

Ipossia dei laghi e colpe dell'uomo

Stefano Pisani

Un team internazionale di scienziati ha scoperto che le prime avvisaglie dell'allargamento del fenomeno dell'ipossia lacustre si possono attribuire principalmente a impatti antropogenici diretti e locali, piuttosto che ai cambiamenti climatici intervenuti di recente. Lo studio, inoltre, ha mostrato che i programmi che si occupano della cosiddetta "riabilitazione acquatica" si sono finora dimostrati inefficaci rispetto allo scopo prefissato di far tornare i fondali dei laghi alle loro originarie condizioni di buona ossigenazione

Un nuovo studio ha mostrato che a guidare l'attuale aumento del numero di laghi del mondo che si trovano in condizioni di ipossia abbia contribuito l'incremento delle attività umane e dei nutrienti – legati ai fertilizzanti – rilasciati in queste acque. Non ci sarebbe invece alcun nesso con i cambiamenti climatici, sia per quanto riguarda il regime delle precipitazioni sia in quello delle temperature. La ricerca è stata pubblicata di recente sulla rivista *Global Change Biology*. La ricerca, inoltre, ha mostrato che i programmi che si occupano della cosiddetta "riabilitazione acquatica" si sono finora dimostrati inefficaci rispetto allo scopo prefissato di far tornare i fondali dei laghi alle loro originarie condizioni di buona ossigenazione. L'ossigeno disciolto è fondamentale per la salute dei laghi e dei fiumi e il recente esaurimento di questo elemento dalle acque di fondo, il fenomeno appunto dell'ipossia, è una delle più importanti minacce alle nostre risorse di acqua dolce. Sono due, tipicamente, le cause che possono condurre all'impoverimento d'ossigeno delle acque di fondo: l'eutrofizzazione, provocata da un eccesso di nutrienti, e i cambiamenti climatici.

L'EUTROFIZZAZIONE

Il carico eccessivo di sostanze nutrienti è diventato una crescente minaccia per fiumi, laghi, paludi, zone costiere e barriere coralline. A partire dal 1950 l'aumento, antropogenico, in queste acque di fosforo, azoto, zolfo e altri nutrienti associati all'inquinamento è emerso come uno dei più importanti fattori nel cambiamento di ecosistemi delle acque dolci e delle coste. L'eccessivo carico di nutrimento associato all'uso di azoto e fosforo

nei fertilizzanti ha causato, appunto, eutrofizzazione, fenomeno in cui la crescita di una quantità eccessiva di piante esaurisce l'ossigeno a disposizione nell'acqua. L'impatto negativo del carico di nutrienti, inoltre, può arrivare a far sentire i suoi effetti perfino a centinaia di chilometri dalla sorgente dell'inquinamento, creando anche delle "zone morte" ipossiche in aree costiere. Diversi scenari di proiezione del *Millennium Ecosystem Assessment* del 2005 stimavano che il flusso globale di azoto verso gli ecosistemi costieri sarebbe cresciuto di circa il 20% entro il 2030, con la quasi totalità dell'incremento che si sarebbe verificato nei Paesi in via di sviluppo.

IL RUOLO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

Per quanto riguarda i cambiamenti climatici, come si legge nello studio, è stato di recente dimostrato che l'innalzamento delle temperature globali potrebbe rappresentare un ulteriore fattore responsabile della diminuzione dell'ossigeno negli ecosistemi d'acqua dolce e marini, attraverso i processi della stimolazione microbica e delle mineralizzazione della materia organica che vanno a diminuire la solubilità dell'ossigeno nell'acqua e a rafforzare la stratificazione termica, una dinamica che impedisce ai vari strati d'acqua di mescolarsi tra loro. La comunità scientifica, tuttavia, è stata finora in difficoltà nell'individuare il fattore più incisivo tra eutrofizzazione e cambiamenti climatici, poiché i diversi fenomeni hanno effetti molto simili sulle acque profonde, si intrecciano e si sono co-evoluti in maniera sincrona nel corso dell'ultimo secolo. A complicare le cose,

c'è poi anche la considerazione del fatto che l'ipossia può anche avere un'origine naturale. Negli estuari, per esempio, l'acqua dolce dei fiumi che si riversano nel mare è meno densa di quella salata e la stratificazione nella colonna d'acqua può indurre ipossia, perché la miscelazione verticale dei corpi d'acqua è ridotta e viene limitato il rifornimento di ossigeno dalle acque di superficie a quelle di profondità (più saline). Condizioni di scarsità di ossigeno si verificano poi anche con cadenza stagionale, come nel caso del Canal Hood e nelle aree di Puget Sound, nello stato di Washington. Il *World Resource Institute* ha identificato 375 zone costiere ipossiche in tutto il mondo, concentrate in aree nell'Europa occidentale, nelle coste meridionali e orientali degli Stati Uniti e nell'estremo Oriente, in particolare in Giappone.

DATI INCOMPLETI

Per riuscire a determinarne con chiarezza le cause dell'ipossia dei laghi, potrebbe essere utile avere a disposizione una corposa mole di dati provenienti da un monitoraggio continuo e a lungo termine dell'ossigenazione delle acque lacustri, ma purtroppo si tratta di record che sono raramente disponibili. "I dati di monitoraggio a lungo termine sono scarsi o incompleti e non coprono praticamente mai il periodo pre-industriale. In questo studio, le tendenze a lungo

L'ipossia lacustre ha cominciato a diffondersi ben 70 anni prima dell'ipossia delle zone costiere

termine dei cambiamenti storici nell'ipossia dei laghi sono stati ricostruiti dall'analisi di sedimenti di cui si conosceva con certezza la datazione cronologica" ha spiegato Jean-Philippe Jenny, dell'*Institut national de la recherche scientifique* canadese (INRS), uno dei co-autori della ricerca. Quello che si sa con certezza è che, per le coste marine, il numero di siti per i quali è stata riportata l'ipossia a causa di eutrofizzazione antropogenica è cresciuto esponenzialmente e globalmente nel corso del tempo, con gravi conseguenze per la vita del mare, la pesca, gli ecosistemi costieri e le economie collegate a essi.

LA “LETTURA” DEI SEDIMENTI

La struttura dei sedimenti di numerosi laghi può offrire una semplice strada per ricostruire la storia dell'ossigenazione dei fondali acquatici. L'analisi dei sedimenti laminati come indicatori di ipossia è stata convalidata attraverso cinquant'anni di studio di dati derivati da monitoraggio e da indagini che svolte attraverso carotaggi di sedimenti. Quando si ritrovano sedimenti laminati sopra sedimenti omogenei, significa che le condizioni di ossigenazione sono cadute al di sotto di una soglia critica. “I cosiddetti ‘depositi a varva’ sono sedimenti laminati che hanno il vantaggio ulteriore di permettere una datazione precisa del passaggio, stagionale, da condizioni di buona ossigenazione alle condizioni di minima ossigenazione” ha commentato Pierre Francus, sempre dell'INRS, altro autore della ricerca.

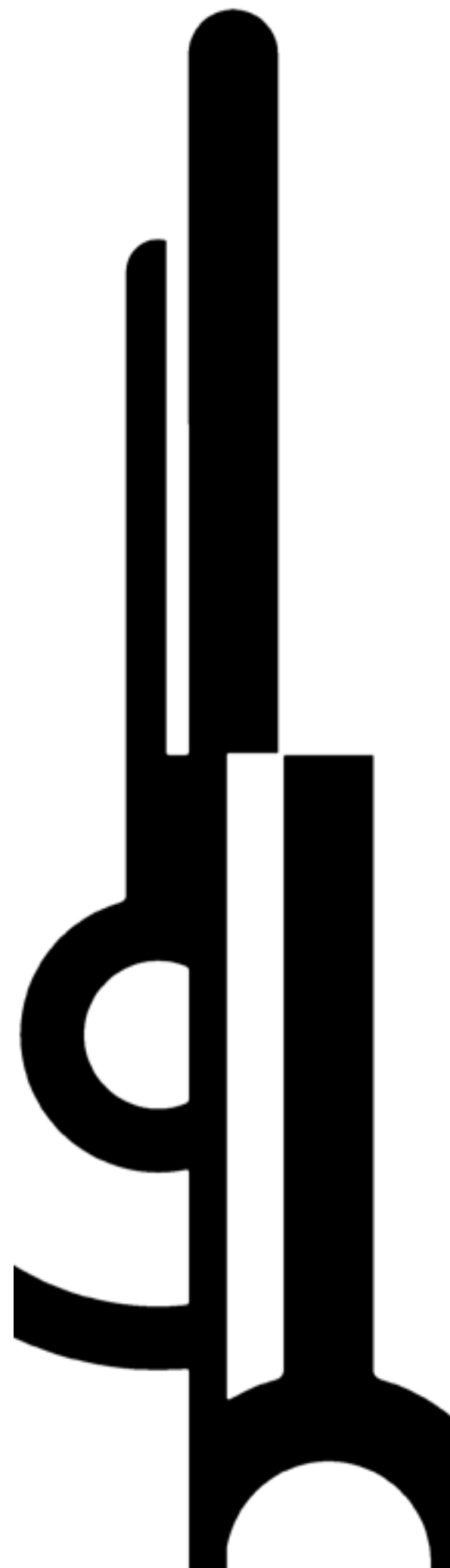
I ricercatori hanno compiuto un lavoro certosino di ricostruzione di inizio e durata delle ipossie vissute da 365 laghi di tutto il mondo (in sei continenti, con la maggioranza localizzata in Europa e Nord America) a partire da dati che risalgono fino al 1700 e che derivano, appunto, da depositi a varva oppure sedimenti laminati.

I laghi si trovavano in regioni con una ampia varietà in termini di clima, di vegetazione dominante e di grado di impatto umano. Le analisi hanno mostrato che 71 di questi laghi, corrispondenti a circa il 20%, sono passati a condizioni di ipossia già dalla metà del diciannovesimo secolo e, quindi, l'ipossia lacustre ha cominciato a diffondersi ben circa 70 anni prima dell'ipossia delle zone costiere. Que-



L'ipossia dei laghi ha avuto inizio nel secondo dopoguerra, quando le attività umane hanno subito un'accelerazione

sti laghi carenti di ossigeno sono soprattutto localizzati, in generale, in aree con alta densità di popolazione umana e una maggiore emissione di nutrienti (essenzialmente legata a una maggiore copertura di aree urbane e coltivate) piuttosto che in siti naturalmente ipossici (che, cioè, hanno manifestato altri episodi di ipossia già 300 anni prima). Non è stata poi trovata alcuna correlazione con cambiamenti intervenuti nelle precipitazioni oppure nelle temperature.



L'IPPOSSIA È CRESCIUTA DAL 1850

Lo studio ha rivelato che tra il 1700 e il 1850 il numero di laghi con una riconosciuta ipossia è stato approssimativamente costante. Le prime avvisaglie di una maggiore diffusione di questo fenomeno cominciano a partire dal 1850 e sono legate alla crescita della popolazione, all'erosione del suolo e all'uso di fertilizzanti nell'agricoltura. Inoltre, analisi statistiche della popolazione condotte nel 2000 hanno confermato che la pressione antropogenica è stata determinante nell'ipossia recentemente emersa nei bacini lacustri. L'intreccio con le vicende sociali della popolazione mondiale risulta evidente anche dal fatto che l'incremento dell'ipossia dei laghi si è mosso in parallelo con il Pil pro capite: tra il 1850 e la Prima Guerra Mondiale, le economie di Europa e Nord America, dopo un periodo di stabilità, hanno vissuto un aumento del Pil che è coinciso con la diffusione dell'ipossia lacustre. La più veloce diffusione di questo evento si è avuta dopo la Seconda Guerra Mondiale, quando le attività umane hanno subito un'accelerazione esponenziale e hanno progressivamente riguardato l'Europa orientale, l'Asia, l'Africa e il Sud America. I recenti incrementi di Pil che si sono verificati nell'Europa dell'est e nelle economie emergenti si sono accompagnate con un aumento dell'ipossia lacustre in quelle zone. In generale, il numero complessivo di laghi che si riportano in condizioni di ipossia sembra essersi stabilizzato a partire dal 1980. Tuttavia, molta della intensificazione delle attività umane dopo il 1980 si è verificata in Paesi in via di sviluppo dove potrebbe non essere ben funzionante la rete di raccolta dati lacustre.

LA VULNERABILITÀ DEI LAGHI

Secondo lo studio, esistono forti prove che la diffusione dell'ipossia nei laghi sia aumentata rapidamente nel corso del secolo scorso e non c'è stato un ritorno al precedente buono stato di ossigenazione. Sebbene i programmi di riabilitazione acquatica messi in atto a partire dagli anni Ottanta in Europa e Nord America abbiano avuto successo nel ridurre l'afflus-

so dei nutrienti e la conseguente eutrofizzazione, la persistenza dell'ipossia nell'arco degli ultimi decenni indica infatti che gli ecosistemi di acque dolci potrebbero avere una debole resilienza, che potrebbe anche essere peggiorata dall'attuale surriscaldamento climatico. È il caso, per esempio, dei laghi perialpini di Bourget, Annecy e Ginevra, nei quali, nonostante la riduzione dell'afflusso di fosforo, a distanza di 40 anni persiste ancora ipossia. Secondo gli scienziati, dunque, i programmi di riabilitazione acquatica non sono riusciti a ripristinare lo stato ottimale di ossigenazione dei laghi e studi come questo potranno avere molta importanza sotto il profilo delle direttive ambientali da considerare, come quelle contenute nello *European Water Framework Directive*.

I ricercatori auspicano e incoraggiano misure di prevenzione per ridurre le emissioni di nutrienti nelle aree in via di sviluppo prima che compaiano sintomi di persistente ipossia nei laghi di queste regioni.

Riferimenti bibliografici

J-P. Jenny, P. Francus, A. Normandeau, F. Lapointe, M-E. Perga, A.E.K. Ojala, A. Schimmelmann, B. Zolitschka. Global spread of hypoxia in freshwater ecosystems during the last three centuries is caused by rising local human pressure. *Global Change Biology*, 2015; DOI: 10.1111/gcb.13193

Meire L, Soetaert KER, Meysman FJR (2013) Impact of global change on coastal oxygen dynamics and risk of hypoxia. *Biogeosciences*, 10, 2633-2653