

OBIETTIVO

13 LOTTA CONTRO
IL CAMBIAMENTO
CLIMATICO



LOTTA CONTRO IL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Promuovere azioni, a tutti i livelli, per combattere il cambiamento climatico.

■ Traguardo 13.2

Integrare le misure di cambiamento climatico nelle politiche, strategie e pianificazione nazionali.

■ Traguardo 13.3

Migliorare l'istruzione, la sensibilizzazione e la capacità umana e istituzionale per quanto riguarda la mitigazione del cambiamento climatico, l'adattamento, la riduzione dell'impatto e l'allerta tempestiva.

Che clima che fa

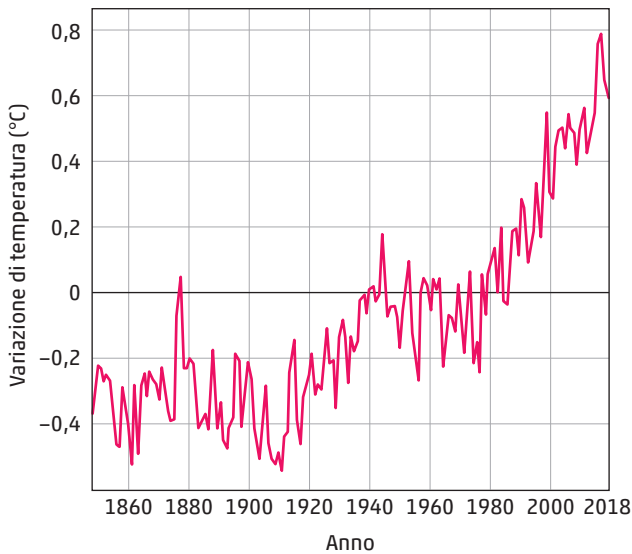
di V. Barone

Il clima sta davvero cambiando? E quali sono le cause di questo cambiamento? L'analisi delle misure dirette e sistematiche della temperatura terrestre e della concentrazione di gas serra in atmosfera ci aiuta a modellizzare le loro variazioni nel tempo e a comprendere gli effetti che queste possono avere sul pianeta dal punto di vista fisico, ambientale e socioeconomico. E soprattutto possono guidarci nelle nostre decisioni future.



➤ Negli ultimi tempi, il tema del **cambiamento climatico**, cioè della rapida alterazione del clima terrestre, è entrato prepotentemente nel dibattito pubblico. La prima domanda da porsi è naturalmente questa: il clima sta davvero cambiando? La risposta della scienza al riguardo è inequivocabile: **il cambiamento climatico** (in particolare, il **riscaldamento globale**, ossia l'aumento della temperatura media del pianeta) **è un fatto accertato**. Ci si può chiedere allora se questo cambiamento abbia origini naturali o antropiche. Le ricerche degli ultimi decenni forniscono una risposta altrettanto chiara (sebbene espressa in termini probabilistici): è altamente probabile che il cambiamento climatico in atto sia dovuto all'uomo e alle sue attività. Disponiamo di misure dirette e sistematiche della temperatura terrestre a partire dalla seconda metà

dell'Ottocento. Queste misure mostrano chiaramente che la temperatura è cresciuta di più di 1 °C dal 1900 a oggi, e di 0,8 °C solo negli ultimi cinquant'anni. In assenza di contromisure, l'aumento arriverà a qualche grado entro la fine del secolo. **Può sembrare una variazione minima, ma gli effetti sono gravissimi** e già sotto gli occhi di tutti: fusione dei grandi depositi glaciali con conseguente innalzamento del livello dei mari (attualmente circa 20 cm più alti rispetto a un secolo fa, con gravi rischi per le zone costiere del pianeta, dove vive il 10% della popolazione mondiale), tropicalizzazione del clima nelle aree temperate, inaridimento delle terre, perdita di produttività delle coltivazioni (per ogni grado in più di temperatura si calcola che il raccolto del grano decresca del 5%), aumento degli eventi climatici estremi.



Variazione della temperatura terrestre rispetto alla media del periodo 1961-1990 (la cosiddetta *anomalia di temperatura*).

Le cause del riscaldamento globale

Gli studi climatologici mostrano che la causa dominante del riscaldamento globale è di natura antropica e risiede nell'**aumento dei gas serra dell'atmosfera** (soprattutto il diossido di carbonio), legato in gran parte all'uso dei combustibili fossili. Già nel 1824, il fisico francese Joseph Fourier aveva osservato che la radiazione termica riemessa dall'atmosfera terrestre verso la superficie della Terra mantiene il nostro pianeta a una temperatura maggiore di quella che esso avrebbe se fosse esposto direttamente allo spazio esterno. *L'effetto serra* è dovuto al fatto che alcuni gas presenti nell'atmosfera – quelli in bassa concentrazione, come il vapore acqueo, il diossido di carbonio, il metano – sono trasparenti alla radiazione solare (che è in prevalenza nel visibile) ma assorbono la radiazione emessa dalla superficie terrestre (che è in prevalenza nell'infrarosso). La radiazione viene poi riemessa dai gas in direzione sia dello spazio esterno sia della superficie terrestre: è quest'ultima componente che fa sì che la temperatura media sulla Terra sia di circa 30 °C superiore a quella che avremmo in assenza di atmosfera. Quantitativamente, della



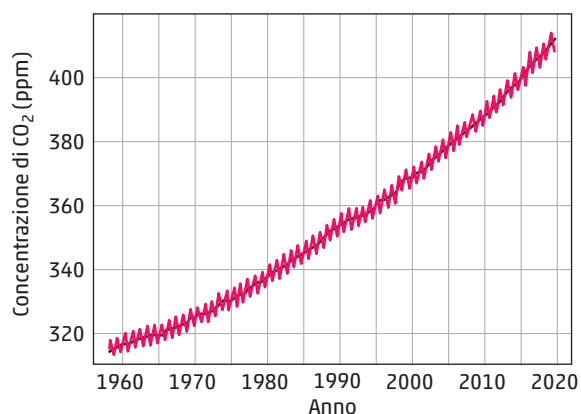
Il grande responsabile del riscaldamento globale è il diossido di carbonio

potenza irradiata dalla superficie terrestre (circa 400 W/m²), il 60% viene disperso nello spazio, mentre la parte restante mantiene la Terra alla temperatura ideale per noi e per la biosfera. **L'effetto serra svolge dunque un ruolo cruciale nel rendere il nostro pianeta un luogo adatto alla vita.** Nell'ultimo secolo, tuttavia, l'eccesso di gas serra nell'atmosfera ha prodotto un riscaldamento anomalo di cui stiamo cominciando a pagare le conseguenze. I due gas serra principali sono il vapore acqueo, responsabile della maggior parte dell'effetto, e il diossido di carbonio. La concentrazione atmosferica del vapore acqueo è determinata dai processi naturali di evaporazione e condensazione, e non è modificata in modo significativo dalle emissioni umane. Il vapore acqueo, quindi, non contribuisce direttamente al cambiamento climatico, ma entra in gioco quando altre variabili determinano un innalzamento della temperatura (e quindi una maggiore evaporazione). **Il grande responsabile del riscaldamento globale è il diossido di carbonio, il cui eccesso in atmosfera è dovuto soprattutto all'uso dei combustibili fossili.**

Il primo scienziato a ipotizzare, nel 1896, che le emissioni antropiche del diossido di carbonio potessero portare a un aumento della temperatura media della Terra fu lo svedese Svante Arrhenius. All'epoca, però, le emissioni di diossido di carbonio erano ancora basse, e la prospettiva di un sensibile riscaldamento della superficie terrestre era remota. Oggi la situazione è profondamente cambiata e i rischi sono diventati tangibili.

Il carbonio ha un proprio ciclo naturale, con scambi continui tra l'atmosfera, la biosfera, il terreno e gli oceani. Questi scambi, sebbene quantitativamente superiori (di un fattore dieci) a quelli provocati dalle attività dell'uomo, si compensano, lasciando invariata la concentrazione atmosferica di CO₂. **L'emissione antropica di diossido di carbonio ha perturbato l'equilibrio**, provocando un rapido e massiccio accumulo di questo gas. Attualmente vengono emesse 36 gigatonnellate di CO₂ all'anno, in gran parte dalla combustione di carbone, petrolio e gas naturale, con un piccolo contributo anche dalla

produzione di cemento. Dal 1990 le emissioni sono aumentate del 50% circa, e nel periodo 2000-2010 sono cresciute più velocemente che nei trent'anni precedenti. L'effetto di questa massiccia produzione di CO₂ è mostrato nella figura sotto, in cui si vede che la concentrazione del diossido di carbonio in atmosfera, dai tempi delle prime misure effettuate dallo scienziato statunitense Charles Keeling, più di cinquant'anni fa, è cresciuta del 30%, superando attualmente il valore di 410 ppm (in epoca preindustriale si stima che la concentrazione fosse di 280 ppm).



Concentrazione di CO₂ in atmosfera (dati Osservatorio Mauna Loa, novembre 2019).

I modelli globali del clima

Per stimare quantitativamente l'effetto dei vari fattori naturali e antropici, è necessario ricorrere ai **modelli globali del clima**, che negli ultimi anni sono divenuti sempre più accurati. Nel 1988, le Nazioni Unite hanno creato l'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), un organismo internazionale costituito da centinaia di scienziati che analizza le ricerche climatologiche pubblicate sulle riviste specialistiche sintetizzando periodicamente lo stato delle conoscenze.

I rapporti dell'IPCC rappresentano il riferimento scientifico più autorevole e affidabile sulla questione del cambiamento climatico, in tutti i suoi aspetti: fisici, ambientali, socioeconomici. Nell'ultimo rapporto dell'IPCC, si mostra come la variazione della potenza radiativa netta sulla superficie terrestre dall'inizio dell'era industriale ai nostri giorni – dovuta in larga parte all'eccesso di gas serra di origine antropica – sia di circa



2,3 W/m² (il doppio rispetto al 1980) e spieghi l'aumento della temperatura media osservato. L'IPCC ha studiato vari scenari di evoluzione del clima, distinti in base ai provvedimenti che verranno eventualmente adottati. Se non si farà nulla per ridurre le emissioni, l'IPCC prevede che la concentrazione atmosferica di CO₂ alla fine di questo secolo sarà più che doppia rispetto a quella attuale e la temperatura media della Terra crescerà di quasi 4 °C. Solo nel caso di una riduzione drastica delle emissioni, l'aumento della temperatura potrà essere limitato a meno di 2 °C rispetto al 2000. L'Unione Europea ha deciso di accelerare il processo di decarbonizzazione della propria economia con una strategia, denominata **European Green Deal**, che si propone di ridurre, entro il 2030, le emissioni nette di gas serra del 50% rispetto ai livelli del 1990 (da allora sono state già ridotte di più del 20%). Il traguardo finale è l'azzeramento delle emissioni nette per il 2050. L'Europa diventerebbe così il primo continente a impatto climatico nullo. Dal momento che il 75% delle emissioni di gas serra è legato alla produzione e all'uso dell'energia, uno dei passi necessari dovrà essere la transizione energetica dai combustibili fossili, in particolare da quelli più "sporchi", come il carbone e il petrolio, a fonti "pulite", rinnovabili o comunque a emissione nulla. ■



L'autore

Vincenzo Barone insegna fisica teorica presso l'Università del Piemonte Orientale. È autore di numerose pubblicazioni specialistiche e di saggi storici e divulgativi. Collabora con "Il Sole 24 Ore - Domenica".

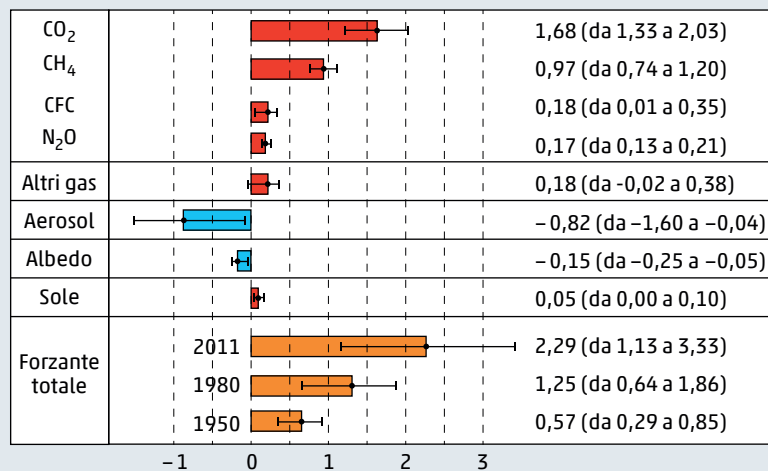
LO SAPETE CHE...?

Le forzanti radiative

L'impatto dei fattori naturali e antropici sul clima globale è quantificato dalle **forzanti radiative**. Una forzante radiativa è la variazione – dovuta a un singolo fattore climatico e misurata sul bordo della troposfera – dell'irradianza netta, cioè della potenza irraggiata verso la superficie terrestre meno quella diretta verso l'esterno. Le forzanti radiative si misurano in W/m^2 e convenzionalmente sono positive se la radiazione diretta verso la superficie terrestre aumenta, negative se diminuisce. L'effetto di una forzante è una variazione della temperatura globale

media, che tende a crescere per forzanti positive e a decrescere per forzanti negative.

La forzante climatica dominante, nel periodo che va dal 1750 (inizio dell'età industriale) a oggi, è quella del CO_2 , seguita dalle forzanti degli altri gas serra. La principale forzante negativa è rappresentata dagli aerosol di origine antropica, che aumentano il potere riflettente e riducono quindi la radiazione solare assorbita dalla Terra. Questa forzante è tuttavia solo la metà di quella – di segno opposto – del diossido di carbonio.



Forzanti radiative dall'epoca preindustriale a oggi (in W/m^2).

CONSIGLI PER L'APPROFONDIMENTO



- La fisica del clima è estremamente complessa. Tuttavia, per formarsi qualche semplice idea, anche quantitativa, sui fenomeni legati all'interazione della radiazione solare con la superficie terrestre, basta usare le leggi basilari dell'irraggiamento (in particolare, la nozione di equilibrio radiativo e la legge di Stefan-Boltzmann). È importante conoscere anche la struttura dell'atmosfera e la sua composizione chimica, e sapere che le varie molecole hanno specifici spettri di assorbimento: l'approccio dovrà quindi essere interdisciplinare, con rimandi alla chimica e alle scienze della Terra.

- Il sito dell'IPCC raccoglie tutti i rapporti sul cambiamento climatico, l'ultimo dei quali, il quinto, risale al 2014 (il prossimo è previsto per il 2021). Si tratta di documenti di non facile lettura, ma provvisti di sintesi abbastanza comprensibili.
- Un blog di informazione sul cambiamento climatico, curato da ricercatori del settore e ricco di notizie e di approfondimenti, è raggiungibile dal seguente link: link.pearson.it/204CC0B3.
- Un utile libro introduttivo sul tema è: Bruno Carli, *L'uomo e il clima*, il Mulino, Bologna, 2017.
- Il ruolo della fisica nel comprendere e affrontare le sfide globali del pianeta è illustrato in: Richard Muller, *Fisica per i presidenti del futuro*, Codice, Torino, 2009.