

# VARIAZIONI CLIMATICHE

# TUTTA COLPA

# DELL'EFFETTO SERRA?



Trasposizione impropria del comportamento del vetro delle serre a quello dell'atmosfera terrestre, il cosiddetto "effetto serra" è solo in parte responsabile dei cambiamenti nel clima, sui quali incidono fenomeni ancora poco studiati o conosciuti.

di **GIORGIO PRINZI**

**L'**attuale dibattito sull'energia è fortemente condizionato dai cambiamenti climatici in corso, legati all'innalzamento della temperatura media terrestre attribuito (ma senza prove risolutive) ai cosiddetti "gas serra", in primo luogo all'anidride carbonica il cui tasso di incremento, riconducibile alle attività antropiche, è determinabile con buona approssimazione in quanto sono note le quantità immesse nell'atmosfera come prodotti della combustione.

Cosa sono i "gas serra", e cos'è il cosiddetto "effetto serra"? La serra è un edificio, in genere con basse mura perimetrali in pietra e pareti e tetti di vetro montati su intelaiature di materiale poco conduttivo del calore, al cui interno si crea una temperatura più elevata, che consente la coltivazione o la forzatura di determinate colture. Come funziona una serra? Il vetro ha la caratteristica di essere trasparente alla luce visibile mentre è opaco all'infrarosso, la radiazione termica emessa da tutti i corpi. La luce solare penetra così nella serra attraverso il vetro, viene assorbita in percentuale più o meno elevata da quanto presente all'interno della serra stessa e, sempre al suo interno, riemessa nello spettro dell'infrarosso, cui però il vetro è opaco. L'energia rimane pertanto "imprigionata" all'interno della serra, provocando un differenziale di temperatura rispetto

all'esterno. Abbiamo scritto "imprigionata" tra virgolette perché in realtà una serra non impedisce affatto la trasmissione del calore dall'interno verso l'esterno, che avviene per fenomeni diversi da quelli dell'irraggiamento (vale a dire per convezione, conduzione o adduzione). La Terra con la sua atmosfera può essere paragonata a una sorta di serra che gira intorno al sole? Assolutamente no, se si fa riferimento ai meccanismi che ne regolano l'equilibrio termico, che non sono affatto riconducibili al comportamento di una serra. La stessa definizione di "gas serra" è una forzatura, in quanto la caratteristica dei gas presenti nell'atmosfera è di assorbire determinate bande dell'energia radiante, restituendola con brevissimo ritardo in un'altra gamma di frequenza.

La traslazione all'atmosfera del comportamento del vetro, che consente la realizzazione delle serre quali accumulatori e volani d'energia, è errata perché il vetro lascia passare la banda del visibile, che è il grosso della radiazione entrante, mentre impedisce la fuoriuscita dell'IR, che è il grosso della radiazione generata all'interno. Nelle serre il viraggio di banda tra radiazione entrante e uscente non è generato dal vetro ma dalla materia organica (le piante) e inorganica (suolo, pietrame, e altro) che si trova all'interno, la quale assorbe, scaldandosi, la banda del visibile, mentre in fase di raffreddamento emette energia IR, che il vetro

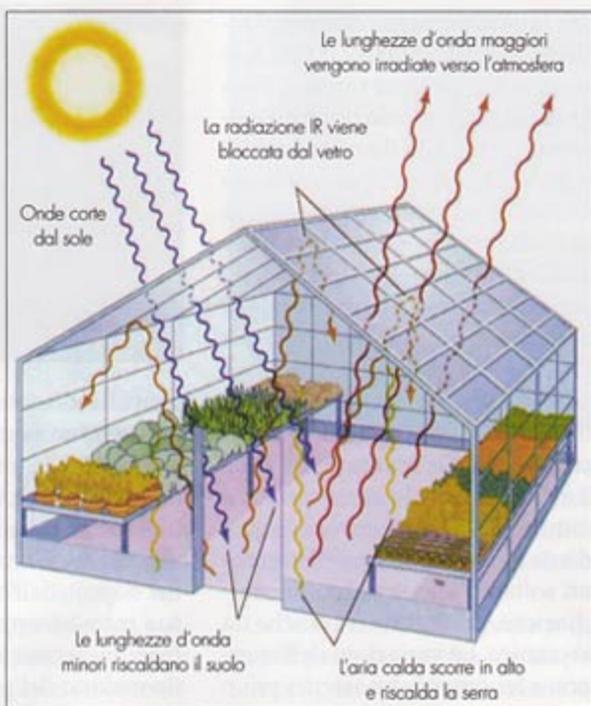
*Sopra: le emissioni di CO<sub>2</sub> sono particolarmente rilevanti da parte delle centrali a carbone, ancora diffuse nei paesi che possono contare su notevoli giacimenti di questo minerale.*

poi "intrappola" impedendone il passaggio. Cosa fa invece un "gas serra"? Assorbe solo alcune componenti dello spettro, incrementando la sua energia interna, ma in tempi estremamente brevi (anche inferiori al milionesimo di secondo) restituisce la stessa energia in una frequenza diversa. È un comportamento che non è affatto assimilabile a quello delle pareti di vetro, in quanto i cosiddetti "gas serra" fungono in realtà da variatori di frequenza e non da "trappole" (o da filtri selettivi). La stessa terminologia di "gas serra" risulta pertanto fuorviante, in quanto assimila il comportamento di tali gas a quello dei vetri delle serre, che è di tutt'altra natura.

La terminologia risale in realtà a un periodo in cui sia l'anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ) che il vapor d'acqua, generati nella combustione degli idrocarburi, non venivano (in quanto componenti dell'atmosfera) considerati inquinanti, né gli si attribuiva la capacità di influire sugli andamenti climatici di medio e lungo periodo. Senza porsi i problemi attuali, si affermava allora che l'atmosfera funge da "serra planetaria", impedendo un rapido e brusco raffreddamento della Terra.

Questo non è l'unico errore di fondo. Nell'ambito della stessa interpretazione di "effetto serra" si pone l'accento quasi esclusivo sul ruolo che nel fenomeno gioca il  $\text{CO}_2$ , che non è certo l'unico componente a presentare bande di assorbimento e di emissione significative ai fini del bilancio di radiazione terrestre: il maggior "effetto serra" (per via dello spettro più ampio) è dovuto in realtà al vapore acqueo, che è il principale componente dei cosiddetti gas serra, presente in quantità variabile in funzione della temperatura.

Sotto il profilo dell'immagazzinamento dell'energia termica e del successivo rilascio, il vapore acqueo ha un impatto più forte del  $\text{CO}_2$  in quanto, oltre agli aspetti legati all'irraggiamento, presenta anche quelli dovuti al passaggio di fase (da vapore a liquido e viceversa), che coinvolge quantità di energia superiori a quelle in gioco nei fenomeni di eccitazione atomica o molecolare. Se i valori della temperatura terrestre in prossimità del suolo e negli strati più bassi dell'atmosfera fossero effettivamente legati ai meccanismi del cosiddetto "effetto serra" le banalissime variazioni di umidità avrebbero un effetto devastante sulla stabilità del clima, superiori a quelle, già rilevanti, del vapor d'acqua nelle intemperie e nelle perturbazioni.



A sinistra: una schematizzazione del "vero" effetto serra, che consiste nell'aumento di temperatura all'interno dell'ambiente a causa dell'intrappolamento della radiazione IR da parte delle pareti di vetro. In basso a destra: una schematizzazione dell'effetto serra attribuito ai gas presenti nell'atmosfera; come spiega l'articolo, il fenomeno richiede tuttavia una più corretta interpretazione. Accanto: emissioni inquinanti da parte di un impianto industriale.

Ogni corpo emette energia secondo una legge fisica, in funzione della sua temperatura assoluta. Se si assume la Terra come un emettitore di radiazioni ideali e si pone, all'equilibrio, l'eguaglianza tra il flusso di energia ricevuto dal Sole e quello riemesso in tutte le direzioni dal pianeta, questo può essere assimilato a un solido che irradia secondo la curva caratteristica del corpo nero a  $258^\circ\text{K}$  ( $-15^\circ\text{C}$ ). L'osservazione dalla spazio conferma, col dato sperimentale, l'andamento teorico: si tratta in realtà di una "media alla Trilussa", nel senso che non è sufficiente a descrivere un fenomeno estremamente complesso di stratificazioni termiche, caratterizzate da forti escursioni e da un andamento anomalo tra gli strati più vicini al suolo e quelli a quote più elevate.

La temperatura varia sensibilmente con l'altezza: fino a una quota di 10-12 km diminuisce regolarmente di  $0,5-0,7^\circ\text{C}$  ogni 100 m di elevazione, sino a raggiungere circa  $-55^\circ\text{C}$ ; da 12 km in su riprende ad aumentare, sino a raggiungere di nuovo lo zero a 50 km di quota. Da questo punto la temperatura torna nuovamente a diminuire con l'elevazione sino a raggiungere valori tra  $-70$  e  $-100^\circ\text{C}$  a 80-90 km, al disopra dei quali

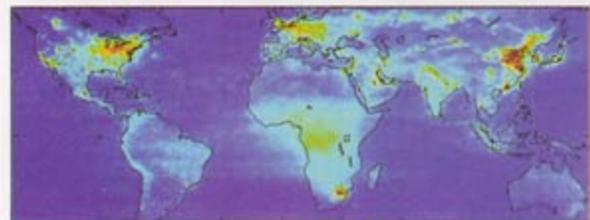


si registra di nuovo un rapido aumento che raggiunge, negli strati atmosferici più alti, i  $1.000 \div 2.000^\circ\text{C}$  (valore che, in considerazione dell'estrema rarefazione a quelle altezze, ha significato solo in relazione all'agitazione termica delle molecole). Già da questi dati è evidente che parlare di "effetto serra", paragonando i bassi strati dell'atmosfera terrestre al rivestimento in vetro delle serre, è del tutto improprio.

Un altro fatto da considerare è che i microclimi locali vengono significativamente influenzati, come è dimostrato dall'esperienza, da interventi sul territorio quali bonifiche, cementificazioni, cambi di colture o di vegetazione. Il clima globale è un'entità convenzionale, media di altre "medie alla Trilussa", in quanto la circolazione atmosferica non è globale ma avviene a zone chiuse, con scambi di masse d'aria solo in concomitanza delle periodiche rotture dei "fronti", caratterizzate da violente correnti d'aria in quota. Gli equilibri atmosferici non sono legati soltanto allo scambio di energia sotto forma di radiazioni, ma dipendono anche da equilibri di natura meccanica. Le variazioni dell'energia disponibile portano a fenomeni atmosferici più o meno intensi (venti, tempeste, precipitazioni), evidenti agli occhi di tutti: ma si tratta sempre di variazioni dell'energia, non di traslazioni di frequenza dell'energia radiante o di un eventuale "effetto volano", nel senso di disponibilità differita nel tempo.

Tutti i fenomeni atmosferici, compreso il cosiddetto "effetto serra" dovuto all'assorbimento (o alla cessione) di energia da parte di alcuni gas, dissipano energia o la rendono disponibile a processi dissipatori di tipo meccanico. La capacità termica dell'atmosfera e il suo effetto di volano termico non sembrano essere significativamente influenzati dall'effetto dei gas serra sulla frequenza dell'energia emessa ed assorbita, quanto piuttosto dal calore specifico dell'aria (sul cui valore incidono le variazioni di composizione) e dalla capacità termica del vapore acqueo, un elemento decisamente anomalo rispetto agli altri "gas serra" in quanto, come si è già rilevato, scambia notevoli quantità di energia nel passaggio di fase, fungendo così da principale regolatore termico dei microclimi locali. Fondamentali risultano anche gli equilibri meccanici dell'atmosfera, in quanto l'aria trasporta la maggior parte del calore per convezione.

Una controprova empirica è fornita da quanto si verifica su Marte, la cui atmosfera, sia pure estremamente rarefatta, è composta al 95% da  $\text{CO}_2$ . L'innalzamento di  $5^\circ\text{C}$  della temperatura superficiale del pianeta rispetto al valore teorico in assenza di atmosfera sembra attribuibile all'effetto coibente della stessa e alla sua capacità termica, che viene poi dissipata in fenomeni meccanici (quali le tempeste di sabbia). L'atmosfera, per esprimersi con una metafora, è una sorta di "ma-



*A sinistra: un'immagine dell'uragano Katrina sovrapposta alla carta degli Stati Uniti; l'esatta individuazione delle cause delle variazioni climatiche resta problematica, a motivo della complessità dei fenomeni coinvolti e del livello di conoscenze ancora limitato (US Navy). In basso: una mappatura dell'inquinamento atmosferico prodotto da  $\text{NO}_x$ .*

glione" indossato dai pianeti. La Terra, oltre al "maglione", sembra avere anche una "termomaglia" elettrica. Di che cosa si tratta? Per rispondere è necessaria una nuova digressione, questa volta sul Giove.

Le sonde Pioneer nel 1973 e Voyager nel 1979 hanno rilevato che Giove emette sotto forma di radiazione più del doppio dell'energia che riceve dal Sole. Essendo la sua massa troppo piccola per consentire l'innescio di reazioni termonucleari, si ritiene che tale energia sia un residuo del potenziale gravitazionale accumulato al momento della contrazione della nube di gas che generò il pianeta. Particelle elettricamente cariche in moto all'interno di un campo elettromagnetico emettono radiazione elettromagnetica: al fenomeno è stato dato il nome di "effetto dinamo" perché, in analogia a quanto avviene in una dinamo, rotazioni relative all'interno dei nuclei planetari "elettrizzati" generano un flusso di emissioni. L'effetto dinamo caratterizza anche la Terra, alla stregua di tutti i pianeti che possiedono un nucleo fluido elettricamente carico.

Il professor Giovanni Gregori, dell'Istituto di Fisica dell'Atmosfera del CNR, notò negli anni '90 che le curve relative all'intensità di alimentazione di Etna e Vesuvio nel corso degli ultimi sei secoli erano non solo correlate tra loro, ma – fatto inaspettato e sorprendente – lo erano anche, senza ritardi di fase, con l'andamento dell'attività solare. Ripetuta l'analisi per tutti i vulcani (in totale 36) per i quali si dispone di dati significativi in epoca storica, si verificò che l'andamento era sincrono in tutto il globo: era il primo passo per cominciare a dare una spiegazione plausibile al problema del magnetismo terrestre.

Il nucleo interno della Terra non è omogeneo, per cui si verificano scorrimenti relativi dei vari strati fluidi che, a causa delle disomogeneità elettriche indotte dall'attività solare e da altri fenomeni astrofisici, generano il campo magnetico terrestre, soggetto a notevoli variazioni (nell'arco di 71 milioni di anni, per ben 171 volte si è avuta addirittura un'inversione di polarità, col polo Nord magnetico che si è venuto a trovare al polo Sud geografico). Recenti dati satellitari evidenziano deformazioni elastiche nella forma terrestre e variazioni nelle linee di forza del campo magnetico: tutto questo comporta grandi energie in gioco, che non possono non influenzare a loro volta il clima sul pianeta.

Nel bilancio energetico dell'irraggiamento questa componente non compare, e le anomalie vengono attribuite ai gas serra, specialmente all'incremento del contenuto di  $\text{CO}_2$  dovuto all'attività industriale (e alla

generazione di energia con combustibili fossili). Non si tiene invece conto del flusso energetico che, per l'effetto dinamico, promana dall'interno della Terra e che, con le sue variazioni, potrebbe essere concausa determinante delle mutazioni climatiche. I vulcani, secondo la teoria dell'effetto dinamico, rappresentano una sorta di valvola di sfogo dell'energia endogena, che si dissipa in superficie sotto forma di calore.

L'induzione della dinamo magneto-idrodinamica con cui viene schematizzata la Terra risulta influenzata anche dal comportamento del Sole, dando vita a un fenomeno estremamente complesso; sembra infine che ogni 27,4 milioni di anni si verifichi nella placca del Pacifico, in prossimità delle Hawaii, uno sfianto generale associato a una "alluvione magmatica". Qual è l'entità di questo flusso endogeno? Apparentemente si tratta di un valore trascurabile, dell'ordine di un decimillesimo del flusso radiativo, ma comunque in grado di influire sugli andamenti climatici per le implicazioni che esso ha sulla temperatura dei mari, sull'andamento delle correnti e sull'evaporazione degli oceani. A causa delle emissioni dei vulcani l'effetto dinamico interferisce anche sulla composizione atmosferica e sulle percentuali di "gas serra" in essa contenuti, in particolare per quanto riguarda il CO<sub>2</sub>.

Le variazioni climatiche non sono una novità della società industriale e post industriale: si hanno notizie di notevoli variazioni nel corso dell'ultimo millennio, riportate da numerosi grafici. In particolare nei primi secoli del secondo millennio si ebbe un periodo climatico mite, che permise la coltivazione nell'Europa settentrionale della vite e del grano, nonché l'espansione verso nord di foreste in aree prima coperte da ghiacci "perenni". La temperatura salì gradualmente fino a superare, alle nostre latitudini, di oltre un grado il valore della media attuale, mentre nel nord Europa il differenziale raggiunse anche i 3-4°C.

Col finire del XV secolo la temperatura tornò a valori più bassi, tanto che i ghiacciai ricoprirono nuovamente il Nord America e l'Europa settentrionale. Periodi di forte gelo si alternarono con altri più miti: il secolo XV e parte del XVI furono particolarmente freddi, tanto che si verificarono gelate del Baltico, del Tamigi, dei grandi fiumi europei e persino del Po e della Laguna di Venezia. In molte regioni cessò di es-



sere praticata l'agricoltura, con rilevanti conseguenze demografiche: nei paesi scandinavi gli abitanti si ridussero di due terzi, mentre le valli alpine vennero abbandonate dalle popolazioni costrette ad emigrare verso sud.

Dalla metà del XVI secolo a quella del XIX si registrò il periodo più freddo dopo la glaciazione quaternaria, tanto che esso viene oggi definito come il periodo della "piccola glaciazione". Si susseguirono inverni lunghissimi, con nevicate ininterrotte di 2-3 mesi: particolarmente rigido fu il 1816, nel corso del quale in alcune regioni del Canada il termometro, in pieno mese di giugno, superò di poco lo zero. La temperatura riprese a salire verso la fine dell'800, con una tendenza proseguita anche in seguito.

Fu al termine della "piccola glaciazione", dopo che alcuni "scienziati" del tempo si erano sbizzarriti in interpretazioni che nulla hanno da invidiare a certe prese di posizione odierne, che nel 1824 il fisico Jean Baptiste Fourier introdusse la teoria dell'effetto serra: teoria che oggi, disponendo di strumenti d'indagine ben più raffinati, dovrebbe essere riveduta, anche per evitare il rischio di prendere decisioni costosissime e di grande impatto, suscettibili di produrre catastrofi di portata maggiore di quelle che si vorrebbero prevenire.

La teoria dell'effetto dinamico non spiega molte cose, a partire dalle fluttuazioni riscontrate nei ghiacci millenari che testimoniano di variazioni rilevanti della quantità di CO<sub>2</sub> presente nell'atmosfera, in periodi nei quali le attività umane producevano emissioni trascurabili. Per contro, le prime applicazioni dell'effetto dinamico all'analisi dei microclimi locali hanno già consentito di prevedere in anticipo, e con notevole approssimazione, il verificarsi di eventi climatici eccezionali, nei casi in cui a monte si dispone di dati sufficienti a risalire alla loro periodicità.

Secondo la teoria dell'effetto dinamico, l'incremento dell'anidride carbonica atmosferica potrebbe non dipendere tanto dalle attività umane, quanto dalle emissioni naturali e da variazioni nella fenomenologia chimico-fisica che regola gli equilibri di rilascio ed assorbimento, in particolare degli oceani. In ogni caso, se i sostenitori dell'effetto serra ritengono che le variazioni climatiche siano provocate dalle emissioni antropiche di CO<sub>2</sub> dovrebbero coerentemente farsi paladini dell'energia nucleare che, non bruciando fossili, non produce anidride carbonica. ●

*In alto a destra: fra le cause di lungo periodo delle variazioni climatiche vi sono anche i fenomeni endogeni e vulcanici. Sotto: il grafico associa le variazioni di temperatura registrate sulla terra negli ultimi 160mila anni alla concentrazione di metano e anidride carbonica nell'atmosfera.*

