *Science* 278, 689-692. (doi: 10.1126/science.278.5338.689)
- [125] J. B. Hughes, G. C. Daily, P. R. Ehrlich (2000): «The loss of population diversity and why it matters», en P. H. Raven (ed.), *Nature and human society*, pp. 71-83. Washington, DC: National Academy Press.
- [126] D. T. Blumstein, C. Saylan (2011): *The failure of environmental education (and how we can fix it)*. Berkeley, CA: University of California Press.
- [127] P. R. Ehrlich (2011): «A personal view: environmental education—its content and delivery», *J. Environ. Stud. Sci.* 1, 6-13. (doi: 10.1007/s13412-011-0006-3)
- [128] S. A. Levin (2009): *Games, groups, and the global good*. Londres: Springer.
- [129] S. Levin (1999) *Fragile dominion*. Reading, MA: Perseus Books.
- [130] J. Liu, S. Li, Z. Ouyang, C. Tam, X. Chen (2008): «Ecological and socioeconomic effects of China's policies for ecosystem services», *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 105, 9489-9494. (doi: 10.1073/pnas.0706905105)
- [131] G. C. Daily, P. M. Kareiva, S. Polasky, T. H. Ricketts, H. Tallis (2011): «Mainstreaming natural capital into decisions», en P. M. Kareiva, H. Tallis, T. H. Ricketts, G. C. Daily, S. Polasky (eds.), *Natural capital: theory and practice of mapping ecosystem services*, pp. 3-14. Oxford: Oxford University Press.
- [132] P. R. Ehrlich (2000): *Human natures: genes, cultures, and the human prospect*. Washington, DC: Island Press.
- [133] P. T. James, R. Leach, E. Kalamara, M. Shayeghi (2001): «Worldwide obesity epidemic», *Obes. Res.* 9 (Suppl. 4), S228-S233. (doi: 10.1038/oby.2001.123)

- [134] T. Jackson (2009): *Prosperity without growth: economics for a finite planet*. Londres: Earthscan.
- [135] H. Gardner (2008): *Multiple intelligences: new horizons in theory and practice*. Nova York, NY: Basic Books.
- [136] J. Holdren (1991): «Population and the energy problem», *Popul. Environ.* 12, 231-255. (doi: 10.1007/BF01357916)
- [137] M. Potts (2009): «Where next?», *Phil. Trans. R. Soc. B* 364, 3115-3124. (doi: 10.1098/rstb.2009.0181)
- [138] G. Sedgh, R. Hussain, A. Bankole, S. Singh (2007): «Women with an unmet need for contraception in developing countries and their reasons for not using a method», en *Occasional report*, pp. 1-80. Nova York, NY: Guttmacher Institute.
- [139] S. Singh, G. Sedgh, R. Hussain (2010): «Unintended pregnancy: worldwide levels, trends, and outcomes», *Stud. Fam. Plann.* 41, 241-250. (doi: 10.1111/j.1728-4465.2010.00250.x)
- [140] B. C. O'Neill, B. Liddle, L. Jiang, K. R. Smith, S. Pachauri, M. Dalton, R. Fuchs (2012): «Demographic change and carbon dioxide emissions», *Lancet* 380, 157-164. (doi: 10.1016/S0140-6736(12)60958-1)
- [141] P. R. Ehrlich, A. H. Ehrlich (2006): «Enough already», *New Sci.* 191, 46-50. (doi: 10.1016/S0262-4079(06)60615-5)
- [142] A. Turner (2009): «Population ageing: what should we worry about?», *Phil. Trans. R. Soc. B* 364, 3009-3021. (doi: 10.1098/rstb.2009.0185)
- [143] P. A. Victor (2008): *Managing without growth*. Northampton, MA: Edward Elgar.
- [144] J. K. Galbraith (2008): *The predator state: how conservatives abandoned the free market and why liberals should to*. Nova York, NY: Free Press.
- [145] D. Ariely (2009): *Predictably irrational*. Nova York, NY: Harper Collins. Edició revisada i ampliada.
- [146] P. Dasgupta (2001): *Human well-being and the natural environment*. Oxford: Oxford University Press.
- [147] P. Dasgupta (2010): «Nature's role in sustaining economic development», *Phil. Trans. R. Soc. B* 365, 5-11. (doi: 10.1098/rstb.2009.0231)
- [148] K. Arrow *et al.* (2004): Are we consuming too much? *J. Econ. Perspect.* 18, 147-172. (doi: 10.1257/0895330042162377)
- [149] S. Barrett (2003): *Environment and statecraft: the strategy of environmental treaty-making*. Nova York, NY: Oxford University Press.
- [150] S. Barrett (2007): *Why cooperate: the incentive to supply global public goods*. Oxford: Oxford University Press.
- [151] T. Dietz, E. Ostrom, P. C. Stern (2003): «The struggle to govern the commons», *Science* 302, 1902-1912. (doi: 10.1126/science.1091015)
- [152] D. Acemoglu, J. Robinson (2012): *Why nations fail: the origins of power, prosperity, and poverty*. Nova York, NY: Crown Business.
- [153] D. Pirages, P. R. Ehrlich (1972): «If all Chinese had wheels», *New York Times* (16 de març, 1972).
- [154] M. T. Klare (2008): *Rising powers, shrinking planet: the new geopolitics of energy*. Nova York, NY: Henry Holt and Company.
- [155] J. Watts (2010): *When a billion Chinese jump*. Nova York, NY: Scribner.
- [156] F. M. Moghaddam (2012): «The omnicultural imperative», *Cult. Psychol.* 18, 304-330. (doi: 10.1177/1354067X12446230)
- [157] N. R. Buchan, G. Grimalda, R. Wilson, M. Brewer, E. Fatase, M. Foddy (2009): «Globalization and human cooperation», *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 106, 4138-4142. (doi: 10.1073/pnas.0809522106)
- [158] P. R. Ehrlich, A. H. Ehrlich (2005): *One with nineveh: politics, consumption, and the human future* (with new afterword). Washington, DC: Island Press.
- [159] M. Meyer (2009): *The year that changed the world: the untold story behind the fall of the Berlin Wall*. Nova York, NY: Scribner.
- [160] E. Ostrom (2009): «A polycentric approach for coping with climate change», *World Bank Policy Research Working Paper no. 5095*.
- [161] R. B. Cialdini (2008): *Influence: Science and practice*. Boston, MA: Allyn & Bacon.
- [162] S. Barrett, A. Dannenberg (2012): «Climate negotiations under scientific uncertainty», *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 109, 17 372-17 376. (doi: 10.1073/pnas.1208417109)
- [163] J. H. Matthews, F. Boltz (2012): «The shifting boundaries of sustainability science: are we doomed yet?», *PLoS Biol.* 10, e1001344. (doi: 10.1371/journal.pbio.1001344)