

Quanto sono prevedibili i mutamenti del clima?

STEFANO TIBALDI

Responsabile del Servizio Meteorologico
ARPA Emilia-Romagna

HERVÉ LE TREUT

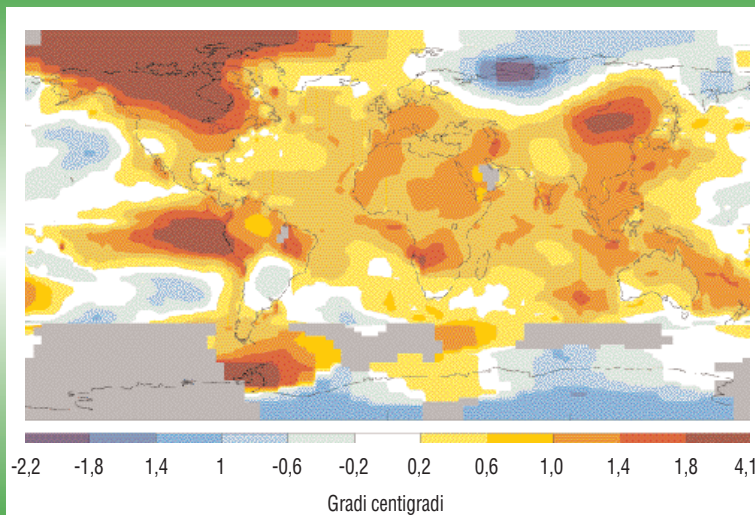
LMD, Università di Parigi 6, Parigi

Gli attuali modelli fisico-matematici danno talvolta risultati divergenti. Per lo studio delle variazioni su scala regionale è necessario progredire nella ricerca.

I modelli fisico-matematici di evoluzione del clima mostrano ormai senza ambiguità che il rischio di un rilevante riscaldamento globale nel corso del prossimo secolo è un rischio reale e non il prodotto di un isterico catastrofismo. Il nostro clima è quindi davvero influenzato dall'aumento della concentrazione dei gas serra di origine antropica, cioè originate dalle attività umane, nell'atmosfera.

Una previsione quantitativa accurata di questo effetto e la distribuzione geografica a scala regionale di aumenti e diminuzioni di temperatura e precipitazioni rimangono tuttavia ancora fuori dalla portata del potere previsionale dei modelli a disposizione della comunità scientifica internazionale e richiederanno, per essere realizzate, uno sforzo specifico di ulteriore messa a punto degli stessi modelli, dopo che avremo meglio compreso l'importanza relativa dei diversi processi in gioco.

Anomalia termica registrata alla superficie della Terra nel 1998 (clima di riferimento: 1951-1980).



Fonte: Goddard Institute for Space Studies, NASA

I risultati delle simulazioni

Negli ultimi anni anche la Francia è entrata a far parte dell'esclusivo club dei Paesi nei quali si sviluppano i modelli matematici globali del clima (club del quale l'Italia non fa e non farà parte per molti anni ancora).

La comunità scientifica francese (tra cui l'Ecole Normale Supérieure di Parigi, Météo France, cioè il Servizio meteorologico nazionale francese e il Cnrm-Cerfacs, un centro di ricerca nazionale di meteoroclimatologia e supercalcolo) ha messo a punto i modelli matematici globali accoppiati atmosfera/oceano e realizzato alcuni scenari di evoluzione del clima.

Questi primi scenari evolutivi hanno considerato un tasso progressivo annuale di aumento dell'anidride carbonica pari all'1%, permettendo alla concentrazione di questo gas serra di raggiungere in un caso un valore dop-

pio (in circa 70 anni) della sua concentrazione attuale e nell'altro caso un valore quadruplo (dopo circa 140 anni), stabilizzando poi i rispettivi valori raggiunti.

Oltre a costituire un notevole successo tecnico (si tratta di simulazioni del clima lunghe molti decenni, per le quali non è stato necessario ricorrere ad alcuna tecnica di correzione artificiosa, come si faceva per i primi modelli climatici), queste simulazioni di scenario hanno confermato un tasso di riscaldamento globale di poco più di due gradi al secolo, valore assolutamente "in linea" con quelli di molti altri modelli simili e che si situa quindi all'interno dell'intervallo comunemente accettato come ragionevole (intervallo che va da 1,5 a 3 °C di riscaldamento globale ogni secolo).

Queste lunghe simulazioni mostrano poi chiaramente alcuni tratti comuni alla maggioranza degli scenari prodotti anche da altri modelli. Il riscaldamento è maggiore alle alte latitudini

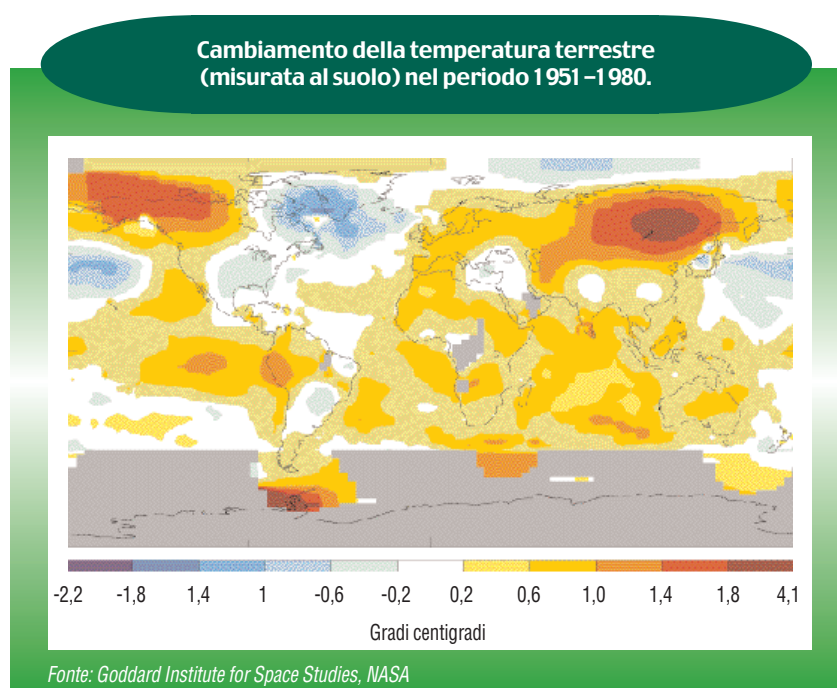
(verso i poli, con conseguente riduzione della differenza di temperatura tra il polo e l'equatore) e sui continenti, mentre il riscaldamento dei bassi strati dell'atmosfera, vicino alla superficie, sembra essere maggiore in inverno. Nelle aree oceaniche usualmente già fredde, al contrario, il riscaldamento è fortemente attenuato e possono persino comparire alcuni leggeri ulteriori raffreddamenti.

La variazione delle precipitazioni sembra anch'essa disegnare un comportamento globale abbastanza condiviso: tendenza all'aumento nella zona equatoriale già molto piovosa (la cosiddetta zona di convergenza intertropicale) e alle medie latitudini (anche in Italia, per intenderci); tendenza alla stabilità o alla leggera riduzione nelle zone subtropicali.

Nonostante molti punti in comune, gli scenari prodotti dai vari modelli sono però ancora molto diversi tra loro se si cerca di valutare la variabilità climatica a scala regionale, cioè di distinguere ciò che accade in Francia ed in Italia settentrionale rispetto, per esempio, alla Spagna, alla Grecia o all'Italia peninsulare. Malgrado la crescente sofisticazione dei modelli (che tra l'altro includono tutti una rappresentazione piuttosto complessa della nuvolosità e dei suoi effetti potenzialmente contrastanti sul bilancio termico e pluviometrico locale) la dispersione dei risultati modellistici tra loro non è diminuita negli ultimi anni. È quindi legittimo domandarsi fino a che livello di dettaglio è realmente prevedibile l'evoluzione futura del sistema climatico.

Effetto serra e limiti previsionali

Quanto abbiamo detto sinora corrisponde alla sovrapposizione di diversi e talvolta complicati temi. L'aumento di origine antropica dell'effetto serra ha come primo effetto quello di modificare il profilo verticale di temperatura dell'atmosfera. La temperatura dell'atmosfera in ogni punto è il risultato di una compensazione molto delicata tra molti processi fisici, interagenti tra loro in modo complesso: i moti verticali connessi alla presenza delle nubi ed a ciò



che accade al loro interno, l'assorbimento dell'irraggiamento solare, il raffreddamento radiativo, i complessi moti turbolenti dell'atmosfera vicino alla superficie terrestre.

Il riscaldamento della troposfera (cioè dei primi dieci chilometri circa di atmosfera in prossimità della superficie) associato all'aumento dell'effetto serra può dunque verificarsi in modo molto diverso a seconda della latitudine, mentre la riduzione della differenza di temperatura tra il polo e l'equatore che ad esso è associato può variare da modello a modello.

Oltre a ciò, vi è ancora incertezza sulla natura stessa dell'intensità dell'impatto antropico, che combina allo stesso tempo un riscaldamento globale per un aumentato effetto serra con un raffreddamento a scala più locale causato dagli aerosol prodotti dall'inquinamento atmosferico: in particolare, sull'Europa questo effetto può produrre modifiche anche importanti delle differenze di temperatura tra l'oceano e il continente e, conseguentemente, delle circolazioni locali (quelle cosiddette "di brezza").

Ci sono però indicazioni che suggeriscono come il problema si può forse risolvere. Prima di tutto, benché i risultati dei diversi modelli siano in parte divergenti, resta vero che la risposta singola di ogni modello all'aumentato

effetto serra è in sé stabile e ben caratterizzata. Inoltre, la distribuzione geografica del riscaldamento dovuto direttamente all'anidride carbonica o del raffreddamento dovuto agli aerosol è molto simile: il che implica che la risposta dei modelli non dipende dal dettaglio di queste fonti di impatto, ma da una serie di processi retroattivi, interagenti tra di loro e altamente complessi, ma ben identificabili e verificabili.

Ma è proprio sulla verifica dettagliata e comparata della rappresentazione di questi processi complessi e dalla validità delle risposte dei modelli che la comunità scientifica mostra il maggiore ritardo.

La metodologia più comune per determinare se un modello climatico "funziona" consiste nel valutare la sua capacità di riprodurre il clima medio attuale del pianeta o, in alternativa, le fluttuazioni climatiche più importanti (ma anche più stabili e quindi più semplici da rappresentare) come il ciclo stagionale annuale o le variazioni interannuali più rilevanti (per esempio quelle dovute a El Niño). Questa metodologia è però inadeguata, poiché l'effetto serra dovuto alle attività umane è causa di una perturbazione relativamente debole dell'equilibrio termico del pianeta; la simulazione corretta di un equilibrio non garantisce affatto di saper simulare anche la sua stabilità o instabilità.

I nuovi obiettivi della ricerca

È chiaro che sono necessari dei metodi più raffinati per distinguere tra modelli più o meno adeguati. Si stanno mettendo a punto metodi che sfruttano in maniera sino a pochi anni fa impensabile dati sofisticati, provenienti dai più recenti satelliti meteoclimatici.

D'altra parte, la semplice distinzione tra cause dinamiche (dovute ai moti dell'atmosfera) e cause fisiche (dovute al riscaldamento) alla base del ciclo stagionale delle nubi, per esempio, ha fornito un metodo efficace di verifica dei modelli. Un recente esercizio di confronto tra i modelli LMD (francese), UKMO (britannico) e ECMWF (del Centro meteorologico europeo di Reading) ha infatti permesso di trovare nei tre modelli degli errori sistematici legati alla rappresentazione delle nubi non diagnosticati in precedenza.

Questo esempio delle nubi dimostra che per aumentare la veridicità dei modelli non è sufficiente accrescere la

complessità utilizzando sempre più sofisticate rappresentazioni dei processi fisici a scala molto piccola. Bisogna anche provare a diagnosticare come queste rappresentazioni interagiscono e cooperano tra loro, mettendo a fuoco dei "processi elementari" del sistema climatico che possano servire da test "cruciali" per i modelli.

Il problema dell'effetto serra richiede anche un certo numero di studi molto specifici, che corrispondono in certo modo alla sovrapposizione dei problemi in precedenza illustrati, e che sono necessari per valutare la capacità previsionale dei modelli a scala geografica regionale.

Pensando al caso dei climi europei, abbiamo a disposizione diversi fenomeni per noi molto importanti sui quali verificare l'adeguatezza dei nostri modelli climatici: primo tra tutti l'effetto sul continente europeo della Nao (*North Atlantic Oscillation*, il nostro piccolo El Niño nord-atlantico) e le sue conseguenze sulla formazione di aree di alta e bassa pressione che determinano il nostro tempo atmo-

sferico, ma anche l'impatto dell'interazione oceano-continente causato dal raffreddamento indotto dagli aerosol, il ruolo specifico svolto dallo scioglimento dei ghiacci artici, il ruolo dei cambiamenti sulla superficie continentale determinati dall'uomo (agricoltura, inurbamento, cementificazione).

È necessario far progressi su queste problematiche utilizzando sia i dati osservati (per esempio quelli, relativamente nuovi ed in costante evoluzione, da satellite) sia i modelli per ridurre su base fisica l'incertezza degli scenari climatici a dimensione regionale (per i quali la nostra unica misura attuale è la dispersione, e quindi la mancanza di uniformità della risposta, dei modelli).

In sintesi, lo studio regionale degli impatti climatici comporta uno sforzo di ricerca di base che non si può e non si deve trascurare, privilegiando magari la tentazione di applicare sin da subito i modelli a situazioni nelle quali la loro validità non è ancora fermamente stabilita. □