

Ecologismi/2, Riccioli d'oro, di Giorgio Fallica

C'è una parola sempre citata dagli astronomi quando parlano della posizione privilegiata della Terra rispetto agli altri pianeti: Goldilocks [1]. La parola fa riferimento a una favola inglese:

C'era una volta una famiglia di orsi, che vivevano in una piccola casa nel bosco: Papà Orso, Mamma Orsa e Orsetto. Mentre gli orsi erano fuori casa, arrivò una piccola bimba chiamata Riccioli d'oro. Quando vide la casetta, si domandò chi mai potesse vivere là dentro, bussò più volte alla porta, nessuno rispose: la bimba allora aprì la porta ed entrò. Vide una tavola apparecchiata per tre. C'erano una ciotola grossa, una ciotola media e una ciotola piccola. Assaggiò la zuppa nella ciotola grossa, ma era troppo calda; quella della ciotola media, era troppo fredda; infine la ciotola piccola, vide che andava bene e se la mangiò tutta.

Poi entrò in un'altra stanza e vide tre sedie: una era grossa, un'altra media e c'era anche una sedia piccola, l'unica che poteva andare bene per lei. Vi si sedette con tanta forza, che la ruppe. Entrò in un'altra stanza dove c'erano tre letti: uno grosso e duro, un secondo grosso la metà ma troppo molle, e un letto piccolo che faceva proprio al caso suo: si accomodò per bene, si rimboccò le coperte e subito prese sonno...

La favola a noi sembra piuttosto stupida (a mio parere lo è), ma è molto famosa nei paesi anglofoni. Si intitola: Goldilocks and the three bears (Riccioli d'oro e i tre orsi). Goldilocks è diventato sinonimo di qualcosa che è *proprio giusta*. Eh, sì: la Terra occupa un "posto" proprio giusto. Non è troppo vicina al Sole, come Venere e Mercurio, o troppo lontana, come tutti gli altri pianeti. Perciò la temperatura sulla Terra non è né troppo calda, né troppo fredda: è proprio giusta.

La cosa fantastica, e niente affatto scontata, è che la temperatura sulla Terra si è mantenuta "proprio giusta" per 4 miliardi di anni. Altrimenti non saremmo qui a raccontarla. Se in tutto questo tempo la temperatura fosse andata oltre certi limiti, verso il basso o verso l'alto, la vita sulla Terra non sarebbe nata o si sarebbe estinta.

Tutti sanno che l'effetto serra provoca un pericoloso innalzamento della temperatura media sul pianeta. È vero, ma è un modo impreciso di dire le cose. L'effetto serra sulla Terra c'è sempre stato; di per sé, è un'ottima cosa. Sono le alterazioni dell'effetto serra il problema. L'effetto serra è infatti un meccanismo delicatissimo, che, se funziona bene, stabilizza la temperatura e quindi consente la vita. Se funziona male, distrugge la vita. Perciò è importante che tutti capiscano bene cos'è l'effetto serra, almeno nelle linee essenziali. Vediamo.

Cosa determina la temperatura di un pianeta? Facciamo prima il caso di un pianeta roccioso senza atmosfera o con un'atmosfera molto rarefatta: Marte, per esempio.

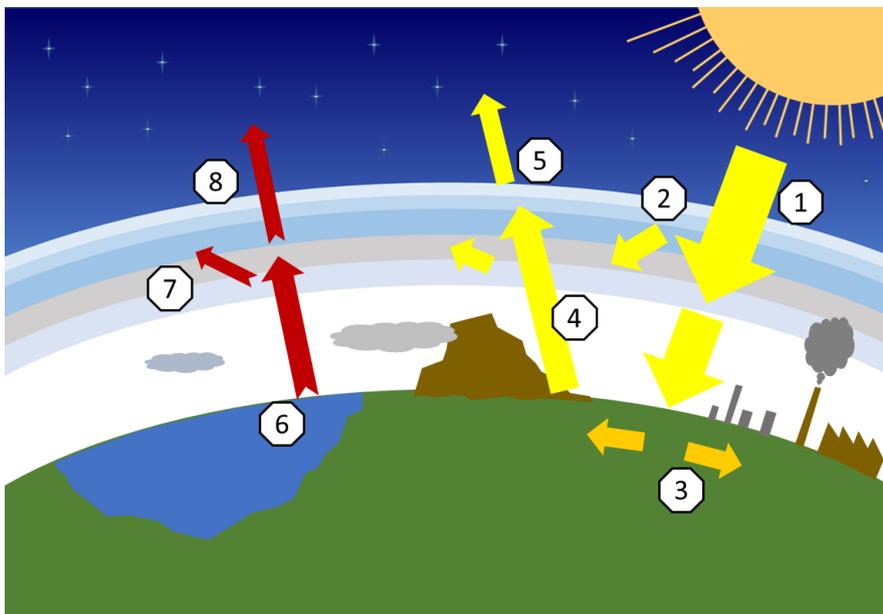
La temperatura diurna dipende da un bilancio piuttosto semplice: dal Sole arriva una certa quantità di luce e calore, che dipende dalla temperatura del Sole e dalla distanza di Marte dal Sole. Una parte di questa luce viene riflessa dal pianeta, come se fosse uno specchio. Questa luce si disperde nello spazio. In questo discorso, luce, energia e calore sono quasi sinonimi (in generale no). La luce che arriva dal Sole è energia, calore che arriva sul pianeta. Calore che entra, diciamo. La luce riflessa dal pianeta è calore che se ne va, che esce dal pianeta. La parte di luce che non viene riflessa nello spazio, riscalda la superficie di Marte: il suolo, le rocce, la sabbia. C'è un altro effetto di cui tener conto: tutti i corpi caldi riemettono calore, sotto forma di raggi infrarossi. La superficie di Marte, riscaldata dal Sole, riemette calore sotto forma di raggi infrarossi. I raggi infrarossi hanno tutte le

proprietà della luce, sono luce, ma l'occhio umano non li vede (la fotocamera del telefono invece li vede, fino a un certo punto). Dunque, riassumendo: la superficie marziana riceve la luce del Sole; una parte della luce la riflette, una parte di questa luce la assorbe come calore e una parte lo riemette, sotto forma di raggi infrarossi.

Vediamo ora cosa succede se invece un pianeta ha un'atmosfera. Sulla Terra, l'aria è una miscela di alcuni gas: soprattutto azoto, ossigeno, una piccola percentuale di argon e una ancora più piccola di anidride carbonica (CO₂). Inoltre, l'aria contiene anche vapor d'acqua in una percentuale variabile. Le atmosfere degli altri pianeti, quelli che ce l'hanno, sono miscele di gas diverse.

Il punto chiave per capire l'effetto serra è questo: l'aria è trasparente, ma fino a un certo punto. Un quarto della luce che arriva dal Sole è assorbito dall'aria, il resto arriva sulla superficie terrestre. Ricordiamo che la luce è calore: la luce assorbita dall'aria, riscalda l'aria. Inoltre, nell'aria ci sono dei gas, i cosiddetti gas serra, che assorbono i raggi infrarossi in modo molto efficiente: l'anidride carbonica, il metano e il vapor d'acqua. Quindi una buona parte dei raggi infrarossi, emessi dalla Terra, anziché disperdersi nello spazio, è assorbita dai gas serra.

Ripetiamo: una parte dell'energia, cioè della luce inviata dal Sole, è assorbita dall'aria, quando questa luce arriva sulla Terra. Un'altra parte di energia viene assorbita dai gas serra quando i raggi infrarossi sono emessi dalla superficie terrestre. Questa seconda quota di calore assorbito non ci sarebbe se non ci fossero i gas serra. I raggi infrarossi si disperderebbero tutti nello spazio e l'aria si riscalderebbe di meno. Questo è l'effetto serra. Grazie a questo meccanismo della natura, la Terra ha un clima mite, favorevole alla vita.



1. Luce in entrata
2. Luce assorbita dall'aria
3. Calore assorbito dalla superficie terrestre
4. Luce riflessa
5. Luce dispersa nello spazio
6. Raggi infrarossi emessi dalla superficie terrestre
7. Raggi infrarossi assorbiti dai gas serra
8. Raggi infrarossi che si disperdono nello spazio

Infatti, se non ci fosse l'effetto serra, la temperatura media della Terra sarebbe 18 gradi sotto lo zero. Ma dato che l'effetto serra c'è, la temperatura media della Terra è 15 gradi sopra lo zero. L'effetto serra aggiunge 33 gradi. Non sembrano tanti, ma a ben guardare sono quelli proprio giusti perché l'acqua si mantenga allo stato liquido: a 18 gradi sotto lo zero gli oceani sarebbero in gran parte ghiacciati. Se la temperatura media fosse più alta, l'acqua diventerebbe vapore velocemente (accelerando l'effetto serra, che la farebbe evaporare ancora di più). A 15 gradi sopra lo zero l'acqua

si mantiene liquida, perciò c'è vita. Se la Terra è Goldilocks, se è proprio fortunata, non è solo per la distanza dal Sole proprio giusta, ma anche perché l'effetto serra è proprio giusto [1].

Facciamo ora un passo avanti: bisogna capire che l'effetto serra è un meccanismo molto delicato. Ad esempio, l'effetto serra su Venere è un meccanismo infernale, per il quale la temperatura raggiunge valori superiori a 400 gradi. L'effetto serra è delicato perché basta una piccola variazione nella miscela dei gas che compongono l'aria, per cambiarne la trasparenza nei confronti dei raggi infrarossi. In particolare, un piccolo aumento dell'anidride carbonica, che è presente in piccola percentuale, meno dell'uno per cento, ha un effetto molto grande. Il metano ha un effetto ancora maggiore, ma ce n'è molto di meno.

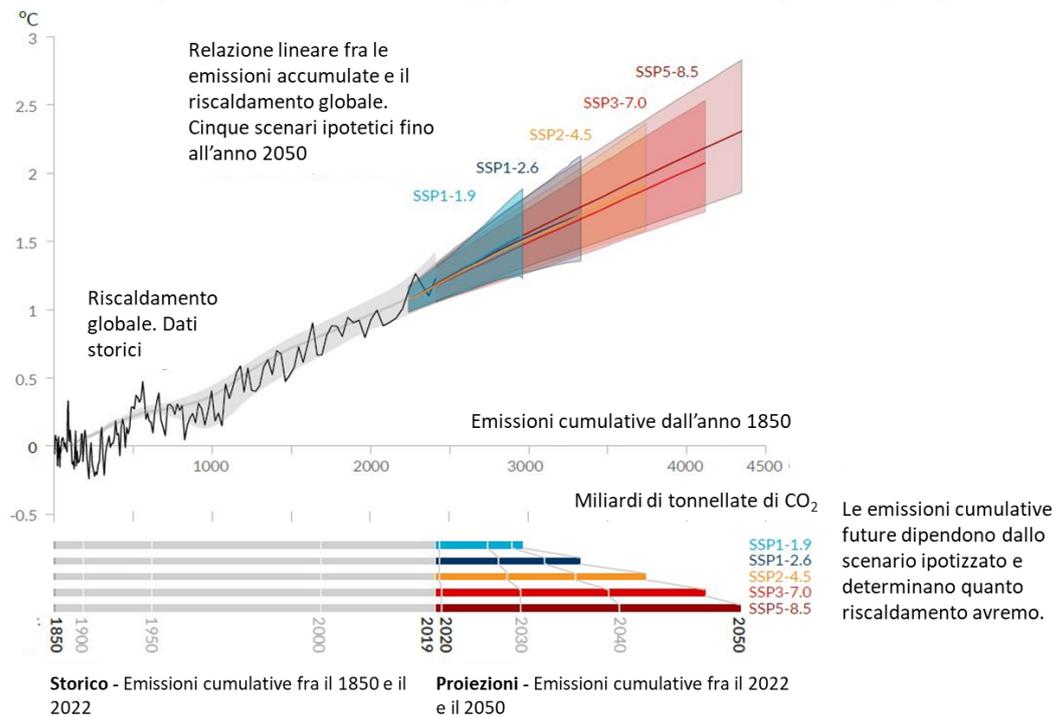
Molti stentano a credere che le alterazioni dell'effetto serra possano avere effetti catastrofici. In fin dei conti, dall'inizio dell'era industriale ad oggi, cioè in circa 150 anni, la temperatura media della Terra è aumentata solo di 1 grado [3]. Sembra un aumento molto lento e graduale. Ma non lo è. In certi casi, una piccola cosa può mettere in movimento un effetto catastrofico. Pensiamo alle valanghe.

Ma la CO₂ che c'è nell'atmosfera da dove viene? La principale fonte naturale della CO₂ risiede nelle emissioni vulcaniche. Questo gas non rimane tutto nell'atmosfera: viene incorporato nelle goccioline di pioggia e quindi finisce sul suolo e in mare. Il gas viene rimosso dall'aria anche grazie al metabolismo delle piante. I vegetali consumano CO₂, della quale si nutrono (fotosintesi clorofilliana). Dunque, c'è un equilibrio dinamico: una certa quantità di CO₂ entra nell'atmosfera, emessa dai vulcani, circa la stessa quantità esce dall'atmosfera, grazie alla pioggia e alle piante.

La concentrazione di CO₂ nell'aria si misura in ppm, cioè parti per milione. La concentrazione di CO₂, fino a 150 anni fa era di 290 ppm, oggi è arrivata a 400 ppm, per effetto dell'attività dell'uomo. Per spiegare a quanto ammontano 400 ppm, facciamo un esempio. Se consideriamo un volume d'aria di un milione di litri d'aria, ad esempio l'aria contenuta in una villetta a 3 piani, questo volume d'aria contiene 400 litri di CO₂ [4].

La principale fonte artificiale di CO₂ è la combustione di carbone, petrolio, metano, utilizzati per il riscaldamento, per i trasporti e per l'industria. Le emissioni di CO₂ prodotte dalle attività umane ammontano a circa 30 miliardi di tonnellate all'anno. Cento volte di più delle emissioni vulcaniche. Il ciclo dell'anidride carbonica è stato fortemente alterato: l'immissione di CO₂ è molto aumentata; la rimozione dall'atmosfera, dovuta alle piante, non è cambiata. Perciò l'anidride carbonica si accumula nell'aria. Nella figura è mostrato l'accumulo di CO₂ negli ultimi 150 anni e l'aumento della temperatura nello stesso periodo. C'è una buona correlazione [5]: aumento della temperatura e accumulo di CO₂ procedono di pari passo. Nella stessa figura sono riportate le previsioni sull'aumento di temperatura nei prossimi decenni.

Incremento della temperatura media dell'atmosfera terrestre a partire dall'anno 1850



Quasi tutti gli scienziati sono ormai concordi nell'affermare che l'alterazione dell'effetto serra per effetto delle attività umane è uno dei principali problemi con cui l'umanità si deve confrontare: è a rischio la sua sopravvivenza. Come affrontare il problema è un altro discorso. C'è chi confida sul progresso della tecnica, che dovrebbe risolvere il problema senza che noi si cambi nulla nel nostro stile di vita. Anzi, consentendo anche a miliardi di altri uomini di accedere allo stile di vita consumistico del mondo occidentale. C'è invece chi pensa che il problema non si possa risolvere senza un radicale cambiamento dello stile di vita, dell'economia e della politica. Una rivoluzione che muti innanzitutto il nostro modo di concepire la natura, il nostro posto nella natura e il nostro rapporto con le generazioni future.

Studiando l'effetto serra, anche utilizzando una trattazione divulgativa molto semplificata, si può provare un senso di stupore per questo fenomeno meraviglioso e fragile nello stesso tempo. Un fenomeno che regola le condizioni climatiche in modo molto fine, per consentire la vita. Un fenomeno che può essere alterato in maniera distruttiva dall'uomo.

Abbiamo iniziato il discorso citando una favola. Lo scienziato serio non può che meravigliarsi davanti all'incredibile serie di condizioni favorevoli che hanno consentito la nascita e l'evolversi della vita sulla Terra. Tanto da citare, a denti stretti o per scherzo, un fattore che razionale non è: la fortuna. Lo stupore di fronte ai delicatissimi meccanismi che legano l'esistenza dell'uomo a tutte le cose, perfino alle stelle, può portare a maturare un grande senso di responsabilità:

“Se noi ci accostiamo alla natura e all'ambiente senza questa apertura allo stupore e alla meraviglia, se non parliamo più il linguaggio della fraternità e della bellezza nella nostra relazione con il mondo, i nostri atteggiamenti saranno quelli del dominatore, del

consumatore o del mero sfruttatore delle risorse naturali, incapace di porre un limite ai suoi interessi immediati. Viceversa, se noi ci sentiamo intimamente uniti a tutto ciò che esiste, la sobrietà e la cura scaturiranno in maniera spontanea (Papa Francesco, enciclica *Laudato si'*, numero 11)”

[1] <https://exoplanets.nasa.gov/faq/15/what-is-the-habitable-zone-or-goldilocks-zone/>

[2] In effetti la Terra ha tante altre fortune che consentono la vita: la Luna, Giove, il campo magnetico... ma il discorso sarebbe lungo.

[3] [https://www.ispionline.it/it/pubblicazione/fact-checking-i-cambiamenti-climatici-10-grafici-32170#:~:text=Dal%20periodo%20preindustriale%20\(trai%20il,2%20gradi%20Celsius%20per%20decennio](https://www.ispionline.it/it/pubblicazione/fact-checking-i-cambiamenti-climatici-10-grafici-32170#:~:text=Dal%20periodo%20preindustriale%20(trai%20il,2%20gradi%20Celsius%20per%20decennio)

[4] Se in quell'ambiente ci fossero 1500 litri di CO₂, anziché 400, gli abitanti avrebbero seri problemi di respirazione.

[5] Fonte: <https://ilbolive.unipd.it/it/news/ipcc-correlazione-quasi-diretta-emissioni>