



Area Previsione e Monitoraggio Ambientale

Torino 20-9-2006

Storia ed evoluzione del significato di “clima”



Corso-Laboratorio Educazione Ambientale

Modulo “ Il Cambiamento Climatico”

Dott. Christian Ronchi



Clima e "Tempo"

SIGNIFICATO: dal greco Klima, "inclinazione" della verticale di un dato luogo rispetto all'equatore, ossia dei raggi di sole rispetto alla Terra.

- **Tempo (weather):** stato istantaneo dell'atmosfera, descritto in termini di alcune variabili quali temperatura, umidità, nuvolosità, precipitazione, velocità e direzione del vento.
- **Clima:** storicamente comprende l'insieme delle condizioni medie del tempo di certe località, rispetto ad uno specifico intervallo temporale. In termini strettamente fisici si tratta di ***un aggregato medio degli stati interni di un sistema, associati con misure della sua variabilità per un determinato intervallo temporale e con la descrizione delle interazioni che intercorrono con l'esterno.***
- **Meteorologia:** studio dei fenomeni connessi con gli stati istantanei dell'atmosfera e della loro dinamica giornaliera o sul breve periodo.
- **Climatologia:** studio del clima, della sua variabilità temporale e geografica e dei fattori che lo governano



Il clima è in movimento

Dalla nascita della Terra il clima è in continua evoluzione.

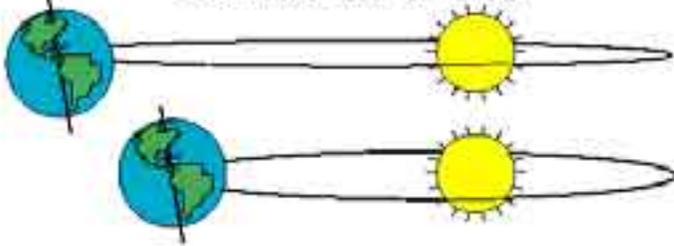
CAUSE:

- Astronomiche-geologiche
 - ✓ Variazione nella Costante Solare;
 - ✓ Attività tettonica;
 - ✓ Teoria di Milankovic;
- Ecologiche -chimiche
 - ✓ Concentrazione dei gas serra;
 - ✓ Interazione Vita-Clima (fotosintesi,metabolismo);
 - ✓ Effetti antropogenici.

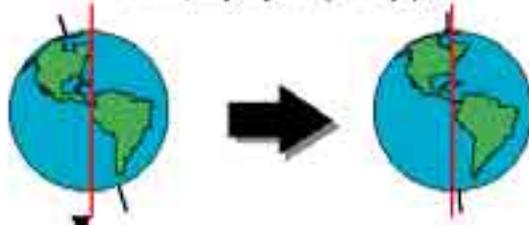


La teoria climatica di Milankovic (1879-1958)

Eccentricity Cycle (100 k.y.)



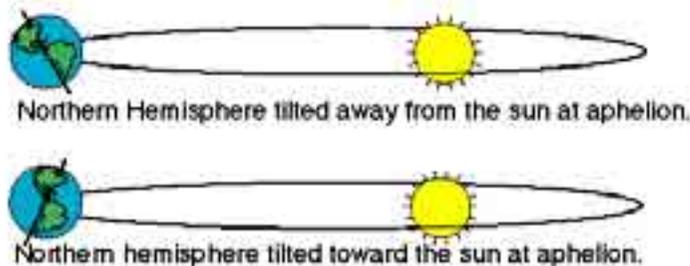
Obliquity Cycle (41 k.y.)



Normal to Ecliptic

© Scott Rutherford (1997)

Precession of the Equinoxes (19 and 23 k.y.)

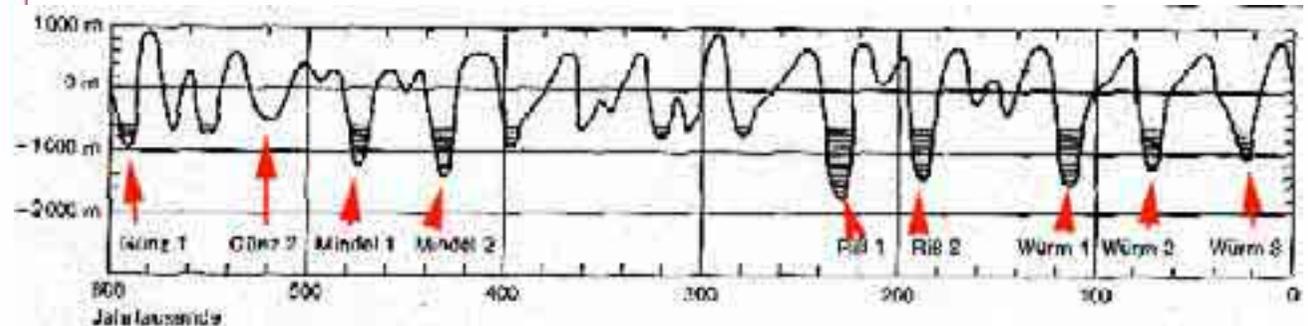


Northern Hemisphere tilted away from the sun at aphelion.

Northern hemisphere tilted toward the sun at aphelion.

- Eccentricità: variazione tra lo 0 e il 6%; attualmente è l' 1,67%
- Obliquità: variazione tra $24^{\circ}5'$ e $21^{\circ}9'$ nell'ultimo MA; attualmente è $23^{\circ}27'$
- Precessione climatica: oggi solstizio d'estate si verifica all'afelio con estati "fresche" e inverni miti al contrario di 11000 anni fa.

Calcolo delle variazioni di insolazione tra i 55° e 65° N per gli ultimi 600000 anni e relazione con le glaciazioni alpine



BACK



Il problema della datazione

Nel XVIII secolo alcuni paleontologi (Buffon 1807-1888) forniscono la prova dell'esistenza di fossili della fauna propri dei climi caldi in Europa e Nord America.

METODI DI DATAZIONE

- Relativa
 - ✓ Stratigrafico (carotaggi)
 - ✓ Paleontologico (semi, pollini, dendrologia)
- Assoluta
 - ✓ Termoluminescenza
 - ✓ Radiometrico (C14, U238-Pb206, U-Th, K-Ar)

50.000-700.000 anni fa

60.000 anni fa

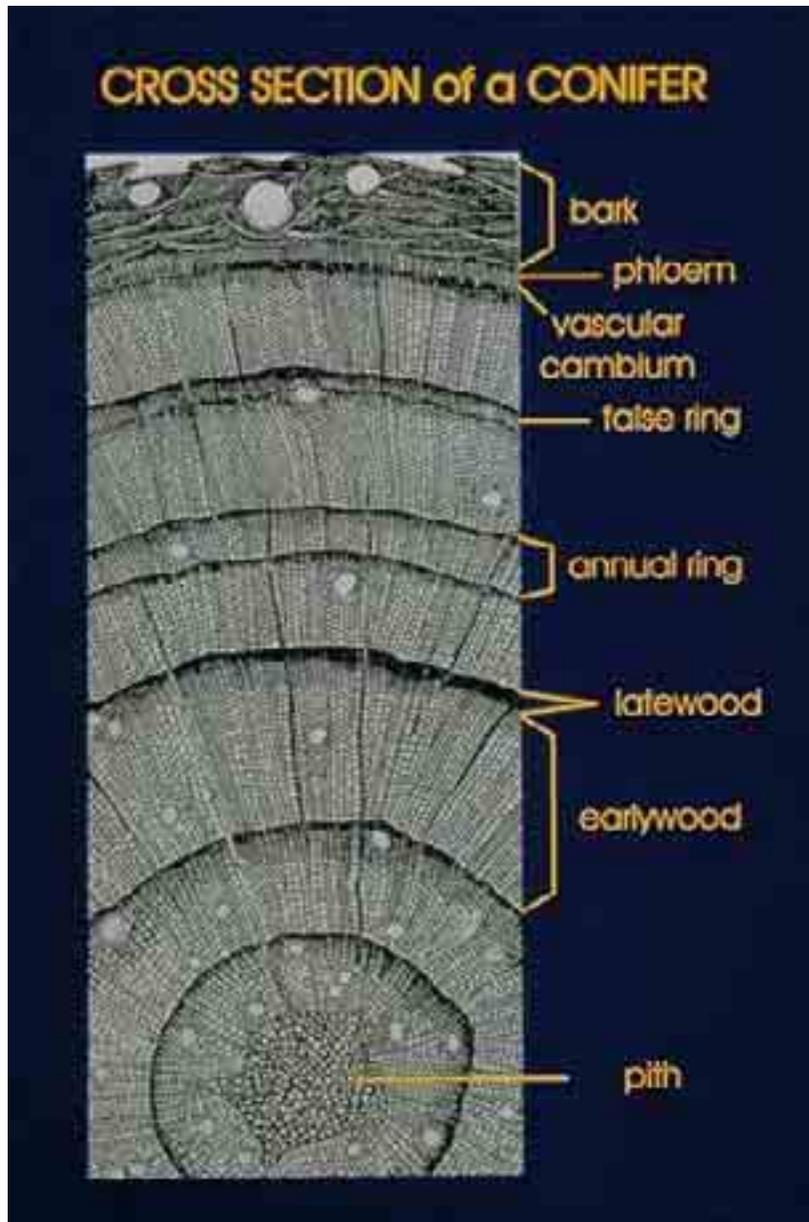
Decadimento

704 MA

1300 MA



Dendroclimatologia



INFORMAZIONI RICAVATE

- Umidità (zone aride)
- Temperatura (estremi latitudinali ed altitudinali)

PREGI

- Datazioni molto precise
- Il legno si conserva in condizioni "estreme"
- Età fino a 10.000 anni fa

DIFETTI

applicabile solo alla medesima specie vegetale vissuta nelle stesse condizioni climatiche

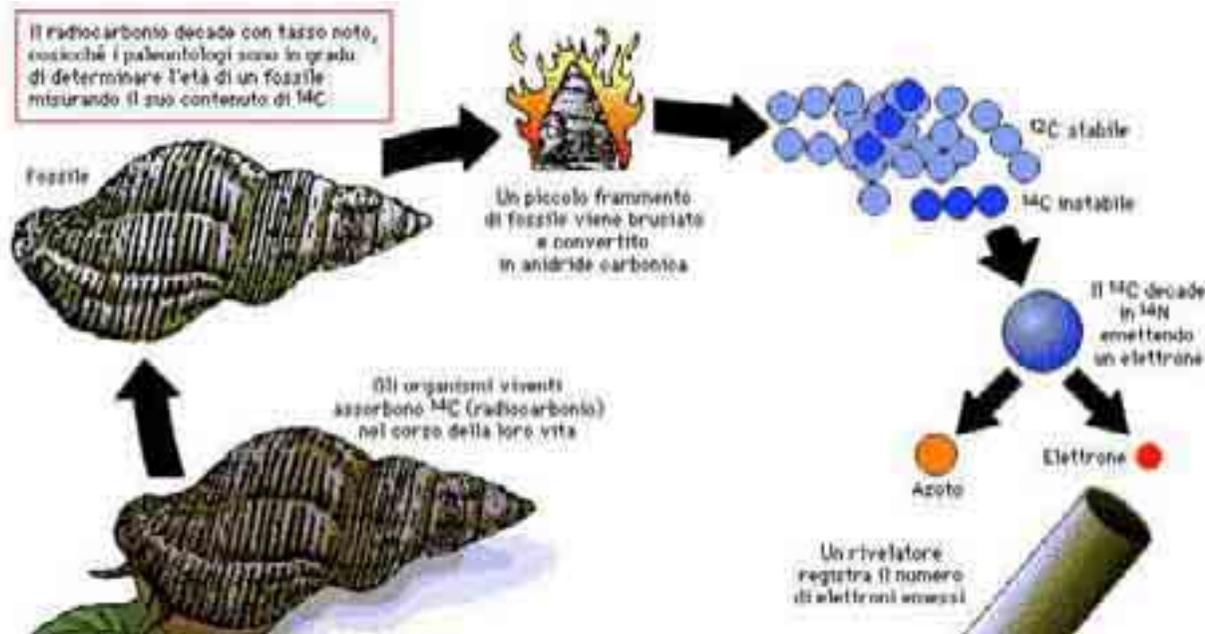


Datazioni con radiocarbonio ^{14}C

Willard Libby chimico statunitense nobel 1960



Finchè un organismo è vivo ed assorbe anidride carbonica dall'atmosfera le proporzioni tra le quantità di isotopi diversi del carbonio che essa contiene restano identiche a quelle dell'aria. Dopo la morte dell'organismo il carbonio non viene più assimilato e l'isotopo diminuisce in modo regolare con il passare del tempo per disintegrazione radioattiva con dimezzamento di circa 5700 anni.



ERRORE 2-5 % circa



Le origini del pianeta azzurro

LE ORIGINI: 4600 MA “nasce” la terra, atmosfera composta da **idrogeno ed elio**.

La velocità di rotazione terrestre diminuisce per effetto delle maree (LUNA).

IL PRECAMBRIANO (da **4600 MA** fino a **540 MA**) il giorno dura 12h e alla fine del periodo l'atmosfera è composta per il 18% di O₂

Emerge la vita

CONDIZIONI FAVOREVOLI (feedback positivi)

Weak Sun Paradox: l'irraggiamento solare è del 25% inferiore a quello odierno

Gas Serra: la concentrazione di gas serra è superiore ad oggi (T_{sup} attorno ai 60°C)

Pioggie molto acide: erosione dei silicati della crosta produzione di bicarbonati trasportati negli oceani e depositati sotto forma di calcare. In questo modo la CO₂ viene “intrappolata”.



Clima e vita

Clima ed esseri viventi si plasmano a vicenda

A partire da **430 MA** il metabolismo globale degli esseri viventi modifica l'atmosfera:

- fotosintesi e respirazione (produzione di O₂ e CO₂).
- produzione di Ozono che filtra i raggi UV e colonizzazione dei continenti.

Estinzioni 5 grandi eventi nella storia della Terra:

○ **Ordoviciano (445-435 MA)** estinzione di massa degli invertebrati marini.

CLIMA: calotta glaciale sul Godwana, abbassamento marino di 70m, vulcanismo.

○ **Permiano (248 MA)** scompaiono 200 famiglie tra vertebrati ed invertebrati.

CLIMA: riscaldamento globale, regressione marina (-250 m), vulcanismo.

○ **Cretaceo (65 MA)** estinzione dei Dinosauri e dei rettili (non termo-regolati)

CLIMA: forte raffreddamento globale (Astroblema Yucatan o Trapps del Deccan?)

❑ **Catastrofismo** (G.Cuvier, 1769-1832) discontinuità nelle serie sedimentarie spiegabili tramite il meccanismo di catastrofe-migrazione

❑ **Attualismo** o **uniformitarismo** (C. Lyell, 1797-1875) spiegazione dei grandi cambiamenti del passato solo in base a cause "attuali", concetto di gradualità;

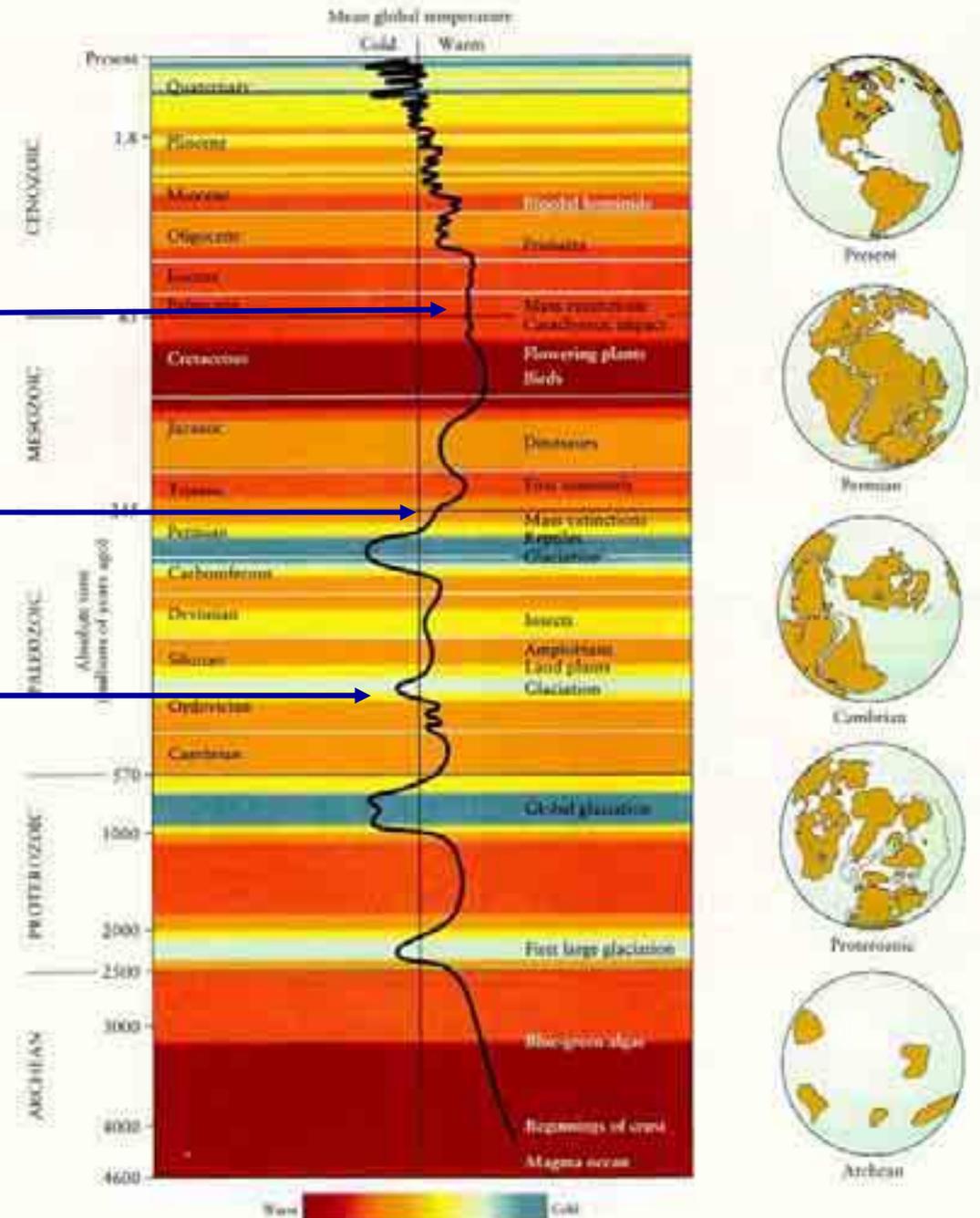
❑ **Creazionismo**: afferisce ad una sfera religiosa ma non scientifica!

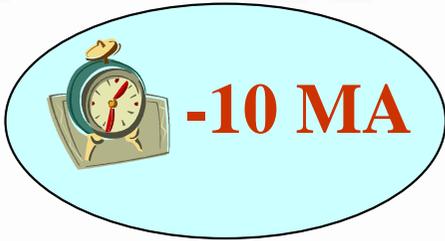


estinzione dei grandi rettili (DINOSAURI)

estinzione di massa di più di 200 famiglie di vertebrati ed invertebrati

estinzione di massa degli invertebrati marini.





I cambiamenti climatici e la conquista della posizione eretta

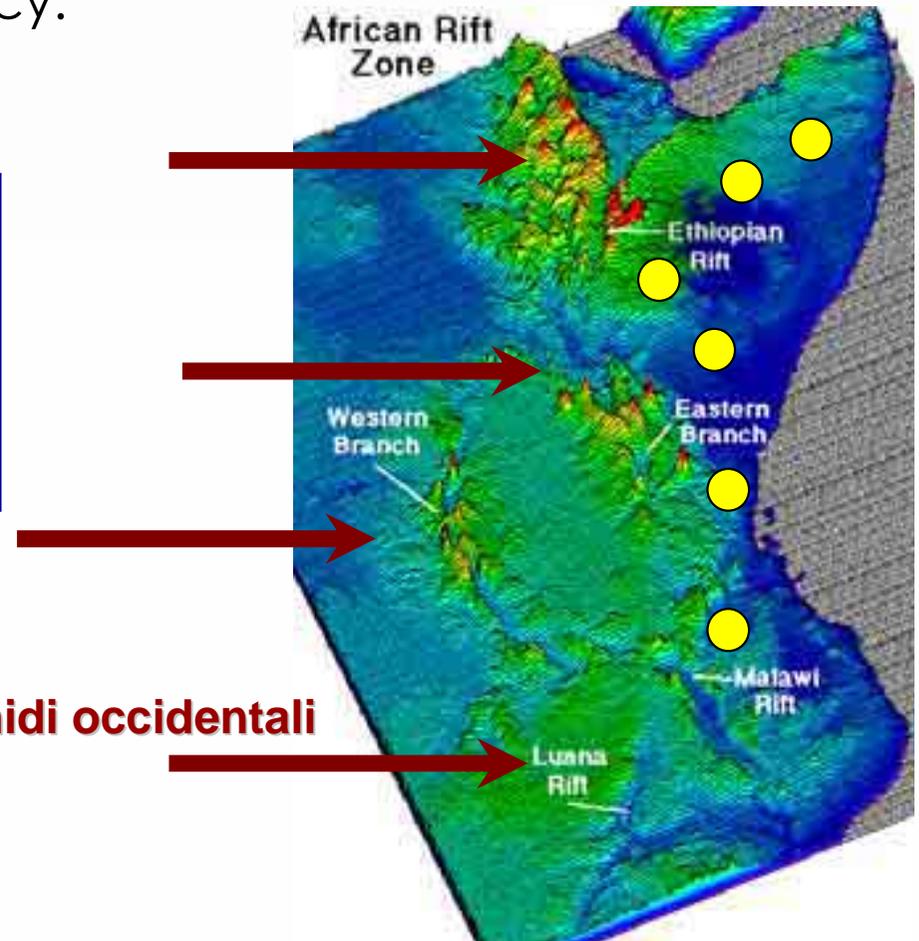
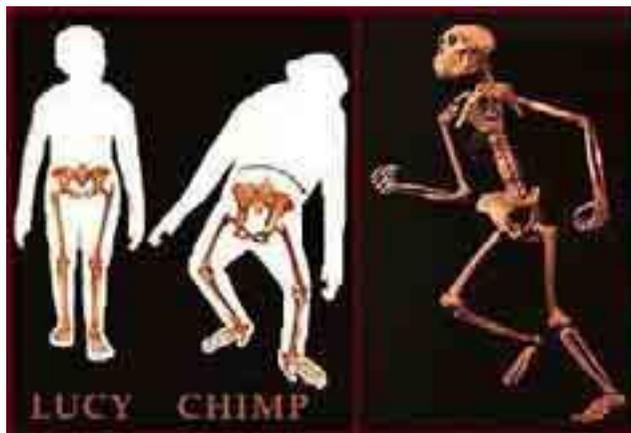
1974 scoperta in Etiopia dei resti di Lucy:
Australopiteco (4 MA circa)

Y. Coppens ('80): *East Side Story*

5 MA il clima africano diventa più secco

SAVANA ad est

FORESTA TROPICALE ad ovest



Venti umidi occidentali



Determinismo climatico...

Definizione: i comportamenti umani sono rigidamente dipendenti dalle condizioni climatiche cui sono sottoposte le società.

Du Bois 1719, Montesquieu in *Esprit des Lois* (1748), Huntington (1874-1947)

L' apogeo e la caduta dell'impero romano

Il fiorire dell'impero romano tra l'anno 0 e l'anno 400 coincide con un periodo di relativo raffreddamento e di aumento dell'umidità media.

Il deteriorarsi di tali condizioni (es. eccesso di piogge) ne causa la crisi: in autunno rovina le semine e le arature invernali, in primavera le semine e in estate i temporali distruggono i raccolti.

Ascesa e declino dell'impero Maya

(II – IX secoli d.c.)

Condizioni più secche, simili a quelle che si riscontrano oggi nel Messico del nord, hanno causato una diminuzione della massa vegetale favorendo lo sviluppo di territorio ad arbusti facilmente coltivabile e quindi

l'espansione della civiltà Maya. *Huntington*





...o anti-determinismo ?

G.P. Marsh *Man and Nature, or Physical Geography as Modified by Human Action* (1864)

L' apogeo e la caduta dell'impero romano

La crisi dell'impero romano e del suo sistema agricolo dipende da cause non climatiche: latifondi non affidati a contadini, aratura a vomere di legno, rotazioni biennali, cristianesimo, epidemie che decimano gli schiavi (165, 254, 302, 312 d.c.), corruzione e dispotismo dei Cesari (*annona*).



Il ascesa e declino dell'impero Maya

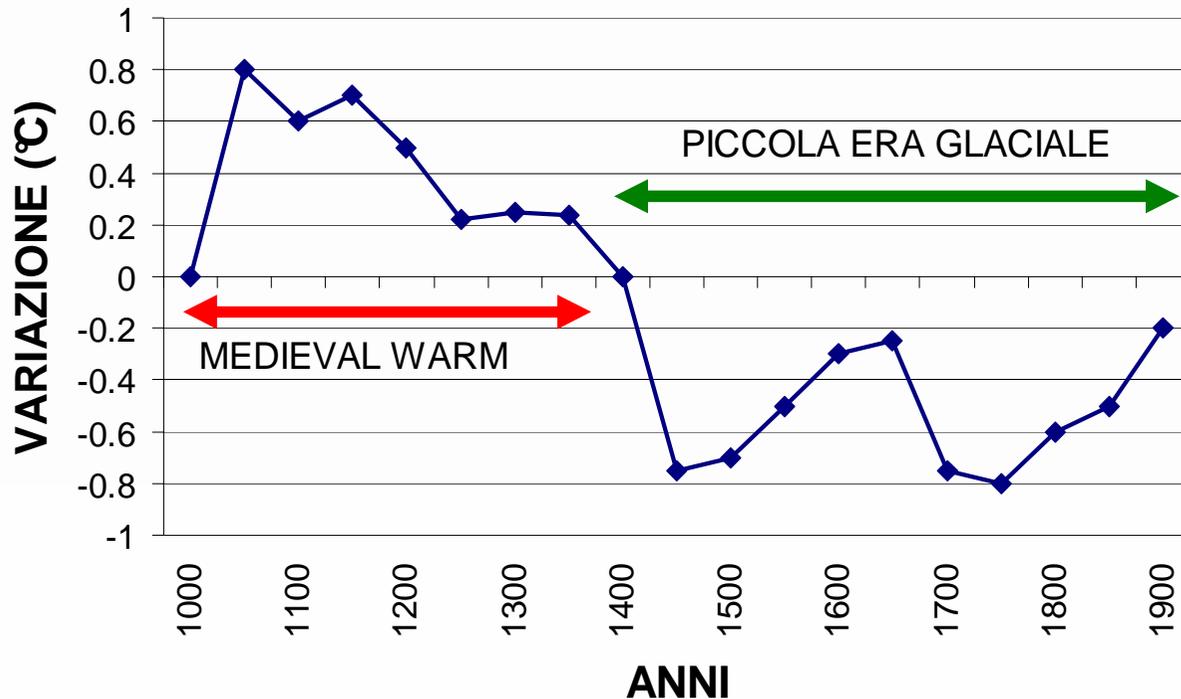
Unica civiltà Pre-colombiana a sviluppare la scrittura (glifi). I loro Codici sono stati sistematicamente distrutti dagli spagnoli nel XVI secolo, ne restano solo 4.

A partire dal IX e per i 3 secoli successivi abbandono delle città in favore delle aree rurali: gli storici sostengono come cause dissidi interni, guerre, conflitti di ambizione.

Per un determinista l'ordine esistente è giustificabile dall'impossibilità di "fare diversamente", negando quindi le capacità di adattamento delle società umane ai cambiamenti climatici



L'impatto del clima sulle società medievali



Erik il Rosso 982 d.c. scopre e colonizza la Groenlandia.

Nell'Eastern Settlement 190 fattorie

Due sedi episcopali che versavano tributi a S.Pietro (1124 d.c.)

Leif Eriksen (1000 d.c. circa) scopre Markland (Labrador) e Vinland (Terranova)

Insediamiento permanente scompare attorno al XIV secolo.



La Piccola Era Glaciale

E. Le Roy Laudurie (1967) *“Storia del Clima dall'anno mille”*

Tra il 1550 e il 1850 peggioramento generale del clima in Europa: inverni lunghi e rigidi, estati fresche ed umide, temperatura tra 1° C e 2° C inferiore ad oggi.

POSSIBILI CAUSE

- Diminuzione attività solare (macchie) Minimo di Maunder tra il 1645 e 1715;
- Aumento dell'attività vulcanica (Tambora 1815) con emissione di ceneri e SO₂;
- Rallentamento della Corrente del Golfo.



Ghiacciaio di Rosenlauri (SUI)

Durante la "Piccola era glaciale", le masse glaciali sono aumentate a più riprese. Attorno al 1850 venne registrata la fase di massima espansione. **OGGI**, in soli 150 anni si sono ritirati da circa 500 km² di superficie alpina.

1850



1867



1998



Laudurie tuttavia RIFIUTA di “ingabbiare la realtà nel tempo predeterminato di un ciclo”. Variazioni climatiche e fenomeni umani sono correlati MA non necessariamente possono essere collegati con un rapporto di causalità.



Cronologia di una carestia nel Medioevo

IL clima

- 1315 d.c.** : Primavera molto umida,
Estate piovosa,
Autunno con temporali;
- 1316 d.c.** : Primavera fredda e umida,
Estate molto piovosa;
- 1317 d.c.** : Primavera piovosa,
Inverno freddo e lungo;
- 1318 d.c.** : Condizioni climatiche miti.

Gli effetti sociali in Europa

- 1315 d.c.** : scorte familiari esaurite,
risorse delle foreste,
malnutrizione e sottanutrizione;
- 1316 d.c.** : sfinimento generale,
morte di anziani e bambini;
- 1317 d.c.** : si consumano i mezzi di
produzione (sementi e bestie da soma),
cannibalismo infantile,
malattie polmonari;
- 1318 d.c.** : **10-15% popolazione è scomparsa**

Teoria Malthusiana: La popolazione aumenta sempre più velocemente delle risorse che è in grado di produrre

Un cambiamento climatico può essere fondamentale ma non decisivo sul termine, mentre una forte variazione su un breve periodo può originare situazioni catastrofiche. La sensibilità alle condizioni iniziali è enorme



Il mito del "Generale Inverno" 1812

"La notte tra il 28 e il 29 novembre fu spaventevole. Al nevischio che ci accecò per tutta la durata del combattimento, succedette, quasi senza transizione, un freddo di 18 gradi che andò via via aumentando fino alla nostra entrata a Vilna, dove il termometro di Réaumur, cosa inaudita in quella stagione e anche in quel paese, giunse a 29 gradi..." il conte de Rochechouart

Napoleone e la "Grande Armata" invadono la Russia nel 1812

15 settembre: i francesi saccheggiano Mosca, i russi la danno alle fiamme danneggiando i 2/3 della città

19 ottobre: inizia la ritirata: Kutuzov organizza la guerriglia con la strategia "terra bruciata"

9 novembre: Napoleone arriva a Smolensk il termometro segna dodici gradi sotto zero, e dieci giorni più tardi scenderà oltre i trenta.

26 novembre: inizia l'attraversamento della Beresina;

29 novembre: i resti della grande Armata si dirigono verso Vilna,

Per lo storico Tulard morirono **300.000** uomini sui **650.000** partiti per Mosca.

Chi ha sconfitto Napoleone? L'inverno russo, la strategia di Kutuzov, i mancati rifornimenti o l'indugio dell'imperatore a Mosca?

IL CLIMA FU IL MEDESIMO PER ENTRAMBI I CONDITENDENTI



Il mito del "Generale Inverno" 1941-1943

L'esercito Tedesco forte di 3.000.000 di uomini e 3300 carri armati invade la Russia nel giugno 1941 -> "**Operazione Barbarossa**"

Estate '41: avanzata fulminea della Wermacht con la conquista di Minsk, Smolensk, Leningrado;

Autunno-Inverno '41: difesa di Mosca da parte di Zukov, il 5 dicembre Hitler rinuncia;

Autunno '42: Battaglia di Stalingrado, Von Paulus si arrende a fine gennaio 1943;

Luglio '43: sconfitta nazista nella battaglia di Kursk (la più grande con mezzi "pesanti")

IL clima

- inverni precoci e rigidi: la RASPUNTITZA;
- inverno '41 con temperature anche di -40°C;
- Gelo dei carburanti nei serbatoi dei Panzer.

Gli errori militari tedeschi

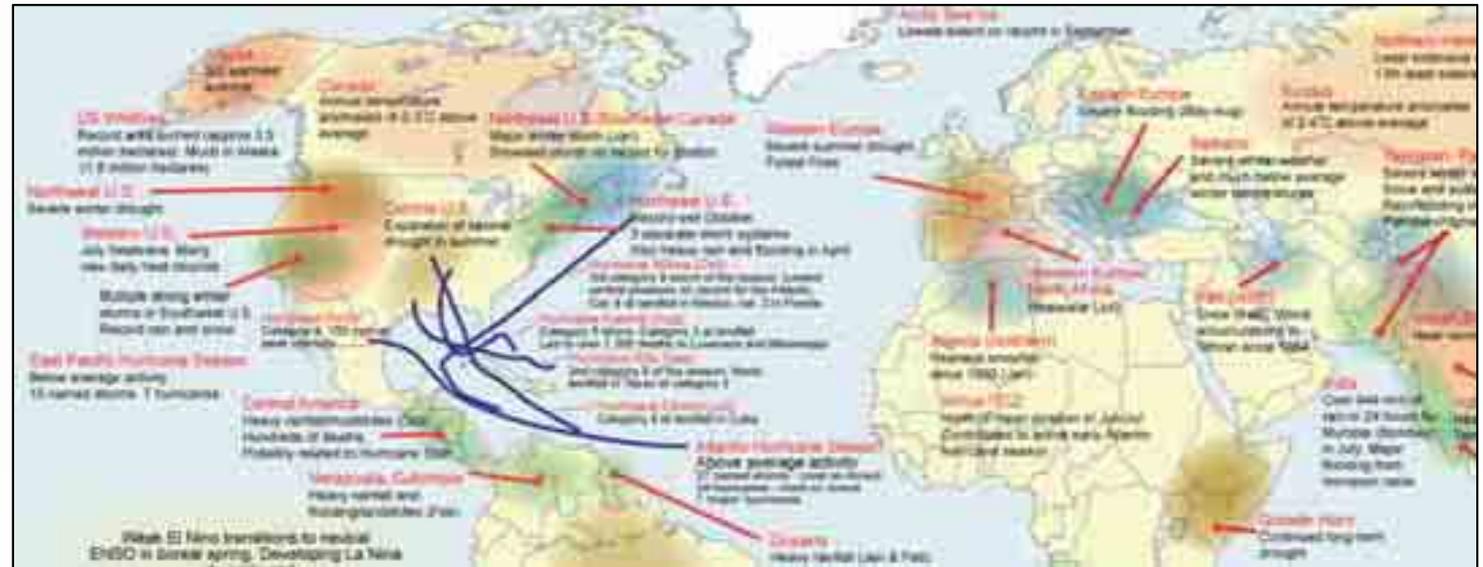
- Lontananza dai rifornimenti;
- Pessima conoscenza della rete stradale;
- Determinazione dei difensori;
- Errori di Hitler con decisioni contrastanti i suoi generali.

Il clima ha influenzato la storia delle invasioni di Russia ma (se non si cede al Determinismo) è una CON-CAUSA: la storia non ammette controprove!!!!.



Estremi nell'ultima decade

- **1997-98**: El Nino più violento della storia;
- **1999**: uragani in Francia, 92 morti e 6,5 Mil euro di danni;
- **2000** Alluvione in Piemonte;
- **2002**: alluvione in Rep.Ceca e Cina;
- **2003**: ondata di calore in Europa (17.000 decessi);
- **2005**: uragani a ripetizione nei Caraibi (3000 morti);



Si scontrano due differenti approcci:

- Eccessivo “allarmismo climatico” diffuso dai **mezzi di comunicazione** di massa;
- Aumento della **frequenza** di eventi catastrofici causato dal riscaldamento globale.

- **Carattere necessariamente GLOBALE dell'approccio climatologico**
- **Impatto delle ATTIVITA' UMANE sul clima mondiale**



La teoria di Gaia

I PRECURSORI.

Vernadskij (1863-1945): introduce il termine BIOSFERA come insieme delle attività biogeochimiche e termodinamiche degli esseri viventi. Il metabolismo produce “entropia negativa” che contrasta la morte termica dell’universo.

Odum (1971, Principi di Ecologia) : “Gli organismi, gli ecosistemi e l’intera Biosfera possiedono la fondamentale proprietà termodinamica di essere capaci di creare e mantenere una condizione di elevato ordine interno o **bassa entropia**”.

Gaia, il pianeta blu

James Lovelock (NASA 1967) Riduzione di entropia come segno di vita su un pianeta.

IPOSTESI: L’agente produttore dell’atmosfera terrestre è la vita stessa.

TESI: L’atmosfera è “costruzione biologica” e deve essere interpretata come estensione di un sistema vivente.

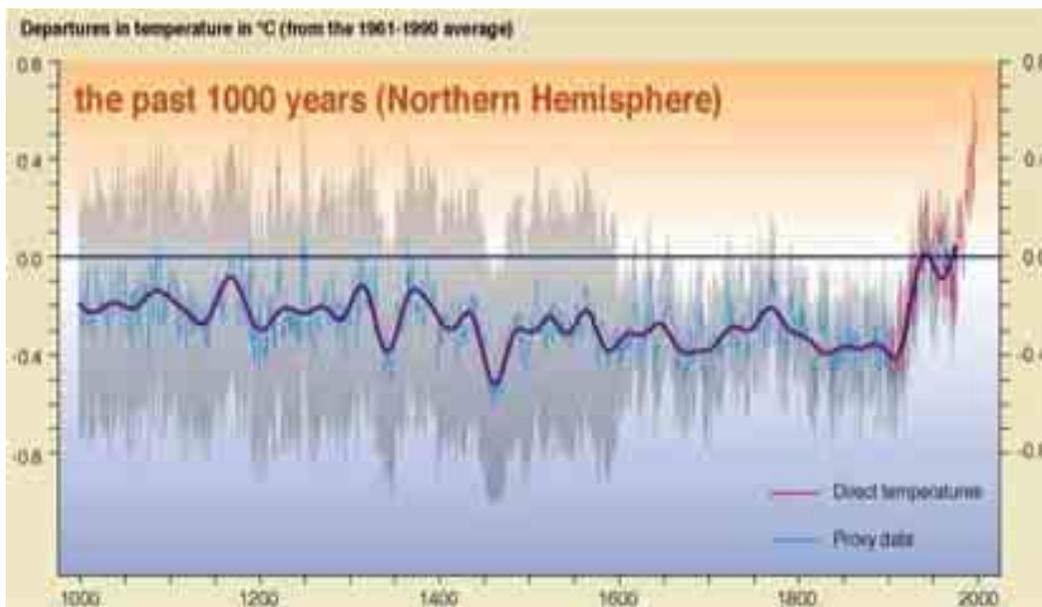
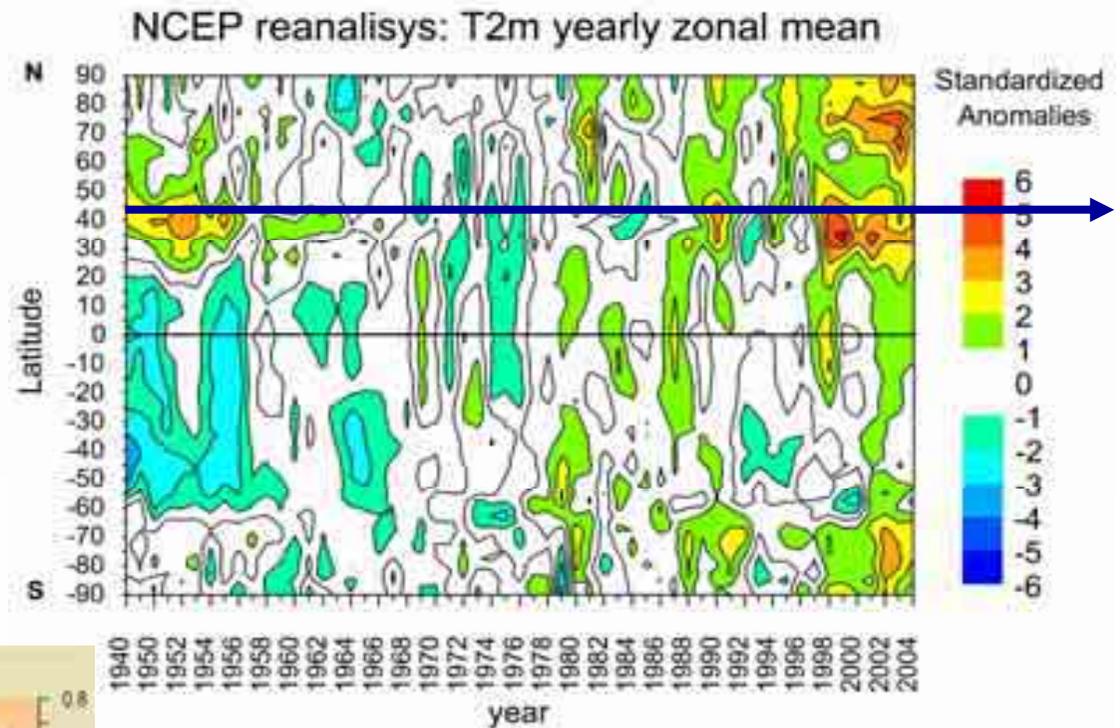
Gaia è l’insieme di atmosfera, biosfera, oceani e terra, un sistema che ricerca un ambiente ottimale per la diffusione della vita.

La teoria di Gaia ha contribuito in modo sostanziale ad attirare l’attenzione del pubblico sull’unità fondamentale del Pianeta e sulla sua fragilità. Tuttavia la Terra manca delle caratteristiche di un essere vivente: riproduzione e metabolismo



Il riscaldamento globale

1. Riscaldamento globale ($0.6^{\circ}\text{C}/100\text{y}$)
2. Maggior frequenza di eventi estremi (siccità prolungate, uragani più intensi e frequenti)
3. Aumento del livello degli oceani per lo scioglimento dell'ICE SHEET di Groenlandia ed Antartide (10-20 cm)
4. Sostanziale rallentamento o collasso della corrente del Golfo.



5. Aumento della temperature dell'Artico di $5^{\circ}\text{C}/100\text{y}$
6. Diminuzione del 10% della copertura nevosa alle medie latitudini di NH dal 1960
7. Ritiro dei ghiacciai alpini (2/3 del volume per i ghiacciai svizzeri nel 20° secolo).



...e nel futuro?

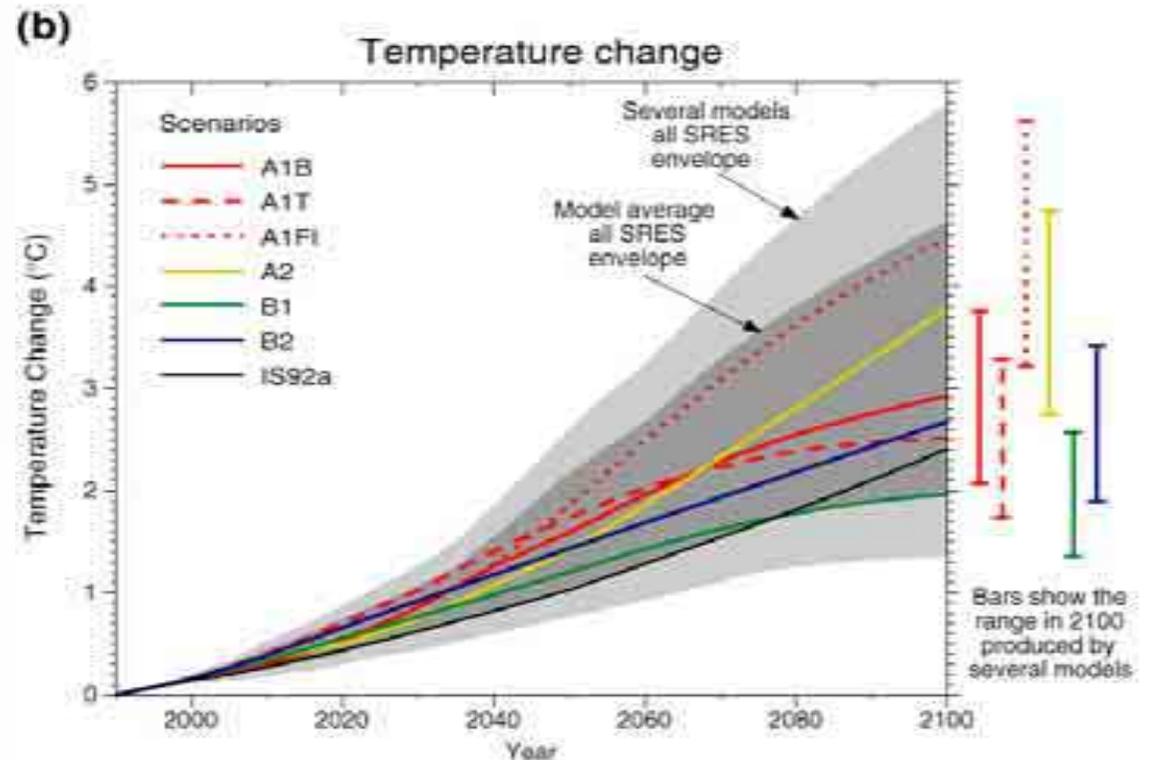
Emissioni di gas-serra

- attività antropogeniche CO₂
- Flautolenze ed eruttazioni dei ruminanti 2% delle emissioni di CH₃

La farfalla di Lorentz

Non significa “a piccole cause grandi effetti” MA “Caos Determinista”

Gaia è estremamente sensibile alle condizioni iniziali.



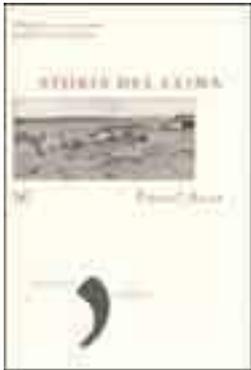
Esiste un punto di non-ritorno nella salute degli ecosistemi?

E' già stato superato?

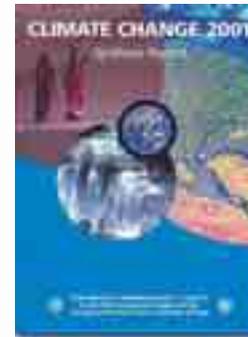
L'unità di misura del tempo in ecologia è il secolo, in politica la durata del mandato elettorale.



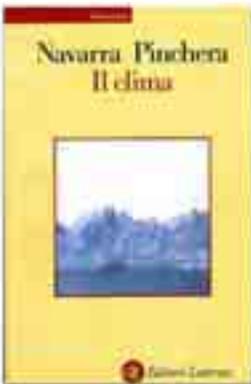
Approfondimenti



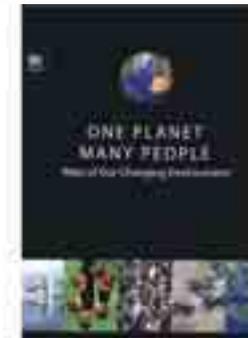
PASCAL ACOT
Storia del clima.
Il freddo e la storia passata.
Il caldo e la storia futura
DONZELLI 2004



IPCC
Climate Change 2001:
Synthesis Report
3th Assessment Report



NAVARRA /PINCHERA
Il clima
LATERZA 2002



**UNITED NATION ENVIROMENT
PROGRAMME**
One Planet, Many People: Atlas
of Our Changing Environment

World Wide Web

<http://www.unep.org/>

<http://www.ipcc.ch>

<http://www.wmo.org/>

<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html>

<http://www.climatenetwork.org>

<http://www.envirolink.org>