

# Mari sempre più alti

di **Tiziana Moriconi**

Il livello di mari e oceani sta salendo e continuerà a innalzarsi: tra 30 e 100 centimetri entro la fine del secolo. E forse di più: tutto dipenderà dal comportamento dei ghiacci antartici.



Che aspetto avrà la Terra se il livello dei mari continuerà a crescere?

«**E**rano gli anni dopo lo scioglimento delle calotte polari a causa dell'effetto serra e gli oceani si erano alzati sino a inabissare molte città lungo le coste del mondo. Amsterdam, Venezia, New York... perdute per sempre. Milioni di persone furono sradicate dalle loro case.»

È il prologo di *A.I. - Intelligenza artificiale*, film del 2001 diretto da Steven Spielberg e basato su un progetto di Stanley Kubrick, ambientato in un futuro fortemente segnato dai cambiamenti climatici. A 16 anni dalla sua uscita, la domanda su quanto tale futuro sia probabile e prossimo è

ancora al centro di studi e controversie.

Di quanto si alzerà il livello degli oceani se la temperatura globale media continuerà ad aumentare, fino a superare di 2 °C quella dell'epoca preindustriale (considerato il limite massimo consentito per evitare le conseguenze più estreme e pericolose del riscaldamento globale)? Come cambierà l'aspetto della Terra? Cominciamo con il dire che una risposta "certa" non c'è. Ci sono, piuttosto, molti modelli che mostrano i possibili scenari, con diversi intervalli di errore e di incertezza.

**SEMPRE PIÙ SU**

Se del domani non v'è certezza, quello che è successo fino a oggi lo conosciamo abbastanza bene, grazie ai dati dai satelliti e dalle boe di misurazione, agli studi sul paleoclima, a quelli archeologici e geologici. Il rapporto del 2014 dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (Ipc: [link.pearson.it/61989E52](http://link.pearson.it/61989E52)) riporta che tra il 1901 e il 2010, il livello globale degli oceani si è alzato in media di 19 centimetri, cioè circa 1,7 millimetri all'anno (sempre in media). Sappiamo anche che la velocità di questo innalzamento sta aumentando: tra il 1993 e il 2010 è stata di 3,2 millimetri all'anno. Ovviamente, l'aumento del livello del mare a livello locale può essere maggiore o minore di quello globale, perché altri fenomeni entrano in gioco, come le fluttuazioni della circolazione oceanica e i fenomeni geologici di innalzamento o abbassamento del terreno. Per esempio, nella parte ovest del Pacifico, l'aumento del livello del mare è stato tre volte superiore alla media, mentre a est è stato pari a zero, se non negativo. Per quanto riguarda i prossimi 90 anni, la comunità scientifica è sostanzialmente concorde nel dire che il livello globale continuerà ad aumentare, e ad una velocità maggiore: per l'Ipc, tra il 2081 e 2100 il tasso stimato è di 8-16 millimetri all'anno.

**PERCHÈ IL MARE SALE**

Le cause dell'aumento del livello dei mari si contano sulle dita di una mano. Una è la fusione dei ghiacciai montani, che però contribuisce in modo modesto. Molto più importante è la dilatazione termica dell'acqua: la maggior parte del calore dell'atmosfera, infatti, viene trasferita agli oceani, che si riscaldano. Come conseguenza l'acqua si dilata, esattamente come fa il mercurio in un termometro: a parità di massa, quindi, occupa più volume. Ancora, bisogna considerare la fusione del ghiaccio marino artico, sebbene sia un ghiaccio già galleggiante sul mare e non sulla terraferma, e quindi le sue variazioni incidano poco sul livello globale dei mari. Gli scienziati conoscono bene questi tre fenomeni, ma ce n'è un quarto sul quale invece grava un punto interrogativo: come si comporteranno le imponenti masse ghiacciate dell'Antartide e della Groenlandia, immense riserve di acqua dolce (in Antartide vi è il 90% dell'acqua dolce del pianeta), con l'aumentare della temperatura dell'atmosfera e degli oceani? In particolare, i ghiacci dell'Antartide si stanno consumando sia alla base che sulla superficie, ma il loro comportamento è tutt'altro



Il ghiacciaio del Glacier Peak (Washington, Stati Uniti) nel 1973 e nel 2006: anche la fusione dei ghiacciai montani incide sul livello dei mari

che scontato. Insomma, è facile dire che più le temperature aumenteranno, più i ghiacci si scioglieranno, ma il punto è capire in che modo, quali ghiacci, quanto contribuiranno, in quanto tempo. E se esista un "punto di non ritorno". Questo per cominciare, senza contare decine di altri fenomeni. La complessità non è ridicibile: è la scienza, bellezza.

**UN FENOMENO STORICO**

Prima di addentrarci tra i possibili scenari, va fatta una premessa: la variazione del livello dei mari è un fenomeno che ha sempre accompagnato la storia del nostro pianeta. La conformazione che hanno oggi le terre emerse non è la stessa di 20 000 anni fa, nel pieno dell'ultima era glaciale, quando l'Europa e l'Asia del centro-nord erano coperte dai ghiacci. In quel periodo, il livello del mare era circa 120 metri più basso rispetto a oggi. Al contrario, nell'ultimo periodo interglaciale (129 000 - 116 000 anni fa) era tra i 5 e i 10 metri



L'Antartide è tra le principali riserve di acqua dolce del nostro pianeta e si sta gradualmente consumando

più alto. Il livello dei mari è quindi mutato più volte, facendo o meno emergere parti della superficie terrestre, consentendo o impedendo così il passaggio su di esse degli animali terrestri (*Homo sapiens* compreso). La novità, rispetto al passato, è che l'innalzamento che si sta verificando in questi ultimi tempi è dovuto all'aumento delle temperature legate alle attività antropiche, in particolare all'aumento dei gas serra.

#### FUTURI POSSIBILI

In questi anni i ricercatori hanno elaborato molti modelli. Le previsioni dell'Ipcc per la fine del secolo (2100) presentano una forbice che va da 30 centimetri a oltre un metro, un intervallo che dipende dai diversi scenari di emissione di CO<sub>2</sub> considerati e dall'incertezza nelle proiezioni. Nel 2016, però, un importante studio su *Nature* ([link.pearson.it/F891CFE8](http://link.pearson.it/F891CFE8)) ha avanzato un'ipotesi peggiore. «Il nuovo modello ha considerato per la prima volta alcuni fenomeni che possono portare a un coinvolgimento maggiore di quanto finora pensato del ghiaccio antartico», spiega Stefano Caserini, docente di mitigazione dei cambiamenti climatici del Politecnico di Milano: «Sul lungo periodo – quindi non tra due decenni, ma tra secoli – è stato stimato che la fusione

dei ghiacci della Groenlandia potrà contribuire all'innalzamento dei mari in modo significativo. La completa fusione di questi ghiacci potrebbe far salire il livello di sette metri; perdere anche solo un quinto dei ghiacci comporterebbe quindi un contributo di un metro e mezzo.

Per quanto riguarda l'Antartide, il discorso è complesso, perché è un continente immenso che si può considerare composto di due parti con caratteristiche diverse: la parte est e la parte ovest. La prima presenta ghiacci spessi 3 o 4 chilometri: la loro fusione potrebbe contribuire per circa 70 metri all'innalzamento dei mari, ma queste masse difficilmente possono essere intaccate, dal momento che le loro temperature si aggirano intorno a 50 gradi sotto zero. La parte ovest è quella che preoccupa di più, perché lì i ghiacci sono meno spessi e più sensibili all'aumento delle temperature atmosferica e dell'acqua. In caso di completa fusione, la piattaforma glaciale occidentale dell'Antartico potrebbe contribuire per circa 6 metri. Significa che, complessivamente, il mare potrebbe innalzarsi di oltre 15 metri entro il 2500, se nei prossimi decenni le emissioni dei gas serra continueranno ad aumentare».

**SCENARI D'ITALIA**

Insomma, quello dell'innalzamento del mare è un problema complesso e chi cercasse un numero preciso e univoco per la crescita futura non lo troverebbe. E quello che vale in generale vale anche per l'area mediterranea. «Considerando le incertezze attualmente presenti, i valori previsti per l'innalzamento globale costituiscono linee guida utili anche per il futuro del Mediterraneo», spiega Piero Lionello, professore di fisica dell'Atmosfera e Oceanografia all'Università del Salento e ricercatore del Centro euro-mediterraneo sui cambiamenti globali. «Però, bisogna tenere conto che a livello locale esistono molte fonti di variabilità e il livello del mare rispetto alle terre emerse dipende anche da fattori che non necessariamente hanno a che fare con il clima. Le superfici continentali, infatti, sono a loro volta soggette a moti verticali, quali fenomeni tettonici, di isostasia (il "galleggiamento" della crosta terrestre sul mantello, NdR) e subsidenza a scala locale (lento abbassamento prodotto da cause quali sfruttamento eccessivo delle falde acquifere, estrazione di idrocarburi e così via, NdR).» Tenute in debito conto queste variabili, un gruppo di una quindicina di esperti in varie discipline – dalla geofisica alla climatologia, alla oceanografia – ha applicato le proiezioni dell'Ipcc per il 2100 alle coste italiane all'interno di un sistema informativo geografico (Gis), simulando la "trasgressione" del mare nello scenario più conservativo (innalzamento minimo di 50 centimetri) e in quello più estremo (innalzamento massimo di 140 centimetri). Il loro studio è stato pubblicato su *Quaternary Science Reviews* ([link.pearson.it/11F26ADD](http://link.pearson.it/11F26ADD)).



L'innalzamento delle acque, in Italia, colpirà in particolare l'area dell'Adriatico settentrionale

«All'innalzamento del mare abbiamo aggiunto i valori isostatici e quelli tettonici, ottenendo aumenti differenti per diverse piane, compresi tra 51,6 e 142,8 centimetri», spiega Fabrizio Antonioli, geologo e ricercatore dell'Enea, primo autore dello studio. «Lo scenario peggiore lo troviamo tra Trieste, Venezia e Ravenna, dove stimiamo che il mare salirà di oltre un metro. L'area costiera dell'Adriatico settentrionale è particolarmente a rischio, perché qui vaste porzioni di costa tendono ad abbassarsi. Secondo i modelli, l'innalzamento atteso cambierà in modo drammatico la morfologia delle nostre coste e, potenzialmente, potrebbero finire sotto l'acqua 33 aree, per un totale di 5500 chilometri quadrati.» ●

**PER APPROFONDIRE**

- Carbonara K. e Murelli V., *Piccoli fossili marini per studiare il clima che cambia*, in *Science Magazine* n. 15. [link.pearson.it/66F55A4B](http://link.pearson.it/66F55A4B)
- Greco P., *L'accordo di Parigi sul clima: impegni e prospettive*, in *Science Magazine* n. 10. [link.pearson.it/8F96FF7E](http://link.pearson.it/8F96FF7E)
- *Surging Seas*, sito web tutto dedicato all'innalzamento dei mari di Climate Central. [link.pearson.it/FFFC0BF1](http://link.pearson.it/FFFC0BF1)
- *Before the flood*, documentario sul cambiamento climatico, prodotto da Leonardo di Caprio, 2016. [link.pearson.it/88FB3B67](http://link.pearson.it/88FB3B67)

**ANNI CALDI**

Gran parte del riscaldamento superficiale atmosferico registrato da quando sono cominciate le misurazioni moderne, nel 1880, si è verificato negli ultimi 35 anni, e in particolare dal 2001. Nel momento in cui scriviamo, l'anno più caldo di questo lungo periodo è stato il 2016, con 1,1°C in più rispetto alla fine del 1800 e 0,99°C in più rispetto alla metà del 1900. Lo riportano due importanti enti di ricerca americani, la Nasa e la National Oceanic and Atmospheric Administration (Noaa), che hanno condotto analisi indipendenti. È stato anche il terzo anno di seguito a infrangere il record degli aumenti, e il trend è chiaro. Siamo circa a metà del percorso che porta verso quei famosi 2°C di troppo, al centro dell'accordo sul clima firmato da 195 paesi a Parigi a fine 2015.

**Tiziana Moriconi**  
giornalista scientifica, collabora con Galileo, Le Scienze, D la Repubblica online, Wired.it.

