COâ?? e il riscaldamento globale: mito o realtÃ ?

Descrizione

Â© Gregorio Galli

(brogliaccio del video: www.youtube.com/watch?v=U3gebpK9eW0)

Antefatto: PerchÃ© discutiamo di nuovo del ruolo della COâ???

- Ciao, Buongiorno. Oggi parliamo, di NUOVO!, di COâ??! SÃ¬, di nuovo, perchÃ© anche lâ??ultimo video parlava di anidride carbonica. Ma devo riparlarne, perchÃ© ho ricevuto alcune amichevoli critiche e obiezioni, in privato, da chi si sente ancora un poâ?? scettico sul ruolo della COâ?? come principale attore della tragedia che stiamo preparando ai nostri figli. E dunque, eccoci qui. IntrodurrÃ² il discorso in modo generale poi, piÃ¹ avanti nel video parleremo delle evidenze scientifiche di tre aspetti della questione: 1) le prove dellâ??aumento della COâ?? atmosferica a causa delle attivitÃ umane; 2) le prove del fatto che Ã¨ effettivamente in corso un cambiamento climatico; 3) le prove del rapporto causale tra le due cose. Quindi vi tocca starmi a sentire, oppure usare lâ??indice che come al solito vi lascio in descrizione per saltare direttamente alle parti che vi interessano.
- Ah! A proposito di commenti! Per il futuro, per piacere, VI PREGO! Non scrivetemi in privato: commentate sotto i video! Questo aiuta la diffusione e ne arricchisce i contenuti, grazie al vostro contributo. E giÃ che ci siete, ricordatevelo: mettere like, iscrivetevi e condividete. Di tutto il resto ne parliamo dopo laâ?¦
- SIGLA

Intro: Il ruolo della COâ?? come gas serra

- Avevo studiato questi argomenti almeno una ventina dâ??anni fa e riprenderli in mano, oggi, leggere studi recenti e fare ricerche su uno scenario che Ã¨ andato soltanto peggiorando, dai tempi in cui mi ero interessato di queste cose, ben prima che comparisse Greta sulle scalinate, ha reso molto sottile e fragile la mia pazienza. Mi scuso quindi in anticipo se potrÃ² apparire poco paziente verso il negazionista o lo scettico, in qualche parte di questo video. A maggior ragione perchÃ© a quel tempo io pure propendevo per tesi negazioniste, ma un simile pregiudizio non ha potÃ© reggere alle evidenze. Qui vedrÃ² di fornirvi quante piÃ¹ di queste evidenze potrÃ². La comprensione perÃ² sta un poâ?? a voi.
- La CO2 gioca un ruolo fondamentale per la vita sulla Terra, **(Immagine del ciclo del carbonio)** essendo la protagonista del ciclo naturale del carbonio, in cui viene continuamente scambiata tra atmosfera, oceani, nella respirazione vegetale ed animale, la cosiddetta biosfera e, non secondariamente, nella litosfera, cioÃ¨

in molti processi che coinvolgono vulcani e rocce.
- CiÃ² che vedremo qui di seguito Ã¨ che, a partire dalla rivoluzione industriale, la concentrazione di COâ?? nellâ??atmosfera Ã¨ aumentata costantemente e drasticamente, passando da circa 280 parti per milione o ppm in epoca preindustriale a oltre 420 ppm negli anni 20 del XXI secolo, i nostri anni. Questi valori superano giÃ di molto i valori piÃ¹ alti registrati nellâ??ultimo milione di anni, ma le proiezioni indicano che, senza unâ??azione decisa, la quantitÃ di COâ?? atmosferica potrebbe addirittura triplicare.
- Ma perchÃ© questo aumento ci preoccupa? In questo video, esploreremo anche le evidenze sul ruolo della COâ?? nellâ??effetto serra globale, analizzeremo i dati scientifici piÃ¹ rilevanti e prenderemo in esame le principali critiche e obiezioni sollevate nel dibattito sul cambiamento climatico, compatibilmente con lo spazio di un video non troppo lungo. RimanderÃ² invece le conclusioni piÃ¹ allarmistiche derivanti dagli ultimissimi dati, perchÃ© il meglio Ã¨ sempre meglio lasciarselo in fondo.

Sezione 1: Cosâ??Ã¨ la COâ?? e perchÃ© Ã¨ importante?

- Qualche rapida pillola di storia. Lâ??anidride carbonica o biossido di carbonio o, chimicamente, COâ?? Ã¨ stata scoperta nel 1754 dal chimico irlandese Joseph Black **(Immagine Joseph Black)**. Il suo ruolo fondamentale nella respirazione animale Ã¨ stato scoperto da Antoine Lavoisier nel 1777 **(Immagine Lavoisier)** e quello che essa riveste nella respirazione delle piante, da Jan Ingenhousz **(Immagine Ingenhousz)** nel 1779. Fu infine Svante Arrhenius **(Immagine Arrhenius)**, del quale riparleremo, che nel 1896 intuÃ¬ e dimostrò per primo il ruolo che la CO2 ha nellâ??effetto serra. Effetto serra che, me lo stavo dimenticando, fu ipotizzato per primo da Fourier **(Immagine Fourier:6)**, il grande matematico, nel 1827 .
- La COâ??, come dicevamo, Ã¨ un gas che ha un ruolo fondamentale nella respirazione delle piante e degli animali, ma Ã¨ anche una parte largamente minoritaria nella composizione dellâ??aria che in questo istante respirando. La COâ?? Ã¨ mediamente appena lo 0,04% dellâ??aria respirabile, cioÃ¨ 400 parti per milione. Ma nonostante questo suo peso marginale anche un aumento di poco conto di questa quantitÃ puÃ² avere effetti significativi sullâ??effetto serra e sul bilancio energetico del pianeta, nonchÃ© diventare leggermente tossica per gli animali, uomini compresi, nella vita di tutti i giorni. Tranquilli comunque, la COâ?? diventa letale per lâ??uomo a concentrazioni superiori al 5% quindi i suoi effetti sul clima ci uccideranno molto prima che si raggiunga simili concentrazioni!
- **(Immagine effetto e gas serra: 7)** Tutti i gas serra, e la COâ?? non fa eccezione, giocano un ruolo vitale perchÃ© la Terra rimanga abitabile: essi agiscono lasciando passare i raggi solari e trattenendo poi parte del calore che ne deriva, emesso dalla superficie terrestre sotto forma di radiazione infrarossa. Ã? questo il fenomeno noto come **effetto serra**, per analogia alle serre in cui si coltivano i vegetali, e che hanno proprio lo scopo di trattenere il calore, durante lâ??inverno. Ã? questo meccanismo che mantiene stabile la temperatura media globale, a livelli compatibili con la vita, impedendo alla terra di diventare una palla di neve rotante o un inferno di calore bruciante. Ã? ancora questo fenomeno ciÃ² che ha trasformato il pianeta quasi-gemello della Terra, Venere, nel luogo piÃ¹ inospitale del sistema solare, con temperature massime alla superficie di 460Â°C. **(Immagine Venere 8)**
- Lo studio quantitativo dellâ??effetto serra passa anche per la misurazione del cosiddetto forzante radiativo, che rappresenta la misura dellâ??effetto climatico di una variazione nella concentrazione di gas serra. Il forzante radiativo, praticamente, misura come varia la permeabilitÃ dellâ??atmosfera allâ??energia entrante e uscente, al variare delle componenti dellâ??atmosfera. Se il forzante Ã¨ positivo, allora la superficie terrestre si riscalderÃ , se Ã¨ negativo, viceversa, si raffredderÃ . Chiaramente il nostro pianeta ha avuto finora, sul lungo periodo, un forzante radiativo mediamente neutro, grazie alla sua grande inerzia termica, dovuta principalmente alla capacitÃ di assorbire energia, la capacitÃ termica, dellâ??acqua degli oceani. Ci sono poi svariati meccanismi di retroazione che si innescano quando il sistema tende a uscire da una certa fascia di â??abitabilitÃ â?•. Tutto questo tende a creare una vera e propria omeostasi, un equilibrio che ha, almeno fino a questa epoca, consentito alla vita di prosperare su un pianeta mediamente piuttosto

Â© Gregorio Galli

ospitale. Beh, in realtÃ lâ??unico, assolutamente lâ??unico luogo ospitale di tutto il nostro sistema solare. Ci sono alcuni segnali che fanno pensare che si sia superato un punto di non ritorno, ma per il catastrofismo ho detto che avrei aspettato la fine. Anche se devo confessare che mi viene spesso da pensare che siamo andati vicinissimi ad avere due pianeti abitabili, nel sistema solare mentre stiamo rischiando di rimanere con nessuno e basta.

- Andiamo avanti. **(Immagine metano 9)** La COâ?? Ã¨ solo uno tra vari gas serra. Uno che tutti conoscete, tra i piÃ¹ importanti, Ã¨ il metano (CHâ??). Anche di questo gas, purtroppo, stiamo rilasciando in atmosfera grandi quantitÃ ogni giorno, mai viste sul pianeta da quando si Ã¨ evoluta la vita pluricellulare, câ??Ã¨ motivo di pensare. Lo disperdiamo, per esempio, durante lâ??attivitÃ estrattiva di petrolio e gas naturale, poi ci sono i rilasci accidentali durante il trasporto e lo stoccaggio di combustibili fossili, e poi lâ??agricoltura, in particolare la digestione enterica dei ruminanti (i cosiddetti â??rutti di muccaâ?•) e la fermentazione dei rifiuti organici nelle discariche. Le fonti naturali di metano, ci sono anche loro, vanno dalle emissioni dalle zone umide, delle marcite, dei fondali marini, e insomma un poâ?? tutta la decomposizione anaerobica della materia organica. Il metano, pur essendo molto meno abbondante della COâ?? â?? altrimenti saremmo giÃ tutti molto depressi, dato che Ã¨ uno degli effetti del respirare questo gas, curiosamente -, ma ha un potenziale di alterare il forzante radiativo circa 25 volte superiore a quello della COâ??. Una minima consolazione viene dal fatto che il metano rimane nellâ??atmosfera per un periodo molto piÃ¹ breve della COâ??, un decennio o giÃ¹ di lÃ¬. Poi si ossida ma, come ti sbagli, alla fine il pessimo ma fuggevole metano si trasforma in una assai piÃ¹ persistente COâ?? con accompagnamento di acqua. Il vapore acqueoâ?¦ Ci torniamo tra breve. Comunque rimane il fatto che lâ??elevato potere di riscaldamento globale del metano durante questo periodo consiglierebbe davvero di cercare di non bucare gasdotti e di non spanderlo ovunque come facciamo adesso.
- **(Immagine protossido e cfc: 10)** Poi, altri gas serra sono, per esempio, il protossido di azoto (Nâ??O), e vari gas fluorurati, parenti del famigerato CFC dei vecchi frigoriferi. Questi gas hanno tutti un potenziale di riscaldamento globale molto piÃ¹ alto della COâ??, ma sono presenti in quantitÃ molto piÃ¹ piccole e inoltre, in alcuni casi, la loro struttura chimica fa si che spariscano dallâ??atmosfera nei cicli naturali o per semplice ossidazione in tempi relativamente brevi. In altri hanno una vita anche di un migliaio di anni, stimata.
- **(immagine quantitÃ percentuali gas serra 11)** Infine unâ??altra componente dellâ??atmosfera che regola la sua permeabilitÃ ai raggi solari in arrivo e al calore in uscita Ã¨ il vapore acqueo, di cui accennavo poca fa. Il vapore acqueo Ã¨ senzâ??altro il gas serra piÃ¹ importante di tutti, avendo una capacitÃ termica enorme. Ã? un fatto perÃ² che non stiamo costantemente a preoccuparci del vapor acqueo atmosferico. E il motivo Ã¨ piuttosto semplice. Il vapore acqueo Ã¨ parte del ciclo planetario dellâ??acqua ed Ã¨ in costante movimento tra cielo, mare e terra, con complessi scambi di energia. Senza la presenza del vapore acquo in atmosfera, insieme agli altri gas serra, la temperatura media del pianeta sarebbe prossima ai 20 gradi sotto zero, aveva stimato Fourier. Inoltre lâ??attivitÃ umana diretta rilascia, rispetto al ciclo dellâ??acqua, quantitÃ veramente irrisorie di vapore acqueo nellâ??atmosfera. Da questo punto di vista il vero pericolo Ã¨ lâ??instaurarsi di un feedback positivo, nel quale lâ??aumento delle temperature fa aumentare lâ??evaporazione degli oceani, facendo aumentare la quantitÃ di vapore in atmosfera, il che farebbe aumentare in modo ricorsivo il forzante radiativo, portandoci chissÃ dove. Uno di quei meccanismi che potremmo aver giÃ rotto, per lâ??appunto. Ancora una volta i fenomeni legati al ciclo dellâ??acqua sono estremamente complessi e ancora devono essere meglio compresi. Con lâ??atmosfera, dâ??altra parte, Ã¨ un poâ?? sempre questa, la musica.
- **(Immagine curva di Keeling: 12)** Ma torniamo al nostro gas preferito. La COâ?? si distingue dagli altri gas serra per due ragioni principali:
    1. La sua concentrazione Ã¨ aumentata notevolmente e senza precedenti a causa delle attivitÃ umane, principalmente attraverso la combustione di combustibili fossili per la produzione di energia e i trasporti, per la deforestazione volta ad ottenere terreni agricoli o legname, e a causa

Â© Gregorio Galli

dellâ??agricoltura intensiva, che emette grandi quantitÃ di gas serra, inclusa la COâ??, attraverso processi come la lavorazione del suolo, lâ??allevamento degli animali e lâ??uso di fertilizzanti.
2. Ma il punto Ã¨, come accennavo poco fa, la longevitÃ atmosferica di questo gas. Una molecola di COâ?? puÃ² rimanere indisturbata nellâ??atmosfera per centinaia di anni, contribuendo allâ??effetto serra sul lungo termine.

- Vedremo quindi, passo dopo passo, come la COâ??, pur costituendo una frazione minima dei gas serra, abbia un ruolo fondamentale nel riscaldamento globale, a causa della sua capacitÃ di destabilizzare lâ??effetto serra naturale, che in passato garantiva condizioni climatiche stabili e mediamente confortevoli.

Sezione 2: Lâ??aumento della COâ?? e le sue evidenze scientifiche

- La concentrazione di COâ?? nellâ??atmosfera ha mostrato un aumento significativo a partire dalla rivoluzione industriale. La variazione periodica precedente della COâ?? Ã¨ documentata da numerose fonti, soprattutto studi paleoclimatici effettuati tramite lâ??analisi delle carote di ghiaccio, la misurazione di bolle dâ??aria intrappolate nel ghiaccio polare e lâ??analisi dei sedimenti marini, che contengono tracce chimiche legate alle concentrazioni atmosferiche passate. Invece le prime misurazioni dirette della COâ?? atmosferica sono dovute al giÃ citato Svante Arrhenius che, alla fine del XIX secolo, fu il primo a stimare quantitativamente il rapporto delle variazioni di COâ?? con lâ??effetto serra. I suoi calcoli, seppur rudimentali rispetto agli standard odierni, mostrarono che un raddoppio della COâ?? atmosferica avrebbe potuto aumentare la temperatura media globale di vari gradi centigradi.
- Da quel momento in poi le misurazioni dirette della COâ?? atmosferica sono progredite e oggi ci consentono di delineare la cosiddetta curva di Keeling, che vedete nellâ??immagine, basata sulle rilevazioni iniziate da Charles Keeling nel 1958 presso lâ??Osservatorio di Mauna Loa (*mostrare foto del mauna loa observatory*), alle Hawai, e che sono diventate sempre piÃ¹ precise e validate statisticamente. (*mostrare la curva di keeling*) Questi studi dimostrano senza possibilitÃ di errore un aumento costante della COâ?? atmosferica nellâ??ultimo secolo, e i dati raccolti sono fondamentali per comprendere il possibile trend nel prossimo futuro e per correlare lâ??incremento delle emissioni antropiche allâ??aumento della concentrazione di COâ??.
- **(Immagine carotaggi: 13)** Ho accennato agli studi paleoclimatici. Soprattutto le analisi delle carote di ghiaccio, effettuate fino alla profonditÃ di 3.600 metri, come quelle condotte nei siti della base russa Vostok e di quelle del progetto europeo EPICA, entrambe in Antartide, e delle rilevazioni fatte in groenlandia dai Greenland ice core project e Greenland Ice Sheet Project. Si vede subito dal grafico ricavato che tutti questi carotaggi mostrano che le concentrazioni di COâ?? odierne superano di gran lunga i livelli piÃ¹ alti registrati negli ultimi 800.000 anni. Questi studi confermano che lâ??attuale aumento Ã¨ senza precedenti in tempi geologicamente recenti. Nel video precedente mi sono basato molto su questo grafico (mostrare grafico della co2 nel ghiaccio â?? **(Immagine co2 800.000: 14)** â?? che mi piace davvero tanto perchÃ© fa davvero davvero paura! Qui sono riportati gli andamenti nella percentuale relativa di COâ?? disciolta, un poâ?? come nellâ??acqua frizzante, nellâ??acqua che si andava brinando (scritta: Brinazione: il passaggio di stato inverso della sublimazione, direttamente dallo stato gassoso a quello solido), e accumulandosi cosÃ¬ sotto forma di ghiaccio, strato dopo strato, sulla superficie gelata dellâ??Antartide. In questo senso i ghiacci antartici sono una memoria relativamente a lungo termine del clima del mondo e facendo degli scavi verticali possiamo andare a ricercare informazioni sullâ??atmosfera in tempi anche relativamente remoti. 800.000 anni appunto. Di questo grafico ho parlato abbondantemente nel video precedente ma comunque ricomparirÃ anche qui, per altri scopi. Per ora andiamo oltre.
- **Le fonti di emissione della co2: (Immagine fonti co2: 15)** Ormai questo lo sapete, immagino e poi mi sa che lâ??ho giÃ detto: I settori principali che contribuiscono a queste emissioni includono la combustione di combustibili fossili, la deforestazione e lâ??agricoltura intensiva. I dati raccolti duna serie lunghissima di enti internazionali dimostrano in modo solido che queste attivitÃ rappresentano la principale causa

Â© Gregorio Galli

dellâ??aumento di COâ?? atmosferica.

- **Proiezioni future: (Immagine proiezione futura co2: 16)** Gli scenari climatici sviluppati dallâ??IPCC indicano che, senza interventi significativi, la concentrazione di COâ?? potrebbe continuare a crescere rapidamente, con impatti potenzialmente disastrosi sul clima globale. Un importante studio di Niall Mac Dowell e altri recita, e cito: â??Le emissioni antropogeniche di COâ?? nel periodo 2000â??2014 sono cresciute a un tasso medio del 2,6% allâ??anno, in contrasto con un tasso medio dellâ??1,72% allâ??anno nel periodo 1970â??2000. Infatti, nel periodo 2010â??2014, le emissioni sono aumentate da circa 31,9 a 35,5 Gigatonnellate di COâ?? allâ??anno, con un tasso medio del 2,75% allâ??anno. Con lâ??eccezione di una riduzione di un anno tra il 2008 e il 2009, ogni anno di questo secolo ha registrato un aumento anno su anno delle emissioni antropogeniche di COâ??.â?• Fine citazione. Lâ??immagine che vedete invece Ã¨ piÃ¹ possibilista: ci fornisce vari scenari, a seconda di quelle che saranno le politiche da adesso ai prossimi anni. Che ne pensate?
- Tirando un poâ?? le somme di quanto detto fin qui, lâ??evidenza del grande e costante aumento della co2 atmosferica sono solide e la relazione di questo aumento con le attivitÃ umane pare ormai impossibile da mettere in discussione. Passiamo adesso a un altro aspetto della questione: le evidenze scientifiche del cambiamento climatico, senza le quali saremmo tutti qui a perdere tempo.

Â© Gregorio Galli

Sezione 3: Le evidenze scientifiche del cambiamento climatico

- Dubbi che sia in corso un cambiamento climatico? Vediamo perchÃ© avete torto marcio, allora. Dai!
- Sulla temperatura i dati storici sono piÃ¹ abbondanti di quelli sulla CO2, ovviamente, e piÃ¹ antichi, perchÃ© abbiamo iniziato a misurare la temperatura dellâ??aria fin da quando Galilei reinventÃ² il primo termometro, il termoscopio, nel 1593. Grazie a rilevamenti e registrazioni prima manuali poi attraverso le stazioni meteorologiche oramai ovunque nel mondo â?? solo io ne ho 3, collegate a server di raccolta dati â?? Ã¨ stato possibile documentare un aumento significativo delle temperature medie globali negli ultimi 150 anni. Ed ecco la curva che ne deriva **(Immagine temperature: 17)**. Si parla sempre di temperatura media MONDIALE, quindi un parametro non banale da calcolare, soprattutto per la scarsa distribuzione geografica dei dati piÃ¹ antichi, ma su cui sono stati fatti molti studi, fino a raggiungere unâ??attendibilitÃ molto alta.
- Se questo non bastasse, sempre grazie agli studi paleoclimatici, sempre grazie a quelle stesse carote di ghiaccio antartico di cui abbiamo parlato per la misurazione della COâ?? in tempi preistorici, abbiamo potuto ricostruire anche lâ??andamento delle temperature negli ultimi 800.000 anni. Questo Ã¨ stato possibile grazie a un sistema piuttosto complicato, tramite, detta in breve, lâ??analisi degli isotopi stabili di ossigeno e idrogeno intrappolati nel ghiaccio. Ed ecco il grafico di queste temperature **(Immagine paleotemperature: 18)**. Come si vede, lâ??andamento passato della temperatura media era piÃ¹ o meno ciclico. Questo particolare grafico non Ã¨ particolarmente drammatico, perchÃ©, non ce lo scordiamo, si riferisce alle temperature in antartide. CiÃ² che Ã¨ importante valutare sono le temperature medie mondiali, cioÃ¨ il grafico di prima (lo faccio rivedere).
- temperature medie mondiali sempre comunque sotto gli 11Â° centigradi. Il recente, forte incremento, coincide con il periodo dalla rivoluzione industriale ad oggi. Lascio a voi trarre lâ??ovvia conclusione. Vi ricorda qualcosa, questo particolare grafico? Ci torniamo tra un poco.
- **Come prova del fatto che qualcosa nel clima Ã¨ davvero cambiato e sta cambiando ci sono poi i fenomeni climatici estremi. (Sfondo video tempestoso)** Lâ??aumento della temperatura globale Ã¨ associato a una maggiore frequenza e intensitÃ di fenomeni climatici distruttivi, come uragani, ondate di calore, inondazioni e siccitÃ . Studi statistici dimostrano che questi eventi sono diventati sempre piÃ¹ comuni negli ultimi decenni, rispetto al passato. La parola chiave qui Ã¨ â??statisticiâ?•. Non vale quanto freddo sentite a gennaio, come parametro, perchÃ© su questi fenomeni, come su tanti altri, lâ??unica conclusione valida che si puÃ² trarre deve essere corroborata da un grande numero di dati osservati.

Altrimenti Ã¨ aneddotica a un livello di prevedere il tempo con i dolori.

- **Un altro fenomeno che si sta attivamente monitorando Ã¨ la progressiva acidificazione degli oceani. (Immagine acidificazione: 19)** Come ho giÃ accennato questo fenomeno Ã¨ legato allâ??assorbimento della sempre piÃ¹ abbondante COâ?? da parte degli oceani, che ha portato a unâ??acidificazione significativa delle acque, con impatti giÃ molto gravi sugli ecosistemi marini, in particolare sui coralli e sulla fauna calcarea. Se vi siete fatti una vacanza negli ultimi 10 anni alle Maldive avrete visto il fenomeno con i vostri occhi, come Ã¨ capitato a me. Intaccando la vita marina si ottiene un altro potenziale feedback positivo, perchÃ© anche il fitoplancton ha un ruolo importante nel ciclo della CO2. Un altro meccanismo di omeostasi che potrebbe essersi rotto.
- **(Immagine ghiacciai: 20) Câ??Ã¨ poi una costatazione facile da fare per ogni italiano. Basta salire in macchina e farsi qualche ora di strada per verificare lo scioglimento dei ghiacciai un tempo perenni con i propri occhi.** Le temperature crescenti hanno accelerato lo scioglimento dei ghiacci polari e dei ghiacciai montani, residuo e memoria dellâ??ultima era glaciale. Non Ã¨ complicato rendersi conto che, dove un tempo câ??era ghiaccio â??eternoâ?• oggi Ã¨ rimasta solo ghiaia.
- **(Immagine global ICE viewer: 21)** Questi ghiacci, la parte che fino ad oggi appoggiava sulla solida terra, con buona pace di Mel Gibsonâ?¦ se non sapete a cosa mi riferisco ve lo lascio in fondo al videoâ?¦ vabbÃ¨. Dicevo, ghiacciai montani, calotta antartica e groenlandia appunto, stanno contribuendo allâ??innalzamento del livello del mare, ulteriore evidenza del clima che cambia e della tendenza di questo cambiamento. A questo proposito vi consiglio di andare a visitare il Global Ice Viewer della NASA. Vi lascio il link in descrizione.
- **(Immagine ghiaccio che si scioglie: 22)** Oltre allâ??innalzamento del livello dei mari, che non farÃ molto piacere alle comunitÃ costiere nei prossimi secoli, forse piÃ¹ grave Ã¨ un altro fenomeno. Il fatto Ã¨ che praticamente tutto il ghiaccio mondiale Ã¨ costituito di acqua dolce, incluso quello immerso in mare, nellâ??Artide. Di conseguenza lo scioglimento di queste grandi masse di ghiaccio diluisce lâ??acqua marina cambiandone il tenore salino e la densitÃ , con effetti potenzialmente catastrofici sulla vita marina e qui si ritorna al feedback positivo di cui parlavo per la questione dellâ??acidificazione, dovuto alla distruzione del fitoplancton ma solo. Infatti il ghiaccio si scioglie piÃ¹ rapidamente in acqua meno salata. La nostra collezione di feedback positivi si arricchisce quindi di un altro paio di elementi. Ma non basta! PerchÃ© diluendosi lâ??acqua marina diventa meno densa e, sottilmente, aumenta anche il proprio volume. Ã? un effetto piccolo, ma si somma a tutti gli altri, a livello globale.
- **(Immagine modelli climatici: 23) Ma andiamo avanti. Infine veniamo ai modelli climatici:** I modelli matematici costruiti per studiare il clima, che modellizzano lâ??atmosfera suddividendola e analizzandola tramite i mezzi della fisica e della chimica, viste anche tutte le evidenze di cui abbiamo parlato, confermano che lâ??aumento delle temperature Ã¨ in gran parte collegato alle emissioni di gas serra. Quando in questi modelli inseriamo solo fattori naturali infatti, come per esempio le variazioni dellâ??attivitÃ solare e le eruzioni vulcaniche, non riescono a spiegare il riscaldamento osservato. Solo includendo le attivitÃ umane si ottiene una rappresentazione accurata.

Â© Gregorio Galli

Sezione 4: Le prove scientifiche del ruolo della COâ?? nello squilibrio dellâ??effetto serra atmosferico

(Video incendio) Quindi verrebbe da dire, a questo punto, che le evidenze dellâ??aumento oramai fuori controllo della COâ?? si siano accumulate abbastanza da consentirci di affermare che, salvo inaspettate e nuove prove del contrario, il fenomeno Ã¨ accertato e che tutto questo dovrebbe bastare anche al piÃ¹ duro, duro di testa dico, dei negazionisti, ma visto che siamo per strada facciamone un altro pezzo insieme e vediamo, una volta stabilito che la co2 Ã¨ in aumento vertiginoso e che la temperatura sta anchâ??essa aumentando in modo molto preoccupante, come le due cose non sono semplicemente correlate ma che tra loro câ??Ã¨ unâ??evidente rapporto di causa ed effetto.

CioÃ¨, per ribadire lâ??ovvio, la tesi successiva che vogliamo dimostrare, e che la base della spinta per lâ??urgente decarbonizzazione delle attivitÃ umane, Ã¨ che la COâ?? svolga un ruolo chiave nel riscaldamento globale, a causa del suo contributo alla modifica in positivo del forzante radiativo. Come ho detto qui bisogna superare la mera correlazione e stabilire una volta per tutte un forte nesso causale.

(Immagine causazione e correlazione: 24) Per evitare malintesi, e solo per chi non ha ancora chiara la differenza, â??correlazioneâ?• indica che due variabili si muovono insieme, mentre â??nesso causaleâ?•, o â??causazioneâ?•, allâ??inglese, significa che una variabile Ã¨ causa dellâ??altra: quindi Ã¨ sempre importante tenere presente che la semplice correlazione non implica causalitÃ . Molti, a quanto pare, non capiscono questo semplice concetto. Adesso Ã¨ chiaro? No? Andatevelo a vedere su Internet.

Bene, dicevo che il nesso causale tra andamento della CO2 e la temperatura globale Ã¨ stato studiato approfonditamente e confermato attraverso molteplici linee di ricerca:

- **(Immagine rapporto IPCC: 25)** Lâ??IPCC ovvero il Gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico, il piÃ¹ importante organo scientifico di ricerca sul cambiamento climatico, ha raccolto una mole enorme di questi dati, riassunti nei suoi rapporti periodici. Per quanto si sia fatto e disfatto, con non poche collaborazioni non saprei quanto involontarie anche dallâ??interno, per minare lâ??autorevolezza di questa istituzione, rimane comunque un gruppo di ricerca di altissimo profilo e, per i suoi 6 rapporti, a partire da quello del 1990, ha raccolto, analizzato e sintetizzato dati globali, fin da quelli di Svante della fine del XIX secolo, dimostrando con un alto grado di confidenza che il forte aumento delle temperature medie globali dalla metÃ del XX secolo Ã¨ attribuibile alle emissioni umane di gas serra, in particolare di COâ??. Modelli climatici sofisticati hanno confermato che senza lâ??aumento di COâ??, il riscaldamento osservato non sarebbe spiegabile.
- **(Immagine temperatura e co2: 26) Tornando ancora una volta ai carotaggi del ghiaccio,** ecco di nuovo il nostro grafico, le analisi di questi campioni, condotte in Antartide e Groenlandia, mostrano una stretta correlazione tra percentuale di COâ?? in atmosfera e le temperature degli stessi periodi. Abbiamo visto i due grafici separatamente. Adesso guardiamoli sovrapposti. Vedete. Ã? quindi evidente che questi studi non solo rivelano che i livelli attuali di COâ?? e di temperatura superano di gran lunga qualsiasi valore registrato in epoche recenti, confermando la natura eccezionale dellâ??attuale aumento, ma forniscono quella che appare a chiunque non sia cieco unâ??evidenza sul collegamento causale tra lâ??andamento della temperatura e dello della COâ?? nellâ??atmosfera, anche in tempi preistorici.
- Come se questo non bastasse, gli studi sul bilancio radiativo terrestre, basati sulla fisica dei gas, mostrano in modo diretto e sperimentale come lâ??aumento della COâ?? ha incrementato la capacitÃ dellâ??atmosfera di trattenere calore.

Â© Gregorio Galli

E insomma, le prove raccolte dimostrano chiaramente che la COâ?? rilasciata dallâ??attivitÃ umana Ã¨ uno dei principali responsabili dello squilibrio climatico attuale, e che non sono opzionali il monitoraggio ma soprattutto la riduzione urgente delle emissioni. Pensateci, ogni volta che mettete in moto la vostra auto. Io lo faccio, anche se non serve a niente.

[Sezione 5: Le obiezioni al ruolo della COâ??]

(Immagine vignetta: 27) Ma siccome voglio essere il piÃ¹ esaustivo possibile, anche se a questo punto io sono piÃ¹ stremato di voi, ve lo assicuro, diamo anche un poâ?? di spazio ad alcune obiezioni al ruolo della CO2 nel cambiamento climatico:

- **Vapore acqueo:** Alcuni critici sottolineano che il vapore acqueo Ã¨ il gas serra piÃ¹ abbondante nellâ??atmosfera. Tuttavia, va chiarito che il vapore acqueo funziona principalmente come un feedback

climatico: la sua concentrazione non Ã¨ regolata direttamente dalle attivitÃ umane, ma dipende dalla temperatura globale. Quando la COâ?? o altri gas serra causano un aumento delle temperature, lâ??evaporazione dagli oceani incrementa la quantitÃ di vapore acqueo in atmosfera, che a sua volta amplifica ulteriormente lâ??effetto serra. Questo fenomeno, noto come feedback positivo, rende il vapore acqueo un amplificatore del riscaldamento indotto dalla COâ??, piuttosto che una causa primaria, dato che altrimenti il suo aumento in atmosfera non sarebbe spiegabile.

- **Saturazione delle bande di assorbimento:** Câ??Ã¨ chi sostiene che la COâ?? abbia giÃ saturato le bande di assorbimento della radiazione infrarossa. La saturazione delle bande di assorbimento della radiazione infrarossa si riferisce allâ??idea che, oltre una certa concentrazione di COâ??, il gas non possa piÃ¹ trattenere ulteriore calore perchÃ© tutte le bande spettrali rilevanti sono completamente â??satureâ??. Tuttavia, questo punto di vista Ã¨ fuorviante perchÃ© lâ??assorbimento della radiazione infrarossa non avviene solo nelle bande centrali, ma anche nelle ali delle bande spettrali. Allâ??aumentare della concentrazione di COâ??, queste ali continuano a contribuire allâ??effetto serra, aumentando ulteriormente il riscaldamento globale. Gli studi dimostrano che, a causa di questo fenomeno, lâ??effetto riscaldante della COâ?? non si satura e la sua capacitÃ di intrappolare calore resta significativa anche a concentrazioni piÃ¹ elevate. Cito da uno studio dello Institute for Climate Change, dellâ??Imperial College di Londra : â??Concludiamo che, man mano che la concentrazione di CO2 nellâ??atmosfera terrestre continua a salire, non si verificherÃ alcuna saturazione nella sua capacitÃ di assorbire radiazioni e, di conseguenza, non si puÃ² essere compiacenti riguardo al suo potenziale di ulteriore riscaldamento del climaâ?•. Fine citazione.
- Il clima del nostro pianeta esiste perchÃ© esiste il Sole e tutti i cicli naturali sono mossi e tenuti in vita da questo enorme motore nucleare. Non stupisce quindi che alcuni affermino che il riscaldamento globale sia principalmente causato da variazioni nellâ??attivitÃ solare. Tuttavia, le analisi sembrano mostrare che, particolarmente negli anni recenti, lâ??attivitÃ solare Ã¨ stata relativamente costante e non in uno dei suoi periodi piÃ¹ capricciosi e questo farebbe pensare che non possa spiegare lâ??attuale aumento della temperatura. Ovviamente la questione Ã¨ complessa e non Ã¨ facile stabilire le variazioni nel passato dellâ??output energetico solare. Comunque, le oscillazioni di temperatura passate sono state studiate in molti modi. Troverete tra le fonti diversi studi sullâ??argomento, perchÃ© mi ci sono rotto la testa proprio per capire in modo approfondito a che punto siamo su questo aspetto nodale. Ebbene, lâ??andamento delle temperature e la percentuale di CO2 nellâ??atmosfera sembrano essere stati, nel famoso periodo degli 800.000 anni, quasi perfettamente accoppiati. Non so cosa ci possa volere di piÃ¹ per farsi passare anche gli ultimi dubbi su questo nesso causale. Anzi, no, una proposta ce lâ??ho, ma ve la dico in fondo.
- **(Immagine vignetta: 28)** Naturalmente, Ã¨ nella natura della comunitÃ scientifica: oltre i molti scappati di casa negazionisti, rimangono anche alcuni scienziati seri e con posizioni critiche. Figure come, per esempio, Richard Lindzen e Roy Spencer, hanno messo in discussione lâ??entitÃ del contributo antropico al riscaldamento globale, sostenendo che la sensibilitÃ climatica alla COâ?? possa essere inferiore a quanto stimato. Tuttavia, la loro posizione Ã¨ minoritaria, mentre il consenso sulle conclusioni degli studiosi si Ã¨ fatto sempre piÃ¹ solido, pur rimanendo ancora molto da capire e da studiare, sulle dinamiche enormemente complesse dellâ??atmosfera.
- **(Immagine vignetta: 29)** E qui un fatto deve essere ben chiaro, un fatto che ha a che fare con il funzionamento stesso della scienza: la scienza non Ã¨ veritÃ , ma Ã¨ fatta del consenso di una larga maggioranza degli esperti rispetto a certe evidenze sperimentali e a certe conclusioni. Ã? cosÃ¬ che funziona ed Ã¨ in questo modo che la scienza ci ha dato tutto quanto abbiamo conseguito fino ad oggi, attraverso il dibattito, lo scontro e poi il consenso. In questo ambito il dissenso ha il ruolo fondamentale di continuare a mettere in discussione anche le conoscenze piÃ¹ consolidate. Anche la certezza scientifica piÃ¹ incrollabile puÃ² cadere, se si producono delle evidenze inoppugnabili. Ma finchÃ© questo non succede il largo consenso degli esperti Ã¨ di per sÃ© una prova scientifica. Non il voto degli utenti di tweetter, badate bene, quello degli specialisti di un certo campo, espresso tramite le loro pubblicazioni in revisione paritaria. Ma ora sono andato fuori tema e quindi vado verso la fine.

Â© Gregorio Galli

Sezione 5: Sintesi del dibattito

- Allora, riepilogando, lâ??attuale dibattito sul ruolo della COâ?? nel cambiamento climatico si articola intorno a due posizioni principali:
    1. **Il consenso scientifico, largamente maggioritario:** La COâ?? Ã¨ un fattore di forzamento climatico determinante, il cui aumento Ã¨ direttamente legato alle attivitÃ umane. Questa posizione Ã¨ supportata da modelli climatici, dati osservativi e studi paleoclimatici.
    2. **Le posizioni scettiche:** Pur sollevando questioni interessanti, le posizioni critiche non offrono spiegazioni alternative sufficientemente solide per i trend osservati.
- Un punto di accordo tra tutti gli esperti Ã¨ che esistono ancora incertezze su alcuni aspetti specifici, come i feedback delle nuvole, ma queste non possono in alcun modo mettere in dubbio il ruolo della COâ?? come principale driver del riscaldamento globale.

Sezione 6: una proposta intellettualmente operativa

- **(Video fiamme)** E siamo alla fine.
- Usando unâ??espressione che non mi piace dirÃ²: â??la scienza ci diceâ?• che lâ??aumento della COâ?? prodotta dallâ??umanitÃ Ã¨ una delle cause principali dei cambiamenti climatici. Questo problema non Ã¨ solo ambientale, ma ha profonde implicazioni sociali, economiche e politiche.
- PerÃ², anche se non fossimo pienamente convinti di quello che sta accadendo al nostro pianeta, il principio di precauzione deve essere lâ??ultima pietra sulla tomba del nostro ultimo dubbio. Ã? certo che la materia climatica Ã¨ una delle piÃ¹ complesse che lâ??uomo abbia mai studiato ed Ã¨ pure certo che in ballo ci sono enormi interessi, non certo le solite piccinerie accademiche, ma interessi che hanno a che fare col gettare il mondo nel caos economico sia agendo, sia non agendo e col mettere in crisi le posizioni di privilegio dei piÃ¹ ricchi e dei piÃ¹ potenti. Ma peccare di inazione Ã¨ la peggior linea di comportamento possibile, perchÃ© nellâ??agire possiamo trovare per via soluzioni innovative, mentre continuare a guardare il cielo farÃ solo sÃ¬ che il tempo decida per noi e ci seppelisca lÃ¬, dove siamo rimasti immobili. In questo il principio di precauzione ci aiuta. Dato tutto quello che ci siamo detti, questo principio ovviamente ci impone di porre un freno alle nostre emissioni di anidride carbonica e, come ho detto altrove, iniziare a preoccuparci come riparare a quello che abbiamo fatto finora.
- Vi avevo promesso di chiudere su una nota di pessimismo. I dati del 2024 sono tremendi, questâ??anno Ã¨ stata superata, molto prima del previsto la soglia degli 1,5 gradi centigradi al di sopra della temperatura media dellâ??era pre-industriale ultimo di una serie di dieci anni che sono stati i dieci anni con la temperatura media mondiale piÃ¹ alta. Questo potrebbe voler dire che Ã¨ giÃ tardi e che le conseguenze di quello che sta succedendo potrebbero essere molto piÃ¹ temibili di quello che abbiamo fin qui immaginato. Non voglio fare il terrorista, vi assicuro. Ho resistito contro questo punto di vista fin quando ho potuto e ancora non ci voglio credere. I dati perÃ² sono terrificanti e intanto gli americani hanno rieletto un imbecille e un profittatore alla carica di presidente, che tra i primi atti ha cestinato tutti gli impegni americani per il contrasto al cambiamento climatico. Non fa certo ben sperare.
- Al momento la Cina sta fortemente spingendo verso lâ??elettrificazione, le energie rinnovabili e il nucleare. Ã? un fattore importante, dato che quel paese Ã¨ responsabile di un terzo delle emissioni di CO2. Ho perÃ² molti timori sulla stabilitÃ futura di questo sforzo. La crisi dellâ??economia convenzionale cinese per ora ha fatto sÃ¬ che il paese spingesse sempre piÃ¹ fortemente nella direzione della green economy, ma ovviamente ci sono dei limiti e poi, lâ??insorgere di un nuovo militarismo cinese potrebbe indurre il paese a cambiare nei prossimi anni le proprie prioritÃ , anche perchÃ©, al di lÃ del pacifico, lo stesso imbecille arancione di cui si diceva spingerÃ per aumentare le tensioni. Il che farÃ bene allâ??economia delle armi, ma non a quella ambientale, temo.

Â© Gregorio Galli

- E insomma, come possiamo fare? Non lo so, ma direi che lâ??unica chance Ã¨ obbligare i nostri governi in italia, in europa e nel mondo ad adottare tutte le misure necessarie per invertire i fenomeni attuali, prima di tutto facendo una scelta decisa e priva di tentennamenti a favore dellâ??energia nucleare, unica possibile fonte energetica che ci potrÃ consentire di affrontare questa sfida impossibile, coadiuvata dalle energie rinnovabili.
- Ogni altro scenario Ã¨ catastrofico.
- E con questo, un saluto!

Video Mel Gibson

Chiusura: Musica di sottofondo che sfuma su un immagine degli incendi della california.

Fonti principali:

- Svante Arrhenius, â??On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Groundâ?• (1896): www.jstor.org/stable/40670917?seq=1
- Charles David Keeling, dati dellâ??Osservatorio di Mauna Loa: keelingcurve.ucsd.edu/
- Rapporti IPCC, in particolare il Sesto Rapporto (AR6): ipccitalia.cmcc.it/
- Studi paleoclimatici comparazione degli studi sulle carote di ghiaccio, dati Vostok ed EPICA: en.wikipedia.org/wiki/European_Project_for_Ice_Coring_in_Antarctica
- Comparing the Epica and Vostok dust records during the last 220,000 years: stratigraphical correlation and provenance in glacial periods: doi.org/10.1016/j.earscirev.2003.10.004
- I critici â?? Richard Lindzen: it.wikipedia.org/wiki/Richard_Lindzen
- I critici â?? Roy Spencer: en.wikipedia.org/wiki/Roy_Spencer_(meteorologist)
- Dati NASA: www.earthdata.nasa.gov/topics/climate-indicators
- Dati NOAA: www.ncei.noaa.gov/cdo-web/
- Greenhouse gas: en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_gas
- Accumulo di calore: marine.copernicus.eu/it/explainers/why-ocean-important/heat-storage
- CORDIS â?? Risultati della ricerca dellâ??UE: cordis.europa.eu/article/id/20855-european-scientists-look-back-750000-years-through-antarctic-ice-core/it
- The role of CO2 capture and utilization in mitigating climate change: www.nature.com/articles/nclimate3231
- Collezione degli articoli di Nature dal titolo â??Targeting 1.5 Â°Câ?•: www.nature.com/collections/ktngcktwnm
- Climate Impact of Increasing Atmospheric Carbon Dioxide: pubs.giss.nasa.gov/abs/ha04600x.html
- The greenhouse effect and carbon dioxide: courses.seas.harvard.edu/climate/eli/Courses/global-change-debates/Sources/CO2-saturation/more/Zhong-Haigh-2013.pdf
- The sun-climate relationship in recent centuries: a review: doi.org/10.1177/030913339902300301
- Timing of Atmospheric CO2 and Antarctic Temperature Changes Across Termination III: doi.org/10.1126/science.1078758
- Synchronous Change of Atmospheric CO2 and Antarctic Temperature During the Last Deglacial Warming: doi.org/10.1126/science.1226368
- Orbital and Millennial Antarctic Climate Variability over the Past 800,000 Years: www.researchgate.net/profile/Enricomaria-Selmo/publication/6223217_Orbital_and_Millennial_Antarctic_Climate_Variability_over_the_Past_800000_Y and-Millennial-Antarctic-Climate-Variability-over-the-Past-800-000-Years.pdf
- climate.nasa.gov/interactives/global-ice-viewer/
- sealevel.nasa.gov/news/261/melting-ocean-ice-affects-sea-level-unlike-ice-cubes-in-a-glass/

A© Gregorio Galli

Categoria

1. Ambiente
2. Politica
3. Tecnologia

Data di creazione
02/02/2025
Autore
gregorio

Â© Gregorio Galli