



Parliamo di clima (4°)

Definizioni, notizie e ...

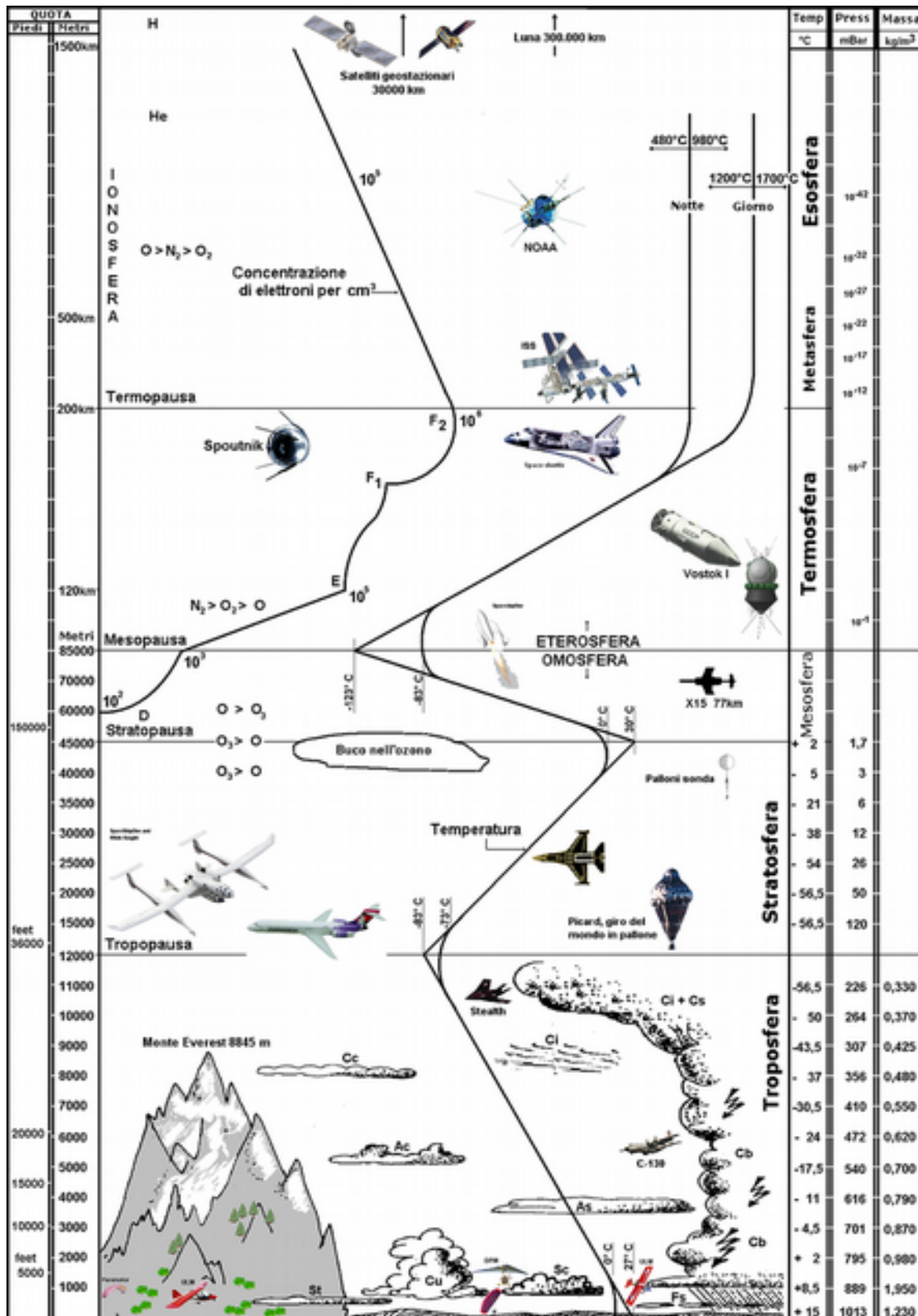
le più grandi glaciazioni avvenute sulla Terra

L'intento di questi articoli, come detto inizialmente nel primo, è di dare delle notizie scientifiche corrette e di mettere un po' d'ordine nella materia. Un socio mi ha inviato una mail esortandomi appunto a insistere su quest'ultimo aspetto della faccenda. Cercherò di farlo in questo quarto articolo, e a tal fine comincio dalla confusione che spesso viene fatta tra tempo meteorologico e clima.

Il **tempo** meteorologico, con riferimento ad una determinata località, è l'insieme dei fenomeni atmosferici (temperatura, umidità, pressione, nuvolosità, precipitazioni, vento) che si verificano nell'arco di qualche ora o al massimo qualche giorno. Ad esempio a Ferrara, oggi, mentre scrivo, fa un po' caldo, l'umidità relativa è il 55%, la pressione intorno ai 1020 mb, il cielo è coperto e piove ... ma probabilmente domani le cose cambieranno, poi cambieranno sicuramente col mutare delle stagioni.

Per **clima** invece, sempre con riferimento ad una determinata località, s'intende l'insieme delle condizioni atmosferiche (sempre temperatura, umidità, pressione, nuvolosità, precipitazioni, vento) che la caratterizzano nell'**arco dell'anno**, e la stima deve essere fatta **mediando su lunghi periodi di tempo**, generalmente 30 anni. Entrambe le definizioni possono essere allargate ad una provincia, ad una regione ecc.

Qualcuno penserà che stia dicendo delle cose elementari, note a tutti. Eppure anche i *mass media* continuano a fare confusione. Giuliano Ferrara, pochi anni fa, trovandosi a Parigi in un giorno d'inverno, ha pubblicato un articolo pieno di sciocchezze che, anche nel titolo, tuonava: *il riscaldamento globale è una banale ideologia: se è globale, perché a Parigi fa freddo?*



Da NASA Earth Observatory

<http://eol.jsc.nasa.gov/scripts/sseop/photo.pl?mission=ISS013&roll=E&frame=54329>, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1722627>

Altre definizioni.

La Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (*United Nations Framework Convention on Climate Change o UNFCCC*) utilizza il termine **mutamenti climatici** solo per riferirsi ai cambiamenti climatici prodotti dall'uomo e **variabilità climatica** per quello generati da cause naturali.

In altri casi, per riferirsi ai mutamenti climatici di origine antropica, si utilizza l'espressione **mutamenti climatici antropogenici**, mentre oggi il termine più usato è quello di **global warming** (o surriscaldamento climatico).

Secondo la teoria del global warming, infatti, è proprio l'uomo il responsabile del periodo di riscaldamento che sta attraversando oggi la Terra.

A questo riguardo va detto che anche i **negazionisti** sono suscettibili di una classificazione.

Ci sono i **negazionisti totali**, coloro che negano totalmente che sia in atto un cambiamento climatico; come - appunto - Giuliano Ferrara; ogni anno che passa risulta essere stato più caldo del precedente, ma secondo lui sono tutte bufale.

Ci sono i **negazionisti titubanti**, coloro che ammettono che sia in atto un cambiamento climatico, ma ancora indefinibile, che forse potrebbe portare ad un riscaldamento, forse ad un raffreddamento, forse ad una maggiore piovosità, forse a siccità; così preferiscono non far nulla e attendere.

Ci sono i **negazionisti del global warming**, ossia coloro che ammettono che sia in atto un riscaldamento climatico ma che negano, più o meno radicalmente, che l'attività umana c'entri in qualche modo.

Ci sono poi i **negazionisti del tanto ormai**, che ammettono che sia in atto un riscaldamento climatico, che l'attività umana ne sia più o meno fortemente responsabile ma che non valga la pena di far qualcosa per migliorare la situazione (si tratta di una opinione irrazionale, insostenibile, eppure stanno aumentando).

Non ho ancora capito a quale delle suddette categorie appartenga Donald Trump.

Un'ultima categoria che in questi ultimi anni ha fatto molti adepti è quella dei **negazionisti camaleonte**, che ammettono tutto, fingono di impegnarsi per frenare l'inquinamento atmosferico ma poi continuano ad agire in senso contrario.

Un'altra questione sulla quale è necessario mettere ordine è quella delle **cause esterne e cause interne** della variabilità e dei mutamenti climatici. Si parla di esterne e interne facendo riferimento al pianeta.

Va premesso che la temperatura della superficie terrestre, come per tutti i pianeti, è la risultante di due fonti di energia: l'energia che arriva dal Sole e il calore interno del pianeta, e per noi la più importante è prima. A questo punto però intervengono anche gli involucri fluidi della Terra, idrosfera e atmosfera, che complicano il problema.

Fortunatamente lo complicano, perché senza di essi la temperatura media della superficie terrestre sarebbe solo di -20°C (il sole dista ben 149 milioni di km). La temperatura, decisamente migliore, che regna invece sul nostro pianeta è dovuta soprattutto all'**effetto serra naturale** che caratterizza la sua atmosfera.

Lo sviluppo della vita sulla Terra è infatti dovuto ad una serie di meravigliose proprietà che ha il nostro pianeta, unico nel Sistema Solare:

- la **moderata distanza dalla propria stella**: ne' troppo vicino, ne' troppo lontano;

- la **presenza della Luna**: un satellite tanto grande che la coppia Terra-Luna può essere considerato un sistema biplanetario, e che, con la sua forza di gravità agente

su un'orbita stabile, permette alla Terra di mantenere stabile il proprio asse di rotazione (anche se dotato di un'inclinazione variabile, in un periodo di 41.000 anni, tra il 22°50' e 24°50' - attualmente è di 23°27');

- la **presenza di un'atmosfera**, con anche una significativa presenza di ossigeno, indispensabile per la vita animale;

- la **presenza di una robusta magnetosfera** che impedisce al "vento solare" di spazzar via l'atmosfera e di raggiungere in grande quantità la superficie terrestre;

- la **presenza, nell'atmosfera, anche di gas serra**: vapore acqueo, metano, anidride carbonica, ossidi di azoto, ozono ecc.;

- la **presenza d'acqua** nei suoi tre stati fisici: solido, liquido e aeriforme.



L'effetto serra

I gas serra sono trasparenti alla radiazione solare, che ci perviene ad onda corta e riscalda la superficie della Terra, ma riescono però a trattenere i raggi infrarossi (ad onda lunga) che vengono riemessi dalla superficie riscaldata.

L'**effetto serra naturale**, oltre a mitigare la temperatura della Terra, contribuisce a difenderla dalle grandi escursioni termiche cui sarebbe soggetta fra il giorno e la notte. La nostra Luna, che sarebbe alla distanza giusta dal Sole per ospitare la vita, è priva di magnetosfera e quindi di atmosfera e presenta escursioni di temperatura fortissime fra le zone in ombra e quelle illuminate.

Vi sono però anche altri corpi del sistema solare dotati di atmosfera e di effetto serra, ad esempio Venere, Marte e Titano (il maggior satellite di Saturno), ma non sono fortunati come la Terra.

Titano è molto lontano dal Sole ed è ricoperto da metano, solido, liquido e gassoso. Marte è assai più vicino e somiglia di più alla Terra, ma è comunque più lontano di noi dal Sole. Purtroppo, avendo una magnetosfera debolissima, la sua atmosfera è stata quasi totalmente spazzata via dal vento solare; oggi è estremamente rarefatta, l'effetto serra quindi è troppo tenue e le temperature variano dai -120° ai 20° C.

Venere, che invece è più vicina al Sole di noi, ma forse non tanto da rendervi impossibile la vita, ha un'atmosfera estremamente densa (la pressione al suolo è 93 volte quella terrestre) e un effetto serra talmente forte che la temperatura della sua superficie supera i 470°C. Peggio dell'inferno dantesco.

L'effetto serra quindi non è un guaio, anzi per noi è una benedizione, l'importante è che non sia esagerato. E' invece provato che l'inquinamento atmosferico, dovuto alla continua e crescente combustione di fonti fossili a scopo energetico, alla deforestazione tropicale, all'agricoltura industrializzata e all'allevamento intensivo di bestiame, sta provocando un aumento dei gas serra, in particolare metano, anidride carbonica e ossidi di azoto.

Il problema è dunque assai complicato, e infatti per lo studio del clima e dei suoi cambiamenti bisogna considerare questioni pertinenti ai più diversi campi scientifici: Meteorologia, Fisica, Astronomia, Chimica, Oceanografia, Geografia, Geologia, Biologia ecc. Si tratta insomma di uno studio necessariamente multidisciplinare.

Forzanti esterne ed interne

Un altro problema sul quale talvolta si fa confusione è quello delle cause esterne ed interne del clima.

Sono da considerare cause esterne del clima e dei suoi cambiamenti, ossia **forzanti esterne**:

- i moti della terra, primari e secondari, che fanno variare la quantità di energia solare che raggiunge una determinata regione della Terra (inclinazione dei raggi stessi e variazioni della distanza dal Sole anche in relazione alle variazioni orbitali)
- l'impatto di meteoriti;
- l'attività solare (e qui la cosa è ovvia ... senza il Sole il problema non esisterebbe, non esisterebbe nemmeno il clima).

Della prima **forzante esterna** (teoria di Milankovic, grandi glaciazioni del Pleistocene) abbiamo parlato negli articoli precedenti. Parleremo anche delle altre.

Sono invece considerate cause interne del clima e dei suoi cambiamenti, ossia **forzanti interne**:

- la composizione dell'atmosfera
- la deriva dei continenti, che in questa sede ci interessa meno perché le variazioni climatiche sono in questo caso diluite in decine di milioni d'anni (è chiaro ad esempio che se i continenti sono concentrati intorno ai tropici si avranno pochi ghiacci continentali e temperature medie meno estreme)
- l'attività vulcanica
- le correnti oceaniche

Fin qui abbiamo citato le forzanti naturali, ma l'ultima forzante da elencare (interna, secondo chi scrive) è:

- l'attività dell'uomo.

A causa di tutti questi fattori il clima è da riguardare come un sistema complesso e, a seconda del tipo dei fattori dominanti, la variazione del clima è sistematica oppure caotica. E' quindi molto importante vedere la scala temporale a cui si osserva la variazione, poiché si possono riscontrare variazioni regolari di bassa frequenza nascoste in variazioni caotiche di alta frequenza o viceversa ¹.

Retroazioni (o feedback)

Un'altra classificazione che va fatta, riguardo al comportamento di un qualsiasi sistema complesso, riguarda le cosiddette **retroazioni** - o **feedback** - individuabili nei casi in cui l'effetto di un certo insieme di fenomeni ad un certo momento si ripercuote

su una causa fondamentale, cambiandone l'influenza e conseguentemente facendo variare il funzionamento di tutto il sistema.

Si possono così distinguere:

- delle **retroazioni negative**, quando l'effetto finale, prima o poi, viene smorzato o annullato, e si ripristina un certo equilibrio (sui feedback negativi si basa gran parte della teoria della "resilienza")

- delle **retroazioni positive**, quando l'effetto viene invece amplificato (ossia si produce quello che viene comunemente denominato *circolo vizioso*).

Per intenderci, un banale esempio di sistema o processo con retroazione negativa è rappresentato da una vasca il cui riempimento è controllato da una valvola collegata ad un galleggiante. Man mano che il livello sale, sale anche il galleggiante, finché arriva a chiudere la valvola e ad interrompere l'afflusso dell'acqua. Molti esempi analoghi si possono trovare anche in meteorologia: è un feedback negativo, ad esempio, l'estinguersi di un ciclone "maturo", ma praticamente tutta la circolazione atmosferica è dominata da feedback negativi.

Un esempio di sistema o processo con retroazione positiva in natura è invece rappresentato dalla fusione dei ghiacci. Questi, essendo bianchi, hanno un notevole affetto di **albedo**, ossia riflettono i raggi solari rimandandoli nello spazio; ma se la temperatura del globo sale, i ghiacci fondono e questo comporta una diminuzione dell'effetto di albedo, il che fa aumentare ulteriormente la temperatura globale e fondere altri ghiacci, e così via. Questo meccanismo può portare alla fusione completa dei ghiacci.

Lo stesso meccanismo o processo può anche agire al contrario, sempre in retroazione positiva, portando all'espansione dei ghiacci del polari. Citiamo al proposito una interessante teoria.

La Terra "palla di neve": le più grandi glaciazioni di tutti i tempi

E' proprio ad un meccanismo di retroazione positiva che si rifà la teoria della "Terra palla di neve", elaborata per spiegare la presenza di detriti glaciali rimasti incastonati in depositi che oltre mezzo miliardo di anni fa si trovavano nei pressi dell'equatore a livello del mare. Secondo uno dei maggiori sostenitori di questa teoria, Joseph L. Kirschvink ², ci sarebbero stati quattro episodi di questo tipo avvenuti tra i 590 ed i 900 milioni di anni fa, ed uno più remoto, circa due miliardi di anni fa.

Per quanto riguarda l'evento più recente, la teoria sostiene che, in seguito alla frantumazione di *Rodinia* ³, un supercontinente formatosi prima della Pangea ^{4,5}, il consumo di anidride carbonica provocato dall'erosione del basalto sarebbe aumentato fortemente provocando una netta diminuzione dell'effetto serra. La temperatura media del globo scese progressivamente e le calotte polari cominciarono ad espandersi. A questo punto l'aumento dell'effetto albedo accentuò ulteriormente il raffreddamento del pianeta: più la superficie terrestre veniva coperta dal ghiaccio, più la temperatura scendeva. Si avviò così un circolo vizioso (feedback positivo, appunto) che in poche migliaia di anni portò i ghiacciai a ricoprire quasi tutto il pianeta e il ghiaccio arrivò perfino all'equatore.

Per qualche milione di anni, il nostro pianeta si presentò dunque come una immensa palla di ghiaccio che ruotava nello spazio. Al suolo, la temperatura media oscillava tra i 20 e i 50 gradi sotto zero e un'unica coltre gelata ricopriva i mari e le terre, salvo qualche zona in prossimità dei vulcani. In cielo non c'era nessuna nuvola ⁶.

Come ne siamo usciti? Con la progressiva ricostruzione di un effetto serra ad opera di quei benedetti vulcani. Ma questa è un'altra storia.

Bibliografia

(1) https://it.wikipedia.org/wiki/Cambiamento_climatico

(2) Kirschvink, J.L., *Late Proterozoic low-latitude global glaciation. The snowball Earth*, in Schopf, JW, and Klein, C. (a cura di), *The Proterozoic Biosphere: A Multidisciplinary Study*, Cambridge University Press, Cambridge, 1992, pp. 51–52

(3) Z. X.; Bogdanova, S. V.; Collins, A. S.; Davidson, A.; B. De Waele, R. E. Ernst, I. C. W. Fitzsimons, R. A. Fuck, D. P. Gladkochub, J. Jacobs, K. E. Karlstrom, S. Lul, L.M. Natapov, V. Pease, S. A. Pisarevsky, K. Thrane and V. Vernikovsky (2008). *Assembly, configuration, and break-up history of Rodinia: A synthesis*. Precambrian Research, **160**:179–210

(4) I supercontinenti finora individuati nella storia della Terra sono: **Vaalbara** (formatosi tra 3,6 e 3,3 miliardi di anni fa), **Kenorland** (2,7 e 2,1 miliardi), **Columbia** (o **Nuna** - tra 1,8 e 1,5 miliardi di anni fa), **Rodinia** (tra 1,1 e 0,75 miliardi) e **Pangea** (300-180 milioni). Ma alcuni autori citano anche **Ur** (intorno a 3 miliardi di anni fa - J.Rogers ⁷) e **Pannotia** (o grande Gondwana - 600-540 milioni-W.D.Dalziel ⁸).

(5) Nance, R. D., T. R. Worsley and J. B. Moody. 1988. *Il ciclo dei supercontinenti*, Scientific American, 259(1): 72-79

(6) www.focus.it/ambiente/natura/come-la-terra-divenne-una-palla-di-neve

(7) Rogers, John J., *A history of continents in the past three billion years*, in *Journal of Geology*, vol. 104, n° 1, 1996, pp. 91-107

(8) Ian W. D. Dalziel, *Neoproterozoic-Paleozoic geography and tectonics; review, hypothesis, environmental speculation*, GSA Bulletin (January 1997) 109(1):16-42