



Universidad de
los Andes

Facultad de
Administración

Fenómeno de El Niño

Una mirada sistémica
para entender y anticipar
riesgos encadenados

Sandra P. Vilardy Q.



GLOBAL ASSOCIATION
Master's in Development Practice

Universidad de los Andes | Vigilada Mineducación
Reconocimiento como Universidad: Decreto 1297 del 30 de mayo de 1964.
Reconocimiento personería jurídica: Resolución 28 del 23 de febrero de 1949 Minjusticia.



La lógica de lo viviente es termodinámica

*Energía ... materia ...
información*

Movimiento!!

*Vientos, corrientes,
placas tectónicas*



*Nuestra energía proviene de
las reacciones termonucleares
en el sol y en el centro de la
tierra*

Termodinámica es la rama de la física que estudia los flujos y transformaciones de la energía en el universo



Ley 0

- Energía en tránsito
- **Calor**
- Estructuras disipativas (para captar y retener la energía)
- Los ecosistemas son el resultado

Ley 1

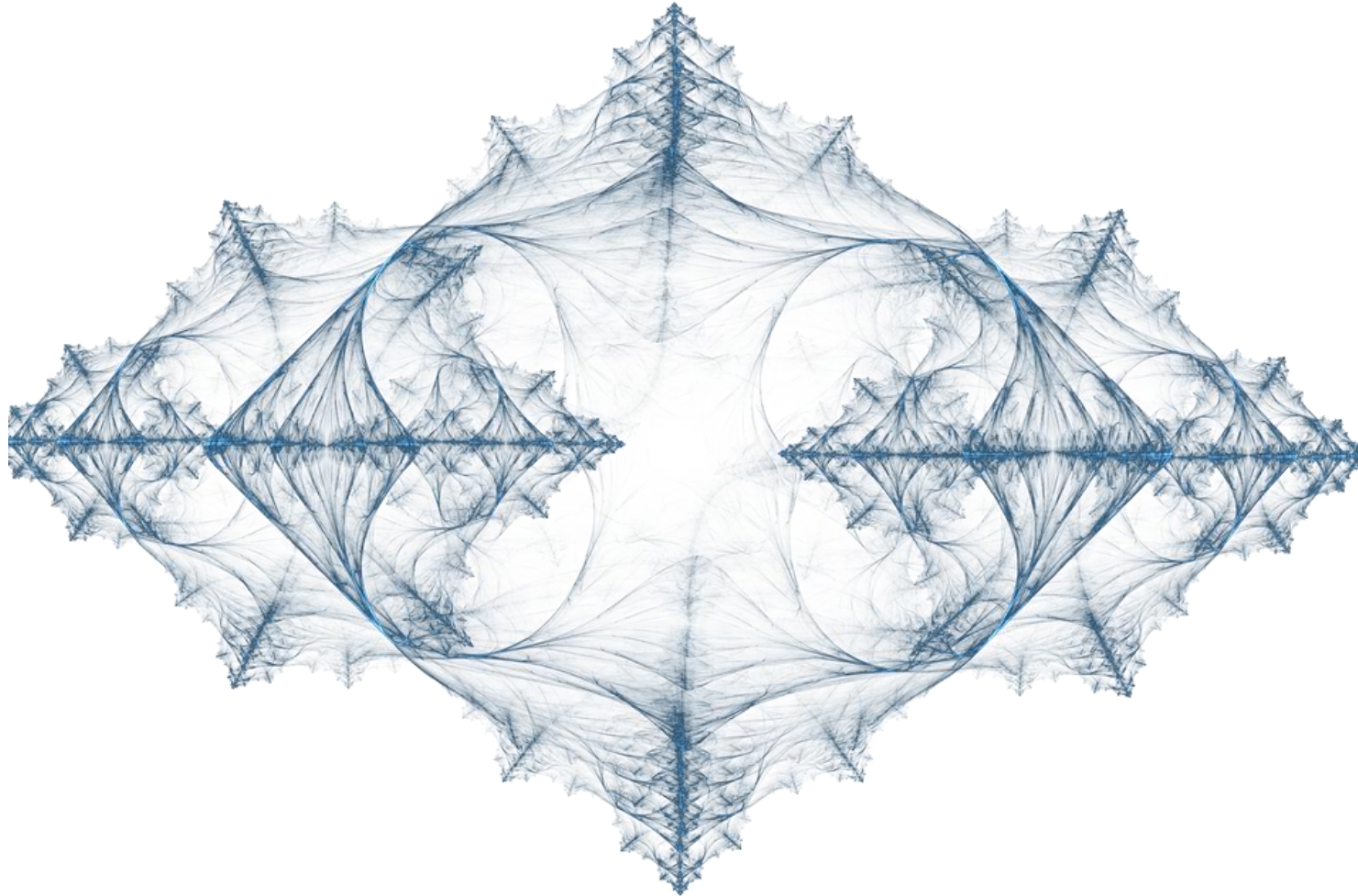
- La energía no se crea ni se destruye, se transforma
- Energía potencial (almacenada)
- Energía cinética (en movimiento)
- Principio de conservación de la energía: Los seres vivos retienen energía
- Balances de entradas y salidas: Crecimiento o deterioro
- Trabajo: Almacenar energía o
- Límites del crecimiento

Ley 2

- En cada transformación de la energía, una parte se disipará en forma de calor
- Aumento de la entropía
- Trabajo: Energía para desplazar una partícula
 - Almacenar energía
 - Organización de materia
- Reacciones
 - Exotérmicas (Disminuye la capacidad de trabajo – Entropía)
 - Endotérmicas (Aumenta la posibilidad de trabajo - absorbe energía)

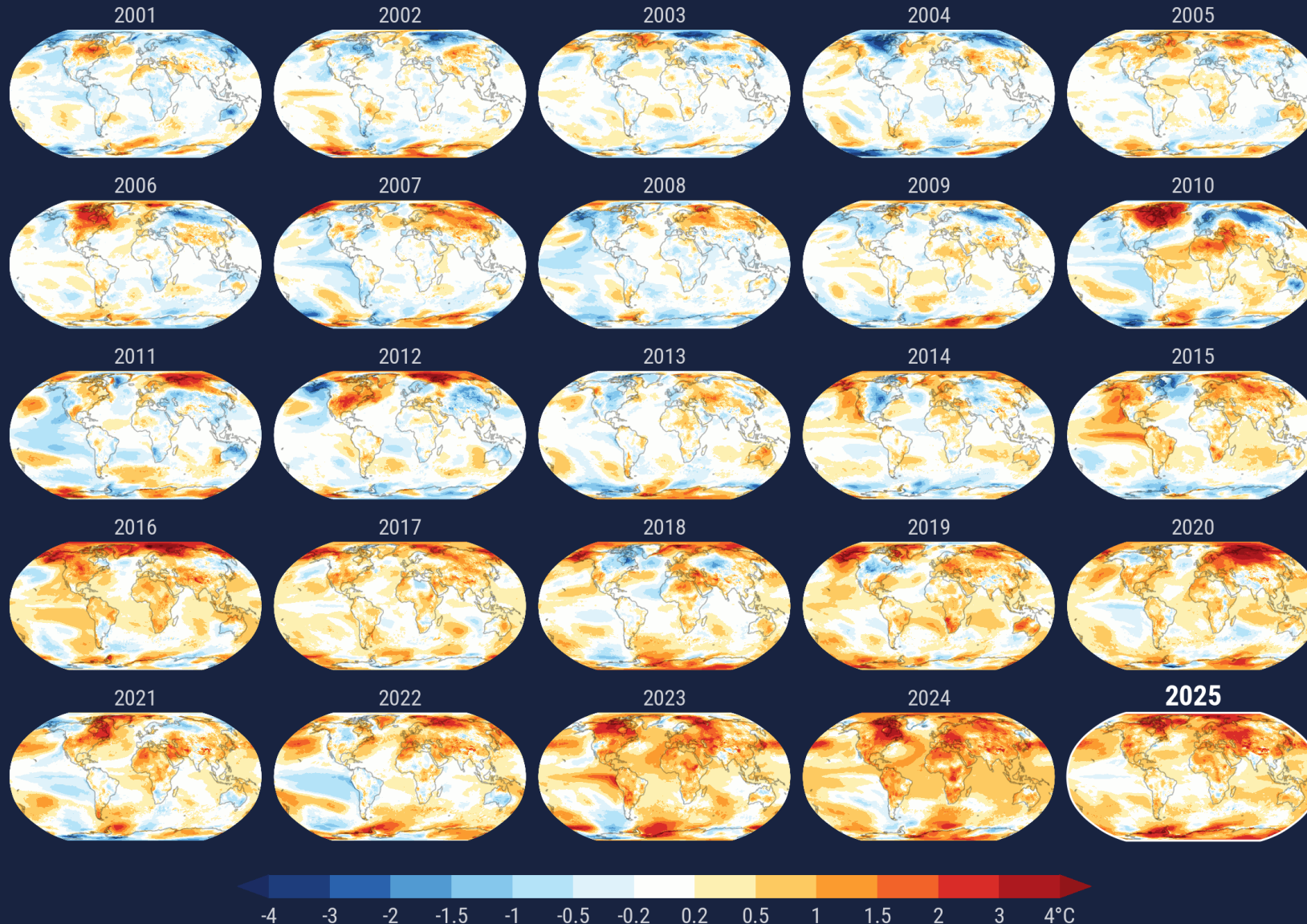


¿¿¿Estamos gestionando la Entropia???

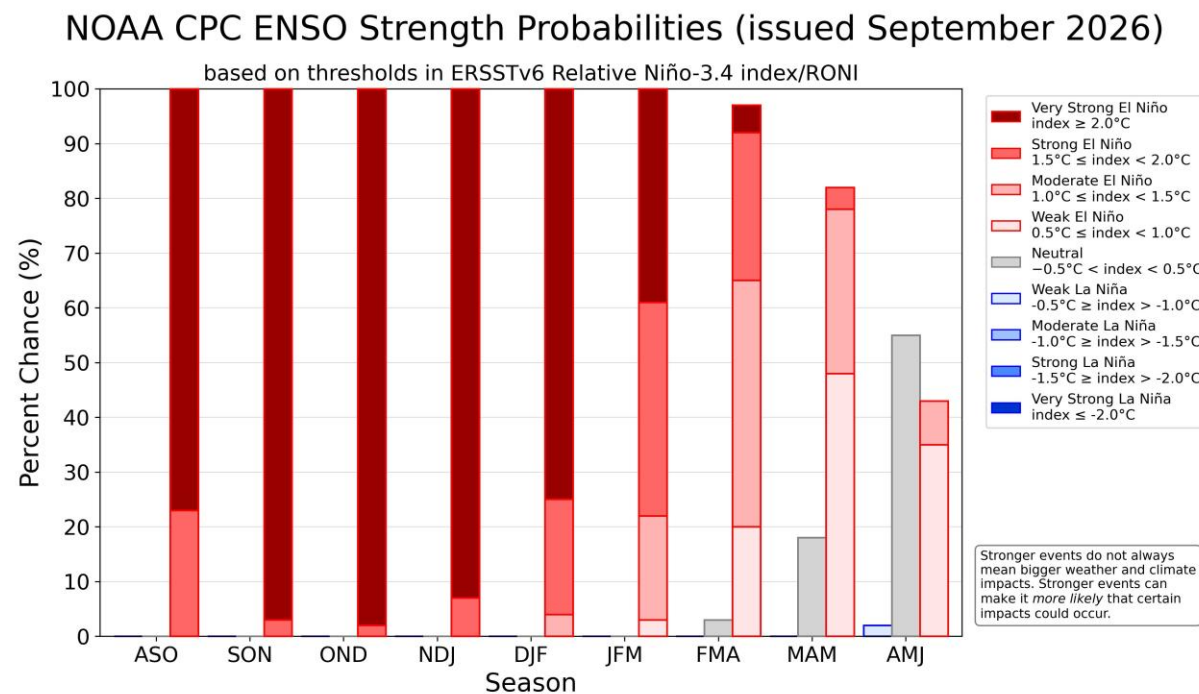
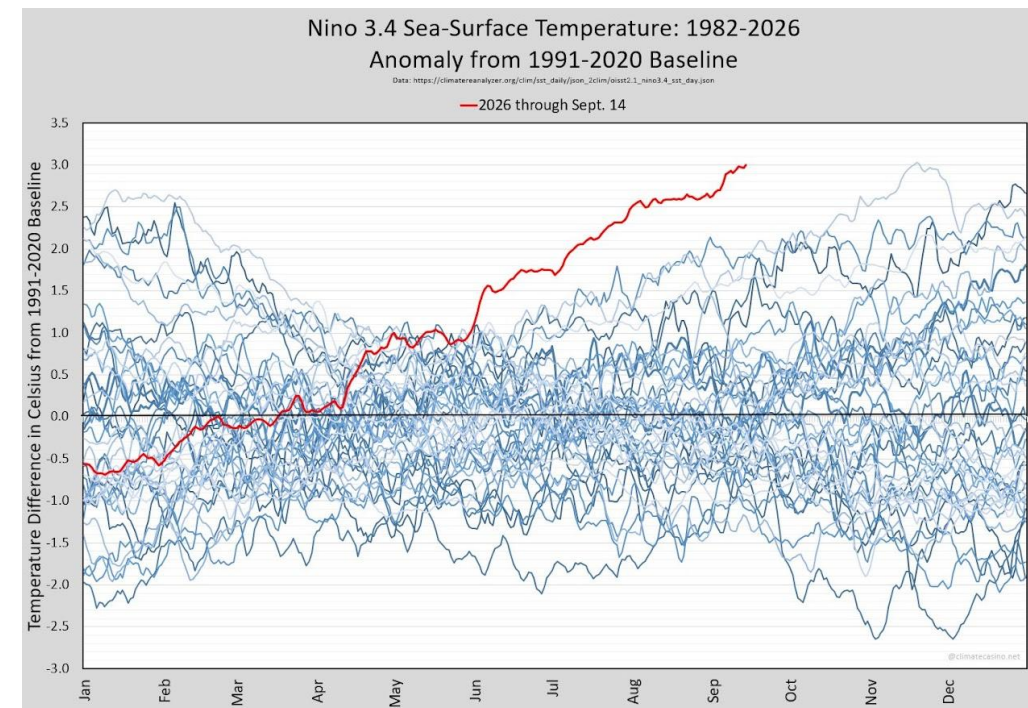
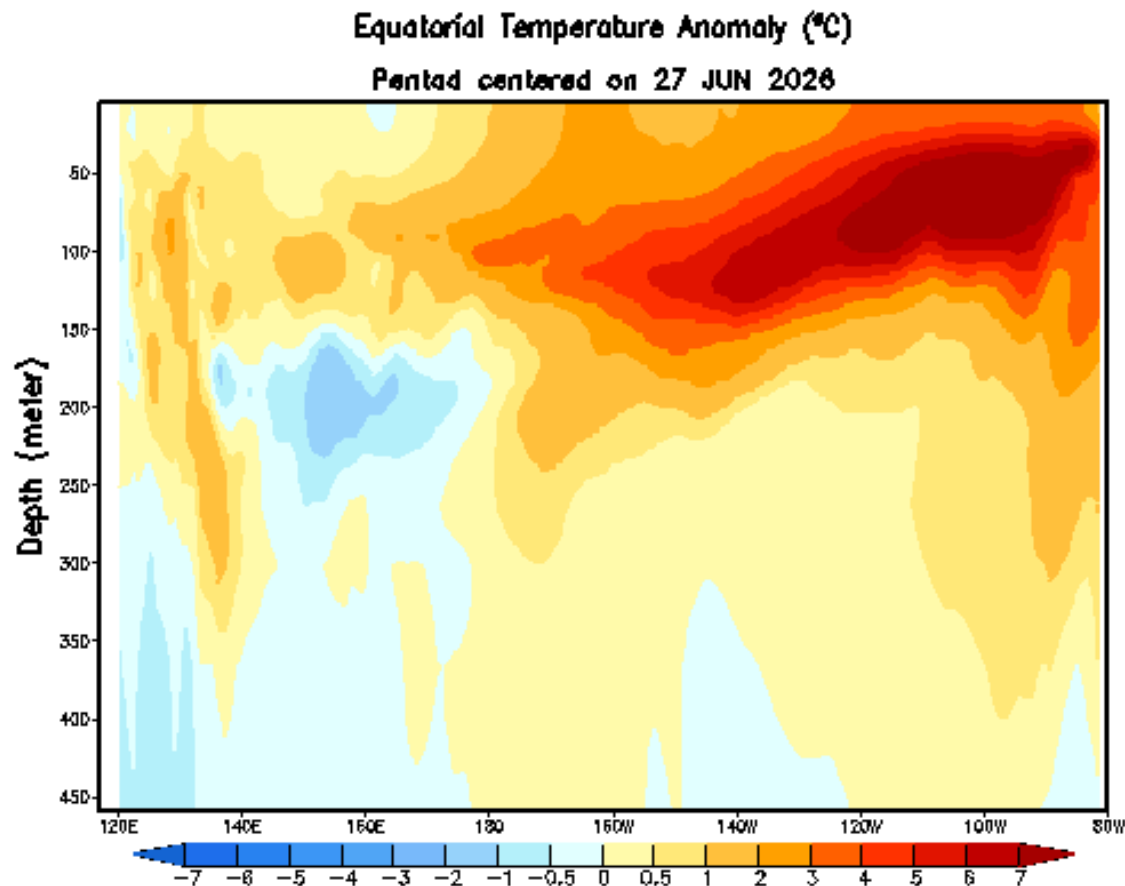


Annual surface air temperature anomaly from 2001 to 2025

Data: ERA5 • Reference period: 1991–2020 • Credit: C3S/ECMWF

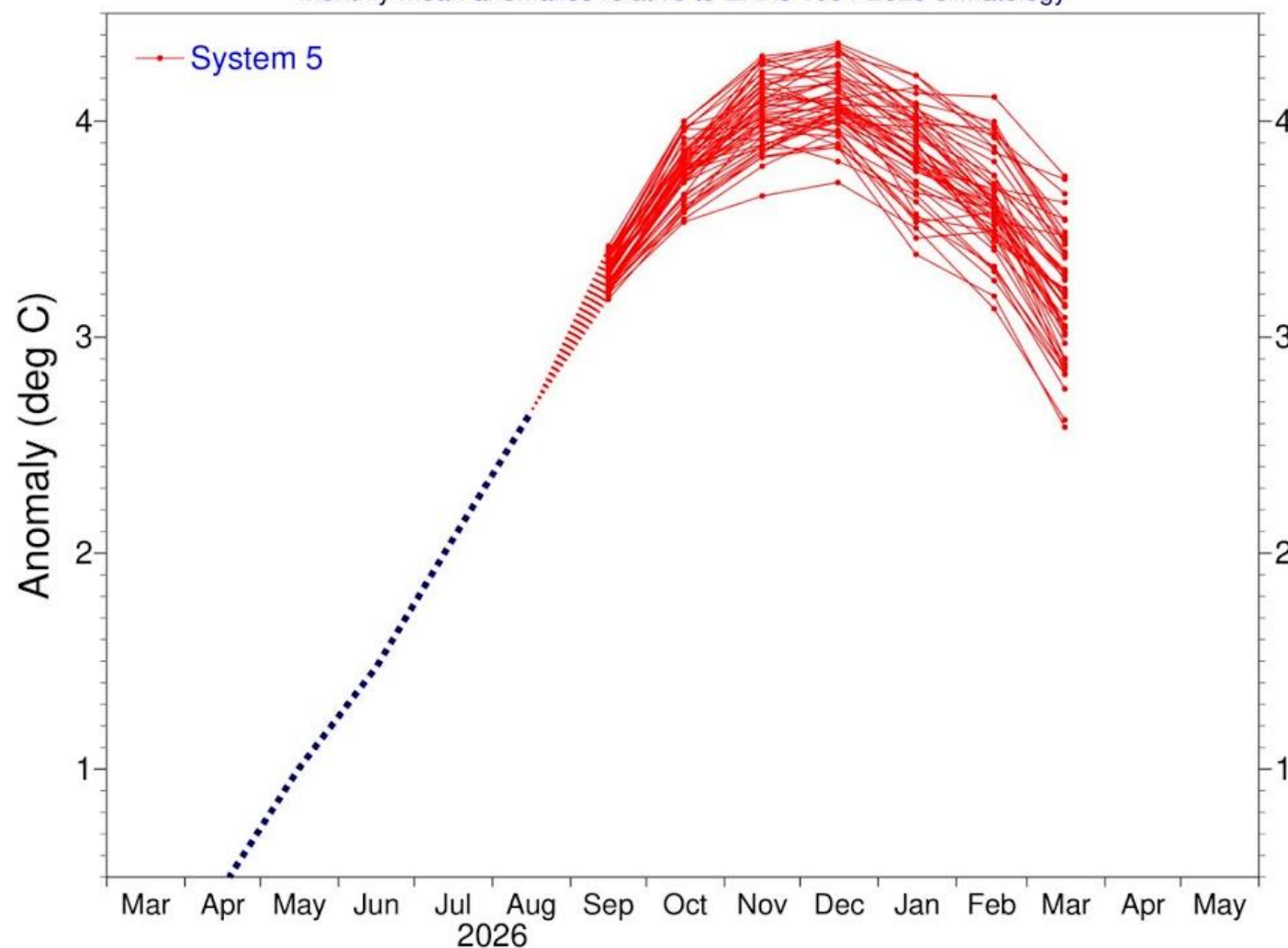


El Niño 2026 - 2027



NINO3.4 SST anomaly plume ECMWF forecast from 1 Sep 2026

Monthly mean anomalies relative to ERA5 1991-2020 climatology



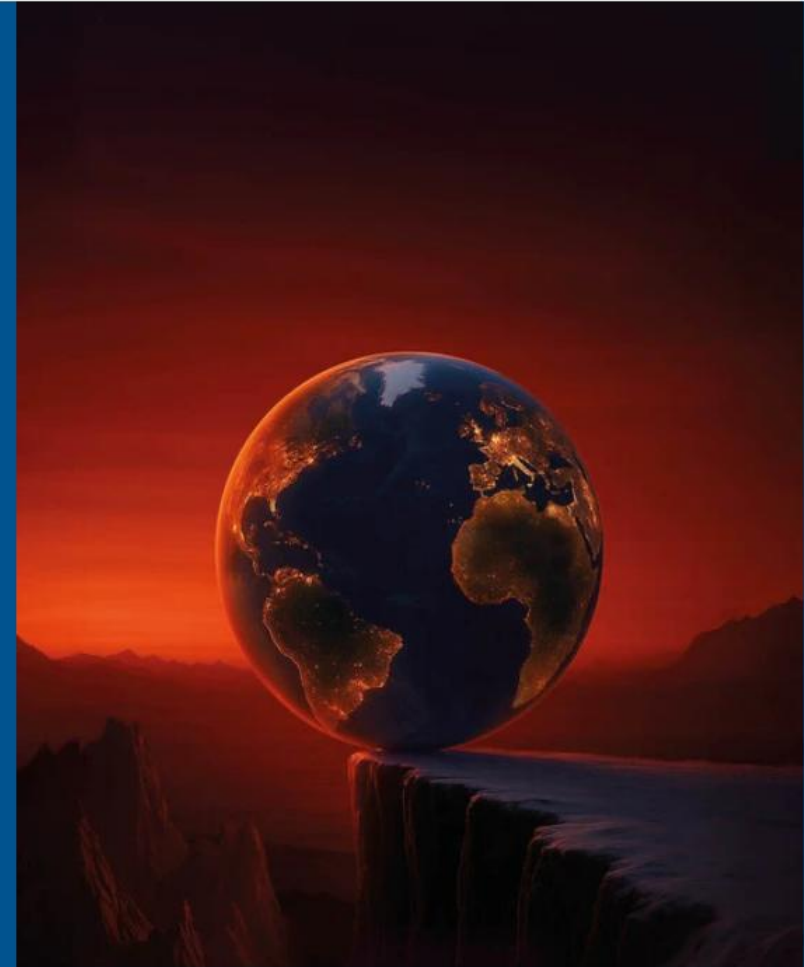
Publicado: 14 enero 2026

Global Risks Report 2026

Descargar PDF



The *Global Risks Report 2026*, the 21st edition of this annual report, marks the second half of a turbulent decade. The report analyses global risks through three timeframes to support decision-makers in balancing current crises and longer-term priorities. Chapter 1 presents the findings of this year's **Global Risks Perception Survey (GRPS)**, which captures insights from over 1,300 experts worldwide. It explores risks in the current or immediate term (in 2026), the short-to-medium term (to 2028) and in the long term (to 2036). Chapter 2 explores the range of implications of these risks and their interconnections, through six in-depth analyses of selected themes. Below are the key findings of the report, in which we compare the risk outlooks across the three-time horizons.



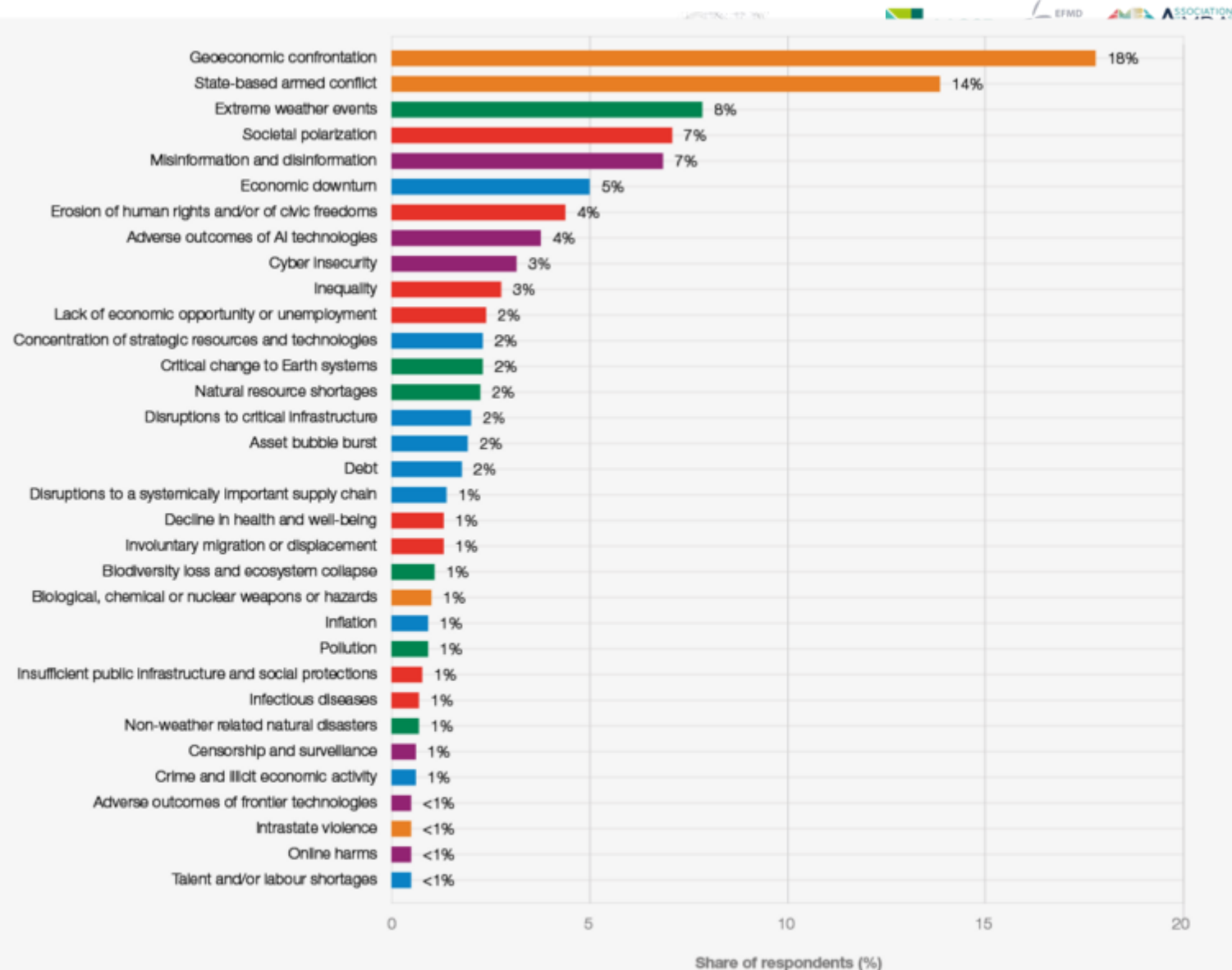
Multilateralism is in retreat

The multilateral system is under pressure. Declining trust, diminishing transparency and respect for the rule of law, along with heightened protectionism, are threatening longstanding international relations, trade and investment and increasing the propensity for conflict.

Goeconomic confrontation is top of mind for respondents and was selected as the top risk most likely to trigger a material global crisis in 2026 by 18% of respondents, increasing two positions from last year

FIGURE 2 Current Global Risk Landscape

Please select one risk that you believe is most likely to present a material crisis on a global scale in 2026.



Source

World Economic Forum Global Risks Perception Survey
2025-2026

Risk categories

■ Economic
 ■ Environmental
 ■ Geopolitical
 ■ Societal
 ■ Technological

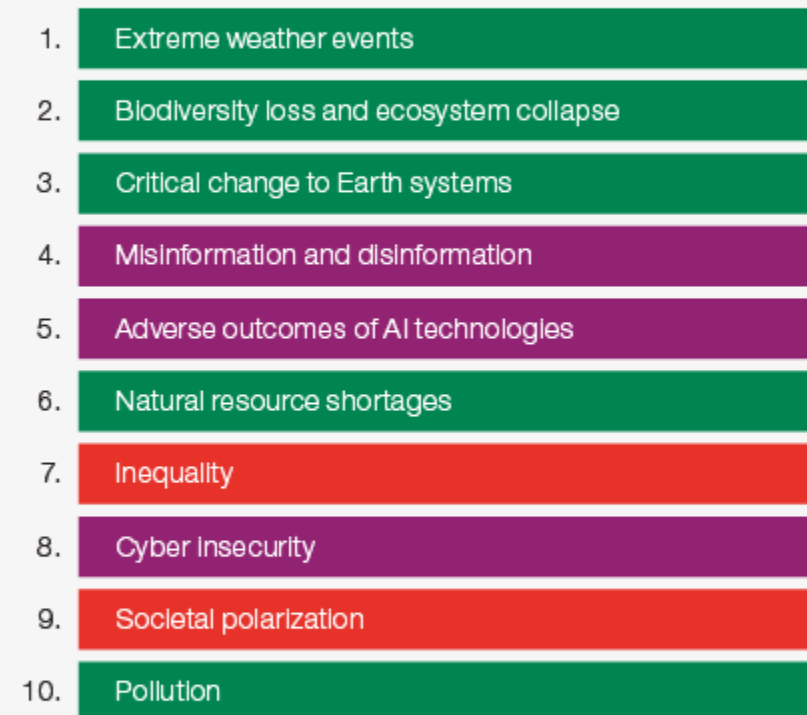
Global risks ranked by severity, short term (2 years) and long term (10 years)

"Please estimate the likely impact (severity) of the following risks over a 2-year and 10-year period."

Short term (2 years)



Long term (10 years)



Source

World Economic Forum Global Risks Perception Survey
2025-2026

Risk categories

■ Economic
 ■ Environmental
 ■ Geopolitical
 ■ Societal
 ■ Technological



El mundo cambia

Pero a qué ritmo?

Muy rápido.... La Gran aceleración

Durante los últimos 70 años, los seres humanos han cambiado los ecosistemas **más rápida y extensivamente** que en cualquier período comparable en la historia de la humanidad

Esto ha resultado en una pérdida sustancial y en gran medida **irreversible** en la diversidad de la vida sobre la Tierra

World population living in extreme poverty, 1820-2015

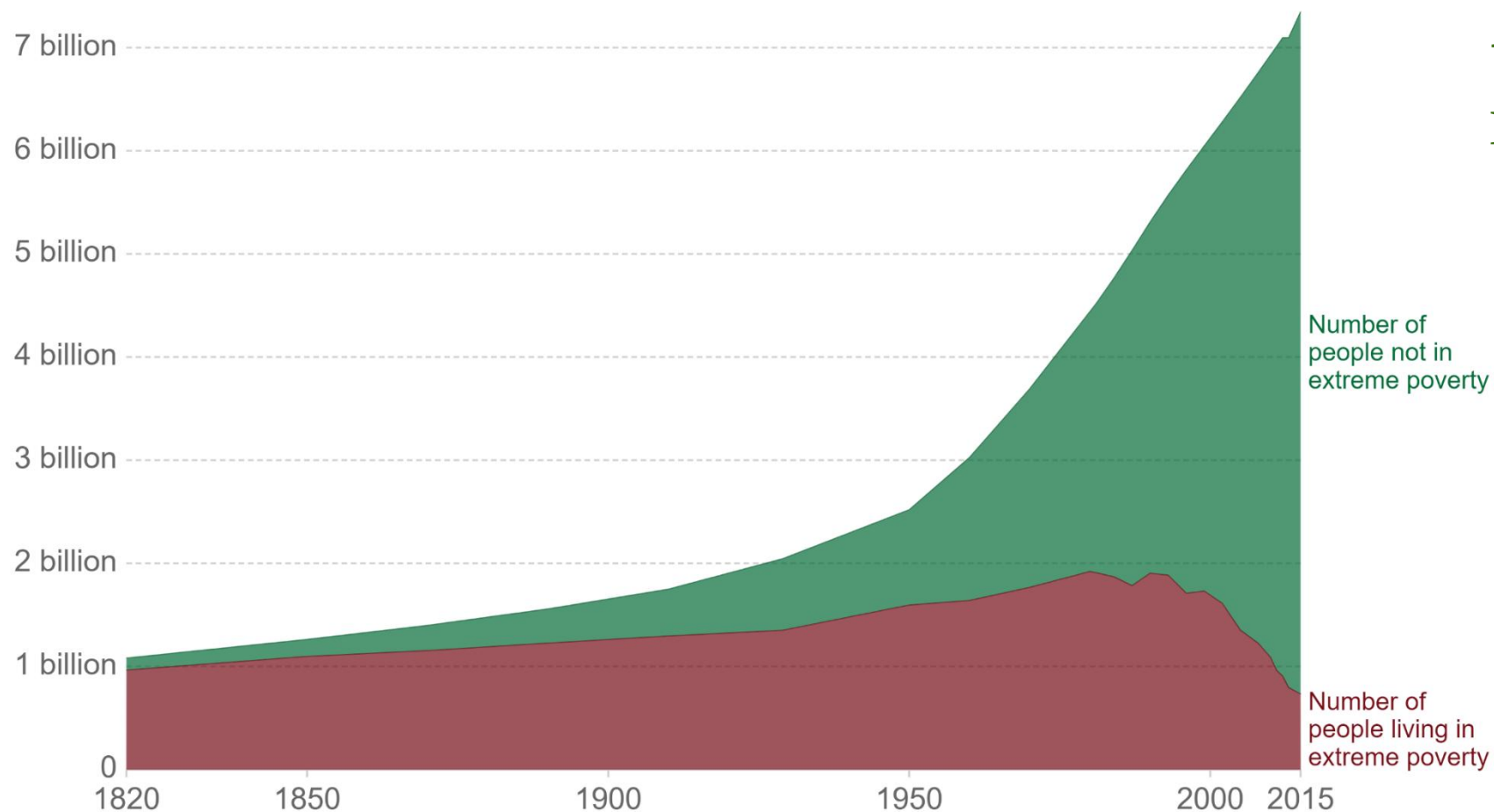
Extreme poverty is defined as living on less than 1.90 international-\$ per day.

International-\$ are adjusted for price differences between countries and for price changes over time (inflation).

Our World
in Data

El mundo cambia

Pero a qué ritmo?



Source: Ravallion (2016) updated with World Bank (2019)

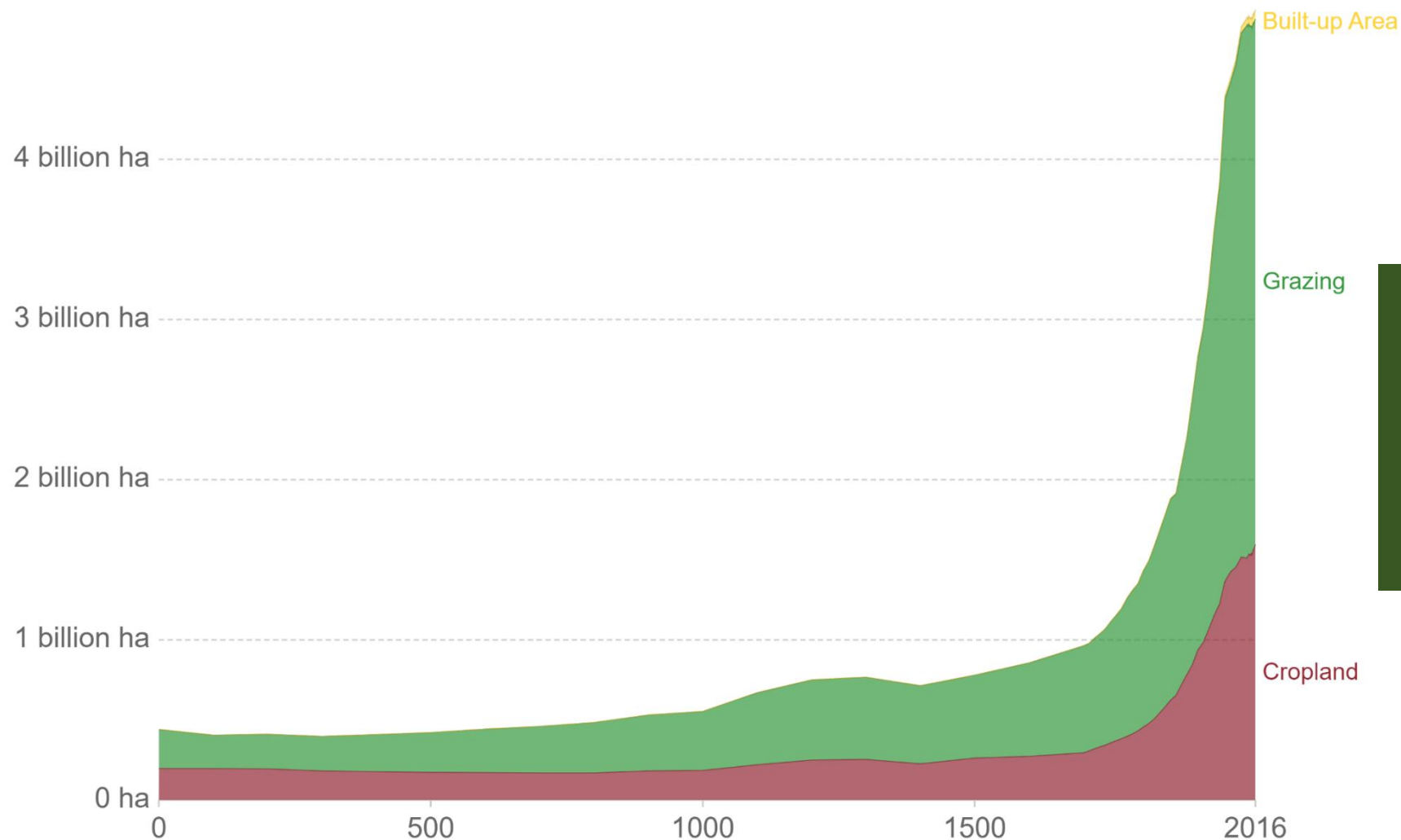
Note: See OurWorldInData.org/extreme-history-methods for the strengths and limitations of this data and how historians arrive at these estimates.

OurWorldInData.org/extreme-poverty/ • CC BY

Land use over the long-term, World, 0 to 2016

Total land area used for cropland, grazing land and built-up areas (villages, cities, towns and human infrastructure).

Our World
in Data



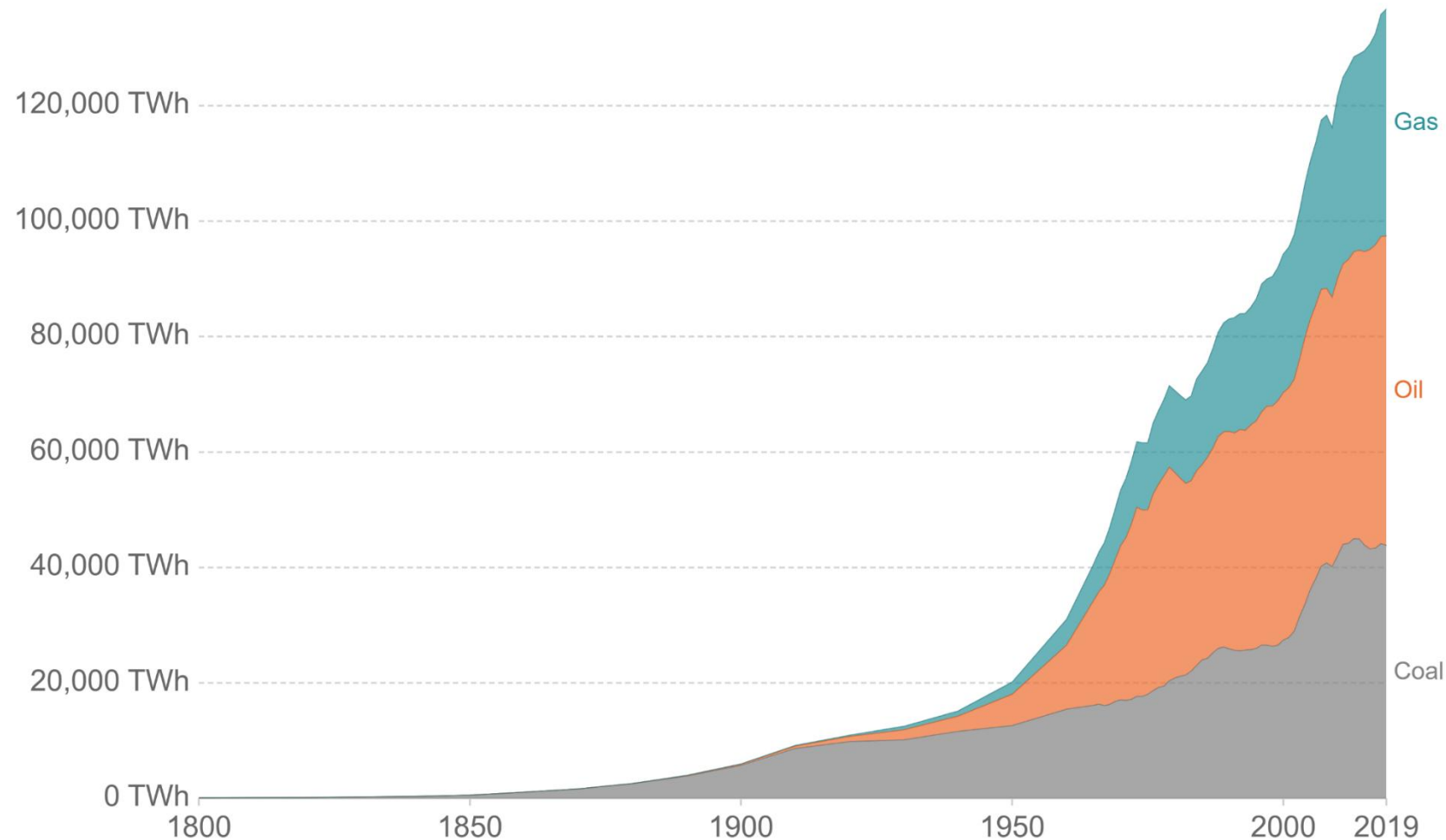
Cambios sin precedentes

- Se han **convertido** más tierras a cultivos en los 30 años posteriores a 1950 que en los 150 años transcurridos entre 1700 y 1850

Global fossil fuel consumption

Global primary energy consumption by fossil fuel source, measured in terawatt-hours (TWh).

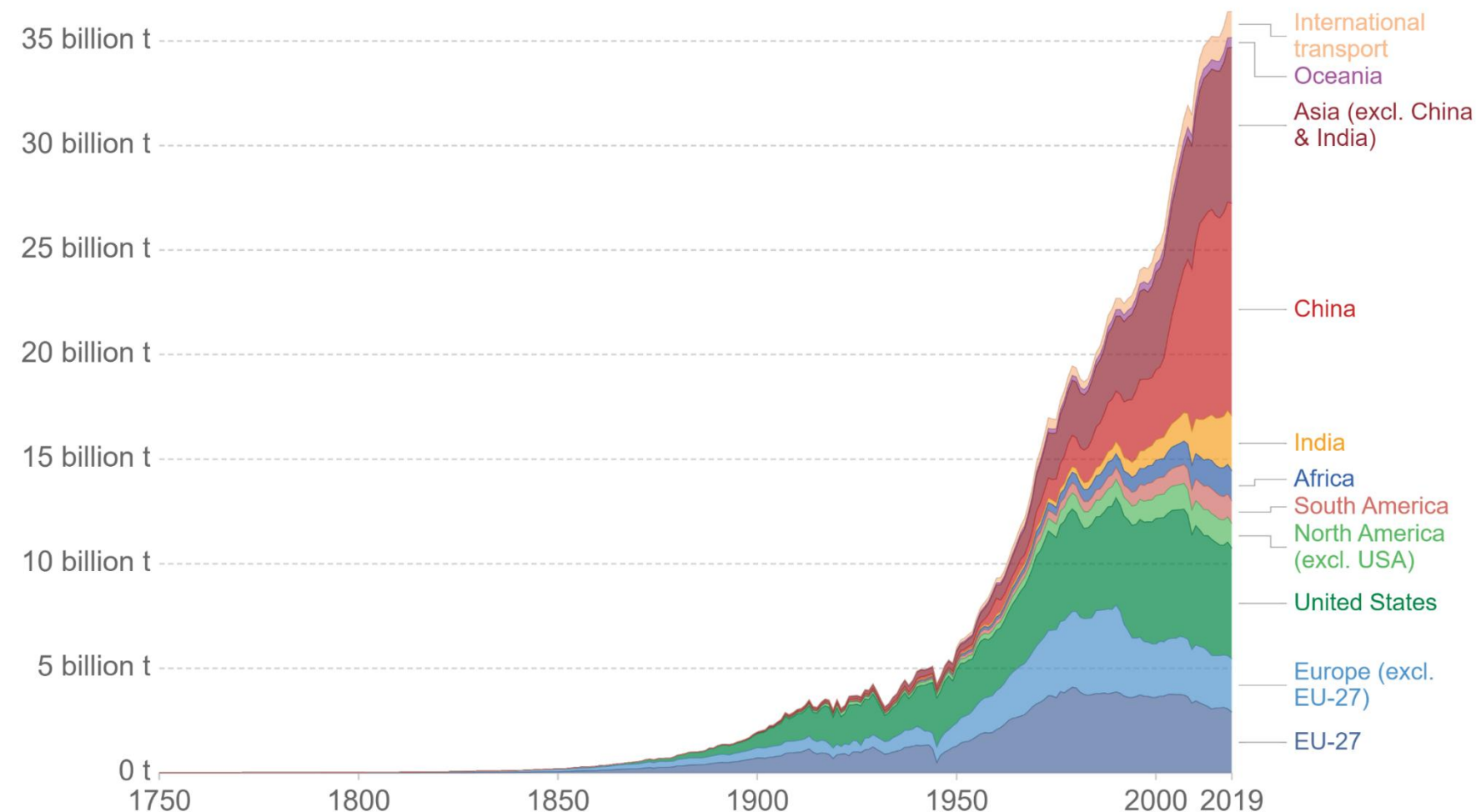
Our World
in Data



El mundo cambia
Pero a qué ritmo?

Annual total CO₂ emissions, by world region

Our World
in Data



Cambios sin precedentes

Source: Our World in Data based on the Global Carbon Project

OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions • CC BY

Note: This measures CO₂ emissions from fossil fuels and cement production only – land use change is not included. 'Statistical differences' (included in the GCP dataset) are not included here.

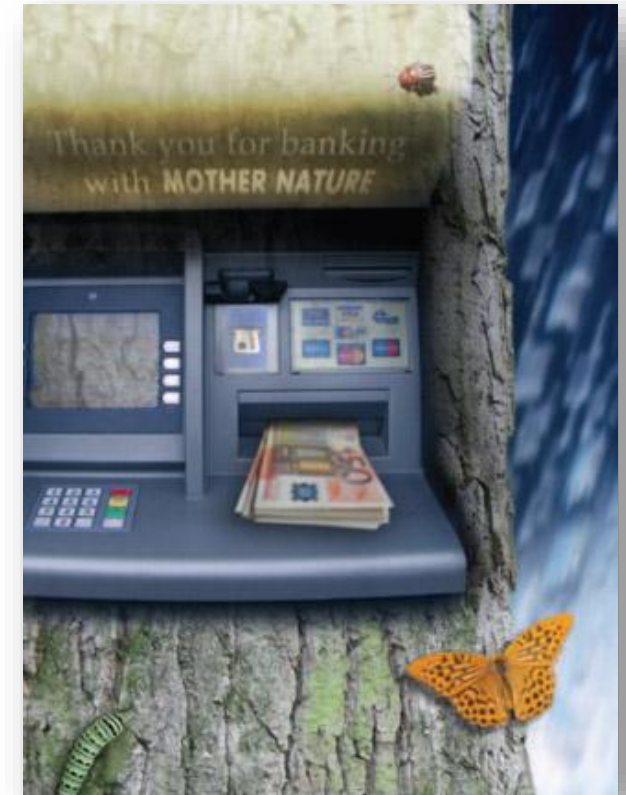




Cambios sin precedentes

Beneficios y costos de los cambios en los ecosistemas

- Los cambios en los ecosistemas han contribuido a mejoras netas en el bienestar humano y el desarrollo económico
 - *Desde 1960, mientras la población se duplicó y la actividad económica se sextuplicó, la producción de alimentos creció 2 ½ veces, el precio de los alimentos declinó, el uso del agua se duplicó, la tala de madera para pulpa se triplicó y la energía hídrica se duplicó.*
- Pero estas mejoras han sido logradas a un costo creciente que, si no es abordado, disminuirá sustancialmente los beneficios que las futuras generaciones podrán obtener de los ecosistemas



La triple crisis ambiental es una *Policrisis*

Una policrisis es un riesgo emergente que surge de la interacción entre múltiples crisis en diferentes sistemas, cuyas conexiones pueden amplificar efectos y generar consecuencias inesperadas o catastróficas (propuesta por Janzwood y Homer-Dixon (2022))

Características clave de una policrisis:

Extrema Complejidad:

- Las policrisis involucran **múltiples sistemas superpuestos** (económicos, ecológicos, políticos, sociales) que no solo coexisten, sino que **interactúan de forma no transparente ni fácilmente reducible**.
- Esta es la base para justificar el uso de herramientas sistémicas.

No linealidad alta:

- Pequeños cambios pueden generar efectos desproporcionados; **no hay proporcionalidad entre causa y efecto**.
- Esto implica que la anticipación con modelos lineales clásicos (coste-beneficio, proyecciones lineales) resulta insuficiente

Causalidad transfronteriza (efectos en cascada entre sistemas):

- Una crisis en un sistema (por ejemplo, seguridad alimentaria) **genera efectos en cadena** que activan o intensifican crisis en otros sistemas (como migración, gobernabilidad o salud pública).
- Se cruzan los límites sectoriales, institucionales y geográficos.

Profunda Incertidumbre:

- No solo hay incertidumbre sobre los valores de ciertas variables, sino sobre **cómo funciona el sistema mismo**, cuáles son sus límites, y qué interacciones son relevantes.
- Esto implica que el diseño de soluciones debe ser **adaptativo y flexible**.

Comportamiento intersistémico sincronizado:

- Las dinámicas de crisis **se sincronizan o retroalimentan mutuamente**.
- Por ejemplo, una crisis energética puede coincidir con una crisis climática y social, y **mutuamente amplificarse**, generando picos de disrupción más intensos y difíciles de aislar.

La triple crisis es una Policrisis

Problemas de enfoque tradicional

Las respuestas convencionales tienden a:

- Tratar síntomas, no causas estructurales
- Ignorar retroalimentaciones entre sistemas
- Ser vulnerables a “resistencias del sistema”
- Fallan al definir límites del sistema y trazar cadenas causales

Enfoque y línea argumental

- Parte de la idea de que estamos saliendo de la “era del promedio” y entrando en la “era de la desviación estándar” (inspirado en Taleb, 2007): eventos extremos y no previstos serán la nueva norma.
- Sugiere que las estructuras que subyacen a las crisis están atravesadas por paradigmas dominantes, como el enfoque en eficiencia y crecimiento ilimitado.
- Por eso, las soluciones deben ir más allá de lo técnico: requieren cambios paradigmáticos.

Arquetipos de sistemas

“Los arquetipos actúan como metáforas estructurales que simplifican la complejidad sin sacrificar la dinámica clave”

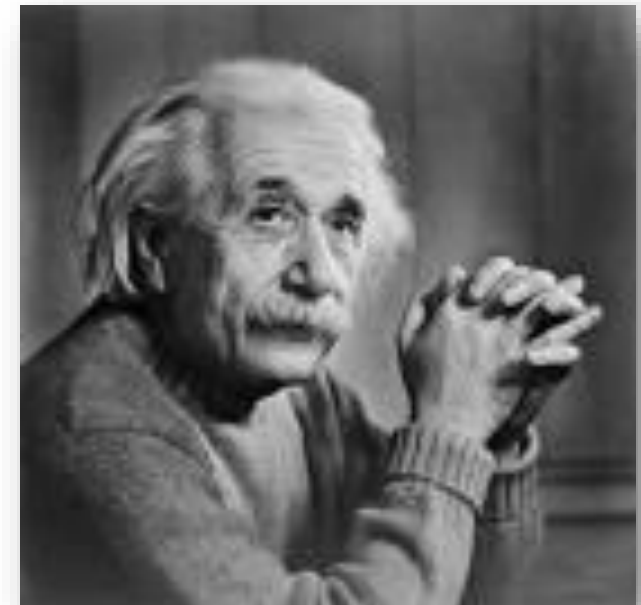


Los problemas se resisten a ser resueltos porque se abordan sectorialmente y a una escala espacio-temporal demasiado corta. Es necesaria una **aproximación interdisciplinar** para abordarlos.

Los sistemas naturales y los sistemas sociales son **complejos** y por tanto los problemas ambientales así como las relaciones entre ambos sistemas deben abordarse desde un enfoque sistémico.

*No se pueden solucionar los problemas,
aplicando las mismas visiones que los
generaron*

Albert Einstein



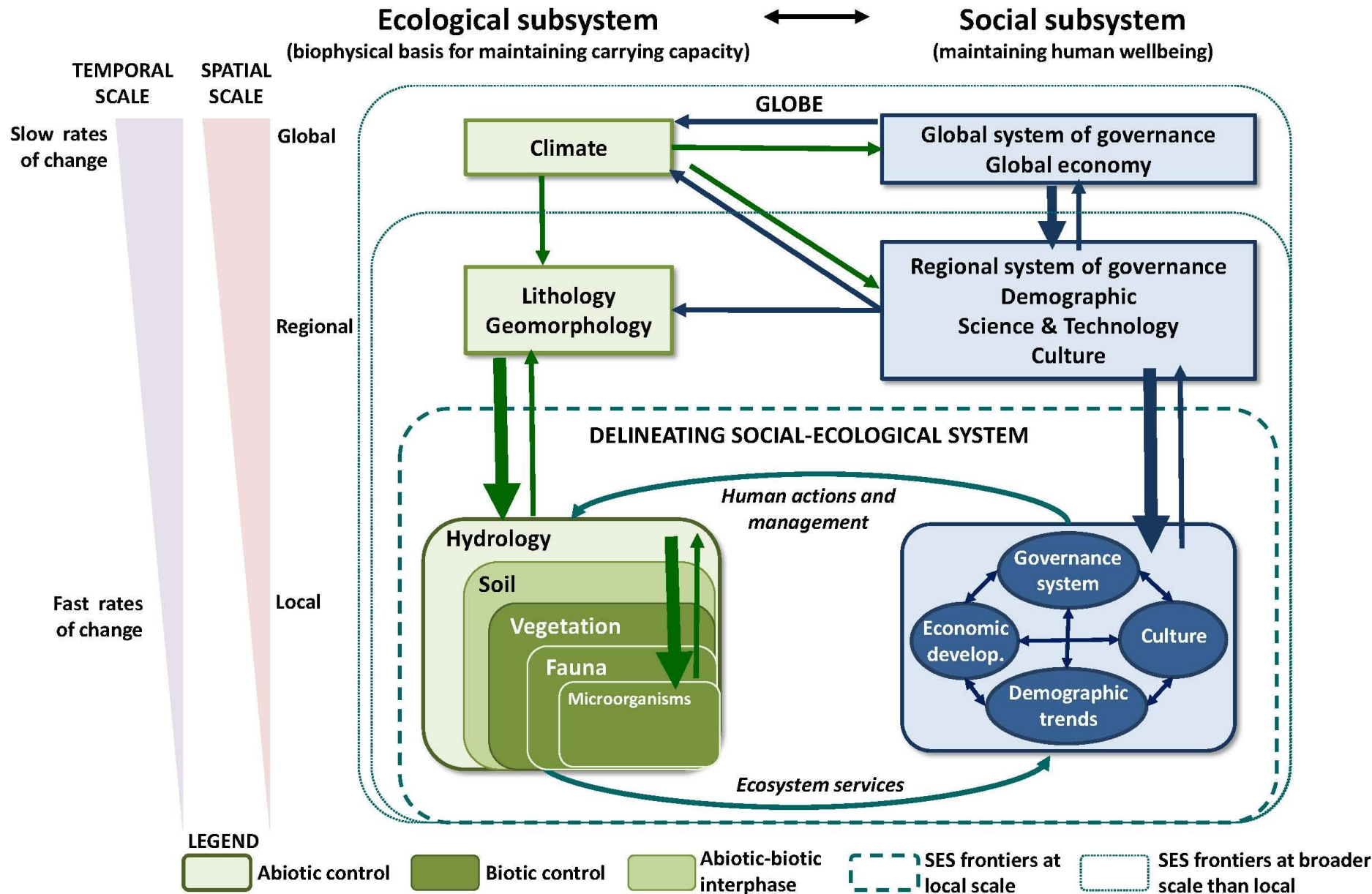
SISTEMAS SOCIO-ECOLÓGICOS

Sistemas complejos adaptativos formados por el acoplamiento de sistemas sociales en sistemas naturales (ecosistemas)

(Berkes & Folke, 1988)



Pone en el centro del análisis las relaciones del ser humano con la naturaleza

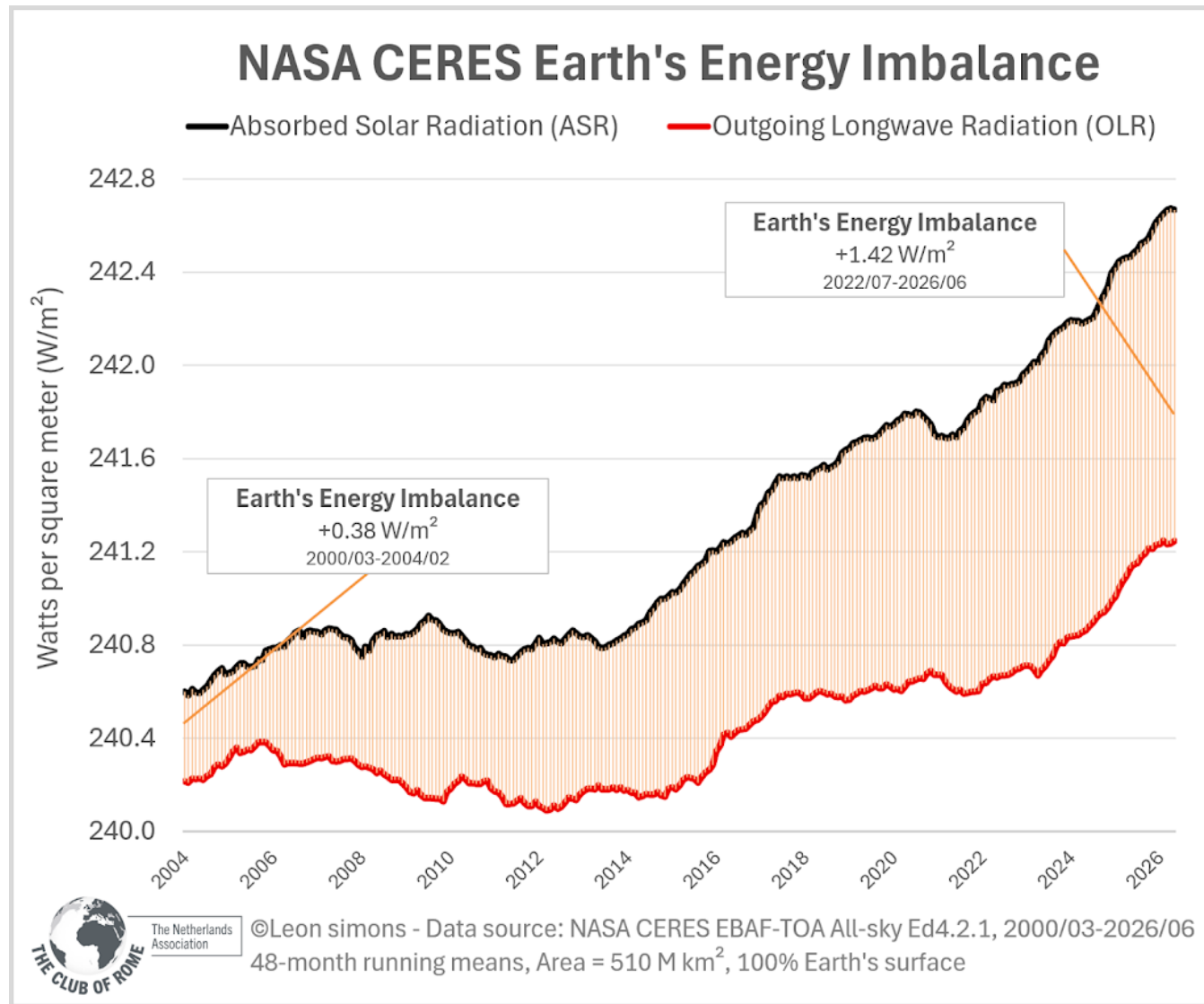


Clima – Balance general



• Radiación Solar

- Interceptación de la radiación solar, molecularmente se crea calor



Clima – Circulación de masas



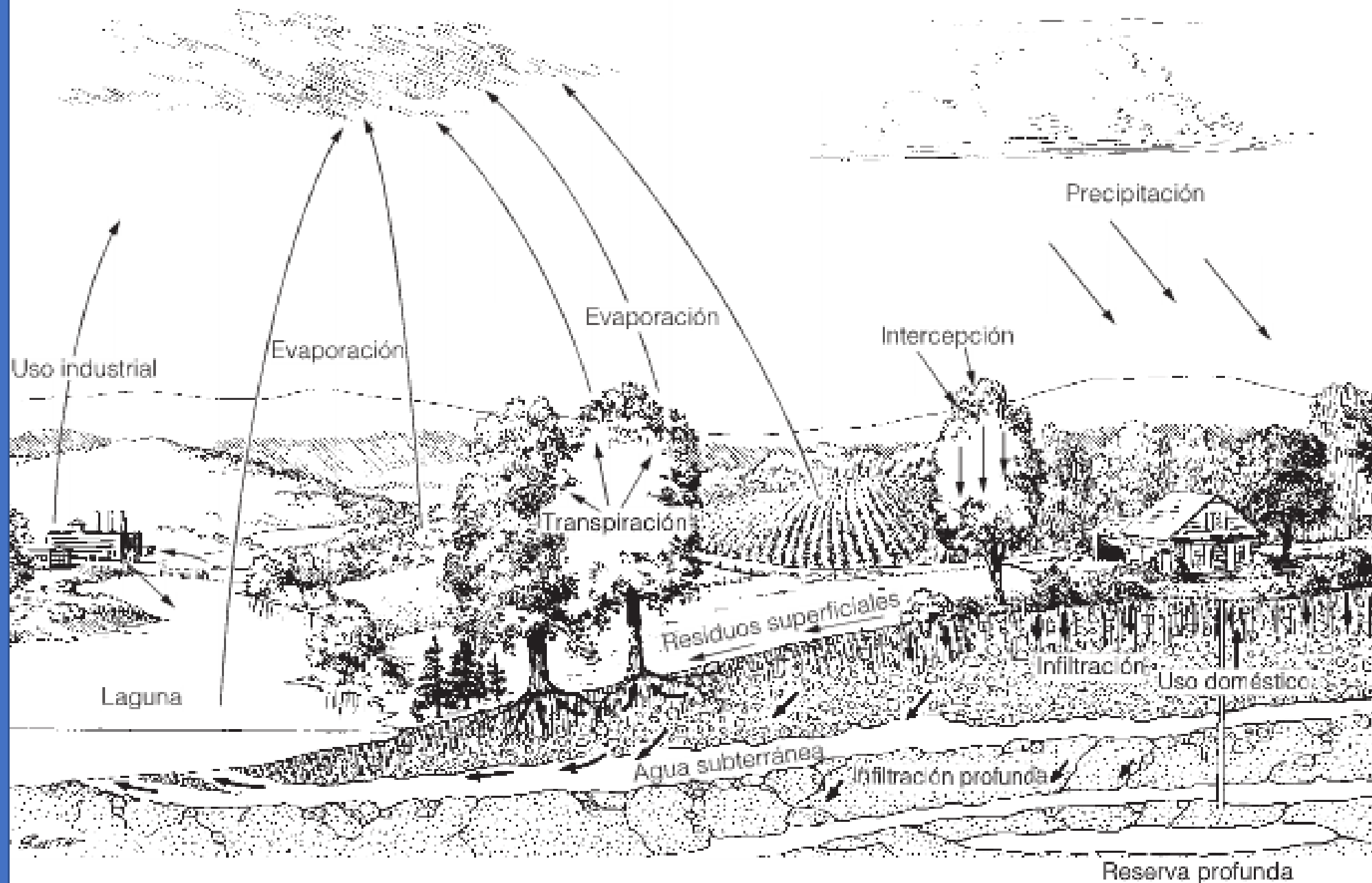
Figura 3.11 | La circulación de células de aire y vientos dominantes en un planeta Tierra imaginario y fijo. El aire calentado en el Ecuador se eleva y se mueve hacia el Norte y hacia el Sur. Se enfría en los polos, desciende y se mueve nuevamente hacia el Ecuador.

Circulación de las masas de aire a diferentes escalas

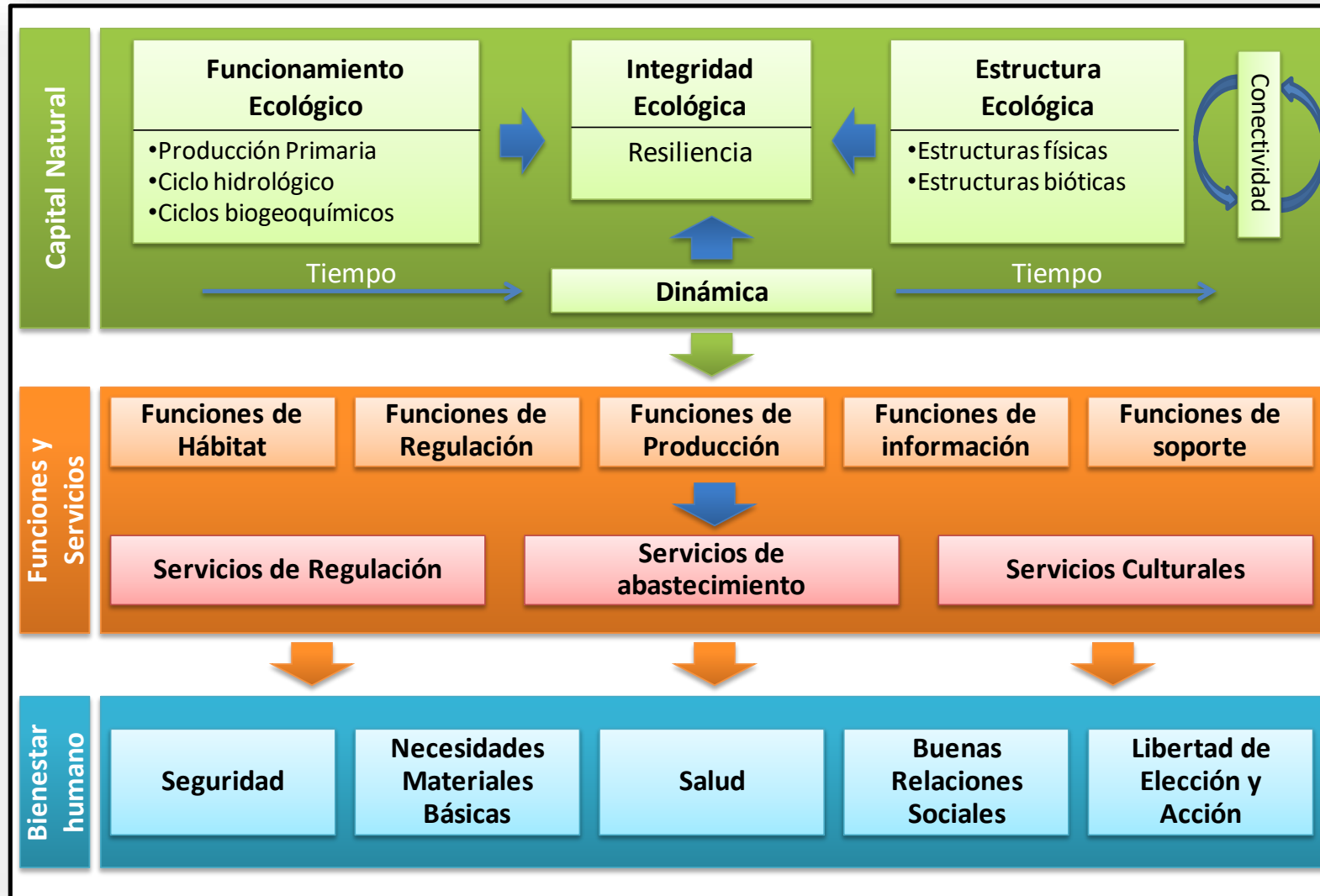


Figura 3.13 | Circulación de frentes y células de aire alrededor de una tierra en rotación. Esta circulación produce los vientos alisios, del Oeste y del Este.

- Radiación solar, aporta la energía del ciclo del agua.
- Precipitación
- Interceptación
(vegetación, materia orgánica, infraestructuras)
- Infiltración (tipo de suelo, inclinación, vegetación, intensidad de la precipitación)
- Agua subterráneas
- Evaporación
- Transpiración
- Evapotranspiración
(Cantidad total de agua evaporada de las superficies del suelo y las plantas)



1.1 | El ciclo del agua a escala local, con los trayectos más importantes del movimiento del agua.



Marco conceptual que relaciona los componentes de integridad ecológica, las funciones y servicios de los ecosistemas y su relación con el bienestar humano (Tomado de Martin-López, 2008)

Contribuciones de la naturaleza para las personas (NCP) - IPBES

Regulación

1. Creación y mantenimiento de hábitat
2. Polinización y dispersión de semillas y propágulos
3. Regulación de la calidad del aire
4. Regulación del clima
5. Regulación del pH/acidificación del océano
6. Regulación de la cantidad, permanencia y ubicación del agua
7. Regulación de la calidad del agua
8. Formación, protección y descontaminación de suelos y sedimentos
9. Regulación de peligros y eventos extremos
10. Regulación de patógenos

Abastecimiento

11. Energía
12. Alimentos y piensos
13. Materiales y asistencia a actividades humanas
14. Medicinas y recursos genéticos

Culturales

15. Aprendizaje e inspiración
16. Experiencias físicas y psicológicas
17. Apoyo a las identidades
18. Mantenimiento de opciones para el futuro

El ciclo del agua y las contribuciones de la naturaleza en América Latina y el Caribe

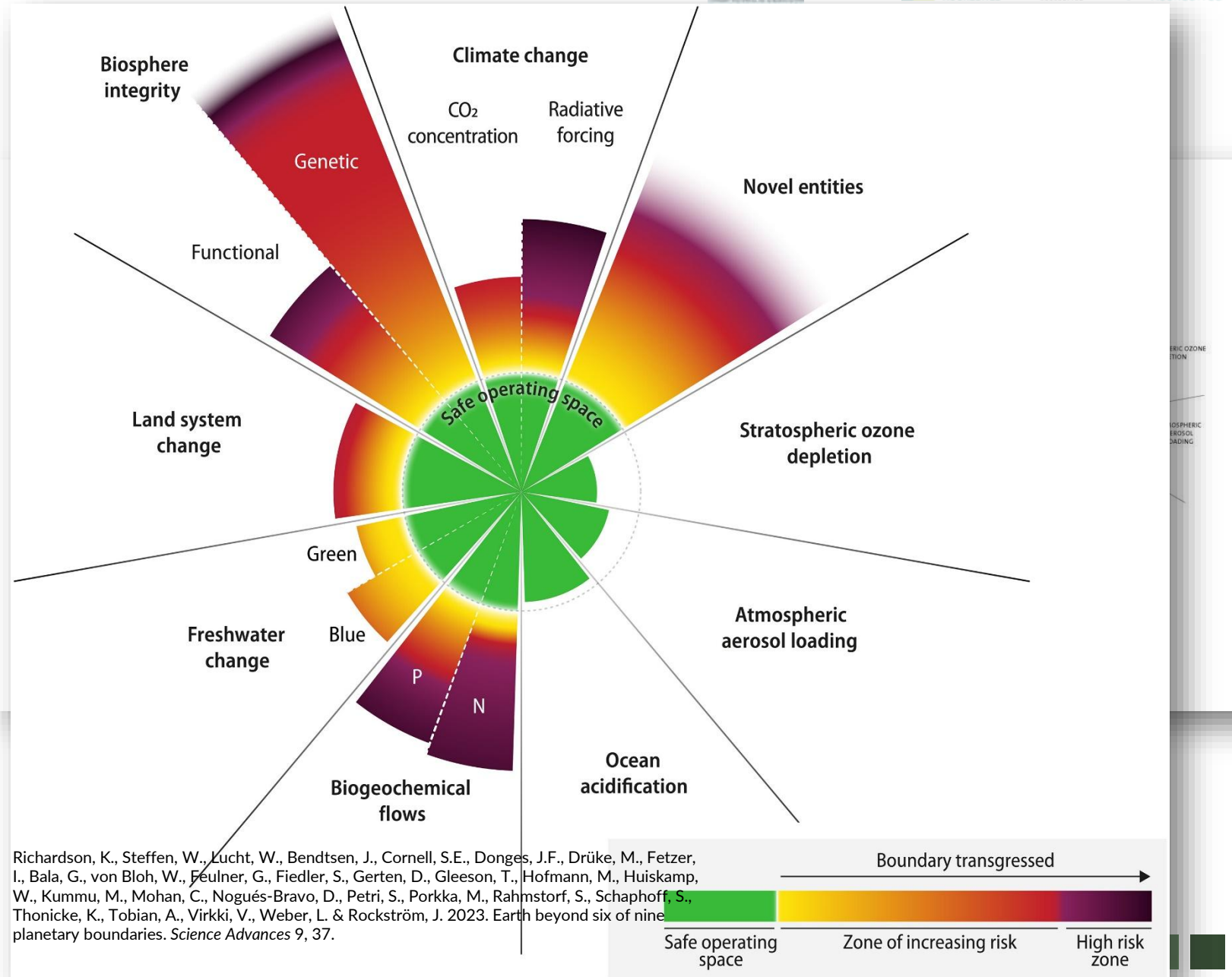
Desafíos y oportunidades de transformación

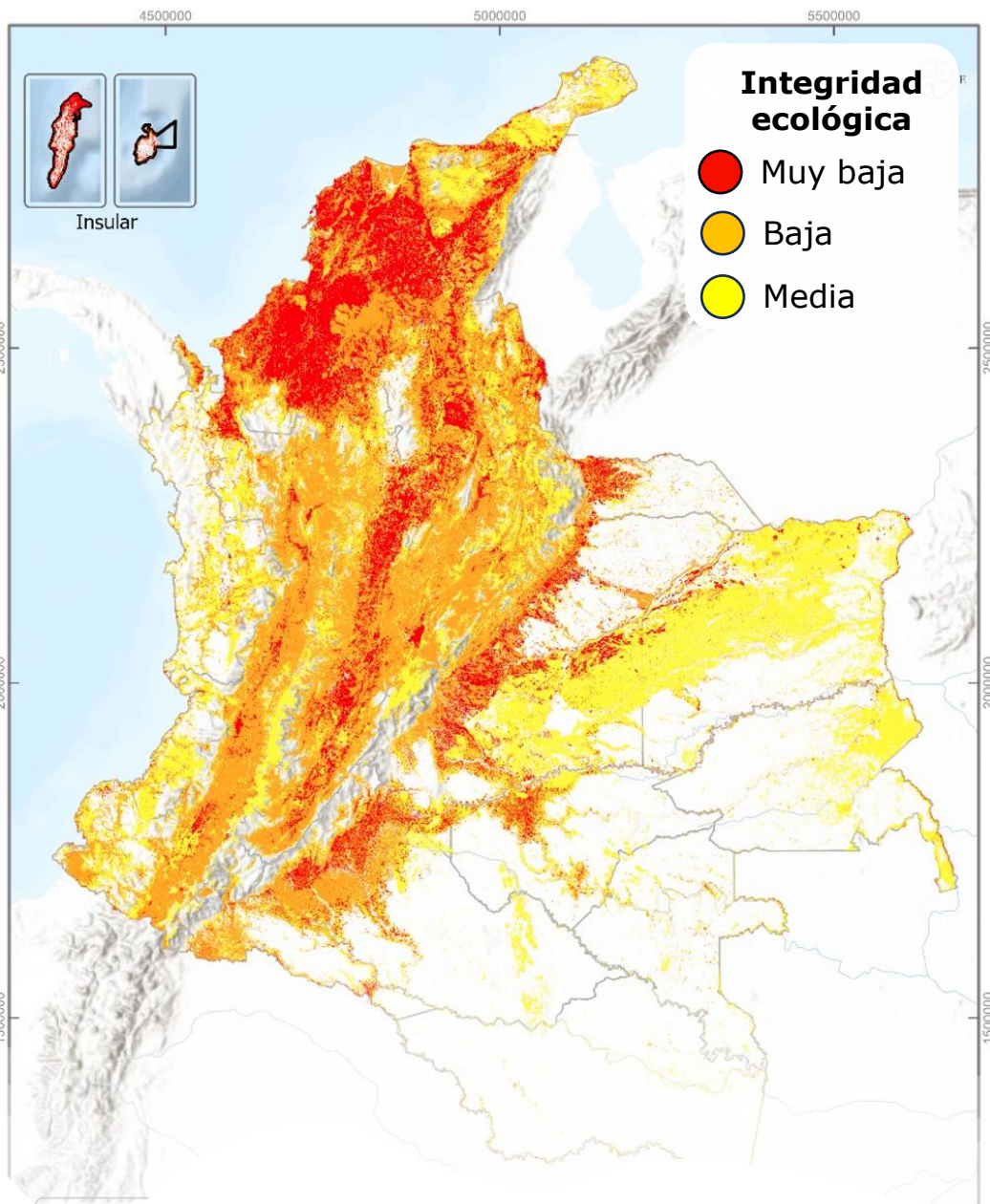


NCP (IPBES)	Relación con el agua
1. Creación y mantenimiento de hábitat	Altamente dependiente/ Regular en ciclo del agua. Hábitats acuáticos, riparios, humedales, zonas de inundación dependen del ciclo del agua y determinan el ciclo en términos de almacenaje, infiltración.
2. Polinización y dispersión de semillas	Dependiente: la fenología de las plantas está influida por el ciclo hidrológico, en los ecosistemas acuáticos la dispersión de semillas depende del agua.
3. Regulación de la calidad del aire	Dependencia indirecta: interacciones aire-agua; deposición húmeda.
4. Regulación del clima	Altamente dependiente /Regular el ciclo del agua especialmente asociado a la evapotranspiración.
5. Regulación del pH/acidificación del océano	Dependencia indirecta a través de flujos de agua continental.
6. Regulación de cantidad, permanencia y ubicación del agua	Fundamentales para el ciclo del agua y su acceso humano
7. Regulación de la calidad del agua	
8. Suelos y sedimentos	Altamente dependiente. La infiltración, calidad de suelos depende de agua; procesos de erosión dependen de flujo de agua.
9. Regulación de peligros y eventos extremos	Altamente dependiente. Inundaciones y sequías están directamente ligadas a regulación de agua.
10. Regulación de patógenos	Dependiente: de calidad y cantidad de agua.
11. Energía	Altamente dependiente: Agua es insumo crítico (hidroeléctrica, bioenergía).
12. Alimentos y piensos	Altamente dependiente: Agua es factor determinante (riego, acuicultura, humedad del suelo).
13. Materiales	Altamente dependiente: Insumo crítico (fibra, productos vegetales, forestales).
14. Medicinas y recursos genéticos	Dependiente: Agua sostiene hábitats que proveen recursos medicinales.
15. Aprendizaje e inspiración	Dependiente: Alta carga simbólica y cultural del agua.
16. Experiencias físicas y psicológicas	Altamente dependiente: Alta relevancia (paisajes acuáticos, actividades recreativas).
17. Apoyo a las identidades	Altamente dependiente: Relación cultural y espiritual con el agua.
18. Mantenimiento de opciones para el futuro	Altamente dependiente: Fuertemente dependiente de ecosistemas acuáticos y terrestres sanos.

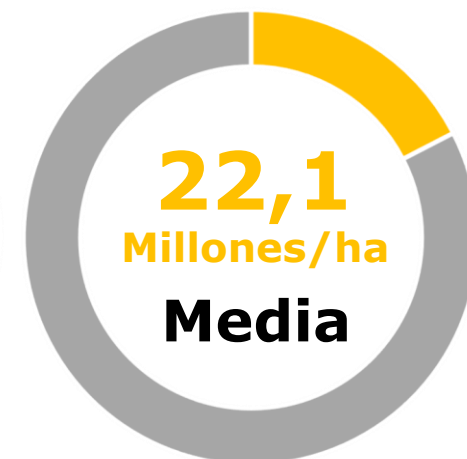
Limites planetarios:

- Los procesos biofísicos y bioquímicos críticos para mantener ***la estabilidad y resiliencia*** del sistema Tierra en su conjunto.
- Cada vez tenemos más y mejor información
- Hemos transgredido seis de los nueve límites de funcionamiento del planeta:





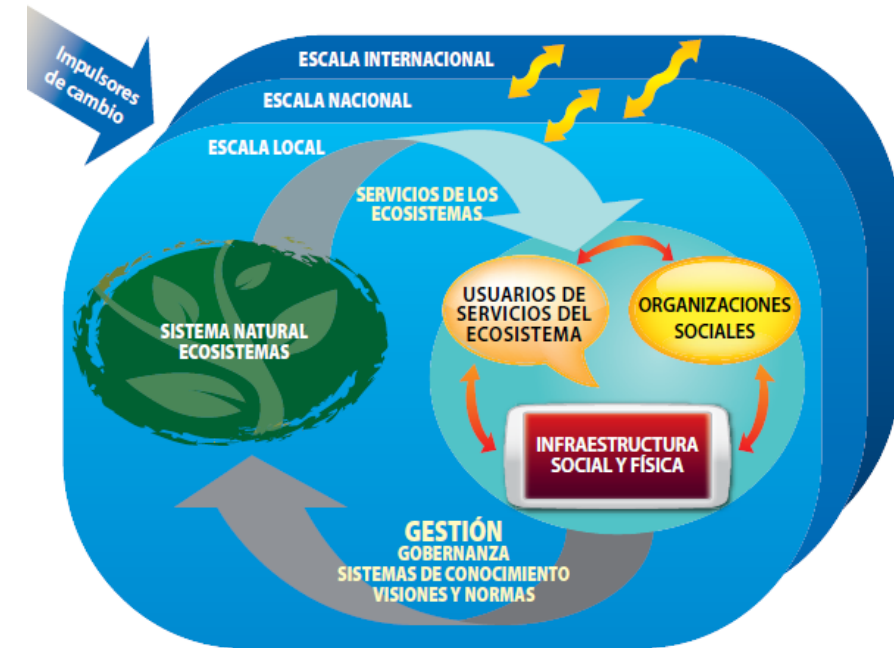
59 millones de hectáreas del país han perdido la integridad ecológica del paisaje



Fuente: Estrategia Nacional de Restauración, 2023. MADS



NECESITAMOS UN CAMBIO DE PARADIGMA: NO SOLO ES EL CLIMA, ES LA BIODIVERSIDAD NO SOLO SON LOS IMPACTOS, SON LAS DEPENDENCIAS



Crisis hidrológica en el Canal de Panamá



- 6% del comercio marítimo mundial
- Sequía redujo el nivel del lago Gatún a mínimos históricos (80 pies frente a los 88 pies habituales), desencadenando un efecto dominó en los costos operativos.
- **Mecanismos de subasta:**
 - Precios para obtener un cupo de tránsito pasaron de \$135,000 - \$140,000 a un promedio de \$385,000.
 - En casos críticos de alta urgencia (como cargamentos de gas licuado), algunas navieras pagaron hasta \$4 millones por un solo tránsito.
- **Tiempos de demora y rutas alternativas:**
 - Tiempos de espera pasaron de 3 días a más de 20 días en periodos de congestión.
 - Esto forzó desvíos por el Cabo de Buena Esperanza, añadiendo hasta 15,000 km al viaje y elevando los fletes entre un 8% y un 15% para ciertos productos.
- **El impacto en seguros:**
 - La crisis elevó la retarificación de primas en el sector marítimo.
 - Además, la ACP introdujo "Cargos por Interrupción" de hasta \$250,000 para buques con deficiencias que causen bloqueos, sumando presión financiera a los armadores.

Crisis de abastecimiento de agua en Bogotá



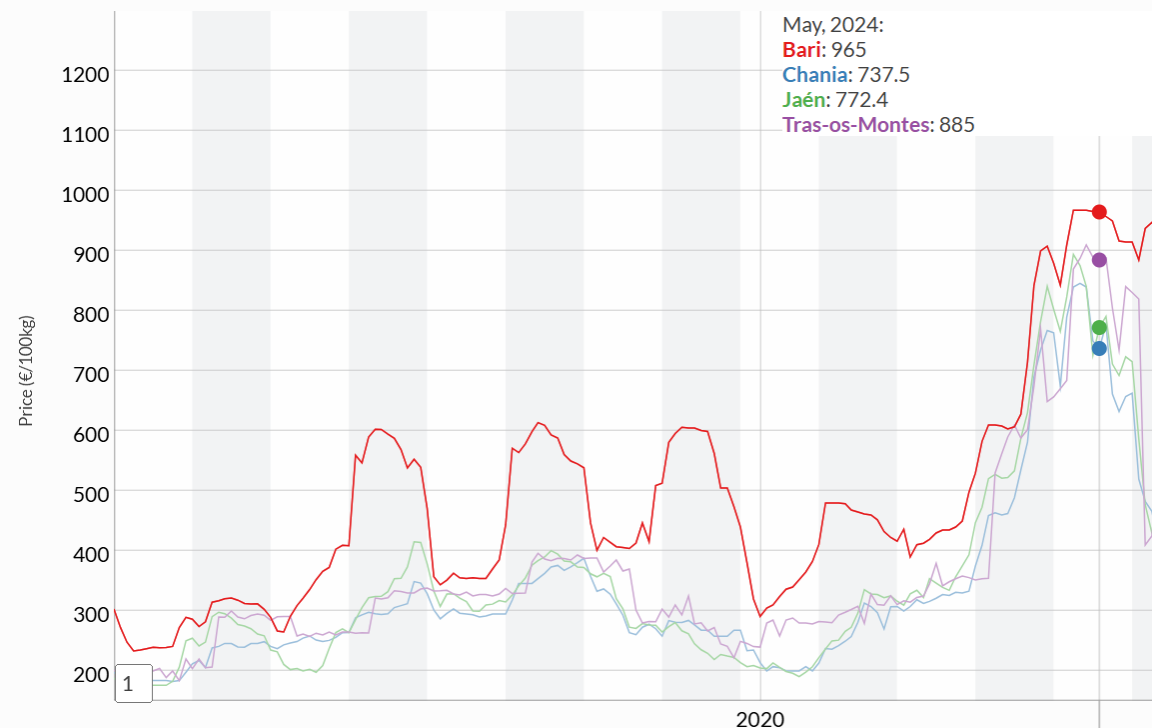
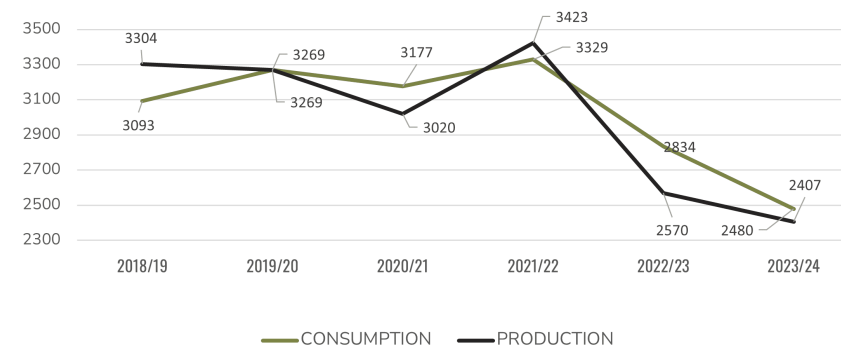
- Reducción de los niveles del Sistema Chingaza a mínimos del 10.5% en abril de 2024, obligando a un racionamiento por turnos durante un año.
- **Pérdidas Comerciales:**
 - Fenalco Bogotá estimó pérdidas de **\$12,000 millones de pesos por cada día de racionamiento**,
 - Afectando especialmente a la gastronomía, panaderías y salones de belleza.
 - El 72% de los comerciantes reportó impactos negativos en sus ventas.
- **Inflación de Servicios:**
 - El rubro de "Alojamiento, Agua, Electricidad y Gas" en Bogotá cerró 2024 con un alza del 8.07%, superando el promedio de inflación de la ciudad (5.69%).
- **Brecha socioeconómica de almacenamiento**
- **Sobrecarga del cuidado**

Desestabilización de mercados agrícolas europeos: El caso del aceite de oliva



- Estrés hídrico prolongado en las zonas de cultivo de olivares.
- Disminución de la producción de aceite de oliva (40 – 50%).
- Aumento histórico de los precios
- España logró recuperarse, Italia aún no

CONSUMPTION & PRODUCTION OLIVE OIL 2018-2023 (thousand tons)



Desestabilización de mercados agrícolas europeos: El caso de las papas belgas y su desvalorización

- Eventos climáticos sucesivos (sequías, olas de calor, inundaciones) han alterado la seguridad de los cultivos.
- **Sequías extremas:** disminución del tamaño y calidad del producto, reducción de la producción. (2018, 2020, 2022)
Disparo de los precios
- **Las lluvias intensas:** inundaron cultivos y pudrieron la cosecha (2021)
- **Colapso del mercado por sobreproducción (2025 – 2026):**
 - Los agricultores expandieron la superficie cultivada a niveles récord (más de 608,000 hectáreas en la zona europea 7,2%).
 - Exceso masivo de oferta a inicios de 2026,
 - El precio de la papa en el mercado abierto cayó temporalmente a cero euros por tonelada, obligando a los productores a regalar excedentes



Incendios en Palisades y Eaton – California (enero 2025)



- Daños por \$53,000 millones de dólares, consolidándose como el desastre natural más costoso del año a nivel mundial.
- **Destrucción de Activos:**
 - Más de 16,000 estructuras fueron destruidas (11.600 hogares y 100 escuelas), incluyendo el 56% de las viviendas en la zona de Palisades.
- **Impacto Macroeconómico:**
 - Se proyecta una pérdida de producción económica de hasta \$8,900 millones para el condado de Los Ángeles en el periodo 2025-2029.
- **Crisis de "Inasegurabilidad":**
 - Con pérdidas aseguradas de \$40,000 millones, las primas han escalado a niveles que amenazan la asequibilidad de la vivienda en California.
 - Los valores inmobiliarios en áreas afectadas pueden apreciar un 44% menos que el promedio del mercado general.

Sostenibilidad débil y sostenibilidad fuerte

La pregunta de fondo: ¿todo capital natural puede ser sustituido?

Sostenibilidad débil

Supone sustituibilidad entre formas de capital. En la empresa suele expresarse como reducir impactos, certificar, reportar y compensar daños residuales.

Pregunta: ¿cómo reduzco impactos manteniendo el modelo?

Sostenibilidad fuerte

Reconoce activos naturales críticos con funciones no sustituibles: regulación climática, polinización, purificación de agua, resiliencia de ecosistemas.

Pregunta: ¿qué funciones ecológicas necesito mantener o recuperar?

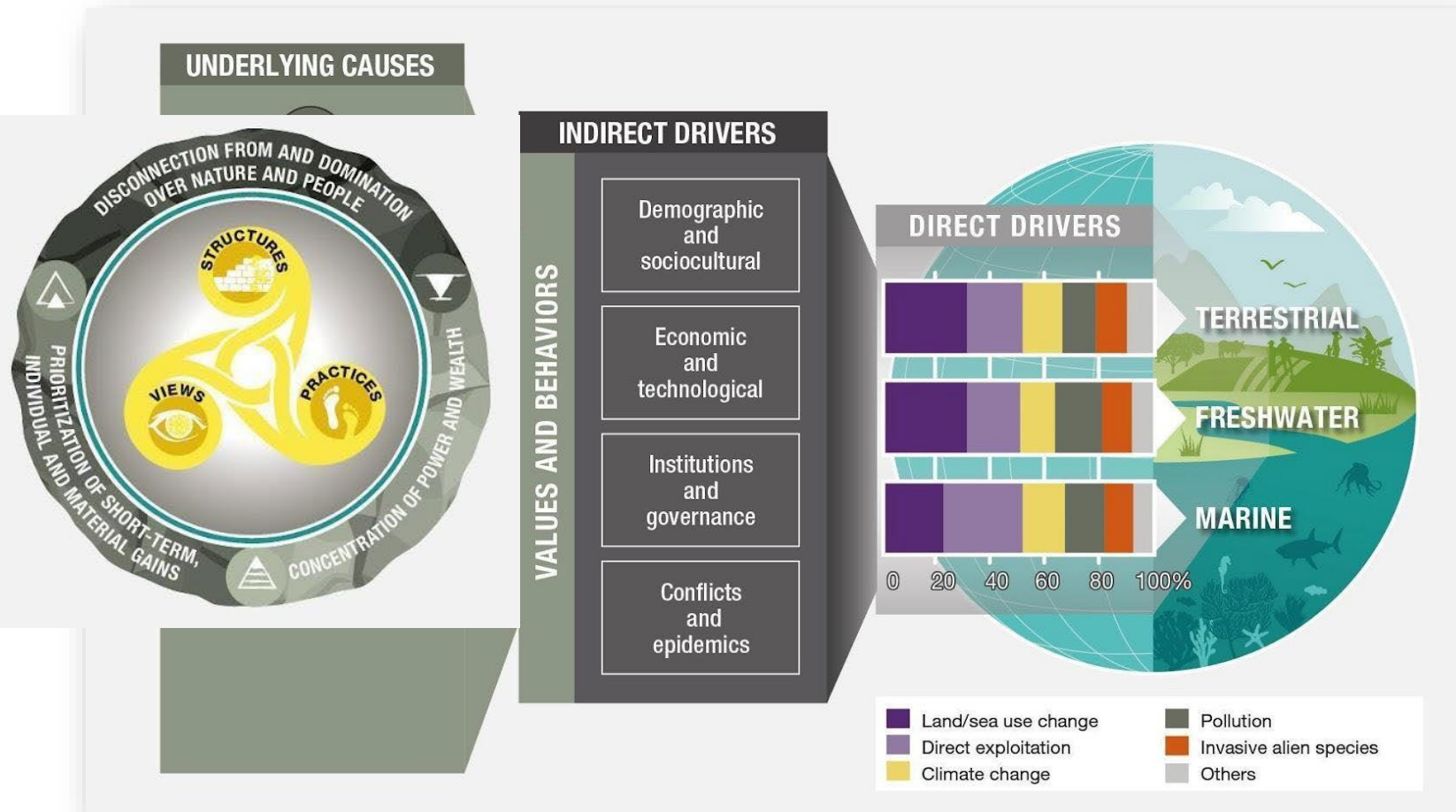
Menor impacto no equivale necesariamente a sostenibilidad si se pierde una función ecológica crítica.



**¿USTEDES TAMBIEN ESTAN
PERCIBIENDO ESTOS
RIESGOS?**



Reconocer la Causas subyacentes de la pérdida de biodiversidad (IPBES)



Causas subyacentes

1. Desconexión y dominación sobre la naturaleza y las personas
2. Concentración de poder y riqueza
3. Priorización de beneficios individuales, materiales y de corto plazo

- Se expresan en Visiones, estructuras y practicas

IPBES, Cambios Transformativos, 2024

Principios y desafíos para avanzar con los cambios transformativos (IPBES)

Principios para el cambio transformador

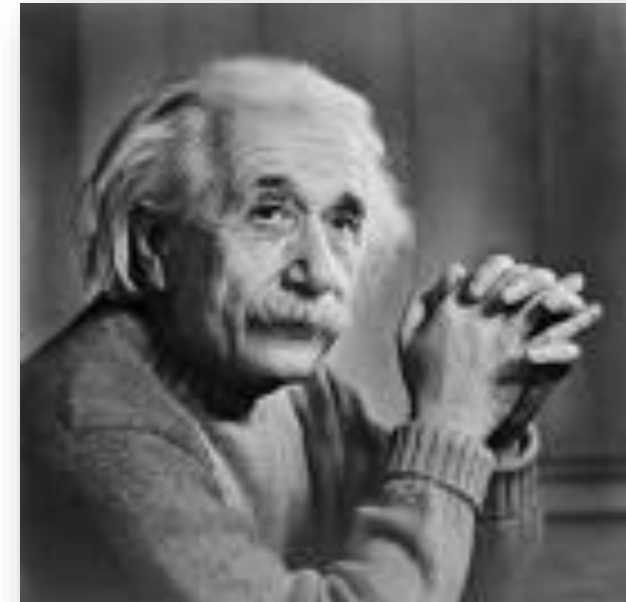
- Equidad y justicia
- Pluralismo e inclusión
- Relaciones respetuosas y recíprocas con la naturaleza
- Aprendizaje y acción adaptativa

Nuevas formas de pensar
Nuevas formas de organizar
Nuevas formas de actuar



Desafíos

- **Relaciones persistentes de dominación, especialmente las que surgieron y se propagaron en épocas coloniales**
- Desigualdades económicas y políticas
- Políticas e instituciones inadecuadas
- Sistemas de conocimiento e innovación descoordinados, Acceso limitado a tecnologías limpias,
- Patrones de producción insostenibles, así como hábitos y prácticas de consumo



¿Por qué hoy hablamos de regeneración?

Cuando la línea base ya está degradada, “hacer menos daño” puede no bastar

Reducir daño

Minimizar impactos
negativos

Neutralizar

Compensar o
balancear

Restaurar

Recuperar
condiciones
degradadas

Regenerar

Aumentar capacidad
funcional y de
renovación

La regeneración no es solo una nueva palabra: es una respuesta a sistemas con pérdida de integridad, conectividad y resiliencia.

¿Qué cambia en la gerencia para la adaptación climática?

Cinco desplazamientos de pregunta

Mirada convencional

Impacto



Predio / operación



Eficiencia



Cumplimiento



Compensar



Mirada socioecológica

Impactos + dependencias + riesgos

Territorio y cuenca

Resiliencia del sistema

Legitimidad y aprendizaje

Restaurar y regenerar funciones

Algunas reflexiones para fortalecer la resiliencia climática

Reflexiones generales

- Conservar ecosistemas y conectividades funcionales.
- Restaurar procesos clave del ciclo del agua.
- Proteger agua verde y agua azul.
- **Monitorear trayectorias, no solo estados.**
- Identificar umbrales ecológicos y sociales.
- **Comprender flujos de servicios ecosistémicos.**
- **Valorar costos evitados por la naturaleza.**
- Rediseñar incentivos que hoy favorecen degradación.
- Fortalecer ciencia, monitoreo y saberes locales.
- Construir una narrativa pública más poderosa.

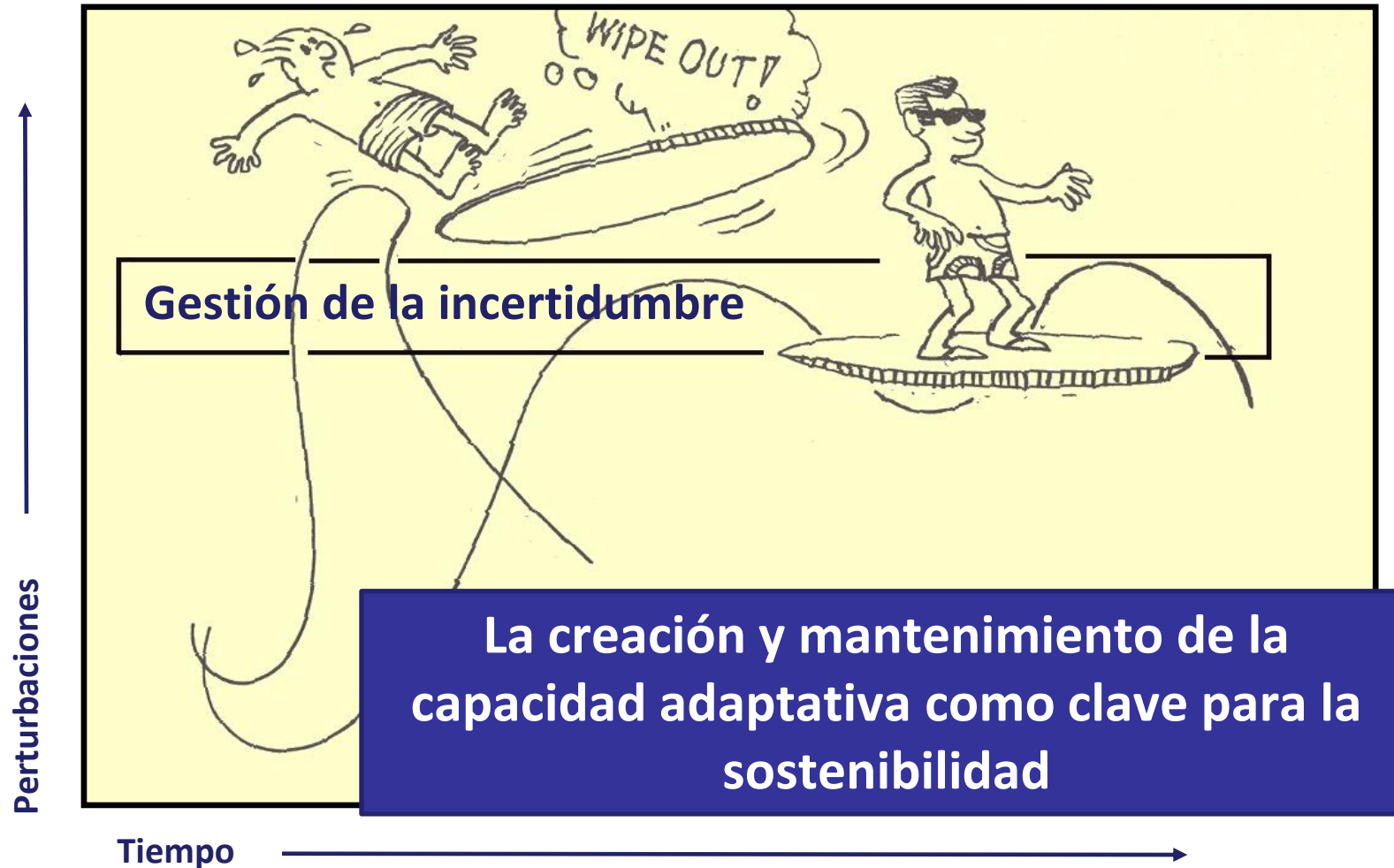


GESTIONAR LA INCERTIDUMBRE

Sin miedo, como condición estratégica.

- Incertidumbre climática
- Incertidumbre geopolítica
- Incertidumbre regulatoria
- Incertidumbre tecnológica
- **Incertidumbre funcional**

¿Están nuestras estrategias /acciones diseñadas para la estabilidad o para la variabilidad?





Universidad de
los Andes

Facultad de
Administración

<https://administracion.uniandes.edu.co/>



@AdmonUniandes



/AdmonUniandes



@Admonuniandes

Universidad de los Andes | Vigilada Mineducación
Reconocimiento como Universidad: Decreto 1297 del 30 de mayo de 1964.
Reconocimiento personería jurídica: Resolución 28 del 23 de febrero de 1949 Minjusticia.