

Retos del cambio climático, eventos extremos y sostenibilidad en la gestión del recurso hídrico y su impacto en la minería

Vinio Floris, PhD

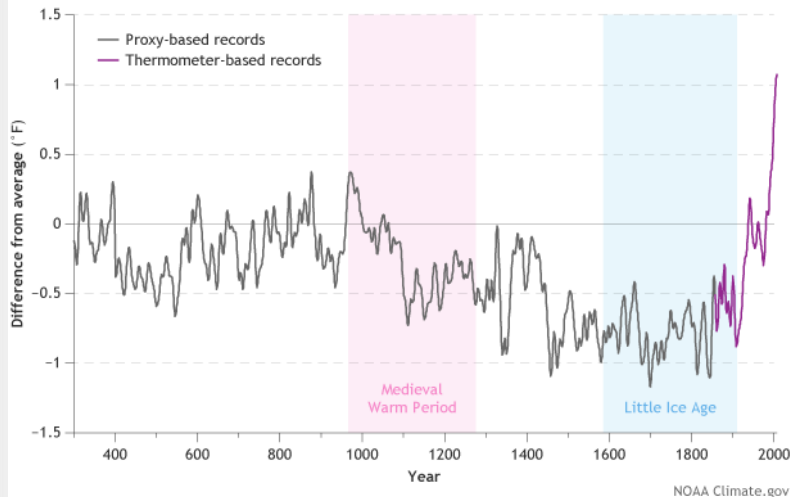
**Profesor y director del Centro de Gestión de Agua
y Medio Ambiente - GĖRENS**

**JUNTOS POR MÁS
OPORTUNIDADES Y
BIENESTAR PARA TODOS**

Setiembre 23, 2025



Global temperatures over the past 1,700 years

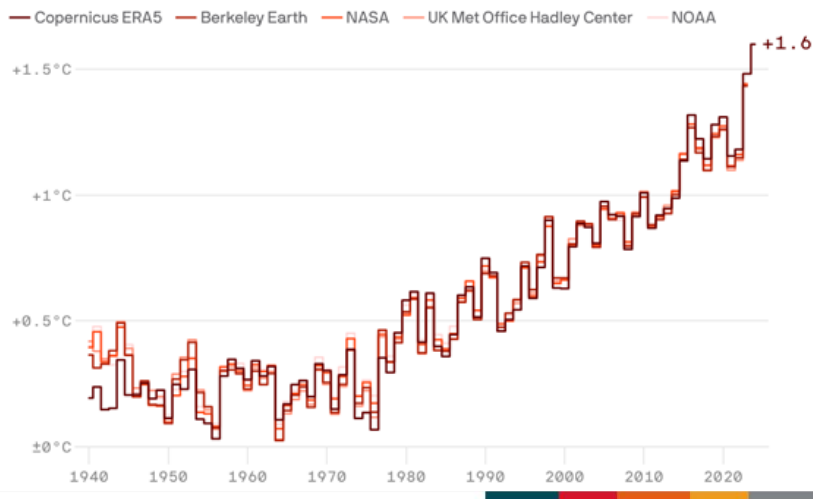


2024 fue le año de mayor temperatura
excediendo el objetivo del Acuerdo de París →

Fuente: [Axios](#), 2025

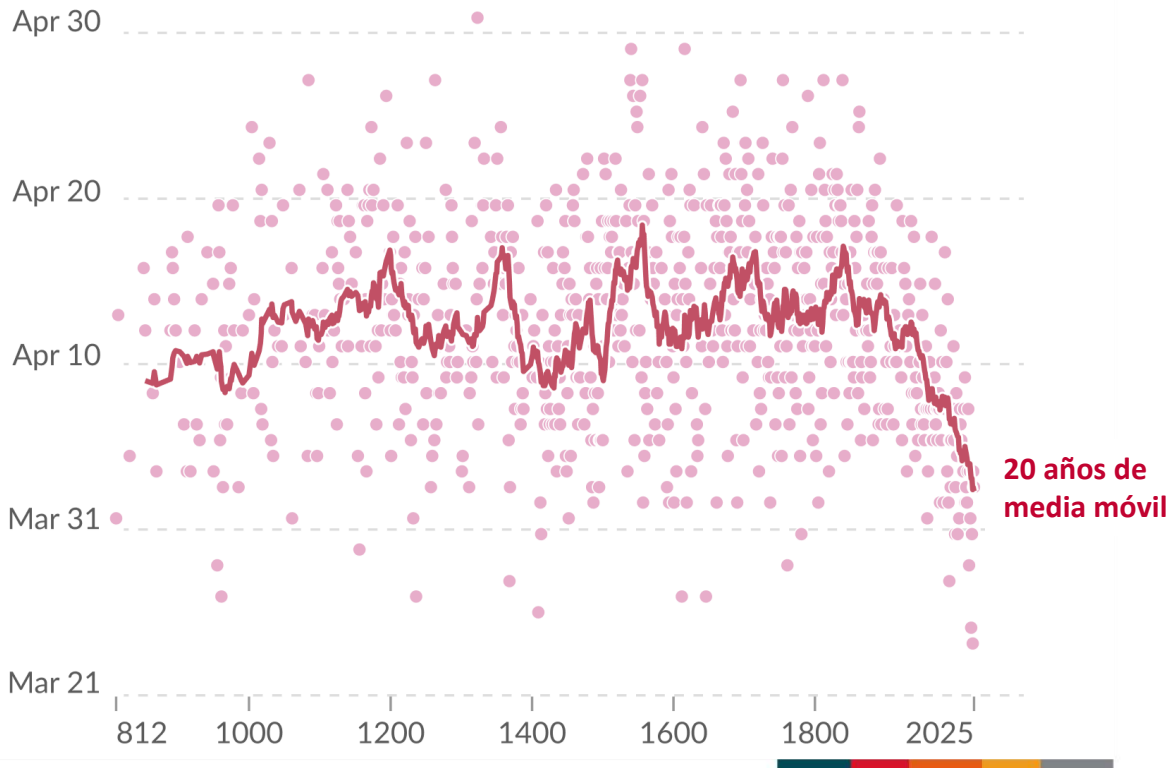
← Temperatura del planeta: Paleodata versus medida

Fuente: NOAA, climate.gov



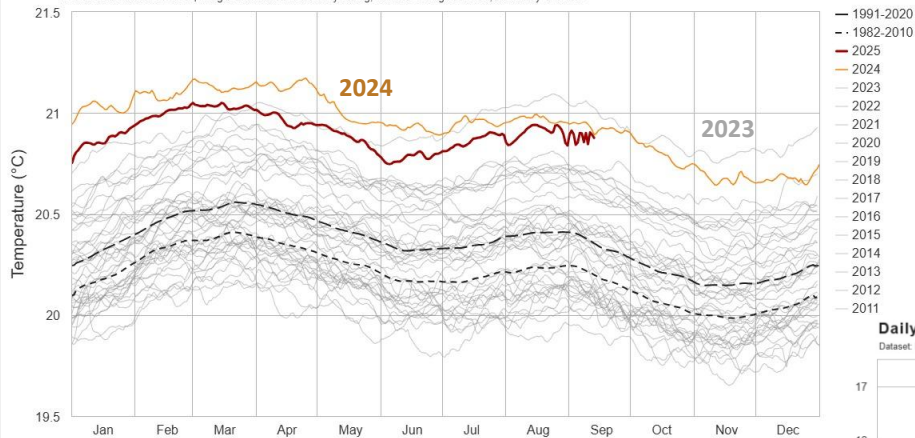
Fechas y tendencias de inflorescencias de árboles de cereza (*Prunus jamasakura*) en Kioto, Japón

Fuente: [Our World in
Data](#)



Daily Sea Surface Temperature, World (60°S–60°N, 0–360°E)

Dataset: NOAA OISST V2.1 | Image Credit: ClimateReanalyzer.org, Climate Change Institute, University of Maine



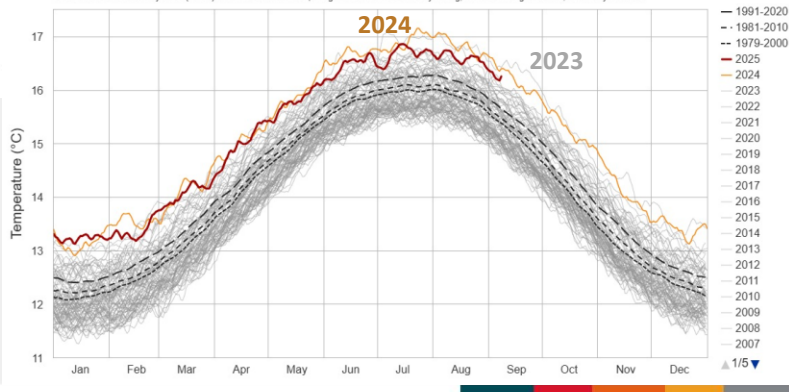
Temperatura diaria →
del aire superficial

Fuente: [Climate Reanalyzer](#)

← Temperatura diaria
de la superficie del mar

Daily Surface Air Temperature, World (90°S–90°N, 0–360°E)

Dataset: ECMWF Reanalysis v5 (ERA5) downloaded from C3S | Image Credit: ClimateReanalyzer.org, Climate Change Institute, University of Maine



Escorrentía de los glaciares y “pico hídrico” En determinadas cuencas glaciares de los Andes

Pico hídrico se refiere al punto en el tiempo con la máxima escorrentía por deshielo

Escorrentía normalizada

Escorrentía de los glaciares

— 1990 — 2050

— 2020 — 2090

--- Escorrentía observada en la cuenca fluvial

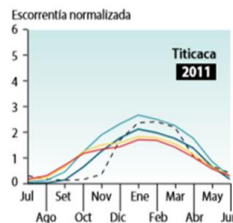
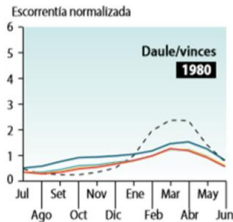
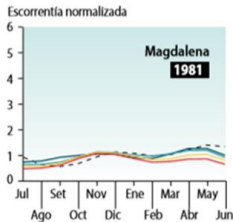
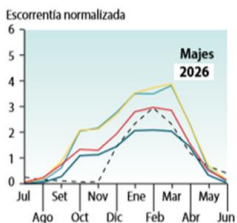
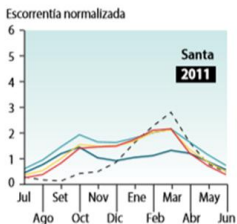
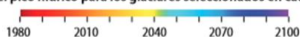
Pico hídrico

XXXX Año pasado

XXXX Año futuro

Margen de error de hasta 20 años

Año del pico hídrico para los glaciares seleccionados en cada cuenca



Escorrentía de glaciares y pico hídrico

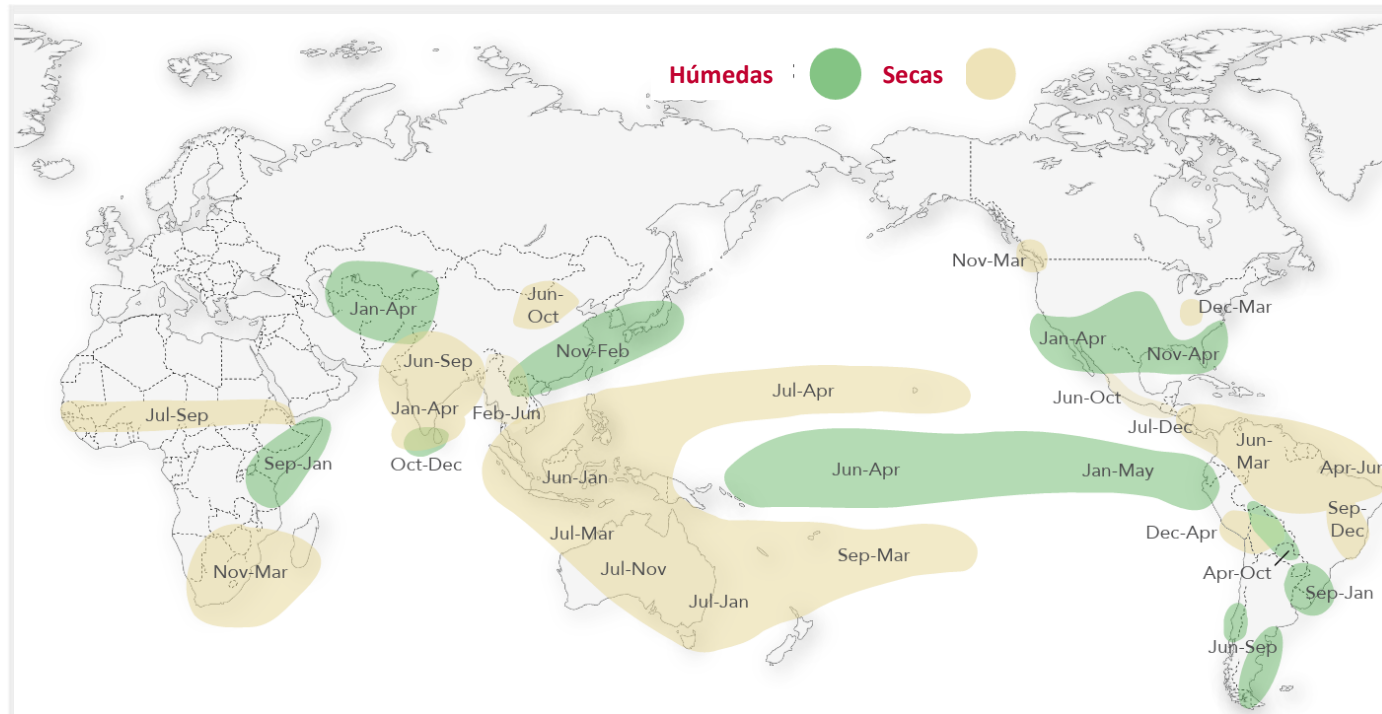
Fuente: [GRID-UNESCO, Atlas de glaciares y aguas andinos, 2019](#)

Amenazas hidro-extremas

Procesos inducidos o fenómenos naturales atmosféricos, hidrológicos u oceanográficos, que causan muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de actividad social y económica y/o degradación ambiental

Ejemplos:

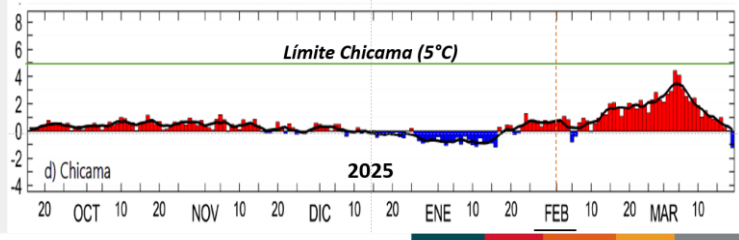
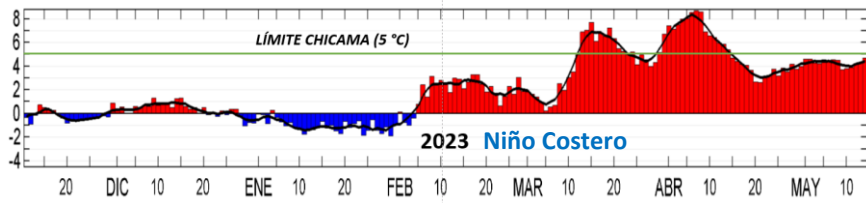
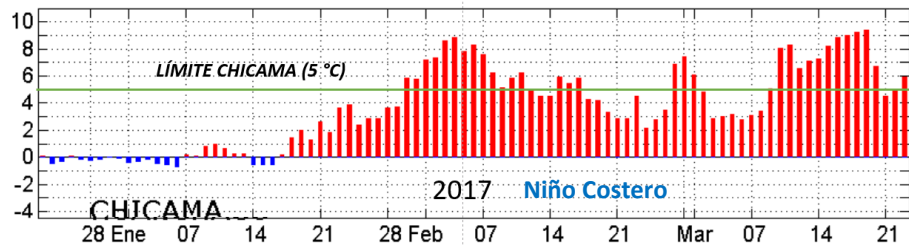
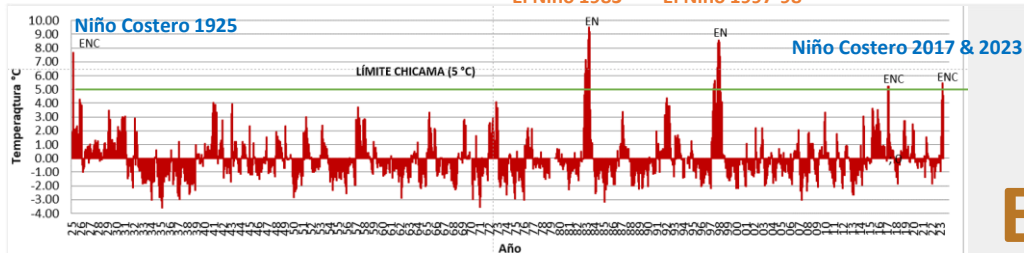
- Inundaciones, flujos de lodo y detritos
- Ciclones tropicales, marejadas, vientos, lluvias y tormentas severas
- Sequías, desertificación, temperaturas extremas, tormentas de arena o polvaredas
- Heladas, avalanchas de nieve



**El Niño:
zonas
húmedas
y secas**

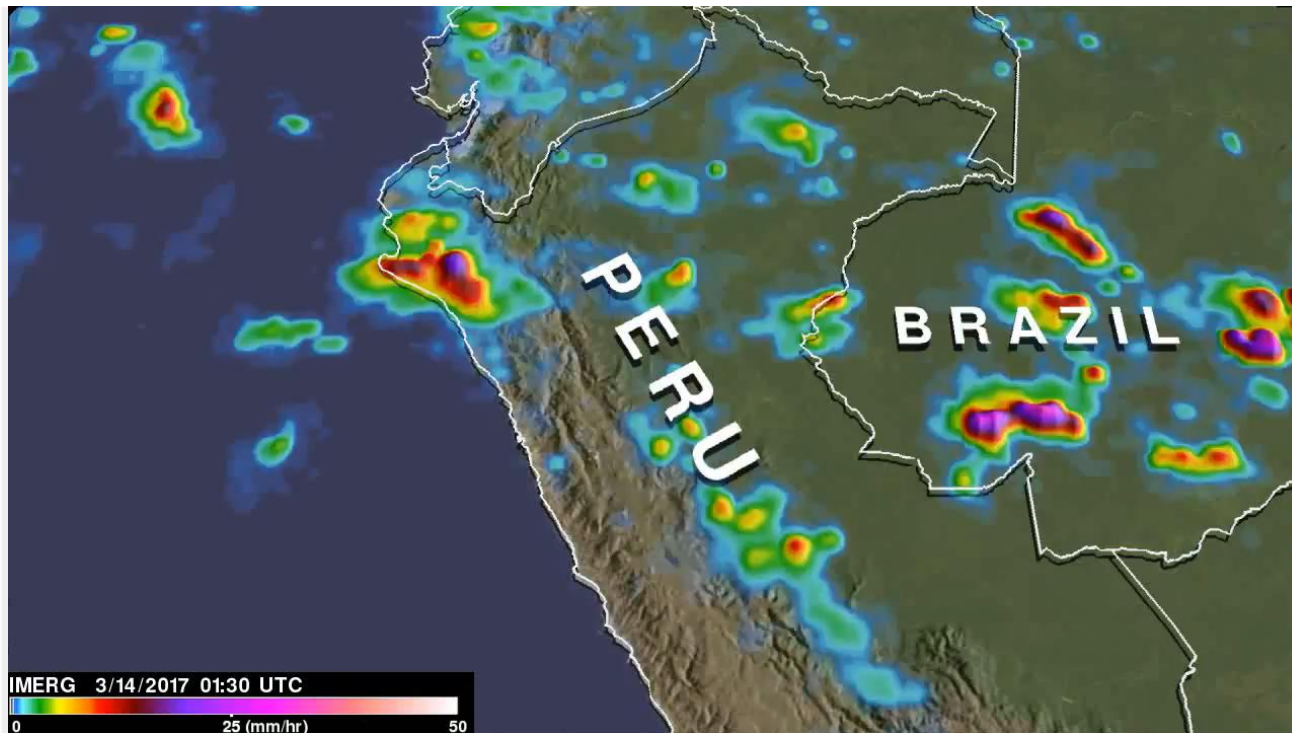
Fuente: [Columbia Climate School](#)

El Niño 1983 El Niño 1997-98



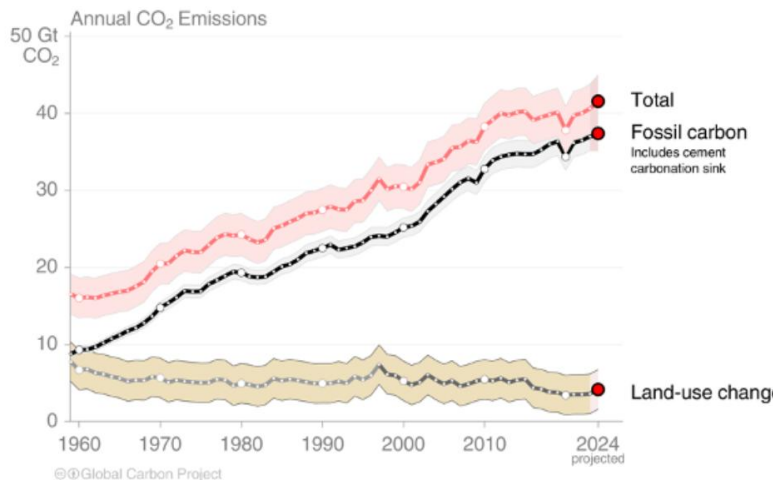
El límite Chicama – ENSO y NC

Fuente: 115 Boletín ASP, al 01 de abril del 2025), Antonio J. Salvá.



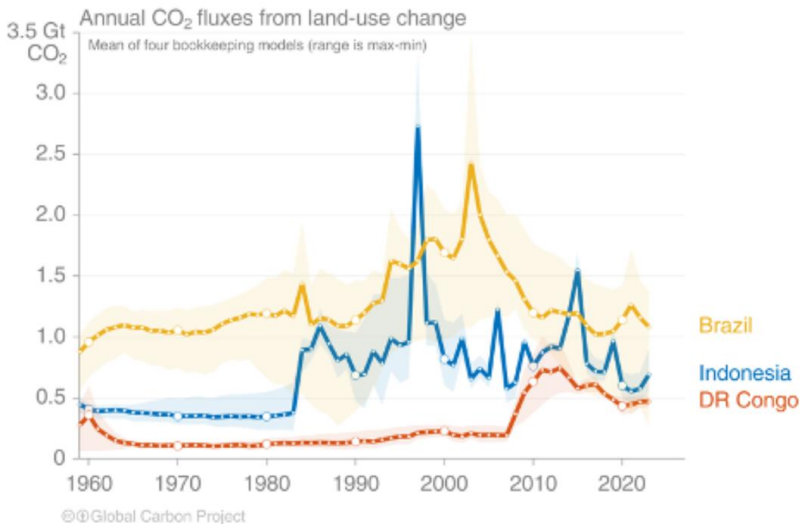
Transvases y El Niño Costero en el Perú

Fuente: **IMERG (NASA)**
marzo 14-21, 2017



Fuente: [Global Carbon Project, 2024](#)

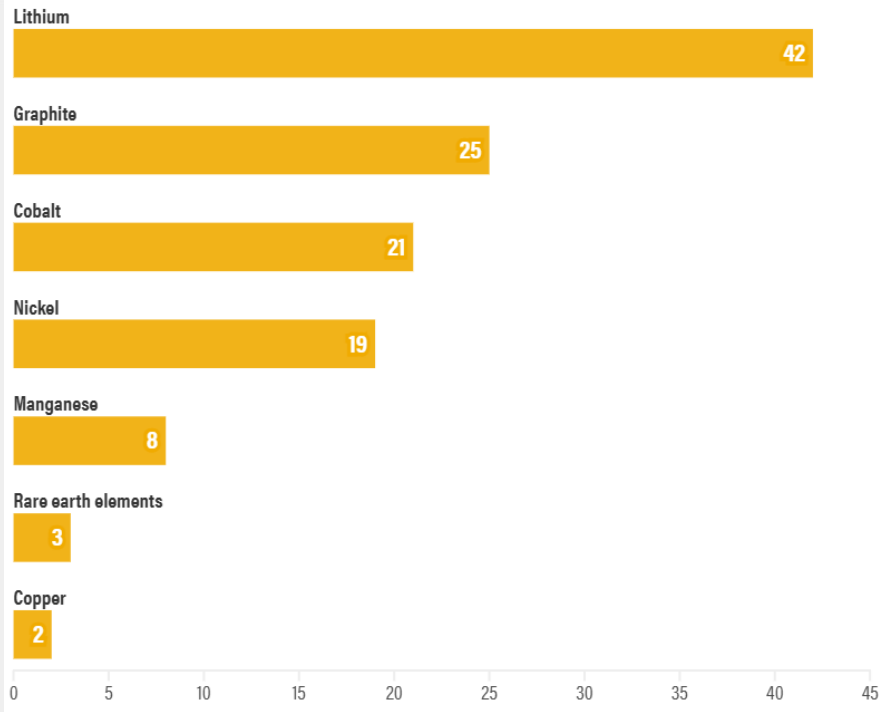
Emisiones por uso de la tierra, CO₂ equivalente



Clasificación				Categorías de fuentes y sumideros	Emisiones GEI [GgCO ₂ e q]	% del Total
1				ENERGÍA	58,132.54	28%
	1A			Actividades de quema de combustibles	50,874.36	25%
		1A1		Industrias de energía	15,946.50	8%
		1A1a		Producción de electricidad y calor como actividad principal	11,065.07	5%
		1A2m		Industria no especificada	7,558.35	4%
		1A3		Transporte	21,047.88	10%
		1A3b		Transporte terrestre	19,294.71	9%
	1B			Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	7,258.18	4%
2				PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS	5,822.37	3%
	2A			Industria de los minerales	5,054.11	2%
		2A1		Producción de Cemento	4,223.75	2%
	2C			Industria de los metales	636.79	0%
		2C1		Producción de Hierro y Acero	99.56	0%
		2C5		Producción de Plomo	-	-
		2C6		Producción de Zinc	537.22	0%
3				AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA	134,901.58	66%
	3B			Tierras	108,991.29	53%
		3B2		Tierras de cultivo	51,450.82	25%
		3B2b		Tierras convertidas en tierras de cultivo	51,700.44	25%
		3B3		Pastizales	41,309.08	20%
		3B3a		Pastizales que permanecen como pastizales	-	-
		3B3b		Tierras convertidas en pastizales	41,309.08	20%
	3C			Fuentes agregadas y fuentes de emisión no-CO₂ en la tierra	13,825.60	7%
4				DESECHOS	6,437.67	3%
Total					205,294.17	100%

Perú: inventario nacional gases efecto invernadero - 2016

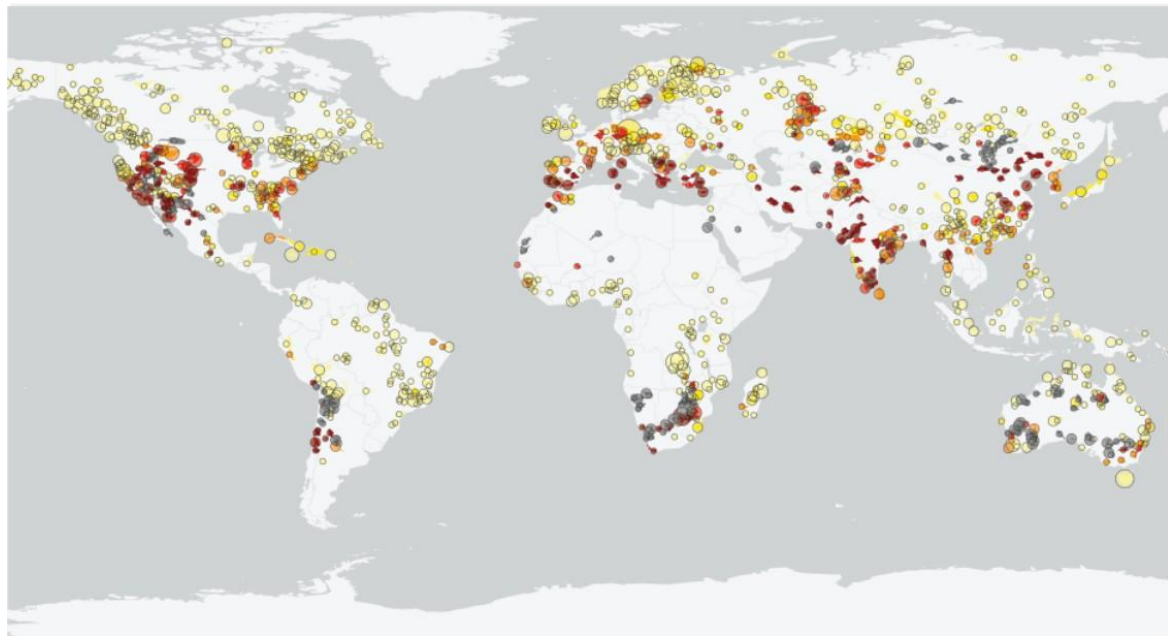
Fuente: Inventario Nacional
de Gases de Efecto
Invernadero, MINAM, 2021



Factor de incremento proyectado (2020 = 1)

Crecimiento de
la demanda de
minerales
críticos para
energías
limpias al 2040
comparado con
el 2020

Fuente: World Resources
Institute, [Overcoming
Critical Minerals Shortages
Is Key to Achieving US
Climate Goals, 2023](#)



Baseline water stress label

- Arid and Low Water Use
- Extremely High (>80%)
- High (40-80%)
- Low (<10%)
- Low - Medium (10-20%)
- Medium - High (20-40%)

Number of mines, deposits, and districts

- 1
- 1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20

16% de
minerales
críticos están
en zonas de
muy alto
estrés hídrico

Fuente: World Resources
Institute, [More Critical
Minerals Mining Could
Strain Water Supplies in
Stressed Regions, 2024](#)

Reflexiones – Impacto a la minería

- Recurso hídrico es multidimensional, parte de un sistema global
 - Cantidad, calidad, espacio, tiempo
 - Se requiere de una **visión holística** para su análisis apropiado
- Cambio climático: considerable impacto a los recursos hídricos
 - La hidrología tradicional ya no es enteramente válida
 - Impacto significativo del **deshielo de glaciares**
- Retos de contaminación del recurso
 - Microplásticos
 - **Minería ilegal**
 - **Contaminación** con elementos altamente peligrosos y hasta indestructibles (v.g., PFAS)

Reflexiones – Impacto a la minería

- Disponibilidad de **financiamiento**
 - Reto clave para **infraestructura** verde (versus gris), sustentable y resiliente
 - Participación público-privada (OxI, otros)
 - **Bonos azules**
- Minería: principal agente para implementar la **transición energética** y socio clave en el desarrollo sostenible
- Valioso esfuerzo del sector minero en la gestión de recursos hídricos
 - Practicas sumamente efectivas y sustentables (v.g., cosecha de agua)
 - **Reúso y reutilización** (“repurpose”) de aguas residuales
 - Valioso aporte de la **academia** en búsqueda de nuevas tecnologías
- **Agua compartida, responsabilidad compartida, enfoque compartido**

Los grandes almacenes de carbono



**Turbera Pastaza-Marañón:
estabiliza 3B ton de carbono
(total Amazonas: 120B)**

**Fuente: Scientific American,
febrero 2020.**

JUNTOS POR MÁS
OPORTUNIDADES Y
BIENESTAR PARA TODOS

Vinio Floris
vinio@floris-us.com
[LinkedIn](#)



INSTITUTO
DE INGENIEROS
DE MINAS
DEL PERÚ

Los mochica, el pueblo de Perú que se protegió durante siglos de El Niño, el fenómeno que marcó su desaparición

Fuente: Guillermo Olmo. [BBC](#). 2023



CHRIS BOURONCLE

La arqueología ha permitido recuperar restos materiales de la cultura mochica.