

XII Settimana della Cultura Scientifica e Tecnologica

La scienza **per la consapevolezza ambientale**

Promossa

dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR)
in collaborazione con il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)
e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)

Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)

Istituito il 18 novembre 1923, è uno dei principali enti di ricerca scientifici italiani. Con i suoi 108 istituti di ricerca, sparsi su tutto il territorio, e le sue 7377 unità di personale svolge attività di prioritario interesse per l'avanzamento della scienza e per il progresso del Paese. Tra i suoi compiti rientra anche la cooperazione internazionale, l'attività di formazione, attraverso l'assegnazione di borse di studio per l'Italia e l'estero, e quella di finanziamento a soggetti esterni (università, enti pubblici di ricerca, istituzioni private).

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)

Conduce e promuove studi e ricerche sui fenomeni fisici della Terra e sulle loro applicazioni pratiche. Le attività di ricerca spaziano dal campo delle discipline delle scienze della terra, come la vulcanologia, la sismologia ed il magnetismo a quello della fisica dell'atmosfera, come la climatologia e lo studio della ionosfera. E' inoltre impegnato nel monitoraggio dell'attività sismica in Italia 24 ore su 24. L'INGV si avvale di sedi ed osservatori situati in tutto il territorio italiano.



Consiglio Nazionale
delle Ricerche



Ministero dell'Istruzione
dell'Università e della Ricerca



Istituto Nazionale
di Geofisica e Vulcanologia

XII Settimana della Cultura Scientifica e Tecnologica

La scienza **per la consapevolezza ambientale**

10 domande su: Cambiamenti Climatici

Che cos'è l'effetto serra?

Quali sono le cause dei cambiamenti climatici?

Che cos'è il Protocollo di Kyoto?

presentazione

Ideazione e progettazione: Ufficio stampa CNR

Testi a cura di: CNR (Istituto Tecnologie Avanzate per l'Energia "Nicola Giordano" di Messina e Istituto di Biometeorologia di Firenze), Antonio Navarra (INGV), Romeo Bassoli, Eva Benelli, Marina Bidetti, Tullia Costa, Barbara Paltrinieri, Andrea Pinchera, Nico Pitrelli, Giancarlo Sturloni (Zadig Roma)

Progetto grafico e disegni: Mitra Divshali

Immagini, figure e grafici: M.Dinucci "Il sistema globale 2000" Zanichelli editore, A. Navarra - A. Pinchera "Il Clima" Laterza editore, CNR (Istituto Tecnologie Avanzate per l'Energia "Nicola Giordano" di Messina e Istituto di Biometeorologia di Firenze), NASA (immagini del MISR - Multi angle Imaging SpectroRadiometer). La veduta area dell'isola di Pianosa: per gentile concessione dell'Archivio Fotografico Regione Toscana

Coordinamento: Barbara Paltrinieri, Zadig Roma

Progetto editoriale e realizzazione: Agenzia di giornalismo scientifico Zadig Roma

L'opinione pubblica ha spesso un atteggiamento ambivalente nei confronti della scienza: alla fiducia nella capacità dell'innovazione tecnologica di migliorare la condizione umana e lo stato di conservazione del pianeta fa in certe occasioni da contraltare un diffuso scetticismo, che sfocia talvolta in vera e propria diffidenza, sulle *reali* finalità che la ricerca scientifica persegue.

Eppure l'Italia può essere considerata come una delle migliori scuole di formazione per gli scienziati: vantiamo infatti in questo campo una nobile tradizione che ci ha permesso di raggiungere risultati di assoluta eccellenza e di offrire al mondo scoperte di enorme valore nonché un numero considerevole di premi Nobel.

Di fronte a questa situazione non ci stancheremo mai di incoraggiare tutte quelle iniziative che, come la Settimana della Cultura Scientifica e Tecnologica promossa dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR), siano in grado di favorire un dialogo più intenso tra società civile e mondo della ricerca e di alimentare nell'opinione pubblica una maggiore consapevolezza del valore dei nostri scienziati e degli sforzi che fanno per migliorare il livello di vita dell'umanità.

Il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, (INGV) dedicano peraltro già grande attenzione all'attività di comunicazione, perché considerano un dovere far conoscere quanto di buono viene fatto in Italia con le risorse statali. Ma il tema di questa XII Settimana della Cultura Scientifica e Tecnologica – vale a dire “La scienza per la consapevolezza ambientale” – è così importante e delicato che non si può mai dire di fare abbastanza. Per questo abbiamo promosso tutta una serie di iniziative – che vanno dai convegni alle visite guidate nei laboratori, dai materiali illustrativi ai giochi formativi destinati ai ragazzi – che si propongono di avvicinare il pubblico ad argomenti di grande rilevanza quali biodiversità, climatologia, fonti energetiche alternative e terremoti e vulcani.

L'augurio è che, anche grazie a questa Settimana della Cultura Scientifica e Tecnologica del MIUR, possa svilupparsi tra i giovani e, più in generale, nella nostra società una forte sensibilità per la questione della salvaguardia dell'ambiente, intesa come valore irrinunciabile.

Prof. Lucio Bianco, Presidente CNR

Prof. Enzo Boschi, Presidente INGV

Cambiamenti Climatici

1 Il clima e il tempo atmosferico sono la stessa cosa?

No. Il tempo atmosferico è questione di giorni, al massimo di settimane, ed è oggetto di previsioni, le previsioni meteorologiche, che diventano sempre meno attendibili man mano che ci si avventura nel futuro.

Il clima, invece, è il tempo atmosferico medio, o per meglio dire una descrizione statistica del tempo nella media-lunga durata (decine di anni). Il clima include anche gli eventi estremi, come una tempesta particolarmente intensa o una prolungata aridità, che si possono verificare nel periodo preso in considerazione. La climatologia è un po' come studiare le abitudini del pianeta, costituite dai tanti eventi particolari del tempo meteorologico.

La meteorologia ci mette a conoscenza del luogo dove splenderà il Sole, domani o la prossima settimana. Lo studio del clima, invece, non mira a stabilire (anche perché sarebbe impossibile) se, per esempio, piovgerà su Cagliari il 15 gennaio del 2009 alle 16.30, ma se la quantità di pioggia che cadrà in dieci, venti o cento anni sulla regione sarda, aumenterà o diminuirà. La vita sulla Terra è fortemente influenzata dal tempo atmosferico e in generale dal clima. Il clima ha scolpito la superficie della Terra: dalle nude montagne e dagli aridi deserti alla lussureggiante e vitalissima vegetazione dei tropici. E soprattutto ha plasmato la vita dei suoi abitanti, così come ogni giorno vediamo che le condizioni atmosferiche agiscono sui costumi e le abitudini di milioni di persone nel mondo.

L'andamento delle condizioni atmosferiche, e quindi dei fenomeni meteorologici, è in relazione anche con caratteristiche geografiche, umane o naturalistiche: c'è, quindi, un clima marittimo e continentale, un clima subtropicale, un clima arido o desertico, della tundra o della savana, un clima temperato caldo o freddo, ecc. Nella tradizione popolare e nell'opinione pubblica c'è spesso una difficoltà a distinguere la

meteorologia dalla climatologia, confondendo non di rado condizioni meteorologiche con situazioni climatiche, oppure confondendo le anomalie meteorologiche con i cambiamenti climatici.

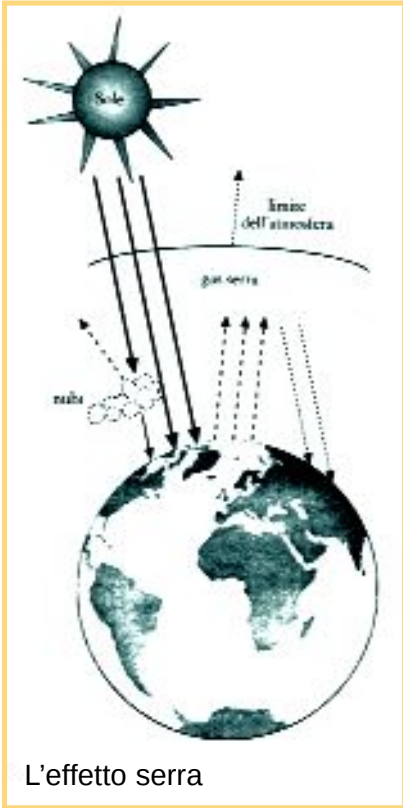
Jean-Baptiste Fourier e le temperature terrestri

La prima descrizione moderna del meccanismo di formazione delle temperature terrestri, in definitiva dell'effetto serra, la dobbiamo a Jean-Baptiste Fourier, un fisico e matematico francese, rivoluzionario della prima ora, amico di Napoleone, responsabile della spedizione scientifica in Egitto. Nel 1824, Fourier presenta davanti all'Accademia reale delle scienze le *Note generali sulle temperature del globo terrestre e degli spazi planetari*, intuendo la proprietà dell'atmosfera di trattenere il calore. Oltre che ai suoi studi sul calore, il matematico francese si basava sugli esperimenti di uno scienziato ginevrino, Horace-Bénédict de Saussure, inventore di uno strumento chiamato eliometro – una serra in miniatura, praticamente – con il quale aveva misurato gli effetti della radiazione solare. Per una comprensione completa dell'effetto serra, tuttavia, a Fourier mancava l'individuazione dei responsabili del fenomeno: alcuni gas presenti nell'atmosfera, i cosiddetti gas serra, capaci di trattenere il calore. A scoprirli provvederà, verso metà Ottocento, il fisico irlandese John Tyndall.

2 Che cos'è l'effetto serra?

L'effetto serra è un fenomeno naturale. Senza di esso, la Terra sarebbe molto più fredda, un luogo dove difficilmente la vita si sarebbe potuta evolvere. La potenza della sola radiazione solare, infatti, è tale da portare la temperatura media terrestre solo fino a 18 gradi sottozero. Una media insufficiente a sostenere la vita: in simili condizioni, i processi di formazione degli organismi viventi non sarebbero mai avvenuti e il nostro pianeta sarebbe probabilmente un ammasso desolato di rocce e polveri, magari ricoperto di ghiaccio. Invece, pro-

Cambiamenti Climatici



L'effetto serra

(Fonte A. Navarra, A. Pinchera
"Il clima", Ed. Laterza)

prio grazie all'effetto serra, la temperatura media terrestre raggiunge circa 15 gradi sopra zero, e il pianeta può ospitare ecosistemi molto diversi – dalle foreste lussureggianti agli aridi deserti, dai ghiacciai alle zone temperate – con tutta la corrispettiva biodiversità vegetale e animale. È bene tenerlo in mente: l'effetto serra, oggi fonte di tanti allarmi, è il principale responsabile della vita sulla Terra. Se non ci fosse, non ci saremmo noi.

Ma vediamo come funziona. Il calore proveniente dal Sole viene riflesso dalla superficie terrestre e dagli oceani. Questa radiazione diretta verso lo spazio viene in parte trattenuta dall'atmosfera. A permettere questa "intercettazione" sono una serie di gas (i cosiddetti gas serra) che compongono l'atmosfera.

Trasparenti nei confronti della luce solare, i gas serra sono invece opachi ai raggi che la superficie terrestre trasforma da luminosi in infrarossi. Questo effetto alza la temperatura della superficie del nostro pianeta. Ad agire in questo modo, a fare quindi le veci del vetro di una serra (anche

se, ovviamente, in questo caso non esiste una barriera fisica alla circolazione dell'aria), sono il vapore acqueo e alcuni gas come anidride carbonica, metano, ozono, ecc: in tutto meno dell'1% delle molecole presenti in atmosfera.

Quanto ai principali componenti del sottile strato che circonda il nostro pianeta – azoto, ossigeno e argon – questi hanno scarsa capacità di trattenere il calore, essendo trasparenti tanto alla radiazione solare luminosa quanto a quella non luminosa.



Immagine da satellite (Fonte NASA)

3 Il clima della Terra è sempre stato stabile?

Per niente: il clima non è stabile, sempre uguale a se stesso. Nei circa quattro miliardi e mezzo di anni di vita della Terra, al contrario, ha trovato equilibri diversi, con oscillazioni ora verso il freddo ora verso il caldo. Questa specie di ping-pong è culminato in diverse glaciazioni, durate anche milioni di anni.

Tuttavia, alcuni scienziati stimano che per circa il 90 per cento della sua storia la Terra abbia avuto un clima più caldo di quello attuale. In generale, il clima ha oscillato molto nel corso dei millenni. A ogni sua variazione piante, animali e uomini hanno dovuto trovare nuove forme di convivenza, magari migrando in cerca di ecosistemi e habitat più ospitali. L'abilità dei primi esseri umani di adattarsi a condizioni climatiche anche estreme è stata una delle chiavi della sopravvivenza della specie.

Man mano che dalla preistoria si passa all'epoca storica emergono indizi e testimonianze sul clima della Terra. Non sufficienti ancora ad avere un quadro completo, ma abbastanza per avanzare l'ipotesi che l'apparizione delle prime civiltà storiche sia accompagnata da un clima arido. L'arrivo delle civiltà greca, etrusca e romana coinciderebbe invece con un clima fresco e umido che porta con sé una certa prosperità agricola.

Nel medioevo abbiamo un periodo caldo che si estende dal 750 al 1200. In quegli anni, i Vichinghi raggiungono e colonizzano la Groenlandia; in Eurasia si moltiplicano le attività lungo la Via della seta, che metteva in comunicazione il bacino del Mediterraneo e l'impero cinese; i monasteri irlandesi ottengono un livello di prosperità e di cultura senza precedenti.

Attorno al 1200-1250 il clima inizia a raffreddarsi. È il preludio alla Piccola età glaciale, un lungo arco di tempo che dal XV secolo si estende fino circa al 1850. Le cronache raccontano di grandi freddi, anche se, nel lungo periodo, le differenze rispetto alle medie attuali vengono valutate in circa un grado.

Ma anche il gelo si avvia a conclusione. A metà Ottocento, infatti, il pendolo torna a oscillare verso il caldo, inaugurando un periodo di temperature più alte che dura tuttora.

Cambiamenti Climatici

La paleoclimatologia

È solo da poco più di un secolo che su tutto il globo si sono diffusi gli strumenti moderni, il termometro per la temperatura, il pluviometro per le precipitazioni, il barometro per la pressione atmosferica, l'anemometro per il vento, l'igrometro per l'umidità. In passato non c'erano strumenti così precisi (o non c'era l'uomo). Quindi, per avere informazioni sul clima nelle epoche più remote si è sviluppata una scienza chiamata paleoclimatologia, che si avvale, per esempio, di testimonianze storiche (però non sempre attendibili, inoltre il punto di vista umano è limitato nel tempo e nello spazio). Ma informazioni sono contenute anche negli anelli formati dagli alberi durante la loro crescita, negli scheletri delle barriere coralline tropicali, nei ghiacciai perenni e nelle coltri polari, nei sedimenti geologici di laghi e oceani. Altri dati possono essere raccolti dallo studio della torba, del polline, della crosta terrestre, dell'avanzamento e dell'arretramento dei ghiacciai. Inoltre per migliorare l'attendibilità delle ricostruzioni, la ricerca più recente preferisce usare i dati di più fonti contemporaneamente

4 Quali sono le cause del cambiamento climatico?

Molte, perché il clima terrestre è un sistema complesso con molti protagonisti. Gli scienziati, quindi, hanno dovuto formulare diverse ipotesi per spiegare questi mutamenti. Di volta in volta, tutti gli elementi del sistema – oceani, atmosfera, crosta terrestre, vegetazione, ghiacci, vulcani – sono stati presentati come cause dei cambiamenti climatici. In definitiva, le diverse teorie possono essere classificate in tre gruppi principali: trasformazioni della crosta terrestre (deriva dei continenti, formazione delle montagne, mutazione della copertura vegetale, eruzioni vulcaniche, spostamento dei poli), influenze astronomiche (variazioni della luminosità solare o cambiamenti dell'orbita terrestre), mutazioni nella composizione dell'atmosfera (alterazione dell'effetto serra naturale). Spiegare il verificarsi dei periodi glaciali è tuttora un problema aperto. Eppure negli ultimi anni gli scienziati sembrano avere trovato una risposta plausibile nei cosiddetti

detti cicli di Milankovich: secondo l'astronomo serbo Milutin Milankovich, infatti, l'oscillazione dell'asse terrestre e le mutazioni dell'orbita provocano variazioni nella quantità di energia solare che raggiunge la Terra tali da alterare l'intensità delle stagioni. Questo non toglie che anche gli altri elementi presi in considerazione siano ormai fattori riconosciuti di cambiamento climatico, soprattutto dal momento in cui gli scienziati hanno smesso di cercare "la" causa a favore di una ipotesi che prevede molte cause: in un sistema complesso avvengono innumerevoli azioni e retroazioni il cui risultato finale può rendere il clima più stabile o instabile.

Glaciazioni e Diluvio Universale

Durante le glaciazioni il mantello bianco di neve e ghiaccio rivestiva un'area tre volte maggiore di quella odierna, un quarto della superficie delle terre emerse. La calotta polare si estendeva sull'America del Nord, sull'Europa, sulla Russia, lungo una linea battezzata "delle capitali" (cioè il ghiaccio si fermava su un confine ideale che correva da New York a Londra a Berlino fino a Mosca). Nell'emisfero meridionale, invece, i ghiacci del Polo Sud arrivavano fino in Nuova Zelanda e America del Sud, mentre il limite delle nevi perenni scendeva di circa mille metri. Di tutto questo, oggi restano soltanto le masse bianche di Antartide e Groenlandia. Ma i lunghissimi periodi freddi hanno operato grandi trasformazioni nel paesaggio e nella vita sulla Terra. E forse anche nell'immaginario umano. È probabile, infatti, che nel corso dello scioglimento grossi volumi d'acqua si siano formati dietro dighe di ghiaccio e, al crollare di queste ultime, abbiano causato spaventose inondazioni. Oppure che la rapida risalita del livello di mari e oceani abbia invaso vaste regioni, magari abitate. Eventi tali, sostengono gli studiosi, da spiegare il sorgere della leggenda di una alluvione planetaria che si ritrova nella tradizione di gran parte dei popoli della Terra. Di recente, sono state trovate testimonianze di una catastrofica inondazione avvenuta sulle coste del Mar Nero circa 7600 anni fa: è possibile che sia nato qui il racconto del diluvio universale?

Cambiamenti Climatici

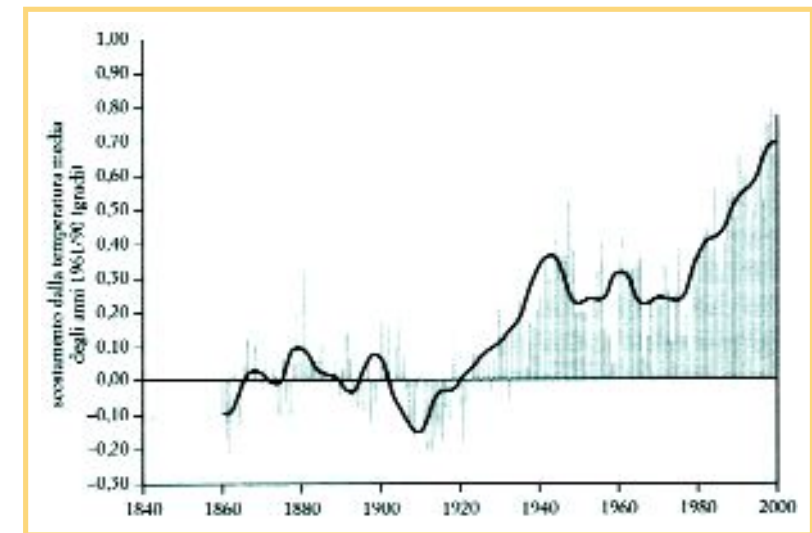
5 Le temperature del pianeta stanno crescendo?

Più o meno a partire dal 1860 si è registrata una crescita – prima debole, poi via via più accentuata – delle temperature medie terrestri. Una tendenza evidente, soprattutto se paragonata al freddo che aveva caratterizzato la precedente Piccola età glaciale. I climatologi discutono se la Terra sia più calda oggi o durante il periodo caldo medievale, quando in Inghilterra meridionale si coltivava la vite. Fatto sta che nel 1998 – un anno che rimarrà negli annali per l'eccezionale potenza di fenomeni meteorologici come El Niño e la Niña, per l'uragano Mitch e tutte le anomalie che hanno colpito il pianeta – il caldo sembra senza precedenti. Secondo il Goddard Institute for Space Studies della Nasa, infatti, la temperatura media della crosta terrestre raggiunge i 14,72 gradi centigradi, superando di 0,19 gradi il precedente record (del 1997). L'Hadley Center for Climate Prediction & Research, che studia il clima per conto del governo britannico, stima invece in 14,57 gradi la media dell'anno. Al di là di queste piccole differenze – gli americani considerano solo la superficie terrestre, i britannici anche la bassa atmosfera – quel che è certo è che il riscaldamento, già evidente nel corso degli anni Ottanta dello scorso secolo, quando viene lanciato l'allarme, accelera durante i Novanta.

Le annate più calde sono tutte successive al 1987: dopo il 1998 viene il 2001, poi il 1997, il 1995, e così via. Solo l'eruzione nelle Filippine del Monte Pinatubo, nel giugno del 1991, interrompe provvisoriamente la crescita delle temperature. Il fumo emesso dal vulcano, infatti, arriva nella stratosfera, a quaranta chilometri di altitudine, e una cintura di polveri circonda la Terra filtrando la luce del Sole. Sia il 1992 che il 1993 risentono di questo "oscuramento" con temperature medie lievemente più basse, poi, a partire dal 1994, l'effetto Pinatubo scompare.

Ma più importante di questi record annuali è un altro dato: rispetto alla fine dell'Ottocento, infatti, la Terra è oggi più calda di 0,6 gradi. Mai, a quanto pare, una simile variazione delle temperature è avvenuta in così breve tempo: semplice fluttuazione naturale o cambiamento indotto dall'uomo?

Crescita
delle temperature globali
(Fonte A. Navarra, A. Pinchera
"Il clima", Ed. Laterza)



El Niño e la Niña

El Niño è un fenomeno che nasce nell'Oceano Pacifico equatoriale. A intervalli variabili da due a sei anni, infatti, si assiste al riscaldamento di un consistente strato d'acqua oceanica, profondo dai cento ai trecento metri. Questi 3-4 gradi in più dell'oceano modificano sensibilmente la circolazione atmosferica e il clima in genere. Gli anni del Niño sono anni di anomalie climatiche, soprattutto per i territori che si affacciano sul Pacifico. A livello planetario, inoltre, si è avuta siccità da una parte, piogge torrenziali dall'altra e una perturbazione nella distribuzione degli uragani. La conoscenza del fenomeno affonda nella notte dei tempi. Sono i pescatori peruviani che, avendo notato che il suo inizio coincide più o meno con i giorni di Natale, lo hanno battezzato: *El Niño*, (che, in spagnolo, è il "bambin Gesù"). Negli ultimi anni ha avuto il nome scientifico di El Niño Southern Oscillation, che indica la concezione moderna che vede il fenomeno di El Niño come un'enorme oscillazione del Pacifico, poiché El Niño viene di solito seguito dalla Niña: le acque invece di riscaldarsi si raffreddano e gli effetti sono esattamente opposti.



Cambiamenti Climatici

6 Ci sono prove della responsabilità umana nel clima che cambia?

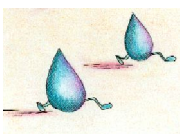
Non abbiamo una prova decisiva, ma solo dei forti indizi. Alcuni fatti però sono ormai evidenti e fuori discussione: la Terra si sta scaldando e crescono nell'atmosfera le concentrazioni di anidride carbonica e metano, due importanti gas serra.

Dal 1958 nel laboratorio di Mauna Loa alle Hawaii si misura l'anidride carbonica atmosferica. Unendo questi dati alle stime precedenti, gli scienziati sono riusciti a ricostruire la concentrazione dell'anidride carbonica in atmosfera nel corso degli ultimi duecento anni. Scoprendo che si è passati dalle 290 parti per milione (cioè 290 molecole di gas ogni milione di litri d'aria) di fine Settecento, alle 360 attuali. Le cause di questo aumento sono in parte naturali (attività di fotosintesi, eruzioni vulcaniche, incendi nelle regioni tropicali), in parte no (uso di combustibili fossili, deforestazione).

Gli scienziati pensano che questo aumento sia collegato alla rivoluzione industriale e ad alcune sue conseguenze, come l'aumento della popolazione mondiale e dei consumi. Cresce l'effetto serra e la Terra si riscalda: l'equazione sembra chiara. Due indizi, anche pesanti, tuttavia, non sono una prova.

A rafforzare questa equazione, però, arrivano i dati del passato remoto. La perforazione del ghiaccio in Antartide, nella località di Vostok, infatti, ha permesso di ricostruire l'andamento climatico degli ultimi 420 mila anni, un periodo che copre l'avvicinarsi delle ultime quattro glaciazioni. Il ghiaccio rivela una stretta correlazione tra la presenza in atmosfera di alcuni gas serra (anidride carbonica e metano) e le temperature: più fa caldo e più la concentrazione di gas serra è alta, e viceversa.

Inoltre, mai negli ultimi 420 mila anni la concentrazione di gas serra ha raggiunto simili livelli. L'atmosfera ospitava circa 180 parti per milione di anidride carbonica nel momento di massima espansione delle glaciazioni e non più di 280-300 parti per milione durante i successivi periodi caldi: ora che abbiamo raggiunto le 360 parti per milione che cosa dobbiamo aspettarci?



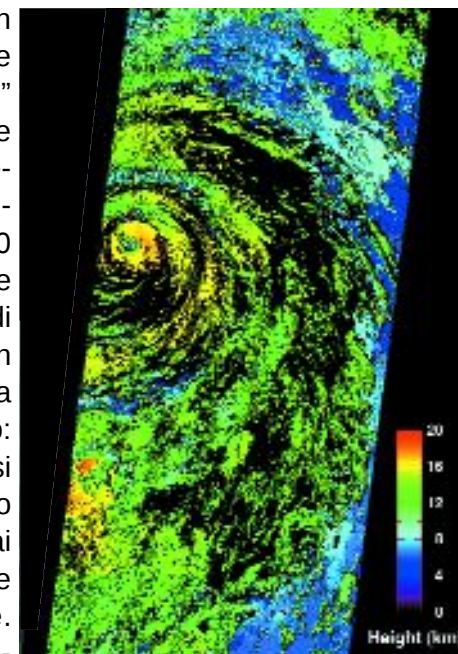
7

Quali sono gli impatti del riscaldamento globale?

Potrebbero essere molto pesanti. Per studiare i cambiamenti climatici, i governi di tutto il mondo hanno istituito un comitato di scienziati, l'Intergovernmental Panel on Climate Change (Ipcc), coordinato dalle Nazioni Unite. Il compito principale è valutare l'imponente letteratura scientifica prodotta dai climatologi e preparare dei documenti ufficiali che servano di base al lavoro dei politici.

L'Ipcc stima che la temperatura media della superficie terrestre possa salire da un minimo di 1,5 fino a un massimo di 4 gradi entro il 2100. Il riscaldamento sarà più rapido sulla terraferma che sul mare aperto, maggiore di notte rispetto al giorno, più marcato vicino ai poli e meno all'equatore, con una variabilità notevole tra regione e regione. A qualcuno una differenza di temperatura che oscilla tra poco più di

un grado e quattro gradi può non sembrare enorme. Ma si pensi che la differenza tra il "grande caldo" medievale e la piccola età glaciale era di circa 1 grado. E che a innescare le glaciazioni sono state sufficienti variazioni dell'ordine di 5-10 gradi. Inoltre, il livello del mare dovrebbe salire da un minimo di poche decine di centimetri a un massimo di un metro. Questo a causa di due fenomeni. Il primo: l'acqua del mare, scaldandosi, si espande. Il secondo: l'aumento delle temperature scioglie i ghiacciai di montagna e la calotta che ricopre la Groenlandia e l'Antartide. L'innalzamento minaccia di inonda-



Uragano Juliette

(Fonte NASA -MISR)

re le comunità costiere e le isole più basse. Con un clima più caldo, inoltre, crescerà l'evaporazione che, a sua volta, alzerà ancora la media delle precipitazioni (le piogge) mondiali. Questo però non avverrà nello stesso modo in tutto il pianeta: in alcune regioni diminuirà l'umidità al suolo che diventerà più arido, mentre in altre diventeranno sempre più frequenti precipitazioni di notevole intensità. Raccolti, foreste e disponibilità di acqua sarebbero sconvolti.

Cambiamenti Climatici

Le alte temperature, inoltre, potrebbero portare a un aumento di rischio per la salute umana, favorendo la diffusione di malattie come la malaria e la dengue (trasmessa dalle zanzare, nei casi più peggiori può essere mortale), nonché un aumento della frequenza delle patologie da calore, ma anche colpire il mondo animale e molti tipi di ecosistemi.

8 Quali sono le strategie per combattere il riscaldamento globale?

Se la causa principale del riscaldamento globale sono i gas serra spediti in atmosfera dalle attività umane, la riduzione alla fonte di queste emissioni rimane la via privilegiata per evitare i cambiamenti climatici. Non è una cosa facile né indolore, visto che stiamo parlando dei combustibili fossili, cioè della fonte principe di energia per le società nate dalla rivoluzione industriale. Ma gli strumenti ormai ci sono tutti. Nel 1970, per esempio, l'industria dell'energia prodotta con il vento non esisteva, mentre tra il 1990 e il 2000 è esplosa. In quattro anni, gli ultimi del Novecento, l'uso di pannelli solari è pressoché raddoppiato. Il mercato internazionale dei prodotti e dei servizi per sorvegliare l'inquinamento, il riciclaggio e il risparmio energetico ha superato il giro d'affari del settore aerospaziale. E al 1999 risalgono i primi prototipi circolanti di automobili alimentate da celle a combustibile, un dispositivo elettrochimico che non inquina e può essere usato anche per produrre energia in città (vedi anche la dispensa: "Tecnologie per il risparmio energetico"). Il mondo si è probabilmente già incamminato verso uno scenario fondato sulle fonti energetiche rinnovabili (cioè quelle che, come il vento o il Sole, non si esauriscono), anche se la strada è appena agli inizi. La velocità con la quale avverrà la transizione dai combustibili fossili alle fonti alternative sarà significativa per il clima del futuro.



9 Che cos'è il Protocollo di Kyoto?

Il protocollo di Kyoto è il primo trattato internazionale che ha come obiettivo il taglio delle emissioni di gas serra. È stato firmato nel 1997, in Giappone, da 150 nazioni. La sua formulazione è un compromesso tra le posizioni dell'Unione Europea e quelle degli Stati Uniti e dei paesi di recente industrializzazione.

Giunti alla conferenza di Kyoto con proposte diversificate i vari paesi ne sono usciti con impegni diversi di riduzione: l'8 per cento per l'Unione Europea, il 7 per gli Usa e il 6 per Giappone e Canada. Gli altri ventuno paesi industrializzati avranno obiettivi simili, da raggiungere tra il 2008 e il 2012. La Russia, l'Ucraina e la Nuova Zelanda possono limitarsi a stabilizzare le proprie emissioni, mentre Norvegia (+1 per cento) e Australia (+8 per cento) sono addirittura autorizzate ad aumentarle. Il totale delle riduzioni da raggiungere per i paesi firmatari corrisponde al 5,2 per cento. Quanto al resto del mondo, passa la linea di Cina e India, che rifiutano di essere vincolate a politiche di riduzione delle emissioni che potrebbero essere di ostacolo alla crescita economica e all'uscita della popolazione dalla povertà.

Il protocollo contiene anche alcune indicazioni sulle politiche per la riduzione delle emissioni: efficienza energetica, fonti rinnovabili di energia, tecnologie innovative, protezione delle foreste, agricoltura sostenibile, misure fiscali, controllo di discariche e allevamenti, ecc. Il Protocollo, tuttavia, entrerà in vigore solo quando sarà stato ratificato da più della metà dei firmatari.



Il Nilo (Fonte NASA - MISR)

Cambiamenti Climatici

10 Il Protocollo di Kyoto è sufficiente a evitare futuri cambiamenti climatici?

Il trattato siglato a Kyoto, pur così contrastato, è poco più che una goccia nel mare. Alcuni climatologi hanno dimostrato come la differenza (in assenza o in presenza dell'accordo) sarebbe compresa tra mezzo decimo e un decimo di grado di riscaldamento... Ciò non toglie che da più parti la ratifica del Protocollo venga considerata una prima tappa importante. Tuttavia, visto lo scarso impatto dei tagli previsti, molti sostengono che si rende urgente una nuova strategia: adattarsi all'inevitabile, cioè prepararsi ai cambiamenti climatici che ci attendono (senza ovviamente rinunciare a controllare le emissioni).

E questo per almeno due motivi. Il primo è che l'attuale vulnerabilità ambientale ha un caro prezzo, come ben sanno le centinaia di milioni di persone che rischiano la fame anche per cause climatiche. Il secondo è che nel breve periodo l'adattamento è una politica più efficace per "addolcire" l'impatto del riscaldamento. Insomma, se ridurre i gas serra è comunque un investimento per il futuro della Terra – i cui effetti tuttavia non si sentiranno prima di un certo lasso di tempo –, controllare la domanda d'acqua, combattere l'erosione del suolo o le perdite di raccolto, alzare gli argini (come fanno da secoli gli olandesi) porta benefici immediati alla vita quotidiana di milioni di persone. E nell'ipotesi che si realizzino gli scenari previsti dagli scienziati, ci sarà tanto bisogno di simili azioni.



g l o s s a r i o

Atmosfera: involucro gassoso che avvolge la terra e viene trattenuto dalla forza di gravità. E' composta da azoto (78%), ossigeno (21%), argon (0,95%), anidride carbonica (0,03%) e in piccole quantità neon, idrogeno, elio, kripton e xenon, vapore acqueo e ozono.

Biometeorologia: branca che studia gli effetti del tempo atmosferico e del clima sugli esseri umani.

Calore: energia del moto disordinato delle particelle che costituiscono la materia, avvertita come sensazione di caldo. Strettamente legato al concetto di temperatura, il termine viene spesso usato come sinonimo di "quantità di calore" e di "energia termica".

Celsius: scala centigrada per la misurazione della temperatura che prende il nome dal fisico che la introdusse. Tale scala si ottiene dividendo in 100 parti l'intervallo compreso tra la temperatura del punto di solidificazione (0 °C) e la temperatura del punto di ebollizione dell'acqua (100 °C) alla pressione di 101,325 kPa.

Ciclone: anche detto anche *depressione nelle medie latitudini*. E' formato da masse d'aria con una pressione più bassa rispetto a quella delle zone circostanti con movimento spiraliforme, in senso orario nell'emisfero australe e antiorario in quello boreale.

Corrente: movimento di una massa d'aria in una data direzione.

Monsoni: sono venti stagionali di natura termica, poiché derivano dal diverso riscaldamento stagionale del mare e della terraferma. I monsoni caratterizzano il tempo nell'Asia meridionale e sudorientale, in particolare le coste indiane e cinesi.

Tornado: è una colonna d'aria in violenta rotazione, a contatto con il terreno e quasi sempre osservabile come una "nube a imbuto" o tuba. I tornado sono fuori di ogni dubbio il fenomeno atmosferico più incredibile e distruttivo. Essi sono molto più piccoli e molto meno duraturi dei cicloni tropicali.

In libreria

Mario Pinna, *"Le variazioni del clima"*, Franco Angeli editore, 1996

Antonio Navarra, *"El Nino. Realtà e leggende del fenomeno climatico del secolo"*, Avverbi editore, 1997

Robert Kandel, *"L'incertezza del clima"*, Einaudi editore, 1999

Ross Gelbspan, *"Clima rovente"*, Baldini e Castoldi editore, 1998

Guido Visconti (a cura di), *"La dinamica del clima"*,
Quaderni de Le Scienze-Scientific American, 1998

Antonio Navarra, Andrea Pinchera *"Il Clima"*, editori Laterza, 2000

In rete:

<http://www.ipcc.ch> Sito l'Intergovernmental Panel on ClimateChange.

<http://www.unfccc.de> Sito del segretariato delle Nazioni Unite della
Convenzione sui cambiamenti climatici

<http://www.unep.ch> Programma ambientale delle Nazioni Unite

<http://www.wmo.org> Sito dell'Organizzazione Metereologica Mondiale

<http://www.noaa.gov> Sito del National Oceanic and Atmospheric
Administration