



clàssic



Carl Sagan

Doctor en astrofísica i astronomia
10 de desembre de 1985

Testimoni sobre el canvi climàtic davant el Congrés d'EUA

Carl Sagan (1934-1996) va ser catedràtic a la Cornell University i va convertir-se en un popular divulgador científic, gràcies a programes com *Cosmos*. Sagan va ser una figura fonamental en diferents projectes científics, i impulsor de la Search for ExtraTerrestrial Intelligence [Cerca de vida intel·ligent extraterrestre]. Un dels seus camps d'investigació van ser els efectes hivernacle i les conseqüències que podien tenir en els seus entorns. Sagan va ser una veu que a la dècada de 1980 ja alertava dels perills de l'escalfament global i de la necessitat de combatre l'augment de temperatures fruit del desequilibri de l'efecte hivernacle.

Moltes gràcies. Senador [David] Durenberger, senador [Al] Gore, senador [Quentin] Burdick, és un plaer ser aquí. Entenc que la meva funció és donar alguna idea de què és l'efecte hivernacle, d'intentar explicar una mica aquest efecte en altres planetes i tornar a subratllar que es tracta d'un fenomen real. I llavors potser em podré permetre la llibertat de fer uns quants comentaris sobre què s'hi pot fer.

El poder dels éssers humans d'afectar, controlar i canviar el medi ambient creix a mesura que creix la nostra tecnologia, i en l'actualitat és evident que hem arribat a un punt en què som capaços, tant de manera intencionada com inadvertida, de provocar canvis significatius al clima i a l'ecosistema globals. Probablement, també ho hem estat fent a una escala menor durant moltíssim temps: per exemple, la tala i crema de boscos per convertir-los en conreus, l'artifatge —que probablement haurem estat practicant des de fa desenes de milers d'anys—, canvia el clima, fins a cert punt, perquè canvia l'albedo, és a dir, la reflectància del planeta Terra.

Que s'han produït canvis massius queda clar en el registre històric. Per exemple, Egipte va ser fa temps el graner de l'imperi romà, potser amb el mateix paper que juga avui l'Oest Mitjà nord-americà. Això ja no és així, és clar. Evidentment no seria un tema d'efecte hivernacle. Potser seria un tema de pasturatge excessiu, però és un exemple de com els humans són perfectament capaços de provocar aquests canvis inesperats i inadvertits.

Com que els efectes tenen impacte en més d'una generació humana, es tendeix a dir que no són el nostre problema. Per descomptat, aleshores no són un problema de ningú, ni de la meua missió, ni del meu mandat. És quelcom per al segle vinent. Que se'n preocupin el segle vinent! Però el problema és que hi ha efectes, i l'efecte hivernacle és un d'ells, que tenen constants de llarga durada. Si no ens en preocupem ara, més endavant serà massa tard. I així, en aquest tema com en tants altres, estem passant uns problemes extremadament greus als nostres fills, quan el moment de resoldre'ls, si és que es poden resoldre, és ara.

Si la pregunta és què determina el clima de la Terra, el principal determinant és, clarament, la llum solar. La llum solar és la que escalfa la Terra. No tota la llum que arriba a la Terra des del Sol es destina a escalfar la Terra. Part d'aquesta es reflecteix. Per una banda, una part s'absorbeix en una certa proporció per la superfície de la Terra; i per altra, i hi ha una certa proporció la qual irradia la superfície de la Terra cap a l'espai.

El que ens arriba del Sol es troba a la part visible normal de l'espectre, a la qual els nostres ulls són sensibles. El que la Terra irradia a l'espai és a la part infraroja de l'espectre. Ones més llargues que les roges a les quals els nostres ulls no són sensibles. Però com a forma de llum, és tan vàlida com a la que estem acostumats.

Ara si calculeu quina hauria de ser la temperatura de la Terra a partir de la quantitat de llum solar que s'absorbeix, igualant la radiació infraroja que s'irradiaria a l'espai, trobareu que la temperatura de la Terra, per aquest senzill càlcul, és massa baixa. Seria d'uns 30 graus centígrads

massa baixa. I per què és massa baixa? És massa baixa perquè s'ha exclòs alguna cosa del càlcul. Què ha quedat fora del càlcul? L'efecte hivernacle.

L'aire entre nosaltres és transparent, excepte a Los Angeles i llocs així [per la contaminació]. A la part visible normal de l'espectre, podem veure'ns. Però si els nostres ulls fossin sensibles a ones de quinze micres, a l'infraroig, per exemple, no ens podríem veure. L'aire entre nosaltres seria negre. I això és a causa, en aquest cas, del diòxid de carboni. El diòxid de carboni absorbeix molt notablement les ones de quinze micres. I altres longituds d'ona a l'infraroig. Així mateix, hi ha parts de l'espectre infraroig que les absorbeix el vapor d'aigua, on no podríem veure'ns ni a la distància en què ens trobem en aquesta sala.

Si afegiu aquests gasos absorbents d'infrarojos a un planeta, el que passa és que la llum solar entra com abans. Però quan la superfície intenta irradiar l'espai infraroig, queda bloquejat. Es troba obstaculitzat pels gasos absorbents. Per tant, la temperatura de la superfície ha

d'augmentar perquè hi hagi un equilibri entre el que entra i el que surt. Així que aquest és l'efecte hivernacle. És un nom equivocat per més d'un motiu. És un nom inadequat en particular perquè no és així com funciona un hivernacle de floricultura, però aquesta és una qüestió molt menor.

Hi ha altres gasos que absorbeixen l'infraroig, tots, molts dels quals ja s'han esmentat: l'òxid nitrós, el metà, els hidrocarburs halogenats. I aquests són productes, en part, agrícoles. Es tracta de fertilitzants, refrigerants, esprais aerosols... tots ells productes de la nostra tecnologia. No generem gaire aigua a l'atmosfera, però sens dubte generem una gran quantitat de diòxid de carboni mitjançant la crema de llenya i combustibles fòssils, i d'activitat aparentment benigna. Qui pot oposar-se a què els humans cremin petroli i carbó, gas i fusta?

Voldria subratllar que l'efecte hivernacle fa possible la vida a la Terra. Si no hi hagués efecte hivernacle, la temperatura seria, com dic, uns 30 graus centígrads més freda. I això està molt per sota del punt de congelació de l'aigua a tot el planeta. Al

cap d'un temps, les mars quedarien solidificades.

Una mica d'efecte hivernacle és bo, però hi ha un equilibri delicat d'aquests gasos invisibles, i massa o massa poc efecte hivernacle pot significar una temperatura massa alta o massa baixa. I aquí estem abocant enormes quantitats de CO_2 i d'aquests altres gasos a l'atmosfera cada any, gairebé sense preocupar-nos per les seves conseqüències a llarg termini i a escala global.

Ara bé, sens dubte es desconeixen la totalitat dels aspectes de com afecta el clima l'augment del CO_2 i dels altres gasos a l'atmosfera. Encara hi ha moltes incerteses, però el panorama general és, penso, força clar i força entès i acceptat.

Però queden preguntes sobre els aerosols i sobre els núvols. S'escalfa la Terra. Quin augment o disminució de la nuvolositat hi ha? Com canvia això l'albedo o reflectància de la Terra? Queden preguntes sobre l'oceà i el seu temps de resposta a un augment de CO_2 . Hi ha efectes retroactius, i per tant, val la pena gastar uns

diners addicionals en més investigacions sobre el tema.

Un altre tema són els canvis significatius de temperatura a la Terra entre les edats glacials i no glacials, en els períodes de temps glacials i interglacials, que semblen estar relacionats amb canvis força menors en la quantitat de llum solar que arriba a la Terra a causa de canvis en les característiques de l'òrbita del planeta. I això suggereix que el sistema climàtic de la Terra pot dependre molt sensiblement del tipus de factors dels quals estem parlant aquí. I és per això que té sentit estudiar els anteriors canvis climàtics a la Terra, per intentar calibrar-ho una mica.

Una altra font de calibratge són els altres planetes. Tot planeta amb atmosfera té algun grau d'efecte hivernacle. El cas més espectacular, i amb diferència, és l'efecte hivernacle de Venus. És el planeta més proper, amb més o menys la mateixa densitat radi-massa que la Terra. Però és espectacularment diferent en diversos aspectes, un dels quals és que la temperatura de la superfície és d'uns 470 graus centígrads, 900 Fahrenheit. I

aquesta temperatura enorme no es deu al fet que estigui més a prop del Sol, perquè Venus està envoltat de núvols brillants i, de fet, donat que reflecteix tanta llum cap a l'espai, si aquest element fos l'únic que hi intervingués, seria més fred i no pas més càlid que la Terra.

La raó d'aquesta temperatura absurdament alta a la superfície de Venus, de la que se'n té bon coneixement, vull dir que les naus espacials soviètiques han aterrat a Venus i, efectivament, han tret un termòmetre. No hi ha dubte que la temperatura de la superfície és molt alta, i posteriorment les naus espacials dels EUA també ho han fet. El motiu és un efecte hivernacle massiu en el qual el diòxid de carboni juga un paper important.

Ara bé, la quantitat de CO_2 a l'atmosfera de Venus és molt més gran que aquí. L'atmosfera és gairebé exclusivament diòxid de carboni, i n'hi ha 90 vegades més allà que no pas aquí. Però és un indicatiu del que pot passar en un cas extrem.

Mireu Mart o Júpiter o Tità, la gran lluna de Saturn, i teniu exemples ad-

icionals d'efectes d'hivernacle, diferents gasos, amb diferents quantitats de llum solar que arriba a la superfície, diferents nuvolositats i albedos planetàries. I en tots aquests casos també hi ha un efecte hivernacle.

A més a més, s'ha pogut calcular aquests efectes d'hivernacle força acuradament, de manera que el tipus d'arsenal teòric que s'utilitza per calcular l'efecte hivernacle, els canvis de l'efecte hivernacle a la Terra, també s'utilitza per a altres planetes i, per tant, es pot calibrar d'alguna manera en contrast amb aquests altres astres. Si seguim obtenint la resposta correcta en tots aquests casos diferents, probablement és que entenem bastant bé com funcionen els efectes hivernacle.

Tanmateix, valdria la pena, en la línia que comentava el senador Gore, tenir un programa ampliat mitjançant la NASA per entendre els efectes d'hivernacle en altres planetes. Aquesta podria ser una aplicació molt pràctica d'exploració planetària.

Tal com heu escoltat, les millors estimacions mostren, sens dubte, certa incertitud, que al ritme

actual de crema de combustibles fòssils, del ritme actual d'augment de gasos absorbents d'infrarojos menors a l'atmosfera terrestre, hi haurà un augment de la temperatura de diversos graus centígrads a la mitjana global de la Terra a mitjans i finals del segle pròxim. I això té diverses conseqüències, inclosa la redistribució dels climes locals i, a través del desglaç de les glaceres, un augment del nivell global del mar. Hi ha preocupació a una escala de temps una mica més llarga per l'enfonsament de la capa de gel de l'Antàrtida Occidental i un augment general de molts metres del nivell del mar.

Així que tenim un mal auguri. Certament, cal fer més investigació, però com dic, hi ha un consens. Què es pot fer al respecte? La idea que hauríem de deixar de cremar combustibles fòssils immediatament té conseqüències econòmiques tan greus que ningú s'ho prendrà seriosament, és clar. Però hi ha moltes altres coses que es poden fer. Una té a veure amb les subvencions als combustibles fòssils. Amb menys subvencions governamentals, se'n podria fomentar un ús més eficient.

En segon lloc, hi ha fonts d'energia alternatives, algunes de les quals són útils, almenys a escala local. L'energia solar és sens dubte una que podria ser d'ús més general, o bé centrals elèctriques de fissió segures que, en principi, són possibles. I després, a una escala de temps més allargada, la perspectiva de la fusió, les centrals d'energia de fissió i fusió en principi no expulsen gasos que absorbeixin la radiació infraroja i, per tant, siguin quins siguin els problemes que puguin provocar, no provoquen un problema d'efecte hivernacle.

Voldria concloure dient només algunes paraules sobre la mena de perspectiva que ens planteja aquest problema, així com els problemes relacionats. Aquí tenim un problema que transcendeix la nostra generació en particular. És un problema intergeneracional si no fem el cal ara, hi ha problemes molt greus que hauran d'afrontar els nostres fills i nets. També és un problema global.

No serveix de res que només una o dues grans nacions industrials adoptin mesures perquè s'eviti un augment encara més important del

CO₂ i d'altres gasos d'efecte hivernacle, perquè altres nacions poden causar el problema per si soles a través del seu propi desenvolupament industrial.

I no diré que això sigui inevitable, però només per posar un exemple: les reserves de carbó més grans del planeta són als EUA, a l'URSS i a la Xina. La Xina està experimentant un desenvolupament industrial molt important, i la crema de carbó és sens dubte quelcom que, mirant al futur, deu ser molt atractiu per als xinesos.

Diria que no hi ha manera de resoldre aquest problema, fins i tot si els EUA i la URSS arribessin a un acord completament bo sobre aquest tema sense implicar la Xina i moltes altres nacions que es desenvoluparan ràpidament en el període de temps de què parlem.

Així que heus aquí una percepció que les nacions que afronten aquest problema han de canviar la seva tradicional preocupació en si mateixes i no pel planeta i les espècies —canviar els tradicionals objectius a curt termini per objectius a llarg termini. I hem de tenir en compte que, amb

problemes com aquest, a les etapes inicials de l'augment de la temperatura global, una regió del planeta podria beneficiar-se'n mentre una altra regió del planeta ho patís, i hi ha d'haver una mena de compensació entre beneficis i patiment, i això requereix un grau d'entesa internacional que, sens dubte, avui no existeix.

Crec que el que és essencial per a aquest problema és una consciència global, una visió que transcendeixi les nostres identifications exclusives amb els agrupaments generacionals i polítics en què, per casualitat, hem nascut. La solució a aquests problemes requereix una perspectiva que abraçi el planeta i el futur, perquè tots estem junts en aquest hivernacle. Gràcies, senyor president. ■