



*for a living planet®*



# CAPIRE il CLIMA

COME È CAMBIATO IL CLIMA?  
COSA ACCADRÀ IN FUTURO?  
QUALI SONO LE RISPOSTE POSSIBILI?

[wwf.it](http://wwf.it)  
[generazioneclima.wwf.it](http://generazioneclima.wwf.it)

TESTI: Claudia Giammatteo

GRAFICA: Franci&Patriarca

COORDINAMENTO EDITORIALE: Emanuela Pietrobelli  
(*Editoria Multimediale e Advertising WWF Italia*)

SUPERVISIONE: Mariagrazia Midulla  
(*Responsabile Programma Clima WWF Italia*)

SUPERVISIONE SCIENTIFICA:  
Sergio Castellari  
(*Responsabile Focal Point Nazionale IPCC,  
Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti  
Climatici CMCC, Istituto Nazionale di Geofisica  
e Vulcanologia INGV*)

Gianfranco Bologna  
(*Direttore Scientifico e del Programma  
Sostenibilità WWF Italia*)

FONTE:

IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In:  
Climate Change 2007: The Physical Science  
Basis. Contribution of Working Group I to the  
Fourth Assessment Report of the  
Intergovernmental Panel on Climate Change  
[Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M.  
Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller  
(eds.)], Cambridge University Press, Cambridge,  
United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In:  
Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and  
Vulnerability. Contribution of Working Group II to  
the Fourth Assessment Report of the  
Intergovernmental Panel on Climate Change,  
M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van  
der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge  
University Press, Cambridge, UK, 7-22.

IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In:  
Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of  
Working Group III to the Fourth Assessment  
Report of the Intergovernmental Panel on  
Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R.  
Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge  
University Press, Cambridge, United Kingdom  
and New York, NY, USA.

Febbraio 2008

Vuoi pubblicare gratuitamente questo  
manuale sul tuo sito web?

Questo manuale può essere pubblicato  
nella forma di PDF, scaricabile interamente,  
purché rimangano inalterati i suoi contenuti  
e i link in esso inseriti.

# I CAMBIAMENTI SOTTO GLI OCCHI

Settembre 2007. Il famoso Passaggio a Nord Ovest, la rotta dall'Atlantico al Pacifico celebrata in molti romanzi d'avventura, si è aperta per lo scioglimento dei ghiacci che una volta la rendevano impraticabile. È questo il nuovo simbolo di un fenomeno inequivocabile: la terra si sta surriscaldando. E i segni sono già visibili.

## Sale la colonnina di mercurio

Secondo l'ultimo "Rapporto di Valutazione" dell'IPCC, la più autorevole e completa analisi degli studi finora effettuati sui mutamenti climatici, non ci sono dubbi: la colonnina di mercurio è salita più velocemente che in passato. La maggior parte dell'aumento delle temperature in epoca recente (quasi un grado) è concentrata negli ultimi 35 anni. 11 degli ultimi 12 anni (1995-2006) sono risultati tra i più caldi da quando sono iniziate le prime misurazioni regolari delle temperature terrestri (1850). L'aumento della temperatura non risparmia alcun ecosistema: la temperatura media degli oceani globali è aumentata fino alla profondità di almeno 3000 metri; in particolare, la temperatura media dell'Artico è aumentata quasi del doppio rispetto a quella globale dal 1960.

## Effetti a cascata

L'aumento delle temperature sta producendo diffusi effetti "a cascata" in ogni continente, per la prima volta documentati. I principali: la diminuzione dei ghiacciai e delle calotte di ghiaccio ha causato un accelerato **innalzamento del livello del mare** (3,1 mm l'anno dal 1993 al 2003; 1,8 mm l'anno dal 1961 al 2003); **la riduzione dei ghiacciai** montani, e della copertura di neve, soprattutto nell'emisfero settentrionale; i dati da satelliti mostrano che i ghiacci marini dell'Artico diminuiscono a poco a poco (- 2,7% ogni 10 anni) con picchi massimi (- 7,4%) durante l'estate. In linea con il riscaldamento osservato, e con l'aumento di vapore acqueo nell'atmosfera, sopra la maggior parte delle terre emerse è aumentata la frequenza delle **piogge eccezionali** che stanno prendendo di mira soprattutto Europa del nord, Asia settentrionale e centrale, le parti orientali dell'America settentrionale e meridionale. All'opposto, e in altri punti geografici, le più alte temperature hanno portato **siccità** più lunghe e intense nelle già aride zone tropicali e subtropicali, e una diminuzione delle precipitazioni nella regione africana del Sahel, e nell'Africa meridionale, nel Mediterraneo e in parte dell'Asia meridionale. Infine, il rialzo delle temperature marine tropicali ha aumentato la **maggiore distruttività dei cicloni tropicali** nel nord Atlantico dal 1970 ad oggi. ↘



## Migrazioni e stagioni modificate

Tutti i sistemi naturali (marini, acquatici e terrestri), concorda il rapporto prodotto dall'IPCC, sintesi di osservazioni condotte negli ultimi 6 anni, stanno già risentendo del surriscaldamento della temperatura globale. Con questa serie di indizi chiave: Primo, si allargano e aumentano numericamente i **laghi glaciali**. Secondo: **aumenta l'instabilità dei terreni** nelle regioni coperte da ghiaccio perenne e aumenta la frequenza di **valanghe** di tipo roccioso nelle regioni di montagna. Terzo: sale la temperatura dell'acqua di **laghi e fiumi**, si incrementa la produzione di nutrienti danneggiando la qualità dell'acqua (es. per la proliferazione delle alghe). Quarto: anticipano **fioriture primaverili**, migrazioni degli uccelli e deposizione delle uova. Quinto: numerose specie vegetali e **animali**, inclusi i grandi predatori, si stanno lentamente spostando verso il Polo nord e le alte latitudini. Sesto: **interi banchi di pesci** si stanno spostando a nord degli oceani (a causa dell'aumento di plancton e alghe alle alte latitudini), mentre nei fiumi sono cambiate le varietà di pesci o si assiste a migrazioni anticipate.

### LA "FEBBRE" IN CIFRE

<b>+0,76°C</b>	è l'aumento della temperatura globale media nell'ultimo secolo	<b>Da +1 a +1,5%</b>	ogni 10 anni è la diminuzione media globale dei ghiacci sulla Terra
<b>+3 °C</b>	è l'incremento della temperatura media dell'Artico negli ultimi 100 anni	<b>-7,4%</b>	per decennio è la diminuzione dell'estensione media dei ghiacci marini artici in estate
<b>+1,8 mm all'anno</b>	è l'aumento medio del livello medio globale del mare dal 1961 al 2003	<b>+0,2° C</b>	per decennio è il prevedibile incremento delle temperature medie globali nei prossimi 20 anni
<b>+3.1 mm all'anno</b>	è l'aumento medio del livello medio globale del mare dal 1993 a oggi	<b>+0,6°C</b>	è l'aumento ulteriore di temperatura prevedibile nel 21° secolo anche se le concentrazioni di gas serra si stabilizzassero ai livelli del 2000
<b>+3000 m</b>	è la profondità fino alla quale è percepibile il rialzo delle temperature degli oceani	<b>Da +1,1 a 6,4°C</b>	il potenziale aumento della temperatura prevedibile entro il 21° secolo

fonte: Quarto Rapporto di Valutazione IPCC 2007, Gruppo di Lavoro I

## Rischi per le persone

Le ripercussioni delle più alte temperature, e degli effetti a cascata, tocca anche aspetti umani. A cominciare dalla **salute**: al riscaldamento della superficie terrestre è da attribuire la maggiore mortalità dovuta alle ondate di calore in Europa, la maggiore diffusione di malattie infettive in alcune aree e l'espandersi di allergie da polline nell'emisfero settentrionale. Come pure i rischi per l'incolumità personale prodotti dalle più frequenti frane, valanghe e inondazioni provocate dallo scioglimento dei ghiacci e i danni ambientali e le perdite economiche prodotti dalle inondazioni o dagli allagamenti nelle zone costiere. Da mettere in conto al riscaldamento globale, poi, anche le **perdite economiche** sofferte, tra le altre, dall'industria del turismo e del tempo libero (es. stazioni sciistiche).

## I punti ancora interrogativi

Nonostante le maggiori conoscenze sul clima di questi ultimi anni, e un aumento del numero di rilevazioni effettuate rispetto al rapporto precedente, non tutto è chiaro e univoco. Per esempio, il riscaldamento delle temperature in corso nell'Artico non trova uguale riscontro in Antartide, dove l'estensione del ghiaccio marino continua a mostrare la variabilità naturale di anno in anno, e la colonna di mercurio (cioè le temperature atmosferiche medie sopra il continente) è più stabile. Non sembrano esserci prove sufficienti per affermare che sia in corso un cambiamento a lungo termine del nastro trasportatore oceanico globale ed in particolare della sua parte Atlantica, che potrebbe portare ad un conseguente raffreddamento del continente europeo. Non ci sono prove sufficienti per determinare l'esistenza di variazioni significative e a lungo termine di fenomeni atmosferici su scala minore come i tornado, le grandinate, i fulmini e le tempeste di sabbia. ■

## COS'È L'IPCC E PERCHÉ È LA VOCE PIÙ AUTOREVOLE SUL CLIMA

L'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) è l'organo nato nel 1988 per volere dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO) e del Programma Ambientale dell'ONU (UNEP) per fornire ai politici e alla comunità scientifica mondiale una valutazione della letteratura scientifica disponibile sui rischi di cambiamenti climatici causati dalle attività umane. Presieduto dall'indiano Rajendra Pachauri, e vincitore del premio Nobel per la Pace 2007 insieme all'ex vice presidente americano Al Gore per l'impegno profuso nello studio e nella diffusione della scienza del clima, è composto da circa 3 mila scienziati tra climatologi, meteorologi, oceanografi, glaciologi ed economisti. È un organo che non svolge ricerca, ma pubblica vari rapporti speciali, articoli tecnici ed ogni sei anni i Rapporti di Valutazione, che raccolgono la summa delle pubblicazioni scientifiche sui mutamenti climatici. Ad esempio il Quarto Rapporto di valutazione del 2007 ha implicato sei anni di lavoro, coinvolgendo 800 autori (che hanno contribuito ai contenuti dei vari capitoli), 450 autori responsabili dei capitoli (che hanno coordinato il lavoro di finalizzazione dei vari capitoli), e 2500 revisori (che hanno commentato e revisionato i vari capitoli). La sua autorevolezza nasce dal fatto di includere la maggior parte della comunità scientifica mondiale attiva nella ricerca sui vari aspetti dei cambiamenti climatici. L'IPCC non è "guidato", né "dominato" dai vari governi: se fosse così, ad esempio, l'attuale amministrazione statunitense, in passato attivamente critica sulla causa umana dei cambiamenti climatici, non avrebbe permesso la partecipazione di un gran numero di scienziati climatici statunitensi alla stesura dei rapporti IPCC.



# Domande&risposte

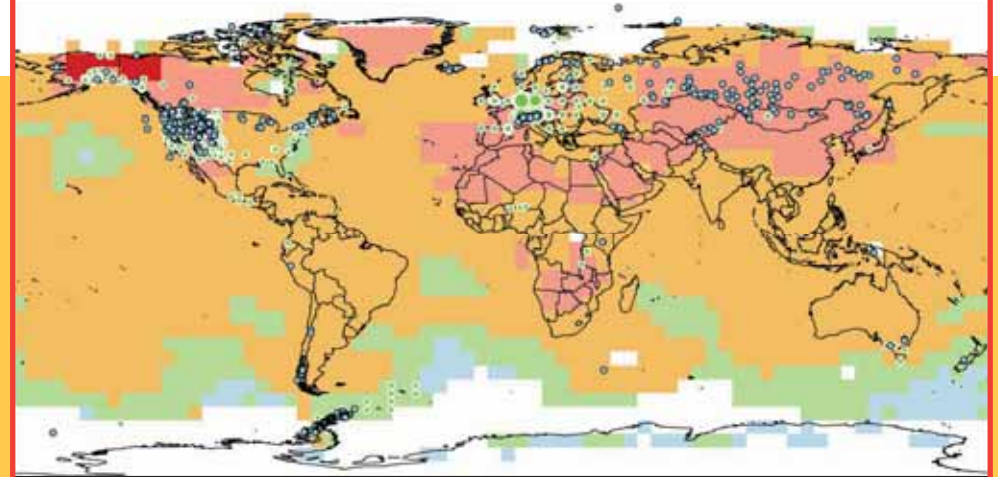
Come si misura la temperatura al pianeta?

Le misurazioni avvengono in tre modi diversi. 1°: osservatori meteorologici sulla terraferma e a bordo di navi rilevano la temperatura terrestre almeno due volte al giorno. 2°: palloni aerostatici forniscono i dati relativi alla temperatura dell'aria e la pressione a diverse quote. 3°: i satelliti in orbita registrano la temperatura dell'atmosfera e della superficie. Le tre misurazioni, unite, danno una "foto complessiva" della temperatura terrestre.

Come fanno gli scienziati a predire il clima che ci sarà tra 50 anni se non riescono a dire con esattezza il tempo che farà la settimana prossima?

Non bisogna confondere il tempo meteorologico e il clima. Sono due concetti molto diversi: il tempo meteorologico è lo stato atmosferico in un determinato tempo ed in un determinato luogo o regione. Il clima, che costituisce un sistema più complesso (include l'atmosfera, gli oceani, le terre emerse, la biosfera) è la descrizione statistica delle condizioni medie atmosferiche in ambienti più vasti e per un periodo di tempo più lungo, generalmente 30 anni: ecco perché un inverno eccezionalmente caldo, che è un evento meteorologico eccezionale, non può da solo essere ritenuto una prova del surriscaldamento del pianeta. Nelle previsioni, ci sono grosse differenze: i meteorologi hanno il compito di osservare, capire e prevedere l'evoluzione giornaliera di fenomeni meteorologici (es. la circolazione delle masse d'aria) che per la dinamicità dell'atmosfera sono imprevedibili oltre alcuni giorni. I climatologi hanno invece quello di verificare quanto le serie continue di rilevazioni si discostano da valori medi.

## Cambiamenti nei sistemi fisici e biologici e delle temperature superficiali per il periodo 1970-2004



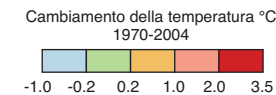
NAM		LA		EUR		AFR		AS		ANZ		PR*		TER		MFW**		GLO	
355	455	53	5	119	28,115	5	2	106	8	6	0	120	24	764	28,586	1	85	765	28,671
94%	92%	98%	100%	94%	89%	100%	100%	96%	100%	100%	-	91%	100%	94%	90%	100%	99%	94%	90%

### Osservazioni:

- Sistemi fisici (criosfera, idrologia, processi costieri)
- Sistemi biologici (marino, acquatico, terrestre)

### Europe \*\*\*

- 1-30
- 31-100
- 101-800
- 801-1200
- 1201-7500



Sistemi fisici	Sistemi biologici
Numero di cambiamenti significativi osservati	Numero di cambiamenti significativi osservati
Percentuale di cambiamenti significativi consistenti con il riscaldamento	Percentuale di cambiamenti significativi consistenti con il riscaldamento

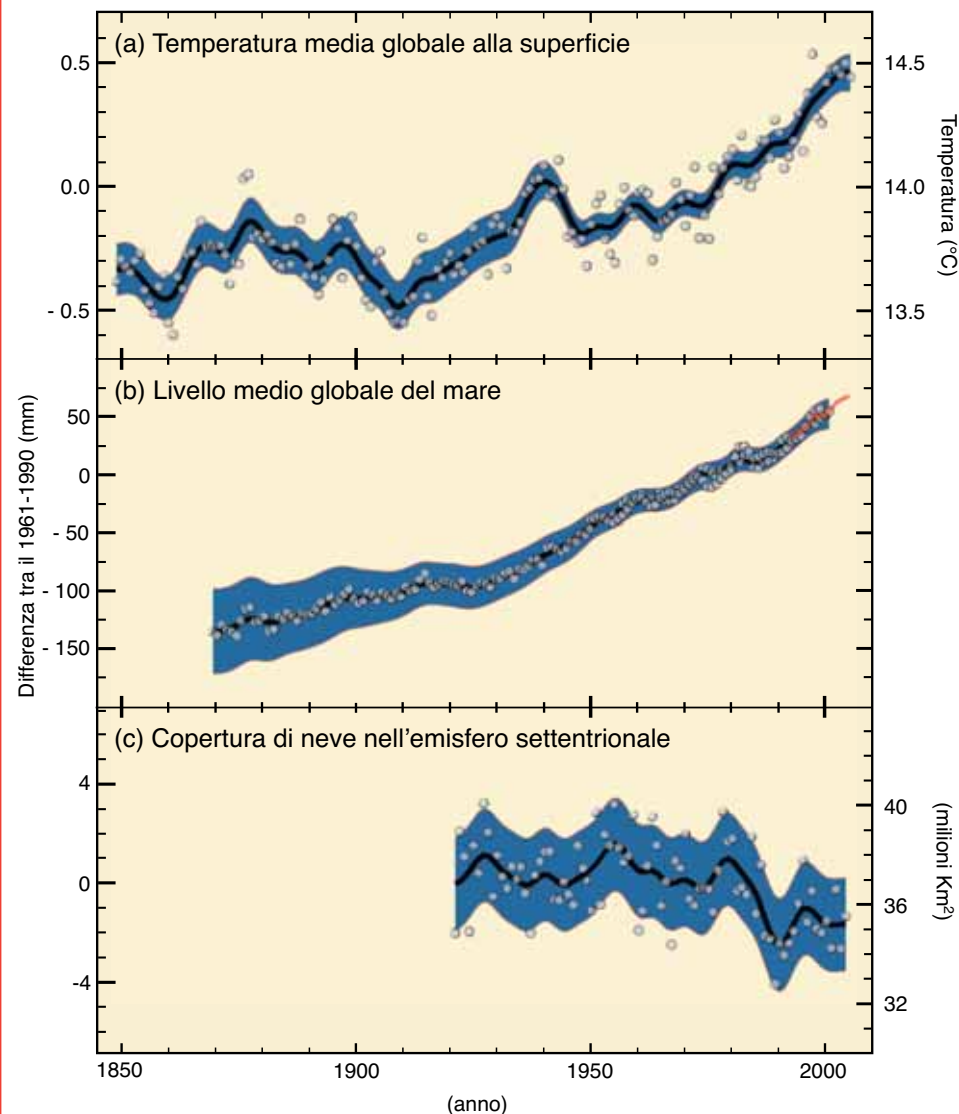
\* Le regioni polari includono anche i cambiamenti osservati in sistemi biologici di mare e acqua dolce.

\*\* Il mare e le acque includono i cambiamenti osservati nei punti sabbiosi in oceano, piccole isole e continenti.

\*\*\* I cerchi in Europa rappresentano da 1 a 7500 serie di dati.

Le posizioni dei cambiamenti significativi delle osservazioni dei sistemi fisici (neve, ghiaccio e terreno ghiacciato; idrologia; processi costieri) e dei sistemi biologici (terrestre, marino, e sistemi biologici di acqua dolce) sono mostrate insieme con i cambiamenti della temperatura dell'aria alla superficie per il periodo 1970-2004. Da circa 80000 serie di dati provenienti da 577 studi è stato selezionato un sottoinsieme di circa 29000 serie di dati. Questo sottoinsieme presenta le seguenti caratteristiche: le serie di dati (1) finiscono nel 1990 o dopo; (2) coprono un periodo di almeno 20 anni; e (3) mostrano un cambiamento significativo in entrambe le direzioni, come valutato negli studi individuali. Queste serie di dati provengono da circa 75 studi (dei quali 70 sono nuovi rispetto al TAR) e contengono circa 29000 serie di dati, dei quali 28000 provengono da studi europei. Le aree bianche non contengono dati climatici osservativi sufficienti a stimare un trend di temperatura. Le matrici 2x2 mostrano il numero totale di serie di dati con cambiamenti significativi (riga in alto) e la percentuale di quelli consistenti con il riscaldamento (riga in basso) per (i) le regioni continentali [Nord America (NAM), America Latina (LA), Europa (EUR), Africa (AFR), Asia (AS), Australia e Nuova Zelanda (ANZ), Regioni Polari (PR)] e (ii) la scala globale [Terrestre (TER), Marina e di Acqua Dolce (MFW), e Globale (GLO)]. I numeri degli studi nelle matrici delle sette regioni (NAM, ..., PR) non si sommano ai totali del globale (GLO), perché i numeri delle regioni, eccetto per quella Polare, non includono i numeri relativi ai sistemi marini e di acque dolci (MFR). Le posizioni dei cambiamenti di grandi aree marine non sono mostrati sulla mappa. [Quarto Rapporto di Valutazione del II Gruppo di Lavoro F1.8, F1.9; Quarto Rapporto di Valutazione del I Gruppo di Lavoro F3.9b].

**Variazioni della temperatura media globale superficiale, del livello medio globale del mare e della copertura nevosa media globale dell'Emisfero Nord**

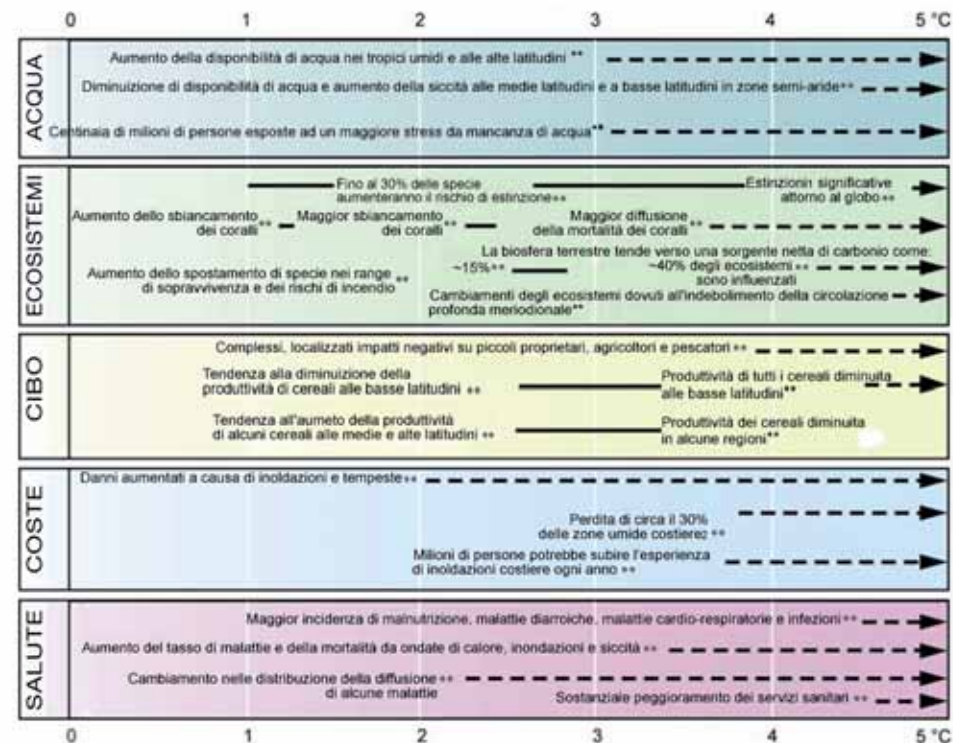


Cambiamenti osservati di a) temperatura media globale alla superficie, (b) livello del mare medio globale da mareografi (blu) e da dati da satellite (rosso) e (c) copertura nevosa dell'emisfero Nord fra Marzo e Aprile. Tutti i cambiamenti sono relativi alle corrispondenti medie per il periodo 1961-1990. Le curve smussate rappresentano i valori medi decennali mentre i cerchi mostrano i valori annuali. Le aree ombreggiate sono gli intervalli di incertezza stimati attraverso un'analisi dettagliata delle incertezze conosciute (a e b) e in base alle serie temporali (c).

Fonte: Quarto Rapporto di Valutazione, IPCC 2007, Gruppo di lavoro I SPM3

**Cambiamenti della temperatura media annuale relativamente agli anni 1980-1999 (°C)**

Impatti chiave come funzione di un cambiamento dovuto all'aumento globale medio della temperatura (Gli impatti varieranno in entità a seconda dell'adeguamento del tasso di variazione della temperatura e dei percorsi socioeconomici)



- 1) Significativo è qui definito come più del 40%
- 2) Basato su un tasso medio dell'elevazione del livello del mare di 4,2 mm/anno dal 2000 al 2080

Esempi illustrativi delle proiezioni di impatti globali per i cambiamenti climatici (e livello del mare e biossido di carbonio atmosferico dove rilevante) associati a differenti livelli di aumento della temperatura superficiale globale nel XXI secolo [T20.8]. Le linee nere collegano gli impatti, le frecce tratteggiate indicano gli impatti che continuano con l'aumento della temperatura. Le affermazioni sono posizionate in modo tale che la posizione del testo a sinistra indichi approssimativamente l'inizio di un dato impatto. Le affermazioni quantitative per la scarsità di acqua e le inondazioni rappresentano degli impatti addizionali dei cambiamenti climatici relativi alle condizioni previste attraverso il range di scenari SRES A1FI, A2, B1 e B2. L'adattamento ai cambiamenti climatici non è incluso in queste stime. Tutte le affermazioni provengono da studi inseriti nei capitoli del Rapporto di Valutazione. Le fonti sono date nella colonna destra della tabella. I livelli di confidenza sono alti per tutte le affermazioni.

Fonte: Quarto Rapporto di Valutazione, IPCC 2007, Gruppo di lavoro II

# LE CAUSE DEL SURRISCALDAMENTO

## Prove inequivocabili

Cosa o chi ha provocato questo surriscaldamento globale in un periodo così breve? Secondo il nuovo rapporto dell'IPCC, la maggior parte degli aumenti delle temperature medie globali degli ultimi 50 anni è molto probabilmente dovuta all'aumento della *concentrazione atmosferica di gas ad effetto serra causato dalle attività umane*. Questo è un risultato nuovo rispetto al rapporto precedente, per il quale, genericamente, la maggior parte del riscaldamento osservato era "probabilmente dovuto all'aumento della concentrazione di gas ad effetto serra". Il "molto probabilmente" significa che la probabilità dell'evento viene stimata dagli scienziati al 90-95%.

## Senza precedenti

I numeri parlano chiaro: probabilmente perché nel frattempo siamo diventati più numerosi (+ 69% la crescita della popolazione) e più ricchi (+ 77% l'aumento del reddito) negli ultimi 30 anni, cioè un arco molto breve, le emissioni globali di gas serra sono cresciute del 70% (da 28,7 a 49 miliardi di tonnellate di anidride carbonica equivalente). Di chi è la colpa? Non ci sono più dubbi su quali siano i settori che hanno maggiormente contribuito alla crescita delle emissioni globali di gas serra negli ultimi 35 anni: primo in classifica il settore dell'energia (+ 145%), seguito dai trasporti (+120%), edilizia (+75%), l'industria (+65%), e all'ultimo posto, il cambiamento nell'uso del suolo e le foreste (+40%), ad esempio nel 2004 il settore energia ha contribuito per il 26%, l'industria per il 19,4%, il cam-

bio di uso del territorio e le foreste per il 17,4%, l'agricoltura per il 13,5%, il trasporto per il 13,1%, il settore residenziale e commerciale per l'8% ed infine i rifiuti per il 2,6%.

E non è tutto. La concentrazione globale di **anidride carbonica**, il più importante gas serra prodotto dall'attività umana ha sfiorato livelli senza precedenti, salendo da 280 ppm (parti per milione) nel 1750 a più di 380 ppm di oggi; addirittura nel 2005, la concentrazione atmosferica di anidride carbonica ha superato i valori massimi degli ultimi 650.000 anni; il tasso di crescita annuale della concentrazione di anidride carbonica negli ultimi dieci anni (circa 2 ppm per anno) è stato il più alto da quando sono iniziate le misure continue nell'atmosfera (1960).

Anche la concentrazione globale del **metano** è cresciuta da un valore di circa 715 a 1774 parti per miliardo (ppb) nel 2005, superando abbondantemente la variabilità naturale degli ultimi 650.000 anni.

## Impronta umana

L' "impronta" prodotta dalle attività umane attraverso le emissioni di gas serra e di aerosol, ha prodotto un riscaldamento globale maggiore di quello prodotto dall'attività solare, con un tasso di crescita finora mai raggiunto in 10.000 anni. Il "forzante radiativo" prodotto dell'anidride carbonica è aumentato del 20% negli ultimi 10 anni (1995-2005) più che in ogni altro decennio degli ultimi 200 anni. Le evidenze dell'interferenza umana si estendono anche ad altri aspetti, dal riscaldamento degli oceani all'aumento medio delle temperature medie sui continenti, alle temperature massime e alle strutture dei venti. Non ci sono prove sufficienti della "colpa umana" per fenomeni su piccola scala, geografica (es. singole città): lì è più difficile distinguere tra anomalie attribuibili a cause naturali e umane. ■



### IL PIANETA "GAS SERRA" IN CIFRE

<b>+70%</b>	il tasso di crescita delle emissioni "umane" di gas serra negli ultimi 35 anni (1970 al 2004)	<b>Da +9,7 a 36,7</b>	miliardi di tonnellate di anidride carbonica equivalente sono il possibile aumento delle emissioni di gas serra fino al 2030
<b>+1,9</b>	(parti per milione) è il tasso annuo di crescita della concentrazione di anidride carbonica	<b>Da +2,8 a 5,1</b>	tonnellate di carbonio equivalente sono le emissioni di anidride carbonica prodotte a testa (2000 al 2030)
<b>Da 280 a 380</b>	parti per milione è l'aumento della concentrazione atmosferica di anidride carbonica dall'età pre-industriale ad oggi	<b>Da 28,7 a 49</b>	miliardi di tonnellate di anidride carbonica equivalente è la maggior quantità di emissioni globali di gas serra dovute all'intervento umano prodotte negli ultimi 35 anni (1970-2004)
<b>Da 715 a 1774</b>	parti per miliardo è stato, nello stesso periodo, l'aumento della concentrazione di metano dal 1750 ad oggi		

Fonte: Quarto Rapporto di Valutazione IPCC 2007, Gruppo di lavoro I



# Domande&risposte

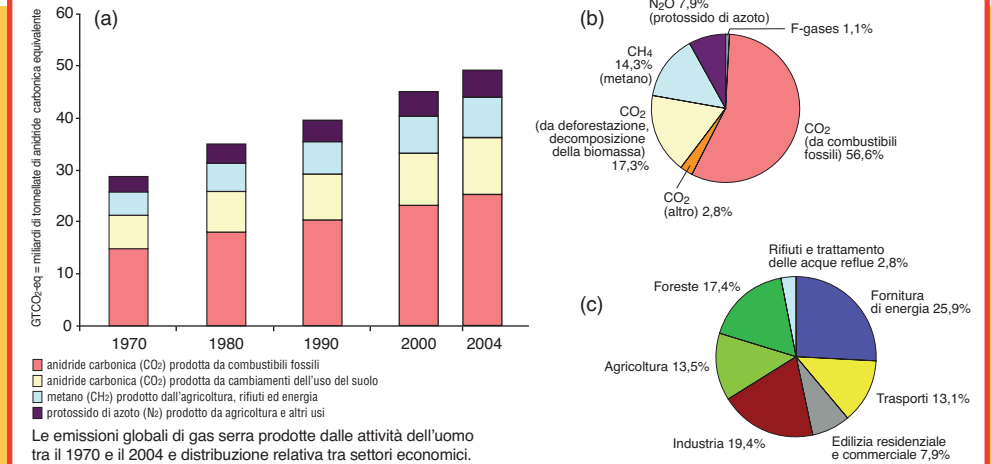
Cosa ha provocato i grandi cambiamenti climatici nei secoli passati? Quando non c'erano né auto, né fabbriche?

Molto prima che le attività dell'uomo facessero la parte del leone, il pianeta ha già attraversato numerose rivoluzioni climatiche. Per esempio, nell'ultimo milione di anni si sono alternate diverse età glaciali intervallate da periodi più caldi, che hanno permesso alla specie umana di attraversare a piedi lo stretto di Bering (il ponte naturale tra Asia e America) e colonizzare la Groenlandia. Molto probabilmente le età glaciali sono state causate da variazioni dei parametri dell'orbita della Terra attorno al Sole che hanno ridotto la quantità di radiazione solare ricevuta dal suolo terrestre (sono fenomeni calcolabili con precisione astronomica: la prossima è attesa tra 30.000 anni), poi amplificati da altri fattori ancora largamente incerti. I periodi più caldi, soprattutto nell'ultimo millennio, sono stati provocati invece presumibilmente dalle variazioni dell'attività del sole (es. macchie solari), mentre i periodi più freddi da una ridotta attività solare e da una più intensa attività vulcanica.

Quante probabilità esistono che il riscaldamento globale attuale abbia cause solo "naturali"?

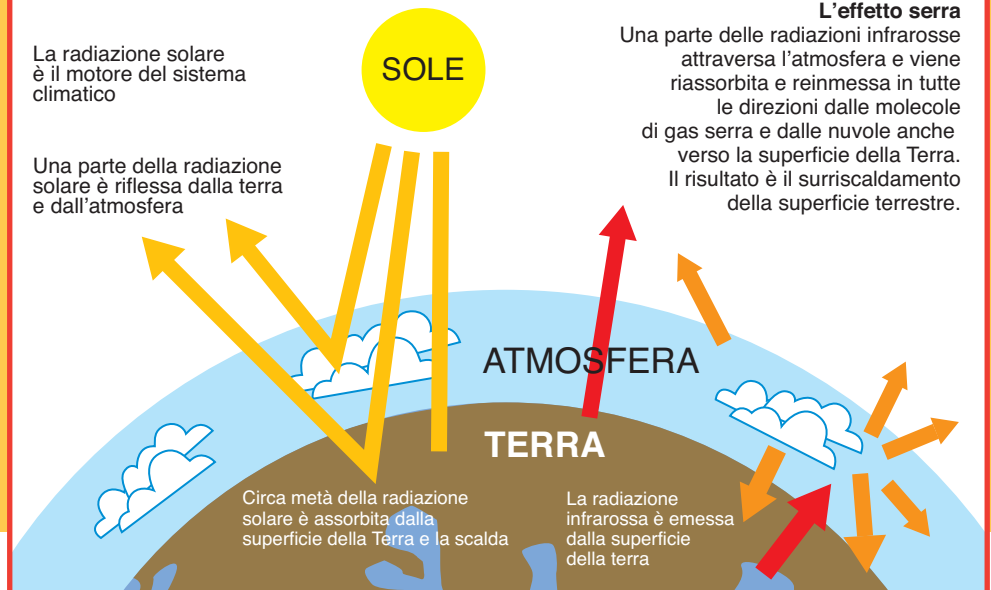
L'ipotesi che il riscaldamento globale attuale abbia solo cause naturali ha probabilità bassissime. Per due motivi principali: 1) la diffusione geografica del riscaldamento osservato per l'atmosfera e gli oceani, è difficilmente spiegabile senza il ricorso a variabili "esterne"; 2) se il riscaldamento fosse esclusivamente imputabile all'attività solare non si sarebbe verificato un rialzo di temperatura nella troposfera e un raffreddamento nella stratosfera, come è successo. La rappresentazione dei cambiamenti climatici, ottenuta attraverso più sofisticati modelli climatici, ha permesso di confrontare l'impronta umana (gas ad effetto serra e aerosol) con quella naturale (attività solari e vulcani). E il risultato è stato che la combinazione delle due simula meglio la realtà delle sole cause naturali.

## Le emissioni totali di gas serra prodotte dalle attività umane



fonte: Quarto Rapporto di valutazione IPCC 2007, Synthesis Report

## Come funziona l'effetto serra



fonte: Quarto Rapporto di Valutazione IPCC 2007, Gruppo di Lavoro I

## PROIEZIONI CLIMATICHE FUTURE

Cosa accadrà in futuro? Cosa ci aspetta? Per riuscire a “prevedere” il clima a 30, 50 e 100 anni gli esperti fanno delle proiezioni climatiche che si basano su scenari globali di emissione. Questi scenari rappresentano differenti futuri possibili basati su differenti ipotesi di crescita socio-economica e di crescita demografica, che portano ad utilizzi diversi di fonti energetiche e a differenti emissioni di gas serra. E sono arrivati ad una conclusione: non esiste un solo futuro possibile, catastrofico. Nello scenario più pessimistico (la “famiglia” A1FI) caratterizzato dal prevalente uso di combustibili fossili e da una popolazione in rapida crescita, la temperatura media globale potrebbe crescere molto (fino a +4,0 °C nel 2100), producendo un rialzo del livello del mare (di circa 60 cm.), ma nello scenario più ottimistico (la famiglia “B1”) basato su una crescita economica rapida, ma con un virtuoso ricorso a fonti rinnovabili, l’aumento di temperatura risulta leggermente superiore (+1,8° C nel 2100) rispetto a oggi. Nei prossimi 20 anni, gli scenari mostrano un ulteriore aumento di temperature (0,2° C per decennio), e anche se le concentrazioni atmosferiche di tutti i gas serra e aerosol si mantenessero costanti (rispetto ai livelli del 2000), la colonna di mercurio salirebbe ugualmente (0,1° C per decennio). Risultato: nel 2030 tutte le regioni potrebbero essere colpite negativamente dagli impatti del surriscaldamento globale. Ecco gli scenari più probabili, divisi per continente:

**Europa:** le zone di montagna subiranno un ulteriore ritiro dei ghiacciai, una riduzione della copertura nevosa e del turismo invernale e perdite estese delle specie (in alcune aree fino al 60%). Il potenziale idroelettrico scenderà ovunque entro il 2070 (media: da -15 a -30%) con punte massime (-20 - 50%) nel Mediterraneo.

**Africa:** tra i 75 e i 250 milioni di persone potranno essere esposte a un maggiore stress idrico causato dai mutamenti climatici (l’ulteriore aumento della temperatura di meno di 1°C) entro il 2020. I terreni coltivabili per agricoltura diminuiranno, aggravando malnutrizione e difficoltà di approvvigionamento alimentare: i raccolti agricoli più dipendenti dalle piogge potrebbero ridursi fino al 50% entro il 2020.

**Asia:** nei prossimi due o tre decenni si potranno avere scioglimento dei ghiacciai dell’Himalaya che aumenteranno le inondazioni e le valanghe di tipo roccioso da pendii instabili, influenzando le riserve idriche. Ciò sarà seguito da una diminuzione della portata dei fiumi a causa del ritiro dei ghiacciai. La disponibilità di acqua in Asia centrale, meridionale, orientale e sudorientale, particolarmente nei grandi bacini dei fiumi, diminuirà insieme alla crescita della popolazione e l’aumento della domanda di acqua prodotto da standard di vita “più occidentali”: un fattore che potrebbe ripercuotersi negativamente su più di un miliardo di persone entro il 2050.

**Australia e Nuova Zelanda:** come risultato delle minori piogge e della maggiore evaporazione, lo stress idrico, già avvertito oggi, si intensificherà entro il 2030. Si potrebbe avere una perdita di biodiversità entro il 2020 in alcune aree, come la Grande Barriera Corallina e le zone umide del Kakadu.

**America del Nord:** calamità, malattie e incendi potrebbero avere un impatto sempre maggiore sulle foreste, con un allungamento del periodo “a rischio” di ampi incendi e aumento delle aree bruciate. Le grandi città che già oggi sperimentano ondate di calore saranno investite da fenomeni di ancora maggiore intensità e durata, con impatti negativi sulla salute umana.

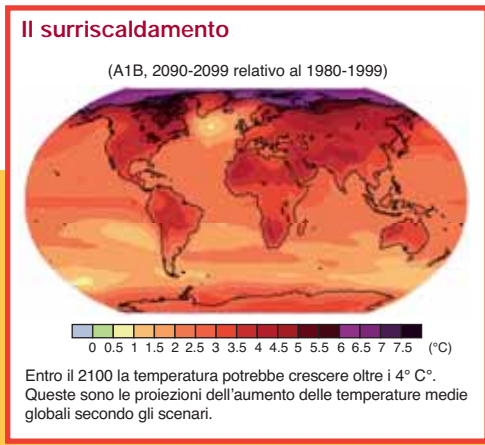




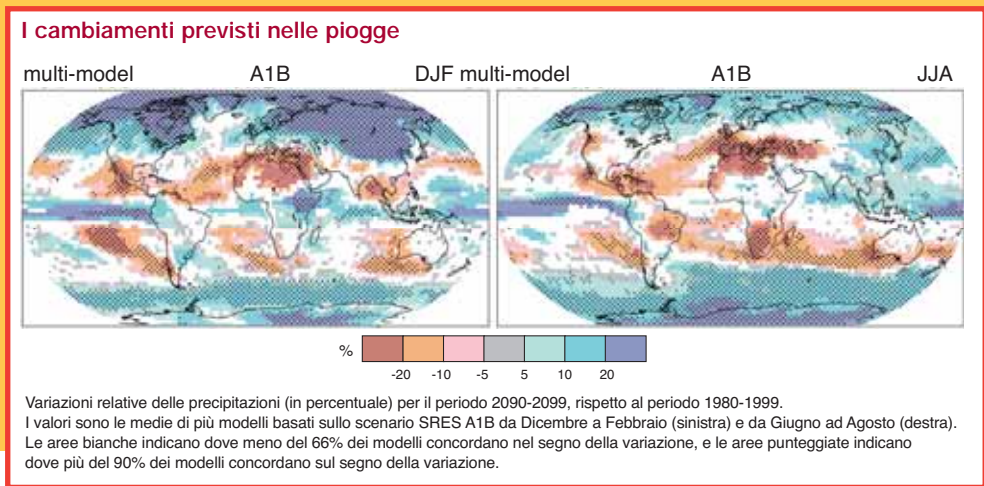
**America Latina:** dalla metà del secolo sono previsti aumenti delle temperature che porteranno ad una graduale sostituzione della foresta tropicale con la savana nella parte orientale dell'Amazzonia. La produttività di alcuni importanti raccolti agricoli e degli allevamenti di bestiame diminuirà, con ripercussioni negative nella disponibilità di cibo.

**Poli:** Entro la fine del secolo, a causa di un aumento di più di 4° C delle temperature, fino a metà della tundra artica (dal 10 al 50% ) sarà sostituita dalla foresta, e fino ad un quarto ( 15-25%) della calotta polare potrebbe essere sostituita, a sua volta, da tundra.

**Piccole isole:** sia ai tropici che alle alte latitudini, saranno sicuramente le più vulnerabili agli effetti dei mutamenti climatici: l'innalzamento del livello del mare, per esempio, porterà ad un inasprimento di inondazioni, erosioni, minacciando infrastrutture vitali, insediamenti costieri e mettendo in pericolo vite umane. In molte isole minori (es. Caraibi, Pacifico), se la temperatura salirà ulteriormente (+ 1-3 °C entro il 2050) la disponibilità di acqua dolce non riuscirà più a soddisfare la domanda nei periodi di scarsità di piogge.



fonte: Quarto Rapporto di Valutazione IPCC 2007, Gruppo di Lavoro I



Fonte: Quarto Rapporto di Valutazione, IPCC 2007, Gruppo di lavoro I SPM 7

QUI PIANETA, 2050-2100	
<b>Più del 99%</b>	è la probabilità di temperature più elevate diurne e notturne su quasi tutti i continenti
<b>Più del 90%</b>	è la probabilità di ondate di calore (effetti: aumento della domanda acqua, incendi, siccità, mortalità) dall'altra aumenti delle precipitazioni (effetti: contaminazione idrica, allagamenti)
<b>Più del 66%</b>	è la probabilità di un'avanzata delle aree desertiche e dell'aumento dell'attività di cicloni tropicali (effetti: danni ai raccolti, interruzioni corrente elettrica, sradicamento alberi e danni alle barriere coralline, recesso da parte delle compagnie di assicurazioni)
<b>Più del 66%</b>	è la probabilità di fenomeni estremi di innalzamento dell'acqua del mare non provocati da terremoti (tsunami)

Fonte: Quarto Rapporto di Valutazione, IPCC 2007, Gruppo di lavoro I

# Domande & risposte

È vero che i "paradisi" tropicali, come Maldive e Caraibi, in futuro saranno sempre più colpiti da tifoni e uragani?

È probabile. Sulla base di nuovi e più approfonditi studi, i cicloni tropicali (tifoni e uragani) si intensificheranno in futuro con punte della velocità del vento in aumento e precipitazioni sempre più intense, associate ad un continuo incremento delle temperature marine dei Tropici. Non ci sono certezze, invece, in un loro aumento quantitativo sul lungo periodo.

Che affidabilità danno i modelli climatici utilizzati per predire i futuri mutamenti del clima?

Alta. I modelli usati dagli scienziati non sono che rappresentazioni matematiche del sistema climatico in grado di "girare" su potenti computer. Sono ritenuti in grado di offrire simulazioni credibili, particolarmente su ampia scala, per due motivi: 1) sono basati su principi fisici fondamentali 2) sono in grado di simulare tratti del clima passato e di quello attuale, già noti e verificati, come le dimensioni esatte della glaciazione di 21.000 anni fa, o il raffreddamento globale di breve durata seguito all'eruzione del vulcano Pinatubo (Filippine) nel 1991. Questo aumenta, naturalmente, la probabilità che siano esatte le previsioni di eventi climatici ancora futuri.

# I MOTIVI DI PREOCCUPAZIONE

Nuove prove scientifiche sono alla base di motivi di maggiore preoccupazione, primo fra tutti, il rischio posto su alcuni **habitat naturali particolarmente minacciati** secondo le proiezioni climatiche: la crescita delle temperature (da 1,5 a 2,5°C) rispetto ai livelli del 2000 potrebbe aumentare il rischio di estinzione fino ad un terzo (20-30%) delle specie conosciute. Sempre secondo le proiezioni climatiche aumenti della temperatura superficiale marina di circa 1-3°C potranno causare un aumento degli eventi di sbiancamento dei coralli.

Se la seconda causa di preoccupazione riguarda i **rischi di eventi meteorologici estremi**, come siccità, ondate di calore, cicloni tropicali, inondazioni, in grado di mettere in ginocchio popolazioni già vulnerabili per cause non climatiche (guerre, fame, epidemia di virus HIV), il **terzo motivo** di preoccupazione consiste in **eventi climatici su grande scala** potenzialmente in grado di provocare impatti ancora più ampi: un vasto scioglimento dei ghiacci della Groenlandia e dell'Antartide Occidentale, potrebbe avvenire in un periodo di tempo lungo (secoli-millenni) per un aumento della temperatura media globale di 1-4°C (rispetto al 2000) e potrebbe causare un innalzamento del livello del mare di 4-6 m o più. L'ulteriore innalzamento dei livelli del mare potrebbe inondare le aree più basse, con effetti devastanti nei delta dei fiumi, sovrappopolati.

Punto critico è, poi la presenza di alcuni **fattori in grado di amplificare gli effetti del riscaldamento globale**, in termini scientifici "feedback". L'ulteriore aumento delle temperature produrrebbe maggiore evaporazione, più vapore acqueo nell'atmosfera, quindi più effetto serra, più riscaldamento globale e così via: un circolo vizioso, concordano i climatologi, abbastanza potente da raddoppiare, potenzialmente l'aumento dell'effetto serra e "tropicalizzare" il clima terrestre. E c'è anche quello del carbonio: il riscaldamento globale riduce l'assorbimento di anidride carbonica ➤



## COSÌ IL CLIMA POTREBBE CAMBIARCI LA VITA ENTRO LA FINE DEL 21° SECOLO

### Esempi di possibili impatti dei cambiamenti climatici in assenza di politiche sul clima

FENOMENO E LIVELLO DI PROBABILITÀ	EFFETTI POSITIVI	EFFETTI NEGATIVI
Giorni e notte più calde <i>Virtualmente certo</i>	Minore domanda energetica per riscaldamento Meno morti per il freddo Più raccolti nei climi freddi Meno ghiaccio e neve per le strade	Maggiore domanda di aria condizionata; peggiore qualità dell'aria in città; invasione di insetti; crisi località sciistiche e sport invernali
Più frequenti ondate di calore <i>Molto probabile</i>	Nessuno	Aumento del rischio di mortalità per il caldo (specialmente anziani, malati cronici, bambini); aumento della domanda di acqua e peggioramento della sua qualità; minori raccolti; maggiore pericolo di incendi
Aumenti nella frequenza di piogge più intense <i>Molto probabile</i>	Minore scarsità di acqua	Aumento dei rischi di morte, infezioni, e malattie respiratorie; più frequenti inondazioni; danni alle coltivazioni; erosione del suolo; contaminazione delle acque sotterranee;
Aumento delle aree colpite da siccità <i>Probabile</i>	Nessuno	Scarsità di cibo; scarsità di acqua per città, industrie; calo potenziale di energia idroelettrica; migrazione delle popolazioni
Aumento dell'intensità dei cicloni tropicali <i>Probabile</i>	Nessuno	Aumento dei rischi di morte, ferite, e malattie; migrazioni delle popolazioni colpite; interruzioni della corrente elettrica e nelle forniture di acqua; danni ai raccolti, sradicamento di alberi; danni alle barriere coralline
Fenomeni estremi di aumento del livello del mare (non dovuti a tsunami) <i>Probabile</i>	Nessuno	Aumento del rischio di morte e ferite da annegamento; minore disponibilità di acqua per infiltrazione di acque salate; trasferimento di popolazioni e infrastrutture (es. alberghi, scuole, etc.)

Fonte: Quarto Rapporto di Valutazione, IPCC 2007, Gruppo di lavoro II



atmosfera della terra e del mare, e aumenta le concentrazioni atmosferiche di gas serra prodotti dalle emissioni dovute all'intervento umano ("feedback del carbonio"). A cui va sommata, l' "inerzia" del clima, cioè la lentezza dei processi di cambiamento climatici. Risultato: anche se le concentrazioni di gas ad effetto serra si stabilizzassero, il riscaldamento prodotto dalle attività umane e l'innalzamento del livello del mare continuerebbero per centinaia di anni: ad esempio, si sa già che la riduzione delle calotte di ghiaccio della Groenlandia continuerà e contribuirà alla crescita del livello del mare anche dopo il 2100. A maggior ragione, continuare ad immettere gas ad effetto serra al tasso attuale o superiore, dal 2100 provocherebbe cambiamenti nel sistema climatico ancora più severi di quelli osservati oggi. ■

### RISCHI ESTREMI IN CIFRE

+1-3° C	è l'aumento della temperatura superficiale del mare (rispetto ai valori 1980-1999) potenzialmente sufficiente all'aumento della frequenza dei fenomeni di sbiancamento ( <i>coral bleaching</i> ) o morte dei coralli
+1,5-2,5° C	è l'aumento della temperatura media globale, (rispetto ai valori 1980-1999) sufficiente ad aumentare il rischio di estinzione del 20-30% delle specie già minacciate
+1,9-4,6° C	è l'aumento protratto per millenni della temperatura media globale (rispetto ai valori pre-industriali) in grado di produrre virtualmente il completo scioglimento dei ghiacci in Groenlandia
da 75 a 250 milioni	è il numero delle persone che per effetto del surriscaldamento potrebbero essere esposte ad un maggiore stress idrico entro il 2020 in Africa
120 milioni - 1200 milioni	potrebbe essere il numero delle persone colpite da un maggiore stress idrico in Asia entro il 2020

## LE RISPOSTE POSSIBILI

Gli scienziati però non si limitano a fare proiezioni climatiche future. È possibile tornare indietro? È possibile mettere le lancette dell'orologio climatico indietro di 35 anni? La risposta è no: nei prossimi anni non si può bloccare la riduzione delle emissioni, né invertire la risalita del termometro, ma la si può rallentare. E così propongono una serie di strategie possibili per evitare, ridurre o ritardare gli impatti prevedibili, e quelli già sotto i nostri occhi.

### "A monte" e "a valle"

Il modo di mettere un freno all'ulteriore aumento delle temperature (il target EU è di limitare il possibile aumento della temperatura media globale a 2°C rispetto al livello pre-industriale 1750) c'è: "tagliare" le emissioni globali annue di gas serra. Non è un obiettivo irrealistico: il rapporto dell'IPCC mostra che le opzioni tecnologiche per riuscirci sono già disponibili e altre lo saranno nei prossimi 30 anni, purché siano attuati incentivi (fiscali ed economici) adeguati. La prima azione riguarda le misure di **mitigazione**, cioè riduzione "a monte" delle emissioni di gas serra "umane". Non esiste una "ricetta" valida per tutti i paesi: la scelta migliore dipende da fattori economici, demografici, politici, geografici.

### Dall'energia solare alle cucine intelligenti

Nel settore **dell'energia**, che gioca un ruolo determinante nel successo della strategia anti-cambiamento climatico, le soluzioni spaziano dal miglioramento dell'efficienza energetica, all'utilizzo di fonti rinnovabili (es. energia idroelettrica, solare, eolica, geotermica), a quelle prossime, come il "sequestro", cioè la cattura e l'immagazzinamento dell'anidride carbonica in formazioni geologiche del sottosuolo, come pure la produzione di energia dalle onde e dalle maree. In quello dei **trasporti**, le speranze future sono riposte nei biocarburanti di seconda generazione, in aerei ad alta efficienza, in veicoli elettrici e ibridi più avanzati. Nel settore delle **costruzioni**, oltre all'efficienza energetica, e ai sistemi di raffreddamento solare attivo e passivo, si passerà in futuro alla progettazione integrata di edifici commerciali con contatori intelligenti. Mentre nel settore dei **rifiuti**, invece, le speranze sono riposte nel riciclo, e nel compostaggio.

Più improbabile, invece, il successo legato a **soluzioni futuristiche** di geo-ingegneria: come la fertilizzazione degli oceani, che "spazzerebbe via" l'anidride carbonica dall'atmosfera, ma di cui si conoscono ancora poco effetti collaterali e costi. Nel frattempo, la seconda risposta possibile è nelle **misure di adattamento**, che consentirebbero di ridurre la vul-



## PRINCIPALI TECNOLOGIE E PRATICHE DI MITIGAZIONE

SETTORE	DISPONIBILI OGGI	ENTRO IL 2030
Energia	Più efficiente fornitura e distribuzione di energia; passaggio da carbone a gas; calore ed energia rinnovabile (es. idroelettrica, solare, eolica, geotermica e bioenergia)	Energie rinnovabili ancora più avanzate (es. energia da moto ondoso e maree, solare concentrato, solare fotovoltaico); cattura e immagazzinamento dell'anidride carbonica nel sottosuolo (detta "Capture and Storage")
Trasporti	Veicoli alimentati da carburanti più efficienti; veicoli ibridi; veicoli diesel più puliti; biocarburanti; trasporti da ruota a ruota	Biocarburanti di seconda generazione; maggiore efficienza degli aeroplani; veicoli elettrici ed ibridi più avanzati con batterie più potenti e affidabili
Edilizia	Apparecchi di illuminazione (lampadine), cucine intelligenti, impianti di riscaldamento e raffreddamento (es. frigoriferi) ad alta efficienza; isolamento termico; raffreddamento e riscaldamento solare attivo e passivo; recupero e riciclo gas inquinanti (es. fluorogenati)	Progettazione integrata di edifici: contatori intelligenti, pannelli fotovoltaici integrati nelle costruzioni
Industria	Riciclo e sostituzione dei materiali; tecniche di recupero di energia e calore; controllo dell'emissione di gas non CO2	Efficienza energetica più avanzata; cattura e stoccaggio dell'anidride carbonica per la manifattura di cemento e ferro
Agricoltura	Miglioramento delle tecniche di allevamento del bestiame, produzione del riso, gestione del concime e fertilizzanti; aumento delle riserve di carbonio nel suolo;	Miglioramento nella distribuzione dei raccolti agricoli
Foreste	Riforestazione; gestione delle foreste; gestione dei prodotti derivanti dalla raccolta del legname; produzione di energia da biomassa	Mappatura satellitare delle trasformazioni dei suoli (es. asfaltatura terreni agricoli); forestazione con specie di alberi più efficaci nell'assorbire il carbonio.
Rifiuti	Recupero del gas metano: compostaggio dei rifiuti organici; riciclo e minimizzazione dei rifiuti	Biocoperture e biofiltri

Fonte: Quarto Rapporto di Valutazione, IPCC 2007, Gruppo di lavoro III, SPM 3

nerabilità agli impatti climatici più devastanti. Come le opere di ingegneria (ad esempio le strutture di difesa della costa nelle Maldive e in Olanda, o per la difesa dalle inondazioni dei laghi glaciali in Nepal), ma anche politiche di gestione dell'acqua potabile, misure preventive di difesa dalle ondate di calore, e persino diversificazione delle attività turistiche (es. spostamento degli impianti sciistici).

## I benefici per tutti

Correre ai ripari vale la pena per un altro motivo: i benefici per tutti. A cominciare dalla **salute**: in tutte le regioni del mondo studiate, sottolinea il rapporto IPCC, i benefici per la salute a breve termine del minore inquinamento derivato da azioni di riduzione delle emissioni di gas serra compensano una parte sostanziale dei costi di mitigazione; edifici efficienti dal punto di vista energetico oltre a limitare la crescita delle emissioni di anidride carbonica potrebbero migliorare la qualità dell'aria interna ed esterna; per arrivare alla frequenza minore di malattie cardio-respiratorie, per le minori concentrazioni di ozono al suolo, del contenimento delle malattie infettive (es. diarrea), della mortalità, dei rischi all'incolumità personale per la frequenza minore delle ondate di calore, inondazioni, tempeste, incendi e siccità. E poi altri due aspetti fondamentali, che riguardano il **reddito**: la maggiore sicurezza dell'approvvigionamento da fonte rinnovabile rispetto al petrolio (es. a "rischio", sia per motivi strutturali, che speculative e con prezzi sempre più alti), l'aumento della produzione agricola per la minore pressione naturale dovuta alla diminuzione di ozono nell'atmosfera. Tradotto in denaro: maggiore disponibilità di carburante pulito (es. per auto, aerei) e combustibile da riscaldamento e maggiore disponibilità - e quindi costi inferiori - di acqua potabile e cibo. ↘

## LA "VIA D'USCITA" IN CIFRE

<b>6 miliardi</b>	di tonnellate di anidride carbonica equivalente entro il 2030 è il taglio alle emissioni ottenibile attraverso misure di mitigazione "a costi nulli"
<b>60%</b>	è la percentuale di riduzione delle emissioni che, perseguendo obiettivi di stabilizzazione, graverebbe sul settore energetico.
<b>-1,5° C</b>	è la riduzione del riscaldamento globale (rispetto ai valori 1980-1999) in grado di ridurre significativamente il numero di persone investite da alluvioni, danni alle coste, danni alle barriere coralline
<b>+3° C</b>	è la riduzione del riscaldamento globale in grado di ridurre fino al 40% il rischio di estinzione di alcune specie
<b>da 10 a 350</b>	dollari per tonnellata è il costo sociale del carbonio (cioè comprensivo del suo impatto sui cambiamenti climatici)
<b>20.000 miliardi</b>	di dollari è la spesa globale mondiale in infrastrutture energetiche stimata entro il 2030, in grado di avere impatto a lungo termine sulle emissioni di gas serra (a causa della durata di vita degli impianti)
<b>da 670 a 490 miliardi</b>	di tonnellate di carbonio è la riduzione delle emissioni di anidride carbonica in grado di stabilizzare le concentrazioni atmosferiche a 450 ppm (parti per milione)



## Perché non bisogna perdere tempo

Di quanto è necessario ridurre le emissioni? E quanto costerà? È quello che si chiedono tutti: dai cittadini, ai politici, dalle industrie ai governi. Senza sufficienti investimenti verso le energie "pulite" e trasferimenti tecnologici tra paesi, sarebbe molto difficile raggiungere risultati necessari. Senza addentrarsi in stime economiche dettagliate, un segnale efficace, proposto dagli scienziati, è attribuire un "costo sociale" al carbonio (che potrebbe arrivare fino a 350 dollari per tonnellata), comprensivo del suo impatto sui cambiamenti climatici. Anche senza fare richieste esplicite ai governi, per i climatologi dell'IPCC non c'è da perdere tempo, e sottolinea i risparmi ottenibili riducendo i rischi di ulteriori mutamenti climatici: per esempio, contenere il riscaldamento globale al di sotto dei 2°C di aumento medio rispetto all'età pre-industriale potrebbe ridurre la probabilità di rischio di danni alla produttività agricola, a numerosi ecosistemi e di estinzione di specie. Inoltre potrebbe ridurre il numero di persone colpite da inondazioni costiere, il rischio di danni alle barriere coralline e quello di danneggiamenti alle infrastrutture. Le scelte sui modi e sui tempi delle mitigazioni delle emissioni di gas serra, che prenderanno i governi, richiederanno un bilancio tra i costi della più rapida riduzione delle emissioni rispetto ai rischi climatici legati ad un possibile ritardo. Ma una cosa è sicura: non fare nulla costa di più. Bisogna agire rapidamente. ■

## Domande&risposte

**Ammesso che si riesca ad "azzerare" le emissioni di gas serra, a che velocità poi quelle sparirebbero anche dall'atmosfera?**

Dipende. Alcuni gas (es. metano) si dissolvono dall'atmosfera quasi immediatamente, altri, come l'anidride carbonica, il principale gas serra (il 77% del totale) impiegherebbero millenni, e anzi, a causa dell'inerzia, continuerebbero persino ad aumentare per secoli. Se, per esempio, dicono gli scienziati del clima, si riuscisse ad azzerare tutte le emissioni entro il prossimo secolo, il 20% di quelle rimarrebbe nell'atmosfera per molti millenni. Molto più breve, in confronto, il tempo di vita del protossido di azoto (110 anni), degli idrofluorocarburi (22 anni) e del metano (12 anni).

## Glossario

### AEROSOL

Particelle solide o liquide sospese nell'aria, talmente minuscole (da 0,01 a 10 milionesimi di metro) e possono essere di origine naturale o antropogenica. Possono influenzare il clima in diversi modi: sia direttamente, disperdendo e assorbendo la radiazione, sia indirettamente, agendo da nucleo di condensazione delle nuvole attorno al quale si addensano polvere, fumo e composti di zolfo (solfati).

### ALBEDO

L'albedo (dal latino albēdo, "bianchezza", da album, "bianco") è la frazione di radiazione solare riflessa dalla superficie o da un oggetto, spesso espressa in percentuale. L'albedo massima è 100% quando tutta la luce incidente viene riflessa, quella minima è 0% quando nessuna frazione della luce viene riflessa. Le superfici coperte da neve hanno un albedo alta (fino a 80-90%) i suoli hanno un'albedo medio-bassa, le superfici coperte da vegetazione (20%) e da oceani (3,5%) hanno un'albedo bassa. L'albedo del pianeta Terra, che influenza la temperatura globale, varia principalmente con i cambiamenti nella copertura di nubi, neve, vegetazione e copertura del suolo.

### ATMOSFERA TERRESTRE

È l'involucro gassoso che circonda la Terra. Composta principalmente da azoto (N<sub>2</sub>), ossigeno (O<sub>2</sub>), e in misura minore da gas come argon, anidride carbonica e metano. È costituita da strati successivi di densità diverse: la troposfera (fino a 10-15 km di quota); la stratosfera (15-45 km di quota), che include la cosiddetta "fascia di ozono", dove è massima la concentrazione di ozono (20-25 km di quota); la mesosfera (45-80 km) e la termosfera (>80 km).

### CAMBIAMENTI CLIMATICI

I tre principali fattori in grado di alterare il clima sulla Terra. 1) variazioni nella radiazione solare (es. dovute ad una variazione dell'orbita della Terra attorno al sole). 2) Variazioni dell'albedo, cioè la frazione di radiazione solare che viene riflessa in varie parti della terra (es. copertura nevosa, del ghiaccio, della vegetazione, dei deserti e delle particelle aerosol in atmosfera). 3) immissione di gas serra in atmosfera.

### CICLO DEL CARBONIO

È un ciclo attraverso il quale il carbonio è scambiato ininterrottamente tra i quattro "serbatoi" terrestri: l'atmosfera, la biosfera terrestre, gli oceani e la litosfera. Grazie alla fotosintesi delle piante, il carbonio entra nei composti organici e quindi nella catena alimentare, ritorna infine all'atmosfera attraverso la respirazione. In natura il bilancio è sempre in pareggio. Le emissioni di gas serra prodotte dall'uomo, invece, sono in grado di alterare l'equilibrio del sistema: l'anidride carbonica si accumula nell'atmosfera, in quanto i processi di assorbimento naturale non riescono a compensare del tutto il flusso di carbonio.

### CONVENZIONE QUADRO DELLE NAZIONI UNITE SUL CAMBIAMENTO CLIMATICO

(o United Nations Framework Convention on Climate Change da cui l'acronimo UNFCCC). È un trattato ambientale internazionale adottato il 9 maggio 1992 a New York, e firmata al Summit della Terra (Earth Summit) di Rio dei Janeiro nello stesso anno da più di 150 paesi, inclusa l'Unione Europea. Il trattato, non legalmente vincolante, ha come obiettivo finale la stabilizzazione delle concentrazioni di gas serra nell'atmosfera. Include previsioni di aggiornamenti (denominati "protocolli") che devono indicare i limiti obbligatori di emissioni. Il principale di questi è il protocollo di Kyoto.

### EFFETTO SERRA

È l'aumento della temperatura terrestre prodotto dai cosiddetti gas "ad effetto serra", che impedisce a una parte della radiazione emessa dalla superficie terrestre di disperdersi nello spazio. Di per sé è l'effetto naturale che ha permesso la vita sul pianeta Terra e che è dovuto alla presenza in atmosfera di certi gas serra, come il vapore acqueo, il biossido di carbonio o anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), il metano (CH<sub>4</sub>) e il protossido di azoto N<sub>2</sub>O che assorbono e rimettono verso la superficie terrestre la radiazione emessa dalla Terra. Un aumento delle emissioni di questi gas dalla Terra porta ad un aumento delle loro concentrazioni atmosferiche e quindi, ad un rafforzamento dell'effetto serra.

### FEEDBACK CLIMATICO

(o "retroazione")  
Un meccanismo di interazione reciproca all'interno del sistema climatico è chiamato "feedback climatico" quando il risultato di un primo processo determina cambiamenti in un secondo processo che a sua volta influenzano anche quello iniziale. Il feedback può essere positivo, se amplifica il processo originario, negativo se lo riduce.

### GAS SERRA

Sono quei gas presenti in atmosfera, sia di origine naturale che antropica (cioè prodotti dall'azione umana), che assorbono ed emettono radiazione a specifiche lunghezze d'onda nella radiazione infrarossa, emessa dalla superficie della Terra, dalla stessa atmosfera e dalle nuvole. Questa loro proprietà causa il fenomeno noto come effetto serra. I principali gas serra nell'atmosfera sono: il vapore acqueo, l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), il protossido di azoto (N<sub>2</sub>O), il metano (CH<sub>4</sub>) e l'ozono (troposferico O<sub>3</sub>). Oltre a questi gas di origine anche naturale, esiste un'ampia gamma di gas serra di origine esclusivamente antropica,

come i gas alogenati (che hanno un tempo di vita lungo e un forzante radiativo molto superiore a quello dell'anidride carbonica) tra i quali i più conosciuti sono i clorofluorocarburi (CFC). Il Protocollo di Kyoto fa poi espressamente riferimento all'esfluoruro di zolfo (SF<sub>6</sub>), agli idrofluorocarburi (HFCs) e ai perfluorocarburi (PFCs)

### **POTENZIALE DI RISCALDAMENTO GLOBALE (GWP)**

Il potenziale di riscaldamento globale (Global Warming Potential) è un indice che rappresenta l'effetto combinato del tempo di permanenza in atmosfera di ogni gas e la relativa efficacia specifica nell'assorbimento della radiazione infrarossa emessa dalla Terra; è una misura di quanto un dato gas serra contribuisca al riscaldamento globale rispetto alla CO<sub>2</sub>. I GWP sono calcolati dall'IPCC e sono utilizzati come fattori di conversione per calcolare le emissioni di tutti i gas serra in emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub> - eq).

### **PROIEZIONE CLIMATICA**

È la rappresentazione della risposta del sistema climatico agli scenari di emissione o di concentrazione dei gas serra, aerosol, o altro forzante radiativo, basata su simulazioni ottenute attraverso modelli climatici. Le "proiezioni" climatiche si differenziano dalle "previsioni" climatiche perché sono basate su scenari (di emissioni, di concentrazioni atmosferiche e di forzanti radiativi) ricavati da ipotesi di un futuro sviluppo demografico, economico e tecnologico, che possono non verificarsi nella realtà, fatto che ne determina la sostanziale incertezza.

### **RADIATIVE FORCING**

(o "forzante radiativo")

La misura dell'influenza che un fattore, sia naturale (es. vulcani, radiazione solare) che umano (es. deforestazione, quantità di gas e aerosol ad effetto serra) ha nell'alterare il bilancio di energia in entrate e in uscita nel sistema terra

ed è un potenziale meccanismo di cambiamento climatico. I forzanti positivi tendono a riscaldare la superficie, mentre quelli negativi tendono a raffreddarla. Si misura in W/m<sup>2</sup>, watts per metro quadro. A esempio, le nuvole, a seconda del contenuto di acqua, dell'altitudine, della dimensione delle particelle, della forma, possono contribuire sia al raffreddamento che al riscaldamento della Terra: assorbendo la radiazione terrestre, contribuiscono al riscaldamento globale. Ma riflettendo verso l'alto la radiazione solare che altrimenti cadrebbe sulla terra, contribuiscono al raffreddamento globale.

### **OZONO**

Un gas componente naturale dell'atmosfera, e che gioca un ruolo fondamentale nella vita sulla Terra. Nella stratosfera, lo strato di ozono (a 20-25 km sopra la superficie terrestre) ripara da parte delle radiazioni ultraviolette, che possono danneggiare o uccidere le cellule organiche umane. Per la loro azione distruttiva verso l'ozono sono stati banditi dal protocollo di Montreal alcuni gas, tra cui i CFC (clorofluorocarburi), utilizzati come solventi, propellenti per aerosol e pulizie industriali e liquidi refrigeranti per condizionatori d'aria.

### **PARTI PER MILIONE (PPM)**

È il numero di molecole di un dato gas serra per 1 milione di molecole di aria.

### **PROTOCOLLO DI KYOTO**

Sottoscritto a Kyoto (Giappone) da più di 160 nazioni nel 1997, ed entrato in vigore il 16 febbraio 2005 dopo la ratifica da parte della Russia, è il primo trattato globale che fissa un tetto massimo alle emissioni di gas serra da parte dei paesi industrializzati. I paesi aderenti hanno accettato infatti di ridurre le emissioni di sei gas (anidride carbonica, metano, ossido di azoto, idrofluorocarburi, perfluorocarburi ed esafluoruro di zolfo) del 5,2% rispetto ai valori del 1990, nel periodo 2008-2012. Per assolvere il

compito al minor costo possibile, il trattato introduce alcune novità: i Meccanismi di Sviluppo pulito ("Clean Development Mechanism") che consentono ai paesi industrializzati di realizzare progetti nei paesi in via di sviluppo beneficiando di crediti di emissione; l'Implementazione congiunta ("Joint Implementation") che permette a due paesi di condividere i tagli dei gas serra insieme ai crediti derivanti; e il mercato delle emissioni ("Emission Trading"), che consente la vendita/acquisto di crediti di emissione tra paesi industrializzati. Ma ha due punti deboli: la mancata adesione di alcuni paesi (Stati Uniti) e la ratifica di paesi chiave esonerati dall'obbligo di riduzione delle emissioni (India, Cina).

### **SCENARIO**

Una descrizione plausibile, a volte semplificata, di come il futuro può evolversi, basato su un'insieme coerente e consistente di ipotesi sugli agenti di cambiamento e le loro relazioni più significative. Gli scenari possono essere basati su proiezioni (vedi) ma spesso basati su informazioni aggiuntive derivanti da altre fonti.

### **SVILUPPO SOSTENIBILE**

È il percorso di sviluppo verso una società sostenibile, in grado di rispondere ai bisogni umani fondamentali senza minacciare la sopravvivenza dell'ambiente naturale e le prospettive di vita delle generazioni future. La sostenibilità mira a migliorare la qualità della vita umana mantenendola entro i limiti della capacità di carico degli ecosistemi che ci sostengono.

### **SCENARI DI EMISSIONE**

Una rappresentazione plausibile delle future emissioni di gas serra e di aerosol basata su un set consistente e coerente di assunzioni sullo sviluppo demografico, socio economico e tecnologico. Nell'ultimo rapporto IPCC (AR4) si sono usati gli scenari di emissione SRES ("Special Report on Emission Scenarios, 2000).

Foto

*Copertina:*

© WWF-Canon / Wim VAN PASSEL; Adam OSWELL; Roger LeGUEN; Helen MORF.

*Interno:*

© WWF-Canon / Sylvia RUBLI; Michel GUNTHER; Anton VORAUER; Frédéric MONNOT; Nathalie RACHETER; Vladimir FILONOV; Chris Martin BAHAR; Cassandra PHILLIPS; Hartmut JUNGIUS; Wim VAN PASSEL; Adam OSWELL; Svein B. OPPEGAARD; © www.JSGrove.com





*for a living planet*®



WWF Italia onlus  
Via Po 25/c - 00198 Roma  
wwf.it - generazioneclima.wwf.it - wwf@wwf.it

La missione del WWF è costruire un mondo in cui l'Uomo possa vivere in armonia con la Natura. Il WWF Italia è un'organizzazione che, con l'aiuto dei cittadini, e il coinvolgimento delle imprese e delle istituzioni, contribuisce incisivamente a conservare i sistemi naturali in Italia e nel mondo. Opera per avviare processi di cambiamento che conducano a un vivere sostenibile. Agisce con metodi innovativi capaci di aggregare le migliori risorse culturali, sociali, economiche.



Rappresentanza in Italia della Commissione Europea  
<http://ec.europa.eu/italia/>

La Commissione europea sostiene il progetto del WWF diretto a diffondere dati scientifici sui cambiamenti climatici in un linguaggio comprensibile anche per chi non se ne occupa professionalmente.

Il surriscaldamento della terra è un fenomeno complesso, che rappresenta una grave minaccia per la stabilità e la prosperità delle nostre società.

È un problema che deve essere affrontato a livello globale e l'Unione europea è in prima linea sulla scena internazionale. Ma ciò che farà la differenza è anche il contributo dei singoli cittadini.

Per vedere cosa puoi fare anche tu consulta:

[http://ec.europa.eu/environment/climat/campaign/index\\_it.htm](http://ec.europa.eu/environment/climat/campaign/index_it.htm)



CENTRO EURO-MEDITERRANEO  
PER I CAMBIAMENTI CLIMATICI