



# Cosmici e nuvole

Come i raggi cosmici possono influenzare l'atmosfera e il clima del nostro pianeta.

di Mauro Messerotti

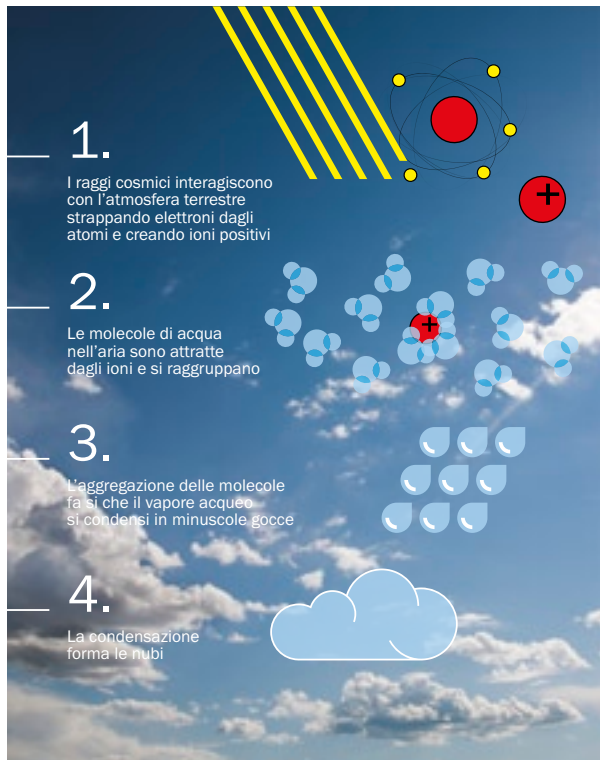
Nel bilancio energetico della Terra e del suo clima, le nubi hanno un ruolo fondamentale. In particolare, si stima che in base alla tipologia delle nubi, dell'altezza e del loro contenuto di polveri e corpuscoli, o gocce disperse nell'aria (*aerosol*), la copertura nuvolosa possa determinare un raffreddamento, in termini di perdita di potenza energetica per unità di superficie, di 30 watt per metro quadrato. È certamente un valore importante se il fenomeno nuvoloso copre una porzione rilevante del globo e se è persistente nel tempo: una copertura nuvolosa su vasta scala potrebbe contribuire a un raffreddamento globale del nostro pianeta, così come la sua assenza potrebbe favorirne il riscaldamento. Il dibattito scientifico sull'argomento è ancora

aperto e lo è in modo particolare la valutazione dell'aspetto di scala spaziale del fenomeno nuvoloso, che potrebbe influire sul clima in misura limitata a livello regionale, ma considerevole a livello globale. Tenuto conto inoltre delle grandi scale di tempo che caratterizzano questi fenomeni, le osservazioni della Terra dallo spazio potranno contribuire ad avvalorare l'interpretazione corretta solo se di lunghissima durata e se correlate con gli altri parametri meteorologici.

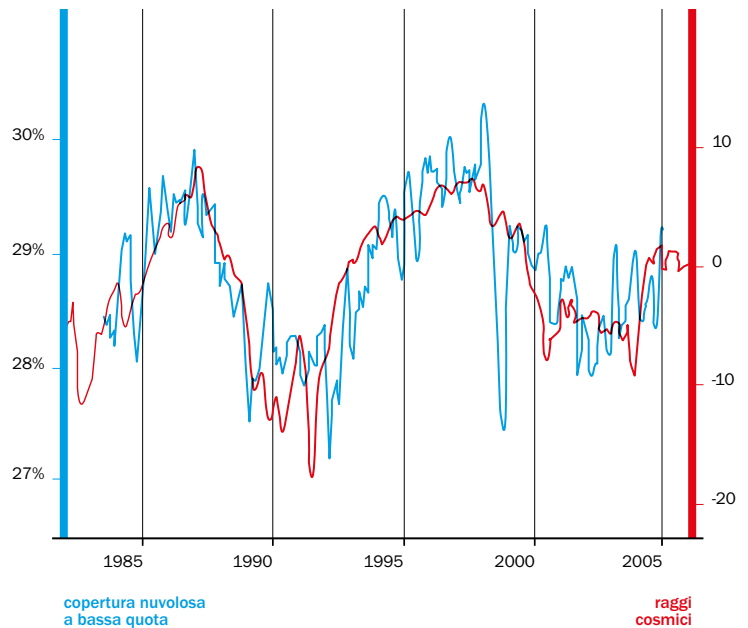
Uno studio sulla correlazione tra il flusso dei raggi cosmici e la copertura nuvolosa nei bassi strati dell'atmosfera terrestre è stato pubblicato nel 1997 dagli scienziati danesi Henrik Svensmark e Eigil Friis-Christensen e in seguito avvalorato da studi basati sui dati raccolti fino al 2005. Ma a che cosa sarebbe dovuta la correlazione? L'interpretazione di Svensmark e Friis-Christensen tiene conto del ruolo dei raggi cosmici nel favorire la formazione dei nuclei di condensazione da cui hanno origine le nubi. I raggi cosmici infatti, urtando le particelle dell'atmosfera, contribuirebbero ad aumentare il grado di ionizzazione degli strati atmosferici bassi e, in definitiva, la quantità di particelle cariche libere. Sarebbero proprio queste ultime a favorire l'addensarsi delle nubi, favorendo la formazione di nuclei di condensazione. Gli esiti di queste ricerche hanno suscitato diverse critiche inerenti da un lato il metodo di trattamento dei dati, dall'altro la microfisica della formazione delle nubi, mettendo così in dubbio il possibile ruolo dei raggi cosmici nella formazione degli addensamenti nuvolosi. D'altra parte, studi paleoclimatici, come quello pubblicato nel 2001 sulla rivista *Science* da Gerard Bond e i suoi collaboratori, mostrano una correlazione simile addirittura negli ultimi 10 mila anni. Per tutto questo arco di tempo, infatti, aumenti del flusso di raggi cosmici coincidono con periodi di raffreddamento del globo, e viceversa. Questi studi tengono conto del fatto che nell'interazione dei raggi cosmici con le diverse specie atomiche presenti nell'atmosfera terrestre sono prodotti numerosi nuclei radioattivi (*radioisotopi cosmogenici*). La ricostruzione del paleoclima si ottiene studiando la variazione temporale delle quantità di questi nuclei nell'atmosfera in correlazione con gli indicatori della temperatura del globo. Ad esempio, la quantità di ossigeno 18 ( $^{18}\text{O}$ ) nel guscio calcareo di conchiglie risalenti al periodo Fanerozoico (il cui inizio risale a 545 milioni di anni fa) dipende dalla temperatura del mare. Anche il carbonio 14 ( $^{14}\text{C}$ ) e il berillio 10 ( $^{10}\text{Be}$ ) presenti negli anelli degli alberi, nei sedimenti e nei ghiacci, forniscono un'indicazione sul flusso dei raggi cosmici nel passato, in quanto generati nell'interazione dei raggi cosmici con l'atmosfera. Il carbonio 14, in particolare, è dovuto alla cattura da parte di un nucleo di azoto di uno dei neutroni prodotti in atmosfera dai raggi cosmici ( $^{14}\text{N} + n \rightarrow p + ^{14}\text{C}$ ) e la sua quantità si riduce della metà in circa 5.730 anni (tempo di dimezzamento). Il berillio 10, invece, è prodotto dalla frammentazione di ossigeno e azoto atmosferici da parte dei raggi cosmici e il suo tempo di dimezzamento è di circa 1,5 milioni di anni. L'evidenza di questi studi impone dunque di verificare l'effettiva influenza dei raggi cosmici sulla formazione delle nubi. A questo scopo sono stati concepiti gli esperimenti Cloud (*Cosmics Leaving Outdoor Droplets*), diretto da James Kirkby al Cern di Ginevra, e Sky ("nuvola" in lingua danese), diretto da Svensmark all'Istituto Nazionale dello Spazio a Copenhagen. Cloud inizierà a operare nel 2010 e consentirà di studiare gli effetti di fasci di particelle accelerate in un ambiente simile a

a.  
Interagendo con i nuclei dell'atmosfera terrestre, i raggi cosmici di alta energia danno luogo alla formazione di nuove particelle. Il processo di moltiplicazione a cascata si manifesta in forma di veri e propri sciame di particelle secondarie che inondano ininterrottamente la superficie terrestre.





b.



c.

quello degli strati alti dell'atmosfera. I primi risultati di Sky, invece, mostrano che cosa accade in un ambiente simile a quello dei bassi strati atmosferici: in queste condizioni, i raggi cosmici naturali (per lo più muoni), decadono determinando la produzione di elettroni, i quali favoriscono la formazione di aggregati molecolari. Sarebbero proprio questi i nuclei di condensazione delle nubi.

Ma vi è un altro aspetto di cui è necessario tenere conto. Il flusso dei raggi cosmici dipende dall'attività del Sole e la quantità di raggi cosmici che raggiungono la Terra è modulato su scala di tempo decennale: quando il Sole è attivo, l'effetto del vento solare, denso e veloce, costituisce uno schermo efficace contro i raggi cosmici, il cui flusso quindi diminuisce. Per la ragione inversa, quando l'attività solare è bassa il flusso aumenta. Su scale di tempo dei milioni di anni, invece, il flusso è modulato dalla posizione del Sole nella Galassia: quando il Sole si trova in una regione povera di supernovae – le sorgenti più prolifiche di queste particelle – si ha un minor flusso di raggi cosmici e viceversa. Quindi, nella meteorologia dei raggi cosmici anche il Sole e il suo moto nella Galassia assumono un ruolo determinante, che viene studiato negli ambiti della meteorologia dello spazio e della cosmoclimatologia. Le complesse interazioni tra meteorologia dello spazio e meteorologia terrestre costituiscono un campo di indagine ancora da esplorare, nel quale il ruolo dei raggi cosmici rappresenta un test sperimentale di enorme importanza.

**b.**  
Rappresentazione del processo di formazione delle nubi in base all'interpretazione di Svensmark e Friis-Christensen. I raggi cosmici, urtando le particelle dell'atmosfera, contribuirebbero ad aumentare il grado di ionizzazione degli strati atmosferici bassi favorendo l'addensarsi delle nubi.

**c.**  
I risultati del progetto Isppc (*International Satellite Cloud Climatology Project*), il primo progetto satellitare di climatologia delle nubi a livello mondiale, nell'ambito del programma mondiale di ricerca sul clima (*Wcrp*). Isppc raccoglie dati dal 1983 e continuerà fino a giugno 2010. Nel grafico è rappresentato il confronto tra l'oscillazione annua della copertura nuvolosa mondiale negli strati bassi dell'atmosfera e l'oscillazione annua del flusso di raggi cosmici sulla Terra. La corrispondenza tra i due andamenti sembra confermare l'esistenza di una correlazione tra i due fenomeni.

### Biografia

**Mauro Messerotti** è ricercatore all'Inaf-Osservatorio Astronomico di Trieste, docente al Dipartimento di Fisica dell'Università di Trieste e associato alla

Sezione di Trieste dell'Infn. Si occupa di radiofisica solare, con particolare riguardo alle interferenze radio sui sistemi Gps, e di meteorologia eliosferica.

### Link sul web

<http://www.spacecenter.dk/research/sun-climate>

[http://www.space.dtu.dk/English/Research/Research\\_divisions/Sun\\_Climate/Experiments\\_SC/SKY.aspx](http://www.space.dtu.dk/English/Research/Research_divisions/Sun_Climate/Experiments_SC/SKY.aspx)

<http://cloud.web.cern.ch/cloud>

<http://ulisse.sissa.it/chiediAulisse/domanda/2008/Ucau081002d001>