

O océano: clave para frear o cambio climático

Fiz Fernández Pérez*

Importantes lagoas na investigación do carbono oceánico poderían invalidar algunhas predicións climáticas globais. Esta é a alerta da novo informe coordinado pola UNESCO e que analizamos neste artigo.



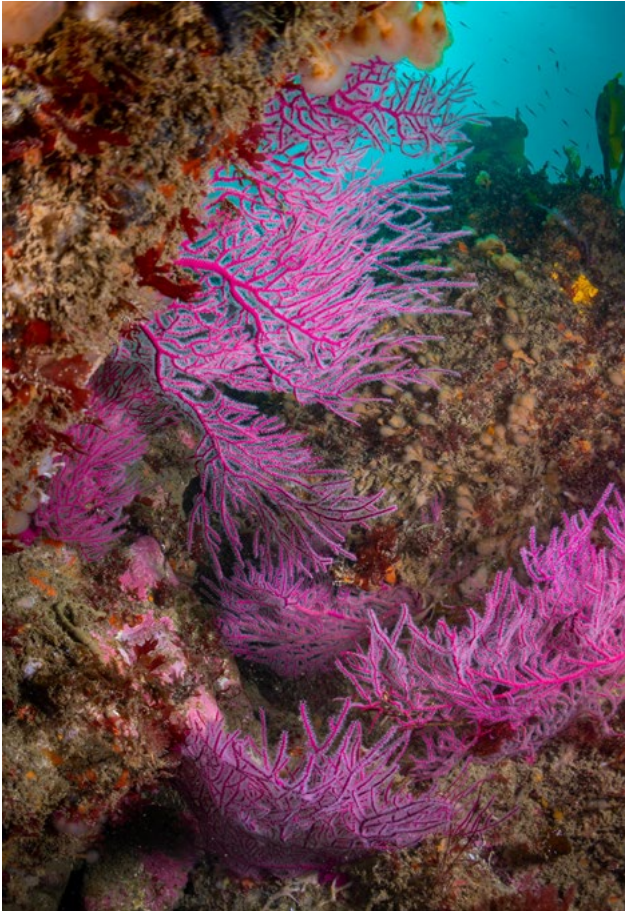
Laminaria no fondo mariño galego · Xaime Beiro (@xbeiro)

O océano está a absorber aproximadamente o 26 % das emisións globais de CO₂, mais o novo *Informe Integrado de Investigación sobre o Carbono Oceánico* coordinado pola COI-UNESCO revela que aínda existen importantes lagoas no coñecemento científico deste proceso. Estas lagoas tradúcense nunha incerteza relativa da orde do 10–20 % sobre a estimación da captación oceánica, o que implica que a fracción real de CO₂ absorbida polo océano podería situarse, de forma aproximada, nun rango do 20 ao 30 % das emisións globais. Esta diverxencia compromete a fiabilidade dos modelos climáticos e as políticas baseadas neles. Ademais, diversos estudos recentes suxiren que esta captación podería estar parcialmente infraestimada (*Friedlingstein et al., 2025*), debido ás limitacións actuais na observación do océano e á representación incompleta de procesos clave de mestura e ventilación nos modelos climáticos globais, o que abre a posibilidade de que a absorción efectiva alcance valores algo superiores, potencialmente de até arredor do 32 %.

Estas diferenzas débense á escaseza de datos a longo prazo e a unha comprensión aínda incompleta dos procesos como o quecemento das augas, os cambios na dinámica oceánica, o comportamento do plancto e da

microbiota mariña, ou as interaccións coas zonas costeiras e polares, sen esquecermos dos impactos de actividades industriais nin das incertezas que rodean as futuras intervencións de enxeñaría climática. Esta situación implica que os gobernos están a planificar estratexias de mitigación e adaptación sen dispoñer dunha visión completa de como evolucionará o sumidoiro oceánico de carbono. Se o océano absorbesse menos CO₂ no futuro, a concentración atmosférica aumentará máis rápido e acelerará o quecemento global, o que afectaría especialmente as comunidades costeiras, xa agora vulnerables ao aumento do nivel do mar, ás tormentas e ao quecemento das augas.

O informe, elaborado por 72 autores de 23 países, non só identifica estas incertezas senón que propón unha folla de ruta para mellorar a observación, a modelización e a cooperación internacional; a creación dun sistema global de seguimento das variables esenciais como o carbono oceánico, coa combinación de satélites, plataformas autónomas e series temporais desde a superficie até as grandes profundidades; e o fortalecemento da capacidade científica en rexións pouco representadas. Aínda que a redución das emisións segue a ser a única solución real a longo prazo, unha mellor comprensión



Arrecife de gorgonias · Xaime Beiro (@xbeiro)

do funcionamento do sumidoiro oceánico é esencial para evitar que as futuras políticas climáticas se baseen en información incompleta.

O director xeral da UNESCO, Khaled El-Enany, advertía que “o océano é un dos nosos maiores aliados climáticos, xa que absorbe unha gran parte do carbono que emitimos. Non obstante, aínda carecemos dunha comprensión completa de como funciona esta defensa natural ou de canto tempo pode durar. Polo tanto, unha vixilancia coordinada da absorción de carbono no océano é esencial e urxente”. O informe reafirma o compromiso da UNESCO de apoiar os Estados membros no desenvolvemento de políticas climáticas baseadas en ciencia sólida para avanzar neste obxectivo.

Como funciona o océano?... E por que está en perigo?

O océano leva milenios abrazando o planeta cunha estabilidade que damos por suposta. A súa presenza constante inflúe no clima, na vida e na estrutura mesma da Terra. Durante séculos funcionou como un mecanismo silencioso que equilibra temperaturas, distribúe enerxía e mantén unha enorme diversidade de vida. A inmensidade azul que vemos nos mapas adoita parecerse eterna, inmóbil, allea ás preocupacións humanas, pero nada máis lonxe da realidade. O océano é un sistema vivo, dinámico e sensible, e ese equilibrio que parecía inalterable está comezando a romperse diante dos nosos ollos. A medida que o planeta se quenta, este regulador climático está a dar sinais de tensión que non deberíamos ignorar, porque do que acontece nas súas augas dependerá en boa medida o futuro climático da Terra.

Resulta case paradoxal pensar que, mentres as sociedades debaten sobre a transición enerxética, mentres gobernos e empresas discuten sobre compromisos de emisións, o océano leva máis de douscentos anos compensando unha parte importante da nosa actividade industrial. Arredor dun cuarto do dióxido de carbono [CO₂] que emitimos termina absorbido na auga do mar. Ese CO₂ non fica simplemente en disolto, senón que entra nunha complexa rede de procesos químicos e biolóxicos que, en conxunto, manteñen o exceso de CO₂ afastado da atmosfera durante décadas, séculos ou mesmo milenios. Esta absorción natural funciona como un freo ao quecemento global: sen ela, a temperatura media do planeta sería xa significativamente maior, e os seus efectos máis severos manifestaríanse con maior intensidade e rapidez. Mais esta dinámica, que durante anos nos deu unha marxe de manobra vital, está a cambiar rapidamente, e non necesariamente a favor da estabilidade climática. Actualmente está sometido a un gran número de perigos:

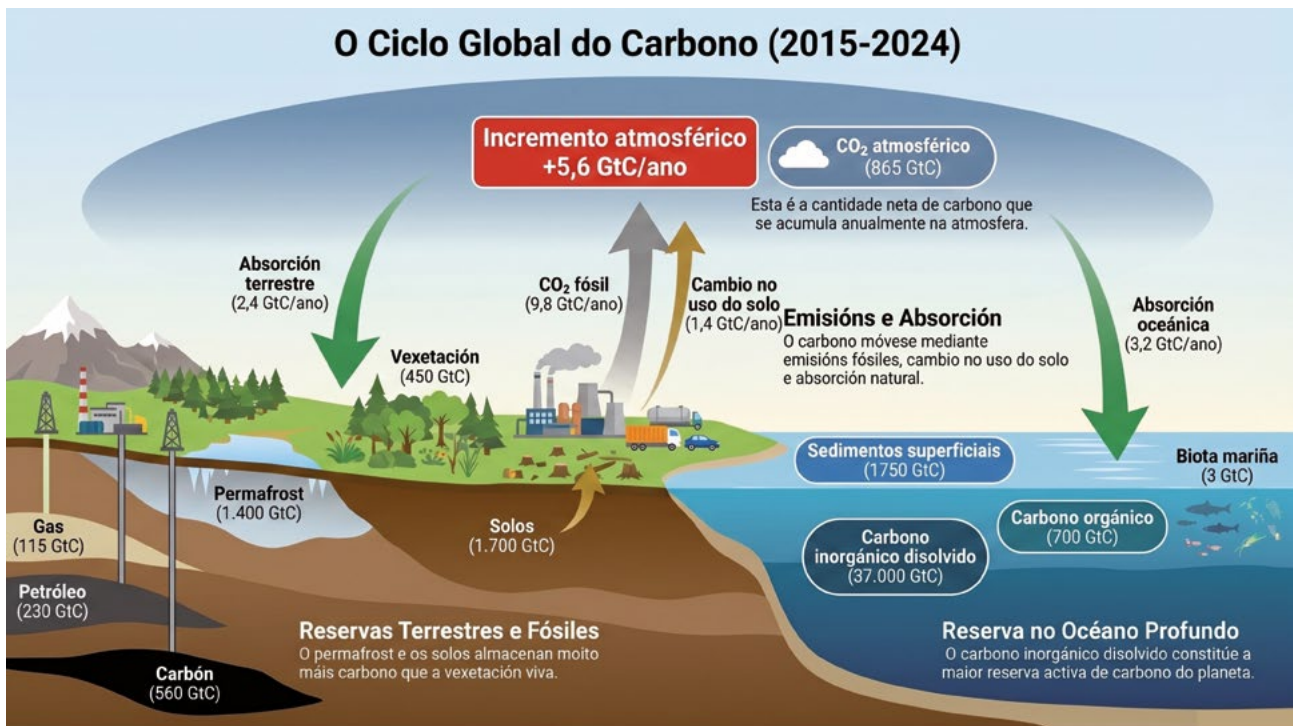
Durante séculos, o océano funcionou como un mecanismo silencioso que equilibra temperaturas, distribúe enerxía e mantén unha enorme diversidade de vida.

1. Aumento da temperatura da superficie mariña.

Este é un dos fenómenos máis preocupantes. A auga quente dissolve peor o CO₂, o que significa que o océano perde parte da súa capacidade de absorbelo. Ademais, as capas superficiais, ao quentarse, vólvense máis lixeiras e mestúranse peor coas augas profundas, máis frías e densas. A estratificación máis marcada orixina unha especie de “teito térmico” que dificulta que o carbono poida descender até zonas profundas. O afundimento oceánico é esencial para a chamada bomba de carbono biolóxica e física, e o seu debilitamento tamén supón unha redución efectiva da función do océano como sumidoiro climático. Segundo as persoas expertas reunidas pola UNESCO, esta perda de eficiencia pode acentuarse nas próximas décadas se non se reducen as emisións.

2. Acidificación mariña

É outro dos desafíos centrais. Cando o dióxido de carbono se dissolve na auga, forma ácido carbónico e baixa o pH do océano. É un cambio pequeno en termos numéricos, pero grande en impacto ecolóxico. Organismos como os corais, os moluscos ou moitos tipos de plancto dependen da estabilidade química para construír estruturas esqueléticas ou cunchas de carbonato. A diminución da saturación deste mineral dificulta o seu crecemento e supervivencia. A perda de arrecifes de coral, por exemplo, non é só un problema estético, nin só de biodiversidade: afecta á cría e protección de multitude de especies que sustentan caladoiros enteiros. Para moitas comunidades costeiras, a desaparición dun arrecife significa tamén a perda dunha barreira natural contra ondas e tormentas, o que aumenta a súa vulnerabilidade fronte a fenómenos extremos. A acidificación, combinada co quecemento e coa desoxixenación das



O ciclo global do carbono · Elaboración propia

augas, está a modificar ecosistemas mariños a un ritmo que a comunidade científica cualifica de alarmante e sen precedentes na historia recente.

A prioridade non é intervir, senón comprender. Só cun coñecemento sólido do sistema oceánico se poderán tomar decisións prudentes e efectivas.

3. Desxeo do permafrost

A interacción entre océano, terra e xeo complícase especialmente no Ártico, onde o desxeo do permafrost está a liberar grandes cantidades de materia orgánica que durante milenios permaneceu atrapada no solo conxelado. Esa materia entra nos ríos árticos e acaba chegando ao océano, o que modifica o ciclo do carbono mariño. Unha parte importante dese carbono degrádase e reincorpórase á atmosfera en forma de CO₂, e contribúe logo ao quecemento global. Os glaciares costeiros que retroceden tamén liberan nutrientes e sedimentos que transforman radicalmente os ecosistemas mariños próximos, cos seguintes efectos no fluxo de carbono e na produtividade biolóxica. Mesmo as zonas costeiras temperadas e tropicais están a experimentar cambios profundos pola erosión, a urbanización e as descargas de ríos máis cargados de nutrientes e materia orgánica debido á actividade humana. Estes procesos alimentan mareas vermellas, desoxixenación litoral e alteracións que empeoran a saúde do océano como sistema climático.

4. Actividades humanas directas

Exercen unha presión adicional. A pesca intensiva e a sobre-explotación alteran as cadeas tróficas mariñas. A pesca de arrastre, en particular, remexe fondos mariños

ricos en carbono, liberando sedimentos que poden oxidarse e emitir CO₂ de novo. A contaminación por plásticos é xa ubicua: desde partículas microscópicas que flotan suspendidas até grandes obxectos que migran con correntes oceánicas, estes materiais inter-actúan con microorganismos, afectan procesos de afundimento de partículas e poden modificar dinámicas básicas do ciclo do carbono. A minaría submarina profunda, outro tema emerxente, podería abrir un novo capítulo de alteracións se non se regula con cautela: escavar o fondo mariño non só destrúe ecosistemas pouco coñecidos, senón que pode modificar procesos de almacenamento de carbono que aínda non comprendemos ben. A suma destas presións humanas e ambientais pon o océano nunha situación complexa, na que a súa capacidade de autorregulación se ve cada vez máis comprometida.

O océano fronte ao cambio climático

Nese contexto, non sorprende que xurdan propostas para empregar o océano como ferramenta activa de mitigación. Algunhas ideas apostan por cultivar macroalgas a gran escala para, unha vez crecidas, afundilas e así “enterrar” carbono nas profundidades. A idea de confinar o CO₂ no fondo do océano durante longos períodos non é nova. Continuamente xorden propostas para empregar o océano como ferramenta activa de mitigación. Outras propoñen fertilización oceánica con ferro para estimular o crecemento do fitoplancto, ou manipular a alcalinidade mariña mediante minerais para aumentar a absorción de CO₂. Aínda que estas estratexias teñen base científica e están a ser investigadas, a comunidade experta coincide en que calquera intervención debe ser avaliada con rigor, porque pequenos cambios artificiais poden ter efectos enormes nun sistema tan inter-conectado. Non sería a primeira vez que unha solución tecnolóxica aparentemente sinxela acabe xerando consecuencias non previstas. Por iso, a UNESCO subliña que a prioridade non é intervir, senón comprender. Só cun



Balea común nas costas galegas · CEMMA

coñecemento sólido do sistema oceánico poderanse tomar decisións prudentes e efectivas.

Comprender mellor o océano require:

Mellorar a observación. O océano é enorme, profundo e en boa parte inaccesible. A tecnoloxía permitiu avances enormes: boias autónomas capaces de medir parámetros químicos, robots submarinos que exploran zonas antes inalcanzables, satélites que rexistran cambios superficiais en tempo real. Con todo, a cobertura global segue sendo insuficiente. Zonas remotas como o océano Austral ou o Pacífico profundo están pobremamente monitorizadas e, sen datos fiables, os modelos climáticos carecen da precisión necesaria. O mundo científico reclama unha ampliación significativa da infraestrutura de observación, así como programas internacionais que garantan datos abertos e comparables. Sen medicións constantes, é imposible anticipar cambios, prever eventos extremos ou avaliar tendencias a longo prazo.

Modelos informáticos máis precisos. Os modelos informáticos melloraron notablemente, pero tamén precisan máis datos para reproducir adecuadamente a complexidade do océano. Integrar procesos físicos, químicos e biolóxicos nun único modelo é un desafío colosal. Ademais, é necesario incorporar variables humanas: como afectarán as decisións políticas ás emisións futuras? Como influirá a economía pesqueira nas poboacións mariñas? Como se adaptarán as comunidades costeiras ao aumento do nivel do mar? O océano non é só un sistema natural, senón tamén un escenario humano. O que lle sucede afectará á alimentación, á economía, á saúde e á seguridade de millóns de persoas.

Cooperación internacional. Os océanos non teñen fronteiras reais; o que ocorre nun punto pode afectar a outro situado a miles de quilómetros. Ningún país, por avanzado que sexa, pode comprender o océano na súa totalidade. É necesario compartir tecnoloxía, datos, coñecemento e capacidades. Isto é especialmente importante para países en desenvolvemento, que dependen enormemente dos recursos mariños pero carecen de medios para estudar o océano en profundidade. A UNESCO insiste en que unha gobernanza oceánica forte, solidaria e baseada na ciencia será fundamental para afrontar os desafíos das próximas décadas.

O futuro do océano non é algo abstracto: afecta a persoas reais, a economías locais, a culturas enteiras.

Incorporar o coñecemento tradicional das comunidades costeiras. Isto pode enriquecer a investigación científica e ofrecer unha perspectiva máis completa e humana da realidade mariña. Non podemos esquecer que o océano, ademais de sistema físico e ecolóxico, é tamén un espazo humano. As comunidades costeiras viven en contacto directo co mar desde hai xeracións. Son as primeiras en notar os cambios: diminución das capturas, erosión das súas praias, tormentas máis violentas, desaparición de ecosistemas que sustentaban a súa cultura e modo de vida. O futuro do océano non é algo abstracto: afecta a persoas reais, a economías locais, a culturas enteiras.

Sinais desde o azul profundo

O océano, inmenso e silencioso, enviounos sinais claros de que o seu equilibrio está a cambiar. Aínda cumpre unha función vital como amortecedor climático, pero a súa capacidade non é infinita. Non podemos seguir tratándoo como unha barreira inesgotable contra o quecemento global. Se queremos que siga protexéndonos, debemos actuar con determinación: reducir drasticamente as emisións de dióxido de carbono, investir en investigación, fortalecer a cooperación internacional e recoñecer o océano como o aliado esencial e vulnerable que realmente é.

A historia do océano é tamén a historia da humanidade. Desde as primeiras expedicións mariñas até as conquistas científicas que nos revelaron a inmensidade do seu misterio, o mar acompañounos como unha presenza constante e enigmática. Nunca antes soubemos tanto del como agora, pero tampouco nunca estivo tan ameazado. O seu futuro —e o noso— depende das decisións que tomemos hoxe. Aínda estamos a tempo de escoller o camiño correcto, pero esa xanela non permanecerá aberta para sempre. O océano seguirá respirando, movéndose, latindo, mais o que poida facer no futuro estará condicionado polas decisións que adoptemos nesta década crucial.

*Fiz Fernández Pérez, profesor Investigación no CSIC e académico da RAGC.