

## Il Segretario ANF

### Come e quando è cambiato il clima nel passato ?

Prima di procedere oltre nella trattazione di come è perché avvengono i cambiamenti climatici (avevamo cominciato a parlare delle cause astronomiche), vediamo meglio di quali dati scientifici si dispone relativamente ai climi del passato.

E' il caso di ricordare prima in che modo i cambiamenti climatici hanno sempre condizionato l'evoluzione geomorfologica.

Nei periodi glaciali, o comunque freddi e/o piovosi si verificano aumenti dei ghiacciai, abbassamento del livello del mare (una maggior quantità d'acqua viene immobilizzata sui continenti sotto forma di ghiaccio), maggiore sedimentazione entro gli alvei fluviali, con innalzamento dei fondali, formazione di terrazzi nelle valli montane e in pianura momenti di temporanea pensilità dei fiumi, con conseguente tendenza degli stessi a cambiare tracciato, avanzamenti della linea di costa, più veloci incrementi dei delta. Per contro nei periodi caldi e/o siccitosi si producono scioglimento dei ghiacciai, risalita del livello del mare, approfondimento degli alvei, incisione dei terrazzi nelle valli montane e stabilizzazione dei tracciati fluviali in pianura, arretramenti della linea di costa, minori incrementi dei delta o loro erosione.

E' ormai assodato che la Terra ha attraversato vari periodi glaciali, non solo negli ultimi 50 milioni di anni, ma anche assai prima: nell'Archeozoico (oltre 800 milioni di anni fa), poi fra l'Ordoviciano e il Siluriano (470-430 mil), fra il Carbonifero e il Permiano (330-270 mil), fra il Giurassico e il Cretacico (170-120 mil).

Come si fa dunque a capire com'era in clima in una determinata epoca, a riconoscere cioè un "paleoclima"?

Per lo più lo si fa in maniera indiretta, sia facendo ricorso alle già dette tendenze evolutive geomorfologiche sia, soprattutto, cercando di interpretare i singoli ambienti, e in particolare la flora e la fauna, con attenzione a quelle specie che sono caratteristiche di climi freddi o caldi. Per riconoscere i paleoambienti sono dunque necessari studi di geologia, geomorfologia, paleontologia, micropaleontologia, palinologia ecc., poi è necessario datare gli ambienti con un qualche sistema, relativo oppure assoluto (C<sup>14</sup>). Utilissimi a questo proposito sono le serie continue di sedimenti continentali, lacustri o marini, gli anelli delle piante, i coralli. Un altro metodo, più diretto, che recentemente ha fornito risultati molto buoni è stato lo studio di carotaggi di ghiaccio. I campioni di ghiaccio, inglobando parte dell'atmosfera dell'epoca, possono infatti fornire informazioni anche sulla sua composizione, in particolare sulla quantità di "gas serra" presenti, anche in assenza dell'impatto antropico. I carotaggi eseguiti in Antartide e in Groenlandia hanno permesso di ricostruire i paleoclimi dell'ultimo mezzo milione d'anni, e di riconoscere almeno quattro cicli maggiori, con escursioni termiche notevoli ma sempre contenute entro limiti ben definiti e pressoché costanti. In ogni ciclo il raffreddamento è stato lento, spesso irregolare, mentre il passaggio al successivo interglaciale è stato relativamente veloce (10.000 anni al massimo), con immediato raggiungimento del limite superiore di temperatura (con un aumento, in Antartide, di circa 10° C). I cicli si susseguono quindi secondo curve asimmetriche, come se dopo un raffreddamento graduale scattasse un termostato che riporta in alto la temperatura.

Si sarebbero dunque alternate glaciazioni di circa 100.000 anni e periodi meno freddi, o interglaciali, lunghi circa 10.000. Beninteso, le cosiddette grandi glaciazioni comprendono più di uno di questi cicli, e infatti sono state di diversa durata: il Günz è stato enormemente più lungo del

Würm. Del resto, come sempre accade, sono conosciuti con maggior dettaglio gli eventi vicini di quelli lontani.

Cicli glaciali	Anni fa	Clima
WÜRM IV Interstadio WÜRM III - WÜRM IV WÜRM III	20.000 - 10.000 30.000 - 20.000 40.000 - 30.000	SECCO, FREDDO; UMIDO, UMIDO, TEMPERATO SECCO, FREDDO
Interstadio WÜRM II - WÜRM III WÜRM II	50.000 - 40.000 60.000 - 50.000	TEMPERATO, FRESCO SECCO, FREDDO
Interstadio WÜRM I - WÜRM II WÜRM I	70.000 - 60.000 100.000 - 70.000	UMIDO, CALDO TEMPERATO
Interglaciale RISS-WÜRM	130.000 - 100.000	MOLTO UMIDO; CALDO
RISS III	200.000 - 130.000	SECCO, FREDDO; UMIDO, FREDDO
Interstadio RISS II - RISS III RISS II	210.000 - 200.000 300.000 - 210.000	SECCO, CALDO UMIDO TEMPERATO; MOLTO FREDDO
Interstadio RISS I - RISS II RISS I	310.000 - 300.000 350.000 - 310.000	SECCO, CALDO UMIDO, FREDDO; TEMPERATO
Interglaciale MINDEL-RISS	470.000 - 350.000	MOLTO UMIDO, CALDO
MINDEL II	540.000 - 470.000	SECCO FREDDO
Interstadio MINDEL I - MINDEL II MINDEL I	550.000 - 540.000 650.000 - 550.000	SECCO, FREDDO
Interglaciale GÜNZ-MINDEL	700.000 - 650.000	UMIDO, CALDO
GÜNZ	1,3 mil - 700.000	SECCO, FREDDO
Interglaciale DONAU-GÜNZ	1,8 mil - 1,3 mil	UMIDO, CALDO

*Nella tavola, i cui i tempi sono scanditi dal basso verso l'alto (tipico sistema dei geologi), sono evidenziati in arancione i periodi interglaciali tra i vari periodi glaciali.*

E anche entro questi cicli maggiori si sono verificate oscillazioni di più breve periodo, più numerose e accentuate in Groenlandia che in Antartide. In generale le storie climatiche dei due emisferi risultano diverse, ma vi sono anche evidenze di contemporaneità.

Per quanto riguarda la composizione atmosferica, le percentuali di CH<sub>4</sub> e di CO<sub>2</sub>, nell'ultimo mezzo milione d'anni, non hanno mai raggiunto i livelli attuali <sup>[1]</sup>.

L'arco di tempo indagato ricade nell'Era Quaternaria, più precisamente nel Quaternario superiore, che comprende la parte finale del Pleistocene e l'Olocene, o Attuale <sup>[2]</sup>. Oggi vari scienziati hanno introdotto una nuova suddivisione, che contempla la definizione di un ulteriore periodo dopo l'Olocene, l'Antropocene, che secondo alcuni sarebbe iniziato nel XVIII secolo <sup>[3]</sup>, quando l'Uomo è divenuto il più importante agente dell'evoluzione geomorfologica del pianeta. Questa nuova suddivisione è però ancora discussa e sarà oggetto di un prossimo congresso dell'Unione Internazionale di Scienze Geologiche.

Durante le glaciazioni pleistoceniche la geografia della Terra era diversa da quella attuale, non tanto a causa della deriva dei continenti - che ormai erano all'incirca nella posizione odierna - quanto perché molti degli attuali fondali marini erano emersi. Durante il Würm, ad esempio, quando il livello marino era 120 m più basso dell'attuale <sup>[4, 5]</sup>, la Pianura Padana continuava fino a Pescara (nell'attuale Alto Adriatico camminavano i mammut) ed erano tra loro collegate la Sardegna con la Corsica, la Sicilia con la Calabria e con Malta, le Isole Britanniche con l'Europa continentale, la Siberia con l'Alaska, la Cina e l'Indonesia con Giava e Sumatra, la Siberia con il Giappone, l'Australia con la Nuova Guinea e con la Tasmania. Questi collegamenti, che verosimilmente sono esistiti anche in glaciazioni più antiche, hanno agevolato molte migrazioni di specie animali e anche dell'uomo del Paleolitico.

Poi, circa 19.000 anni fa una combinazione di fattori orbitali (vedi precedente articolo pubblicato su questo sito) avrebbe cominciato a far uscire la Terra dall'ultima era glaciale, il Würm.

Nel Tardiglaciale, nel cosiddetto Dryas antico o Dryas I – impulso di riscaldamento MWP-1A0 - in meno di 500 anni il livello del mare si è alzato di 15 m; poi ha continuato a salire, sia pur più lentamente.

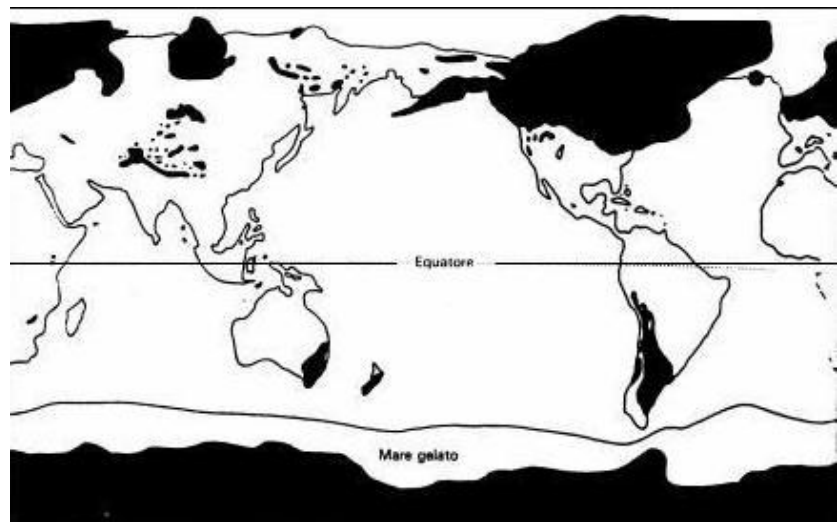
Con un secondo impulso - MWP-1° - verificatosi tra 14 600 e 13500 anni fa, durante il Bølling-Dryas II-Allerød, il livello marino è risalito con velocità fino a 40 mm all'anno.

Tra 12800 e 11500 anni fa, nel cosiddetto Dryas recente o Dryas III, la Terra ha attraversato un nuovo episodio di raffreddamento <sup>[6]</sup>; alla fine del Dryas recente, tra 11500 e 11000 anni fa, si è verificato un nuovo impulso di disgelo (MWP-1B), nel quale il mare è salito di altri 25 m.

E' da questo momento (con un livello marino inferiore di soli 20 m a quello attuale) che vien fatto iniziare, convenzionalmente, il periodo geologico attuale, l'Olocene, che pure è stato caratterizzato da variazioni climatiche, benché molto più contenute di quelle precedenti. Tale periodo, per il Nord Europa e la fascia temperata settentrionale, è stato suddiviso in cinque cronozone, basate appunto sul clima:

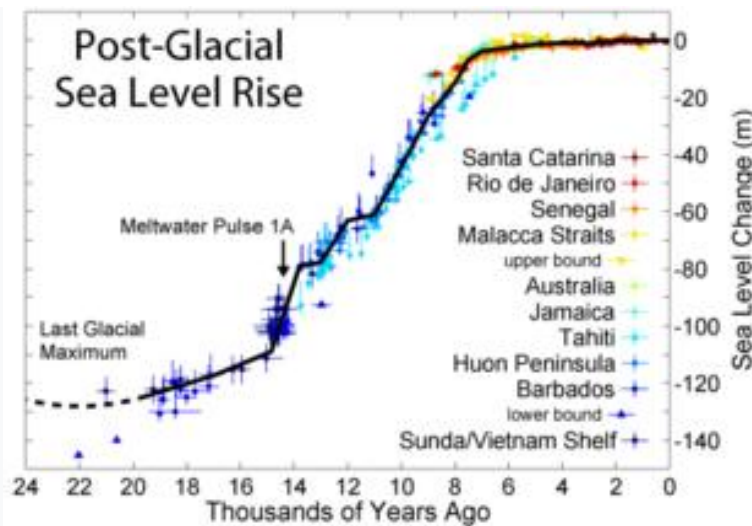
- Preboreale, da 10000 a 9000 anni fa → Mesolitico
- Boreale, 9000 - 8200 anni fa - intervallo più freddo → passaggio dal Mesolitico al Neolitico,
- Atlantico, 8200 – 5000 anni fa – altri due impulsi di riscaldamento: l'*optimum climatico primario olocenico*; il livello del mare raggiunge e supera l'altezza attuale (di circa 2 m secondo alcuni studiosi) → dal Neolitico all'Età del Rame.
- Sub-boreale, 5000 – 2800 anni fa ulteriore intervallo più fresco → Età del Rame → Età del Bronzo → inizio Età del Ferro
- Sub-atlantico, ultimi 2800 anni → Età del Ferro – Età storica

Dopo la fine dell'Atlantico, non si sono più prodotte variazioni significative del livello del mare, e negli ultimi quattro millenni si sono avute oscillazioni, con una crescita media limitata a 0,1-0,2 mm all'anno. <sup>[7]</sup> Tuttavia dal 1900 l'aumento è ritornato a 1–2 mm all'anno, mentre le rilevazioni del satellite TOPEX/Poseidon indicano che dal 1993 la crescita è stata di  $3,1 \pm 0,7$  mm all'anno <sup>[8]</sup>.

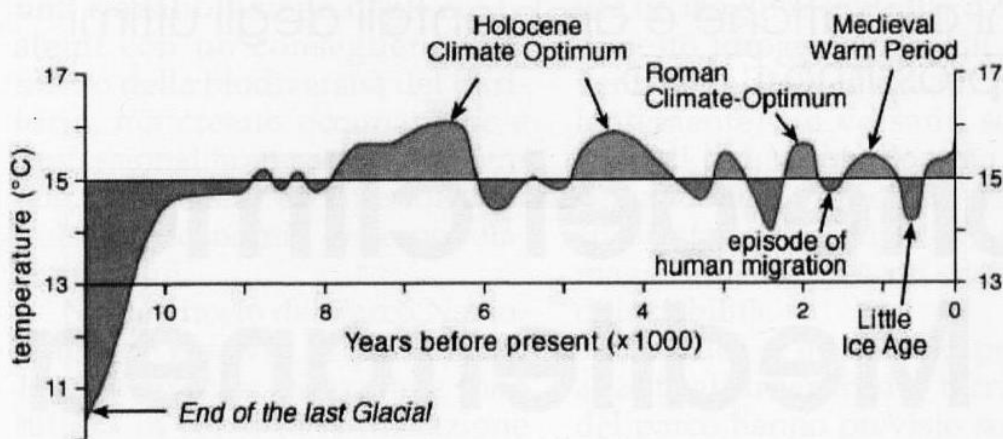


*L'Italia nell'ultima grande glaciazione*

*La Terra durante l'ultima grande glaciazione (in nero le calotte glaciali)*



*L'andamento del livello dei mari dopo l'ultima glaciazione (Würm III)*



*Le variazioni di temperatura dalla fine dell'ultima glaciazione ad oggi*

Va anche ricordato che con lo scioglimento dei ghiacci, specie della calotta boreale (che si spingeva fino all'Europa continentale e agli Stati Uniti), la litosfera sottostante è divenuta oggetto di un lento movimento di sollevamento, che continua ancora, per raggiungere un nuovo equilibrio "isostatico". Questo si nota ad esempio nel Nord America, nella baia di Hudson, che si è notevolmente ristretta rispetto a 6000 anni fa, ma anche nel Nord Europa (penisola scandinava e Danimarca).

Per quanto riguarda gli ultimi 4 millenni, possono esser fatte le seguenti ulteriori segnalazioni.

Durante l'Età del bronzo (Sub-boreale) il clima è stato fresco umido, ma alla fine, tra 1050 e 800 a. C., al tempo del passaggio all'età del Ferro, si è verificato un intervallo caldo. Poi, tra 800 a.C. e 300 a.C. (è ormai iniziato il Sub-atlantico) vi sono stati cinque secoli di clima piuttosto freddo, con un aumento della piovosità su tutta l'Europa. I primi secoli di questo intervallo sono stati caratterizzati da eventi piuttosto violenti, come spesso accade all'inizio di un nuovo ciclo climatico. Nel nostro territorio anche il Po ha cambiato corso. I decenni più freddi sembrano esser stati quelli tra il 520 e il 350 a.C., che rappresentano la cosiddetta *piccola età glaciale arcaica*. I cittadini di Spina hanno dovuto patire il freddo.

E' seguito un periodo di *optimum climatico secondario* in Età romana, tra il III secolo a.C. e il IV d.C.).

Un nuovo corrompimento del clima sopraggiunge poi nel V secolo, con acme tra il 500 e il 750 d.C., la cosiddetta *piccola età glaciale altomedievale* (o *diluvio di Paolo Diacono*). Anche la rete fluviale della Pianura Padana ne viene sconvolta.

A questo fa seguito un altro periodo relativamente più caldo tra il IX e il XI secolo d.C., l'*optimum climatico medievale*,

Seguono poi altri secoli di raffreddamento, con due momenti particolarmente significativi, prima tra 1100 e 1350, poi tra 1590 e 1850: è la *piccola età glaciale di età moderna*, Nella bassa Pianura Padana i fiumi diventano quasi tutti pensili e la popolazione reagisce rialzando gli argini.

Dopo il 1850 inizia la fase calda attuale.

- 
1. Orombelli G. (2000) Variabilità climatica nel Quaternario superiore; atti convegno "Le Pianure", Labanti, Bologna
  2. Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the International Commission of Stratigraphy, Status on 2009.
  3. Fred Pearce (2007). *Con rapidità e violenza*. ISBN 978-0-8070-8576-9
  4. Y. Yokoyama (2000) Timing of the Last Glacial Maximum from observed sea-level minima, *Nature* 406, 713-716, doi:10.1038/35021035
  5. V. Gornitz (2007) Sea Level Rise, After the Ice Melted and Today, NASA.
  6. L.D. Keigwin y E.A. Boyle (2000) Detecting Holocene changes in thermohaline circulation, *PNAS*, volume 97, numero 4, 1343-1346
  7. Houghton, J.T. (ed.), *Long-term mean sea level accelerations*, in *Climate Change 2001: The Scientific Basis*.
  8. Bindoff, NL et al., *Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level*, 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*, Cambridge University Press.
  9. Panizza, M. (1985). *Schemi cronologici del Quaternario*. Geogr. Fisica e Dinamica Quaternaria, 8.