

# **DOMANDE E RISPOSTE DELLE LEZIONI**

## **“I LINCEI PER IL CLIMA”**

*Prima parte 2020: il clima degli ultimi anni e del lontano passato*

Il progetto “I Lincei per il Clima” prevedeva nel 2020 sedici lezioni da tenere in quattro giornate. Le quattro giornate erano precedute dalla pubblicazione da parte di RAI cultura di un riassunto delle lezioni e comprendevano oltre alle lezioni uno spazio per le domande di studenti e insegnanti, sia presenti nella sede di Palazzo Ducale a Genova e sia collegati in streaming. Per l'interruzione delle attività causata dall'epidemia di COVID19, è stato possibile svolgere solo la prima giornata del 31 gennaio e solo il riassunto delle prime 12 lezioni è stato montato da RAI cultura. Nonostante queste limitazioni c'è stato un utile dialogo con i docenti e questo documento raccoglie le domande e le risposte.

Da sottolineare tuttavia che le risposte hanno il limite di riferirsi ad una parte incompleta del programma e di fornire chiarimenti finalizzati allo svolgimento di un programma per le scuole superiori. Eventuali approfondimenti con maggiori dettagli scientifici sono possibili contattando direttamente i docenti.

## Prima giornata - Il clima degli ultimi anni

1 - Cosa sono il clima ed il cambiamento climatico

Definizione di clima. Differenza fra meteorologia e climatologia. Perché il clima è importante. I concetti di cambiamento climatico e riscaldamento globale. Descrizione dell'atmosfera.

*Relatore: Bruno Carli*

2 - Cosa fa cambiare il clima

Equilibrio termico del pianeta e forzanti. Albedo ed effetto serra.

*Relatore: Bruno Carli*

3 - I cambiamenti osservati negli ultimi 50 anni

Aumento dei gas serra. Aumento della temperatura media (suolo ed oceano). Fusione dei ghiacciai. Innalzamento del livello del mare. I cambiamenti nella biosfera.

*Relatore: Bruno Carli*

4 - Processi di variabilità naturale del clima

Struttura della circolazione generale e modi di variabilità naturale. Breve descrizione della circolazione generale (Cella di Hadley, jet stream etc.), El Nino, La Nina, NAO, etc. Predicibilità a diverse scale temporali.

*Relatore: Simona Bordoni*

## 1 - Cosa sono il clima ed il cambiamento climatico.

**S. Fusco, G Barillaro, L Cerio. Liceo Scientifico “A. Romita” Campobasso**

**Come mai ci vogliono periodi così lunghi per l'analisi dei cambiamenti climatici? Si possono fare previsioni in un tempo minore?**

Le condizioni meteorologiche cambiano durante l'anno con le stagioni e sono leggermente diverse da un anno all'altro per la variabilità naturale, che sarà discussa dalla Prof.ssa Bordoni. Questa variabilità si manifesta con oscillazioni spesso irregolari che mascherano il lento progredire di un cambiamento sistematico. Pertanto, un cambiamento climatico sistematico diventa osservabile con sicurezza solo con medie sufficientemente lunghe (tipicamente più di 30 anni) dove i picchi positivi e quelli negativi della variabilità naturale si annullano a vicenda ed il cambiamento sistematico, sempre dello stesso segno, diventa evidente.

Inoltre, anche gli effetti del cambiamento climatico sulla flora e sulla fauna si manifestano in modo significativo solo per cambiamenti persistenti che influenzano più generazioni della specie.

Chiaramente gli scienziati cercano di ottenere indicazioni su quanto sta accadendo anche da cambiamenti osservati su periodi di tempo più brevi. Queste indicazioni possono essere utili, ma non devono essere utilizzate per trarre conclusioni: nella prossima lezione vedremo l'esempio di un errore fatto osservando cambiamenti avvenuti in un relativamente breve intervallo di tempo.

## 2 - Cosa fa cambiare il clima.

**S. Fusco, G Barillaro, L Cerio. Liceo Scientifico "A. Romita" Campobasso**

**Cosa sono le forzanti? La forzante antropogenica comprende anche la CO<sub>2</sub> e i gas serra che sono inseriti nel grafico delle forzanti radiative?**

Le forzanti sono cambiamenti al flusso di energia entrante o uscente che, operando in modo sistematico per un lungo periodo di tempo, finiscono per cambiare l'equilibrio termico del pianeta, cioè finiscono per cambiarne la temperatura, che altrimenti sarebbe rimasta costante.

Solo cambiamenti esterni al sistema climatico sono detti forzanti, cambiamenti interni (aumento del vapore acqueo, fusione dei ghiacciai, etc.) sono reazioni interne che possono aumentare o attenuare il cambiamento indotto da cause esterne, ma non sono annoverati fra le forzanti.

Le forzanti possono essere naturali (vulcani, intensità solare) o antropiche. Le cause di quest'ultime comprendono i gas serra e fra questi la CO<sub>2</sub> è il principale.

**Prof. Silvano Fusco, Istituto "Primo Levi" di Ronco Scrivia**

**Reale ruolo della CO<sub>2</sub>. Alcuni modelli climatici stimano che, se si raddoppia la quantità di CO<sub>2</sub> atmosferica, la temperatura potrebbe aumentare tra circa 1°C e 6 °C. Altri modelli prevedono un valore tra 2 e 3 °C e altri ancora tra 5 e 6 °C. Quest'ampia variabilità di previsioni persiste da diversi decenni e non vi sono stati significativi progressi nel ridurla. Inoltre i vari modelli hanno difficoltà a ricostruire i dati climatici del passato (hindcast). Queste grosse incertezze non implicano che vi sia ancora molto da capire sul clima e quindi anche sul reale effetto che l'uomo possa avere su di esso?**

In questo caso bisogna distinguere fra la nuova temperatura d'equilibrio che si raggiunge per effetto di una forzante e la sensibilità climatica, definita come variazione della temperatura globale terrestre al raddoppio della concentrazione di anidride carbonica in atmosfera e utilizzata per quantificare le differenze fra le previsioni dei diversi modelli. Gli esempi ricordati nella domanda si riferiscono alla sensibilità climatica.

La forzante è abbastanza facile da determinare e data una forzante è un semplice problema di termodinamica calcolare quale è la nuova temperatura di equilibrio, tutto il resto rimanendo invariato. Non ci sono pertanto dubbi scientifici su questo calcolo.

Il problema sorge nel calcolo della sensibilità climatica dove si tiene conto di tutti i cambiamenti avvenuti nel sistema climatico e si deve pertanto calcolare anche gli

effetti delle reazioni interne. Sono le reazioni interne la parte difficile da quantificare.

Negli ultimi anni le incertezze nel calcolo della sensibilità climatica si sono ridotte, ma è vero che questa rimane una delle principali sfide dei modelli climatici e le nostre previsioni su quello che sarà il clima del futuro sono ancora piuttosto incerte. Tuttavia l'incertezza sulle previsioni, così come l'incertezza sulla riproduzione delle evoluzioni del passato per le quali non si sa abbastanza in termini di parametri e di accuratezza, non può mettere in dubbio l'attribuzione del cambiamento osservato a forzanti ben misurate.

Il problema dell'attribuzione sarà ulteriormente discusso dal Prof. Giorgi nella decima lezione.

#### **Prof. Silvano Fusco, Istituto "Primo Levi" di Ronco Scrivia**

**Ruolo del Sole e delle nubi. Viene affermato che il contributo naturale dovuto ai cambiamenti dell'irradianza del Sole è molto piccolo, rispetto al contributo antropico. Mi risulta però che non tutti i ricercatori siano di questo parere. Ad esempio, il prof. Nicola Scafetta dell'Università di Napoli sostiene il contrario. Lui ritiene importante prendere in considerazione il contributo del Sole. Non solo la variazione della sua luminosità (la cui variazione potrebbe essere stata molto maggiore di quella adottata dai modelli climatici), ma anche l'attività solare legata ai suoi campi magnetici (quelli comunemente noti come "cicli delle macchie solari") che modulano il flusso dei raggi cosmici.**

**Infatti un ruolo importante è svolto dalle nubi, come più volte sottolineato dal prof. Franco Prodi, secondo il quale lo stesso IPCC ammette di avere un basso "level of scientific understanding" riguardo al ruolo delle nubi e degli aerosol. Quindi non sarebbe necessaria una maggiore cautela nell'attribuire così tanta importanza al contributo antropico?**

E' vero che l'irradianza solare ed il ruolo di nubi ed aerosol sono variabili importanti del sistema climatico ed è necessario studiarli maggiormente. Nel diagramma delle forzanti che ho mostrato si vede che il livello di confidenza con cui si calcola l'effetto degli aerosol sulle nubi è VL (very low, molto basso) e la barra d'errore che contraddistingue la forzante corrispondente è molto grande. Tuttavia queste rivendicazioni dell'importanza del proprio settore di competenza non hanno motivo di diventare una contestazione all'attribuzione antropica. Per contestare l'attribuzione antropica si deve poter falsificare quantitativamente i calcoli delle forzanti o ridimensionando le stime delle forzanti antropiche o rivalutando le stime delle forzanti naturali. Cosa che finora né il Prof. Scafetta né il Prof. Prodi hanno mai fatto.

Molti processi sono stati presi in considerazione come possibili cause di forzanti, ricordo tra gli altri la formazione di nubi favorita dai raggi cosmici che operano come sorgenti di nuclei di condensazione (colla formazione delle goccioline tipiche delle camere a nebbia), e la generazione di cirri artificiali a causa delle emissioni degli aerei commerciali che generano scie ricche di vapore acqueo. Tuttavia queste ulteriori forzanti non sono prese in considerazione perché quantitativamente non

risultano essere significative.

**S. Fusco, G Barillaro, L Cerio. Liceo Scientifico “A. Romita” Campobasso**

**Quanto incide l'uomo percentualmente rispetto ad un cambiamento naturale?**

La stima delle forzanti ci dice che quelle antropiche sono macroscopicamente maggiori di quelle naturali indicando la causa antropica come nettamente predominante. Tuttavia questi valori hanno un errore e non basta considerare il rapporto dei valori dei due tipi di forzante (antropica e naturale). Gli autori dell'ultimo rapporto IPCC (ormai datato perché del 2013) hanno preferito quantificare il contributo antropico in modo un po' diverso: stimando la probabilità che la causa antropica sia la principale responsabile del riscaldamento osservato. La conclusione è che questa probabilità è molto alta e corrisponde a valori compresi fra il 95% ed il 99%.

Pertanto la Scienza non nega che la principale causa del cambiamento climatico possa essere naturale, ma al 2013 attribuiva a questa evenienza una probabilità scarsa, compresa fra 1% e 5%.

I cittadini, l'economia e la politica possono fare le proprie scelte in base a queste probabilità.

### 3 - I cambiamenti osservati negli ultimi 50 anni

**Gli alunni delle classi 5D e 5E del Liceo Calasanzio di Carcare (SV).**

**I gas refrigeranti che sostituiscono i CFC sono gas serra? Se sì in che misura contribuiscono all'effetto serra? Sono responsabili anche dell'incremento del buco nell'ozonosfera?**

**La concentrazione del metano nell'atmosfera è aumentata negli ultimi decenni se sì per quale motivo?**

**S. Fusco, G Barillaro, L Cerio. Liceo Scientifico "A. Romita" Campobasso**

**Da quando sono stati banditi i CFC c'è stata una diminuzione di dimensione del buco nell'ozono?**

Dei gas serra parlerà in modo più approfondito la Prof.ssa Bordoni. Posso anticipare che sebbene la CO<sub>2</sub> sia il gas serra con la forzante maggiore, anche altri sono importanti perché, essendo legati a meccanismi di emissione diversi dal consumo energetico, potrebbero continuare ad aumentare il loro contributo all'effetto serra anche nel caso di adozione di energie alternative. Questo è per esempio il caso del metano.

Nel caso dei CFC bisogna invece precisare che esistono due tipi di CFC: quelli che erano responsabili della distruzione dell'ozono stratosferico e che sono stati banditi con il Protocollo di Montreal del 1987 ed i così detti sostituti, praticamente innocui per l'ozono, che sono entrati in produzione successivamente. In atmosfera la concentrazione dei CFC originali ha continuato a crescere per molti anni e solo intorno al 2000 ha raggiunto un massimo e cominciato a diminuire. La conseguente diminuzione del buco dell'ozono ha cominciato a manifestarsi solo negli ultimi anni dimostrando che quella della reversibilità è una strada percorribile, ma richiede tempi molto lunghi. La concentrazione dei sostituti è invece in netto aumento. Si tratta per ambedue i tipi di CFC di concentrazioni molto basse con un contributo ancora piccolo sull'effetto serra globale, ma essendo significativi, ed in crescita nel caso dei sostituti, meritano la nostra attenzione.

**Prof. Silvano Fuso, Istituto “Primo Levi” di Ronco Scrivia**

**Andamento temperatura 1940 - 1975. Nel grafico mostrato (temperatura media in funzione del tempo) risulta abbastanza evidente una diminuzione di temperatura nell'intervallo 1940-1975. Periodo in cui le emissioni di anidride carbonica hanno continuato invece ad aumentare.**

**Viene solitamente detto che in quegli anni si verificarono anche forti emissioni di solfati (che hanno un effetto opposto a quello della CO<sub>2</sub>). Le emissioni dei solfati di quel periodo non sono state tuttavia superiori a quelle dei 30 anni precedenti. Inoltre, il protocollo internazionale per la riduzione delle emissioni solforate fu firmato nel 1979 e le riduzioni cominciarono a essere implementate 10 anni dopo, quando era già da alcuni anni che le temperature avevano cominciato a salire. Queste osservazioni confuterebbero quindi la tesi dei solfati. Oltre a questa, vi sono altre spiegazioni che giustifichino il raffreddamento osservato nei 35 anni dal 1940 al 1975?**

La stasi del riscaldamento negli anni dopo la seconda guerra mondiale viene attribuita alle continue e crescenti emissioni provocate dall'utilizzo del carbone. Tuttavia i responsabili non sono i composti solforosi.

Le emissioni della combustione del carbone contengono CO<sub>2</sub>, destinata a far sentire i suoi effetti di riscaldamento nel tempo, nerofumo e composti solforosi. E' il nerofumo che, attraverso la formazione di aerosol, aumenta l'albedo e provoca nell'immediato (fin quando non si deposita) un raffreddamento che maschera il riscaldamento di lungo termine. L'espressione “fumo di Londra” per indicare il colore grigio scuro ci ricorda del grande inquinamento dell'aria in quegli anni. Si comincia ad affrontare il problema alla fine degli anni 60 con la riduzione del carbone nel riscaldamento domestico e con l'uso nelle centrali elettriche a carbone di filtri ed alte ciminiere per limitare le emissioni di nerofumo. Si pensa sia questo cambio di tendenza la causa dell'inizio del riscaldamento a partire dal 1975.

Bisogna aggiungere però le tecniche di contenimento dei fumi non intercettarono la componente gassosa dei composti solforosi e le alte ciminiere favorirono l'esportazione dell'inquinamento provocando piogge acide nei paesi vicini. Tipico è il caso delle piogge acide provocate in Scandinavia dalle centrali britanniche. E' dei primi anni 70 il dibattito sulle piogge acide che porta appunto nel 1979 alla firma del protocollo internazionale per la riduzione delle emissioni solforose.

Pertanto l'aumento della temperatura che inizia nel 1975 e il protocollo del 1979 fanno parte della stessa storia, ma non sono fra di loro collegati.



## **Classe 2D Liceo Scientifico G. Galilei Potenza - Basilicata**

**Abbiamo studiato in classe che i cambiamenti climatici, apporteranno inevitabilmente delle modifiche alla biosfera e, di conseguenza, a tutti gli ecosistemi e agli esseri viventi. Un'autentica sveglia che ci dà un messaggio chiaro: il riscaldamento globale è un pericolo reale e ATTUALE. In qualità di giovani studenti e futuri cittadini del mondo, ne abbiamo percepito la gravità e l'importanza di provare a diventare parte della soluzione; ma possiamo sapere in maniera tecnico-scientifica, senza miti o fraintendimenti, fino a che punto i cambiamenti climatici influiranno sulla vita dell'uomo e degli animali? E come cambierà la vita degli stessi? Al di là delle analisi delle conseguenze che ne scaturiscono, cosa ci dobbiamo aspettare in risposta dalla natura?**

**Solo la vera conoscenza ci permetterà di progettare come controbattere le subdole decisioni politiche.**

Questa domanda riguarda il tema degli impatti e rischi del cambiamento climatico che sarà discusso nella quarta giornata.

Posso anticipare una breve considerazione. Per la Natura nessuna condizione ambientale e nessuna specie è essenziale, pertanto la Natura si adatterà facilmente a questo cambiamento climatico. Siamo noi che avremo difficoltà in quanto dipendenti dalle cose a cui siamo abituati. Quanto sarà grande e rapido il cambiamento è difficile dirlo perché la capacità previsionale dei modelli è limitata ed inoltre molto dipende dalle scelte che faremo in futuro nel campo dei consumi energetici.

## **Classe 2D Liceo Scientifico G. Galilei Potenza - Basilicata**

**I cambiamenti climatici e il conseguente riscaldamento climatico porteranno all'innalzamento del livello dei mari, al cambiamento della temperatura ... Come reagirà il territorio italiano a tale cambiamento? E quali saranno le ripercussioni di tale cambiamento climatico sul settore primario italiano, punto di diamante della nostra economia? Sarà possibile mantenere integro il marchio Made in Italy? Le ultime notizie ci parlano di specie microbiche e/o virali che mettono in ginocchio la nostra specie. Ci sono possibilità odierne e future di in microscopiche invasioni pericolose per l'uomo o per ciò che mangia, che, seguendo la teoria di Darwin, si adatteranno e verranno selezionati da tali cambiamenti?**

Anche questa domanda riguarda temi che saranno più approfonditamente affrontati nella quarta giornata. Faccio un breve commento a due interessanti considerazioni contenute nella domanda: la specificità della produzione alimentare italiana e l'adattamento Darwiniano.

L'indicazione geografica protetta (IGP) è un riconoscimento delle caratteristiche uniche che la tradizione, la composizione del terreno e le condizioni climatiche conferiscono ai prodotti agroalimentari di una zona geografica. Pertanto il clima non è l'unico, ma è certamente un importante ingrediente della specificità della produzione alimentare italiana. Il cambiamento climatico sicuramente modificherà la qualità dei nostri prodotti e ci costringerà a spostamenti delle zone di produzione e a modifiche delle specie

coltivate, tuttavia non ci potrà togliere la varietà di produzione che è merito dell'articolata conformazione e composizione del nostro territorio.

E' vero che gli animali e le piante sottoposte ad un cambiamento climatico possono reagire con spostamenti (soluzione rapida) e con una evoluzione darwiniana (soluzione lenta). Tuttavia la rapidità del cambiamento spesso non consente neanche la soluzione rapida, basta pensare allo spostamento di alcune specie arboree che si propagano per insemminazione in aree contigue e si diffondono più lentamente dell'attuale spostamento delle condizioni climatiche in latitudine e quota. Ancora meno efficiente è l'evoluzione darwiniana che con i suoi lunghissimi tempi non può fornire una efficiente soluzione ai rapidi cambiamenti climatici.

La velocità del cambiamento causa inevitabilmente importanti difficoltà a piante ed animali oltre che al sistema produttivo umano.

**S. Fusco, G Barillaro, L Cerio. Liceo Scientifico "A. Romita" Campobasso**  
**Possiamo quantificare l'innalzamento del livello del mare nei prossimi decenni?**

(Risposta fornita dal Prof. Vacchi nell'ottava lezione)

**S. Fusco, G Barillaro, L Cerio. Liceo Scientifico "A. Romita" Campobasso**  
**C'è la possibilità di bloccare il cambiamento climatico e invertire la tendenza? E quanto tempo ci rimane?**

Per rispondere a questa domanda bisognerebbe sapere fino a che punto il sistema climatico è reversibile, cioè quando si innescano cambiamenti, come lo scioglimento dei ghiacci della Groenlandia o la liberazione di grandi quantità di metano, che non possono essere invertiti in tempi umanamente ragionevoli. In realtà non sappiamo dove è il punto di non ritorno.

Siamo abbastanza sicuri che il clima sia reversibile per un riscaldamento fino a 2 °C, perché riscaldamenti di questo tipo sembrano esserci già stati in passato sul nostro pianeta. Purtroppo con le emissioni fatte finora e con quelle che inevitabilmente ci saranno anche con i più rapidi tempi di conversione del nostro sistema produttivo, siamo destinati a superare questo limite e più ampio sarà il superamento, maggiore sarà il rischio di irreversibilità.

La speranza è che il punto di non ritorno possa in pratica essere abbastanza lontano, ma anche questo non ridurrebbe i nostri principali problemi che sono gli importanti cambiamenti ambientali che già sono previsti per un riscaldamento di 1,5 °C.



## 4 - Processi di variabilità naturale del clima

**Prof. Silvano Fusco, Istituto "Primo Levi" di Ronco Scrivia**

**Clima dell'ultimo secolo. La prof.ssa Simona Bordoni, nel video presente in rete, esordisce affermando: "La ricerca scientifica sui cambiamenti climatici ha evidenziato come il riscaldamento dell'ultimo secolo del nostro pianeta è inequivocabile e attribuibile alle attività antropiche. È però importante ricordare come il nostro clima sia soggetto a variazioni su numerose scale, spaziali e temporali, causate da processi di variabilità naturale e interna al clima stesso".**

**Non vi è una certa contraddizione in questa affermazione? L'eventuale responsabilità dell'uomo mi sembra che sia ciò che si dovrebbe riuscire a dimostrare dopo aver escluso le cause naturali, non il punto da cui partire. Si parla inoltre dell'ultimo secolo. Almeno nella prima metà del secolo, le emissioni di CO<sub>2</sub> erano basse e quindi come possono aver influito in maniera determinante sul clima?**

Come discusso sia nelle lezioni del Prof. Carli che nella mia lezione, le nostre stime delle forzanti sono quantitative e ci permettono di concludere che quelle antropiche, ed il loro impatto sulle variazioni della temperatura media globale sul lungo termine, sono ben maggiori rispetto a quelle naturali. Per esempio, è possibile "sottrarre" dall'andamento della temperatura media globale il segnale legato alla variabilità naturale, quale la variabilità dovuta ai fenomeni El Niño/La Niña, le eruzioni vulcaniche e la variabilità solare. L'andamento che si ottiene mostra fluttuazioni minori su scale temporali più brevi, quali la variabilità di anno in anno, ma non ha un impatto significativo sull'aumento di temperatura su scale più lunghe. Questo chiaramente dimostra la responsabilità dell'uomo nel riscaldamento globale, dopo avere escluso le cause naturali.

**S. Fusco, G Barillaro, L Cerio. Liceo Scientifico "A. Romita" Campobasso**

**Il cambiamento climatico fa diminuire l'intervallo di tempo delle fluttuazioni naturali come El Niño?**

Come il riscaldamento globale influisca sui modi di variabilità naturale è una domanda che ad oggi rimane aperta. Non abbiamo serie temporali di eventi El Niño sufficientemente lunghe per poter stimare questo cambiamento da dati osservati. Dobbiamo ricorrere a modelli climatici, ma questi modelli non ci danno una risposta univoca. Alcuni modelli sembrano suggerire che gli eventi El Niño più estremi, chiamati i super El Niño, potrebbero diventare più frequenti, cioè invece di accadere una volta ogni vent'anni, potrebbero verificarsi una volta ogni dieci. Ma ci sarà bisogno di più dati e lavori di modellistica per potere rispondere con più precisione a questa domanda.

## Seconda giornata – Il clima del passato

5 - Le rocce ci raccontano quante volte e come è cambiato il clima negli ultimi 700 milioni di anni. L'evoluzione e i cambiamenti del sistema climatico nella storia della Terra, alla scala dei tempi geologici (milioni- centinaia di milioni di anni).

*Relatore: Elisabetta Erba*

6 -Scritto nel ghiaccio: il clima della Terra nell'ultimo milione di anni  
I cambiamenti climatici alla scala delle decine di migliaia di anni (*cicli milankoviani*) e del migliaio di anni (*eventi Dansgaard Oeschger*): il Quaternario

*Relatore: Carlo Barbante*

7 - Il sistema climatico negli ultimi 10 mila anni. Verso un superinterglaciale?  
Il sistema climatico nell'Olocene. Confronto tra il cambiamento climatico e i periodi caldi precedenti con uno sguardo al possibile futuro

*Relatore: Giuseppe Orombelli*

8 - Mare che sale, mare che scende: 150.000 anni di oscillazioni del livello marino in un clima che cambia

La risalita del livello del mare (sguardo globale dal passato al presente con attenzione al Mediterraneo e all'Italia).

*Relatore: Matteo Vacchi*

5 - Le rocce ci raccontano quante volte e come è cambiato il clima negli ultimi 700 milioni di anni.

**Classe 4E Liceo Scientifico A.Romita, Campobasso**

**E' riscontrabile nelle rocce una correlazione tra cambiamento climatico e inversione del campo magnetico terrestre? E quando un'eventuale inversione del campo magnetico potrebbe incidere oggi?**

Nelle rocce la registrazione sia dei cambiamenti climatici che delle inversioni del campo magnetico terrestre è chiara. I geologi hanno imparato a estrarre questi due segnali, spesso utilizzando il medesimo campione in modo da ricostruire i tempi e le velocità dei due cambiamenti.

Tutti i casi dei cambiamenti climatici globali avvenuti negli ultimi 700 milioni di anni non hanno corrispondenza con inversioni del campo magnetico. Centinaia di successioni sedimentarie studiate in tutto il mondo e ben datate dimostrano l'assenza di una correlazione.

Questo è particolarmente evidente ad esempio per il clima a "super effetto serra" del Cretacico che è iniziato e terminato durante un periodo di campo magnetico normale (cioè identico a quello attuale) senza nemmeno un periodo di campo magnetico inverso.

Il campo magnetico terrestre ci scherma da raggi cosmici e radiazioni solari e, quindi, ha una funzione protettiva per la biosfera e alcuni scienziati hanno ipotizzato che un'inversione del campo magnetico potrebbe influire (negativamente) su flora e fauna terrestri e marine. Tuttavia, il record paleontologico non dimostra una correlazione tra cambiamenti evolutivi o estinzioni e inversioni del campo magnetico.

Un'inversione del campo magnetico è un processo molto breve se si considera il tempo geologico, ma molto lungo per noi umani e per il nostro senso comune del tempo. Un'inversione del campo magnetico, infatti, si realizza in un arco temporale di 3000-10.000 anni. Non c'è affatto una regolarità nelle inversioni e nemmeno della durata del campo normale o inverso. Dunque, non ci sono dati per ipotizzare un'inversione imminente.

Negli ultimi anni si sta assistendo a variazioni di intensità del campo magnetico che potrebbero causare dei problemi per la nostra civiltà tecnologica, ad esempio causando dei blackout.

## 6 -Scritto nel ghiaccio: il clima della Terra nell'ultimo milione di anni

**Classe 4E Liceo Scientifico A.Romita, Campobasso**

**E' reale il pericolo che, con lo scioglimento del ghiaccio, alcuni virus (o spore) quiescenti del passato possano essere immessi nuovamente nell'ambiente? Se sì, quali?**

Domanda molto appropriata, visti i tempi. Sì, è possibile ed anzi è già successo. Qualche anno fa, in Siberia, a causa della fusione [si parla di fusione e non di scioglimento di neve e ghiaccio; lo scioglimento è più propriamente indicato per i sali che si "sciolgono" in un solvente] del permafrost (suolo congelato) provocato dalle alte temperature estive, è venuta alla luce la carcassa di una renna che era morta oltre un secolo fa per il batterio dell'antrace. Le spore di antrace sono quindi state ri-mobilizzate nell'ambiente e disperse. Esse hanno provocato la morte di migliaia di renne e l'ospedalizzazione di centinaia di persone. Un ragazzo è addirittura morto per questo. Questi eventi sono abbastanza rari, ma il riscaldamento futuro potrebbe portare a delle sorprese.

Fino ad ora le sostanze che sono venute alla luce sono tutte note, dal punto di vista microbiologico. Solo pochissime sono del tutto nuove per noi e vanno per questo trattate con le dovute cautele.

Sullo stesso argomento posso dire che qualche anno fa abbiamo campionato della neve superficiale sulle Alpi. La neve era chiaramente rossa, indice di masse d'aria provenienti dal deserto del Sahara, come testimoniato che dalle analisi geochimiche e dallo studio delle traiettorie delle masse d'aria associate all'evento. Dall'analisi microbiologica, è emerso che la neve conteneva anche specie biologiche "aliene" cioè non della regione alpina. Queste specie, per lo più funghi erano proprio di origine sahariana. Generalmente queste specie biologiche vengono degradate e distrutte durante il viaggio, ma talvolta possono sopravvivere per alcuni giorni.

## 7 - Il sistema climatico negli ultimi 10 mila anni. Verso un superinterglaciale?

**Classe 4E Liceo Scientifico A. Romita, Campobasso**

**Con lo scioglimento dei ghiacciai il livello del mare cambia, come può questo influire su eventuali variazioni di temperatura?**

Le conoscenze sui cambiamenti del sistema climatico negli ultimi 10.000 anni possono contribuire alla comprensione del cambiamento climatico in atto.

La risposta dei ghiacciai e degli oceani alle variazioni climatiche, in particolare (semplificando) alle variazioni della Temperatura media globale superficiale della Terra, è ritardata nel tempo a causa della loro inerzia termica, dovuta all'elevato calore specifico dell'acqua, al calore latente di fusione del ghiaccio ed alla grande massa delle acque oceaniche e dei ghiacci polari. Pertanto la fusione dei ghiacci e l'innalzamento del livello del mare sono causati e seguono nel tempo l'aumento della Temperatura.

Ad esempio l'aumento della Temperatura media globale della Terra al passaggio dall'ultima glaciazione all'attuale periodo interglaciale (Olocene) è iniziato circa 20.000 anni fa e si è concluso 11.700 anni fa, mentre la risalita del livello del mare, principalmente dovuta alla fusione delle grandi calotte glaciali nordamericana ed euroasiatica, si è protratta per altri 6000 anni circa. Anche i ghiacciai alpini (salvo i più piccoli), nelle loro fluttuazioni in epoca storica, hanno risposto alle variazioni climatiche con un ritardo di anni o decenni, a secondo delle loro dimensioni.

L'innalzamento del livello del mare ha determinato nel passato geologico una ulteriore riduzione dei ghiacciai polari che terminavano in mare e quindi un ulteriore innalzamento del livello del mare con un processo di feedback positivo. Ma soprattutto la riduzione della estensione dei ghiacciai (e della loro copertura nevosa) determina una riduzione dell'albedo, cioè della quantità di radiazione solare riflessa nello spazio e non intercettata dalla Terra, e quindi un aumento della temperatura (feedback ghiaccio-neve/albedo).

La risalita del livello del mare, ove questo si sostituisce alla terra ferma può comportare una differenza di albedo che potrebbe essere, almeno localmente significativa, se la superficie inondata dal mare fosse di vaste dimensioni.

Tutt'altra cosa è la riduzione dei ghiacci marini, come sta avvenendo nell'Artide. Ricordo che i ghiacci marini polari sono una sottile crosta di acqua marina congelata coperta da uno straterello di neve, spessa da circa 1 m (ghiacci marini annuali, che si formano e scompaiono ogni anno) ad alcuni metri (ghiacci marini poliennali) fino ad un massimo di circa 16 metri, ove lastre di ghiacci marini spinte dal vento si sono accavallate le une sulle altre. I ghiacci marini sono spesso indicati come calotte polari, creando confusione perché lo stesso termine è utilizzato per indicare gli enormi ghiacciai polari attuali della Groenlandia e dell'Antartide, che sono formati dall'accumulo della neve, anno dopo anno per decine/centinaia di migliaia di anni, ed hanno uno spessore anche di alcuni chilometri.

La riduzione in atto della estensione dei ghiacci marini artici ha determinato una evidente riduzione dell'albedo ed un conseguente aumento della temperatura media superficiale delle regioni artiche, circa due volte maggiore di quello medio globale ("amplificazione artica").



## 8 - Mare che sale, mare che scende: 150.000 anni di oscillazioni del livello marino in un clima che cambia

**S. Fusco, G Barillaro, L Cerio. Liceo Scientifico “A. Romita” Campobasso**

**Possiamo quantificare l'innalzamento del livello del mare nei prossimi decenni?**

L'innalzamento globale del livello del mare nei prossimi decenni è fortemente legato a quanto riusciremo a contenere l'aumento globale delle temperature. Tutti i dati disponibili evidenziano un'accelerazione molto significativa dei tassi di risalita del livello del mare negli ultimi 100 anni con valori anche 3 volte superiori a quelli dei 2000 anni precedenti.

Per i prossimi decenni le ultime stime indicano, a scala globale, che il livello del mare salirà di tra i 30 e i 60 cm da qui al 2100 nel caso di un riscaldamento massimo fino a 2°C. Tuttavia, se non saremo in grado, a scala globale, di ridurre i livelli di emissioni fatte finora siamo destinati a superare il limite dei 2°C. In questo caso, le stime evidenziano come nel 2100 potremmo avere un innalzamento del livello del mare globale che potrebbe raggiungere dai 60 cm a 1.1 m al di sopra dell'attuale. Questo avrà delle conseguenze enormi su tutte quelle aree costiere, come i grandi delta, che ospitano attualmente abitazioni, infrastrutture e zone coltivate situate pochi cm sopra il livello del mare.

## Terza giornata – La complessità del clima

### 9 - Processi di variabilità naturale del clima

Struttura della circolazione generale e modi di variabilità naturale. Breve descrizione della circolazione generale (Cella di Hadley, jet stream etc.), El Nino, La Nina, NAO, etc. Predicibilità a diverse scale temporali.

*Relatore: Simona Bordoni*

### 10 - Attribuzione delle cause del riscaldamento globale

Modelli climatici e nesso di causa fra attività umana e cambiamento climatico. Analisi dell'andamento della temperatura globale attuale in relazione con i dati dell'Olocene.

*Relatore: Filippo Giorgi*

### 11 - Proiezioni di clima futuro.

Differenza fra previsione meteo e proiezione climatica, scenari di cambiamento climatico a scala globale e regionale, "hot-spots" del cambiamento climatico, aumento del livello del mare, fusione ghiacci, punti di non ritorno.

*Relatore: Filippo Giorgi*

### 12 - Effetti del riscaldamento globale sul ciclo idrologico terrestre

Variazioni nei regimi di pioggia, eventi estremi etc.

*Relatore: Filippo Giorgi*

## 10 - Attribuzione delle cause del riscaldamento globale

**Classe 2D Liceo Scientifico G. Galilei Potenza – Basilicata**

**Che affidabilità forniscono i modelli climatici, ricavati a partire dalle ricostruzioni dirette e indirette, per predire i futuri mutamenti del clima?**

I modelli sono sostanzialmente delle approssimazioni numeriche delle equazioni che regolano il comportamento del clima, la cui integrazione nel tempo ci dà l'evoluzione passata o futura del sistema climatico. I modelli climatici odierni sono estremamente complessi, perché descrivono il comportamento dell'intero sistema climatico, che comprende atmosfera, oceani, criosfera e biosfera (sia marina che terrestre). Per utilizzarli bisogna usare i più potenti supercalcolatori oggi disponibili. Proprio perché sono così complessi, i modelli climatici sono anche caratterizzati da incertezze ed errori sistematici nella descrizione di alcuni fenomeni molto complicati, per esempio quelli legati alla formazione di nubi e pioggia. Queste incertezze sono dovute o alla nostra scarsa conoscenza di processi fisici e biochimici, o a limiti nelle osservazioni che servono a valutare i modelli e a calibrare alcuni parametri, o ancora limiti nelle risorse computazionali necessarie a far funzionare i modelli in maniera dettagliata.

Nonostante queste difficoltà i modelli climatici si sono evoluti e migliorati in maniera formidabile negli ultimi 30-40 anni, ed i modelli di ultima generazione riescono a rappresentare in maniera abbastanza accurata il comportamento base del sistema climatico. Basti pensare a come sono migliorate le previsioni meteorologiche e quelle a livello stagionale. I modelli climatici sono anche riusciti a rappresentare alcuni aspetti dei climi passati, come l'ultimo periodo glaciale di circa 18000-21000 anni fa. I modelli forniscono pertanto una buona indicazione di cosa cambierà in futuro sebbene, per una mirata programmazione economica, sarebbe desiderabile una più accurata previsione del quanto cambierà.

Più difficile è simulare come il clima può evolversi a scala locale, per esempio per una città. Inoltre, il problema chiave nelle previsioni climatiche è che il clima futuro dipende anche da come si evolveranno le forzanti esterne del clima, quali le emissioni di gas serra di origine antropica. L'evoluzione di queste forzanti non può essere predetta. Chi può dire come si evolverà la società e quindi come si evolveranno le emissioni? per esempio, nessuno poteva predire la pandemia del Coronavirus COVID-19, che probabilmente influenzerà molto le dinamiche socio economiche future. Se questi fattori non si possono predire, si possono però fare delle ipotesi plausibili, o anche chiamate "scenari", di sviluppo socioeconomico e quindi di emissioni di gas serra. Questi scenari si immettono poi nei modelli, che simulano l'evoluzione climatica che ne deriva. Quindi dal punto di vista scientifico non si parla di "previsioni" climatiche ma di scenari (o anche "proiezioni") climatici.

Uno dei campi principali nello sviluppo dei modelli è di migliorare le proiezioni a livello locale, che sono più difficili di quelle a livello globale e regionale perché dipendono anche da molti fattori locali, per esempio il tipo di superficie, se ci sono città o foreste, se c'è una fisiografia complessa di montagne o coste e così via. Le proiezioni a scala locale richiedono anche una risoluzione dei modelli molto alta (simile al numero di pixels in una foto) e quindi risorse di calcolo molto potenti.

## 11 - Proiezioni di clima futuro.

**Classe 2D Liceo Scientifico G. Galilei Potenza – Basilicata**

**Sarà possibile per l'uomo in un futuro prossimo una vita "normale" dato che i cambiamenti climatici porteranno variazioni negative per l'uomo. Volendo essere diretti, si sopravvive a un cambiamento climatico?**

Questa è una domanda molto difficile. L'uomo come specie sicuramente sopravviverà ai cambiamenti climatici. Quella che potrebbe non sopravvivere, o quantomeno essere messa sotto grande stress, è la struttura della società come oggi la conosciamo. Faccio un esempio. Nello scenario cosiddetto "*business as usual*" cioè se non si fa niente per diminuire le emissioni di gas serra, i modelli ci dicono che entro il 2100 il clima globale potrebbe riscaldarsi di ulteriori 4-5 gradi in soli 80 anni. Questo riscaldamento così veloce non ha precedenti nella storia del clima e quindi non si può sapere come il sistema climatico possa rispondere. Durante l'ultima era glaciale le temperature globali erano 5-7 gradi più basse di oggi, ma ci sono voluti 10,000 anni per arrivare al periodo caldo in cui siamo ora. Con un riscaldamento di 4-5 gradi in 80 anni, il clima del pianeta sarebbe completamente sconvolto, aree oggi floride potrebbero diventare desertiche e vice versa, i regimi di pioggia cambierebbero e così via. Per esempio, i modelli climatici ci dicono che il clima dell'Italia centrale e meridionale sarebbe simile al clima che oggi troviamo in nord Africa, cioè un clima semi-desertico. Il livello del mare potrebbe essere maggiore di più di un metro, quindi città come Venezia potrebbero non resistere e le coste sarebbero molto danneggiate ed erose, mettendo in pericolo molte città costiere; lo scioglimento dei ghiacciai porterebbe ad una penuria di acqua disponibile; ci sarebbero alluvioni e siccità più frequenti ed intense; alcune malattie potrebbero espandersi (per esempio la malaria) e così via. Certo, la specie umana sopravvivrà, ma in un mondo molto diverso e meno ospitale, in cui per esempio, potremmo essere noi nel Mediterraneo le prossime onde di migrazione verso zone migliori. Quindi il problema è di contenere i cambiamenti climatici al di sotto di una soglia di pericolo in cui i loro effetti porterebbero a danni troppo ingenti, e forse al collasso della società come la conosciamo. E' un discorso simile a quello per la pandemia coronavirus, e cioè la necessità di contenerla per far sì che i sistemi sanitari non raggiungano il collasso. Se la pandemia ci insegna qualcosa è la fragilità del nostro sistema di società.