



Climate Change:
Colpa dell'Uomo?



(Florida 1992)

Il cambiamento climatico (C.C.) è inconfutabile, sono molteplici le testimonianze visive, e ancora di più quelle scientifiche.

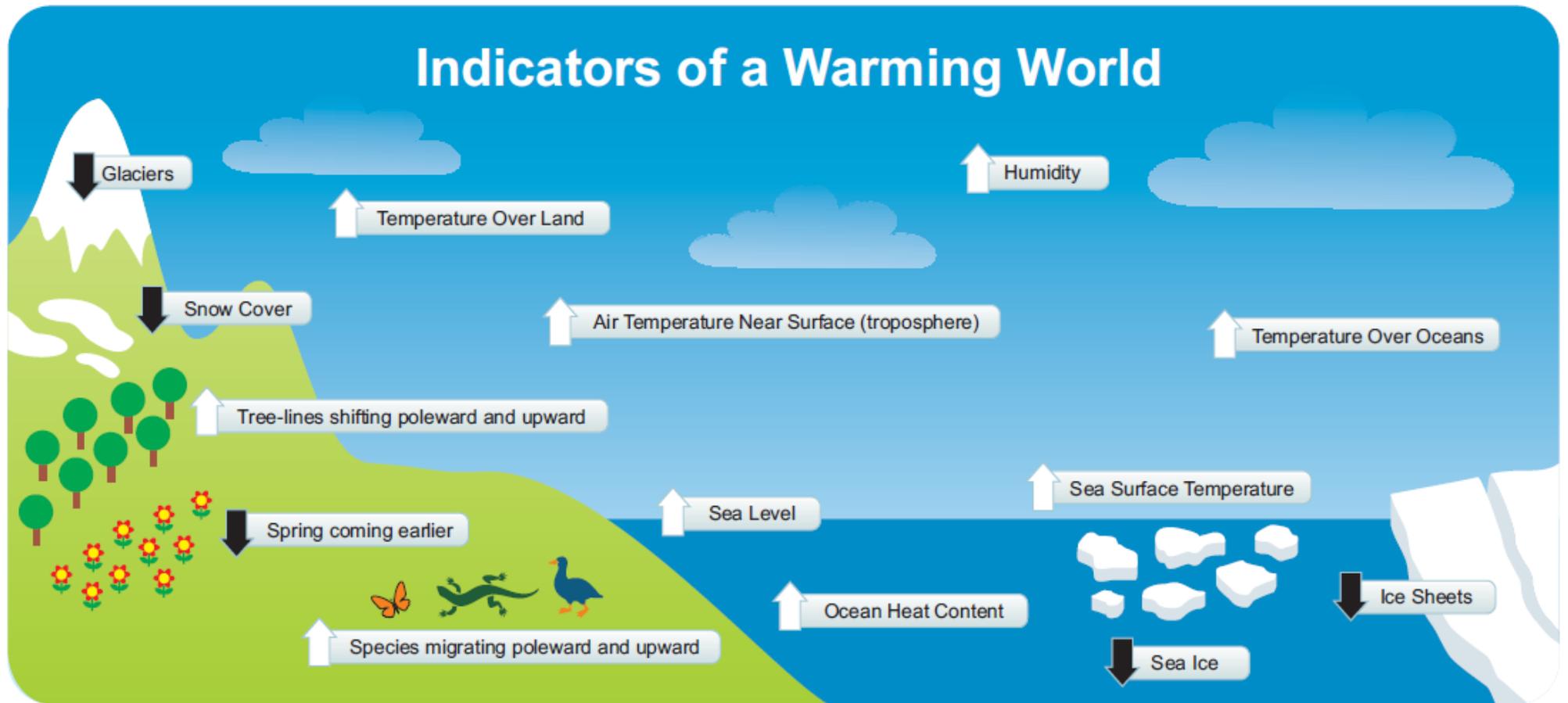
IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) , WMO (World Meteorological Organization), NASA (National Aeronautics and Space Administration) ed altre associazioni di rilevanza nazionale ed internazionale partendo dagli indicatori chiave dell'attuale C.C. hanno progressivamente trattato :

- Evidenze;
- Cause;
- Effetti;
- Consensi e Incertezze.

Utilizzando come supporto le scoperte scientifiche di tali enti, analizzando in dettaglio l'andamento climatico degli ultimi 50 anni, proveremo che un C.C. esiste e che è probabile conseguenza dell'interazione

Uomo-Clima.

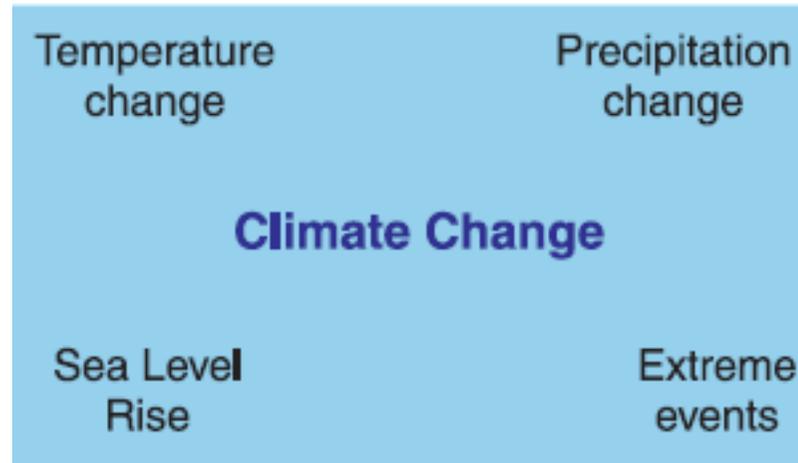
Indicators of a Warming World



Parmesan & Yohe 2003³², NOAA³⁴

Evidenze meteo-oceanografiche:

1. Anomalia della temperatura crescente;
2. Forte ritiro della maggioranza dei ghiacciai continentali;
3. Innalzamento del livello del mare;
4. Variazione del regime pluviometrico a scala globale.

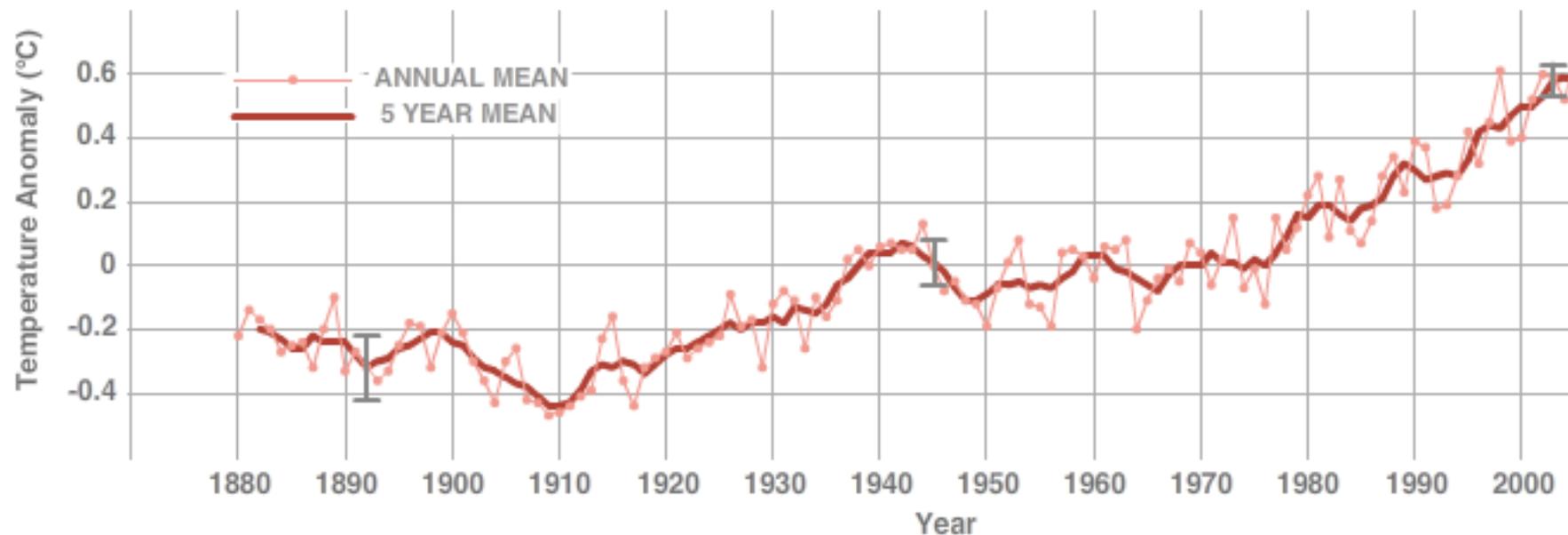


1. Anomalia della temperatura crescente:

E' evidente dal grafico sottostante come la temperatura superficiale globale (T) sia aumentata nell'ultimo secolo, raggiungendo anomalie positive di $\sim 1^\circ$. Secondo le analisi del Fourth Assessment Report (AR4) dell'IPCC, il più importante organismo internazionale per la valutazione dei cambiamenti climatici, undici degli anni compresi tra il 1995 e il 2006 sono tra gli anni che registrano le T più alte dal 1850. Negli anni 1906-2005 è stato registrato un aumento di $T \sim 0.74^\circ\text{C}$, invece presi gli anni 1956-2005, ogni 10 anni è registrato un aumento di 0.13°C , quasi il doppio dei 100 anni 1906-2005. A registrare maggiori effetti sono le zone dell'emisfero settentrionale con latitudini più elevate, cioè quelle relative all'Artide.

GLOBAL LAND-OCEAN TEMPERATURE INDEX

Data source: NASA's Goddard Institute for Space Studies (GISS) This trend agrees with other global temperature records provided by the Climatic Data Center, the Japanese Meteorological Agency and the Met Office Hadley Centre / Climatic Research Unit in the U.K. Credit:



Le osservazioni dal 1961 mostrano che la temperatura media dell'oceano globale è aumentata fino a profondità ~3000 metri e che l'oceano ha assorbito l'80% del calore che viene fornito al sistema climatico terrestre.

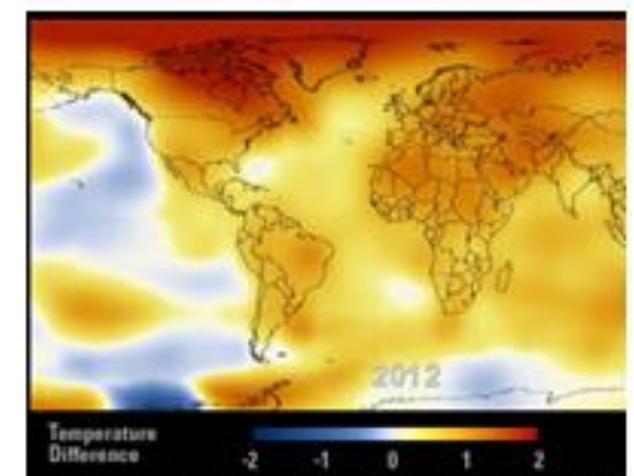
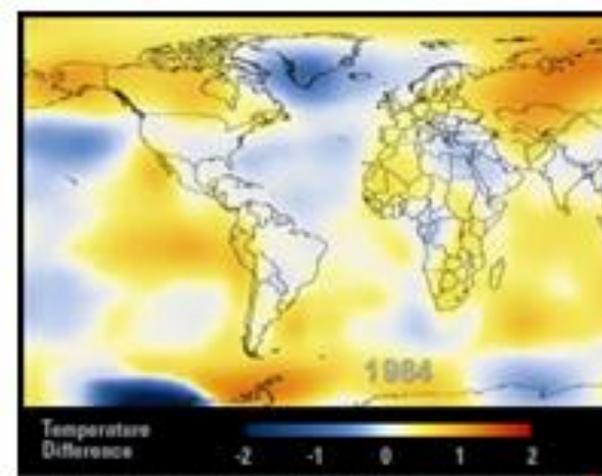
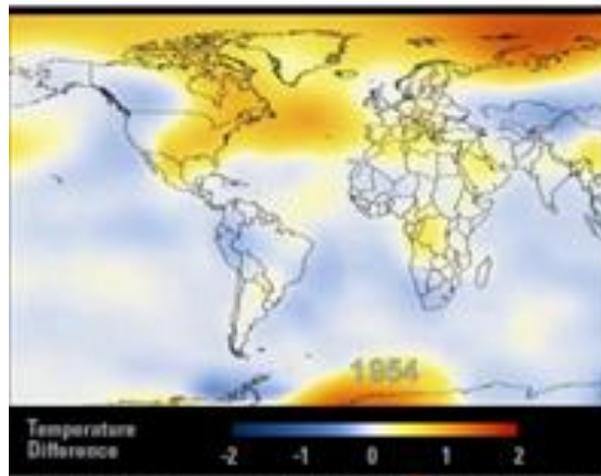
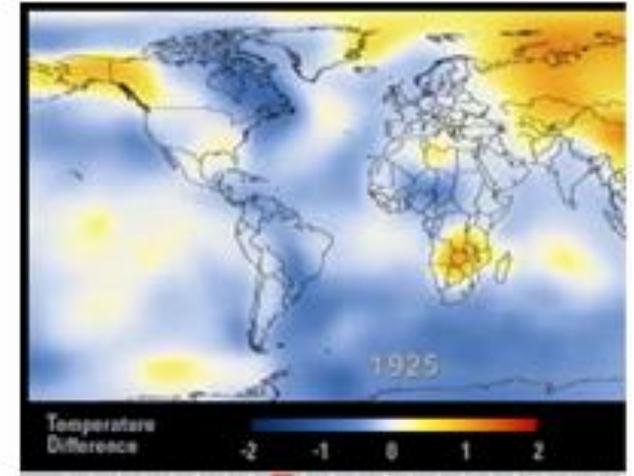
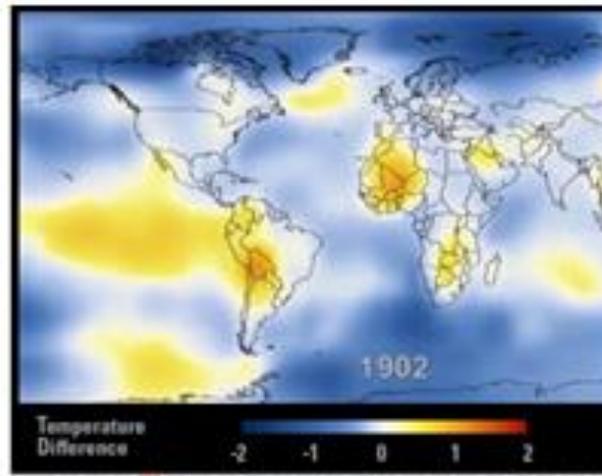
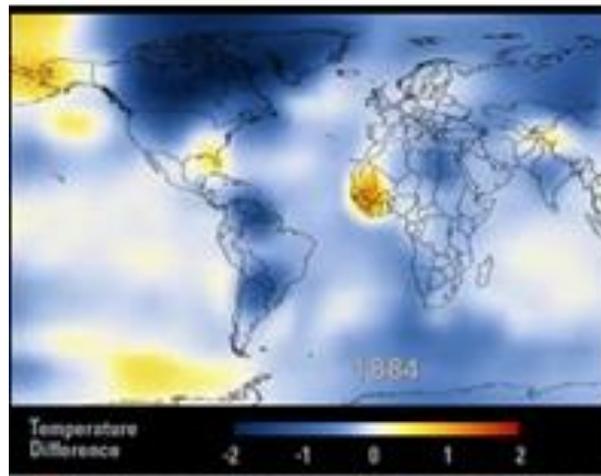
Anche nella bassa e media troposfera mediante Vertical Sounding sono state registrate temperature proporzionali al riscaldamento in superficie.

Per alcuni climatologi non è un caso che questo aumento della temperatura si sia verificato nell'epoca post industriale, infatti si associa al C.C. l'emissione antropica di gas serra che hanno modificato la concentrazione atmosferica dei gas. Di seguito vedremo l'evoluzione nel tempo dell'anomalia di temperatura relativa agli anni 1850-2012 e il rispettivo aumento della concentrazione di CO₂ in atmosfera, sia associato all'emissione antropica, sia a quella naturale del Pianeta Terra.

TIME SERIES: 1884-2012

Data source: NASA/GISS

Credit: [NASA/Goddard Scientific Visualization Studio](#)

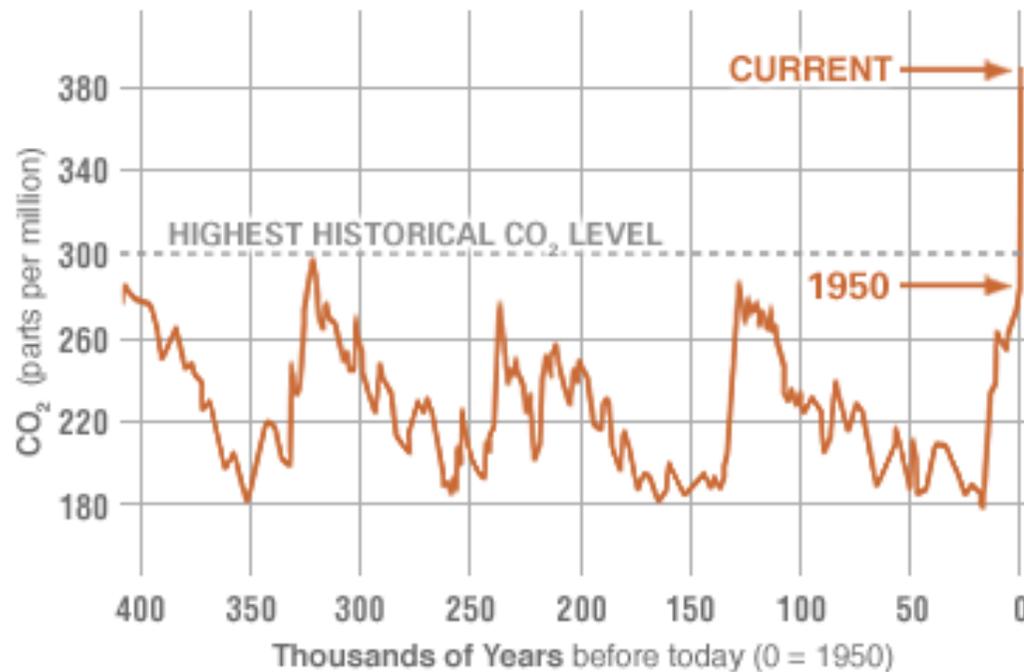


Vogliamo vedere adesso se è possibile associare realmente l'aumento delle emissioni di CO₂ all'aumento della temperatura globale.

PROXY (INDIRECT) MEASUREMENTS

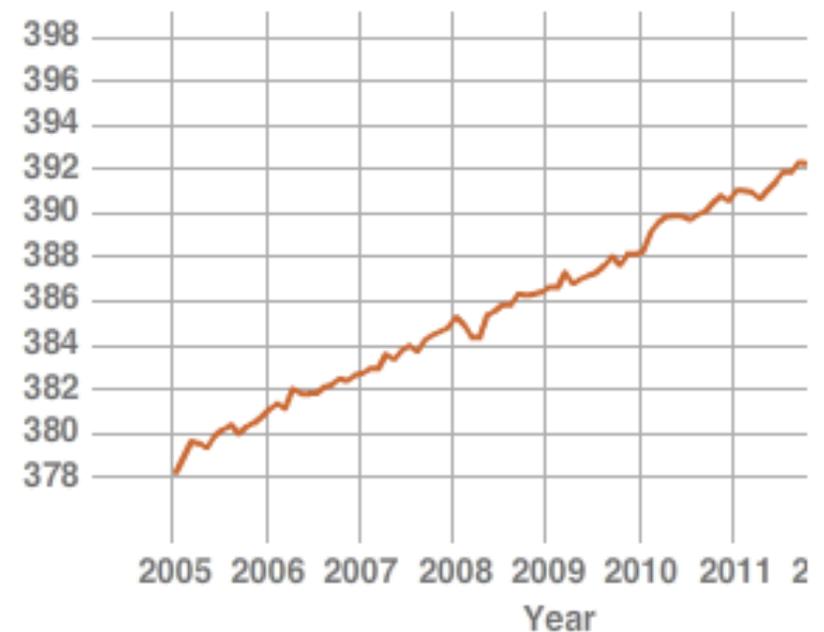
Data source: Reconstruction from ice cores.

Credit: [NOAA](#)



DIRECT MEASUREMENTS: 2005-PRESENT

Data source: Monthly measurements (corrected for average cycle). Credit: [NOAA](#)

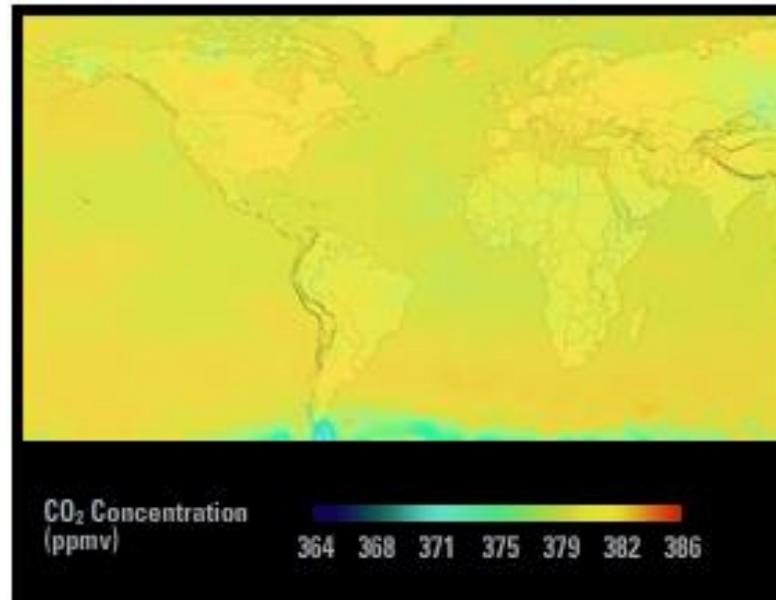
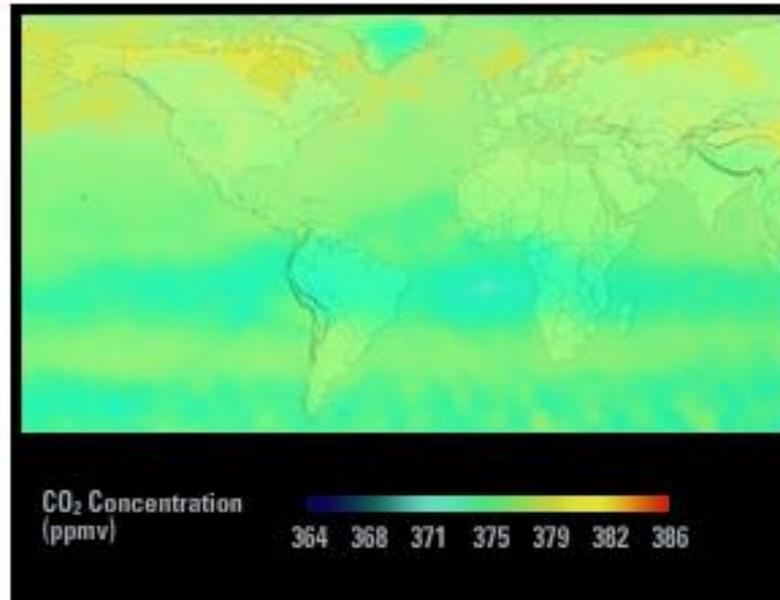
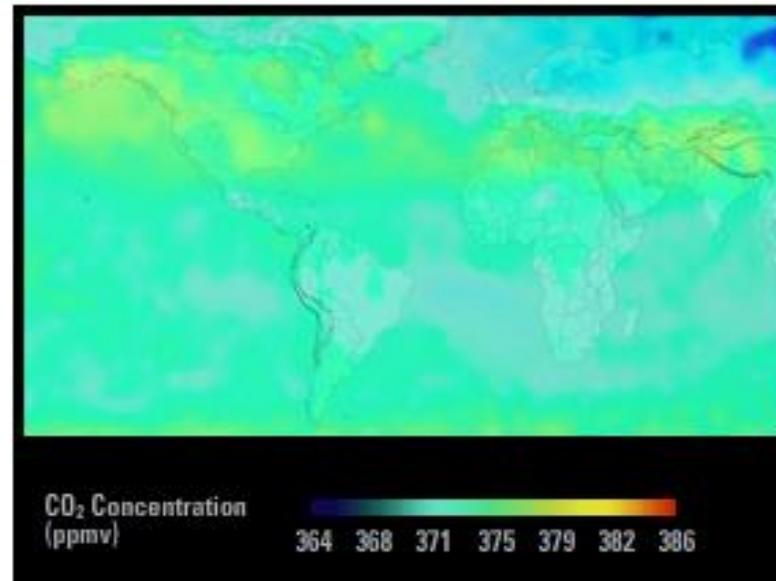
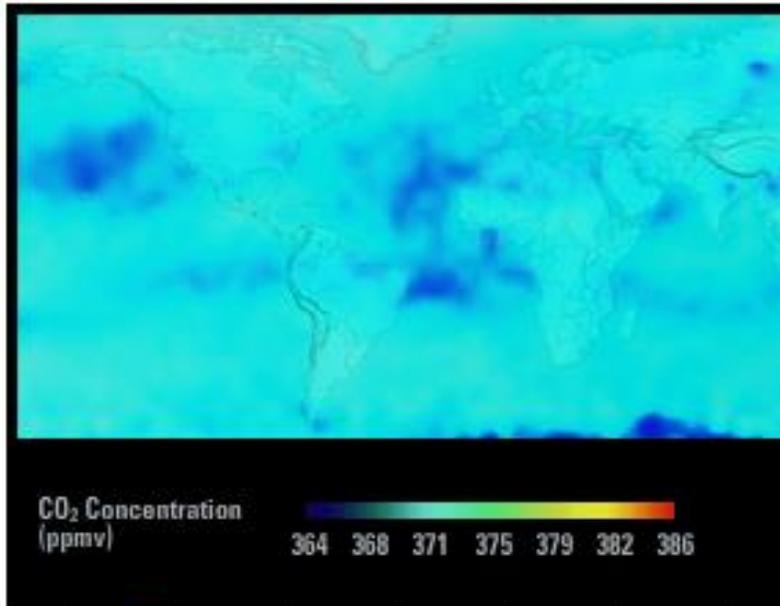


TIME SERIES: 2002-2009

Data source: Atmospheric Infrared Sounder (AIRS)

Credit: NASA

move the slider below to view changes over time



(2009)

E' facile notare una covarianza positiva tra emissioni di CO2 e aumento della temperatura. Analizzando prima l'andamento crescente della curva di CO2 ottenuta mediante misure dirette e indirette (proxy), insieme alle curve relative i gas serra restanti: -metano (CH4), ozono (O3), vapore acqueo (H2O), ossido nitroso (N2O), gas fluorurati (idrofluorocarburi HFC, esafluoro di zolfo SF6, perfluorocarburi PFC, clorofluorocarburi CFC)-, è facile notare che le emissioni di GHG (Greenhouse Gas) sono cresciute del 25% dall'inizio dell'industrializzazione moderna. L'anidride carbonica è il gas serra antropico più importante, responsabile per il 5%÷20% dell'effetto serra naturale ed interagisce con l'atmosfera per cause naturali e antropiche.

Table: Global abundances (relative number of molecules) of key greenhouse gases averaged over the twelve months of 2011 as well as changes relative to 2010 and 1750, and contributions to radiative forcing (a measure of how much a gas contributes to "global warming"), from the WMO Global Atmosphere Watch global greenhouse gas monitoring network. Source: WMO Greenhouse Gas Bulletin, no. 8, November 2012*

	Carbon dioxide (CO ₂)	Methane (CH ₄)	Nitrous oxide (N ₂ O)
Pre-industrial levels (1750)	280	700	270
Global abundance in 2011	390.9± 0.1 ppm	1813± 2 ppb	324.2± 0.1 ppb
2011 abundance relative to year 1750	140%	259%	120%
2010-11 absolute increase	2.0 ppm	5 ppb	1.0 ppb
2010-11 relative increase	0.51%	0.28%	0.31%
Mean annual absolute increase during last 10 years	2.0 ppm/yr	3.2 ppb/yr	0.78 ppb/yr
Contribution to radiative forcing relative to 1750**	+1.8 W m ⁻²	+0.51 W m ⁻²	+0.18 W m ⁻²

* ppm = parts per million and ppb = parts per billion

** Measured as watts per meter squared as calculated by NOAA (<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi>)

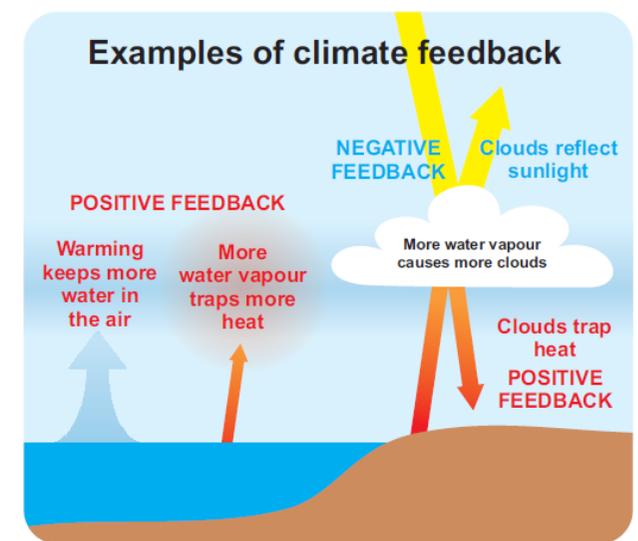
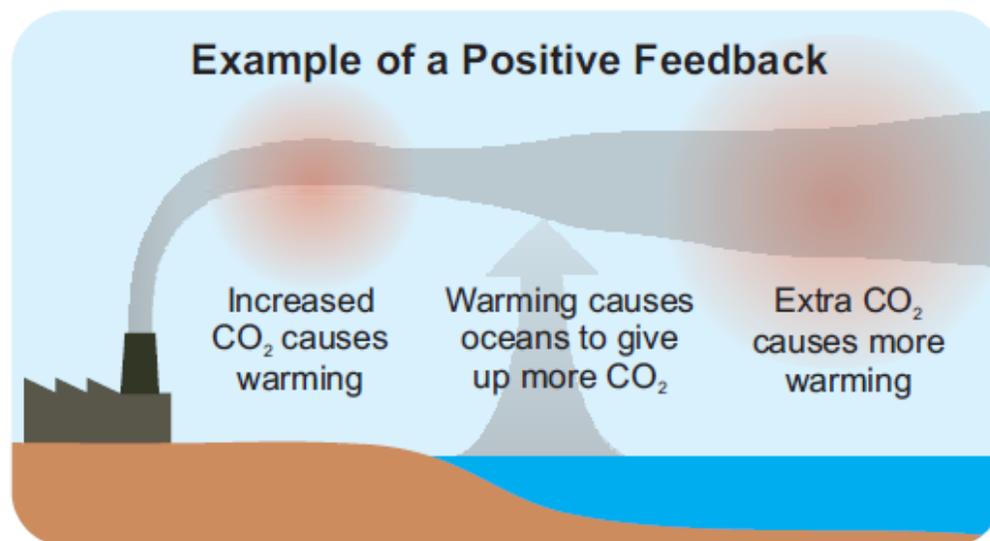
Ma H2O è responsabile per circa il 90% dell'Effetto Serra!

Può essere davvero colpa dell'aumento del diossido di carbonio l'attuale riscaldamento globale?

Il vapore acqueo come già detto è responsabile per ~90% dell'Effetto Serra naturale e con l'aumentare della temperatura, a causa del continuo interscambio aria-mare di calore, aumentando le evaporazioni (E), aumenta la sua concentrazione nella bassa troposfera, causando un feedback positivo (aumenta T, aumenta H₂O, dunque aumenta l'umidità e con essa aumenta nuovamente T) che produce un ulteriore innalzamento delle temperature.

Lo stesso processo avviene tra CO₂ e temperatura ma in proporzioni minori. Come visto nella tabella precedente, con l'aumentare del diossido di Carbonio, ho un contributo al forzante radiativo di +1.8 W/m⁻², il quale provoca un innalzamento della temperatura notevole, in quanto l'effetto serra trattiene gran parte dell'energia del flusso radiativo nella bassa troposfera, provocando un aumento di T e delle precipitazioni (che contribuiscono a far aumentare T poiché si raggiungono elevati picchi di umidità).

Il forzante radiativo infatti è una misura del fattore di influenza che ha il diossido di Carbonio nell'alterare l'equilibrio di energia entrante e uscente nel sistema Terra-Atmosfera.



Analisi delle concentrazioni dei GHG e dei Forzanti Radiativi.

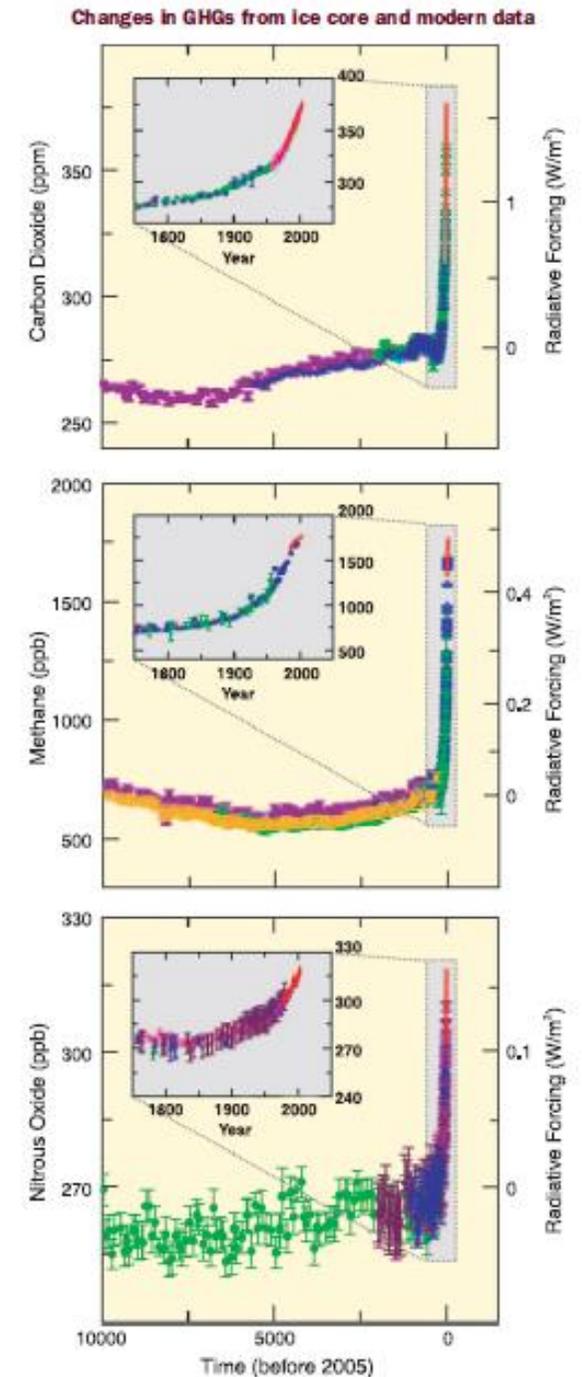
La concentrazione globale atmosferica di CO₂ è aumentata dal periodo preindustriale da 280ppm a 379 ppm nel 2005, per una media relativamente agli ultimi 10 anni di 1.9 ppm per anno. Anche la concentrazione atmosferica globale di CH₄ è aumentata da 715ppb a 1732ppb intorno al 1990 e a 1774ppb nel 2005. L'Azoto (N₂O) è aumentato da 270ppb a 319 ppb nel 2005. Il forzante radiativo dovuto all'azione combinata tra CO₂,CH₄ e N₂O è +2.3 [+2.1 a +2.5] W/m². Facendo un'analisi sul forzante radiativo del CO₂ è aumentato del ~20% dal 1995 al 2005.

In confronto, i cambiamenti nella radiazione solare dal 1750 stimati hanno causato una piccola forzatura radiativa di 0,12[0,06 per +0,30] W/m², che è meno della metà del forzante relativo ai GHG.

L'equilibrio del "climate sensitivity" è una misura della risposta al sistema climatico al sostenuto forzante radiativo. E' definito come l'equilibrio globale del riscaldamento globale della superficie media, in seguito ad un raddoppio della concentrazione di CO₂. In natura oggi sono molte le cause che procurano un feedback positivo del CO₂. Basta pensare a che se raddoppiassimo la sua concentrazione e dunque la temperatura atmosferica e superficiale, le quantità assorbite di CO₂ da parte della terra e dell'atmosfera diminuirebbero.

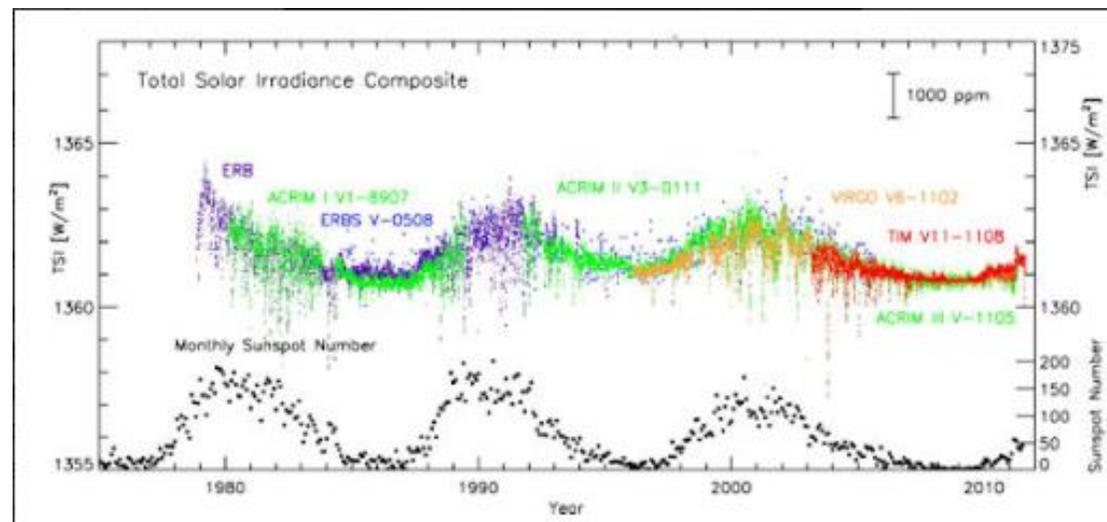
Ad inibire ulteriormente l'assorbimento del diossido di carbonio è la deforestazione, che negli ultimi anni ha preso il sopravvento.

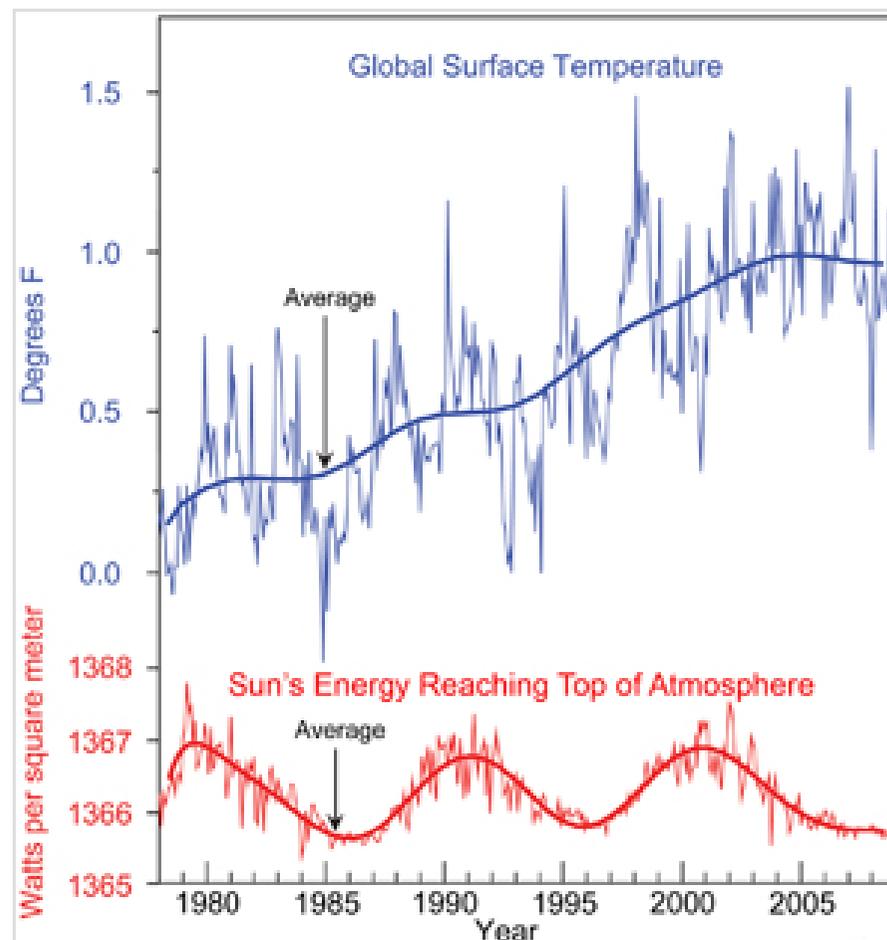
Anche l'attività vulcanica produce un'ulteriore emissione di gas serra come la CO₂ da un lato e l'emissione di SO₂ dall'altro che combinandosi con l'acqua tende a formare acido solforico e quindi a diffondere la radiazione incidente. In mancanza di reazioni chimiche tra i gas nell'Atmosfera inizialmente i gas farebbero da scudo alla radiazione solare ma successivamente a causa della propagazione di Aerosol e GHG nella troposfera, l'ammontare delle piogge aumenterebbe e con esse T.



Inoltre i vulcani immettono in atmosfera circa 0.3 miliardi di tonnellate di CO₂ all'anno, ciò equivale a circa l'1% delle emissioni umane che ammontano a 29 Gt/anno, per cui non si può trascurare che l'attuale cambiamento climatico dipende in gran parte dalle emissioni antropiche di GHG, ma occorre affiancare a questa causa delle altre, tra cui l'attività solare.

Da sempre la comunità scientifica ha riconosciuto nel Sole l'elemento che fornisce la quasi totalità dell'energia che muove le dinamiche climatiche terrestri. Fino a qualche anno fa, la maggioranza dei climatologi mondiali, sulla base della ricostruzione del clima da parte dei modelli, aveva maturato la convinzione che da sole le variazioni più o meno periodiche nell'intensità della radiazione solare, non riuscirebbero a giustificare il forte riscaldamento attuale perché al più possono provocare fluttuazioni di non più di 0.2 °C nel clima terrestre nell'arco di qualche decennio. Ricordando che l'attività del Sole, viene misurata non in base alla quantità di energia irradiata nello spazio dalla nostra stella ma quanto piuttosto dal numero di macchie solari (Sunspot Number) che compaiono sulla sua superficie e che raggiungono un valore massimo ogni 11-12 anni, a causa del surriscaldamento globale dunque se la causa principale fosse il Sole ci aspetteremmo un numero di macchie solari maggiore, ma secondo i dati della NASA ciò non avviene!!!



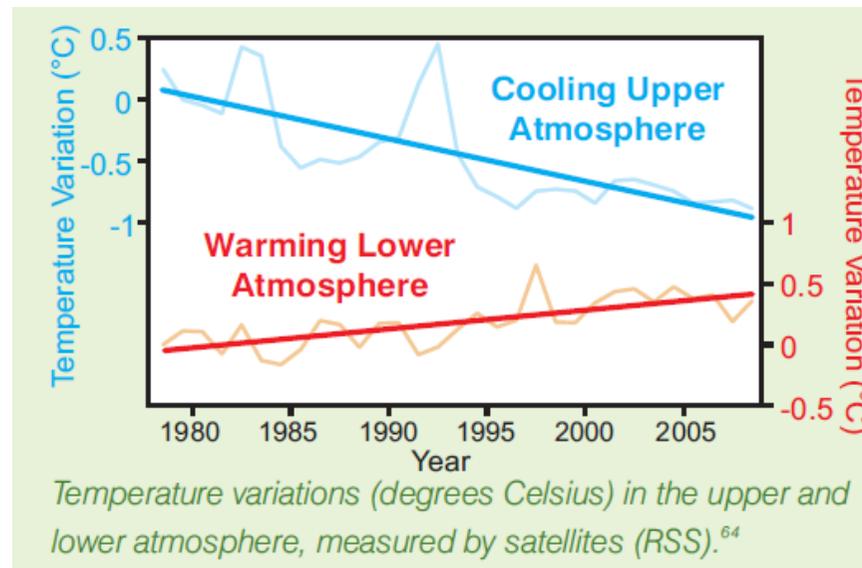


Visualizza immagine ingrandita

L'energia del sole ricevuta in cima l'atmosfera terrestre è stata misurata dai satelliti dal 1978. Ha seguito il suo naturale ciclo di 11 anni di piccoli alti e bassi, ma senza aumento netto (in basso). Nello stesso periodo, la temperatura globale è aumentata sensibilmente (in alto).
Fonte: USGCRP (2009)

Inoltre se fosse l'attività solare la principale causa del C.C. avremmo un'anomalia della temperatura positiva sia in Atmosfera, sia nella Stratosfera, ma gli studi recenti mostrano un surriscaldamento della prima ed un raffreddamento della seconda.

Tutto dunque sembra volerci ricondurre ad un unico "colpevole": il CO2 !!!



MA E' POSSIBILE CHE IL CO2 (~0.035 %) CHE E' RESPONSABILE DI ~5% DELL'EFFETTO SERRA SIA PIU' IMPUTABILE DEL VAPORE ACQUEO (~0.33% dell'atmosfera totale) CHE E' RESPONSABILE DI ~90% DELL'EFFETTO SERRA GLOBALE?

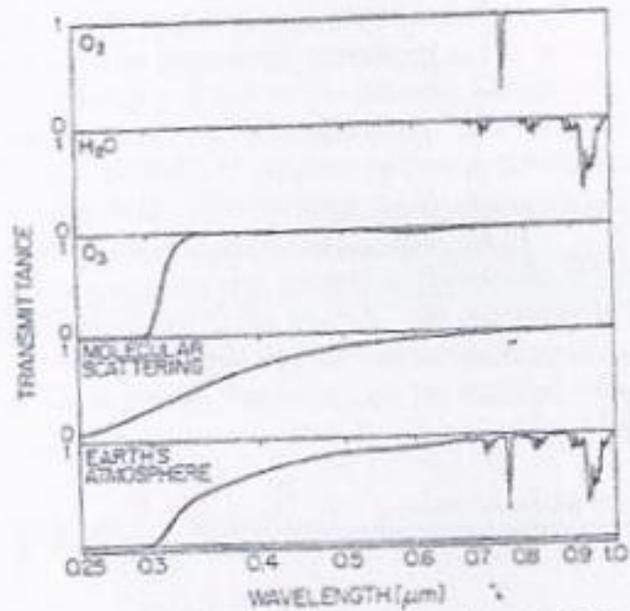


FIGURE 1.11. Vertical transmittance of the Earth's atmosphere between 0.25 and 1.0 μm . Rayleigh scattering by air molecules is the chief limitation to the transfer of visible radiation through the clear atmosphere. The effects of aerosols have not been included in these curves. [Calculated using LOWTRAN 6 (Kneizys *et al.*, 1983).]

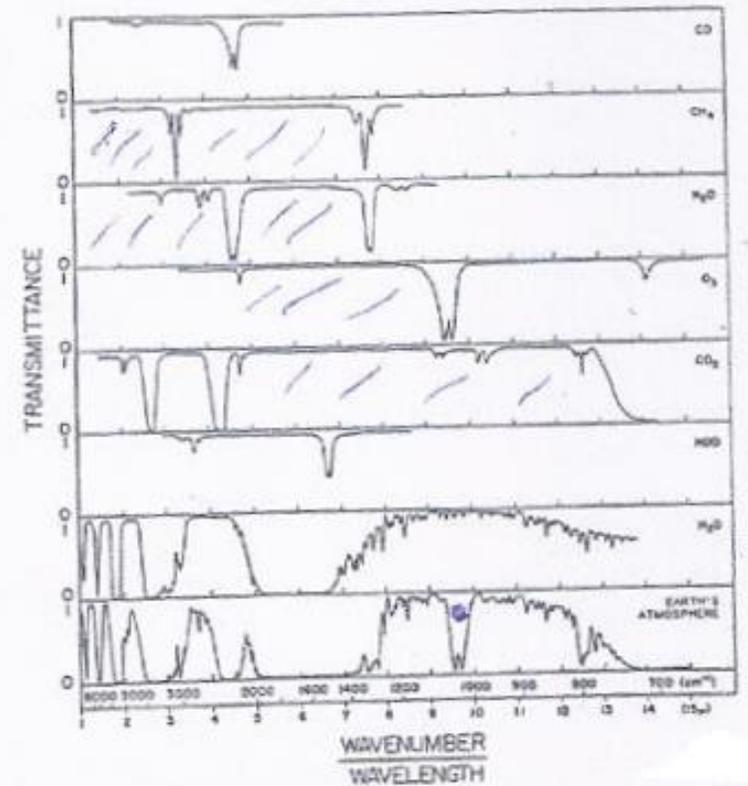


FIGURE 1.12. Infrared transmittance of several gases in the Earth's atmosphere and the combined atmospheric transmittance. [After Valley (1965).]

La Terra emette nello spettro dell'Infrarosso.

Possiamo osservare dalla curva di trasmittanza che il gas che assorbe prevalentemente la radiazione emessa dalla Terra è l' H_2O , seguito ma con piccolissima percentuale dal CO_2 , dall'Ozono O_3 e dal Metano CH_4 .

Ma analizzando come è variata la concentrazione di H₂O nell'aria notiamo che l'anomalia oscilla intorno allo zero, per cui è difficile associare ad un gas, la cui concentrazione nell'aria è rimasta quasi del tutto invariata, gli attuali cambiamenti climatici!

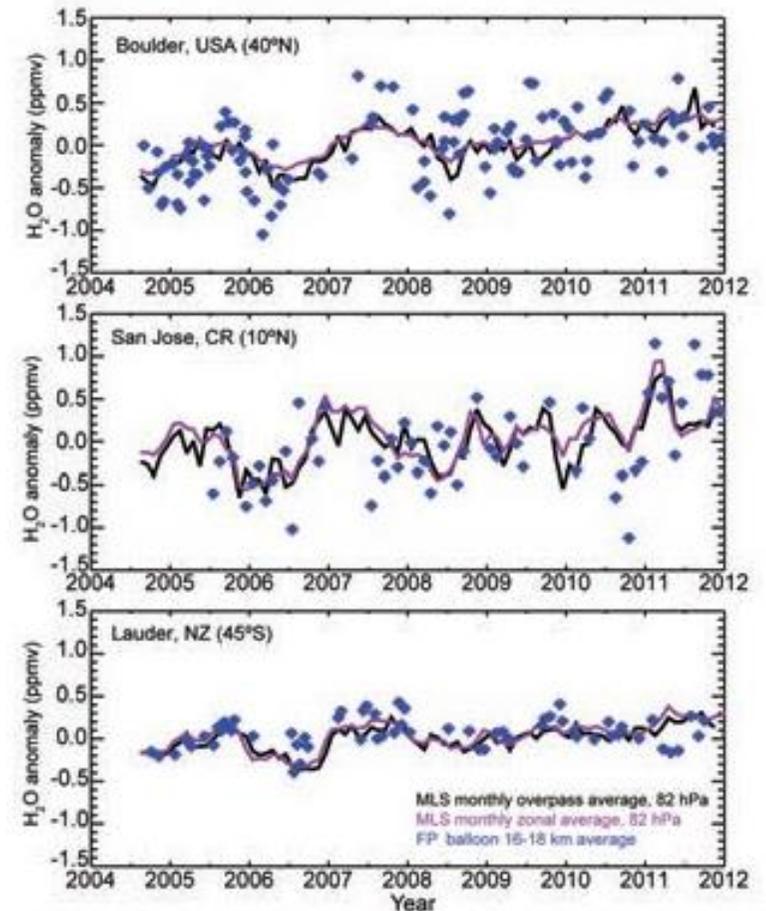


FIG. 2.54. Lower stratospheric water vapor anomalies (ppmv; differences from 2005–10 monthly averages) from three frost point sonde locations: Boulder, Colorado, USA; San Jose, Costa Rica; and Lauder, New Zealand. Blue symbols depict mean anomalies between 16 km and 18 km for individual soundings with balloon-borne frost point hygrometers; black lines are monthly mean anomalies at 82 hPa from MLS retrievals within ±2° latitude and ±15° longitude of the sonde sites; purple lines are MLS zonal monthly mean anomalies at 82 hPa within the ±2° latitude band surrounding each sonde site.

Per cui dobbiamo chiederci:

Quanto è rilevante l'attività antropica ?

E' utile stipulare degli accordi per salvaguardare il Clima?

L'attività antropica con la produzione di GHG sicuramente ha il suo peso sul contributo radiativo e al relativo innalzamento della temperatura ma è possibile GESTIRE IL CLIMA?

Il CO2 sicuramente è il gas antropico che ha riscontrato il maggiore aumento di concentrazione atmosferica negli ultimi decenni!

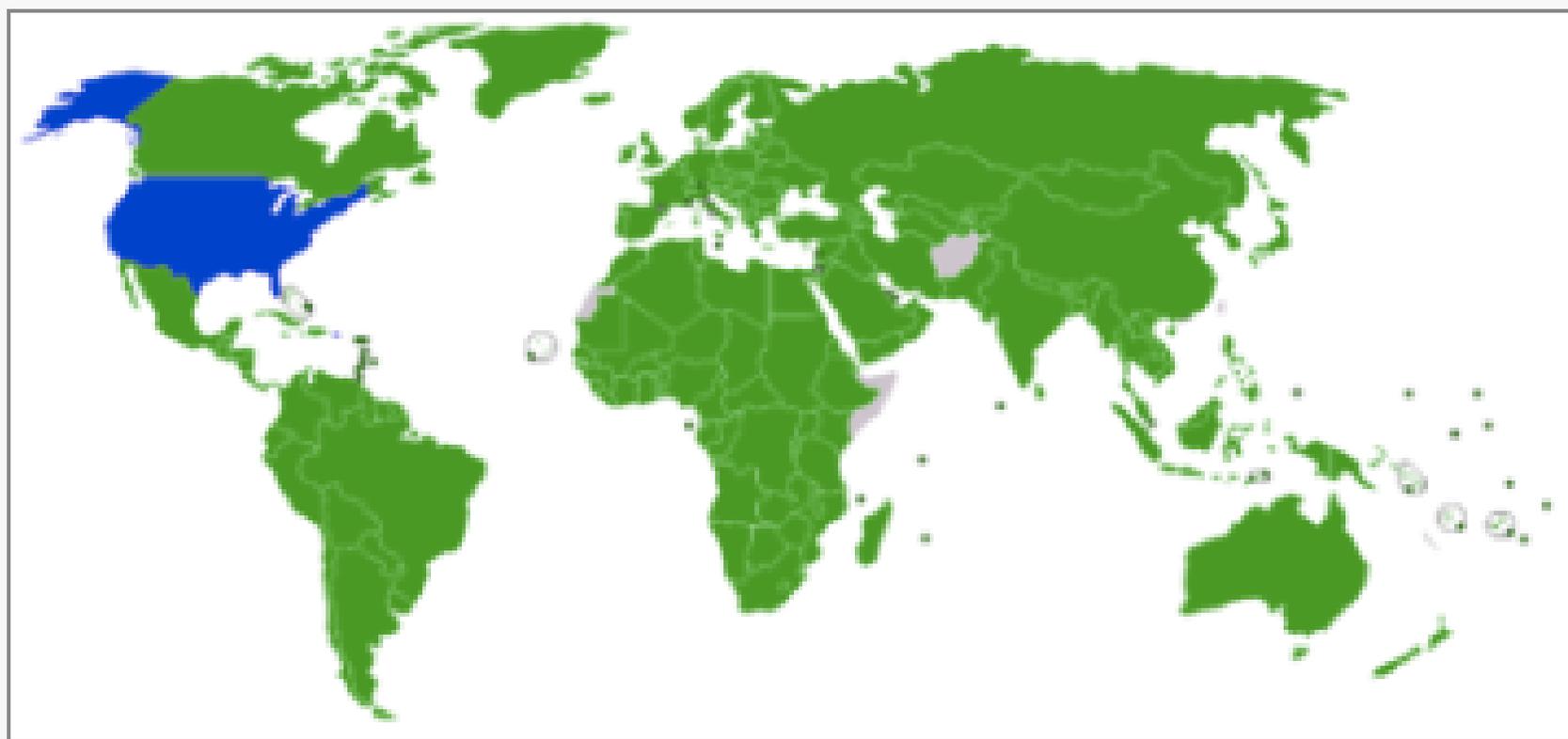
-Non possiamo ora non citare il **protocollo di Kyoto**.

E' un trattato internazionale in materia ambientale riguardante il riscaldamento globale sottoscritto nella città giapponese di Kyoto l'11 dicembre 1997 da più di 180 paesi, entrato in vigore il 16 febbraio 2005, dopo la ratifica anche da parte della Russia.

Il trattato prevede l'obbligo in capo ai Paesi industrializzati di operare una riduzione delle emissioni di gas inquinanti in una misura non inferiore al 5% rispetto alle emissioni registrate nel 1990.

L'obiettivo chiamato " dei Meccanismi Flessibili" è volto a ridurre le emissioni al costo minimo possibile.

Ad Ottobre 2009 gli stati che hanno aderito e ratificato il protocollo risultano 184.



Adesione al protocollo di Kyoto al febbraio 2009. In verde gli stati che hanno  firmato e ratificato il trattato, in blu gli stati che lo hanno firmato ma non ancora ratificato. Gli Stati Uniti hanno firmato ma hanno poi rifiutato di ratificare il trattato.

Ciò dimostra che sebbene non si abbia conferma che riducendo l'emissione antropica di gas serra si riduce/mantiene costante automaticamente la temperatura globale, la stragrande maggioranza degli stati ha a cuore il Clima del Pianeta. Il Trattato di Kyoto qualora le previsioni del IPCC fossero esatte in effetti potrebbe fare la differenza!

Secondo alcuni modelli di previsione, qualora dovesse continuare a crescere il tasso di CO2, dimostrano il rischio del decadimento del Clima attuale!

Ecco i risultati relativi all'anomalia di temperatura, qualora il CO2 dovesse raddoppiare.

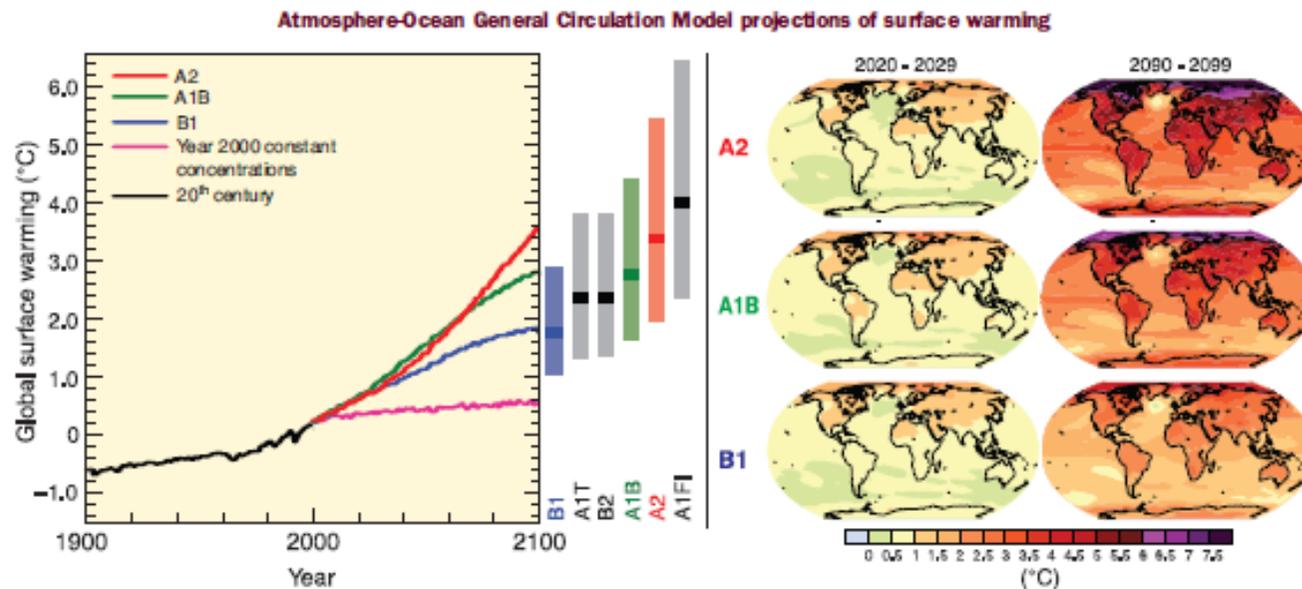
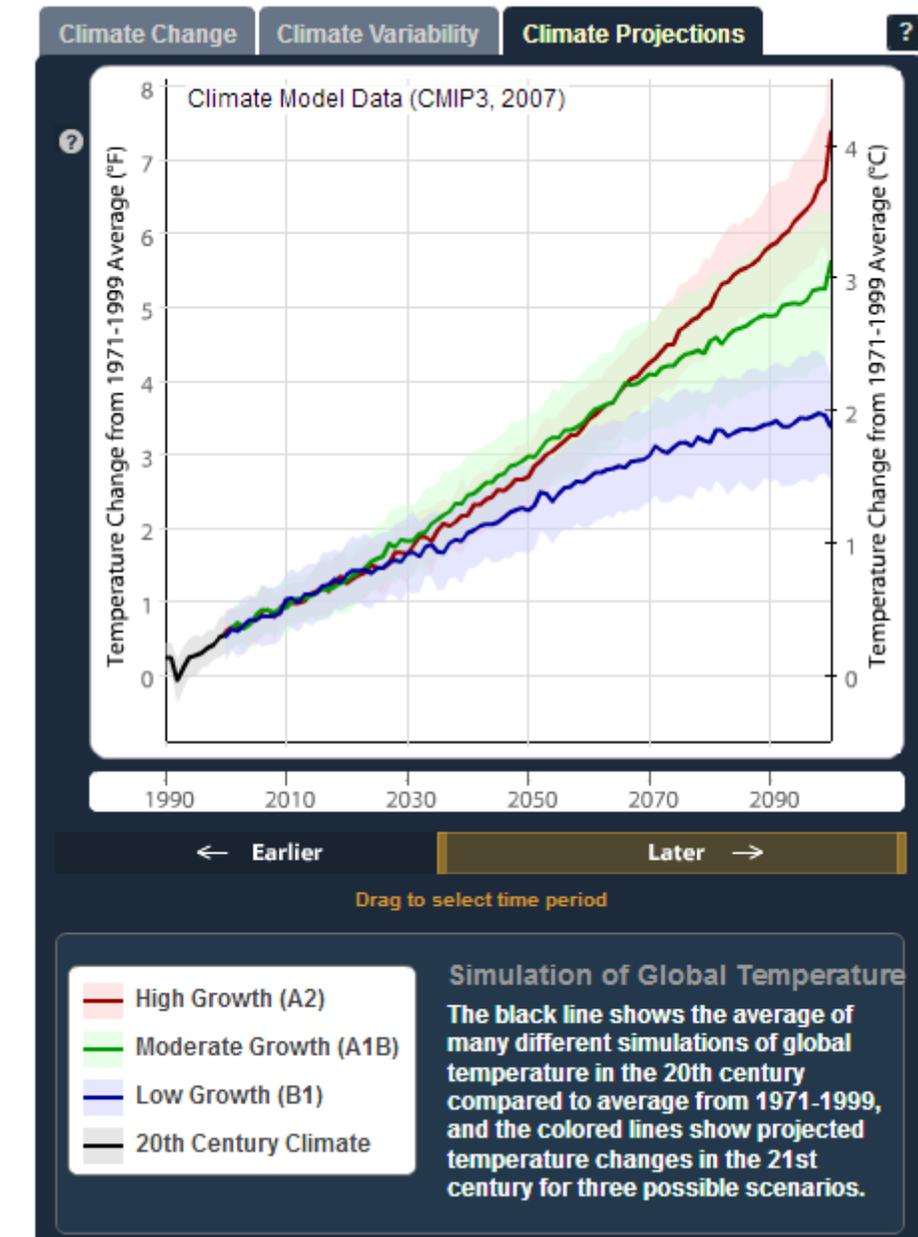


Figure 3.2. Left panel: Solid lines are multi-model global averages of surface warming (relative to 1980-1999) for the SRES scenarios A2, A1B and B1, shown as continuations of the 20th century simulations. The orange line is for the experiment where concentrations were held constant at year 2000 values. The bars in the middle of the figure indicate the best estimate (solid line within each bar) and the likely range assessed for the six SRES marker scenarios at 2090-2099 relative to 1980-1999. The assessment of the best estimate and likely ranges in the bars includes the Atmosphere-Ocean General Circulation Models (AOGCMs) in the left part of the figure, as well as results from a hierarchy of independent models and observational constraints. Right panels: Projected surface temperature changes for the early and late 21st century relative to the period 1980-1999. The panels show the multi-AOGCM average projections for the A2 (top), A1B (middle) and B1 (bottom) SRES scenarios averaged over decades 2020-2029 (left) and 2090-2099 (right). (WGI 10.4, 10.8, Figures 10.28, 10.29, SPM)

Ecco come aumenterebbero le temperature secondo il modello:



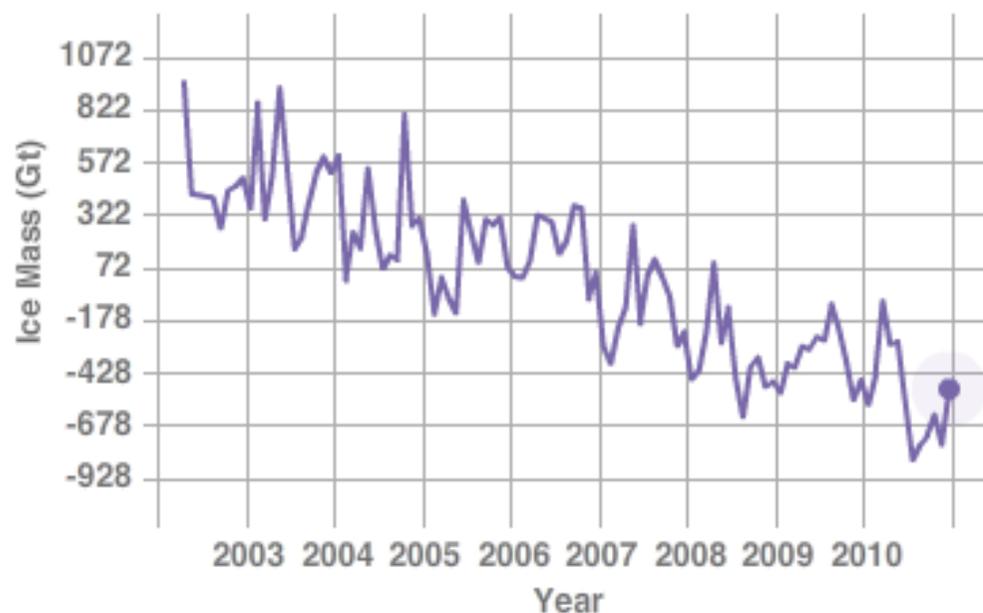
Già oggi sono evidenti:

2.Forte ritiro della maggioranza dei ghiacciai continentali

ANTARCTICA MASS VARIATION SINCE 2002

Data source: Ice mass measurement by NASA's Grace satellites.

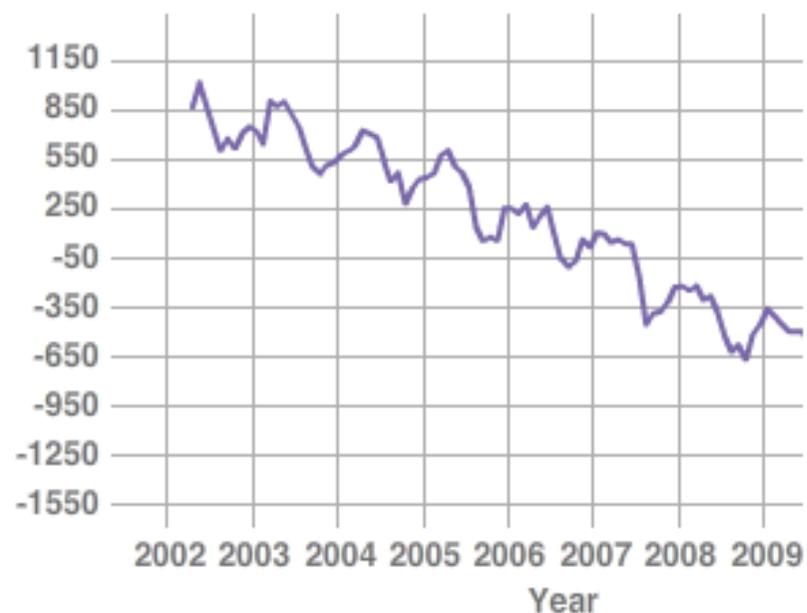
Credit: [NASA/University of California, Irvine](#)



GREENLAND MASS VARIATION SINCE 2002

Data source: Ice mass measurement by NASA's Grace satellites.

Credit: [NASA/University of California, Irvine](#)



Note: In the above charts, mass change is relative to the average during the entire period. ([Reference](#))

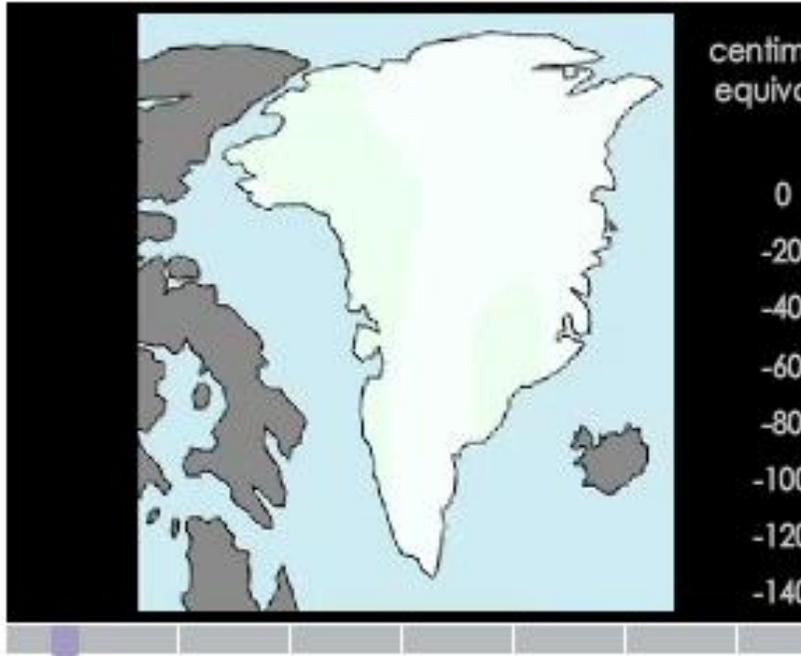
1)

GREENLAND TIME SERIES: 2003-2008

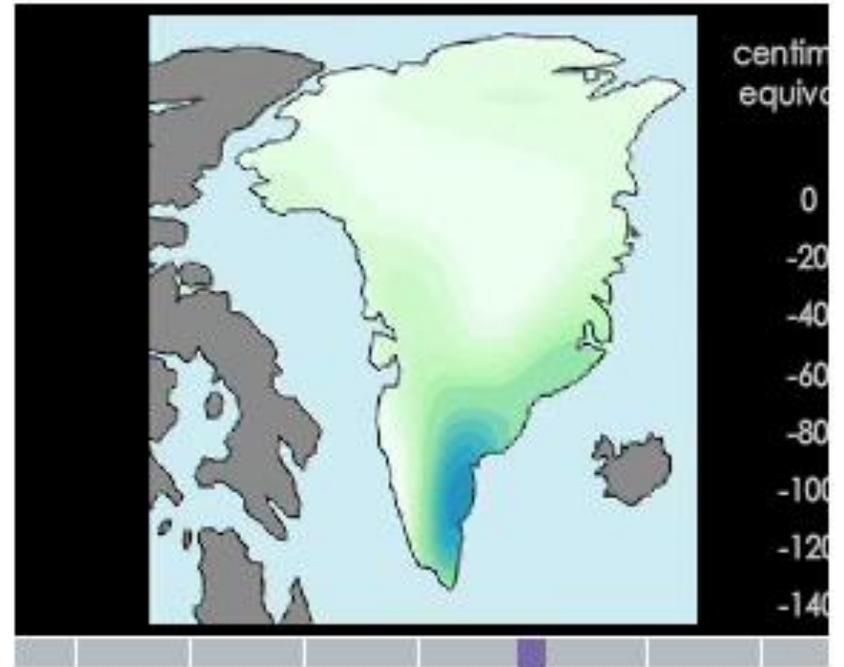
Data source: NASA/Grace

Credit: [NASA/JPL](#)

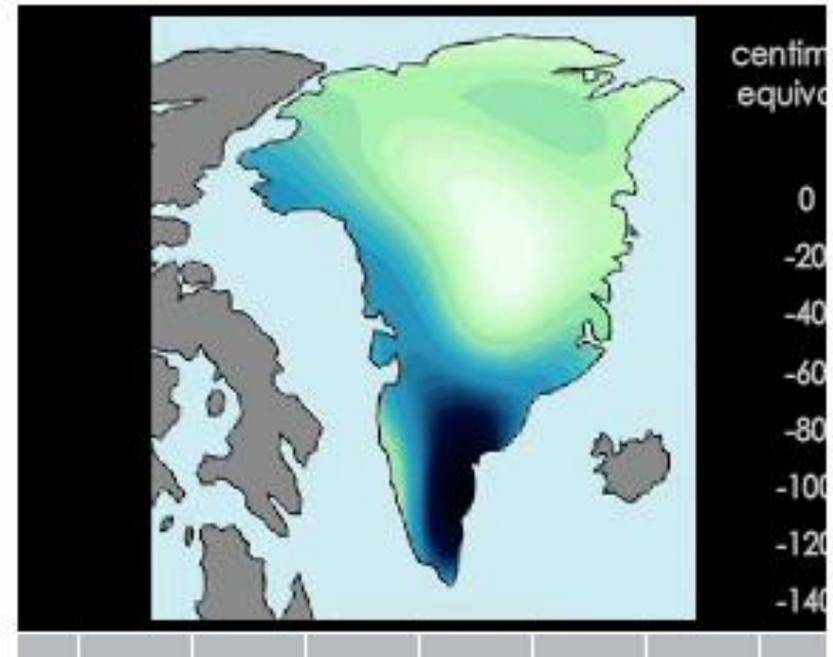
move the slider below to view changes over time



2)



3)



3. Innalzamento del livello del mare.

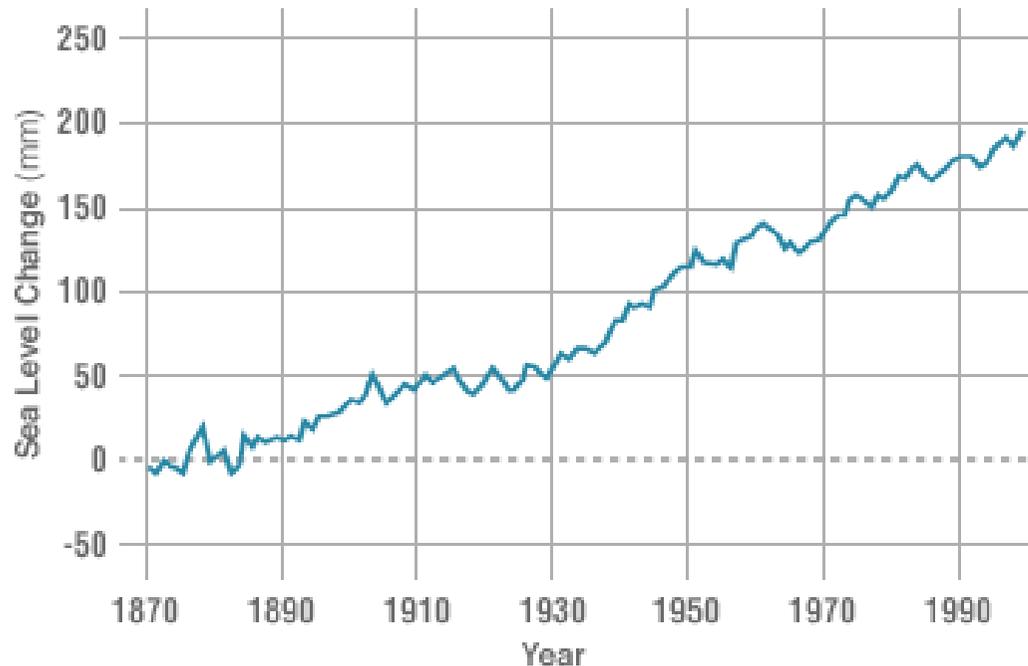
Cause: dilatazione termica del mare dovuto all'aumento di T e fusione parziale del ghiaccio continentale.

GROUND DATA: 1870-2000

Data source: Coastal tide gauge records.
Credit: [CSIRO](#)

RATE OF CHANGE

↑ **1.70** mm*

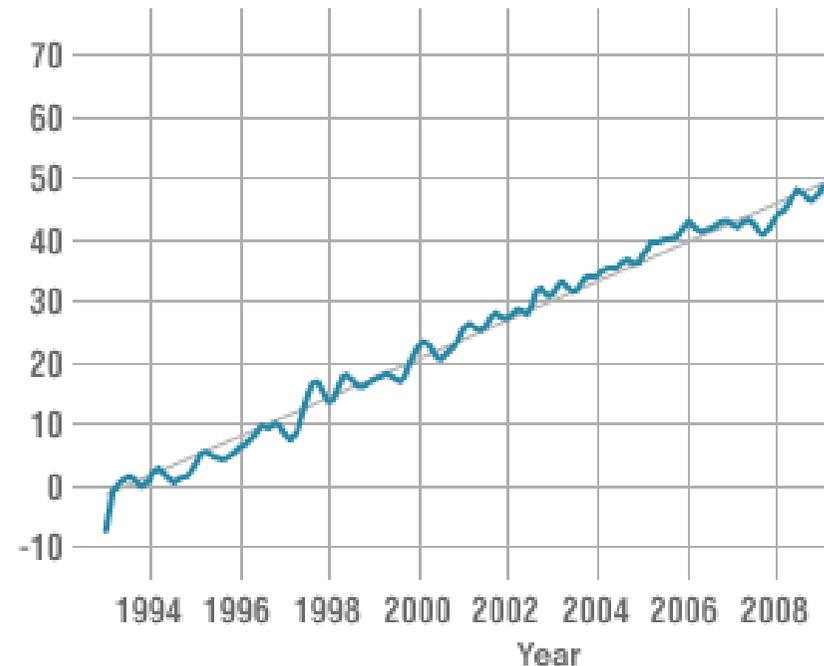


*estimate for 20th century

SATELLITE DATA: 1993-PRESENT

Data source: Satellite sea level observations.
Credit: [CLS/Cnes/Legos](#)

↑ **3.**



Inverse barometer applied and seasonal signals removed.

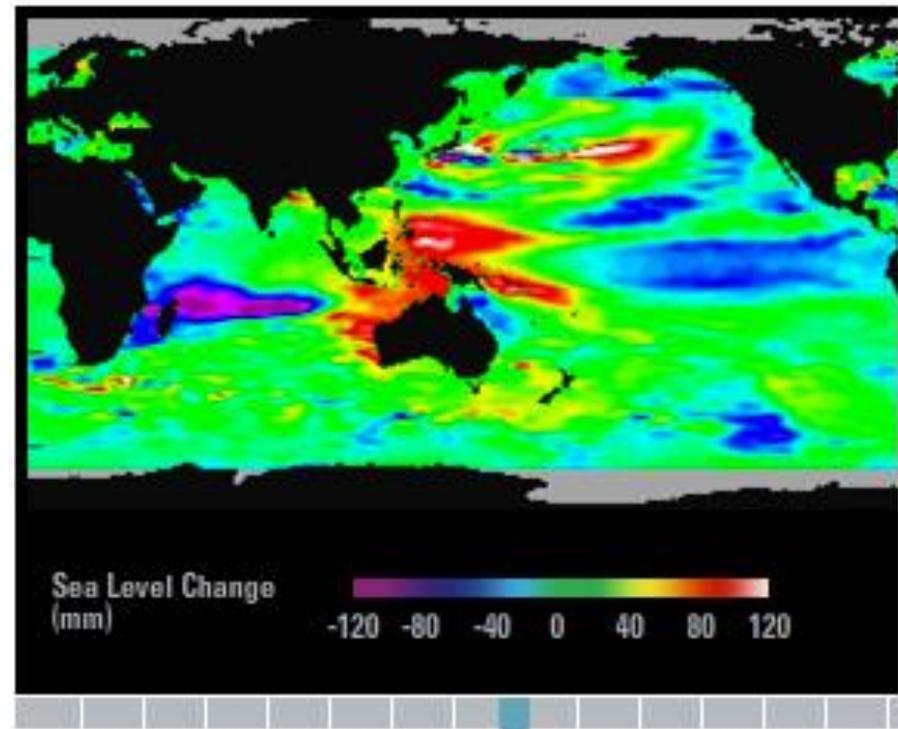
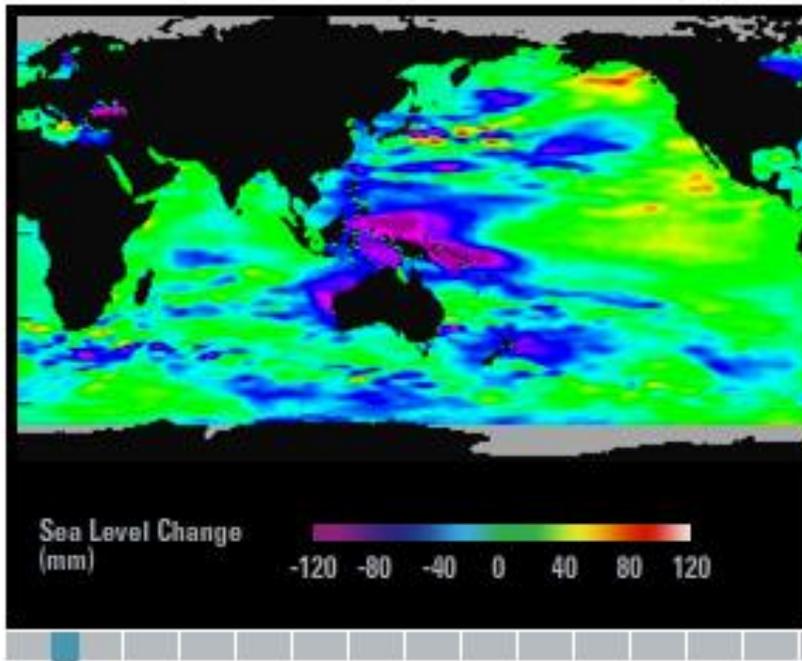
1)

TIME SERIES: 1993-2009

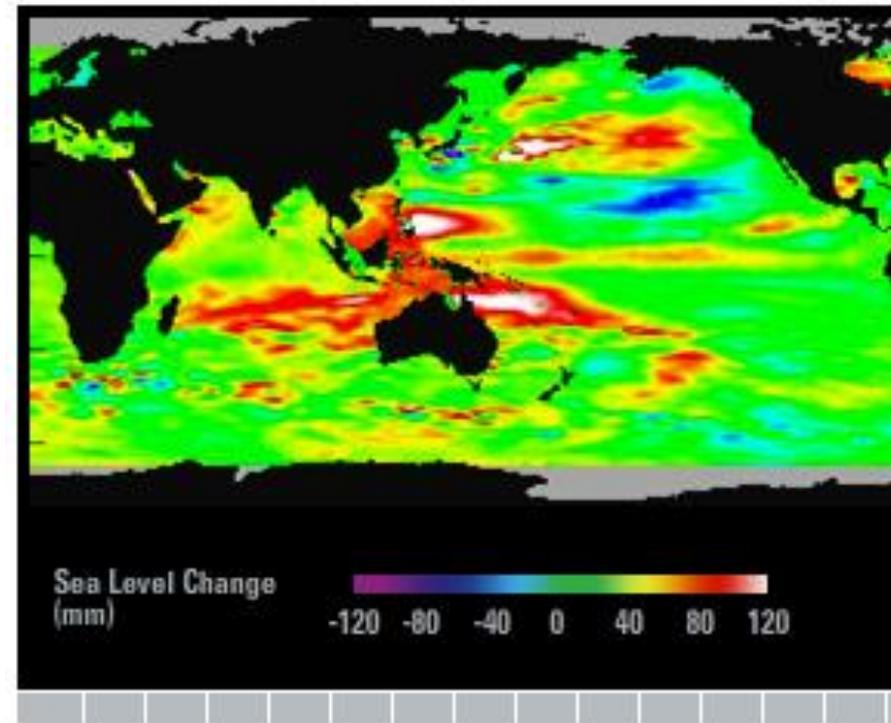
Data source: OSTM/Jason-1/Topex-Poseidon.

Credit: NASA

move the slider below to view changes over time

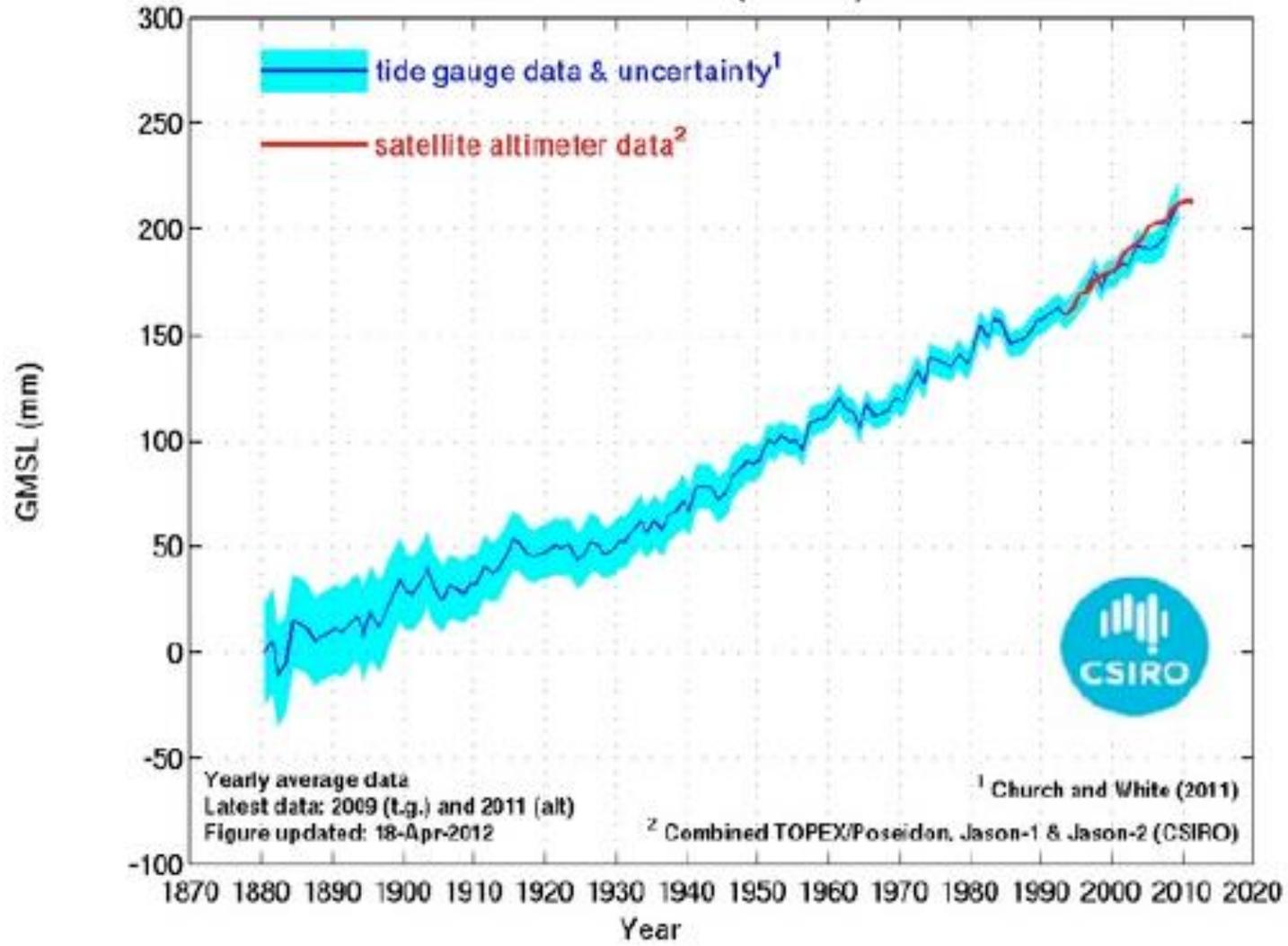


2)



3)

Global Mean Sea Level (GMSL) - 1880 to 2011



Commonwealth Scientific Industrial Research Organization (CSIRO)

Cambiando le condizioni di temperatura, inoltre, cambia anche il tasso di distribuzione delle piogge che sarà maggiore lì dove ho abbondanti evaporazioni e minore nelle zone restanti. Si andrebbe incontro a alluvioni nelle prime e a periodi di siccità nelle seconde.

Anche fenomeni estremi come tifoni ed uragani alimentati da maggiore energia sarebbero sempre più letali.

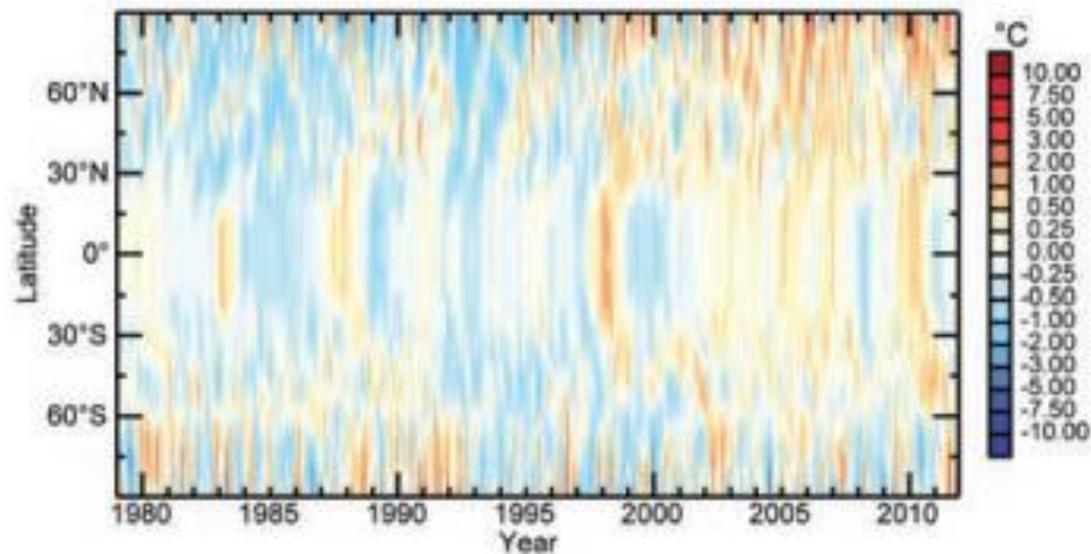


FIG. 2.4. ERA-Interim monthly mean anomalies (°C, 1981–2010 base period) of lower tropospheric temperature MSU channel 2LT equivalent by latitude.

Ricapitolando:

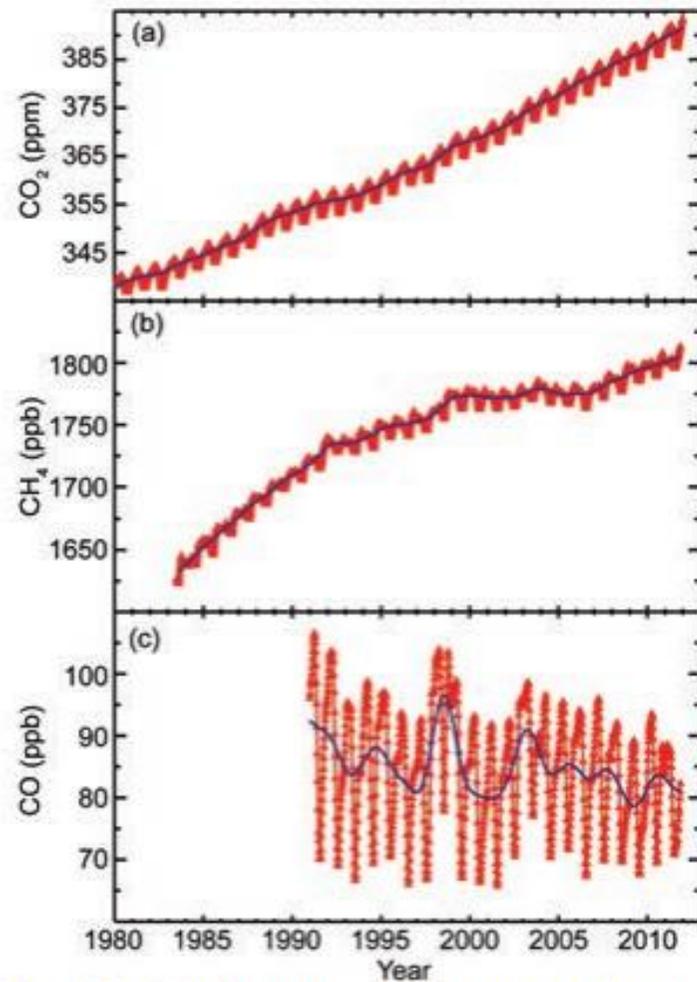
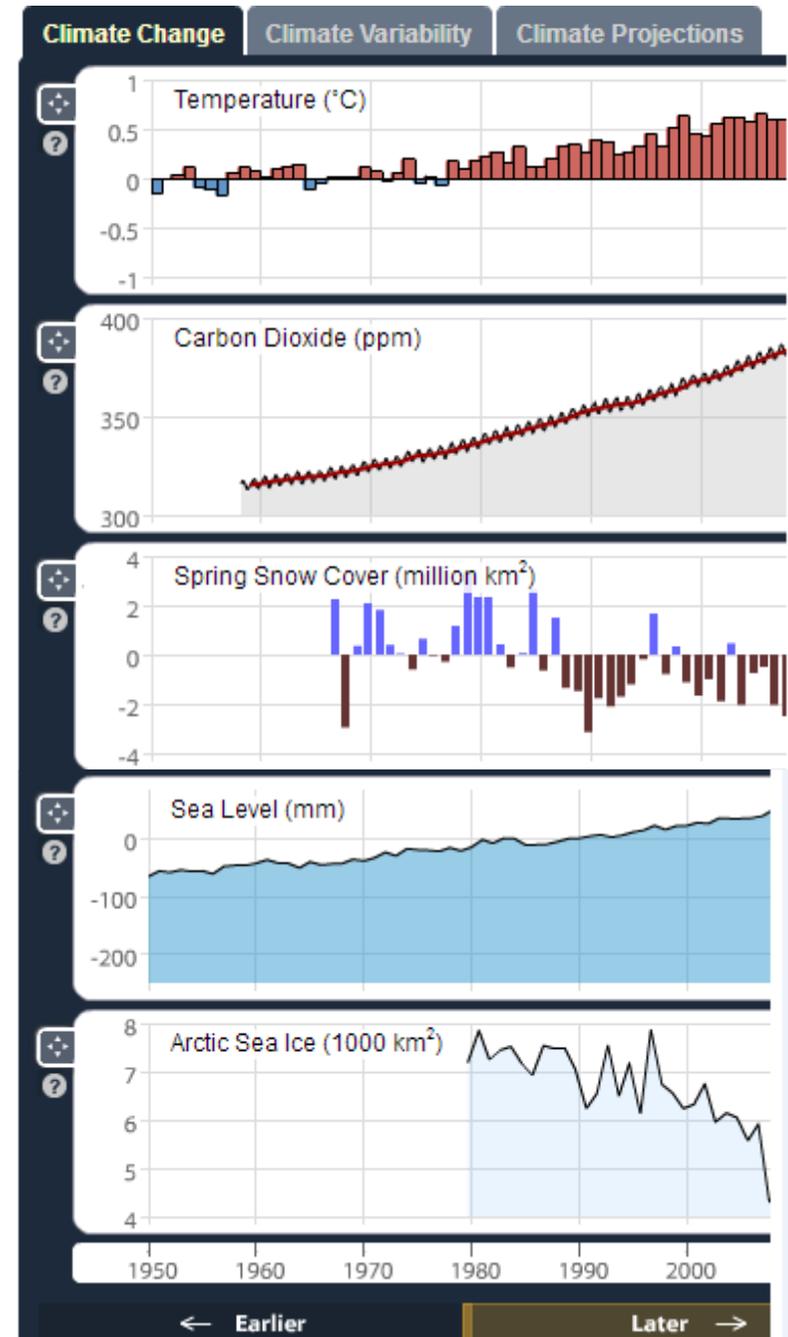


FIG. 2.40. Globally averaged trace gas dry air mole fractions of (a) CO₂ (ppm), (b) CH₄ (ppb), and (c) CO (ppb) from discrete air samples collected approximately weekly from sites in NOAA's global cooperative air sampling network and analyzed at ESRL in Boulder, Colorado. Symbols are weekly zonal means, red lines are smooth curves fitted to the data, and blue lines are deseasonalized trend curves.



In conclusione potremmo dire che i cambiamenti climatici naturali come quelli associati a fenomeni come El Niño (ENSO) e l'Oscillazione dell'Atlantico settentrionale (NAO) sono anch'essi alterati, infatti la ricerca, sin dal 1996, suggerisce che gli eventi di El Niño diventeranno probabilmente più persistenti e/o intensi se aumenteranno le concentrazioni di gas-serra, e saranno intervallati da episodi più gravi di La Niñas.

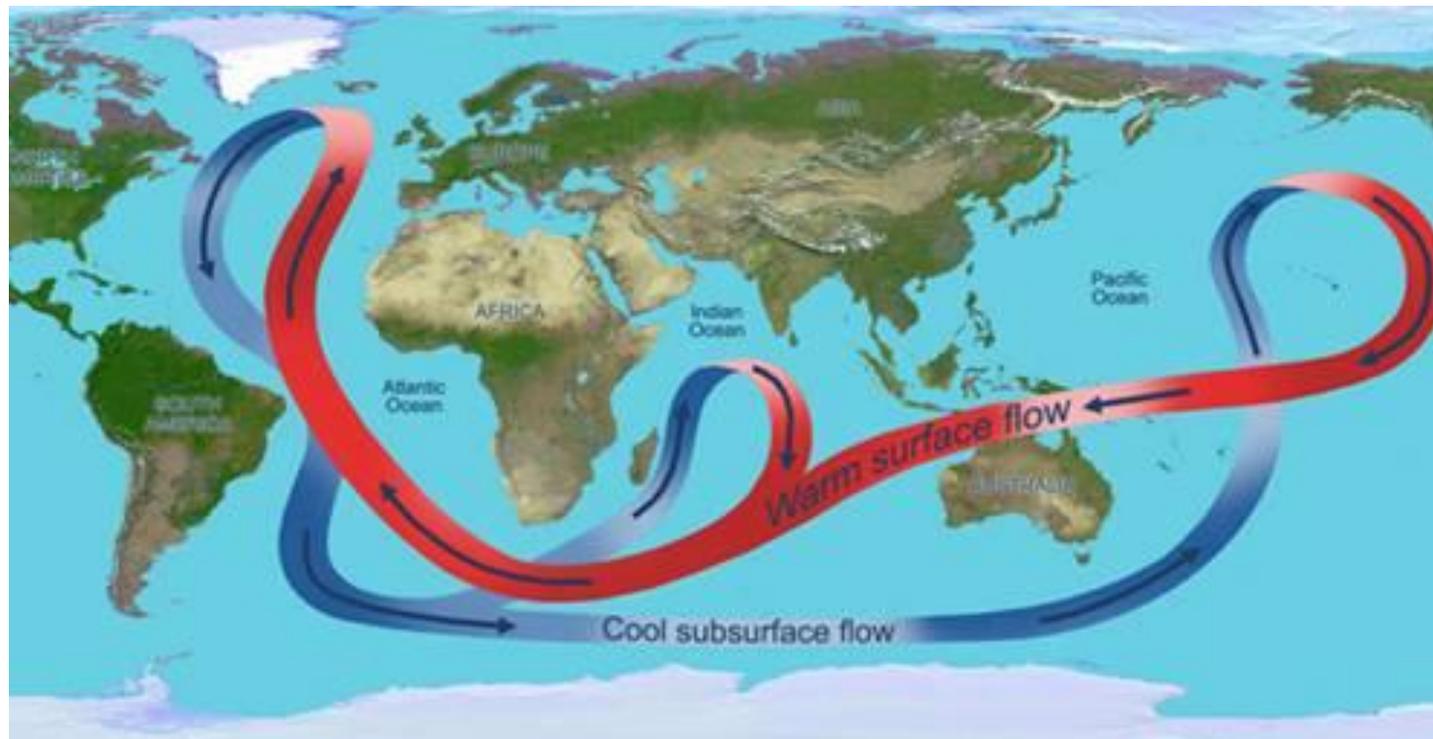
Meehl e Washington (1996) sono giunti a queste conclusioni utilizzando un modello di circolazione accoppiato oceano-atmosfera. Ciò significa un aumento nella frequenza delle condizioni associate a El Niño, ad esempio piogge più forti e tempeste inframmezzate da brevi periodi di siccità in alcune regioni e siccità prolungate interrotte da anni di piogge copiose in altre parti del mondo.

Knutson e Manabe (1998) del Geophysical Fluid Dynamics Lab di Princeton, giungono alla conclusione che il riscaldamento osservato nel Pacifico tropico-orientale negli ultimi decenni non è solo il risultato della variabilità climatica naturale. È più probabile che un'energia termica sostenuta, come quella causata dall'aumento dei gas serra nell'atmosfera sia stata almeno in parte responsabile del riscaldamento osservato in una vasta regione triangolare dell'Oceano Pacifico associata a El Niño.

Il cambiamento climatico indotto dall'uomo non modifica necessariamente la natura degli schemi dominanti di variabilità naturale, ma sarà comunque riflesso in questi schemi, e ne risulterà un cambiamento nella loro frequenza e/o forza.

Ciò a sua volta suggerisce che i cambiamenti climatici indotti dall'uomo possono essere considerati almeno in parte responsabili del carattere estremo degli effetti provocati da El Niño negli ultimi anni, in varie parti del mondo. Le temperature di superficie delle acque tropicali vicino all'Indonesia, collegate a El Niño, potrebbero influenzare il NAO (KNMI, 1999). Se il clima indotto dalle attività umane è pertanto responsabile per il comportamento del fenomeno ENSO, allora il cambiamento nel regime del NAO è indirettamente connesso al maggiore effetto serra.

Le immagini mostrate evidenziano come in questo secolo siano cambiati dei parametri che influenzano enormemente il clima terrestre. Volendo invece proiettarci nel futuro, se il margine di errore dei modelli previsionali fosse trascurabile, allora andremo sicuramente incontro ad una trasformazione radicale del clima terrestre poiché si andrebbero a rompere gli equilibri precedenti. Se si dovessero sciogliere la maggior parte dei ghiacciai continentali, avremmo non solo un innalzamento del livello del mare ma ci sarebbe un eccessivo quantitativo di acqua dolce che potrebbe indebolire il Conveyor Belt fino a provocarne un' interruzione e andremo incontro ad una nuova era glaciale.



Non è facile comprendere i meccanismi che regolano il clima terrestre, un insieme di elementi intervengono nel regolare questo equilibrio globale. Bisogna tuttavia avere la maturità di non limitarsi ad osservare ciò che accade ma intervenire affinché si possano prevenire alcuni fenomeni, i quali modificherebbero l'assetto climatico del nostro pianeta. Per cui con questo lavoro mio interesse non è inculcare un'idea, ma un sentimento! E' di fondamentale importanza monitorare il clima, cercando di preservare gli equilibri che il nostro pianeta per sé ha scelto.

Avremo la saggezza necessaria per affrontare efficacemente questo problema difficile?

Un lavoro di

Giusy Fedele

Fonti:

WMO http://www.wmo.int/pages/index_en.html

IPCC <http://www.ipcc.ch/>

NASA <http://www.nasa.gov/>

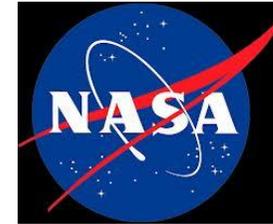
ACIA (Arctic Climate Impact Assessment) <http://www.acia.uaf.edu>

EPA (United states environmental protection agency) <http://www.epa.gov/>

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) <http://www.noaa.gov/>

John Cook <http://www.skepticalscience.com/>

Dossier Cambiamenti climatici ed eventi meteorologici estremi di P. Vellinga e W. J. van Verseveld, pubblicato dal WWF-World Wide Fund For Nature a Gland. “Climate Change and Extreme Weather Events”.



Un lavoro di
Giusy Fedele