

# **CAMBIAMENTI IMPROVVISI DEL CLIMA: SORPRESE INEVITABILI**

RAPPORTO BREVE (REPORT IN BRIEF)

THE NATIONAL ACADEMIES

Consiglio nazionale di scienze, ingegneria e medicina. Washington DC - 2004

Fino al 1990, il punto di vista correntemente accettato sui cambiamenti climatici era che il sistema climatico terrestre mutasse gradualmente a causa dei processi naturali e dell'attività umana. Esperimenti incrociati fatti durante gli ultimi dieci anni, hanno invece dimostrato che il clima nel passato è cambiato molto più rapidamente, talvolta all'improvviso, quindi potrebbe di nuovo accadere nel futuro.

Per "cambiamento improvviso del clima"

s'intende di solito un ampio cambiamento del clima che persiste anni od anche più a lungo. Può trattarsi di un notevole mutamento nella media delle temperature oppure di sconvolgimenti anomali dovuti a cicloni, inondazioni o siccità su aree estese come interi paesi o continenti.

**Il cambiamento avviene così rapidamente ed all'improvviso, che gli uomini e la natura hanno difficoltà ad adattarsi. Nel contesto dei passati violenti cambiamenti climatici, "rapidamente" di solito sta a indicare una decina di anni circa.**

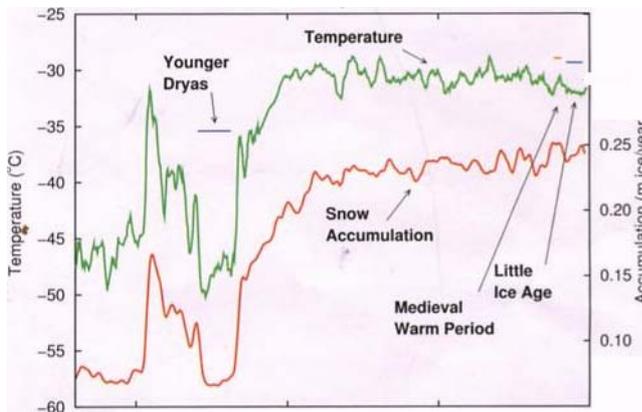
Gravi siccità ed altri violenti sconvolgimenti climatici nel passato hanno avuto evidenti e disastrosi effetti sull'umanità. Se da un lato è importante non essere fatalisti riguardo alla minaccia costituita da tutto ciò, negarne la probabilità o sottovalutarne la portata potrebbe costarci caro. Il modo migliore di affinare l'efficacia della risposta è certamente aumentare la conoscenza; infatti la ricerca delle cause, delle modalità ed il calcolo delle probabilità possono ridurre la vulnerabilità ed aumentare la capacità di adattarsi.

## **TESTIMONIANZE DEL CAMBIAMENTO IMPROVVISO DEL CLIMA**

I ricercatori si sono interessati per la prima volta a questo tema quando hanno scoperto testimonianze sorprendenti di un forte, improvviso e vasto sconvolgimento climatico negli archivi dell'era paleolitica, cioè la storia del clima terrestre registrata negli anelli degli alberi, nei blocchi di ghiaccio, nei sedimenti ed in altre fonti di informazioni.

Gli anelli degli alberi mostrano, ad esempio, la frequenza dei periodi di siccità, i sedimenti, il tipo ed il numero degli organismi allora presenti. Le bolle d'aria, intrappolate nei blocchi di ghiaccio, mostrano le condizioni atmosferiche del passato. Grazie a queste tecniche i ricercatori hanno trovato molte tracce di

catastrofi, avvenute negli ultimi 100.000 anni, che ci hanno fatto scivolare ed emergere più volte dall'era glaciale più recente, con innalzamenti di temperatura anche di 16°C (28° F), talvolta anche in soli dieci anni.



**Figura 1.** I mutamenti climatici nella Groenlandia centrale negli ultimi 17,000 anni mostrano un ampio e veloce passaggio dall'era glaciale circa 15,000 anni fa, una glaciazione non uniforme durante il periodo denominato "Younger Dryas" ed un improvviso balzo (con un riscaldamento di circa 8° C in dieci anni) ai nostri valori attuali.

**Uno dei cambiamenti improvvisi del clima più conosciuti e studiati fra questi giganteschi eventi è quello che dette inizio e mise termine al periodo di glaciazione del "Younger Dryas" \* ; esso fu di dimensioni quasi globali, incominciò all'improvviso 12,800 anni or sono e finì ancor più all'improvviso circa 11,600 anni fa (vedi figura 1).**

Le registrazioni del clima mostrano che gran parte dell'emisfero settentrionale fu colpito da una straordinaria ondata di freddo, siccità e tempeste di vento.

In Groenlandia la polvere ed altri materiali portati dal vento erano più abbondanti con coefficienti da 3 a 7 e le concentrazioni del metano più basse, fatto che fra l'altro sta ad indicare una perdita di umidità della terra. Le tracce ritrovate nelle profondità dei ghiacci di 110,000 anni fa nella Groenlandia centrale, ed altre ancora, dimostrano che "Younger Dryas" fu solo uno di una lunga catena di sconvolgimenti climatici improvvisi.

Più di recente, questi mutamenti sono continuati ad avvenire anche se in maniera meno drammatica, ma pur sempre all'improvviso.

**Ad esempio, un periodo di siccità della durata di molte decine di anni ha avuto luogo nel nono secolo e portò al collasso della civiltà Maya classica.**

Le registrazioni del clima del Paleolitico degli ultimi 10,000 anni mostrano sbalzi improvvisi nella frequenza degli uragani, nei ritmi delle inondazioni e nei periodi di siccità. Violenti sconvolgimenti, per parlare soltanto del secolo scorso, sono per esempio il rapido riscaldamento dell'Atlantico del nord dal 1920 al 1930 e la grande carestia del Dust Bowl degli anni 1930.

## FATTORI SCATENANTI DEL CAMBIAMENTO IMPROVVISO DEL CLIMA

Un cambiamento climatico improvviso avviene di solito quando il sistema terrestre è spinto oltre certi limiti da eventi bruschi come una potente eruzione vulcanica oppure da un insieme di forze più gradualmente che esercitano pressione sul sistema. Come avviene quando la pressione sempre maggiore che un dito esercita su un interruttore fa accendere all'improvviso la luce, oppure come un passeggero che mette sempre più peso su un lato di una canoa e ad un certo punto ne causa il rovesciamento.

I lenti effetti dei continenti che si spostano o le oscillazioni delle orbite o la composizione atmosferica che muta possono far "saltare" il clima ed instaurare condizioni completamente nuove. Più rapida sarà la spinta, più probabilità ci sono che si scateni un salto, causando un violento sconvolgimento nella progettazione economica e negli ecosistemi globali.

### **Questi eventi possono arrecare perturbazioni nelle componenti chiave del sistema terrestre:**

#### Oceani:

Poiché l'acqua ha una enorme capacità termica, gli oceani possono di solito contenere 10-100 volte più calore della superficie terrestre. Così gli oceani esercitano una profonda influenza sul clima grazie alla loro capacità di trasportare calore da un posto all'altro.

Mutamenti nella circolazione degli oceani, ed in particolare nella circolazione termica dell'Atlantico settentrionale sono stati parte dei cambiamenti climatici improvvisi del passato come "Younger Dryas". (*vedi figura 2*),

L'enorme massa d'acqua dei ghiacciai che si scongelavano si riversò nell'Atlantico settentrionale facendo scendere la temperatura e riducendo la capacità dell'acqua di andare a fondo; questo evento precedette immediatamente "Younger Dryas" ed un'altra breve glaciazione 8,200 anni fa, suggerendo un rapporto di causa ed effetto fra i due.



Figura 2.

Questo schema mostra il meccanismo di base del ciclo termico nell'oceano Nord Atlantico. L'acqua fredda va a fondo nell'oceano e viaggia attraverso gli oceani di tutto il mondo. A poco a poco si riscalda, diventando meno densa e mescolandosi con l'acqua in superficie. Successivamente ritorna verso il Nord dell'Atlantico portando il calore assorbito lungo il cammino. Senza questo ciclo, il nord sarebbe più freddo ed il sud leggermente più caldo.

L'immagine ci è stata gentilmente fornita dal Marian Koshland Science Museum della National Academy of Science.

### Criosfera:

La porzione terrestre coperta da ghiaccio e neve, la criosfera, ha una forte influenza sulla temperatura. Quando il mare congela, la capacità del pianeta di riflettere calore aumenta facendo accrescere il freddo. Inoltre il mare ghiacciato isola l'atmosfera dall'oceano, relativamente più caldo, permettendo alla temperatura dell'aria in inverno di ridursi drasticamente e facendo diminuire la quantità di umidità che si disperde nell'atmosfera.

I ghiacciai e la copertura nevosa della terra possono anch'essi innescare improvvisi meccanismi di cambiamento climatico. L'acqua gelata di un ghiacciaio, se è sufficientemente riscaldata, può sciogliersi, causando violente inondazioni con conseguenti effetti sul livello del mare e sulle condizioni meteorologiche.

Ogni tipo di territorio ricoperto di neve, inoltre, mantiene il clima freddo grazie alla notevole capacità di riflettere la luce, facendo sì che le temperature in superficie non si alzino al di sopra dello zero fino allo scioglimento delle nevi.

### Atmosfera

L'atmosfera è implicata virtualmente in ogni processo fisico di una certa importanza che riguarda i cambiamenti di clima improvvisi, in quanto è essa stessa il mezzo attraverso cui si propagano gli sconvolgimenti climatici da una parte all'altra del pianeta. La temperatura atmosferica, la sua composizione, l'umidità, la nuvolosità ed il vento determinano infatti i flussi di energia sulla terra.

**La dinamica dei venti influenza la circolazione degli oceani in superficie ed il flusso delle correnti. Il trasporto dell'umidità atmosferica, per lo più attraverso le precipitazioni, governa l'equilibrio delle acque dolci, la circolazione globale dell'acqua e le dinamiche dei ghiacciai.**

### Superficie terrestre

La capacità della Terra di riflettere la luce può variare notevolmente, infatti la neve fresca o le lastre di ghiaccio rimandano indietro più del 90% della luce solare, mentre le foreste più fitte ne assorbono più del 90%. Cambiamenti nelle caratteristiche della superficie terrestre possono avere effetti anche sul riscaldamento solare, la formazione delle nuvole, le precipitazioni ed il flusso delle acque verso gli oceani, con notevoli conseguenze sul clima.

### Fattori esterni

Fattori esterni al sistema climatico possono essere anch'essi causa di improvvisi cambiamenti di clima. Ad esempio, i parametri dell'orbita terrestre variano col tempo, avendo effetti sulla distribuzione dell'energia solare sui pianeti.

**Fluttuazioni nelle emanazioni solari - indotte dall'attività delle macchie solari o dagli effetti dei venti solari - possono anch'esse causare sbalzi di grossa portata sul clima.**

Il prosciugamento del Sahara durante l'era olocenica, ad esempio, è collegato alle variazioni dell'orbita della terra intorno al sole.

### RISCALDAMENTO GLOBALE COME POSSIBILE FATTORE SCATENANTE

I gas prodotti dall'effetto serra come l'anidride carbonica si stanno accumulando nell'atmosfera terrestre, causando il riscaldamento dell'aria sulla superficie del pianeta e degli oceani. Questi cambiamenti gradualmente del sistema climatico, assieme ad altre alterazioni causate dall'attività umana, (come ad esempio, il cambiamento dell'uso del territorio), stanno producendo condizioni climatiche che non rientrano nella gamma di esperienza dei periodi storici recenti. Sebbene non si sappia se questi od altri mutamenti climatici ne causeranno altri ancor più violenti, nel passato quando il sistema climatico è stato alterato, essi sono stati molto comuni.

Un problema di grande rilevanza sociale è la circolazione delle acque nel Nord Atlantico, che comprende la corrente del Golfo, se rimarrà stabile non ostante il riscaldamento globale che si prevede continuerà nei prossimi secoli.

**Un rallentamento della Corrente del Golfo, anche se non portasse ad una nuova era glaciale, causerebbe notevoli mutamenti sia nell'oceano (regimi di maggiore circolazione, affioramento e sprofondamento di interi territori, diffusione del ghiaccio stagionale nel mare, sistemi ecologici e livello del mare) sia nell'atmosfera (la differenza di temperatura fra la terra ed il mare, l'intensità, la frequenza ed i percorsi degli uragani).**

Altri potenziali impatti del riscaldamento globale, causati da sconvolgimenti climatici, possono essere associati all'aumento nella frequenza di eventi catastrofici relativi all'idrologia della crosta terrestre.

La variabilità nelle modalità degli uragani potrebbe diventare più frequente e ciò implica violente tempeste ed inondazioni o anche lunghi periodi di siccità. In particolare, alcune ricerche suggeriscono che il riscaldamento dovuto all'effetto serra, causerà catastrofi dovute al El Nino che diventeranno più violente e più frequenti.

È importante notare che non tutti gli studi concordano sui possibili impatti del riscaldamento globale sui cambiamenti climatici.

## I PROGRESSI NELLA RICERCA

Gli scienziati non conoscono sufficientemente i dettagli dei cambiamenti climatici improvvisi così da poterli predire con accuratezza. **Con un'informazione migliore, la società potrebbe prendere misure più efficaci che riducano i possibili impatti** sull'agricoltura, le risorse idriche ed il territorio.

È necessario comprendere meglio, attraverso la ricerca, temi come la stabilità del ghiaccio marino e dei ghiacciai, i processi della crosta terrestre, le modalità di circolazione dell'atmosfera e degli oceani. Per poter acquisire una maggiore conoscenza di questi fenomeni, si devono sviluppare maniere più sofisticate per valutare le loro interazioni, tutto ciò include:

### Modelli migliori

**Attualmente, i modelli usati per valutare il clima ed il suo impatto non sono in grado di simulare la grandezza, la velocità e l'ampiezza degli improvvisi sconvolgimenti del clima avvenuti nel passato e non possono pertanto predire quelli futuri.**

Sono necessari sforzi per migliorare i meccanismi con cui i modelli rappresentano i mutamenti climatici improvvisi e sperimentarli in maniera più precisa confrontandoli con i dati raccolti.

### Più dati del clima nel Paleolitico

Una maggiore informazione sul passato più remoto rafforzerebbe molto la nostra comprensione sui bruschi cambiamenti di clima e ci darebbe dei riferimenti a riguardo. In maniera particolare è necessario uno sforzo maggiore per allargare le aree geografiche di riferimento, le soluzioni nel tempo e la quantità di dati del clima nel Paleolitico.

### Appropriati strumenti statistici

La maggior parte dei calcoli statistici sono al momento basati sul presupposto che i climi non variano, ma rimangono stazionari; sono dati che hanno un valore limitato per climi in cambiamento e per le variabili riferite al clima che sono fortemente distorte dai rapidi cambiamenti nel tempo, come lo sono i regimi di mutamento improvviso.

**Gli strumenti statistici devono essere adattati o completamente sostituiti da nuovi approcci che riflettano più adeguatamente la situazione.**

## IMPATTI ECOLOGICI ED ECONOMICI

Un modo per comprendere i possibili impatti degli sconvolgimenti climatici improvvisi è quello di valutare come essi sovvertiranno l'economia dei sistemi naturali o delle nazioni, gli opportuni rimedi nel tempo, le riparazioni necessarie o gli adattamenti delle riserve di capitale.

Ad esempio, un rapido innalzamento del livello del mare potrebbe portare inondazioni o minacciare le popolazioni della costa; cambiamenti significativi nelle modalità dei periodi di siccità o di gelo potrebbero distruggere le foreste o l'agricoltura; improvvisi sbalzi di temperatura potrebbero rendere inabitabili edifici non adeguatamente isolati, oppure non sufficientemente riscaldati o condizionati.

Fino ad oggi, comunque, la ricerca in minima parte si è rivolta allo studio degli impatti ecologici od economici di questi fenomeni improvvisi; la maggior parte degli studi infatti si è occupata di cambiamenti climatici gradualmente.

Date per scontate le testimonianze di molti eventi simili nel passato e della loro capacità di sconvolgere l'umanità, bisognerebbe adesso investigare su quelli futuri e sulle loro possibili conseguenze. Al momento, i modelli capaci di valutare gli impatti devono essere perfezionati così da poter fornire variabili diverse, mostrando la concatenazione degli eventi e le conseguenze in maniera più realistica possibile.

## L'ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI IMPROVVISI

Sebbene la conoscenza delle cause e delle conseguenze di questi fenomeni sia imperfetta, ha senso sviluppare strategie pratiche che possano ridurre la vulnerabilità economica ed ecologica dei sistemi di fronte al cambiamento. In questo spirito, vale la pena sviluppare misure precauzionali, che diano dei benefici sia che gli sconvolgimenti improvvisi accadano o meno.

**Indirizzando la ricerca scientifica e quella dell'ordine pubblico in una direzione che sostenga l'adattabilità del sistema può essere possibile ridurre questa fragilità con costi molto bassi o nulli.**

Ad esempio, l'eliminazione dei cloro-fluoro carburi nelle passate due decadi e la loro sostituzione con gas relativamente benigni e con maggiore volatilità, ha ridotto il contributo delle emissioni dei vari paesi al riscaldamento globale ed ha anche diminuito i rischi dovuti all'impoverimento dell'ozono.

**Le misure precauzionali che si possono attuare** prima di un violento sconvolgimento climatico includono procedure a basso costo come ad esempio:

- Rallentare il cambiamento climatico;
- Migliorare le previsioni metereologiche;
- Frenare la perdita della biodiversità;
- Migliorare la qualità dell'acqua, della terra e dell'aria;
- Rafforzare le istituzioni in maniera da prepararle ad affrontare grossi cataclismi;
- adottare innovazioni tecnologiche che possano far aumentare la capacità di recupero del mercato e dei sistemi ecologici.

Il potenziale valore di tali misure non è ristretto soltanto agli Stati Uniti.

**Grazie alla crescente globalizzazione, gli impatti sociali ed economici sfavorevoli, adesso come mai nel passato, attraversano i confini dei singoli stati.**

È particolarmente importante dare sufficiente attenzione e sostegno ai bisogni dei paesi più poveri, che potrebbero essere estremamente vulnerabili agli effetti di un mutamento climatico improvviso.

## POTENZIALI STRATEGIE – MISURE PRECAUZIONALI

### Politica energetica

Opzioni che rallentino il cambiamento climatico, come passare dal consumo di carbone ad altri combustibili, possono avere effetti positivi sia per la salute che per l'ambiente riducendo le emissioni.

### Politica ecologica

Nella pianificazione sull'uso del territorio e delle aree costiere, i managers possono essere aiutati dall'informazione sugli effetti del cambiamento non lineare del clima sugli ecosistemi. Gli scienziati e le organizzazioni governative a vari livelli potrebbero collaborare per sviluppare e migliorare regolamentazioni e politiche che riducano il degrado ambientale dell'acqua, dell'aria e del bioma.

### Previsioni del tempo ed eventi relazionati al clima

La frequenza e l'intensità degli uragani ed di altre burrasche potrebbero aumentare come risultato del violento cambiamento climatico, con notevoli impatti sociali.

Sforzi per migliorare le previsioni del tempo e le capacità di preavviso possono ridurre le perdite di vite umane, facilitando l'evacuazione.

### Istituzioni

La ricerca deve preoccuparsi di migliorare le istituzioni cosicchè esse possano affrontare più adeguatamente possibile i rischi maggiori associati al cambiamento climatico, progettando ad esempio un sistema idrico che possa far fronte ai periodi di siccità, sistemi di sicurezza che possano sostenere meglio le perdite dovute agli incendi, le inondazioni e gli uragani.

-----  
\* ndr

L'aumento della temperatura al termine dell'ultima glaciazione (circa 12.000 anni fa) portò allo scioglimento dei ghiacci, che riversarono in mare così tanta acqua dolce da fermare la Corrente del Golfo. La conseguenza fu il raffreddamento del clima europeo. Questo periodo di circa 1000 anni è chiamato "Younger Dryas".

### **Comitato per Il Cambiamento improvviso del clima:**

**Richard B. Alley** (chair), Pennsylvania State University, University Park;  
**Jochem Marotzke**, Southampton Oceanography Centre, UK;  
**William Nordhaus**, Yale University, New Haven, Connecticut;  
**Jonathan Overpeck**, University of Arizona, Tucson;  
**Dorothy Peteet**, National Aeronautics and Space Administration, New York,  
**Roger Pielke Jr.**, Center for Science and Technology Policy Research,  
University of Colorado Boulder;  
**Raymond Pierrehumbert**, University of Chicago, Illinois;  
**Peter Rhines**, University of Washington, Seattle;  
**Thomas Stocker**, University of Bern, Switzerland;  
**Lynne Talley**, Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California;  
**J. Michael Wallace**, University of Washington, Seattle.

Questo rapporto in breve è stato preparato dal National Research Council basandosi sul resoconto del comitato. Ha collaborato a questa pubblicazione il Presidente del Circle Communications Initiative delle National Academies.

Per ulteriori informazioni, contattare la Ocean Studies Board al 202-334-2714. 'Abrupt Climate Change: Inevitable Surprises' è disponibile presso la National Academies Press, 500 Fifth Street, NW, Washington, DC 20001; 800-624-6242 oppure 202-334-3313 (zona di Washington); [www.nap.edu](http://www.nap.edu).

**È permesso riprodurre questo breve rapporto interamente senza aggiunte o modifiche.**