

IL CLIMA GLOBALE, VARIABILITÀ E CAMBIAMENTI

I CAMBIAMENTI GLOBALI MINACCIAANO L'EQUILIBRIO DELLE CONDIZIONI CLIMATICHE NELLE QUALI LA VITA VEGETALE E ANIMALE SI È EVOLUTA E MANTENUTA NEGLI ULTIMI DODICI MILA ANNI, DOPO L'ULTIMA GLACIAZIONE. UNA FONTE IMPORTANTE DI CONOSCENZA SONO I RAPPORTI DELL'INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC).

Il clima del nostro pianeta è sempre stato soggetto a cambiamenti intensi e repentini, ai quali la razza umana si è spesso adattata: basti pensare alle glaciazioni avvenute nell'ultimo milione di anni, con alternanze temporali di circa 100.000 anni definiti come *cicli di Milankovitch*. Tuttavia, l'attuale sviluppo sociale, demografico e tecnologico potrebbe mettere a dura prova la capacità di adattamento e sopravvivenza non solo dell'uomo, ma dell'intero ambiente vivente.

Oggi, il sistema climatico terrestre sta subendo dei cambiamenti senza precedenti nella storia umana e, sebbene i cambiamenti cui stiamo assistendo siano confrontabili con quelli avvenuti nelle passate ere geologiche, pochi di essi sono accaduti con la stessa velocità che caratterizza quelli osservati negli ultimi decenni. Questi cambiamenti globali minacciano l'equilibrio delle condizioni climatiche nelle quali la vita vegetale e animale si è evoluta e mantenuta negli ultimi dodici mila anni, ossia dalla fine dell'ultima glaciazione.

Molti di tali mutamenti possono essere attribuiti all'industrializzazione, alla deforestazione e ad altre attività della popolazione umana, essa stessa in forte e rapida crescita. Per questo motivo è importante valutare le conseguenze dell'interazione tra attività umane e clima, soprattutto quelle avvenute negli ultimi due secoli (dall'inizio dell'era industriale) e, infine, valutarne le conseguenze nei settori ambientali cruciali per la sopravvivenza delle specie viventi terrestri.

La differenza tra variabilità climatica e cambiamento climatico

Per evitare di fare confusione, cerchiamo di chiarire la differenza tra variabilità climatica e cambiamento climatico. Per *variabilità climatica* si intende la fluttuazione di una specifica grandezza



climatica (ad esempio la temperatura media della superficie terrestre) intorno al suo valore medio, ottenuto dalle rilevazioni di lungo termine, almeno trenta anni, del parametro climatico considerato. Più specificatamente, le fluttuazioni sono legate alle variazioni anno per anno (interannuali e stagionali) e alle oscillazioni decennali, che si sovrappongono al valore medio della grandezza.

Diversamente un *cambiamento climatico* si definisce statisticamente come lo spostamento della media, e quindi come un cambiamento, della distribuzione statistica dei parametri climatici. Anche con riferimento al cambiamento climatico, deve essere associato il concetto di *fluttuazione di grandezze climatiche*, ma tali grandezze oscillano intorno a un nuovo valore medio il quale, insieme a tutti quelli calcolati in un lungo arco di tempo, definiscono un trend climatico. Non va dimenticato, in ogni caso, che qualsiasi tentativo di valutare i cambiamenti climatici passati deve necessariamente tener conto di informazioni sostitutive (detti *proxy data*), dal momento che le costruzioni di serie storiche relative al periodo pre-strumentale (fino almeno alla fine

del XVIII secolo) sono scarsamente quantitative. Per cui, legami chiari e particolarmente diretti tra i cambiamenti climatici e l'attività umana sono spesso difficili da stabilire, data la scarsità di dati quantitativi a disposizione. I dati più attendibili, perché spazialmente e temporalmente uniformemente distribuiti, sono quelli satellitari, che danno una misura quantitativa e sinottica del pianeta terra; purtroppo questi riescono a coprire un arco temporale non più lungo di tre decenni nei migliori dei casi (AVHRR).

Una fonte importante per la valutazione della variabilità climatica e dei cambiamenti climatici a scala globale sono i rapporti dell'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (Ipc, www.ipcc.ch), diretti a produrre una valutazione in merito al cambiamento climatico, sulla base delle informazioni scientifiche disponibili.

I rapporti dell'Ipc mirano a determinare il livello attuale di confidenza nella nostra comprensione delle forze e dei meccanismi del cambiamento climatico, in modo da scoprire quanto meritevoli di fiducia siano le valutazioni degli impatti, e da chiedersi se possiamo

anche identificare inequivocabilmente il cambiamento climatico indotto dall'uomo.

A oggi sono stati pubblicati 5 rapporti, in media uno ogni sei anni, il Primo assessment scientifico (FAR) fu pubblicato nel 1990 in tre volumi comprendenti la scienza del clima, gli impatti e le risposte ai cambiamenti climatici, mentre gli ultimi rapporti (AR5) sono stati pubblicati durante il periodo 2013-14.

In base a questi rapporti possiamo fare una sintesi delle principali emergenze a scala planetaria:

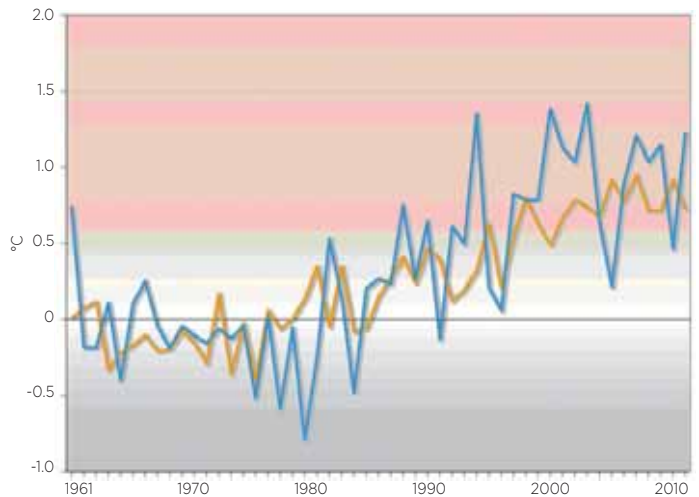
- incremento delle concentrazioni di diossido di carbonio e gas serra in atmosfera, a causa dell'aumento del consumo di olio-fossile. La CO₂ è aumentata da circa 280 parti per milione (ppmv) alle attuali 400 ppmv circa, un incremento oltre il 40% dal 1850. Dalle analisi delle perforazioni di ghiaccio in Antartide, questa quantità di CO₂ non è stata mai osservata negli ultimi 850.000 anni
- aumento delle concentrazioni di aerosol di origine antropica e delle attività industriali
- aumento della temperatura media della terra è di circa 0.8°C nell'ultimo secolo (1901-2014) e circa 0.5 °C nel periodo 1979-2014. La differenza tra i venti anni 1886-1905 (inizio del periodo industriale) e i venti più recenti 1986-2005 è di circa 0.7, infine è molto probabile che nell'emisfero nord il periodo 1981-2010 sia stato il periodo più caldo degli ultimi 800 anni
- aumento del livello del mare di circa 1.3 mm/anno e un'accelerazione di circa 3.0 mm/anno nell'ultima decade. Quest'accelerazione potrebbe però essere attribuita a una maggiore attendibilità delle osservazioni del livello medio del mare, data la sempre

FIG. 1
ANOMALIE DI TEMPERATURA

Serie temporali delle anomalie di temperatura media globale e in Italia, rispetto ai valori climatologici normali 1961-1990.

■ Italia
■ Globale

Fonte: "Rapporto sullo stato delle conoscenze scientifiche su impatti, vulnerabilità e adattamento ai cambiamenti climatici in Italia", Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare.



maggior combinazione tra i dati costieri (mareografi) e le misure da satellite (altimetro)

- riduzione dell'estensione del ghiaccio del Polo nord pari al 15-20% circa, rispetto al 1978, secondo le misurazioni effettuate da satellite
- a livello globale si è certi che l'oceano ha ridotto le sue capacità naturali di assorbimento della CO₂; pertanto, per il futuro, è possibile prevedere un ritmo maggiore di crescita della CO₂ in atmosfera e una maggiore acidificazione delle acque marine con un rilevante impatto sulle reti trofiche in oceano. Infine, in base alle previsioni numeriche, per la fine del XXI secolo la temperatura continuerà ad aumentare a un tasso compreso tra gli 1,5°C e i 2,8°C, a seconda delle azioni di mitigazione che verranno intraprese; le precipitazioni tenderanno a essere sempre più dei fenomeni a maggiore intensità e relativa minore frequenza, con uno spiccato aumento di eventi estremi quali le alluvioni; aumenterà la correlazione tra l'aumento dei disastri naturali e quello della temperatura media del pianeta.

A conferma dei molti probabili scenari climatici descritti, possiamo porre come esempi di eventi climatici, a cui già da oggi stiamo assistendo, l'intensificazione di eventi estremi: ondate di calore, come quella che si è verificata nell'estate del 2003, o i numerosi eventi meteorologici estremi osservati a scala regionale e locale e l'aumento dell'intensità degli uragani. Negli ultimi anni, ad esempio, sono stati osservati per la prima volta uragani di notevole intensità al sud del Brasile e sulle coste del Portogallo, al di fuori della fascia tropicale e sub-tropicale dove normalmente essi sono osservati. Inoltre nella parte meridionale del Mediterraneo quasi ormai con cadenza annuale, nel periodo di transizione tra l'estate-inverno, si osservano i *Medicanes (Mediterranean hurricanes)*, una volta eventi estremamente rari e con dimensioni spaziali assai minori di quelli osservati per esempio negli ultimi due anni in Sardegna e Sicilia.

Vincenzo Artale

Enea, Roma

FIG. 2
RISCHI LEGATI AL CAMBIAMENTO CLIMATICO

A sinistra: temperatura media annuale globale (passata e proiezioni future). A destra: rischio associato a livelli crescenti di cambiamento climatico. Il rischio elevato (rosso) e molto elevato (viola) indica impatti forti e diffusi.

Fonte: Ippc, 5th Assessment Report.

