

# I rischi sistemici

di Alberto Castagnola

Con questa rubrica fissa intendo dare conto sommariamente dei meccanismi di danno ambientale, praticamente tutti in via di accelerazione e rapido peggioramento. In un'ottica prevalentemente economica, fornisco una lista di quelli che gli scienziati considerano largamente accertati, dando la precedenza a quelli che agiscono a scala planetaria. Non si può dimenticare che i diversi fenomeni interagiscono tra loro, talvolta anche su percorsi di andata e ritorno, con peggioramenti crescenti ad ogni svolta. Inoltre, anche fenomeni chiaramente in fase di rapida trasformazione finora non sono contrastati da interventi organici di gran parte degli Stati; sembra che solo 18 Stati su circa 200 abbiano avviato delle reali politiche di contenimento e contrasto, ancora però in una fase di verifica e sperimentazione. Quanto segue, pertanto, evidenzia le principali modificazioni in corso, per gruppi di fattori interconnessi, cercando, per quanto possibile, di non trascurare nessuno dei fenomeni climatici in atto negli ultimi due anni. Ovviamente il tentativo dovrebbe essere continuamente aggiornato e integrato, poiché nuovi elementi di conoscenza scientifica emergono ogni giorno, mentre il pratico disinteresse dei governi diventa sempre più drammatico, anche perché si moltiplicano le analisi che evidenziano "punti di non ritorno" a scadenza ravvicinata.

Le emissioni di anidride carbonica continuano a intensificarsi e a creare nell'atmosfera strati sempre più densi. Le fonti sono ben note: in particolare quelle derivanti dai combustibili fossili, utilizzati dalla maggioranza delle industrie, dai mezzi di trasporto, dai centri urbani di medie e grandi dimensioni, dalle miniere e anche dalle piantagioni degradate e formate da alberi per usi produttivi. Senza contare le emissioni segretate provocate dagli apparati militari. Si registrano ormai 423 ppm (parti per milione, dati Mauna Loa Observatory, Hawaii) mentre solo dodici anni fa si affermava che il limite massimo compatibile non avrebbe dovuto superare le 350 ppm.

Le emissioni di metano, secondo gas serra per importanza, sono responsabili di circa la

metà del riscaldamento globale. Rispetto al 1750 il metano è aumentato del 262%. Il suo effetto potenziale sul riscaldamento globale è più di 80 volte superiore a quello dell'anidride carbonica nell'arco di venti anni (i due gas hanno infatti periodi diversi di dissoluzione nell'atmosfera e di salita verso l'alto). Circa la metà del metano di origine antropica deriva dal bestiame degli allevamenti intensivi e dalla coltivazione del riso, un quarto dai rifiuti e per il 19% dal settore petrolifero, anche perché sia nella fase di estrazione che in quelle del trasporto e distribuzione si verificano continuamente delle perdite. Sono inoltre in aumento le emissioni di metano provenienti dalle migliaia di pozzi petroliferi esausti e non chiusi correttamente. Infine (gennaio 2022) la NOAA ha indicato un notevole aumento della sua concentrazione nell'atmosfera, arrivato a 1900 parti per miliardo, il valore più alto in 40 anni di rilevazioni. Di recente l'Agenzia Internazionale per l'Energia ha pubblicato un rapporto nel quale si affermava che i dati ufficiali per il settore sottovalutavano il fenomeno nella misura del 70%. Infine, ricerche ancora in corso in tutto il mondo stanno verificando l'ipotesi che dal 2007 il metano "microbico", cioè proveniente da zone umide e in particolare dai tropici, stia aumentando continuamente e rappresenti l'85% di quello che arriva in atmosfera.

Altri gas serra: protossido di azoto, esafluoruro di zolfo, ecc. presentano andamenti analoghi, in accelerazione negli anni. Il primo è aumentato del 123% rispetto alla media del periodo 2011-2020.

Andamento delle temperature in continuo peggioramento. Il 2020 è stato l'anno più caldo per l'Europa, mentre a livello globale è stato uno dei tre anni più caldi; inoltre, gli ultimi sei anni sono stati i più caldi mai registrati. Rispetto alla media degli anni 1850-1900 il riscaldamento medio globale è stato di 1,2 °C. I record di caldo in alcuni punti del globo non si contano, e superano sempre i 3 °C. A giugno del 2022 il caldo comincia a farsi sentire con una violenza e una diffusione mai prima



registrata. Si moltiplicano le zone colpite da ondate di calore, con temperature che superano i 49 °C negli Stati Uniti e in Canada e su scala planetaria. Quindi si è in presenza di aumenti di dieci gradi rispetto ai livelli massimi registrati negli ultimi cento anni e di 20 gradi rispetto alle medie meteorologiche. Inoltre, i giorni in cui sono stati superati i 50 °C sono raddoppiati rispetto agli anni '80.

La fusione dei ghiacciai procede ormai senza soste: tra il 2000 e il 2019 sono andate perse 267 miliardi di tonnellate di ghiaccio. Dagli anni '90 la fusione dei ghiacciai sulla terraferma è aumentata del 57% e ha fatto aumentare di 35 millimetri il livello dei mari; inoltre, quella dei ghiacci marini riduce la capacità di riflettere i raggi solari, rafforzando la tendenza al riscaldamento del pianeta. In aggiunta, sembra che la banchisa costiera artica stia fondendo ad un ritmo dal 70 al 100 % più rapido del previsto. In Antartide alcuni scienziati hanno avvertito che il ghiacciaio Twaites, uno dei più grandi della regione, si sta destabilizzando rapidamente.

A causa della rapida scomparsa dei ghiacciai e della riduzione delle superfici nevose, resta esposto al riscaldamento globale il permafrost, cioè la base di terra, pietre, detriti e ghiacci antichi, prima coperta periodicamente da nevi e ghiacciai, e oggi, in misura crescente, lasciata allo scoperto per molti mesi dell'anno. Circa la metà del carbonio organico sotterraneo del mondo si trova nel permafrost. Lo scioglimento del permafrost potrebbe quindi anche rilasciare grandi quantità di gas metano rimasto intrappolato nel terreno per millenni. Inoltre, il colore del suolo liberato dal ghiaccio e dalle nevi è scuro, e aumenta il riscaldamento del pianeta attraendo e rilanciando calore.

Le condizioni di siccità caratterizzano un numero crescente di territori. Ad oggi, si tratta di intere regioni che non possono più essere coltivate per la mancanza di acqua e che diventano inospitali per molte popolazioni. Fino ad ora il fenomeno ha investito un numero limitato di paesi, ma aumenta con una velocità preoccupante, anche perché le possibilità di intervento, (adduzione di acqua, irrigazione, invasi e laghi artificiali, ecc.) tecnicamente possibili, sono molto costose.

L'inquinamento dell'aria che respiriamo, che chiamiamo comunemente smog, specie nelle città maggiori e nelle zone industriali, è causa di malattie e anche di morti premature soprat-

tutto di bambini. Nel 2019, nel mondo sono morti 361.000 bambini per cause legate all'inquinamento dell'aria. Sul totale delle morti di neonati, il 20% è legato allo smog. Inoltre, il 98% dei bambini tra 1 e 15 anni è esposto ad aria inquinata. Inoltre, sempre nel 2019, tra i 4,2 milioni di morti premature causate dall'inquinamento dell'aria, 154.000 erano bambini di meno di cinque anni.

L'aumento delle temperature è sicuramente tra le cause primarie degli incendi, che oggi sono più vasti, più intensi e di più lunga durata, mentre le notti calde e secche rendono più difficili le azioni di spegnimento e facilitano la ripresa delle fiamme. Ad esempio, negli Stati Uniti già nel 2020 si erano persi quasi due milioni di ettari di vegetazione (il doppio dei danni del 2018), il 4% della superficie del paese era devastato e il 10% delle sequoie giganti era stato perduto. A livello planetario erano stati devastati 4,2 milioni di ettari. È da sottolineare che il programma europeo Copernicus afferma che gli incendi del periodo estivo hanno provocato emissioni di anidride carbonica a livelli record aumentando la concentrazione di questo gas serra in atmosfera. Poiché questa concentrazione ha influito sulla diffusione degli incendi, siamo di fronte a uno dei circoli viziosi più pericolosi per il pianeta. Nel 2022 alcuni incendi sono stati caratterizzati da una durata particolarmente lunga. Ad esempio, negli Stati Uniti, nella zona di Cameron Peak, un incendio iniziato il 13 agosto è stato spento solo a dicembre e una analoga esperienza in Australia è durata alcuni mesi. Ma gli esempi sono molto numerosi e in crescendo: in Argentina sono stati distrutti almeno 520.000 ettari di pascoli, mentre l'Europa ha registrato, nello stesso periodo, la desertificazione di 508.260 ettari di terreno. Ad agosto, alcuni dati europei evidenziano che almeno il 64% del territorio è a rischio incendi per la siccità.

La deforestazione procede con un ritmo sempre più impressionante. Negli ultimi diecimila anni la terra ha perso un terzo delle sue foreste e la metà di queste solo a partire dal '900, mentre il picco è stato raggiunto negli anni '80. Ciò non significa che quelle rimaste siano in salute. I dati non distinguono le foreste naturali dai boschi creati per scopi produttivi, cioè i milioni di eucalipti, pini e palme piantati per ottenere dei prodotti a scapito delle foreste pluviali. Inoltre, i dati disponibili non permettono di distinguere quali alberi sono stati segati dagli uomini e quali sono stati uc-

cisi da eventi legati al clima. Comunque, il numero complessivo degli alberi non è il criterio di analisi più significativo. Gli alberi più vecchi e grandi immagazzinano la maggior parte dell'anidride carbonica, sono cruciali per la biodiversità e sono difficili da rimpiazzare. Poi gli alberi soffrono per il caldo e per ridurre la perdita di umidità perdono gran parte delle foglie. In tal modo si riduce l'immissione di anidride carbonica e le piante rimangono affamate e assetate e la foresta non svolge più il suo ruolo essenziale per la salvaguardia del clima. Dal 2018 è aumentata la siccità in Europa e sono stati perduti centinaia di migliaia di alberi, che nei casi migliori sono sostituiti con alberi di qualità ben diversa: lecci e pini al posto di faggi e querce. Nel 2022 una ricerca ha evidenziato in tutta l'Amazzonia un crollo della resilienza, cioè della sua capacità di riprendersi dalla siccità, dagli incendi e dalle attività umane. Questo "rallentamento critico", se prolungato nel tempo, rende sempre più probabile che l'intero sistema cambi in modo drastico, drammatico e veloce. Questa perdita di stabilità del territorio forestale è già pervenuta al 75% del totale iniziale e il punto di non ritorno appare sempre più vicino.

L'acqua è già un problema, ma la situazione può peggiorare. L'ONU sottolinea che oltre due miliardi di persone vivono in paesi sottoposti a stress idrico; quattro miliardi vivono in aree caratterizzate da grave scarsità d'acqua per almeno un mese all'anno; 1,6 miliardi di persone affrontano una scarsità "economica" di acqua, che c'è, ma mancano le infrastrutture per la distribuzione; il 30% delle principali falde acquifere sono in stato di deperimento. Inoltre, l'80% delle acque reflue industriali e comunali di tutto il mondo viene rilasciato nell'ambiente senza alcun trattamento. Ragion per cui ogni anno sono oltre 800.000 i morti derivanti da acqua non sicura, mentre tre miliardi di persone non dispongono nemmeno dell'acqua per lavarsi le mani contro la diffusione di Covid e altre malattie contagiose. Infine, entro dieci anni, il mondo dovrà fronteggiare un deficit idrico del 40%.

Tutti gli oceani presentano fenomeni di riscaldamento e di innalzamento sempre più rapido dei livelli delle acque. In ciascuno degli ultimi decenni il mare è risultato più caldo del precedente e i cinque anni più caldi sono quelli che iniziano nel 2015. I ricercatori hanno stimato il calore complessivo dei mari in 21 zettajoule, una misura difficile da immaginare

per i non addetti ai lavori, ma hanno anche precisato che le rilevazioni non hanno superato i 2000 metri di profondità e quindi mancano ancora dati relativi alle acque e alle correnti degli strati inferiori. Si conosce invece meglio la Corrente del Golfo, che si è indebolita a causa del riscaldamento globale. Questo fenomeno potrebbe causare un aumento del livello del mare sulla costa est degli Stati Uniti e rendere più frequenti le tempeste in Europa. Non si può dimenticare che gli oceani assorbono poco meno di un terzo delle emissioni di anidride carbonica prodotte dalle attività umane, ma il riscaldamento globale riduce l'efficienza di questo processo e una quantità crescente di anidride carbonica va nell'atmosfera e la fa diventare più concentrata. Aumenta anche il volume delle acque, con ripercussioni drammatiche sugli stati insulari, ma anche con effetti di erosione su tutte le zone costiere. Le acque dei mari più caldi, inoltre, creano le condizioni per tempeste e uragani sempre più violenti e ondate di calore via via più frequenti, con zone di caldo esasperato sempre più estese ed effetti negativi per le specie marine e le alghe. Infine, negli ultimi due anni l'innalzamento del livello dei mari ha raggiunto dimensioni record, con un innalzamento medio annuo superiore ai 4,5 millimetri. Una prima stima valuta in oltre 250 miliardi di tonnellate la quantità di acqua che annualmente i ghiacciai montani scaricano negli oceani. Inoltre, i mari sono sempre più acidi, l'inquinamento da plastica ha raggiunto livelli elevatissimi e la biodiversità marina sta collassando, specie nel Mediterraneo.

Negli anni più recenti si sono moltiplicati i cosiddetti eventi climatici estremi, che sono anche diventati più violenti e più pesanti, ma soprattutto imprevedibili e veloci. Si tratta di cicloni, tornado, uragani, piogge torrenziali, nubifragi, trombe d'aria e trombe d'acqua, ondate di calore, ma anche esondazioni, distruzioni di canali e di dighe, valanghe e frane da essi causate. La forza e la velocità di acque e di venti sono parte integrante della crisi climatica e soprattutto del riscaldamento globale, che hanno profondamente modificato i rapporti tra i diversi fenomeni. I venti e le acque si muovono a velocità mai prima registrate, devastano interi territori anche per centinaia di chilometri e distruggono centri abitati anche di rilevanti dimensioni, il tutto senza alcun allineamento con le stagioni tradizionali. Infine, è da rilevare che in moltissimi casi le

popolazioni sono completamente all'oscuro delle dimensioni che i nuovi eventi possono raggiungere e della velocità alla quale possono svolgersi e quindi annegano nei piani bassi delle case o nelle loro auto, mentre eventuali soccorsi esterni arrivano sempre con molto ritardo.

Alcuni di questi sistemi vengono considerati vicini al rispettivo punto di non ritorno da un numero crescente di scienziati, cioè potrebbero, in un breve volgere di anni, non essere più modificabili da interventi esterni, come quelli dei governi o delle popolazioni particolarmente sensibili. Uno studio apparso su *Science* alla fine del 2022 ha evidenziato questa terribile minaccia. Con un riscaldamento del pianeta tra 1,5 e 2 °C rispetto all'era preindustriale, si raggiungerebbero sei punti di non ritorno: il collasso del ghiaccio della Groenlandia e dell'Antartide, lo scioglimento del permafrost, la perdita di ghiaccio marino nel mare di Barents, il collasso della corrente del Labrador e la morte delle barriere coralline più vicine all'equatore. Un riscaldamento tra 2 e 4 °C renderebbe probabili altri quattro eventi: la scomparsa della foresta pluviale amazzoni-

ca, lo scioglimento dei ghiacciai montani, il collasso dei ghiacciai dell'Antartide orientale e un aumento della vegetazione nel Sahel. Con un riscaldamento oltre i quattro gradi ci potrebbero essere ulteriori conseguenze: lo spostamento a nord della foresta boreale, il collasso totale del permafrost, la scomparsa dei bacini subglaciali dell'Antartide orientale, il collasso della banchisa artica e quello delle correnti dell'Oceano Atlantico meridionale. Il pianeta è avviato verso un riscaldamento di 2,4 gradi. Non si può dimenticare che alcuni di questi eventi in realtà sono già iniziati (ad esempio, la grave situazione della Groenlandia, lo sbiancamento di molte barriere coralline, ecc.). Inoltre lo studio ha utilizzato per il riscaldamento globale il dato medio per l'intero pianeta, mentre sono numerose le località dove sono già state raggiunte temperature molto più alte, anche con riscaldamenti superiori ai tre gradi. Le ricerche andrebbero quindi approfondite per valutare le prospettive di territori magari più delimitati, ma utilizzando strumenti statistici più aderenti alle singole realtà concrete.