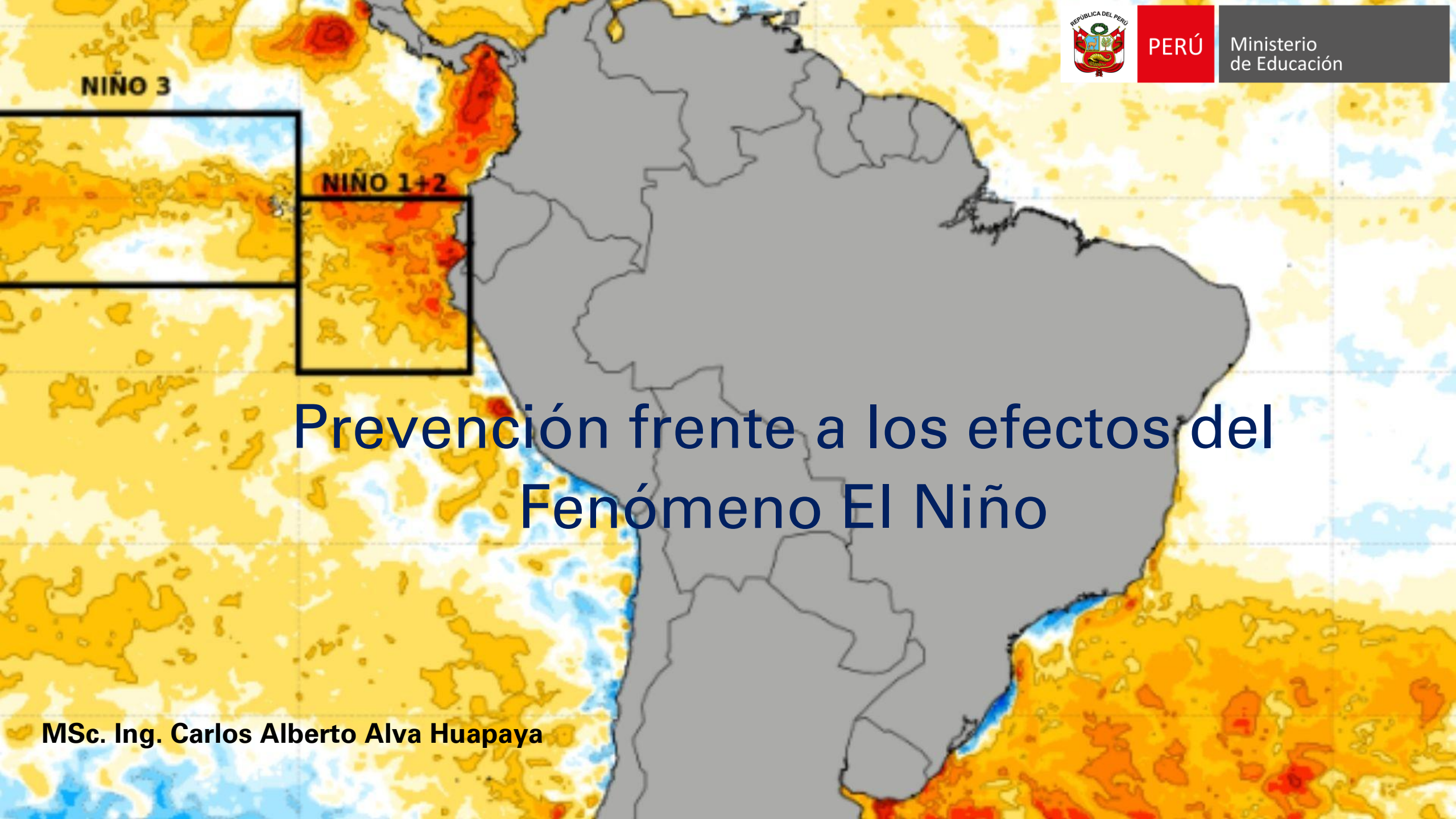


PERÚ | Ministerio de Educación

Prevención frente a los efectos del Fenómeno El Niño

MSc. Ing. Carlos Alberto Alva Huapaya

Mecánica: ENOS vs El Niño Costero

El Niño Global (ENOS)

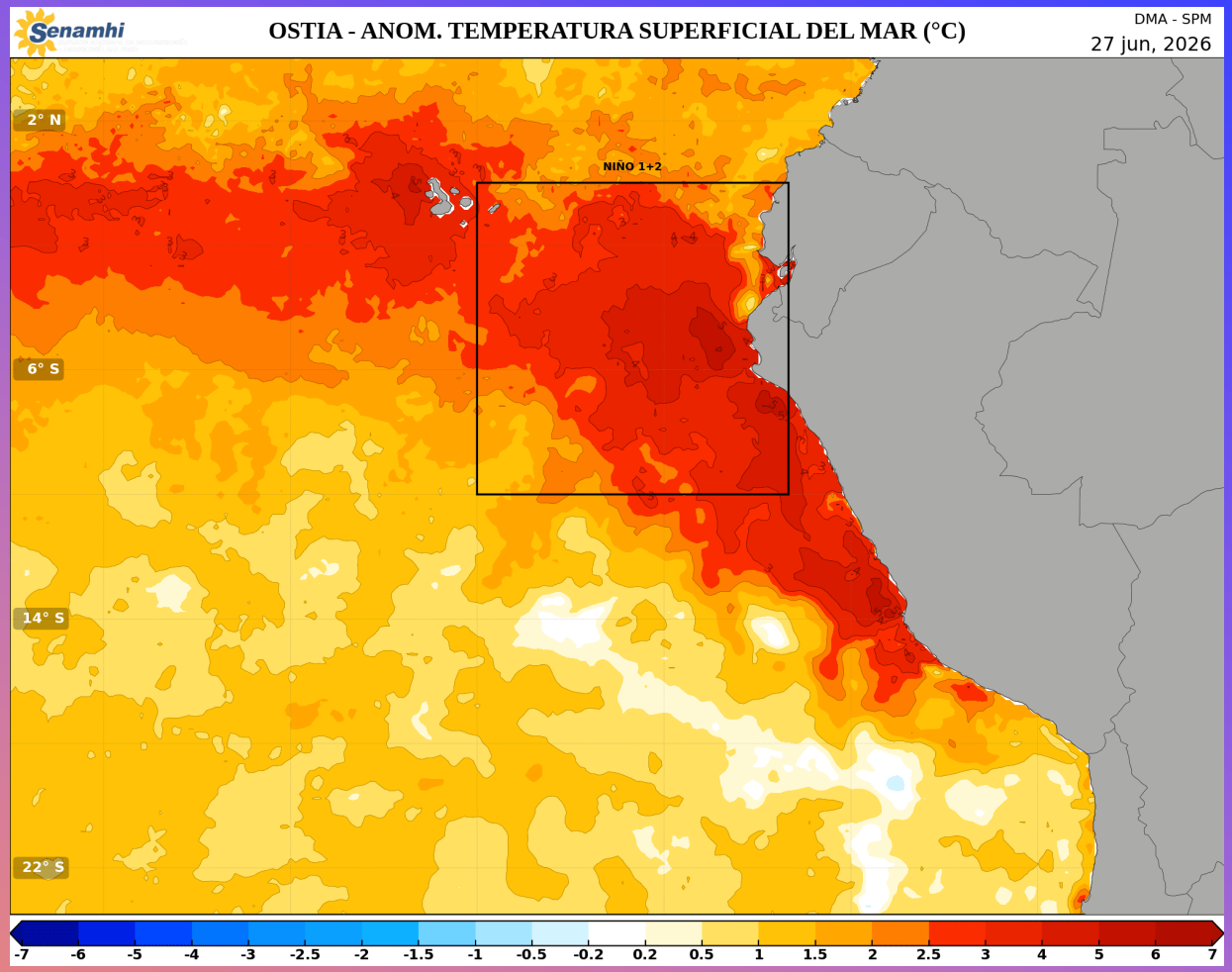
Se origina por el calentamiento de las aguas en el Pacífico Central. Altera la circulación atmosférica a nivel global (Célula de Walker), provocando teleconexiones climáticas en todo el planeta.

Impacto: Sequías en el sur del Perú y lluvias en el norte.

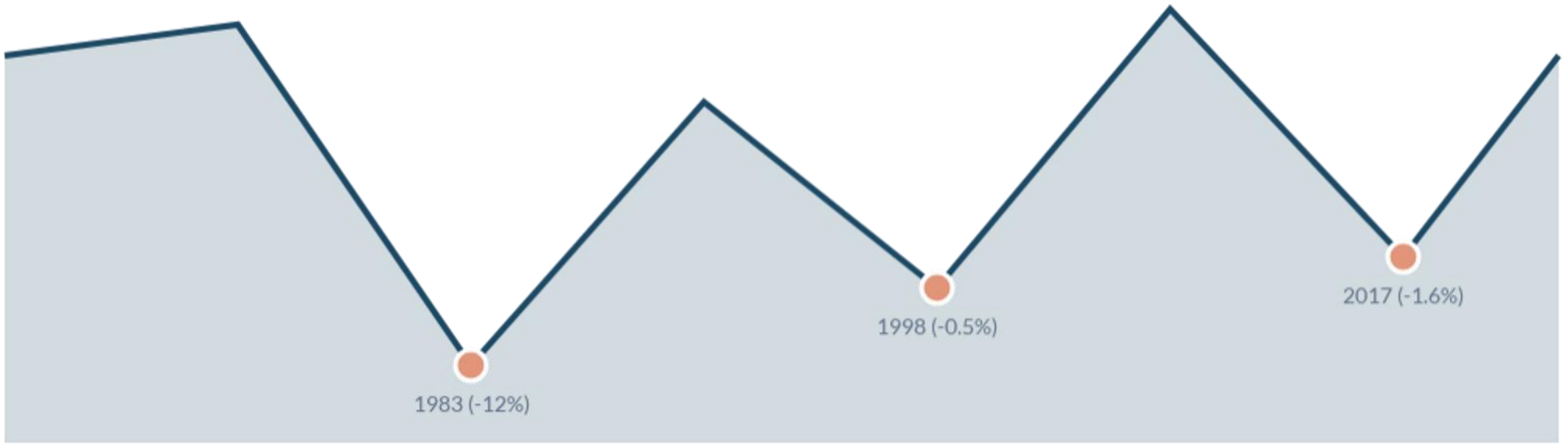
El Niño Costero

Evento local focalizado frente a las costas de Perú y Ecuador. Es producto de anomalías de vientos locales y ondas Kelvin que calientan rápidamente la región "Niño 1+2".

Impacto: Lluvias extremas súbitas en la costa norte y centro.



Impacto Histórico en el PBI Real

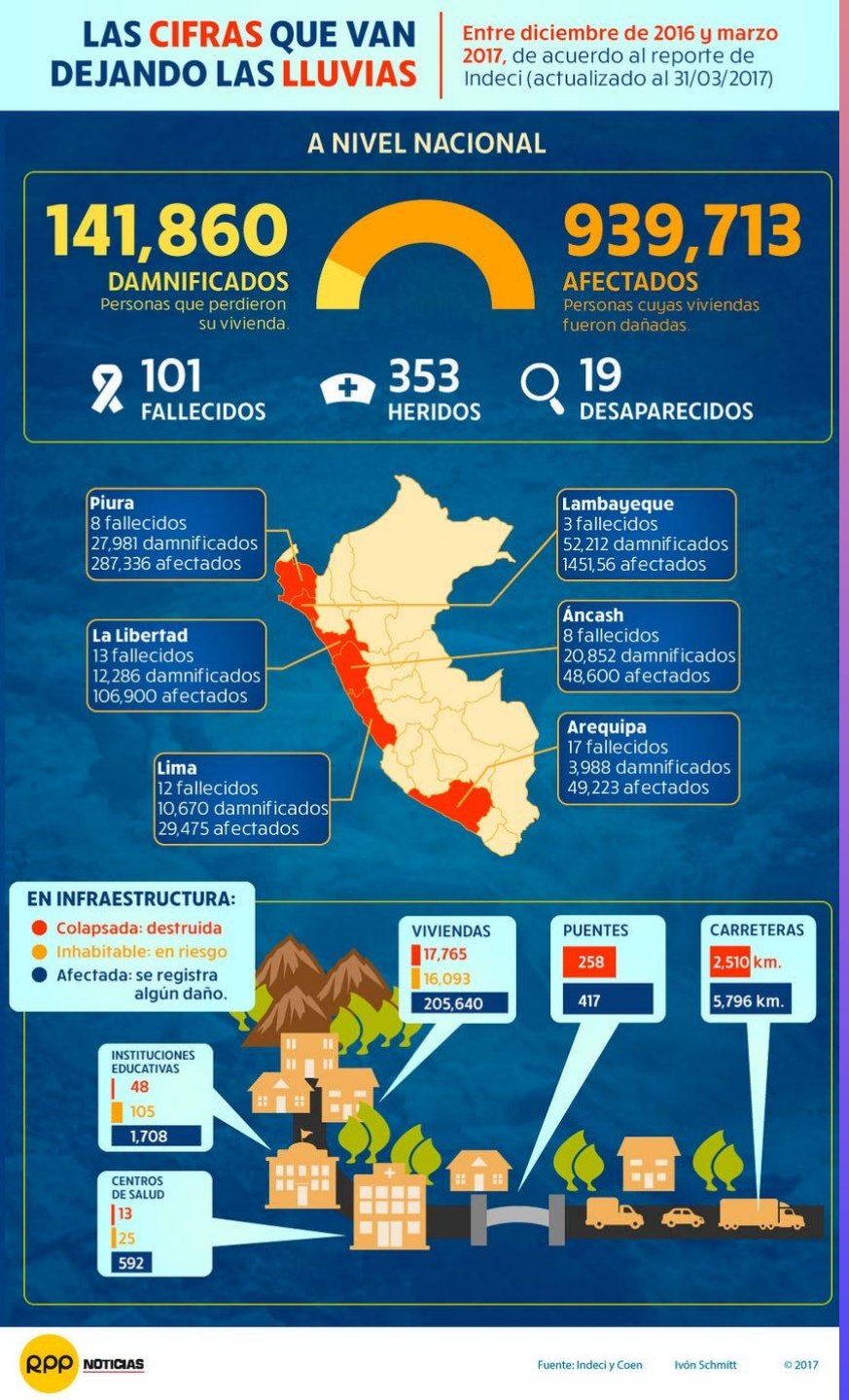


Nota: *Los puntos representan las caídas más drásticas en el crecimiento económico debido a la destrucción de infraestructura y pérdida de producción agropecuaria.*

El Binomio Inundación-Sequía

Asimetría Hidrológica

- **Costa Norte:** Exceso hídrico, desborde de ríos (Piura, Chira, Tumbes) y activación de quebradas.
- **Sierra Sur:** Déficit hídrico crítico. La escasez de lluvias afecta la seguridad alimentaria en Puno, Cusco y Apurímac.
- **Recursos Hídricos:** Estrés en sistemas de riego y colmatación de presas por arrastre de sedimentos.



Magnitud del Impacto Social

Vulnerabilidad Expuesta

Más de 290,000 viviendas fueron afectadas o destruidas durante el evento del Niño Costero 2017, evidenciando fallas críticas en el ordenamiento territorial y la calidad de la autoconstrucción.

Pérdidas estimadas en infraestructura: >$9,000 Millones.

1.5M

Damnificados (2017)

El Desafío de 2017

Crisis del Niño Costero

A diferencia de los eventos "canónicos", el 2017 sorprendió a los sistemas de alerta temprana. El calentamiento anómalo ocurrió en semanas, no meses. La inundación de ciudades como Piura demostró que la infraestructura de drenaje urbano era inexistente o insuficiente frente a caudales extraordinarios.

Marco de Gestión del Riesgo (GRD)

Conocimiento

Identificación de peligros y análisis de vulnerabilidades mediante modelos hidrodinámicos y SIG.

Prevención

Acciones de planificación urbana y defensas ribereñas para evitar la generación de nuevos riesgos.

Respuesta

Capacidad operativa para la atención de emergencias, búsqueda, rescate y rehabilitación rápida.

Comparativa de Casos Emblemáticos

Variable / Evento	Extraordinario 82-83	Extraordinario 97-98	Niño Costero 2017
Origen	Pacífico Central (Global)	Pacífico Central (Global)	Local (Región 1+2)
Lluvias Norte	Extremas (Persistent)	Extremas (Persistent)	Extremas (Súbitas)
Puentes Caídos	~47 puentes	~58 puentes	~112 puentes
Mecanismo GRD	Reactivo (Defensa Civil)	Sinadeci (En formación)	Sinagerd / RCC

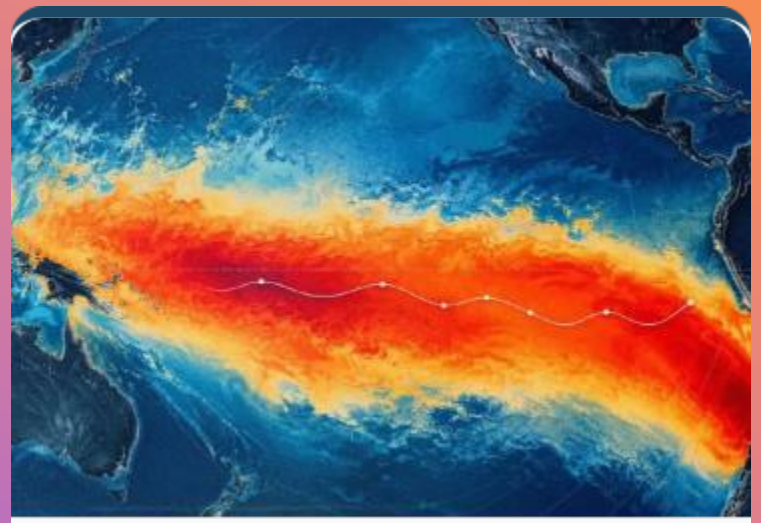
Soluciones de Ingeniería Hidráulica

Defensas Ribereñas

Muros de contención y enrocados diseñados para periodos de retorno de 100 años.

Drenaje Pluvial

Implementación de sistemas de evacuación urbana para evitar inundaciones pluviales.



Monitoreo SAT

Uso de telemetría y sensores en tiempo real para Sistemas de Alerta Temprana (SAT).

Soluciones No Estructurales

- **Zonificación de Riesgos:** Reubicación de poblaciones asentadas en fajas marginales y zonas de alta susceptibilidad.
- **Infraestructura Natural:** Reforestación de cuencas altas para reducir la velocidad de escorrentía y controlar la erosión.
- **Cultura de Prevención:** Educación ciudadana y simulacros focalizados en inundaciones y movimientos en masa.

ANTROPOCENO
LA ERA DEL HOMBRE

La era del antropoceno

Pilares de la Defensa Climática

Mitigación

Reducción de emisiones en la fuente, captura de carbono y optimización de procesos industriales.

Adaptación

Diseño de infraestructuras capaces de resistir eventos extremos y proteger comunidades vulnerables.

Regeneración

Restauración de servicios ecosistémicos para fortalecer la barrera natural contra el clima.

Campos de Aplicación Integral

Energía

Descarbonización de la matriz mediante proyectos eólicos y solares.

Ecosistemas

Restauración de suelos y reforestación para captura de GEI.

Residuos

Gestión integral para eliminar metano en rellenos sanitarios.

Métricas de la Crisis y Respuesta

90%

Desastres climáticos relacionados con el agua

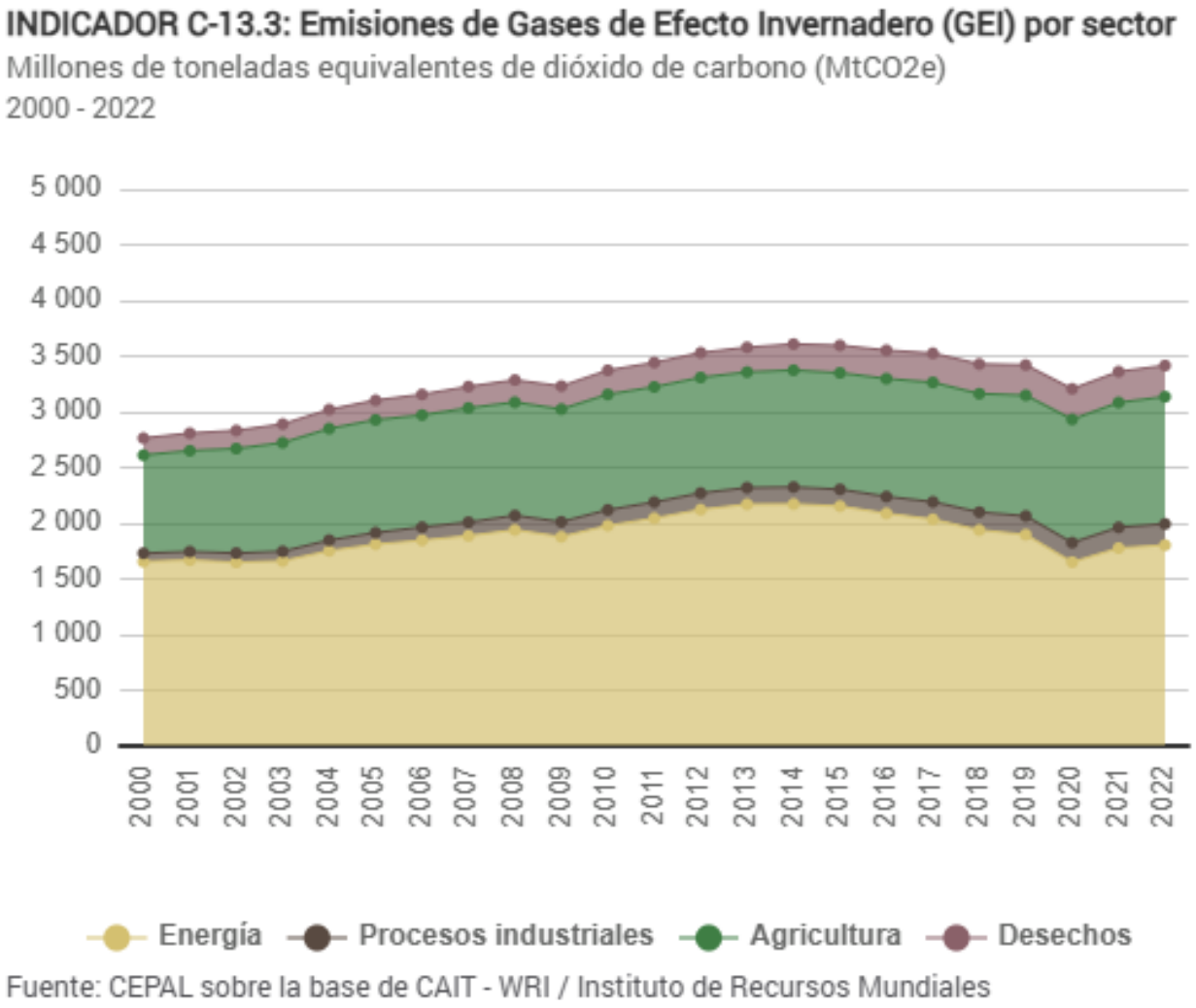
3.6B

Personas viviendo en contextos vulnerables

Fuente: Reportes IPCC y ONU-Agua (2023/2024).

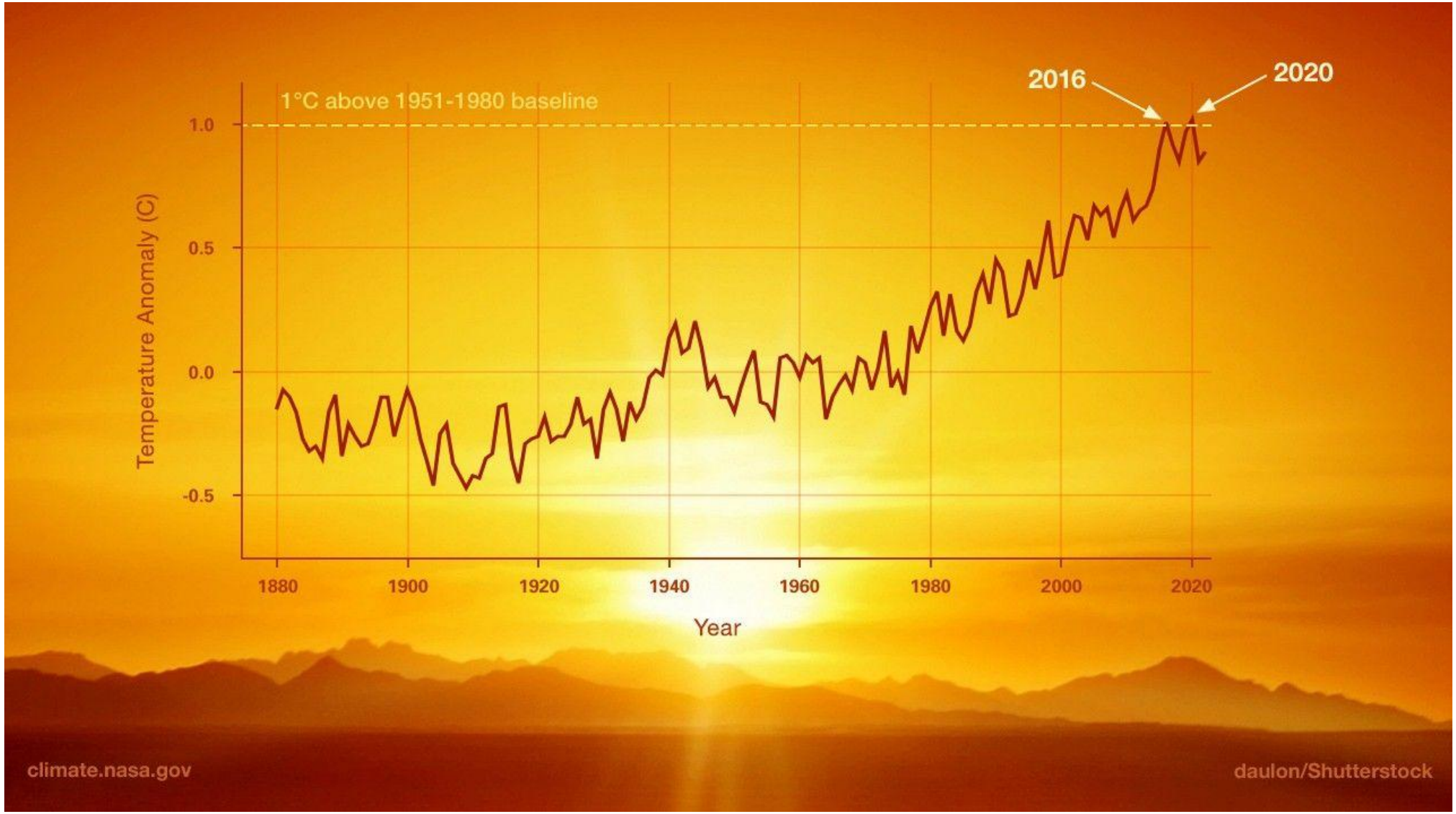
Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por sector

Las emisiones de gases de efecto invernadero se han acelerado pesar de los esfuerzos de reducción. La mayor parte del crecimiento de las emisiones de CO2 es la quema de combustibles fósiles y los procesos industriales



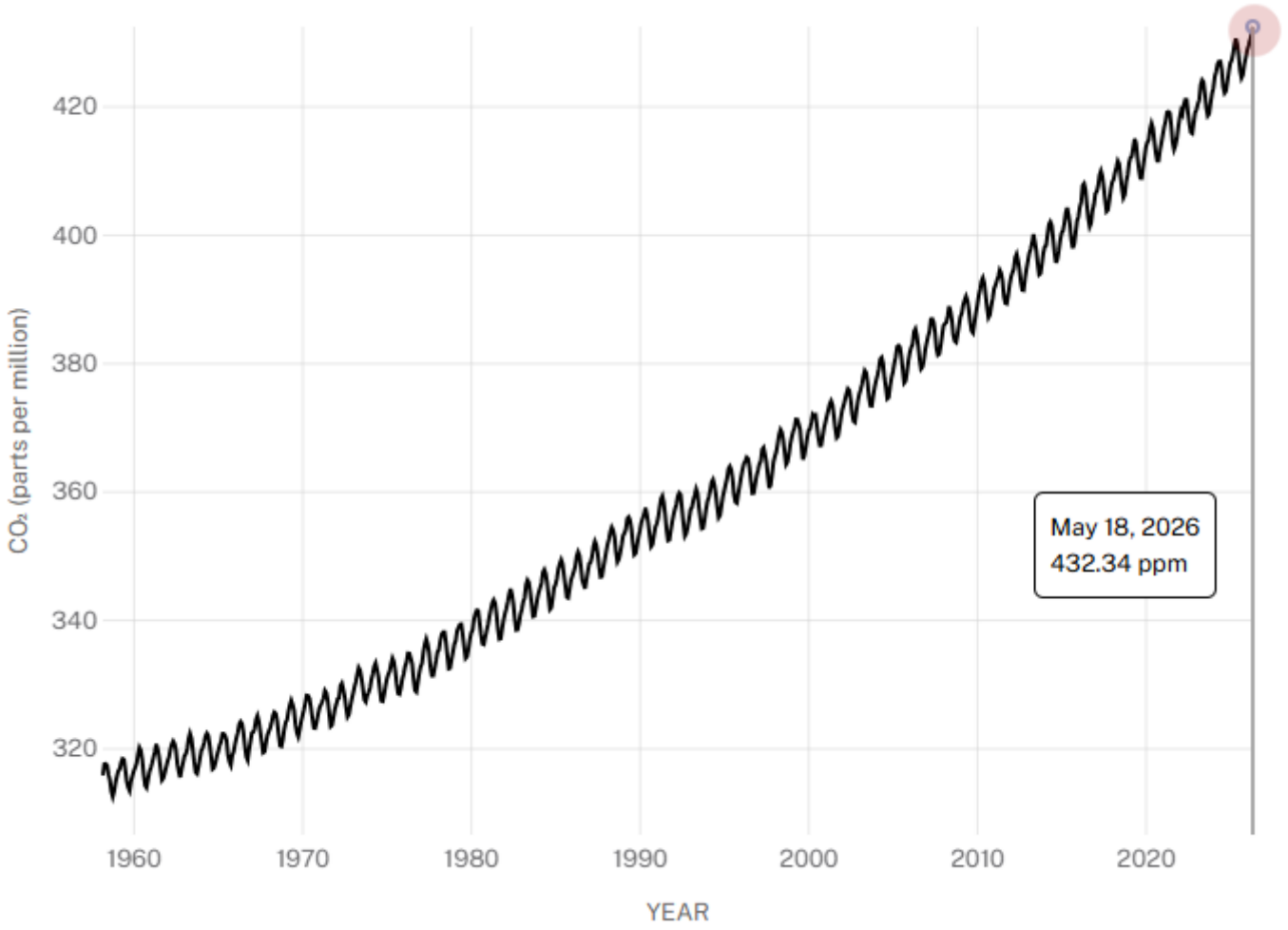
Fuente: https://agenda2030lac.org/estadisticas/perfiles-estadisticos-regionales-ODS-por-meta.html?lang=es&target_id=13.3

Variación de la temperatura superficial global



Fuente: Instituto Goddard de Estudios Espaciales de la NASA. https://science.nasa.gov/climate-change/what-is-climate-change/

MEDICIONES DIRECTAS CO_2: 1958-PRESENTE

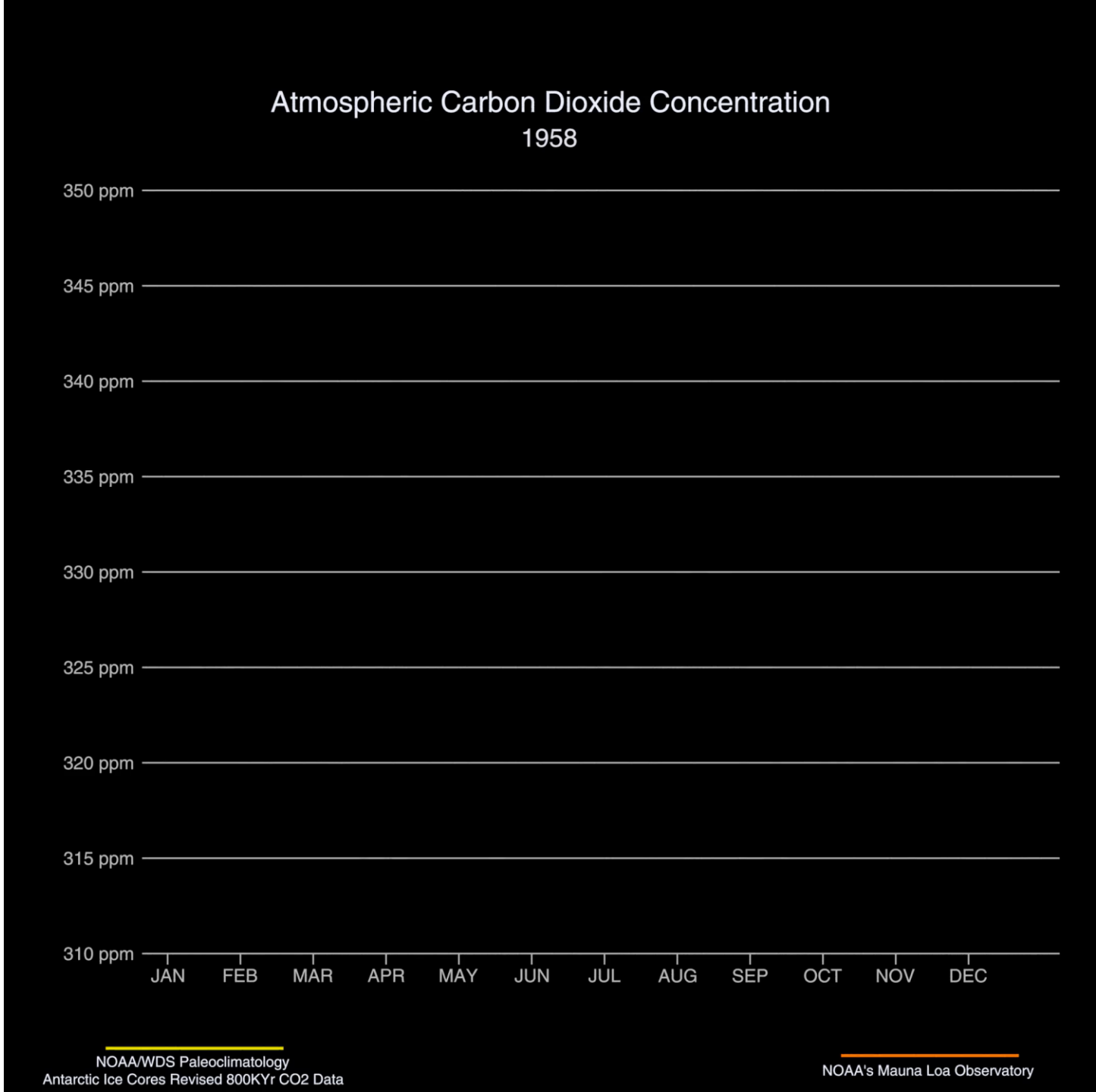


Fuente: https://science.nasa.gov/earth/explore/earth-indicators/carbon-dioxide/

Dióxido de carbono: indicador terrestre

La cantidad de **CO_2** en la atmósfera terrestre **ha aumentado drásticamente en los últimos 100 años**, según mediciones realizadas desde tierra y satélites. Dado que el dióxido de carbono es un gas de efecto invernadero, este aumento **ha provocado el calentamiento del planeta**.

Fuente: https://science.nasa.gov/earth/explore/earth-indicators/carbon-dioxide/



Variación de la masa de la Antártida desde 2002

Las capas de hielo, que almacenan grandes cantidades de agua dulce en tierra firme, se están derritiendo a medida que aumentan las temperaturas del aire y del océano. **La Antártida pierde masa de hielo a un ritmo promedio de unos 135 mil millones de toneladas al año, y Groenlandia pierde alrededor de 266 mil millones de toneladas al año**. A medida que el hielo se derrite, el agua resultante se drena hacia el océano y contribuye al aumento del nivel del mar.

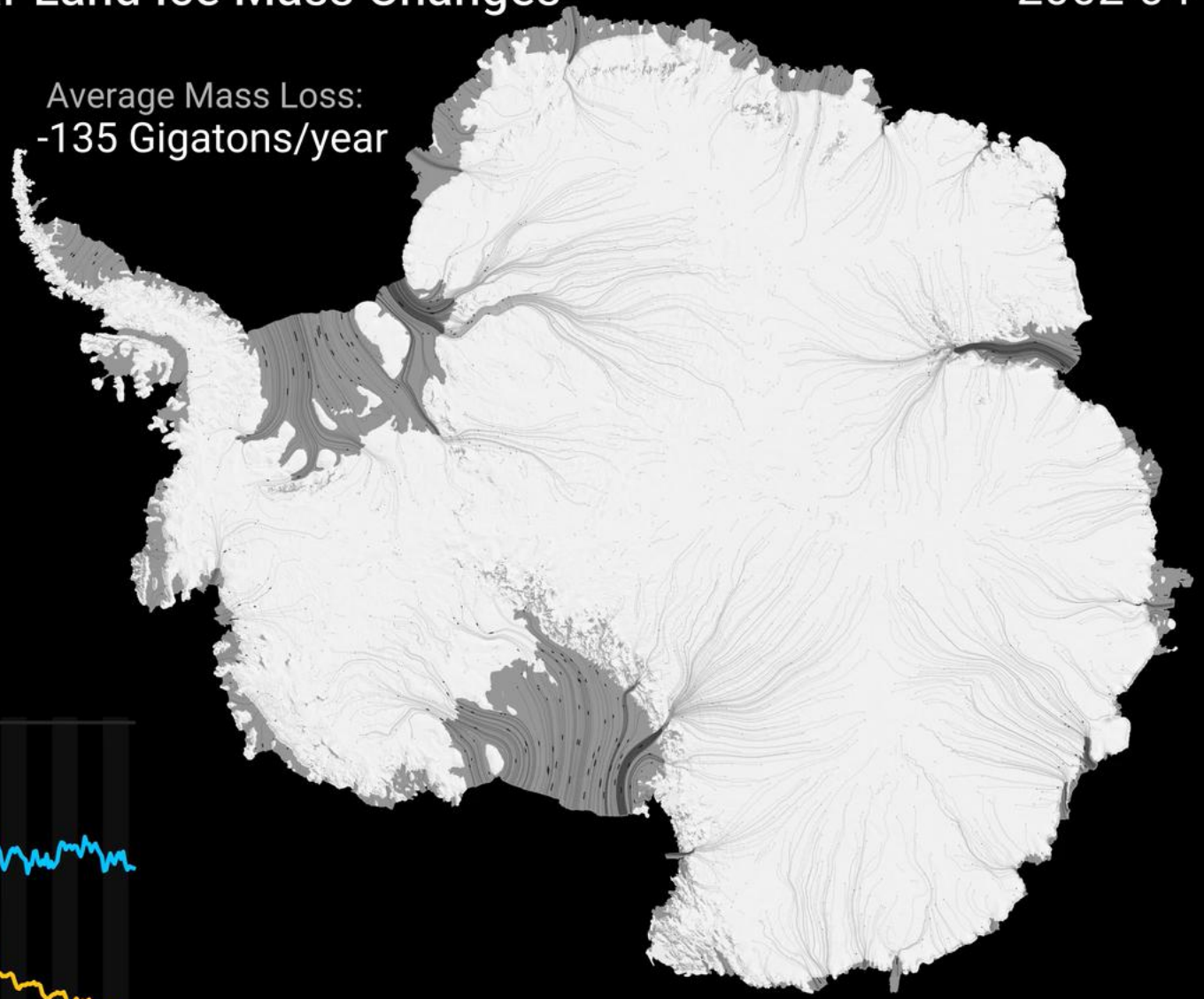
Fuente: https://science.nasa.gov/earth/explore/earth-indicators/ice-sheets/

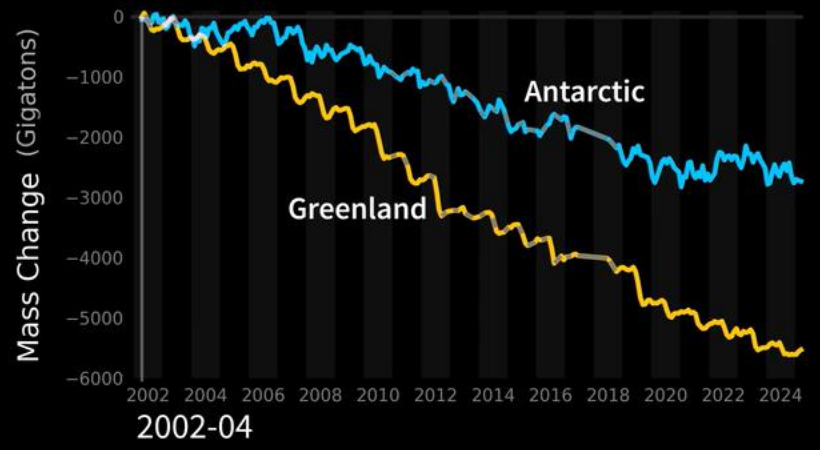
GRACE and GRACE-FO Observations of Polar Land Ice Mass Changes

2002-04

Average Mass Loss:
-264 Gigatons/year

Average Mass Loss:
-135 Gigatons/year





Ice Mass Change
(meters water equivalent relative to 2002)

-6 -4 -2 0 2

Marcos Normativos y Ética

Marco / Instrumento	Enfoque del Ingeniero	Meta Clave
Acuerdo de París	Estrategias de Descarbonización	Net Zero 2050
Marco de Sendai	Gestión de Riesgos de Desastres	Reducción de Mortalidad
ODS 6 y 13	Gestión Hídrica y Acción Climática	Sostenibilidad Global
EIA (Evaluación Impacto)	Prevención y Resiliencia en Proyectos	Viabilidad Ambiental

Ruta hacia la Resiliencia 2030

Fase 1

Diagnóstico climático y línea base de cuencas.

Fase 2

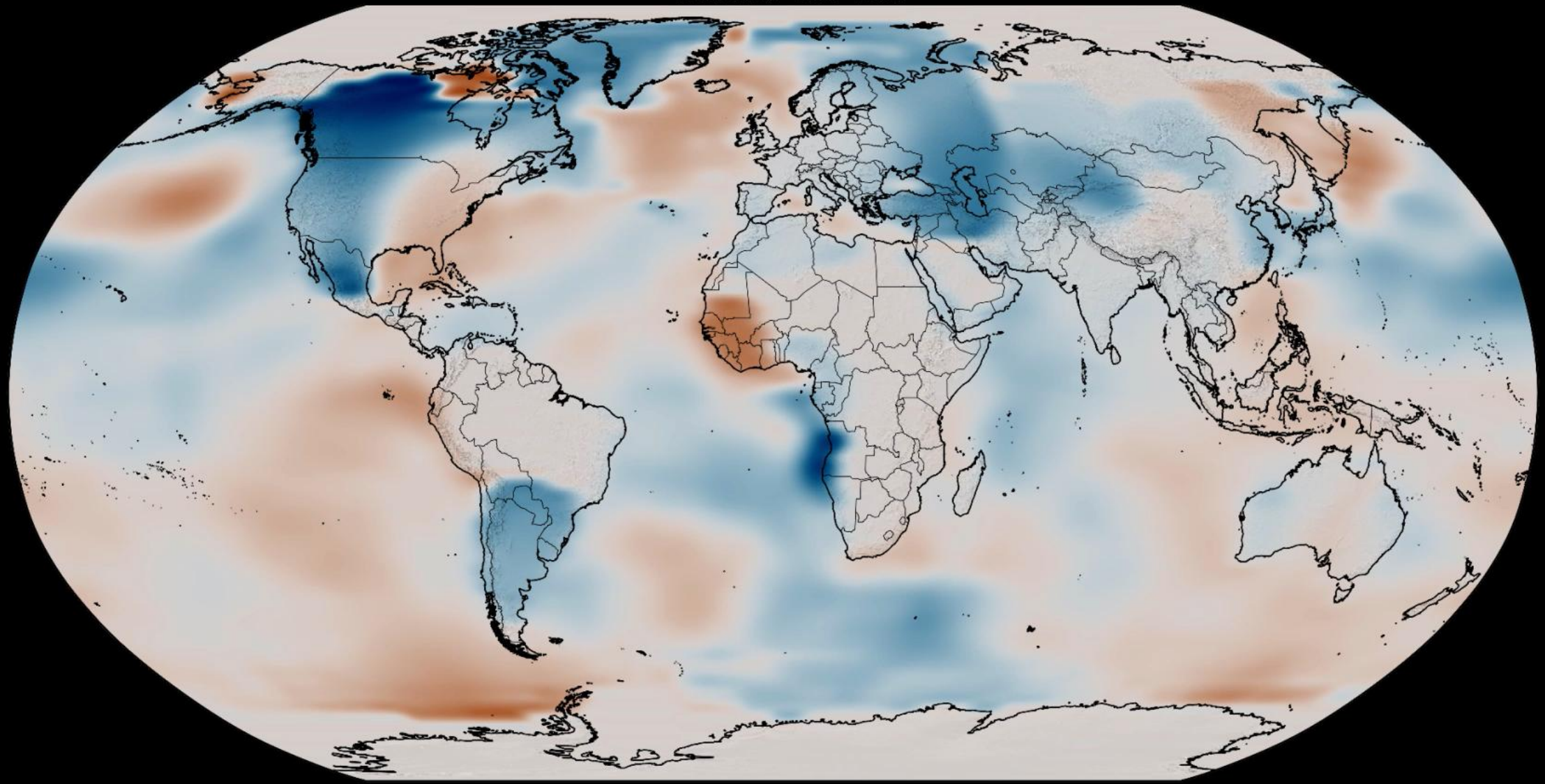
Implementación de Infraestructura Verde.

Fase 3

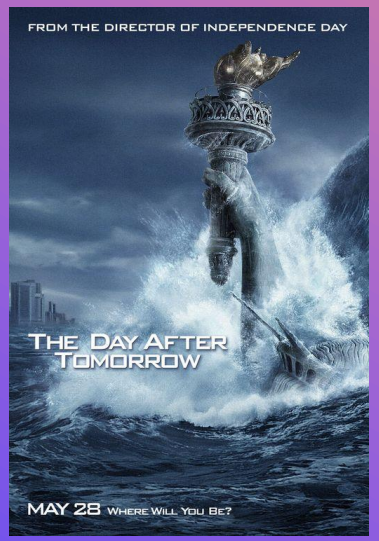
Transición energética y economía circular.

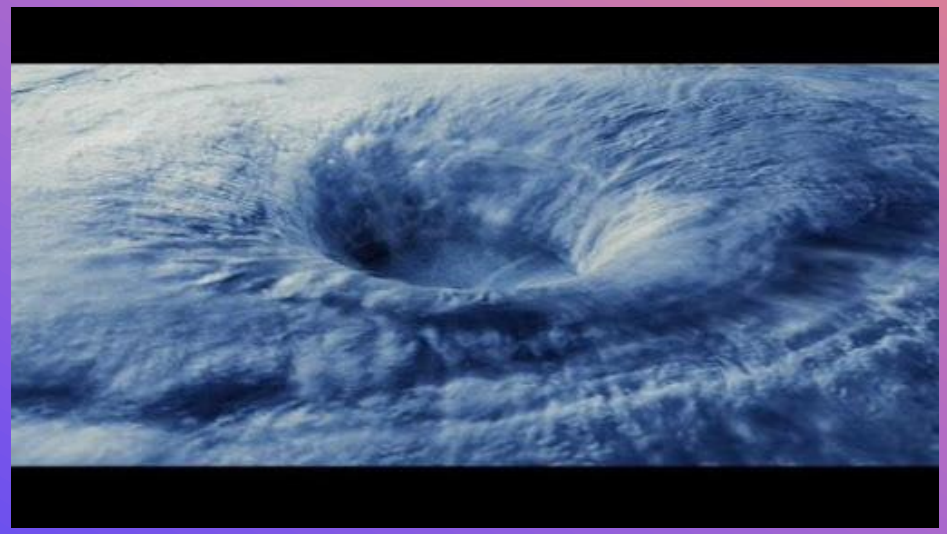
Meta 2030

Comunidades adaptadas y bajas en carbono.


Change in Global Temperature
relative to 1951-1980
+4°C
+3°C
+2°C
+1°C
0
-1°C
-2°C
-3°C
-4°C
6°F
4°F
2°F
0°
-2°F
-4°F
-6°F
1880
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
GISS Surface Temperature Analysis
(GISTEMP v4)

CAMBIO CLIMATICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Ambiental

Proyectos de Investigación y Desarrollo Tecnológico
Resolución Decanal Nº 373-2025-FIA

Impactos del cambio climático bajo los escenarios del CMIP6 en la disponibilidad hídrica en la cuenca alta del río Chillón 2025

Lima - Perú

PARTICIPANTES EN EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

- **JEFE DE INVESTIGACIÓN:**

ING. CARLOS ALBERTO ALVA HUAPAYA

- **COINVESTIGADORES:**

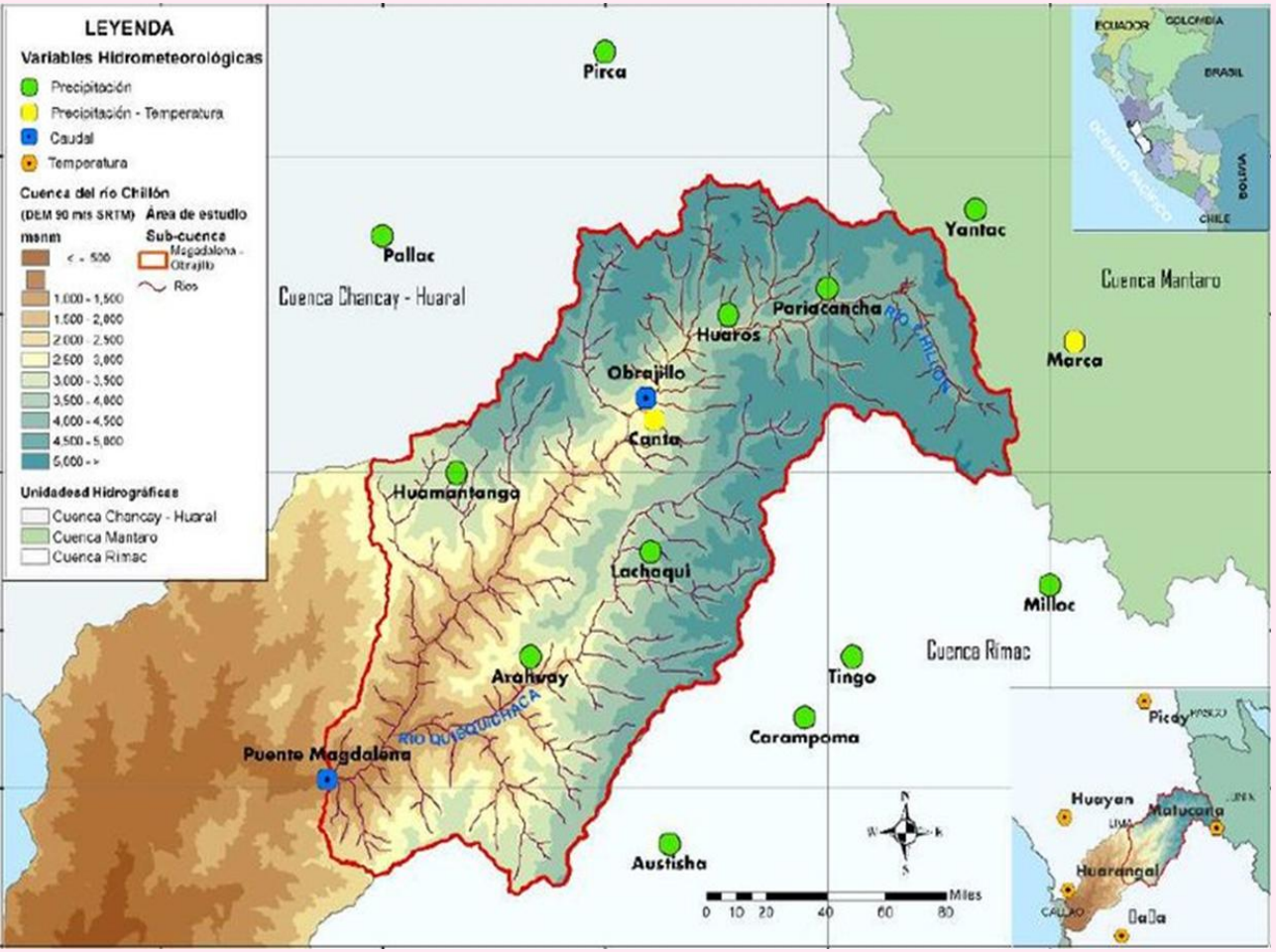
ING. JOSÉ WENDER VELÁSQUEZ HUAMANÍ

ING. PABLO LEONARDO QUISPE RAMOS

- **ESTUDIANTE SEMILLERA DE INVESTIGACIÓN:**

SRTA. ASHLEY DAYANNA CHACALIAZA GOMEZ

ÁREA DE ESTUDIO: CUENCA ALTA



La cuenca alta del río Chillón se extiende desde las **nacientes del río en la Cordillera de la Viuda** hasta aproximadamente el **distrito de Santa Rosa de Quives**. Incluyendo los distritos de Canta y parte de Huarochirí.

Esta zona incluye principalmente áreas altoandinas, de cabecera de cuenca, donde se genera la mayor parte de la oferta hídrica.

Provincia de Canta (Región Lima):

- San Buenaventura
- Santa Rosa de Quives
- Huaros
- Arahuay
- Canta (capital de la provincia)

Provincia de Huarochirí (Región Lima):

- Carampoma (parte norte del distrito)
- San Pedro de Casta (por la zona de páramos y lagunas)

RESULTADOS

Proyectos de Investigación y Desarrollo Tecnológico
Resolución Decanal Nº 373-2025-FIA

Impactos del cambio climático bajo los escenarios del CMIP6 en la disponibilidad hídrica en la cuenca alta del río Chillón 2025

2.- Temperatura

En el escenario SSP2 4.5 (azul), indica que la temperatura media anual aumenta de aproximadamente 11.5 °C en 2025 a valores cercanos a 13.2 °C hacia finales del siglo (2100). El incremento total estimado es del orden de +1.5 a +1.8 °C, con una pendiente moderada y relativamente estable en el tiempo.

El escenario SSP5 8.5 (rojo), que está asociado a altas emisiones de gases de efecto invernadero, el aumento de la temperatura es más acelerado y pronunciado. La temperatura media anual se incrementa desde valores similares al escenario SSP5 8.5 en 2025 (~11.5 °C), hasta alcanzar aproximadamente 15.8–16.0 °C hacia el año 2100. Esto representa un aumento total cercano a +4.0 °C, más del doble del incremento proyectado bajo SSP2 4.5

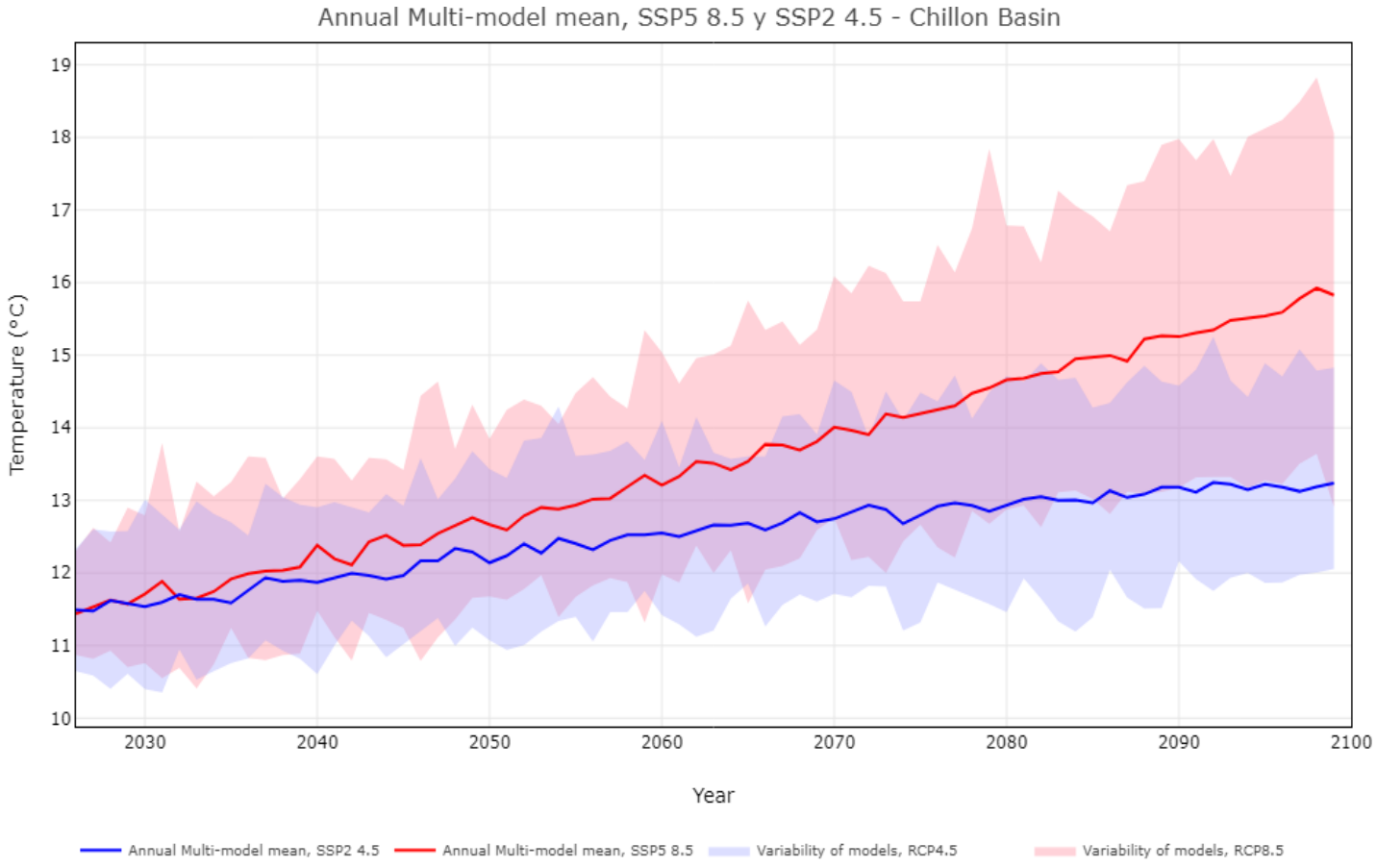


Figure 7. a) Average annual temperature, temperature for emission scenarios SSP2 4.5 (blue color) and SSP5 8.5 (red color)

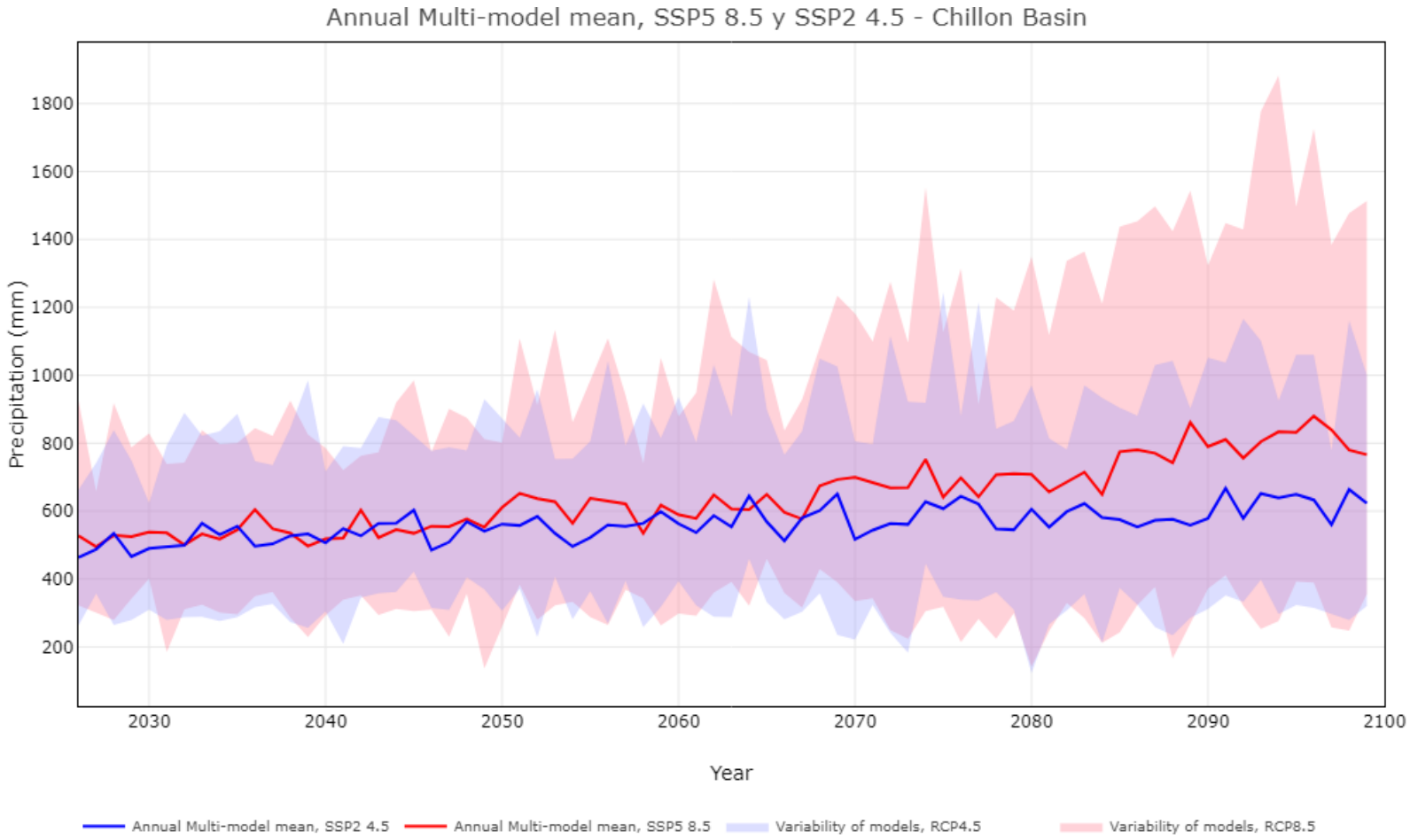
RESULTADOS

Proyectos de Investigación y Desarrollo Tecnológico
Resolución Decanal Nº 373-2025-FIA

Impactos del cambio climático bajo los escenarios del CMIP6 en la disponibilidad hídrica en la cuenca alta del río Chillón 2025

3.- Precipitación

Para el escenario SSP2-4.5, la precipitación anual media se incrementa gradualmente desde valores cercanos a 480–520 mm/año en los primeros años de la proyección, hasta aproximadamente 600–650 mm/año hacia finales del siglo XXI. Para el escenario SSP5-8.5, Bajo este escenario de altas emisiones, la precipitación anual media aumenta desde valores aproximados de 520–550 mm/año hasta 750–850 mm/año hacia el año 2100.



Impactos al Cambio Climático

Entre los impactos y consecuencias que estaría generándose en la cuenca del Chillón tenemos:

Incremento de Temperatura: Se prevé un aumento progresivo de la temperatura media anual. Bajo el escenario SSP2-4.5, el incremento sería de **+1.5 a +1.8 °C** para el año 2100. En el escenario extremo (SSP5-8.5), el calentamiento alcanzaría los **+4.0 °C.**

Alteración de la Precipitación:

- ✓ **Intensificación de la época lluviosa:** Un aumento en los volúmenes de lluvia entre enero y marzo, con picos que podrían superar los 180-200 mm/mes.
- ✓ **Persistencia de la época seca:** No se proyecta una recuperación de las lluvias entre mayo y agosto, manteniéndose valores cercanos a 0 mm.

Respuesta Hidrológica:

Riesgo de Inundaciones: Incremento significativo de caudales máximos y frecuencia de eventos extremos durante el verano.

Escasez Crítica: Los caudales mínimos en estiaje (época seca) no presentan mejoras, lo que profundiza el déficit hídrico histórico.

Impactos Socioeconómicos y Ecológicos:

Seguridad Hídrica: Amenaza directa al abastecimiento de Lima Metropolitana y sectores locales.

Agricultura: Alteración de rendimientos, proliferación de plagas y variabilidad en precios de alimentos.

Ecosistemas: Degradación de bofedales y lagunas altoandinas, esenciales para la regulación hídrica.

Impactos al Cambio Climático

Entre las **medidas estratégicas de prevención y mitigación** para fortalecer la resiliencia hídrica en la cuenca del río Chillón, se mencionan a continuación:

- **Gestión de Riesgos de Desastres:** Implementar sistemas de alerta temprana ante el incremento de caudales máximos proyectados para evitar daños por inundaciones en las zonas bajas y medias.

- **Infraestructura de Adaptación (Siembra y Cosecha de Agua):** Debido a que la época seca será persistente, es vital promover la restauración de bofedales y la construcción de reservorios para almacenar el exceso de agua de la temporada de lluvias.

- **Planificación Territorial y Gobernanza:** Integrar las proyecciones climáticas en los planes de desarrollo local para evitar conflictos entre usuarios (agrícolas vs. urbanos) ante la variabilidad del recurso.

- **Monitoreo Hidrometeorológico Continuo:** Fortalecer la red de estaciones (como las de SENAMHI) para validar las proyecciones y ajustar las decisiones operativas en tiempo real.

GRACIAS

Carlos Alberto Alva Huapaya
Ing. Ambiental
car.alva@gmail.com