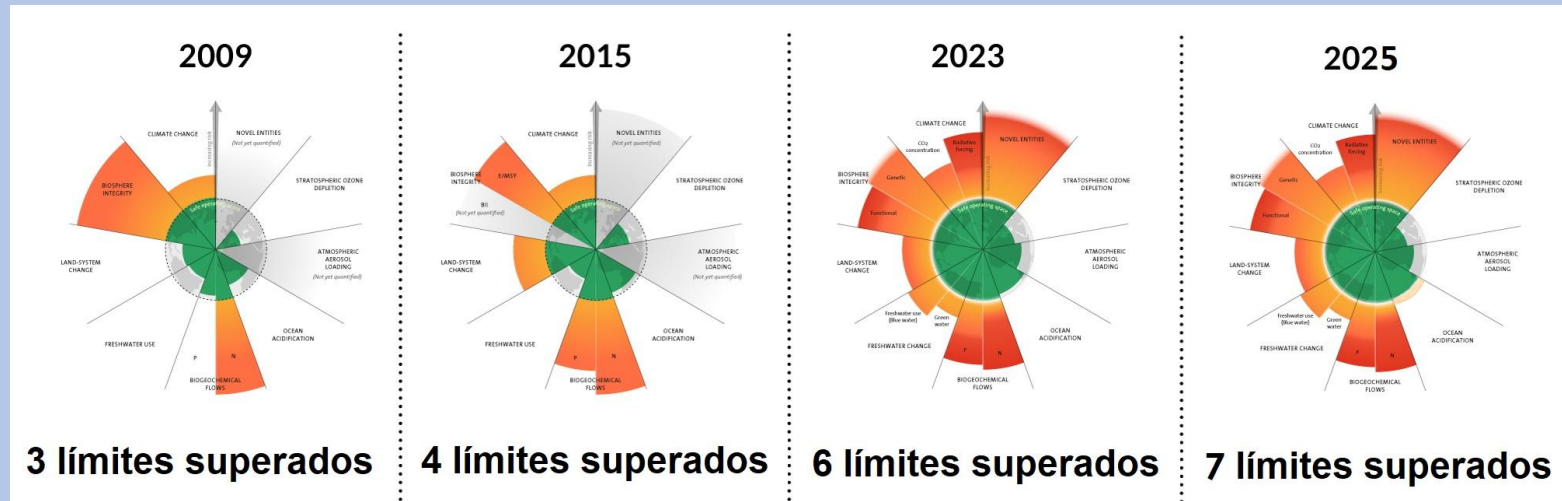


Situación actual a partir de los límites planetarios de Rockström



Evaluación de los límites planetarios

Propuesta por primera vez en 2009 (Rockström et al. 2009), la evaluación de los límites planetarios define nueve procesos a gran escala del sistema Tierra y los límites asociados que, una vez traspasados, podrían generar un cambio ambiental inaceptable.

PLANETARY BOUNDARIES				
Earth-system process	Parameters	Proposed boundary	Current status	Pre-industrial value
Climate change	(i) Atmospheric carbon dioxide concentration (parts per million by volume)	350	387	
	(ii) Change in radiative forcing (watts per metre squared)	1	1.5	
Rate of biodiversity loss	Extinction rate (number of species per million species per year)	10	>100	
Nitrogen cycle (part of a boundary with the phosphorus cycle)	Amount of N ₂ removed from the atmosphere for human use (millions of tonnes per year)	35	121	
Phosphorus cycle (part of a boundary with the nitrogen cycle)	Quantity of P flowing into the oceans (millions of tonnes per year)	11	8.5–9	
Stratospheric ozone depletion	Concentration of ozone (Dobson unit)	276	283	
Ocean acidification	Global mean saturation state of aragonite in surface sea water	2.75	2.90	
Global freshwater use	Consumption of freshwater by humans (km ³ per year)	4,000	2,600	415
Change in land use	Percentage of global land cover converted to cropland	15	11.7	Low
Atmospheric aerosol loading	Overall particulate concentration in the atmosphere, on a regional basis		To be determined	
Chemical pollution	For example, amount emitted to, or concentration of persistent organic pollutants, plastics, endocrine disrupters, heavy metals and nuclear waste in, the global environment, or the effects on ecosystem and functioning of Earth system thereof		To be determined	



A safe operating space for humanity

Identifying and quantifying planetary boundaries that must not be transgressed could help prevent human activities from causing unacceptable environmental change, argue **Johan Rockström** and colleagues.

Although Earth has undergone many periods of significant environmental change, the planet's environment has been unusually stable for the past 10,000 years^{1–3}. This period of stability — known to geologists as the Holocene — has seen human civilizations arise, develop and thrive. Such stability may now be under threat. Since the Industrial Revolution, a new era has arisen, the Anthropocene⁴, in which human actions have become the main driver of global environmental change⁵. This could see human activities push the Earth system outside the



SUMMARY

- New approach proposed for defining preconditions for human development
- Crossing certain biophysical thresholds could have disastrous consequences for humanity
- Three of nine interlinked planetary boundaries have already been overstepped

industrialized forms of agriculture, human activities have reached a level that could damage the systems that keep Earth in the desirable Holocene state. The result could be irreversible and, in some cases, abrupt environmental change, leading to a state less conducive to human development⁶. Without pressure from humans, the Holocene is expected to continue for at least several thousands of years⁷.

Planetary boundaries

To meet the challenge of maintaining the Holocene state, we propose a framework based on 'planetary boundaries'. These

boundaries define the safe operating space for humanity with respect to the Earth system and are associated with the planet's biophysical subsystems or processes. Although Earth's complex systems sometimes respond smoothly to changing pressures, it seems that this will prove to be the exception rather than the rule. Many subsystems of Earth react in a nonlinear, often abrupt, way, and are particularly sensitive around threshold levels of certain key variables. If these thresholds are crossed, then important subsystems, such as a monsoon system, could shift into a new state, often with deleterious or potentially even disastrous consequences for humans^{8,9}.

Most of these thresholds can be defined by a critical value for one or more control variables, such as carbon dioxide concentration. Not all processes or subsystems on Earth have well-defined thresholds, although human actions that undermine the resilience of such processes or subsystems — for example, land and water degradation — can increase the risk that thresholds will also be crossed in other processes, such as the climate system.

We have tried to identify the Earth-system processes and associated thresholds which, if crossed, could generate unacceptable environmental change. We have found nine such processes for which we believe it is necessary to define planetary boundaries: climate change; rate of biodiversity loss (terrestrial and marine); interference with the nitrogen and phosphorus cycles; stratospheric ozone depletion; ocean acidification; global freshwater use; change in land use; chemical pollution; and atmospheric aerosol loading (see Fig. 1 and Table).

In general, planetary boundaries are values for control variables that are either at a 'safe' distance from thresholds — for processes with evidence of threshold behaviour — or at dangerous levels — for processes without

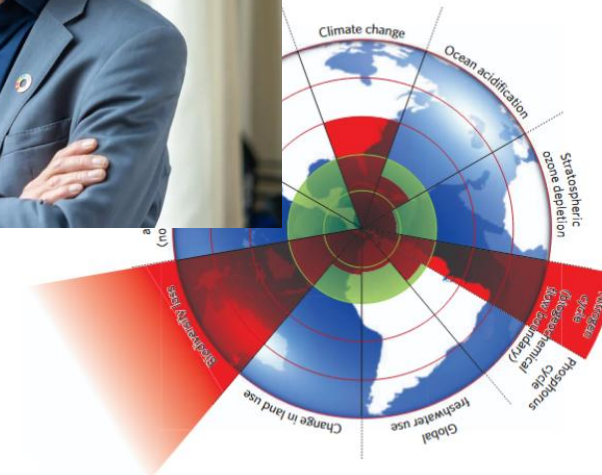


Figure 1 | Beyond the boundary. The inner green shading represents the proposed safe operating space for nine planetary systems. The red wedges represent an estimate of the current position for each variable. The boundaries in three systems (rate of biodiversity loss, climate change and human interference with the nitrogen cycle), have already been exceeded.

Estos nueve procesos son
(de mejor a peor...):

1. Agotamiento del ozono estratosférico
2. Carga atmosférica de aerosoles
3. Acidificación de los océanos
4. Cambio en el uso del suelo
5. Uso global de agua dulce
6. Cambio climático
7. Ciclos de nitrógeno y fósforo
8. Contaminación química
9. Tasa de pérdida de biodiversidad terrestre y marina

Anécdota:

**Una vez en Gijón alguien le
preguntó a Antonio Turiel...**

Planetary Health Check

A Scientific Assessment of the State of the Planet

FIRST EDITION

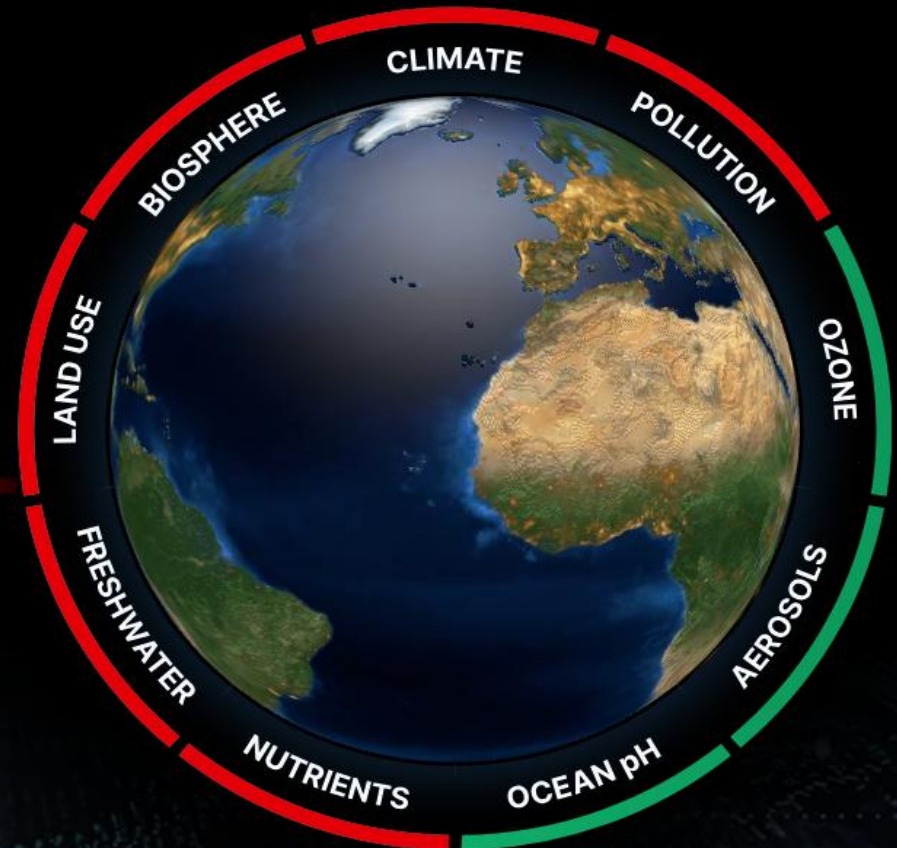
20
24

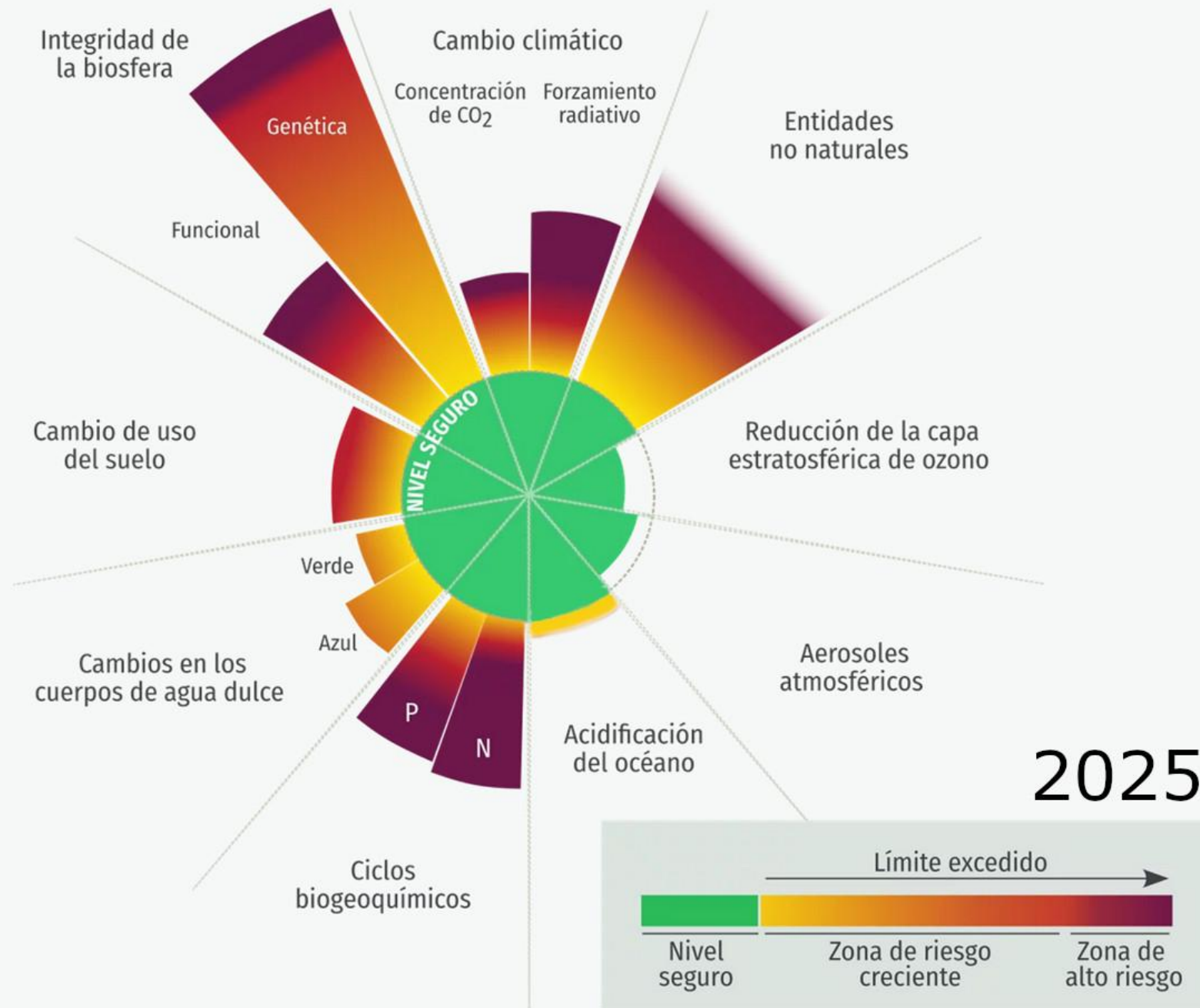


Se habían cruzado tres límites en 2009 (Rockström et al. 2009), aumentando a cuatro en 2015 (Steffen et al. 2015) y seis en 2023 (Richardson et al. 2023). La **acidificación de los océanos** (OA) se evaluó como que aún no había cruzado el límite y se encontraba en el margen del espacio operativo seguro (Richardson et al. 2023). Esta misma conclusión se mantuvo en el Control de Salud Planetaria publicado en 2024, pero en **junio de 2025** Findlay et al. **comprueban que ya se ha superado**.

Los signos vitales de nuestro planeta están parpadeando en rojo

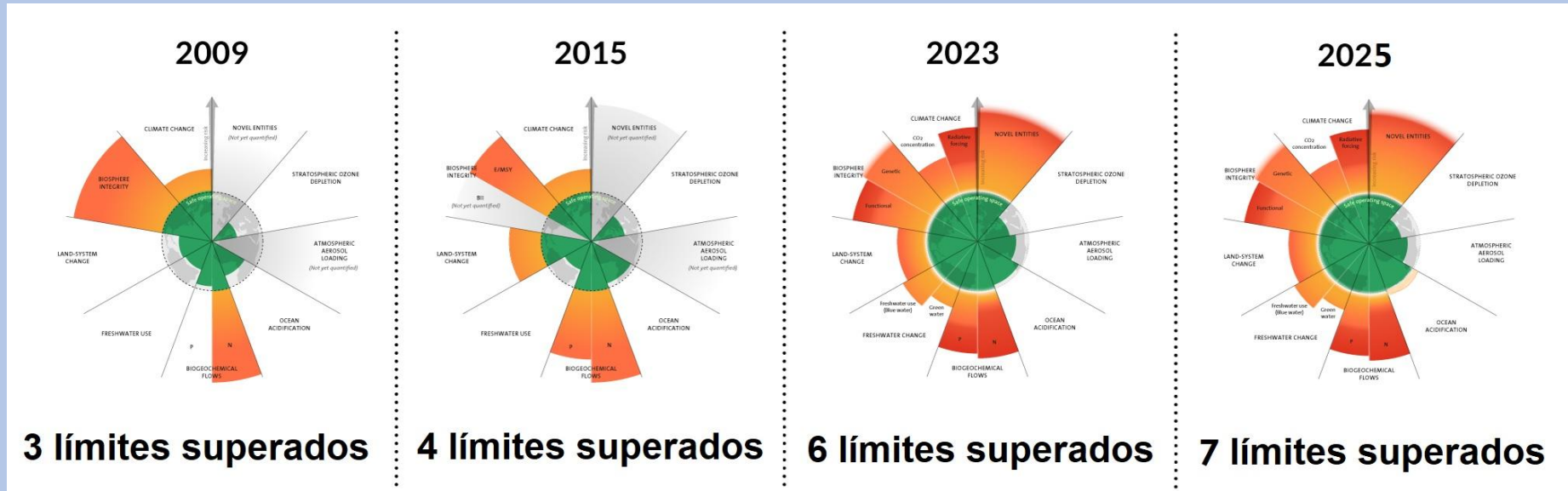
El Control de Salud Planetaria es la iniciativa mundial más completa y basada en la ciencia dedicada a medir y mantener el sistema terrestre.





Límites planetarios en su estado en 2023. Adaptación de Richardson et al. 2023.

Una historia de superación de límites



Una historia de superación de límites

1. Agotamiento del ozono estratosférico

2. Carga atmosférica de aerosoles

3. Acidificación de los océanos

4. Cambio en el uso del suelo

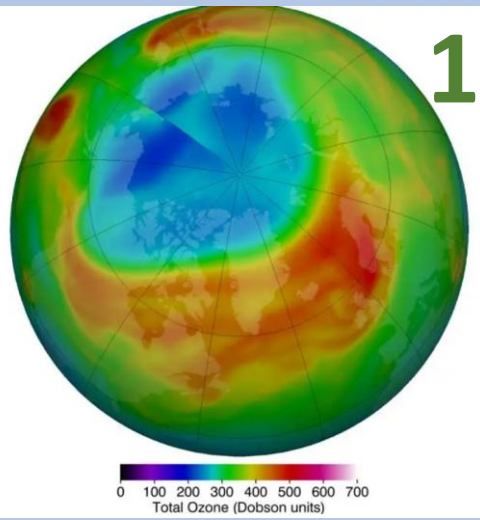
5. Uso global de agua dulce

6. Cambio climático

7. Ciclos de nitrógeno y fósforo

8. Contaminación química

9. Tasa de pérdida de biodiversidad terrestre y marina

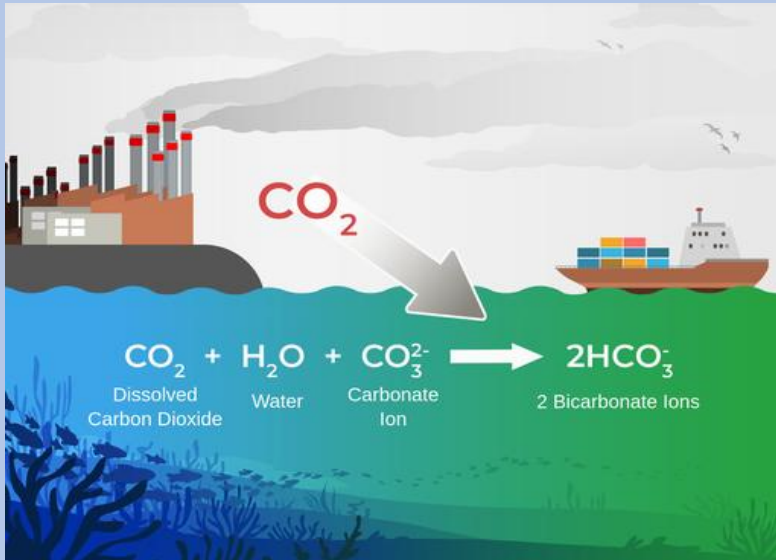


3. ACIDIFICACIÓN DE LOS OCÉANOS

1. Agotamiento del ozono estratosférico
2. Carga atmosférica de aerosoles

3. Acidificación de los océanos

4. Cambio en el uso del suelo
5. Uso global de agua dulce
6. Cambio climático
7. Ciclos de nitrógeno y fósforo
8. Contaminación química
9. Tasa de pérdida de biodiversidad terrestre y marina



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Acceso
Abierto

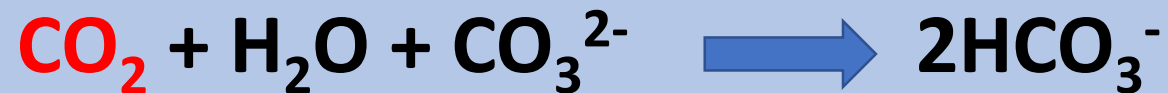


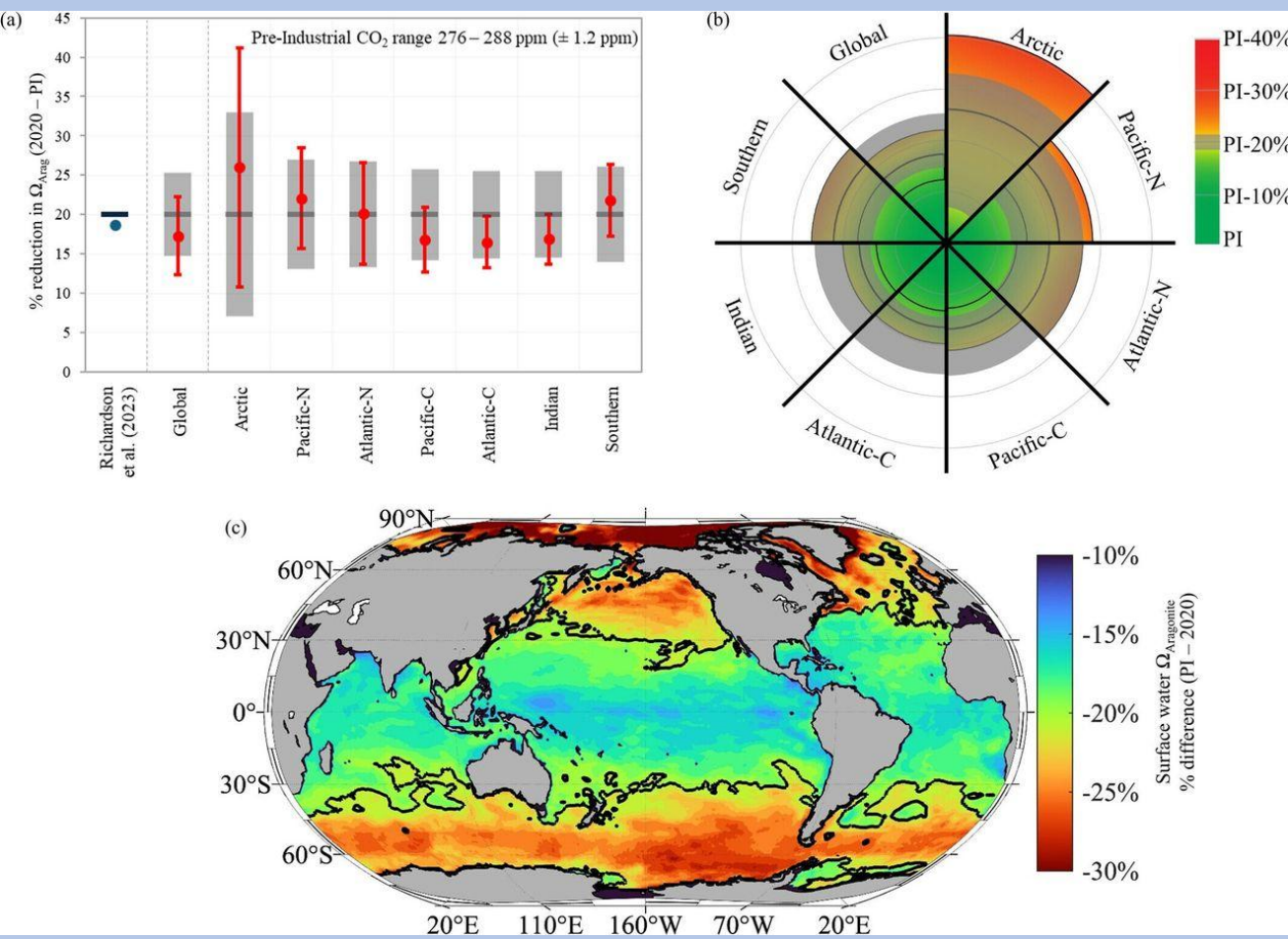
Acidificación de los océanos: otro límite planetario cruzado

Helen S. Findlay✉, Richard A. Feely, Li-Qing Jiang, Greg Pelletier, Nina Bednaršek

Primera publicación: 9 de junio de 2025 | <https://doi.org/10.1111/gcb.70238>

Financiación: Este trabajo contó con el apoyo de la Agencia Espacial Europea (AO/1-10757/21/I-DT); el Consejo de Investigación del Medio Ambiente Natural (NE/X006271/1); los Programas Globales de Monitoreo y Observación de los Océanos y de Acidificación de los Océanos de la NOAA (GOMO, número de referencia del fondo 100018302); y el OAP NRDD (OAP NRDD); la Agencia de Investigación de Eslovenia (N1-0359); y la Oficina del Programa Climático (NA19NES4320002, NA210AR4310251).





La precipitación abiótica de minerales de CaCO_3 solo ocurre a niveles muy altos de concentración (Chave y Suess, 1970) y la mayor parte del CaCO_3 en los océanos se forma mediante procesos biogénicos.

El CaCO_3 existe en varias fases minerales, entre las que se incluyen con mayor frecuencia el aragonito y la calcita, siendo el aragonito aproximadamente un 50 % más soluble que la calcita (Mucci, 1983).



Corales, crustáceos, moluscos, fitoplancton, zooplancton, algas..., corren un riesgo indirecto ya que la disminución de la concentración hace **más costoso energéticamente** construir o mantener sus estructuras de CaCO_3

Patatas fritas

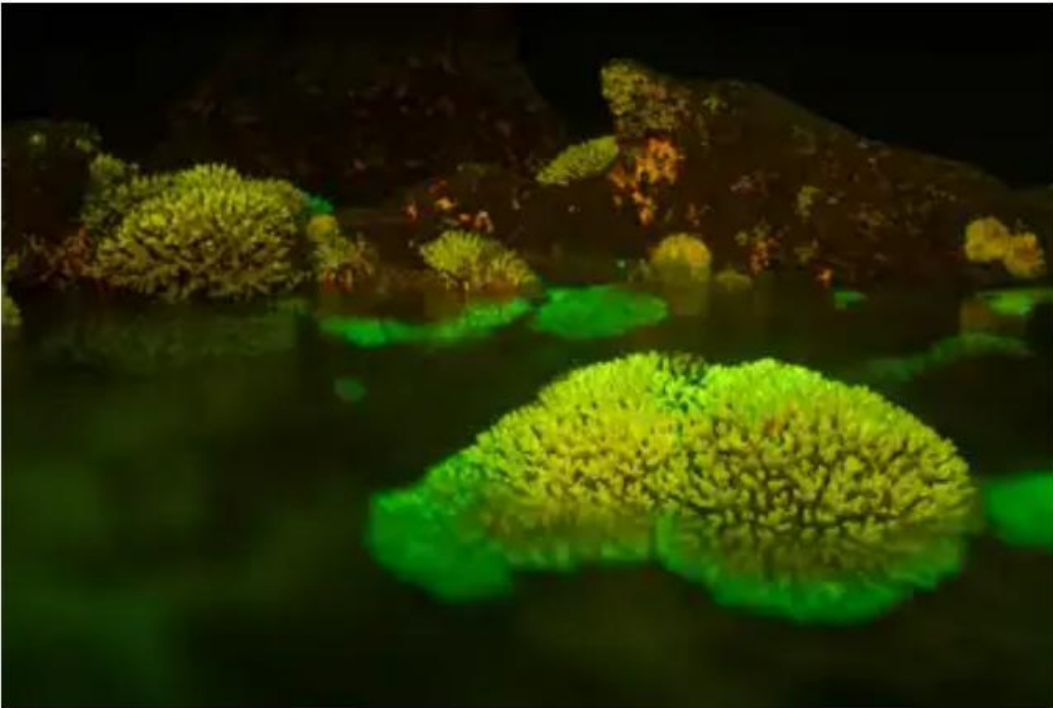


En 2020 ya se había cruzado el séptimo límite: hasta el 60% del océano subsuperficial global (primeros 200 m) habría traspasado el límite del aragonito, en comparación con más del 40% del océano superficial global. Estos cambios resultan en disminuciones significativas de hábitats adecuados para importantes especies calcificantes:

- 13% para los bivalvos costeros
- 43% en el hábitat de los arrecifes de coral tropicales y subtropicales
- 61% para los pterópodos polares (**patatas fritas**)

Un límite de reducción del 10% en la concentración de CaCO_3 respecto de las condiciones preindustriales previene de manera más adecuada el riesgo a los ecosistemas marinos y sus servicios para la vida.

Este punto de referencia fue superado en el año 2000 en toda la superficie del océano.



4. CAMBIO EN EL USO DEL SUELO

1. Agotamiento del ozono estratosférico
2. Carga atmosférica de aerosoles
3. Acidificación de los océanos

4. Cambio en el uso del suelo

5. Uso global de agua dulce
6. Cambio climático
7. Ciclos de nitrógeno y fósforo
8. Contaminación química
9. Tasa de pérdida de biodiversidad terrestre y marina



- **Casi la mitad de la tierra emergida es usada en agricultura industrial, el 80% para alimentar ganado para consumo de carne.**
- **La superación de este límite planetario es una señal de alarma que requiere acciones urgentes.**

Origen del problema:

1. Crecimiento de la población y demanda desbocada de recursos.
2. Nuevas corrientes planetarias artificiales.
3. Urbanización y desarrollo (crecimiento de la urbanosfera desde 2010 y peso de la masa artificial 2020).
4. Actividades insostenibles: prácticas agrícolas intensivas, minería y otras actividades extractivas.

Cinco acciones correctivas básicas:

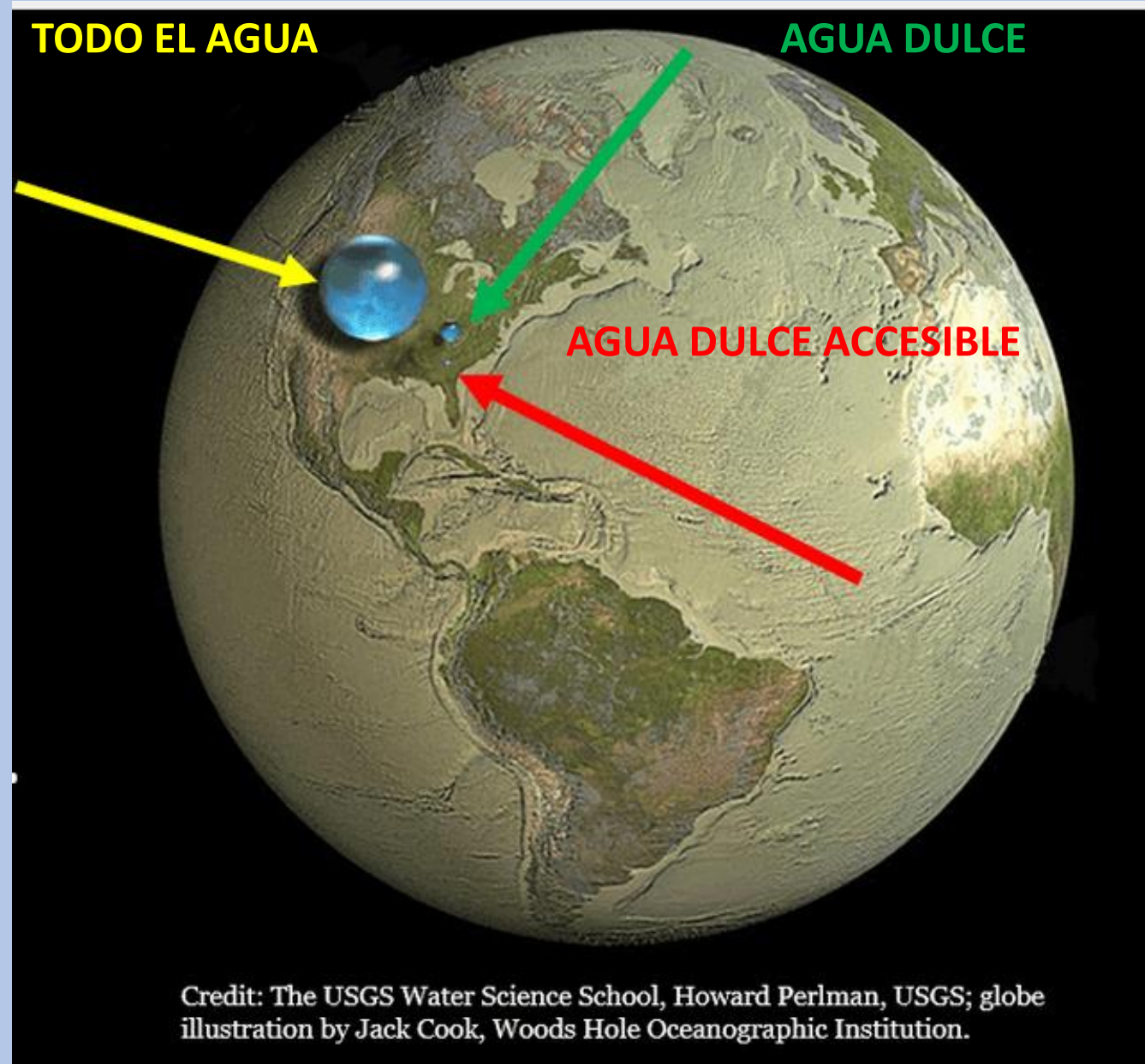
1. Agricultura sostenible: prácticas agrícolas que minimicen el impacto ambiental, como la rotación de cultivos, la agricultura orgánica y la reducción del uso de pesticidas y fertilizantes.
2. Conservación de bosques: proteger los bosques existentes y restaurar las áreas degradadas para mantener la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.
3. Planificación urbana sostenible: fomentar la protección de espacios verdes en las ciudades. Difuminar la frontera de lo rural-urbano (Lugo Biodinámico)
4. Consumo responsable: reducir la demanda de productos que requieren un uso intensivo de la tierra, como la carne y los productos forestales.
5. Políticas públicas: implementar políticas que fomenten el uso sostenible de la tierra y la protección de los ecosistemas.

5. USO GLOBAL DEL AGUA DULCE

1. Agotamiento del ozono estratosférico
2. Carga atmosférica de aerosoles
3. Acidificación de los océanos
4. Cambio en el uso del suelo

5. Uso global de agua dulce

6. Cambio climático
7. Ciclos de nitrógeno y fósforo
8. Contaminación química
9. Tasa de pérdida de biodiversidad terrestre y marina

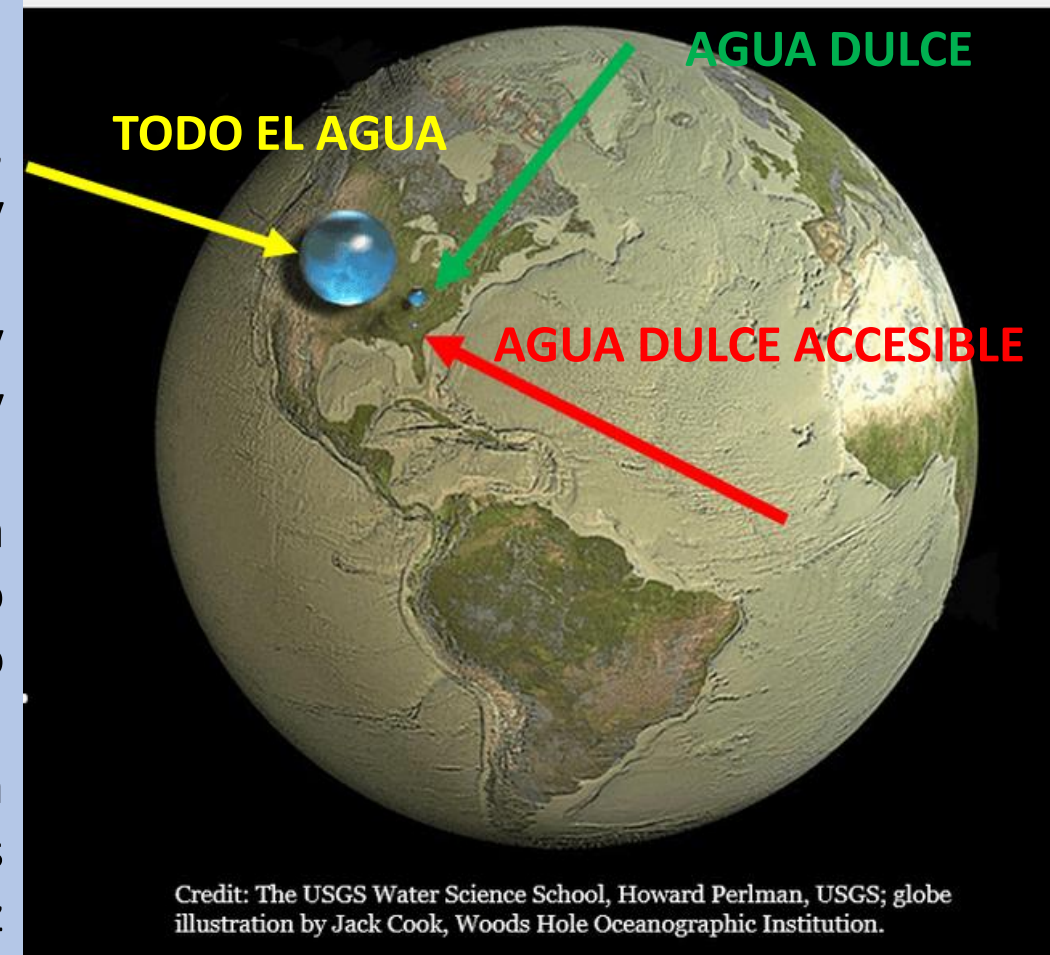


Implicaciones:

1. Riesgos para la seguridad alimentaria y energética.
2. Conflictos y guerras por el agua.

Medidas correctoras:

1. Gestión sostenible del agua, prácticas de riego eficientes, reducir las pérdidas de agua en las redes de distribución y promover la reutilización.
2. Protección de los ecosistemas acuáticos: restaurar los ríos y humedales, proteger las zonas de recarga de acuíferos y reducir la contaminación del agua.
3. Cambio de patrones de consumo: reducir el consumo de agua en la agricultura, la industria y los hogares, y promover el uso de tecnologías más eficientes en un contexto de no crecimiento o decrecimiento.
4. Promoción de la cooperación internacional: fomentar la colaboración entre regiones para gestionar los recursos hídricos transfronterizos y abordar los problemas de escasez de agua.





Aldo Leopold viajó en canoa con su hermano por el Delta del Colorado en 1922. Describió un río entre selvas imponentes, albergando fauna como jaguares y serpenteando a través de cien lagunas verdes repletas de aves. Debido a la drástica disminución de los caudales, el delta se ha secado en gran medida y el Colorado rara vez llega al mar. Universidad de Wisconsin (izquierda) y Pete McBride/USGS (derecha).

El límite planetario del agua dulce ha sido transgredido **considerablemente**. El uso humano del agua dulce ha alcanzado niveles que superan la capacidad de la Tierra para reponer estos recursos, poniendo en peligro la disponibilidad de agua dulce para las futuras generaciones y la salud de los ecosistemas y de toda la cadena que garantiza la vida.

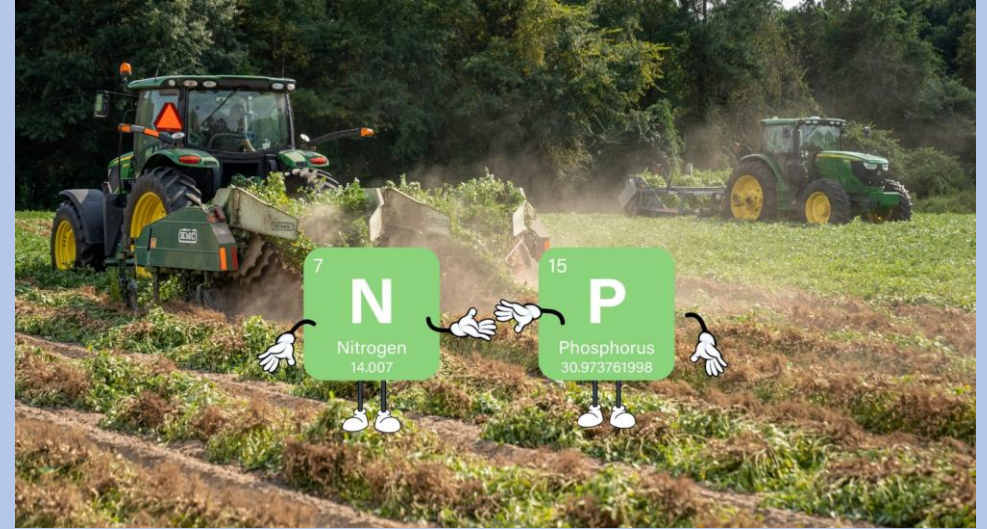


7. CICLOS DE NITRÓGENO Y FÓSFORO

1. Agotamiento del ozono estratosférico
2. Carga atmosférica de aerosoles
3. Acidificación de los océanos
4. Cambio en el uso del suelo
5. Uso global de agua dulce
6. Cambio climático

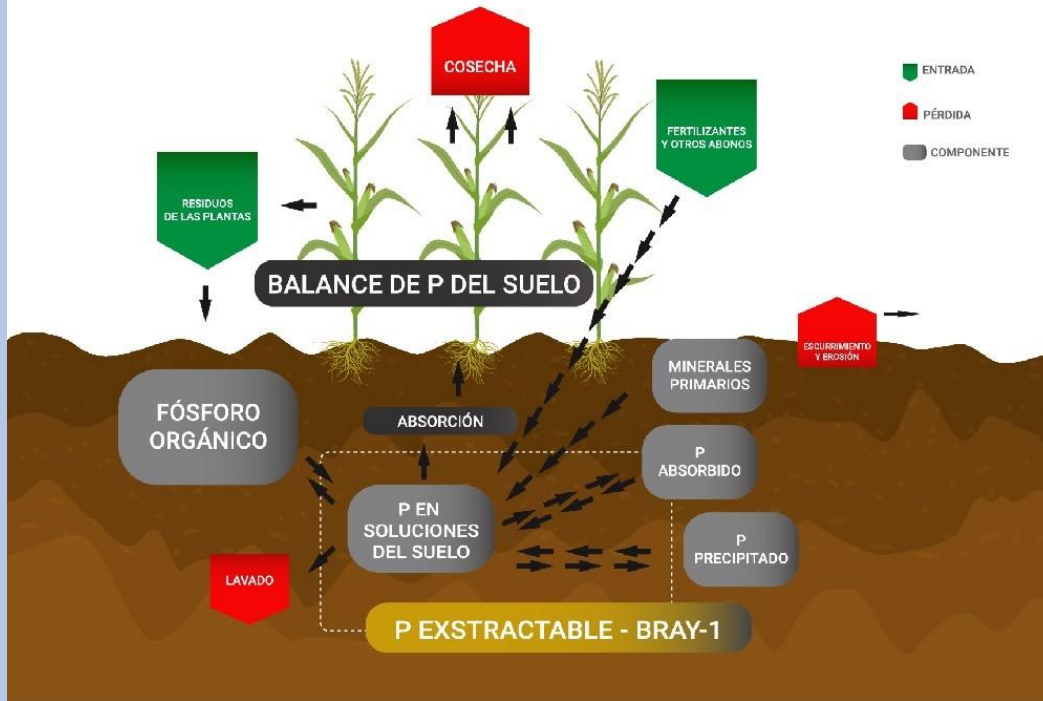
7. Ciclos de nitrógeno y fósforo

8. Contaminación química
9. Tasa de pérdida de biodiversidad terrestre y marina



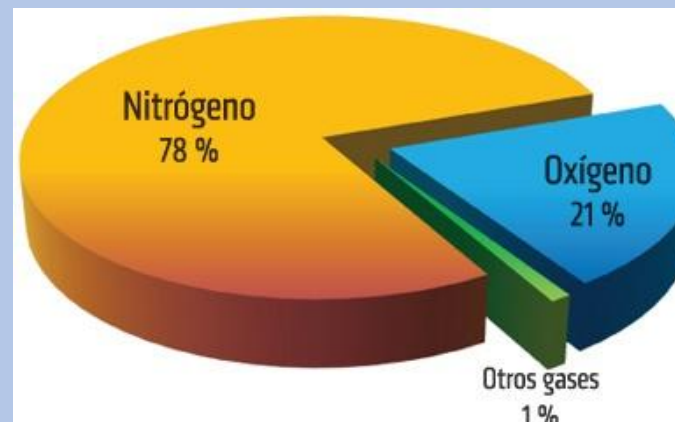
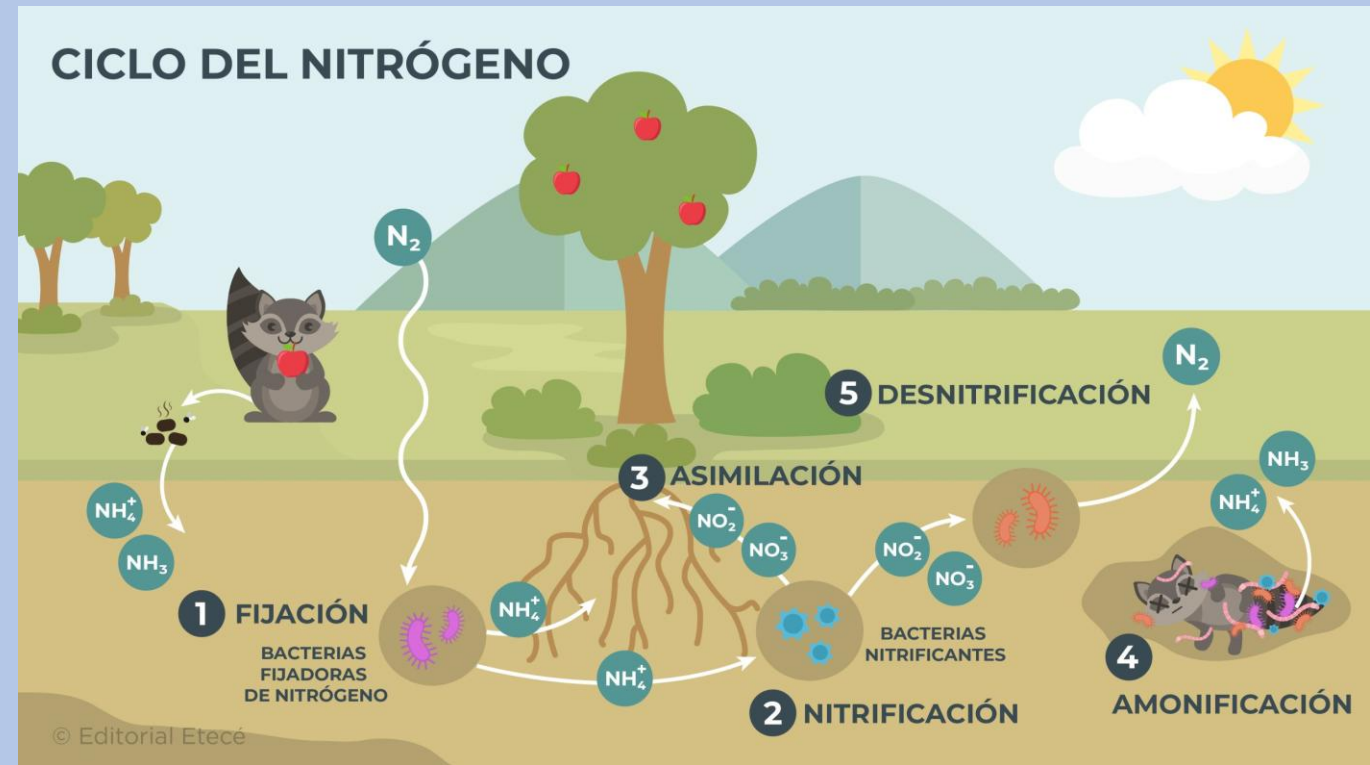
Los **límites en los ciclos biogeoquímicos**, se refieren a los umbrales que, si se sobrepasan, pueden alterar drásticamente la estabilidad de los ecosistemas y la capacidad del planeta para mantener la vida. Dos ciclos biogeoquímicos clave son **el fósforo y el nitrógeno**, alterados por la actividad humana, principalmente a través del uso de fertilizantes en la agricultura.

Ciclo del fósforo



El fósforo es un requisito no negociable para la vida. Es la piedra angular del ADN (la P del ATP), la molécula que transporta energía por las células. Las plantas necesitan fósforo para crecer, por eso los agricultores han fertilizado sus cultivos con él durante milenios.

CICLO DEL NITRÓGENO



El ciclo del nitrógeno es un proceso biogeoquímico vital en la naturaleza. Transforma la circulación del nitrógeno entre la atmósfera, la tierra, los organismos vivos y el agua. El N es un elemento esencial para la vida que mantiene el equilibrio de los ecosistemas.

El problema de la contaminación por nitratos



La **estrategia del fósforo** en la naturaleza llevó a las plantas al desarrollo de tácticas para conseguir la cantidad suficiente. Muchas desarrollaron sistemas de raíces amplios que buscan el fósforo. También pueden producir sustancias químicas para liberar el nutriente del suelo.

Pero la mayoría de los cultivos comerciales **ya no tienen esa capacidad**. Las plantas ya no necesitan gastar energía desplegando este tipo de estrategias. Y en un mundo de recursos abundantes y una economía basada en el crecimiento de los beneficios empresariales no hemos seleccionado variedades: **optamos por la minería**.



La alteración de los ciclos biogeoquímicos contribuye a la **pérdida de biodiversidad** y funciones ecosistémicas. Los límites planetarios relacionados con los ciclos biogeoquímicos nos indican la importancia de mantener en **equilibrio los procesos naturales para asegurar el futuro** de todos los seres vivos.

Mapping EU de-industrialisation | tracking shutdowns*

Sites shown are plants most significantly impacted from gas costs or low demand levels. Capacities impacted in '000 tonnes/year put next to product in red, plants colour coded by country

Netherlands
Yara Sluiskil Ammonia & Urea (1700, 1300), reduced rates, ammonia utilisation at 65%
OCI Sittard Ammonia (550), rates increased since 2023
OCI BioMCN Methanol (900), shutdown on gas costs
Dow Terneuzen Polyethylene (910), 15% reduction in rates

UK
CF Fertilisers Ammonia & AN (1000), to permanently close ammonia plant, AN production to continue
Versalis Grangemouth BR & S-BR (80, 60), reduced rates

Belgium
Yara Tertre Ammonia (420), utilisation at 65%
INEOS Antwerp Acetone & Phenol (680, 421), outage
OBC Ostend PA (30), reduced rates

France
Yara Gonfreville Ammonia (400), utilisation at 65%
INOVYN Tavaux ECH (52), rates acutely reduced
Borealis Rouen Ammonia, reduced rates
Seqens Acetone & Phenol (42, 2, 70), reduced rates

Spain
Dow Tarragona Polyethylene (605), 15% reduction in rates
Cepsa Huelva Cyclohexane (180), shutdown
Cepsa Algeiras PA (35), shutdown

Norway
Yara Porsgrunn Ammonia (500), utilisation at 65%

Finland
Borealis Porvoo Acetone & Phenol (42, 68, 25), reduced rates

Germany
BASF Ludwigshafen Caprolactam (95), Ammonia (880), Adipic Acid (270), Cyclohexanone (279), TDI (300), Melamine (65), Soda Ash, Cyclohexanol, shutdown on high production costs
DOMO Leuna Acetone & Phenol (27, 9, 45), reduced rates
Yara Brunsbüttel Ammonia (750), utilisation at 65%
Dow Leuna & Schkopau Polyethylene (385), 15% reduction in rates
Kronos Leverkusen & Nordenham TiO2 (73), moderated rates
Venator Duisburg TiO2 (50), moderated rates
Oxynova Luelsdorf DMT (240), shutdown
INEOS Nitriles Dormagen ACN (100), one line shutdown

Poland
Grupa Azoty Pulawy Capro & Melamine (70, 96), capro production shut until further notice
Grupa Azoty Kedzierzyn Nitrogen, nitrogen production cut to 43%
Synthos Oswiecim E-SBR (180), reduced rates

Czech Republic
Synthos Kralupy E-SBR (110), ceased production in Q2 2023

Lithuania
Lifosa Fertilisers (3241), to suspend operation from October 2023

Romania
Azomures Ammonia, AN, NPK, UAN, Urea (1300, 497), running at 10%

Austria
Atmosa Petrochimie PA (15), operating rates at 75%

Hungary
Nitrogenmurek CAN & Ammonia (1300, 497), shutdown

Serbia
MSK Kikinda Methanol (200), shutdown

Bulgaria
Neochim Ammonia (450), production restarted gradually

Croatia
Petrokemija Urea (500), shutdown

Italy
Polymt Bergamo & S.G. Valdarno PA (108, 72), reduction rates at Bergamo, shutdown at S.G. Valdarno
Polymt Ravenna MA (30), reduced rates
Versalis Mantova Styrene (150), shutdown

Turkey
Petkim Aliaga CAN (110), reduced rates in April 2022

8. CONTAMINACIÓN QUÍMICA

"Nuevas Entidades"

1. Agotamiento del ozono estratosférico
2. Carga atmosférica de aerosoles
3. Acidificación de los océanos
4. Cambio en el uso del suelo
5. Uso global de agua dulce
6. Cambio climático
7. Ciclos de nitrógeno y fósforo

8. Contaminación química

9. Tasa de pérdida de biodiversidad terrestre y marina



Las nuevas corrientes planetarias artificiales.

Origen y consecuencias

Núcleo

Manto

Corteza

Magnetosfera

Hidrosfera

Atmósfera

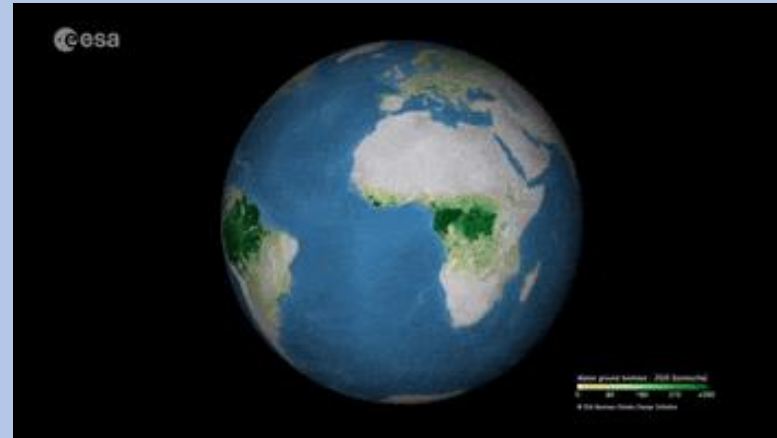
Biosfera

Noosfera

Tecnosfera

Urbanosfera

Antropoceno



4.500 M. a.

4.000 M. a.

300.000 a.

5.000 a.

15 a.

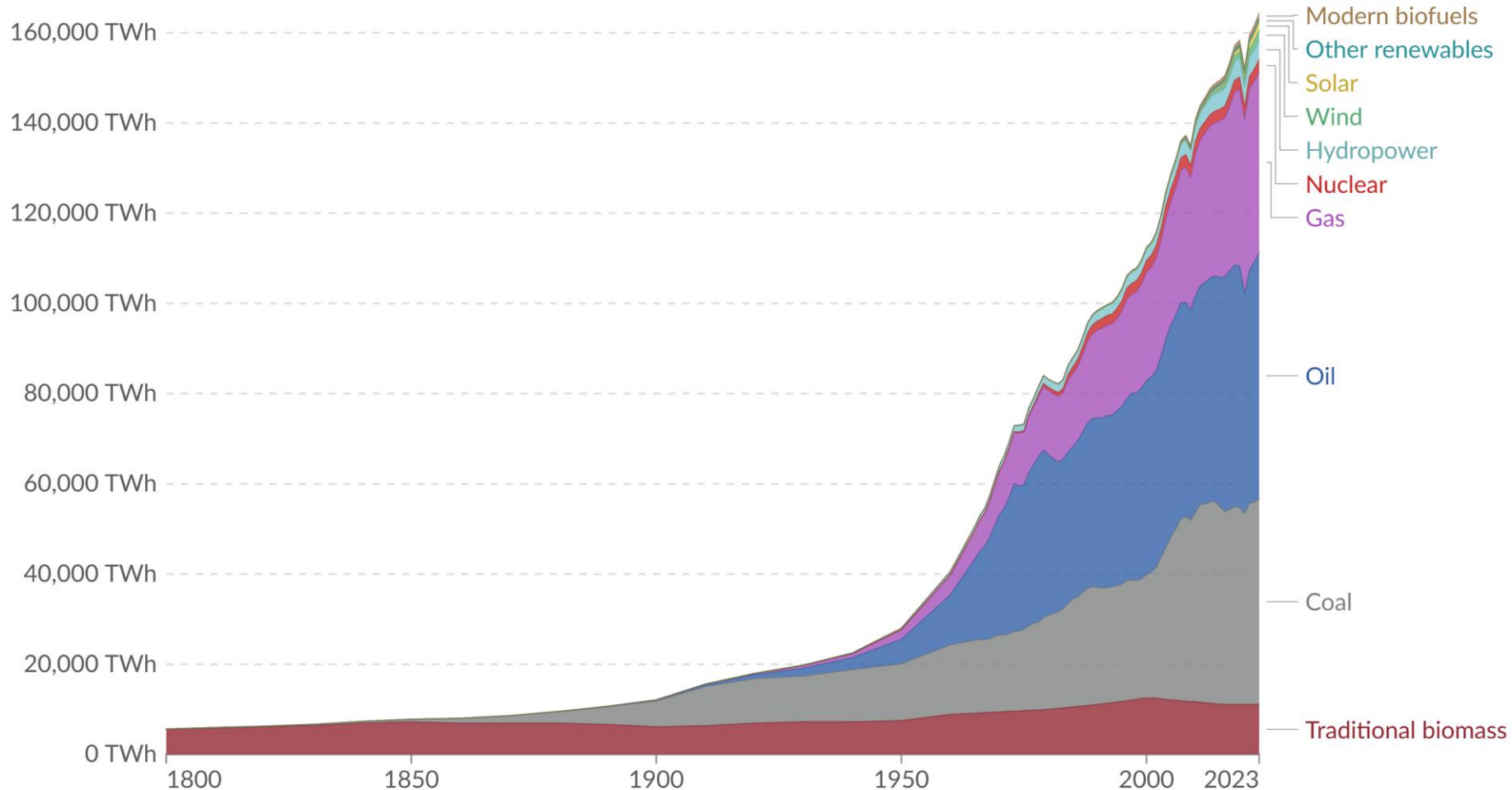
5 a.

BREVE HISTORIA DE NUESTRO CONSUMO ENERGÉTICO

Global direct primary energy consumption

Our World
in Data

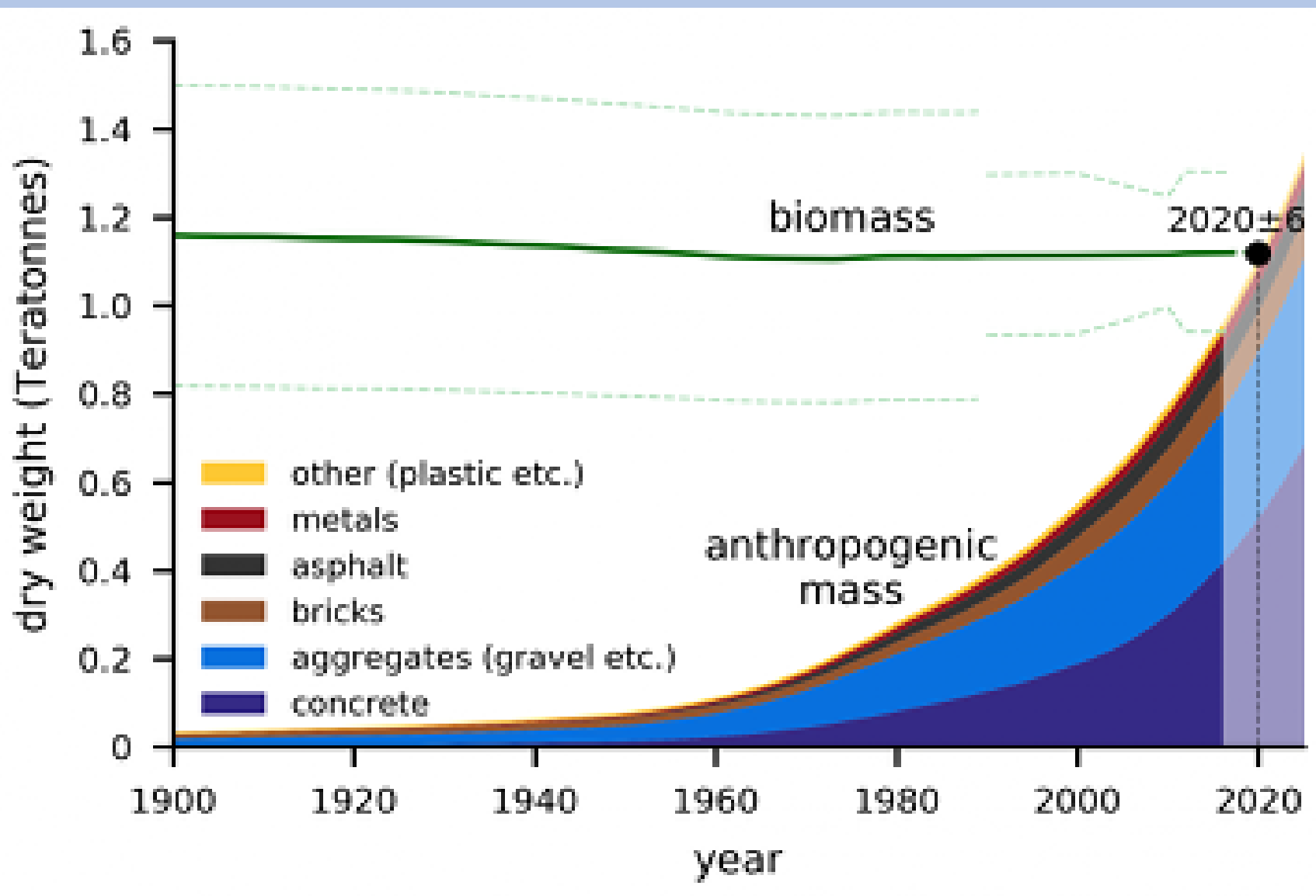
Energy consumption is measured in terawatt-hours¹, in terms of direct primary energy². This means that fossil fuels include the energy lost due to inefficiencies in energy production.



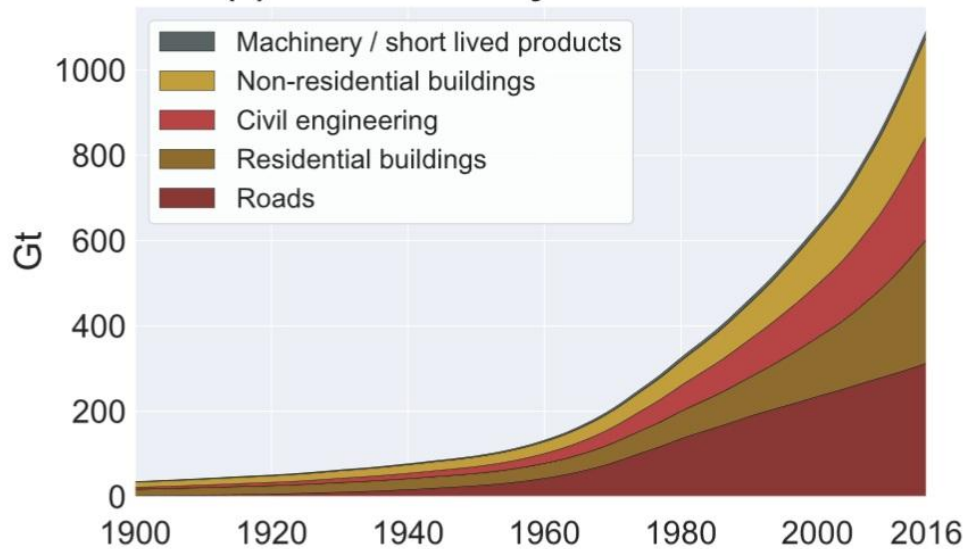
Data source: Energy Institute - Statistical Review of World Energy (2024); Smil (2017)

OurWorldinData.org/energy | CC BY

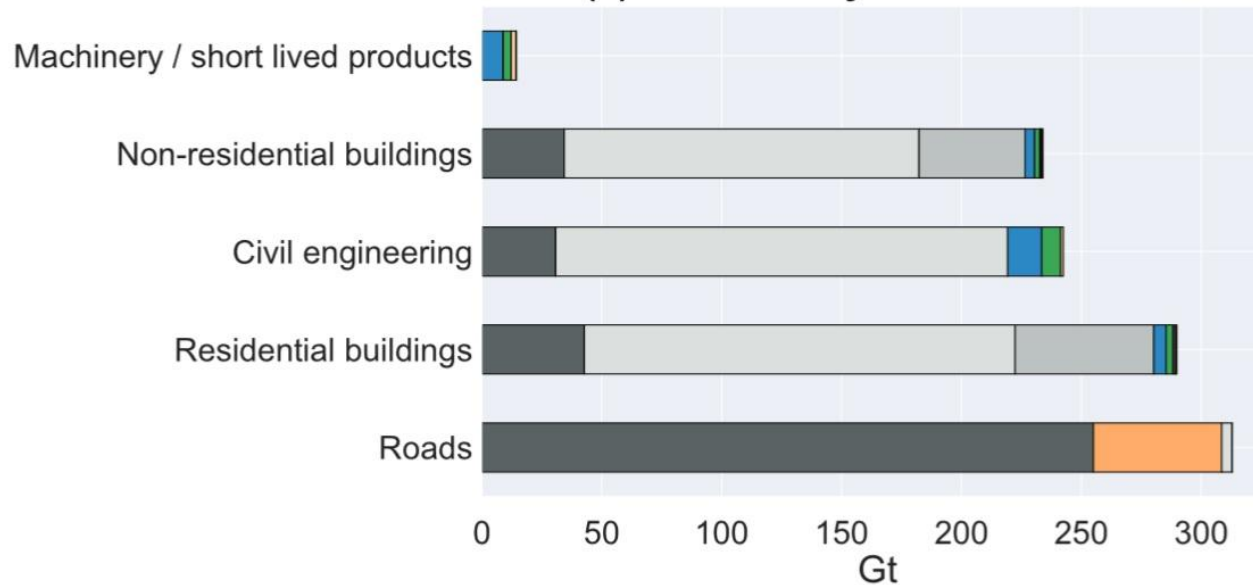
Note: In the absence of more recent data, traditional biomass is assumed constant since 2015.



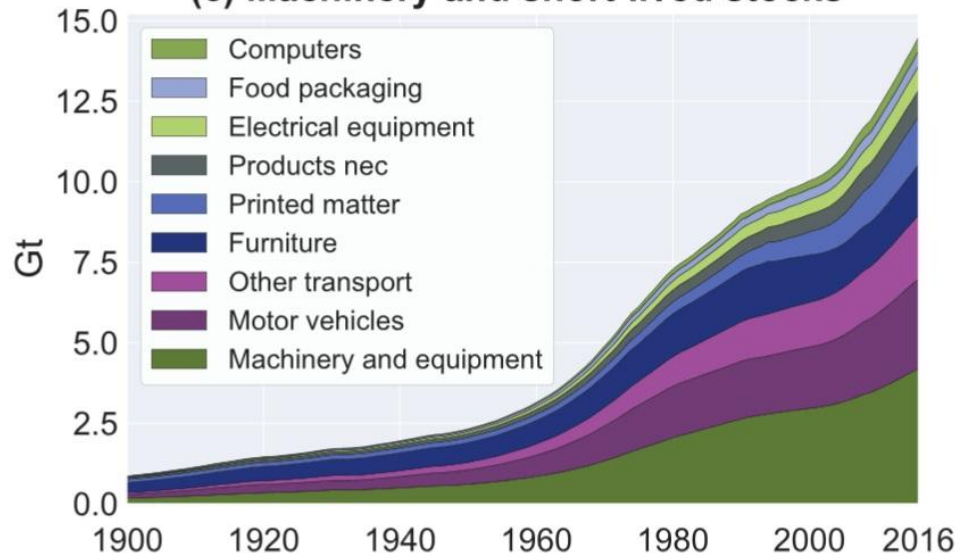
(a) Total stocks by main end-uses



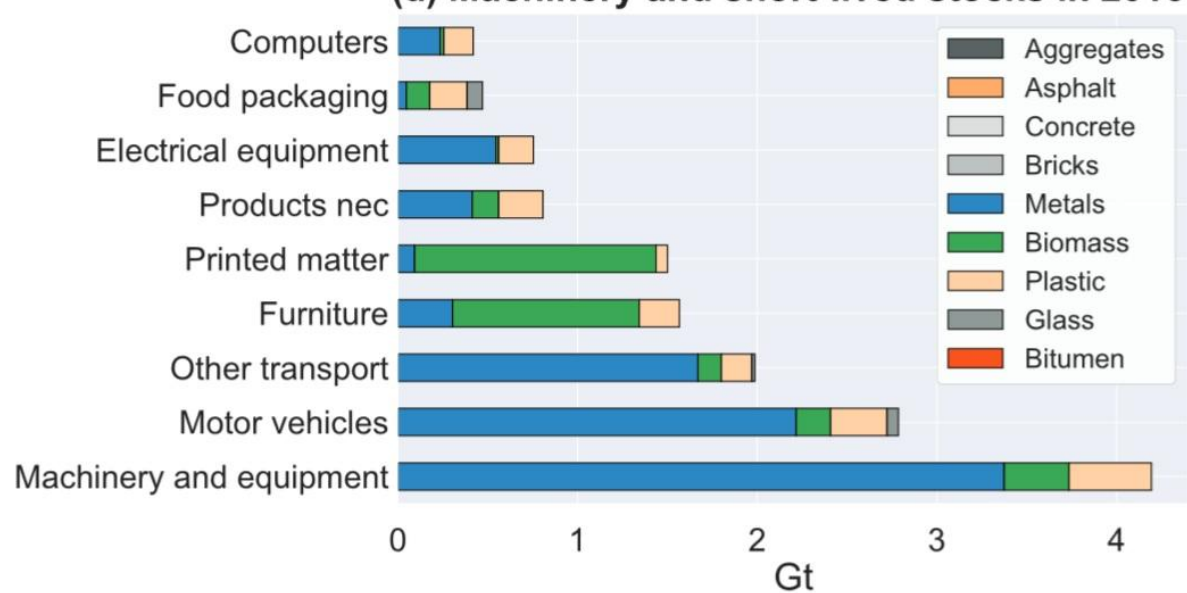
(b) End-uses by material in 2016



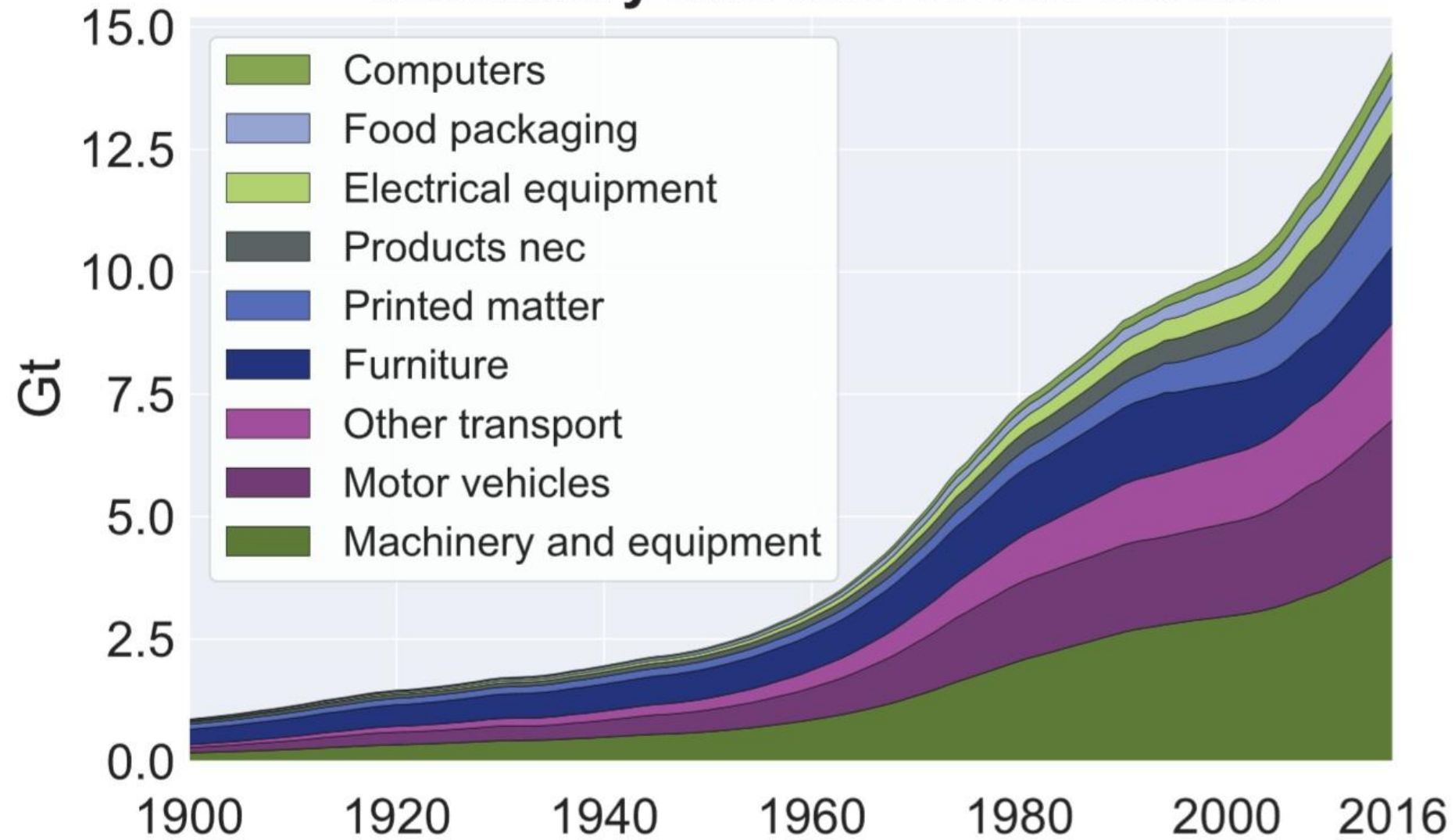
(c) Machinery and short-lived stocks



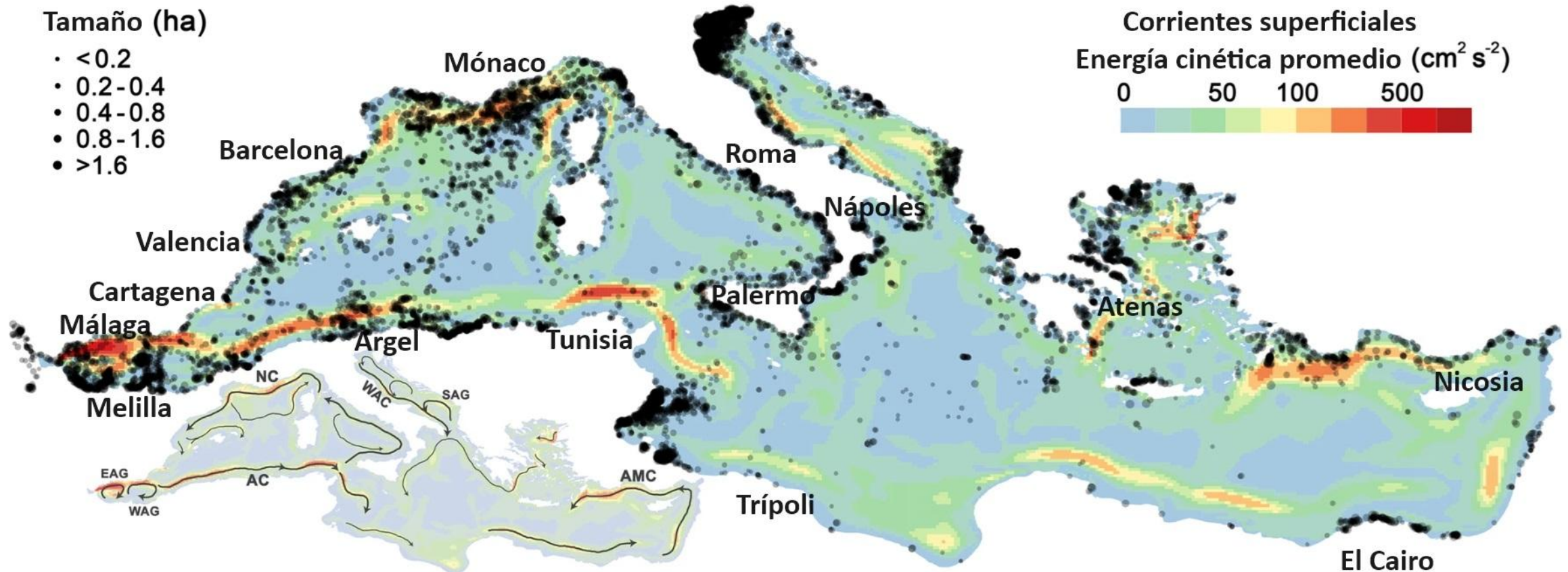
(d) Machinery and short-lived stocks in 2016



Machinery and short-lived stocks



Hileras de basura en el Mar Mediterráneo



Proof of concept for a new sensor to monitor marine litter from space

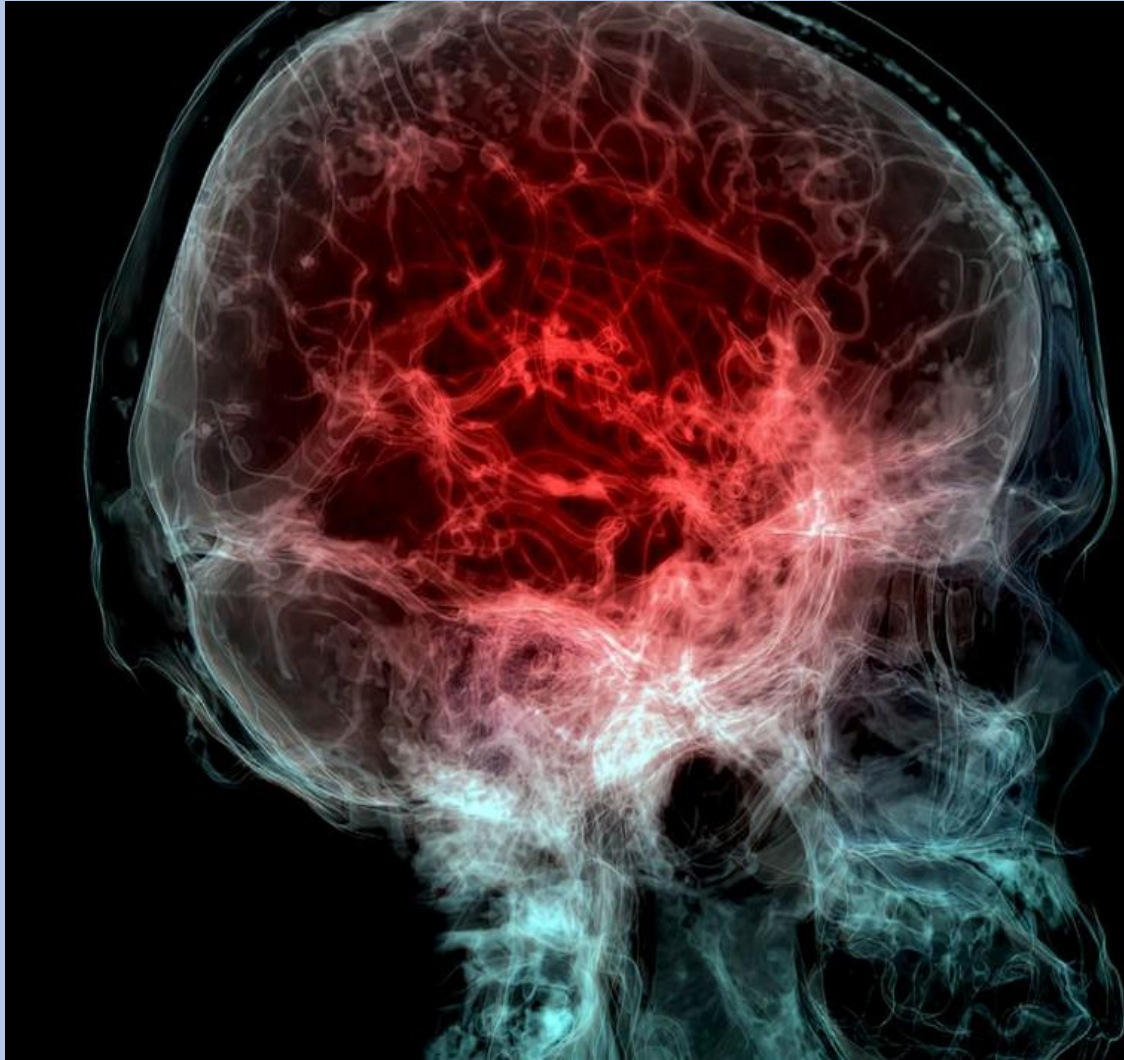
[Andrés Cózar](#) ✉, [Manuel Arias](#) ✉, [Giuseppe Suaria](#), [Josué Viejo](#), [Stefano Aliani](#), [Aristeidis Koutroulis](#), [James Delaney](#), [Guillaume Bonnerly](#), [Diego Macías](#), [Robin de Vries](#), [Romain Sumerot](#), [Carmen Morales-Caselles](#), [Antonio Turiel](#), [Daniel González-Fernández](#) & [Paolo Corradi](#)

Microplastics found in every human testicle in study

Scientists say discovery may be linked to decades-long decline in sperm counts in men around the world



📷 Microplastic pollution was found in all 23 human testes examined by scientists, as well as 47 testes from pet dogs. Photograph: David Kelly/University of Queensland



| CIENCIA |

Un estudio descubre niveles alarmantes de microplásticos en el cerebro

Un nuevo estudio revela que los microplásticos y los nanoplásticos se acumulan a niveles más altos en el cerebro que en el hígado y el riñón.





**ESTUDIO DE LA DISPERSIÓN DE CAUCHO
GRANULADO Y MICROPLÁSTICOS DESDE
CAMPOS DE FÚTBOL DE HIERBA
SINTÉTICA
EL CASO DE SAN JORGE (PAMPLONA)
OBSERVACIONES TRAS LAS INUNDACIONES**

Researchers Investigate Impacts of Offshore Wind Farms on Blue Mussels

eco | 7 january 2025



Mussels. (Image credit: Roland Krone, Alfred-Wegener-Institut)

After several years of service under harsh weather conditions, the rotor blades of offshore wind parks are subjected to degradation and surface erosion, releasing sizeable quantities of particle emissions into the environment. A team of researchers led by the Alfred Wegener Institute has now investigated the effects of the particle emissions on blue mussels—a species also being considered for the multi-use of wind parks for aquaculture. In the experiment, the mussels absorbed metals from the rotor blades' coatings, as the team describes in a study just released in the journal *Science of the Total Environment*, where they also discuss the potential physiological effects.

- Hemos vivido un aumento de 50 veces en la producción de productos químicos para plásticos, pesticidas, productos de consumo, productos farmacéuticos..., desde 1950.
- En 2050 la previsión es que se triplique.
- La producción de plásticos aumentó en un 80% entre 2000 y 2015.
- Alrededor del 60% de todos los plásticos todavía se encuentran en vertederos o en el medio ambiente natural con consecuencias negativas para la biodiversidad a través de la ingestión, el enredo o la contaminación de los ecosistemas terrestres y marinos.
- Entre 1950 y 2015, solo el 9 % de todo el plástico se recicló en el mundo. Y se estima que se producen y liberan 350.000 productos químicos fabricados a **un ritmo que supera la capacidad de los gobiernos para ayudar a evaluar los impactos** globales y regionales en el medio ambiente.



ENORGIF.COM



ENORGIF.COM





9. TASA DE PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD TERRESTRE Y MARINA

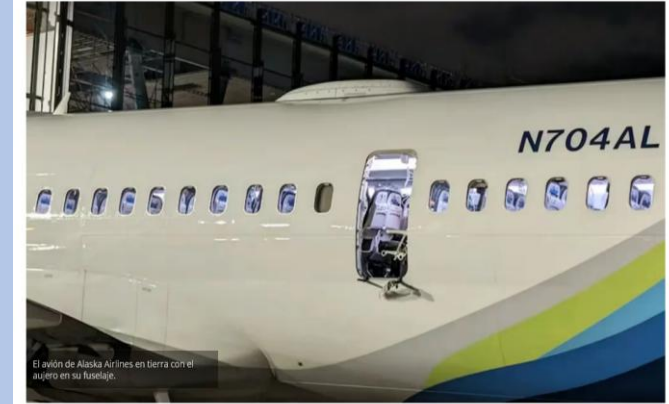
1. Agotamiento del ozono estratosférico
2. Carga atmosférica de aerosoles
3. Acidificación de los océanos
4. Cambio en el uso del suelo
5. Uso global de agua dulce
6. Cambio climático
7. Ciclos de nitrógeno y fósforo
8. Contaminación química

9. Tasa de pérdida de biodiversidad terrestre y marina

Metáfora del avión en vuelo al que se le van quitando tornillos

El NTSB confirma que faltaban los tornillos de sujeción en el Boeing 737 de Alaska Airlines

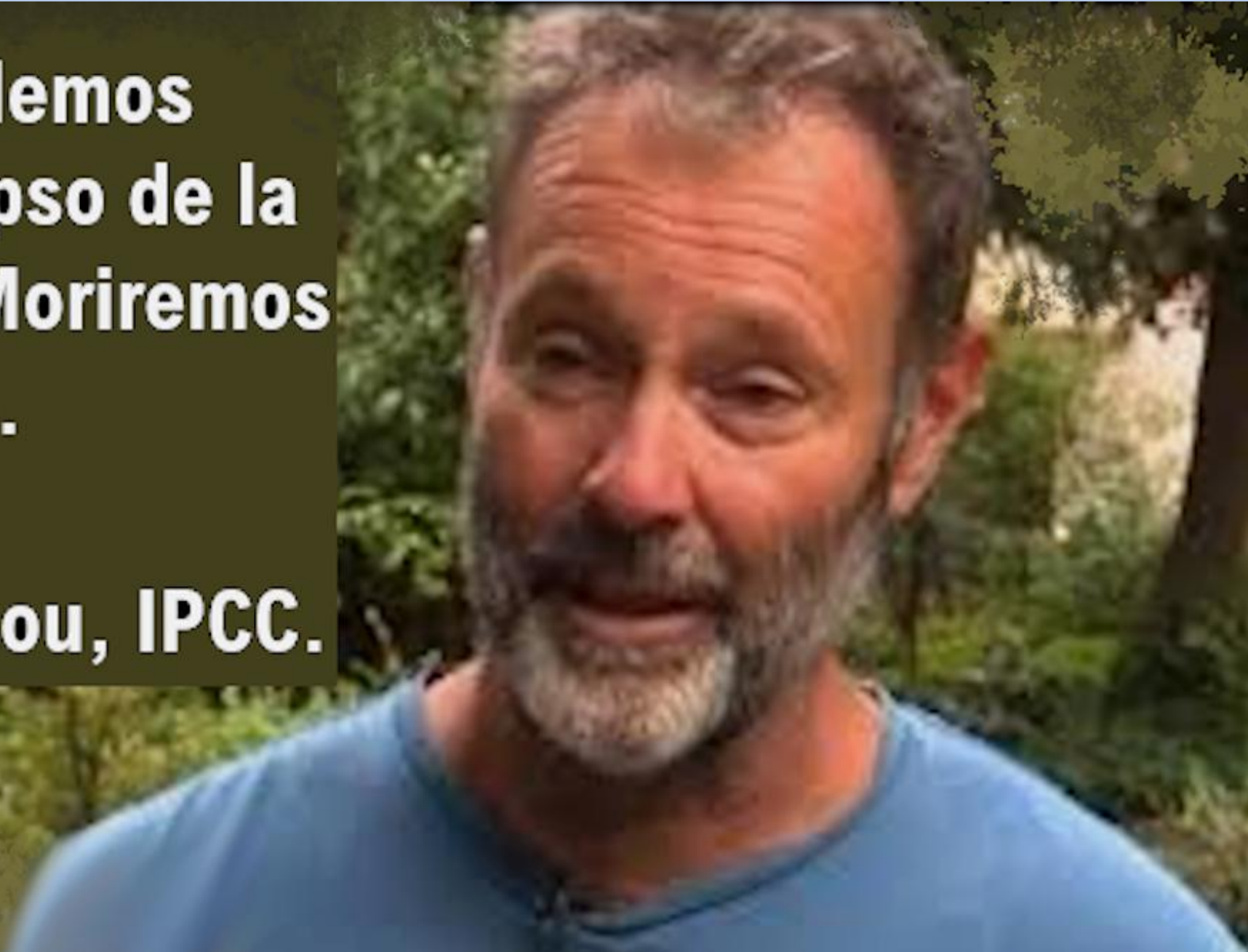
© 7 febrero, 2024 · Añadir comentario · Luis Calvo



REFLEXIÓN FINAL

**«No nos podemos
adaptar al colapso de la
biodiversidad. Moriremos
con él».**

Christophe Cassou, IPCC.



Gracias por su atención
antonioaretxabala.blogspot.com

