

paolo cherubini

IL CLIMA E GLI ANELLI DEGLI ALBERI

Il problema e la colpa dei cambiamenti climatici

Il clima sta cambiando. I media ogni giorno, sempre più frequentemente, riportano notizie allarmanti sullo stato del clima della Terra. Catastrofi naturali, apparentemente senza precedenti, si susseguono di anno in anno. Alluvioni, uragani, siccità paiono diventare il nostro pane quotidiano. Ogni autunno-inverno in qualche regione italiana viene dichiarato lo stato di calamità naturale a causa di frane e smottamenti dovuti a piogge eccezionali, mentre ogni estate pare essere "la più calda del secolo". Di fronte a perdite di vite umane e alla distruzione di infrastrutture, con conseguenza di ingenti danni economici, non si può che provare sgomento. Passata la tempesta, però, a mente lucida, sorge spontanea una domanda. Sarà poi vero che questa è "la pioggia" o "l'estate più calda" del secolo? Più precisamente: è cambiata la frequenza delle catastrofi naturali, a causa delle attività umane? Per dare una risposta a queste domande, e per poter prevedere il clima futuro, bisogna conoscere il clima del passato. Occorrono quindi records climatici, cronologie del tempo atmosferico del passato, cronologie sia dell'andamento medio dei vari parametri climatici (come la temperatura giornaliera media), sia di eventi estremi (come alluvioni o uragani). Non è però facile trovare informazioni sull'andamento del tempo atmosferico del passato. Per quanto riguarda il passato più recente, disponiamo di dati meteorologici che, se elaborati adeguatamente, ci possono fornire preziose indicazioni riguardo all'andamento del clima nel corso degli ultimi 100-150 anni.

I dati meteorologici

Gli anni Novanta sono stati il decennio più caldo mai registrato dagli strumenti meteorologici. Il 1998 è stato l'anno più caldo con $+0,58^{\circ}\text{C}$ sulla media 1961-1990 (World Meteorological Organization 1999). Il 1999 è stato caratterizzato da un numero di alluvioni particolarmente elevato, con pesanti conseguenze per milioni di persone, lasciate senza tetto, cibo ed acqua. In termini di vite umane le peggiori catastrofi si sono verificate in Venezuela, India, Vietnam. Cicloni tropicali di particolare intensità si sono abbattuti su Australia, America ed Asia. Le foreste centroeuropee sono state devastate da copiose nevicate e valanghe a febbraio e, in modo catastrofico, da bufere di vento (fra le quali il famigerato Lothar, con raffiche di vento che hanno raggiunto i 230 km/h) a dicembre. I dati meteorologici non vanno però molto indietro nel tempo, quando va bene arrivano al 1850 e, nello spazio, non risultano comunque rappresentativi che di

poche limitate regioni. Come fare allora a sapere se l'estate di quest'anno è la più calda degli ultimi cinquecento anni?

I proxies

Recentemente, le nostre conoscenze sul clima passato, nell'emisfero Nord, sono notevolmente aumentate. La disponibilità di archivi naturali capaci di fornire indicazioni sulle temperature del passato, come il legno, con gli anelli annuali degli alberi, i coralli, le carote di ghiaccio, estratte da ghiacciai continentali e da calotte polari, ed i sedimenti lacustri hanno reso possibile la ricostruzione, con una risoluzione annuale, delle variazioni di temperatura avvenute negli ultimi mille anni. Queste ricostruzioni mostrano che il XX° secolo è stato caratterizzato da temperature insolitamente alte. Per quanto riguarda invece l'emisfero Sud, i dati climatici sono scarsi e mancano adeguati records paleoclimatici. Ora però nuovi dati vengono dagli anelli di alberi dell'emisfero australe. Inoltre, sorprendentemente, alcune teorie climatiche vengono rimesse in discussione. Ad esempio il Periodo Caldo Medievale (ca. 900-1200) e la Piccola Età Glaciale (1550-1850), due caratteristici periodi ben individuabili nei proxies (in questo caso i dati paleoclimatici derivati da archivi naturali) dell'emisfero Nord, non sembrano essere così comunemente riscontrabili in quelli dell'emisfero Sud.

Gli anelli annuali degli alberi

Gli alberi rappresentano una preziosa fonte di informazioni riguardo al clima del passato. Gli alberi, infatti, alle latitudini dove il clima è temperato, vegetano soltanto durante la primavera e l'estate. Durante l'inverno, a causa delle rigide temperature, non vengono formate cellule legnose. Le cellule formate durante la primavera (Fig.1) hanno principalmente la funzione di conduzione dell'acqua, e risultano formate da un ampio lumen e da una sottile parete cellulare. Le cellule formate in estate, invece, svolgono prevalentemente la funzione di sostegno meccanico, e sono caratterizzate da ristretto lumen e spessa parete cellulare, ricca di lignina, di colore scuro. L'alternanza di legno primaticcio (chiaro) e legno tardivo (scuro) rende possibile l'individuazione, spesso già ad occhio nudo, degli anelli annuali (Fig.2). Ogni anello è databile, e le sue caratteristiche (ampiezza, densità del legno, configurazione anatomica, composizione isotopica) rispecchiano le condizioni ambientali nelle quali l'albero è vissuto nell'anno di formazione dell'anello. È così possibile ricostruire le condizioni ambientali del passato.

La dendrocronologia

La scienza che studia gli anelli annuali degli alberi, la dendrocronologia, ha una storia interdisciplinare quasi centenaria. Leonardo da Vinci (1452-1519) è stato il primo ad osservare che gli anelli degli alberi vengono formati annualmente. È però grazie all'a-

stronomo Andrew E. Douglass (1867-1962) che la dendrocronologia diventa scienza. Agli inizi del secolo, a Tucson, in Arizona, viene impiegata in studi sulle relazioni fra attività solare e clima terrestre. Più tardi, arricchisce scoperte archeologiche, consentendo la datazione di insediamenti indiani (Pueblo) (Douglass 1935). Negli ultimi decenni, viene sempre più frequentemente utilizzata in ecologia. Classico è l'impiego di metodi dendrocronologici nella ricostruzione spazio-temporale del ruolo del fuoco, quale fattore naturale, negli ecosistemi forestali nordamericani (Arno et Sneek 1977, Swetnam 1993). Questi studi hanno influenzato le nostre conoscenze sul ruolo degli eventi catastrofici naturali negli ecosistemi forestali e rivoluzionato teorie classiche dell'ecologia. Hanno inoltre permesso lo sviluppo di nuove forme di gestione delle foreste. I metodi dendrocronologici vengono oggi ampiamente usati nella ricerca applicata, perché consentono la comprensione dell'evoluzione spazio-temporale di molti processi e fenomeni geofisici (Schweingruber 1996). Gli anelli degli alberi sono un'inestimabile fonte di proxies climatici (Fritts 1976, Hughes et al. 1982, Briffa 2000). La principale attenzione della ricerca in campo dendrocronologico è attualmente rivolta allo sviluppo di cronologie multimillenarie. I più attivi laboratori dendroclimatologici del mondo (ad esempio, quello del Lamont-Doherty Earth Observatory della Columbia University a Palisades, New York, o il "mitico" Tree-Ring Lab della University of Arizona a Tucson) stanno cercando di espandere le proprie attività di ricerca in nuove regioni, che rimangono tuttora da esplorare da un punto di vista dendrocronologico. E l'emisfero australe risulta di grande interesse perché poco conosciuto. Si studia, ora, ad esempio, El Niño-Southern Oscillation (ENSO), un sistema oceano-atmosfera che influenza il tempo in tutto il mondo. Hanno le attività umane influenzato questo sistema? Una risposta potrebbe venire da una dettagliata registrazione dei cambiamenti verificatisi nella frequenza ed intensità dell'ENSO nel passato, ma le misure strumentali dirette vanno a ritroso soltanto fino a circa il 1950, e differenze spaziali nell'espressione dell'oscillazione richiedono una documentazione relativa ad ampie aree geografiche su scala globale. Al fine di ricostruire una serie storica abbastanza lunga per consentire una valutazione della sua variabilità temporale su scala decennale, bisogna far ricorso a coralli e ad anelli degli alberi (Fig.3). Nell'emisfero Nord, invece, è recentemente emerso notevole interesse per l'uso degli anelli degli alberi nello studio della North Atlantic Oscillation (NAO) (per una sintesi dei risultati sinora ottenuti si veda Kerr 2000) un sistema climatico basato sulla differenza di pressione atmosferica esistente fra Islanda ed Azzorre, che influenza il regime climatico europeo e nordamericano. Alcune recenti ricerche condotte sulla composizione isotopica del legno degli anelli hanno mostrato che negli alberi vi potrebbe essere una risposta a domande ancora aperte circa alcune ciclicità presenti nella variabilità della NAO, in quella dell'attività solare ed in quella naturale del clima (Saurer et al. 2000).

I cambiamenti climatici

Per quanto riguarda il clima, abbiamo ottenuto numerosi risultati attraverso queste ricerche, e disponiamo, al momento, di alcune certezze (Heino et al. 1999). Le temperature minime notturne sono aumentate più che quelle diurne, gli eventi estremi sono diventati più frequenti, le precipitazioni alle medie ed alte latitudini sono aumentate, mentre ai tropici sono diminuite, con conseguenti problemi di siccità. Perché allora esiste tuttora un notevole scetticismo nel mondo della ricerca, ed esistono voci, fuori dal coro, che non ritengono ancora sufficientemente provata l'origine antropica dei mutamenti climatici? Che l'inquinamento esista è indubbio, come lo è anche che le attività umane modifichino l'atmosfera. Ciò che resta invece ancora imprevedibile è l'entità dei cambiamenti in atto. La temperatura è aumentata: non è però ancora provato che questo aumento sia fuori dalla variabilità naturale. Le attuali alte temperature potrebbero rientrare ancora nella naturale variabilità temporale. Per poter comprendere quale sia la variabilità climatica naturale occorrono serie di dati ben più lunghe di quelle disponibili tramite i rilievi meteorologici. Solo attraverso lo studio di archivi naturali, che hanno registrato temperature e precipitazioni prima che le prime stazioni meteorologiche fossero impiantate, si potrà sapere se questa estate è "la più calda" degli ultimi cinquecento anni e prevedere l'evoluzione del clima nel futuro.

La colpa

Il clima sta cambiando. Di chi è la colpa? Delle attività umane? Scientificamente rimane ancora da dimostrare fino a quale punto, di quale entità, sia la variabilità climatica naturale. Ma, di enorme importanza è la seguente domanda: quale livello di conoscenza scientifica è necessaria per stimolare la coscienza politica a prendere misure necessarie alla prevenzione cautelare, ovvero alla tutela della nostra vita? I tempi scientifici sono probabilmente più lunghi di quelli politici. Cioè, i tempi richiesti dalla scienza per arrivare ad una prova assoluta della causa dei cambiamenti climatici potrebbero non combaciare con quelli necessari per adottare tempestivamente sagge misure politico-ambientali. Se aspettiamo una risposta dalla scienza, potrebbe cioè essere troppo tardi. Ma dobbiamo proprio avere una verifica scientifica per accorgerci che il nostro modello di sviluppo modifica il clima nel quale viviamo? La società, i governi, hanno davvero bisogno che la scienza dica loro cosa fare? Perché nelle nostre città continuiamo ad abusare dell'auto nonostante si soffochi dal traffico e non si riesca più a respirare? E ancora, se oggi il dissesto del territorio è colpevole di smottamenti, frane e cedimenti che causano la morte di persone, non è forse colpa di un cattivo uso delle risorse pubbliche? Bisogna davvero che sia la scienza, e non la nostra coscienza, a dirci che il nostro modello di sviluppo non è sostenibile nel futuro?

Bibliografia

- Arno S.F., Sneck K.M. 1977. A method for determining fire history in coniferous forests of the mountain West. USDA For. Serv., Gen. Techn. Rep. Int-42, 28 pp.
- Briffa K.R. 2000. Annual climate variability in the Holocene: interpreting the message of ancient trees. *Quaternary Science Reviews* 19, 87-105.
- Cherubini P. 2000. Un archivio naturale. *Le Scienze dossier* 5, 86-87.
- Douglass A.E. 1935. Dating Pueblo Bonito and other ruins in the Southwest. National Geographic Society, Washington D.C., Pueblo Bonito Series 1, 74 pp.
- Fritts H.C. 1976. Tree rings and climate. Academic Press, London, UK, 567 pp.
- Heino R., Brázdil R., Førland E., Tuomenvirta H., Alexandersson H., Beniston M., Pfister C., Rebetez M., Rosenhagen G., Rösner S., Wibig J. 1999. Progress in the study of climatic extremes in northern and central Europe. *Climatic Change* 42, 151-181.
- Hughes M.K., Kelly P.M., Pilcher J.R., LaMarche V.C. Jr. (eds.) 1982. *Climate from tree rings*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 223 pp.
- Kerr R.A. 2000. A North Atlantic climate pacemaker for the centuries. *Science* 288, 1984-1986.
- Saurer M., Cherubini P., Siegwolf R. 2000. Oxygen isotopes in tree rings of *Abies alba*: The climatic significance of interdecadal variations. *Journal of Geophysical Research* Vol. 105, No. D10, p. 12, 461-470.
- Schweingruber F. H. 1996. *Tree rings and Environment*. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL, Birmensdorf, and Haupt, Bern, Switzerland, 609 pp.
- Swetnam T.W. 1993. Fire history and climate change in giant sequoia groves. *Science* 262, 885-889.
- World Meteorological Organization (WMO) statement on the status of the global climate in 1999, WMO-No.913, 2000, Geneva.