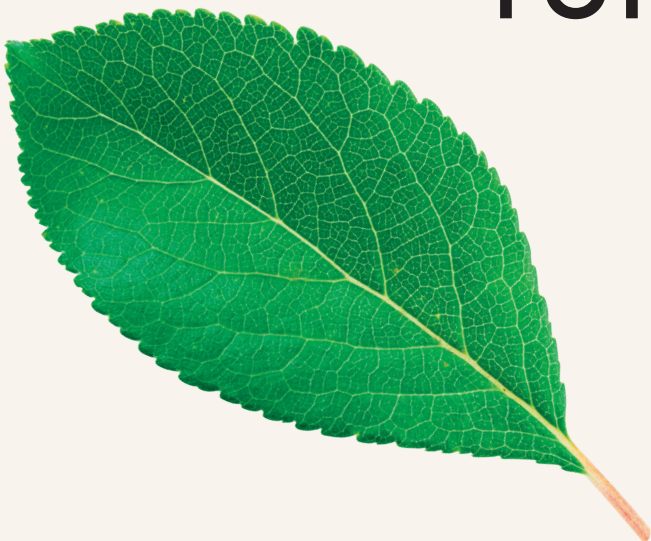


ANTONIO
TURIEL



EL FUTUR D'EUROPA

Com decreixer per a una
reindustrialització urgent



DESTINO

Antonio Turiel

EL FUTUR D'EUROPA

Com decreïxer per a
una reindustrialització urgent

Traducció de Mercè Ubach

Edicions Destino



La lectura obre horitzons, iguala oportunitats i construeix una societat millor.
La propietat intel·lectual és clau en la creació de continguts culturals perquè sosté
l'ecosistema de qui escriu i de les nostres llibreries.
En comprar aquest llibre contribuïu a mantenir aquest ecosistema viu i en creixement.
A Grup62 agraïm que ens ajudeu a donar suport així a l'autonomia creativa d'autores
i autors perquè puguin continuar desenvolupant la seva funció.
Adreceu-vos a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necessiteu fotocopiar
o escanejar algun fragment d'aquesta obra. Podeu contactar amb CEDRO a través del web
www.conlicencia.com o per telèfon al 91 702 19 70 / 93 272 04 47.

Títol original: *El futuro de Europa*

© Antonio María Turiel, 2024

Edició gestionada per mediació d'Oh!Books Agencia Literaria

© Mercè Ubach Dorca, 2024

© Editorial Planeta, S. A. / Destino

© Columna Edicions, Llibres i Comunicació, S.A.U. / Destino
Av. Diagonal, 662-664 - 08034 Barcelona

Primera edició: novembre del 2024

ISBN: 978-84-19734-14-3

Dipòsit legal: B. 17.297-2024

Fotocomposició: Grup62

Imprès a Catalunya - *Printed in Catalonia*

SUMARI

<i>Pròleg</i>	II
 <i>I. Els reptes actuals</i>	
1. La crisi climàtica	19
2. La crisi ambiental	29
3. La crisi energètica	43
4. La crisi ignorada: la crisi social	51
 <i>II. Solucions que no funcionen</i>	
5. El mite de l'electrificació absoluta	63
6. Electricitat i renovables	73
7. L'enfonsament de l'eòlica	83
8. El futur incert de la fotovoltaica	91
9. La següent bombolla renovable	97
10. Sense model per gestionar la crisi del dièsel	105
 <i>III. Reindustrialitzar Europa</i>	
11. Proteccionisme i sectors estratègics	115
12. De la separació d'energia i màquina a la màquina integrada	127
13. Tecnologies apropiades amb materials apropiats	135

14. El transport en un món en descens energètic	143
15. El transport fluvial: un exemple de com la preservació ambiental també és preservació econòmica	151
16. La desindustrialització del sector primari . . .	157
17. Materials i exergia	165
18. La necessitat d'una electrònica sostenible . . .	173
19. Recuperar l'equilibri.	183
20. El decreixement com a conclusió.	189
<i>Bibliografia</i>	195

LA CRISI CLIMÀTICA

L'any 2023 va marcar un punt d'inflexió en la crisi climàtica. Va ser així per molts motius, i particularment per la recurrència i la gravetat alarmants de fenòmens extrems: els gegantins incendis al Canadà (propiciats per unes temperatures completament anormals a la regió, amb registres de fins a 48 °C a l'estiu), l'increment del nombre de tornados a Europa (fins a tres vegades més tornados que en un any habitual, i de més intensitat) i la recurrència de tempestes especialment violentes en diferents punts del globus. Per la seva gravetat especial en destacaré dues, particularment destructives. L'octubre del 2023, la tempesta Otis va passar de tempesta tropical no gaire intensa a huracà de categoria 5 en menys de vint-i-quatre hores, un fet que cap model meteorològic no va ser capaç de predir fins que el fenomen ja s'estava gestant. Aquesta intensificació va tenir lloc molt a prop de la costa pacífica de Mèxic, a causa, entre altres factors, de la calidesa anòmla que presentava aquesta part de l'oceà Pacífic. L'impacte de l'Otis contra l'estat de Guerrero, i en particular contra la ciutat d'Acapulco, va ser devastador. El govern

mexicà no va arribar a fer pública cap dada realista sobre els danys humans i materials, però podem estimar que el preu en vides humanes ascendeix a uns quants milers de víctimes; al seu torn, les infraestructures turístiques van quedar completament destruïdes i la reconstrucció de totes les instal·lacions, si mai s'arriba a dur a terme, trigarà anys a completar-se. A l'altre extrem del planeta, la tempesta Daniel va sembrar terror i destrucció al Mediterrani a començament de setembre del 2023. Sobre Grècia va descarregar mil litres per metre quadrat en quaranta-vuit hores, és a dir, aproximadament l'equivalent a dos anys de precipitació en dos dies. A part dels disset morts que va causar i dels estralls sobre la cabanya ramadera grega, es calcula que per culpa d'aquesta única tempesta s'ha perdut, almenys durant uns quants anys, el 25 % de les terres de cultiu de Grècia, entre les zones que van quedar negades i les que van patir tanta erosió per escolament que van perdre massa sòl fèrtil perquè s'hi pugui conrear res. Però la tràgica història de la tempesta Daniel no es va acabar aquí. Després d'assolar Grècia, va travessar el Mediterrani i va arribar a les costes nord-africanes, i pel camí va passar per una zona especialment càlida del mar, on es va produir un fenomen d'intensificació que va fer assolir a la tempesta la potència pròpia d'un huracà. El rastre fred que va deixar al mar a la dreta de la seva trajectòria dona fe que el procés d'intensificació del Daniel va ser el d'un huracà; va ser, per tant, un veritable medicà (de l'anglès *medicane*), un terme encunyat fa uns vint anys per descriure les tempestes del Mediterrani que, per la seva evolució i virulència, es comporten igual que els seus germans grans tropicals, si bé amb unes dimensions per sort molt

més reduïdes. I després d'aquesta intensificació, el Daniel va arribar a Líbia, un país devastat per una guerra civil des de fa més de deu anys. En ple desert, va descarregar 400 litres per metre quadrat en sis hores, a sobre d'una àrea molt extensa, i va provocar l'esfondrament de dues preses. L'onada gegant va arrasar la ciutat de Derna, on va deixar un balanç de tretze mil persones mortes i diverses desenes de milers desaparegudes.

Acostumo a incidir en els casos de l'Otis i del Daniel perquè, a pesar de la gravetat extrema de la devastació que van causar, de fins a quin punt resulta alarmant que els models meteorològics es revelessin impotents per avisar-nos-en amb una anticipació adequada, a pesar del fet que no parlem de zones recòndites i abandonades a la seva sort sinó de llocs ben coneguts, i del poc temps que ha transcorregut des d'aquests fenòmens, estic segur que una bona part dels lectors d'aquest llibre no havien sentit a parlar d'aquestes tempestes ni de la catàstrofe que van desencadenar. No és casualitat: just quan més seriosa es torna la crisi climàtica, més sordina mediàtica s'aplica a aquests fenòmens extrems i inusuals. Pitjor encara: hi ha una tendència creixent al negacionisme climàtic i al foment d'actituds virulentes, fins i tot agressives, contra els que intenten alertar la societat del perill immens que suposa el canvi climàtic. En parlarem més a fons al capítol dedicat a la crisi social.

I que la crisi climàtica s'agreuja a ulls veients és força obvi simplement observant els registres de temperatures. L'any 2023, la temperatura mitjana (arreu del planeta i fent una mitjana de totes les hores dels 365 dies) va ser aproximadament 1,5 °C superior a la mitjana prein-

dustrial (d'acord amb el Servei Climàtic de Copernicus, la temperatura mitjana del planeta va ser de 14,98 °C, amb una incertesa de 0,06 °C, mentre que en la mitjana del 1850 al 1900, que es pren com a referència preindustrial, es calcula que la temperatura del planeta era de 13,5 °C). Això és gravíssim, perquè l'Acord de París, que es va adoptar el desembre del 2015 en el marc de la 21a Conferència de les Parts sobre Canvi Climàtic de les Nacions Unides (COP21), estipulava que s'havien de prendre les mesures (reducció d'emissions de CO₂ i descarbonització) de manera que s'evités arribar a un escalfament d'1,5 °C el 2100. El fet és que el 2023 ja hem arribat a aquest valor, i és previsible que el 2024 la mitjana voregi un valor semblant (en el moment d'escriure aquestes ratlles, la mitjana dels últims 365 dies és 1,6 °C superior a la mitjana preindustrial). És veritat que, considerant la variabilitat interanual de la temperatura mitjana i el fet que en el bienni 2023-2024 s'ha produït un fenomen del Niño (una pertorbació quasi periòdica del clima planetari que es produeix de manera natural com un mitjà de reequilibri energètic entre l'hemisferi nord i el sud), el més probable és que el 2025 la temperatura mitjana del planeta baixi una mica i així puguem tenir una idea més clara de quin és el nou valor de base, però tot indica que probablement no baixarà d'1,35 °C o fins i tot d'1,4 °C d'escalfament respecte de la temperatura preindustrial. Això és gravíssim, perquè implica que, malgrat que l'escalfament d'1,5 °C encara no estigüés consolidat, no estem lluny d'arribar a aquesta marca i sobrepassar-la. Fins i tot hi ha científics com el climatòleg James Hansen, que va treballar per a la NASA, tot i

que ja està jubilat, que apunten que el 2030 podríem arribar a superar amb escreix els 1,5 °C, i el 2050 ja podríem assolir els 2 °C d'escalfament.

La majoria de la gent es queda una mica freda amb aquesta discussió sobre unes dècimes de grau més o menys d'escalfament global, perquè no acaben d'entendre per què una variació tan petita pot tenir un impacte tan important, ja que tendeixen a comparar-la amb les variacions de la temperatura ambiental que es produeixen al llarg d'un any, o fins i tot d'un mateix dia, que són molt més grans. La clau s'ha de buscar en el fet que aquí discutim sobre la mitjana de la temperatura de tot el planeta alhora, i això inclou zones tan càlides com l'equador i tan fredes com els pols, i a més al llarg de tot l'any, és a dir, passant per totes les estacions, des de l'hivern fins a l'estiu. Aquest valor mitjà té molt d'interès per als físics, ja que se sap que la temperatura d'un cos ens dona una mesura de l'energia cinètica (l'associada al moviment) de les partícules que el componen, i així podem saber el balanç energètic de la Terra. Aquest valor de temperatura mitjana a tot el planeta i al llarg d'un any hauria de ser extremament constant, perquè les diferències entre irradiació solar rebuda i tornada a l'espai, com que es fa la mitjana a totes les latituds i totes les estacions, haurien de quedar perfectament compensades. I el valor de temperatura mitjana no hauria de mostrar cap tendència ni creixent ni decreixent, hauria de limitar-se a oscil·lar una mica. La raó per la qual aquestes dècimes d'increment de la temperatura global són tan alarmants és que ens indiquen que la Terra té cada vegada més energia disponible, i per

tant tendeix a crear estacions més extremes i a generar més caos i anomalies.

Per al cas concret de la península Ibèrica, tenint en compte que l'escalfament aquí és més ràpid que en el conjunt del món i que com més energia hi ha més extremes són les estacions, un escalfament global d' $1,5^{\circ}\text{C}$ implica que seran habituals temperatures per sobre dels 45°C durant l'estiu a la major part de la Península. Amb un escalfament de 2°C , les temperatures màximes durant l'estiu peninsular seran habitualment de 50°C , uns registres que ja entren en el rang del que és incompatible amb la vida humana (com desgraciadament s'ha pogut comprovar aquest 2024 a l'Índia, l'Aràbia Saudita, Egipte i Grècia).

Hi ha una infinitat d'arguments gastats i mig cuinats pel negacionisme climàtic que, basant-se en dades reals, pretenen argumentar que això del canvi climàtic és un romanço. No em posaré a discutir aquests arguments amb tots els ets i uts —alguns els vam refutar en un article amb Juan Bordera i Fernando Valladares [Bordera, 2023]—, però sí que en vull comentar un, per banal i repetit, que dona una idea exacta de la confusió sobre els conceptes bàsics de la física i sobre l'ordre de magnitud real de les coses. Se sol argumentar que és inversemblant que el CO_2 pugui causar un efecte tan gran, un escalfament tan extrem, quan representa solament el $0,04\%$ de la concentració de gasos atmosfèrics, i dels quals l'increment que ha suposat l'ús dels combustibles fòssils seria tan sols el $0,01\%$ del volum total.

El primer que cal destacar és que la majoria dels gasos que hi ha a l'atmosfera no generen efecte hivernacle, és

a dir, no ajuden a retenir la radiació infraroja que emet la superfície terrestre després d'haver estat escalfada per la radiació del Sol, que té una longitud d'ona més curta i per a la qual els gasos d'efecte hivernacle són transparents. El més important dels gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera és el vapor d'aigua, que, amb una concentració mitjana d'un 1 % aproximadament, és capaç d'escalfar el planeta dels -18°C que li correspondrien per la distància respecte del Sol fins als $13,5^{\circ}\text{C}$ preindustrials, un escalfament de $31,5^{\circ}\text{C}$ ben bons. Per comparació, la crema de combustibles fòssils ha causat un increment del 0,01 % de CO_2 sobre el total de l'atmosfera (cent vegades menys concentració que el vapor d'aigua) i hauria estat capaç d'eleva la temperatura $1,5^{\circ}\text{C}$ (unes vint vegades menys que el vapor d'aigua). Però és que el CO_2 genera aproximadament entre cinc i deu vegades més efecte hivernacle que el vapor d'aigua. És a dir, els números quadren.

Sobre la segona part de l'argument (que diu que és inversemblant que tan poc increment de concentració de CO_2 generi un efecte de gran magnitud a escala planetària), la resposta és que el canvi, en efecte, no és tan gran. Des del punt de vista de comprendre el balanç energètic de la Terra, la temperatura del planeta s'ha de mesurar en graus kelvin, no en graus centígrads, perquè així la temperatura és directament proporcional a l'energia cinètica de les molècules de l'aire. Mesurar en kelvin és com mesurar en graus centígrads, només que l'origen de l'escala es posa al zero absolut de temperatura, que correspon a $-273,16^{\circ}\text{C}$. Per tant, per mesurar les temperatures en kelvin simplement hem de sumar

273,16 a les temperatures centígrades. Així, la temperatura preindustrial del planeta era de 286,66 K, i les emissions de CO_2 l'haurien elevat a 288,16 K. Un increment percentual del 0,5 %: aquest ha estat l'augment d'energia de l'atmosfera a causa de les emissions de CO_2 . De manera que és cert: no ha estat un gran augment. Però això no vol dir que aquest petit augment sigui innocu; al contrari, és molt perillós. Ara bé, el que està en perill no és el planeta, ni tan sols la vida al planeta: al llarg de la seva història geològica de 4.500 milions d'anys, la Terra ha conegut augments i disminucions de la temperatura molt superiors. No. El que veritablement està en joc és la vida dels éssers humans. Perquè els primers homínids daten de fa un o dos milions d'anys, els primers humans, de fa uns 40.000 anys, i la civilització, de fa uns 10.000 anys, quan l'agricultura va començar a ser possible. És això el que podria desaparèixer, el que podria deixar de ser viable. Aquest és el risc real.

Per a mi, precisament per la meva feina com a oceanògraf físic, un dels senyals d'alarma principals dels últims temps és l'acceleració de l'augment de la temperatura de la superfície del mar, que actualment podem mesurar amb força precisió gràcies als satèl·lits d'observació de la Terra. Els últims anys, però en especial des del 2016, hem pogut comprovar que la temperatura de la superfície del mar creix a un ritme sense precedents: ha passat d'una velocitat d'elevació de 0,09 °C per dècada a més del doble el 2023. Un fenomen insòlit, perquè el mar és el component lent del sistema climàtic terrestre, i quan comença a experimentar canvis tan ràpids vol dir que el planeta s'encamina cap a un règim

climàtic completament diferent del que coneixem. És a dir, que el planeta podria estar sobrepassant algun dels punts de no retorn climàtics [Pérez Vilar, 2020].

Pel que fa als oceans i a aquests punts de no retorn climàtic, durant els últims anys s'han publicat diversos estudis de molt d'impacte sobre el possible alentiment i fins i tot aturada de la branca atlàntica del corrent de llaç meridional (AMOC). Aquest corrent oceànic que transcorre pel nord de l'oceà Atlàntic és el responsable que l'Europa continental tingui un clima més càlid i humit del que li correspondria per latitud (semblant al del Canadà o el sud de Sibèria). Si aquest corrent s'aturés, és previsible que Europa tindria un clima més fred i més sec, i que fins i tot s'arribaria a produir una extensió del gel àrtic en latituds europees. Al mateix temps, l'excés de calor que ja no s'aportaria per temperar el clima europeu s'acumularia més cap al sud i afectaria greument les precipitacions a la selva amazònica i congolea, i el monsó asiàtic. En conjunt, almenys 3.000 milions de persones es veurien afectades per una possible aturada de l'AMOC, i la majoria es veurien obligades a emigrar a altres zones (si és que fos possible).

El possible col·lapse de l'AMOC no és un tema nou [Hofmann, 2009], s'estudia des dels anys seixanta del segle passat, però els nous sistemes d'observació i monitoratge de l'oceà, i les capacitats de càlcul actuals, molt superiors, proporcionen indicis cada vegada més sòlids que el fenomen podria estar a punt de passar o fins i tot ja podria haver començat. Un dels treballs més recents [Van Westen, 2024] recorre a models numèrics per calibrar un indicador primerenc de la possible aturada de

l'AMOC i després avalua aquest indicador amb dades reals: revela que el procés de col·lapse d'aquest corrent oceànic ja podria haver-se iniciat. Si fos així, els efectes serien visibles d'aquí a poques dècades. És un avís, un més, que el canvi climàtic es caracteritzarà per efectes no lineals, per canvis dràstics i sobtats, i no per una modificació gradual; també és un recordatori que el perill és molt més gran del que en general es pensa. I, per desgràcia, el col·lapse de l'AMOC és només un més dels punts de no retorn climàtics del planeta (d'altres són l'alliberament del metà del permafrost siberià, la desaparició de la selva amazònica, l'esfondrament de les plaques de gel continentals de l'Antàrtida, la destrucció dels coralls, l'acidificació dels oceans...), cadascun dels quals afectaria greument la vida de milions de persones a tot el globus. Pitjor encara: molts d'aquests punts de no retorn estan connectats, i la caiguda d'un d'ells pot desencadenar o accelerar l'arribada dels altres, de manera que es generaria un pervers efecte dòmino.

El canvi climàtic pot suposar la fi de l'holocè, l'era geològica en la qual gaudim d'estacions predictibles i que ha permès a l'espècie humana sortir de l'Àfrica i deixar de ser simplement caçadors-recol·lectors. No és casualitat que la Revolució Neolítica, definida per la invenció de l'agricultura, es donés quan es va acabar l'última glaciació i va començar l'holocè. Si desapareixen les estacions, s'acaba l'agricultura. I si s'acaba l'agricultura, la civilització humana probablement s'acabarà. Desapareixerà. No el planeta, no la vida, i potser ni tan sols l'espècie humana, però sí la nostra civilització. Per això hem de prendre'ns el canvi climàtic molt seriosament.

LA CRISI AMBIENTAL

El 2009, Johan Rockström, de l'Stockholm Resilience Centre, i Will Steffen, de la Universitat Nacional d'Austràlia, juntament amb vint-i-sis científics més de diverses institucions internacionals, van definir el concepte de «límits planetaris» [Rockström, 2009]. D'acord amb aquests autors, «travessar un o més dels límits planetaris pot ser perjudicial o fins i tot catastròfic a causa del risc de superar líndars que desencadenin canvis ambientals no lineals i abruptes en els sistemes a escala continental o planetària». L'estudi dels límits planetaris s'inscriu dins del concepte de canvi global, que és més ampli i que inclou el de canvi climàtic. S'hi reconeix que l'acció dels éssers humans és el motor principal del canvi ambiental a escala global des de la Revolució Industrial, i que l'objectiu és mantenir l'estabilitat dels sistemes ambientals planetaris que han caracteritzat l'holocè i han permès el desenvolupament de la civilització humana.

L'anàlisi dels límits planetaris supera el reduccionisme tan comú avui dia que considera que el canvi climàtic és l'únic problema ambiental o el més important que

ha d'afrontar l'ésser humà. En canvi, dona una visió holística de tots els problemes ambientals que tenim i així ens ajuda a dissenyar estratègies adequades per abordar-los, de manera que no empitjorem alguns paràmetres ambientals mentre intentem resoldre'n uns altres. L'exemple més paradigmàtic de miopia ambiental és el que se sol denominar *visió de túnel* del carboni, que per desgràcia encara avui domina la presa de mesures polítiques. En el paradigma de la visió de túnel del carboni, l'únic problema ambiental és el canvi climàtic i l'única estratègia possible per fer-hi front és prendre mesures de descarbonització de l'economia, i aquestes passen fonamentalment pel foment d'una transició renovable basada en el model Renewable Elèctrica Industrial (REI). En realitat, el canvi climàtic no és l'únic (ni el més greu) problema ambiental. Hi ha altres mesures que es poden prendre per combatre'l a més de la descarbonització i, el més important, el REI té moltes deficiències i limitacions, i fins i tot pot empitjorar la resta dels problemes ambientals que tenim, a part d'agreuja la crisi social. De tot això en parlarem a la segona part del llibre.

Per avaluar els límits planetaris, es fixen nou variables ambientals i els llistats de seguretat corresponents, amb valors quantificables, que defineixen un espai operatiu segur per a l'espècie humana. Ha calgut la col·laboració internacional de milers de científics d'arreu del món durant quinze anys per ser capaços d'avaluar els valors d'aquestes nou variables ambientals i comprovar si es trobaven en la zona de seguretat o no. I els resultats han estat força alarmants. El 2009 es va aconseguir avaluar set dels nou indicadors ambientals i es va trobar que tres

d'ells ja havien sobrepassat el límit de seguretat, mentre que dos més corrien el risc de superar-lo els anys següents. El 2015, en efecte, ja s'havien sobrepassat cinc dels límits planetaris. I el 2023 es va acabar l'avaluació dels dos indicadors ambientals que faltaven, i es va poder comprovar que un d'ells també s'havia sobrepassat (de fet, és el que es troba en més mal estat). En el moment en què escric aquestes línies, s'han sobrepassat sis dels nou límits planetaris, i n'hi ha dos més que empitjoren a un ritme tan alt que no seria sorprenent que d'aquí a uns anys també s'haguessin sobrepassat.

Convé recordar altre cop que sobrepassar només un d'aquests nou límits planetaris suposa un risc clar i imminent per a la civilització humana i fins i tot per a l'espècie. Sembla que estem tan acostumats a llegir tota mena de desgràcies ambientals, mai posades en context del que realment representen, que no entenem la gravetat de la situació. No hem sobrepassat un sol d'aquests límits de perill: n'hem sobrepassat sis, i potser d'aquí a uns anys seran vuit dels nou possibles. Que un problema d'aquest abast i gravetat sigui ignorat de manera tan deliberada, que s'arraconi com un mer treball i debat acadèmic, és una mostra de fins a quin punt la nostra societat està desorientada i sense rumb, indiferent al que li és més vital. Per això crec que és important dedicar aquest capítol a presentar en detall i explicar els límits planetaris i què és el que representen.

Els nou indicadors ambientals que es fan servir per definir els límits planetaris són, per ordre de gravetat en el seu estat:

1. Entitats noves
2. Integritat de la biosfera
3. Fluxos biogeoquímics
4. Canvi climàtic
5. Canvis del sòl
6. Ús de l'aigua dolça
7. Acidificació dels oceans
8. Càrrega d'aerosols
9. Esgotament de l'ozó estratosfèric

1. **Entitats noves.** Entenem per entitats noves totes les substàncies tòxiques que hem dispersat, així com els organismes amb la genètica modificada, en tots dos casos quan no s'hagi fet una avaluació adequada de l'impacte que poden tenir per al medi ambient. Dels nou límits, aquest és el que té la quantificació més difusa o es podria dir que més estricta, perquè es considera que no s'hauria de disseminar res que tingui uns efectes que no estiguin controlats i no siguin ben coneguts; per aquest motiu, es considera el límit més superat. En aquesta categoria d'entitats noves, i centrant-nos en el cas de les substàncies, trobem els residus radioactius d'alta activitat i durada, els plàstics en totes les varietats, els metalls pesants i les substàncies orgàniques persistents. S'han trobat sobrats indicis de dispersió d'aquestes substàncies per tot el planeta, i se sap que s'estan incorporant al metabolisme de pràcticament tots els éssers vius, en què causen alteracions significatives. L'efecte de les substàncies radioactives i dels metalls pesants és conegut de fa molt temps: provoca muta-

cions, càncers i molts efectes en òrgans interns. Avui dia es considera que no hi ha cap límit segur de concentració de metalls pesants en l'aigua i en l'aire, perquè són substàncies que es bioacumulen al llarg de la vida de les persones, i que tenen efectes que són incrementals en funció de la quantitat absorbita. Quant als plàstics, cada vegada se'n coneixen millor els efectes metabòlics, que inclouen nombroses afectacions, com les causades pels disruptors endocrins, i mal directe als òrgans. La contaminació per plàstics és una de les més insidioses, ja que actualment es troben microplàstics fins i tot a l'aigua de la pluja o granulats a les platges de l'Antàrtida, a part de tota l'acumulació de macroplàstics i microplàstics als fons marins i a la superfície. A més a més, la preocupació per les substàncies orgàniques persistents o *forever chemicals* (productes químics eterns) és relativament recent: la seva presència és del tot massiva, des de les pintures ignífugues en infinitat d'objectes fins a productes dermatològics com les cremes solars. Es tracta de substàncies molt estables que persisteixen sense degradar-se durant llargs anys i els efectes de les quals en la salut de les persones i els ecosistemes amb prou feines comencem a conèixer.

2. **Integritat de la biosfera.** És el segon límit ambiental més transgredit. Inclou dues subcategories: la biodiversitat (és a dir, la quantitat d'organismes diferents que són capaços de complir una mateixa funció en un o diversos ecosistemes) i la integritat funcional dels ecosistemes (que és una mesura de la seva fortalesa). Els éssers humans tendeixen a tenir

una visió mecanicista i simplista dels ecosistemes, segons la qual cadascun dels organismes que hi intervenen (virus, bacteris, algues, plantes, animals) tenen una funció concreta que permet el reciclatge continu de matèria, mentre que l'energia d'aquesta màquina perfecta la proporciona el Sol. En el món real, amb tot, els ecosistemes solen ser bastant complexos, amb una mateixa espècie complint múltiples funcions i en un equilibri delicat i complex amb la resta de les espècies de l'ecosistema. El problema amb l'equilibri ecosistèmic és que, si es perd el balanç, l'ecosistema sencer se'n pot anar en orris i desaparèixer del tot d'una zona. Per exemple, si esterilitzem els sòls amb substàncies químiques podrien morir els bacteris que fixen el nitrogen al sòl i això faria disminuir el nombre de plantes; per tant, hi hauria menys herbívors i, per tant, menys depredadors, de manera que es generarien menys detritus, cosa que comportaria que se'n ressentís la població bacteriana en conjunt, i així s'entraria en una espiral de decadència que podria fer desaparèixer tot l'ecosistema. Els éssers humans hem posat en perill molts ecosistemes que ens ofereixen serveis ecosistèmics vitals (com el reciclatge de l'oxigen i de residus, o la protecció enfront de certes malalties), i el problema és que restaurar ecosistemes molt perjudicats o desapareguts amb el nostre enteniment limitat és molt difícil.

3. **Fluxos biogeoquímics.** La vida a la Terra depèn de la circulació de certs elements i substàncies químiques que contínuament són utilitzats i reciclats, ja que la quantitat que hi ha disponible és limitada.

Això origina diversos cicles d'aquestes substàncies. Un dels més coneguts és el cicle de l'aigua, des de l'evaporació al mar, l'acumulació a l'atmosfera, la precipitació a terra ferma i l'acumulació en aqüífers i rius fins que torna al mar; pel camí, molts éssers vius la fan servir i resulta clau en infinitat de processos químics, físics i geològics. Els éssers humans, mitjançant l'agricultura industrial, hem modificat dos d'aquests cicles fonamentals per a la vida fins a l'extrem de sobrepassar-ne els límits de seguretat: el cicle del nitrogen i el cicle del fòsfor. Tots dos elements químics són fonamentals per al creixement de les plantes, i per això l'ésser humà els ha introduït en grans quantitats per fertilitzar els terrenys i augmentar les collites. El problema és que s'ha fet amb molt poc control de les quantitats emprades, fins al punt d'alterar el cicle planetari d'aquests elements. En el cas del nitrogen, es tracta de l'element més abundant a l'atmosfera terrestre. Alguns organismes, com els bacteris o les plantes lleguminoses, són capaços de fixar-lo al sòl, cosa que n'afavoreix la disponibilitat per a la resta de les plantes. L'abús de fertilitzants nitrogenats ha degradat la vida invertebrada i microscòpica dels sòls, i s'ha filtrat en aqüífers i cursos d'aigua, que n'han resultat contaminats, cosa que al seu torn ha afavorit la proliferació d'algues i altres organismes que esgoten tots els recursos i generen zones mortes en llacs i oceans per eutrofització (excés de nutrients). Pel que fa al fòsfor, els seus efectes són semblants als del nitrogen perquè també és un fertilitzant essencial, però, a

diferència del nitrogen, no és un element tan abundant en el medi natural i la seva disponibilitat s'ha vist augmentada de manera desmesurada per l'ús massiu de fosfats en els fertilitzants agrícoles, una pràctica que ha disparat l'eutrofització global i ha generat un elevat risc futur d'escassetat d'aquest mineral, ja que no hi ha tants dipòsits de fosfat al món.

4. **Canvi climàtic.** Tot el capítol anterior ha abordat la qüestió del canvi climàtic, i per tant aquí no m'hi allargaré més. Simplement voldria recordar que és el quart límit quant a la magnitud de la transgressió, cosa que situa el risc que representa en una altra perspectiva.
5. **Canvis del sòl.** L'extensió dels biomes naturals del planeta s'està reduint a mesura que avancen la desertificació, la desforestació i la conversió de paisatges abans agrestos en terres de cultiu. Això vol dir que hi ha cada vegada menys hàbitats propicis per a determinades espècies. I també que cada vegada hi ha més fragilitat, atès que alguns dels biomes que esdevenen predominants, com els agrícoles o els urbans i periurbans, són més vulnerables a l'efecte del canvi climàtic (per exemple, l'erosió dels sòls després de tempestes fortes, la contaminació dels aqüífers, etc.). Així mateix, es trenca la continuïtat biològica dels hàbitats, la qual cosa afecta sobretot espècies amb més mobilitat, que es veuen confinades a espais més reduïts.
6. **Ús de l'aigua dolça.** La major part de l'aigua directament disponible al planeta (*blue water*) és aigua del mar: al voltant del 97%. Un 2% addicional es troba en forma de gel als casquets polars i en glaceres. Això

vol dir que només l'1% de l'aigua disponible és aigua dolça. Per desgràcia, una quantitat creixent d'aquesta aigua s'està tornant no apta per al consum humà a causa de la forta presència de contaminants de tota mena induïts per l'activitat humana, que inclou alguns dels esmentats en els altres límits. L'activitat humana pertorba no només les masses d'aigua dolça directament disponible, sinó també la que està continguda en les plantes, el sòl i la pluja (*green water*). Tot i que aquest límit és el que s'ha transgredit menys, és a l'origen de moltes malalties transmissibles, i també en el de molts conflictes armats entre països pel control d'un recurs que per desgràcia és cada vegada més escàs.

7. **Acidificació dels oceans.** Les emissions de CO_2 no afecten solament l'atmosfera, es calcula que gairebé dos terços d'aquestes emissions són absorbides pels oceans. Una vegada dissolt en aigua, el CO_2 es combina amb la molècula d'aigua per formar àcid carbònic, cosa que, per tant, incrementa l'acidesa de les aigües marines. Aquest augment progressiu de l'acidesa de l'aigua en algunes regions de l'oceà global origina trastorns en la vida marina, i en particular en la de tots els organismes que tenen un exoesquelet calcari, perquè quan puja la presència d'àcid carbònic aquesta cobertura exterior tendeix a desfer-se, un efecte que s'incrementa amb la pujada de temperatura dels oceans. Això resulta especialment greu en el cas del corall, que pateix el procés denominat *emblanquiment*, és a dir, la pèrdua de carbonats i la fragilització de l'exoesquelet de la colònia de pòlips. Però els

coralls són la base de l'hàbitat de moltes espècies marines, incloent-hi peixos, crancs, estrelles de mar, etc., de manera que la seva reculada posa en perill algunes de les zones més densament poblades de l'oceà global. A més a més, l'increment de l'acidesa de l'aigua de mar arriba a ser insuportable per a algunes espècies, que han d'emigrar a zones menys afectades per l'acidificació, o morir. Combinada amb les onades de calor marina, l'acidificació dels oceans causa episodis de mortaldat massiva de molts animals marins, que després són arrossegats en quantitats de desenes de milers a les costes. Aquest límit planetari encara no ha estat superat, però si continuem incrementant l'acidesa del mar al ritme actual passarem el llindar de seguretat d'aquí a pocs anys, amb l'agreujant que l'efecte no és homogeni i les zones més afectades són les més importants quant a la vida marina.

8. **Càrrega d'aerosols.** Els aerosols són substàncies sòlides o líquides que es troben en suspensió en l'aire. En l'actual càrrega d'aerosols a l'atmosfera del planeta, el més freqüent és la pols, generalment originada als deserts del món i particularment al del Sàhara. A part d'afectar la qualitat de l'aire i tenir efectes en la respiració, els aerosols canvien la distribució d'energia de l'atmosfera, i causen un apantallament de la radiació solar en algunes zones i escalfament en d'altres. La diferent càrrega d'aerosols entre l'hemisferi nord (més carregat, perquè als aerosols naturals s'hi sumen els generats per l'activitat humana, habitualment per la crema de diversos combustibles) i l'hemisferi sud provoca un desplaçament

de la zona de convergència entre la circulació atmosfèrica de tots dos hemisferis (zona de convergència intertropical), i desplaça els monsons (de manera semblant al que hem plantejat al capítol anterior respecte del col·lapse de l'AMOC). Aquest límit encara és dins dels marges de seguretat, tot i que probablement està empitjorant. No obstant això, l'aprovació de la recent normativa marítima internacional (IMO 2020) ha disminuït de manera radical les emissions de diòxid de sofre, la qual cosa, paradoxalment, pot haver contribuït, i molt, a l'augment de la temperatura de l'hemisferi nord els últims anys.

9. **Esgotament de l'ozó estratosfèric.** És un dels problemes ambientals més coneguts i sobre el qual l'actuació internacional coordinada ha aconseguit grans assoliments. Cap als anys setanta es va comprovar que l'emissió de certs gasos utilitzats en els sistemes de refrigeració i neveres, els clorofluorocarbonats (CFC), provocava la destrucció de l'ozó estratosfèric. Aquesta molècula inusual de l'oxigen (en la qual es combinen tres àtoms d'oxigen en comptes dels dos habituals) té la particularitat d'absorbir de manera molt efectiva els raigs ultraviolats més energètics provinents del Sol, i així converteix la capa d'ozó planetària en un sistema de protecció vital, atès que sense ella els raigs ultraviolats acabarien per erradicar tota la vida al planeta. La disminució de l'ozó verificada el segle passat, que sobretot era important a les zones polars, i més particularment sobre l'Antàrtida, va ser força moderada gràcies a una reacció relativament ràpida dels països,

culminada amb la signatura del Protocol de Montreal el 1987. Tanmateix, malgrat això i la ràpida recuperació dels nivells d'ozó estratosfèric, es calcula que els forats de la capa d'ozó són els responsables encara avui de diverses desenes de milers de casos de càncer de pell anuals arreu del món. Aquest és l'únic límit que avui no només està per sota del nivell de seguretat, sinó que no sembla que hagi d'empitjorar els pròxims anys. Tot i això, durant l'any 2023 un canvi en l'estructura del vòrtex polar antàrtic ha afavorit l'intercanvi entre els gasos CFC que encara sobreviuen en l'atmosfera i l'ozó estratosfèric, la qual cosa ha generat la concentració d'ozó més baixa en més d'una dècada. El fenomen és un recordatori que els efectes no lineals continuen sent presents en un sistema tan complex com l'atmosfera i que no podem abaixar la guàrdia en la vigilància ni els límits ambientals que considerem més segurs.

Després de llegir la descripció dels límits planetaris, el lector o lectora potser s'ha fixat que no són compartiments estancs, sinó que tenen fortes interaccions. Per exemple, el canvi climàtic afecta la biodiversitat, els canvis de l'ús del sòl i la disponibilitat d'aigua dolça. Però és que, a l'inrevés, la disponibilitat d'aigua dolça afecta la biodiversitat i els canvis d'ús del sòl, i pot agreujar el canvi climàtic. Aquesta és en part la raó per la qual sobrepassar els límits és tan perillós: ens acosta a punts de no retorn que es poden desencadenar en cascada. Per aquesta mateixa raó, qualsevol estratègia de mitigació dels problemes que afecten un dels límits planetaris s'ha

d'aplicar tenint-los en compte tots. No té sentit que per extreure els materials que necessitem per construir aerogeneradors i panells fotovoltaics contaminem de manera irreversible l'aigua de grans zones de l'Àsia i l'Àfrica. Tampoc no té sentit que, per assegurar la disponibilitat d'aigua dolça, destruïm els hàbitats d'ecosistemes essencials i irremplaçables. O que per evitar els mals ambientals de la desbocada mineria actual decidim continuar consumint combustibles fòssils, i que agreugem amb això el canvi climàtic. Necessitem un abordatge integral del problema ambiental, que en el fons n'és un de sol, amb múltiples facetes. A qui li importa de debò el medi ambient, li interessa tot en conjunt, no només la meitat.

La crisi ambiental enllaça de manera directa amb moltes altres qüestions urgents de la nostra societat insostenible, com la justícia social, el deute del Nord amb el Sud Global o els drets dels altres éssers vius amb els quals compartim el planeta. N'hi ha una, en particular, que em sembla clau destacar aquí: la salut planetària [Horton, 2015]. L'enfocament de la salut planetària és fins a un cert punt evident i al mateix temps revolucionari. Implica reconèixer que els humans som éssers vius i que necessitem ecosistemes saludables i funcionals, que la nostra salut no es pot deslligar de la de l'entorn on vivim, amb el qual establim múltiples interaccions, algunes de més òbvies i altres de més subtils. I, a conseqüència d'això, si el medi ambient està malalt, nosaltres també estarem malalts. En definitiva, la protecció del medi ambient no és un caprici de grenyuts idealistes i malcriats, sinó una qüestió, mai més ben dit, vital, ja que ens hi va la vida, literalment. I si el nostre sistema econòmic està dissenyat de tal manera

que no és capaç de preservar el medi ambient, llavors això vol dir que és un sistema econòmic malalt, patològic.

Justament, el gener del 2021 l'Agència Europea del Medi Ambient (AEMA), que respon solament davant la Comissió Europea, va publicar un informe breu titulat *Creixement sense creixement econòmic* [AEMA, 2021]. En aquest estudi, l'AEMA es preguntava si es podria fer compatible el creixement econòmic amb el respecte al medi ambient. La conclusió: un no rotund. L'única sortida a la situació actual passaria, per tant, per abraçar sistemes econòmics sense creixement o fins i tot en decreixement. Més encara: l'informe reconeix que fa falta molt més que solucions tecnològiques, critica explícitament el Pacte Verd Europeu perquè se centra en aquestes i apunta al fet que, atès el fort arrelament de la idea del creixement en la nostra societat, és necessari impulsar el canvi per vies democràtiques, i arriba a proposar que prenguem les comunitats on es viu amb més simplicitat com a font d'inspiració per a la innovació social que necessitem.

Ja hem vist que el nostre sistema econòmic està profundament malalt, perquè fa posar malalt el planeta i de retruc a nosaltres. Fins aquí ens hem cuidat del que surt del sistema, dels residus que genera, que impacten en el medi ambient i el degraden.

Però ara mirarem a l'altre costat de l'equació de la (in)sostenibilitat de la nostra societat, el que té a veure amb els inputs, amb el que hi entra. I aquí tindrem una sorpresa. Perquè si el problema dels residus és que ens fan posar malalts, el problema dels inputs és que s'estan esgotant. I això vol dir que el sistema està abocat a aturar-se de manera més o menys brusca.