

ANÁLISIS HIDROCLIMATOLÓGICO CON INFORMACIÓN SATELITAL

Fundamentos y aplicaciones
prácticas

TERESITA CANCHALA

PhD. en Ingeniería

Email: cursohisat@gmail.com



Universidad de Nariño
FUNDADA EN 1904



Universidad de Nariño
ACREDITADA EN ALTA CALIDAD
RESOLUCIÓN MEN 000022 - ENERO 11 DE 2023



Fotografía de Agencia Espacial Europea - ESA

OBJETIVO

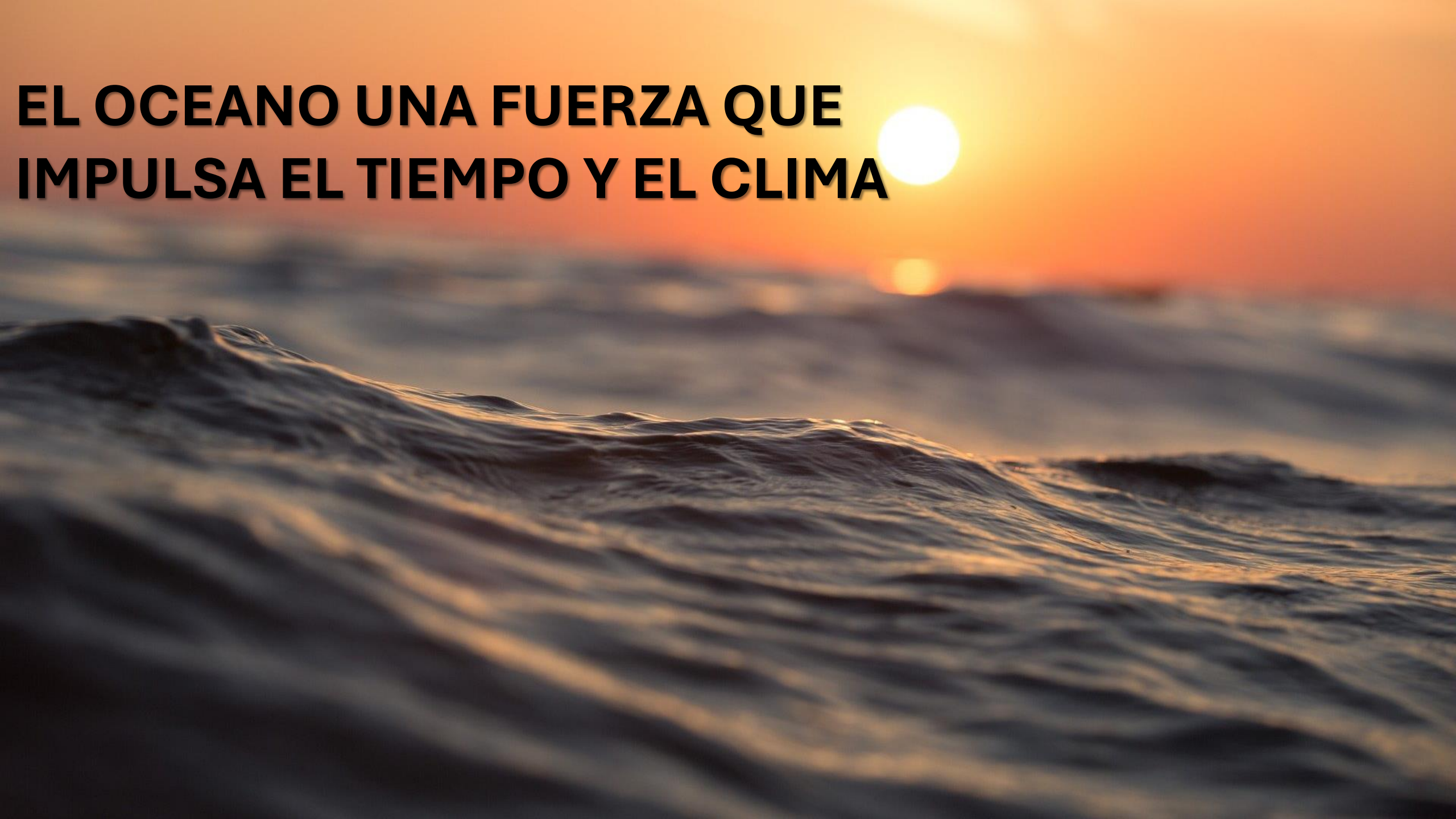
Al finalizar el curso, los participantes serán capaces de procesar y analizar información hidroclimatológica a partir de información satelital en estudios del área ambiental y ciencias agrarias, investigaciones académicas y proyectos relacionados con la gestión del recurso hídrico.



CONTENIDO PROGRAMÁTICO



**EL OCEANO UNA FUERZA QUE
IMPULSA EL TIEMPO Y EL CLIMA**



Join at menti.com | use code 7833 5271

Mentimeter

Por qué el OCEANO puede influir en el estado del Tiempo y el Clima? (Máximo 3 palabras)



bold transpiration
creative
fast
inspiration
leader
focus



TD

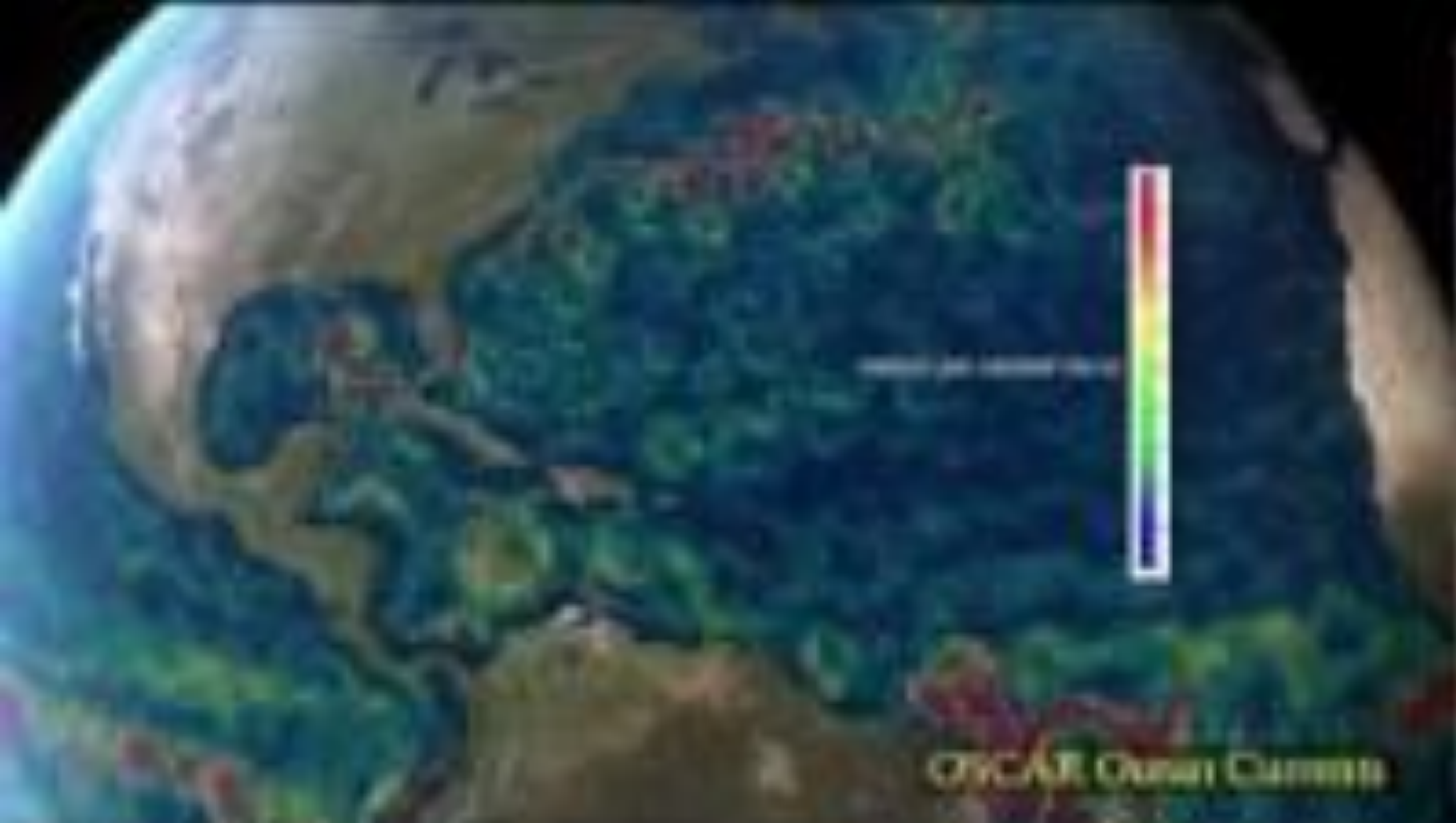
Menti

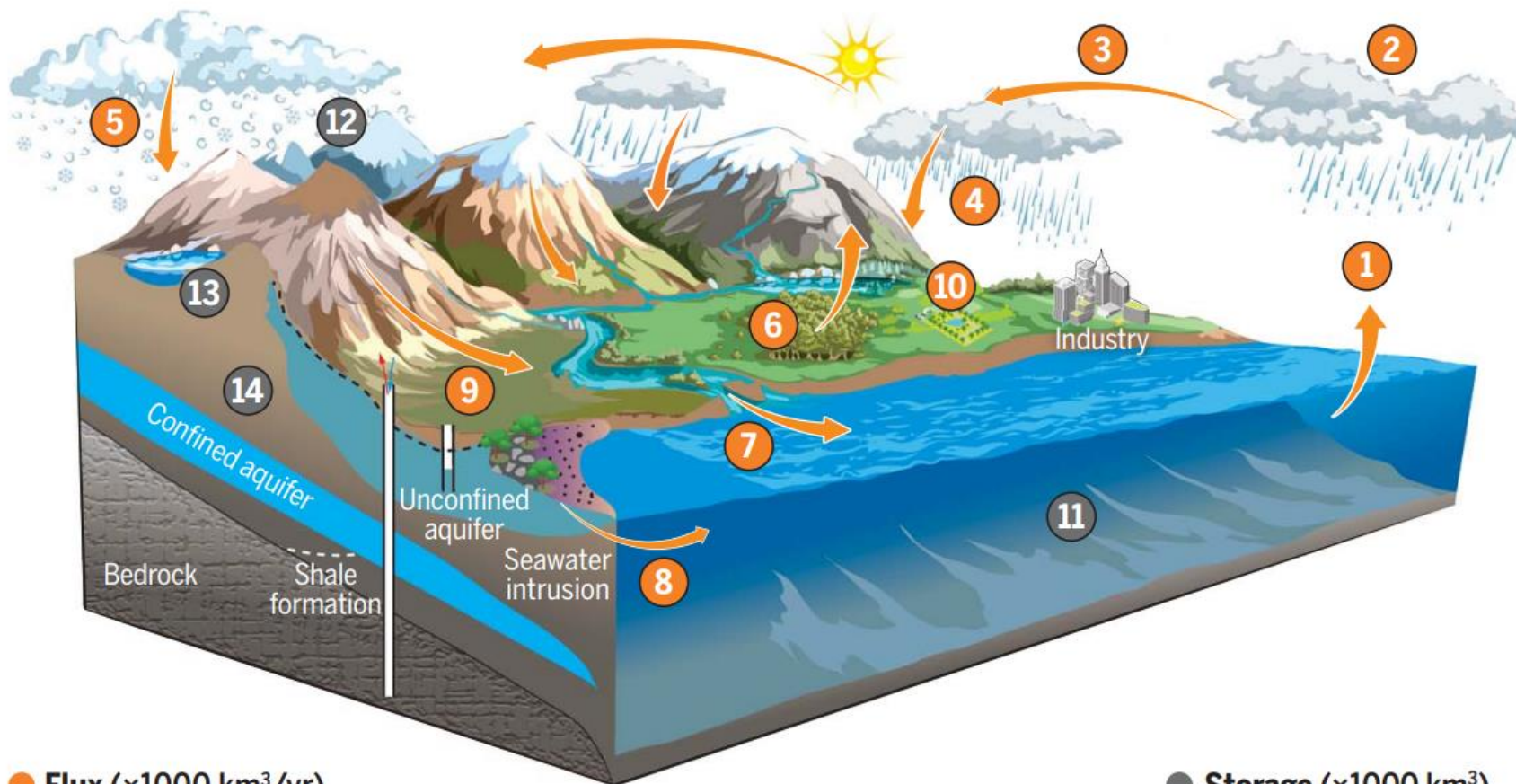
Modulo 1



Choose a slide to present







● Flux ($\times 1000 \text{ km}^3/\text{yr}$)

- 1 Ocean evaporation ($420 \pm 20\%$)
- 2 Precipitation on ocean ($380 \pm 20\%$)
- 3 Net water vapor flux transport ($46 \pm 20\%$)
- 4 Rainfall ($98.5 \pm 10\%$)
- 5 Snowfall (12.5)
- 6 Terrestrial evapotranspiration ($69 \pm 10\%$)
- 7 Runoff ($46 \pm 10\%$)
- 8 Groundwater discharge ($4.5 \pm 70\%$)
- 9 Groundwater withdrawal (~ 1.0)
- 10 Managed aquifer recharge (MAR) 0.01

● Storage ($\times 1000 \text{ km}^3$)

- 11 Ocean 1,338,000
- 12 Glaciers and snow 24,064
- 13 Permafrost 300
- 14 Groundwater 23,400



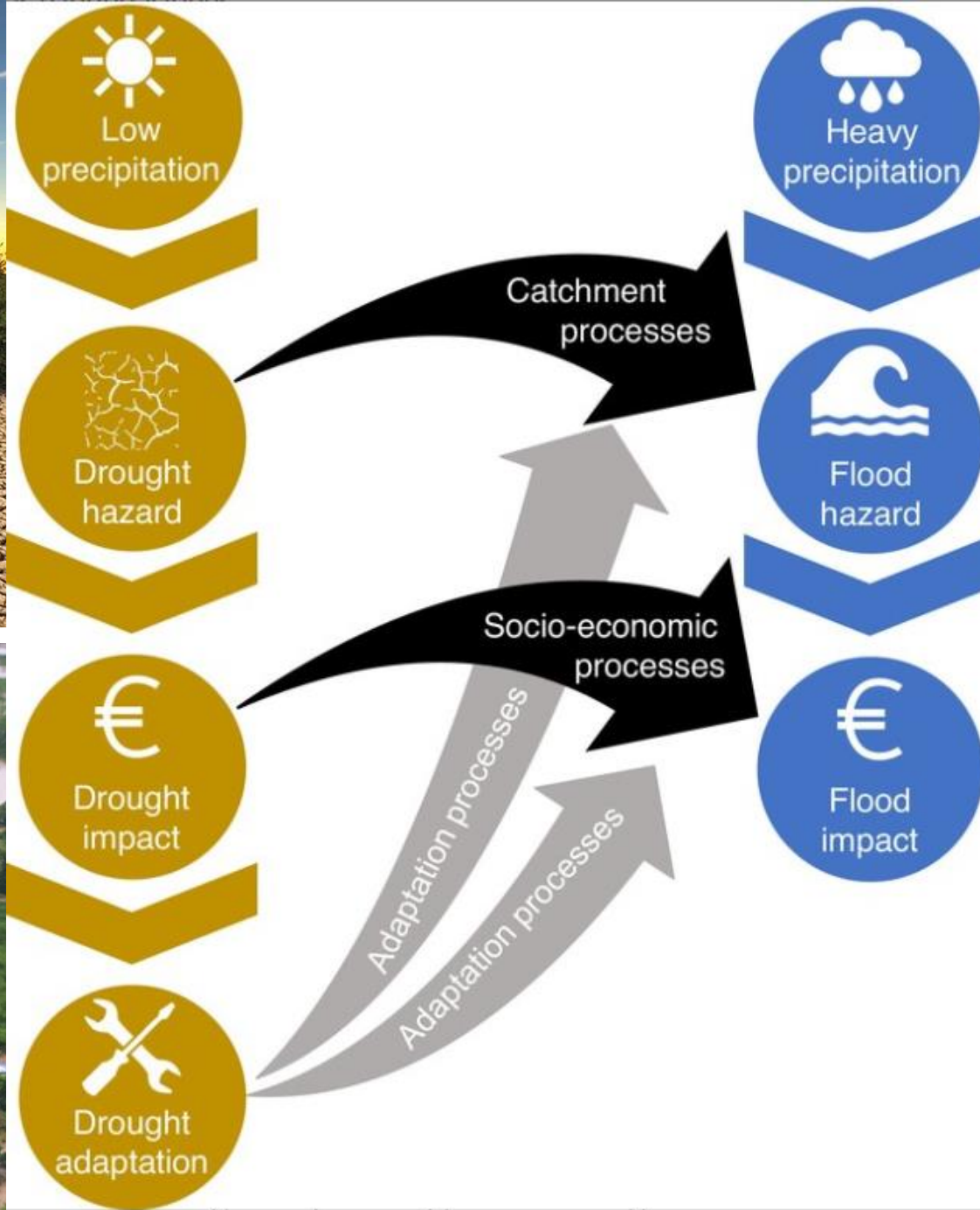
Kuang et al. (2024)

HIDROCLIMATOLOGÍA

Analiza la interacción entre la atmósfera y la variabilidad espacio-temporal de los elementos del ciclo hidrológico en escalas globales, regionales y locales.

Principales Variables de Interés:

- ❖ Precipitación
- ❖ Temperatura
- ❖ Caudal
- ❖ Humedad del Suelo



El análisis hidroclimatológico permite explicar cómo los cambios en las relaciones entre los elementos del sistema climático y los del ciclo hidrológico conducen a fenómenos como sequías, inundaciones, y a cambios de largo plazo en la disponibilidad de los recursos hídricos.

PREGUNTAS BÁSICAS EN LA HIDROCLIMATOLOGÍA

¿Donde?, ¿Cuándo?, ¿Para Qué?, ¿Para
Quién? y ¿Cuánto?

GESTION EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO

- ❖ Permite conocer la **disponibilidad y variabilidad del agua** (lluvia, escorrentía, humedad del suelo) en diferentes regiones y épocas.
- ❖ Es clave para planificar el **riego agrícola**, evitando tanto el déficit hídrico como el desperdicio de agua.

PLANEACIÓN AGRÍCOLA

- ❖ Conocer patrones climáticos e hidrológicos permite anticipar fenómenos como **sequías, heladas o lluvias intensas**, que pueden afectar los cultivos.
- ❖ Ayuda a **seleccionar cultivos apropiados** para cada zona y estación del año, lo que mejora el rendimiento agrícola.



PREGUNTAS BÁSICAS EN LA HIDROCLIMATOLOGÍA

¿Donde?, ¿Cuándo?, ¿Para Qué?, ¿Para
Quién? y ¿Cuánto?

ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

- ❖ La hidroclimatología permite evaluar cómo la **variabilidad climática y el cambio climático** están modificando los patrones hidrológicos y afectando los ecosistemas.
- ❖ Es esencial para diseñar estrategias de **adaptación en agricultura y conservación ambiental**.

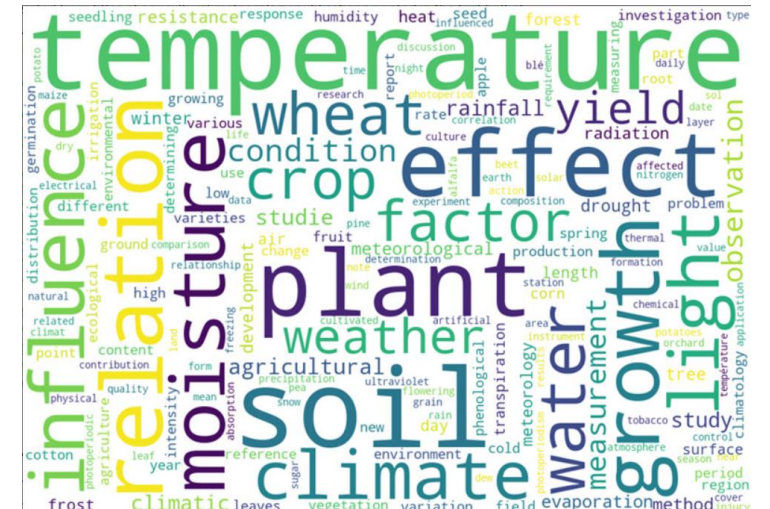
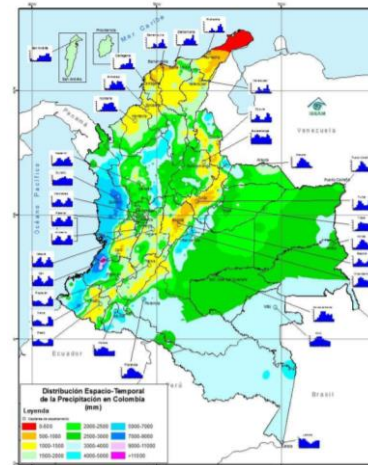
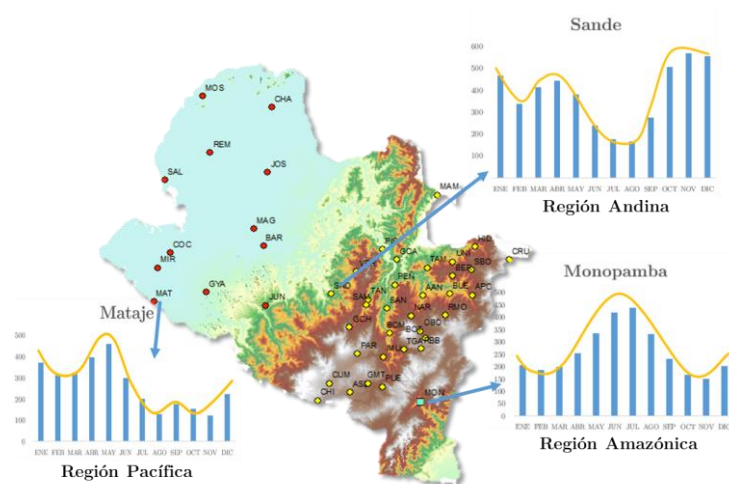
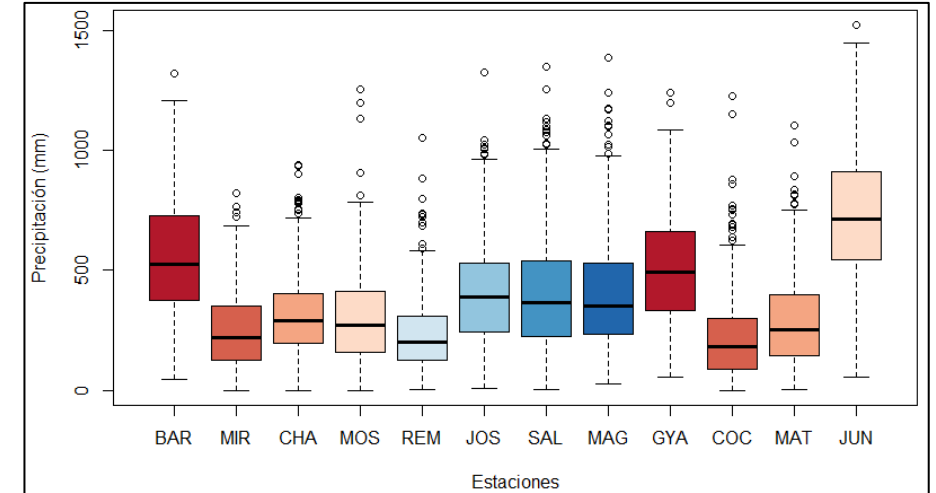
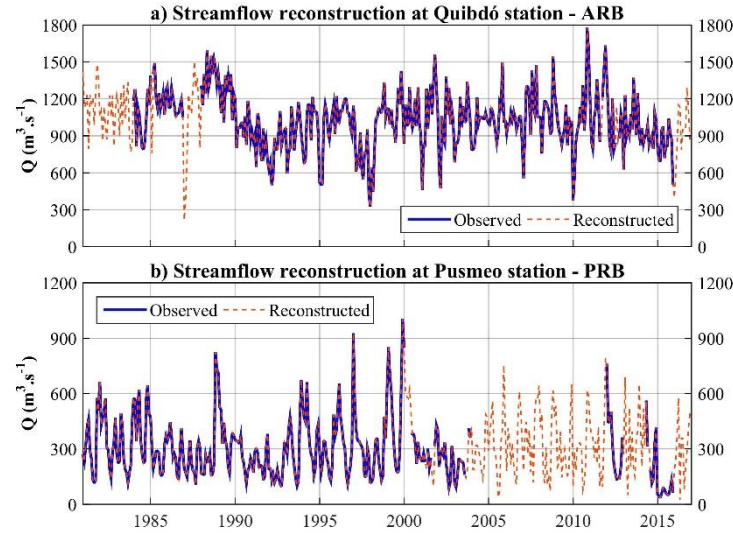
CONSERVACIÓN AMBIENTAL

- ❖ Ayuda a entender cómo las alteraciones en el ciclo hidrológico (por deforestación, urbanización, etc.) impactan en los **suelos, cuerpos de agua y biodiversidad**.
- ❖ Sirve para diseñar medidas de **restauración ecológica y manejo de cuencas hidrográficas**.



HIDROCLIMATOLOGÍA EN LAS CIENCIAS AGRARIAS Y AMBIENTALES

AGUA
f (tiempo, espacio)



PARA QUE QUEREMOS COMPRENDER LA INTERACCIÓN ENTRE EL CLIMA Y EL AGUA?



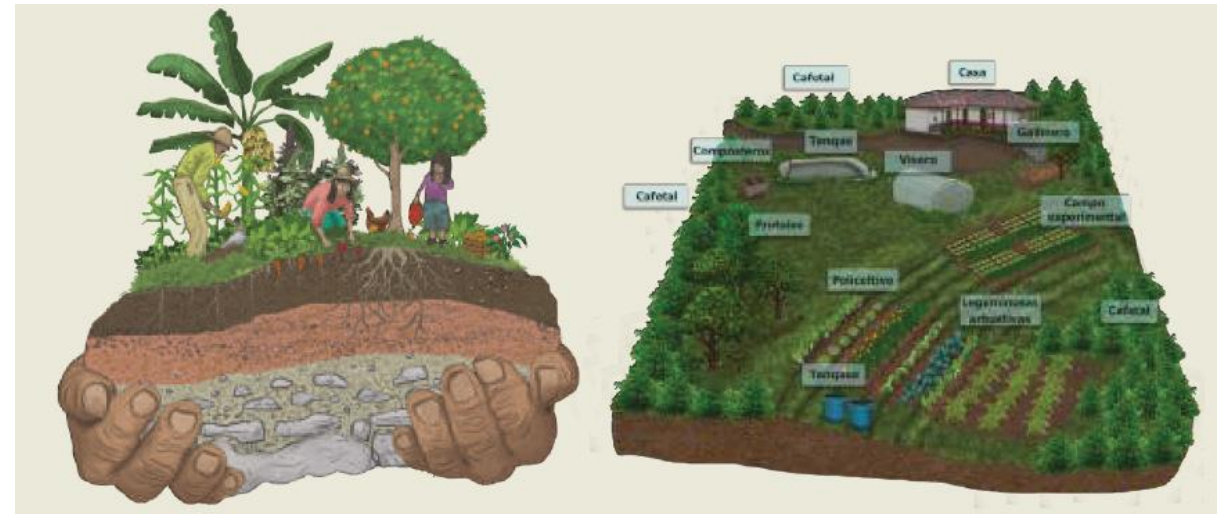
Optimizar uso del agua en la agricultura



Identificación de Patrones climáticos



Adaptación de cultivos frente a eventos extremos



Estrategias del manejo del suelo

PARA QUE QUEREMOS COMPRENDER LA INTERACCIÓN ENTRE EL CLIMA Y EL AGUA?



Se busca la protección de ríos, lagos y acuíferos, asegurando el equilibrio entre la producción agrícola y la conservación ambiental en un escenario de cambio climático y variabilidad climática.

EL CAMBIO CLIMÁTICO YA ES VISIBLE EN LA TIERRA, EN LOS OCÉANOS Y EN LA ATMÓSFERA



TIERRA

- Precipitaciones cada vez más frecuentes
- Incremento de sequías



OCÉANOS

- Calentamiento de los océanos
- Incremento del nivel del mar **IRREVERSIBLE**
- Acidificación y disminución de OD **IRREVERSIBLE**



ATMÓSFERA

- Incremento de concentraciones GEI
- Incremento del contenido de humedad



NIEVE Y HIELO

- Disminución de capa de hielo en mares y lagos
- Disminución de capa de nieve
- Disminución de glaciares **IRREVERSIBLE**



Los eventos meteorológicos peligrosos y dañinos se han vuelto más comunes.



Las olas de calor, las sequías, las fuertes precipitaciones y los grandes ciclones tropicales son cada vez más frecuentes

EVIDENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO



Aumento de la temperatura global



Océanos que se calientan



Capas de hielo que se encogen



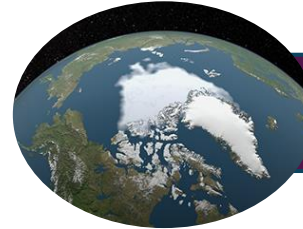
Retroceso glacial



Cubierta de nieve reducida



Aumento del nivel del mar



Reducción del hielo marino ártico



Eventos extremos



Acidificación de los océanos

La evidencia científica sobre el calentamiento del sistema climático es inequívoca.

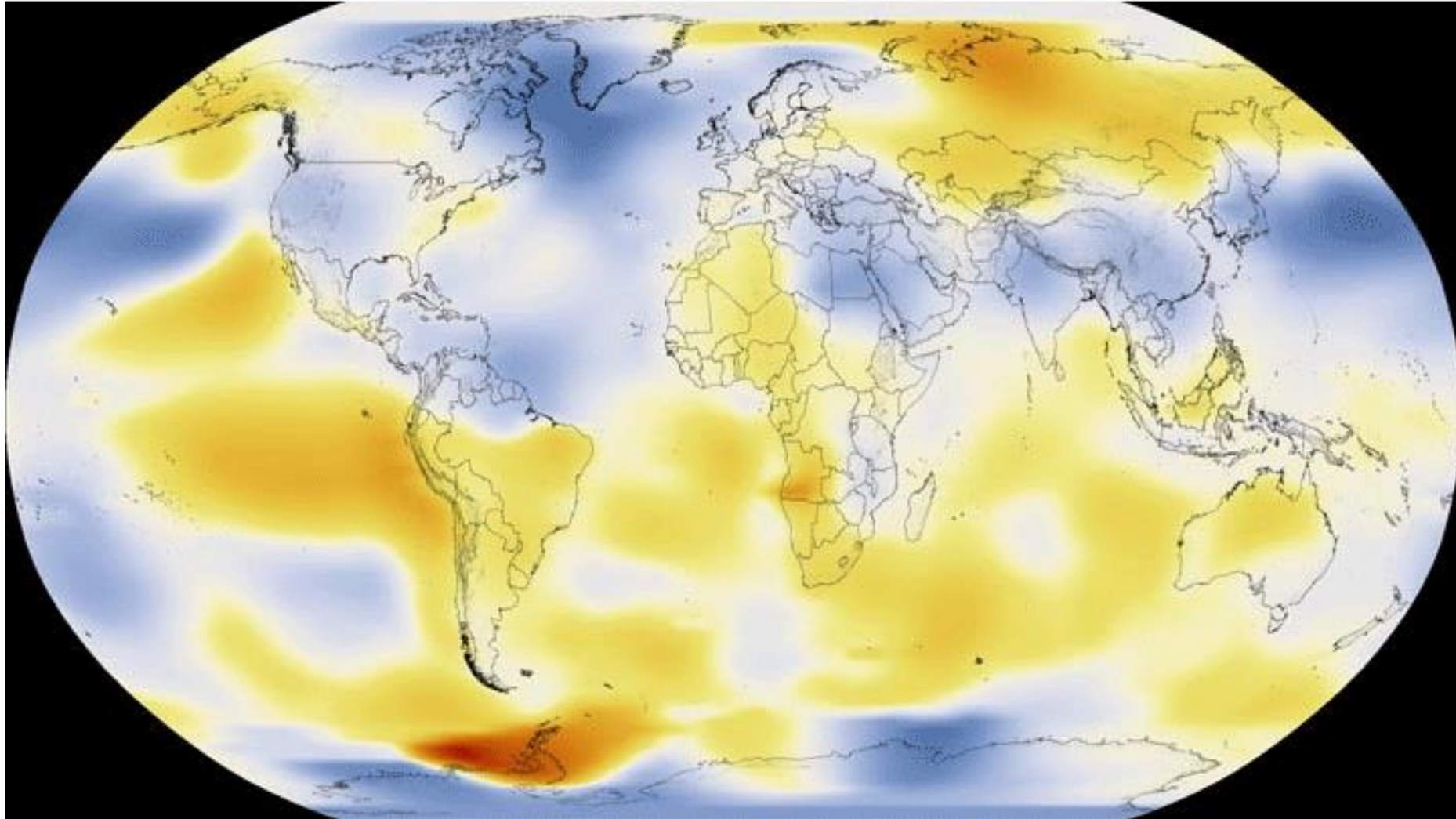
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

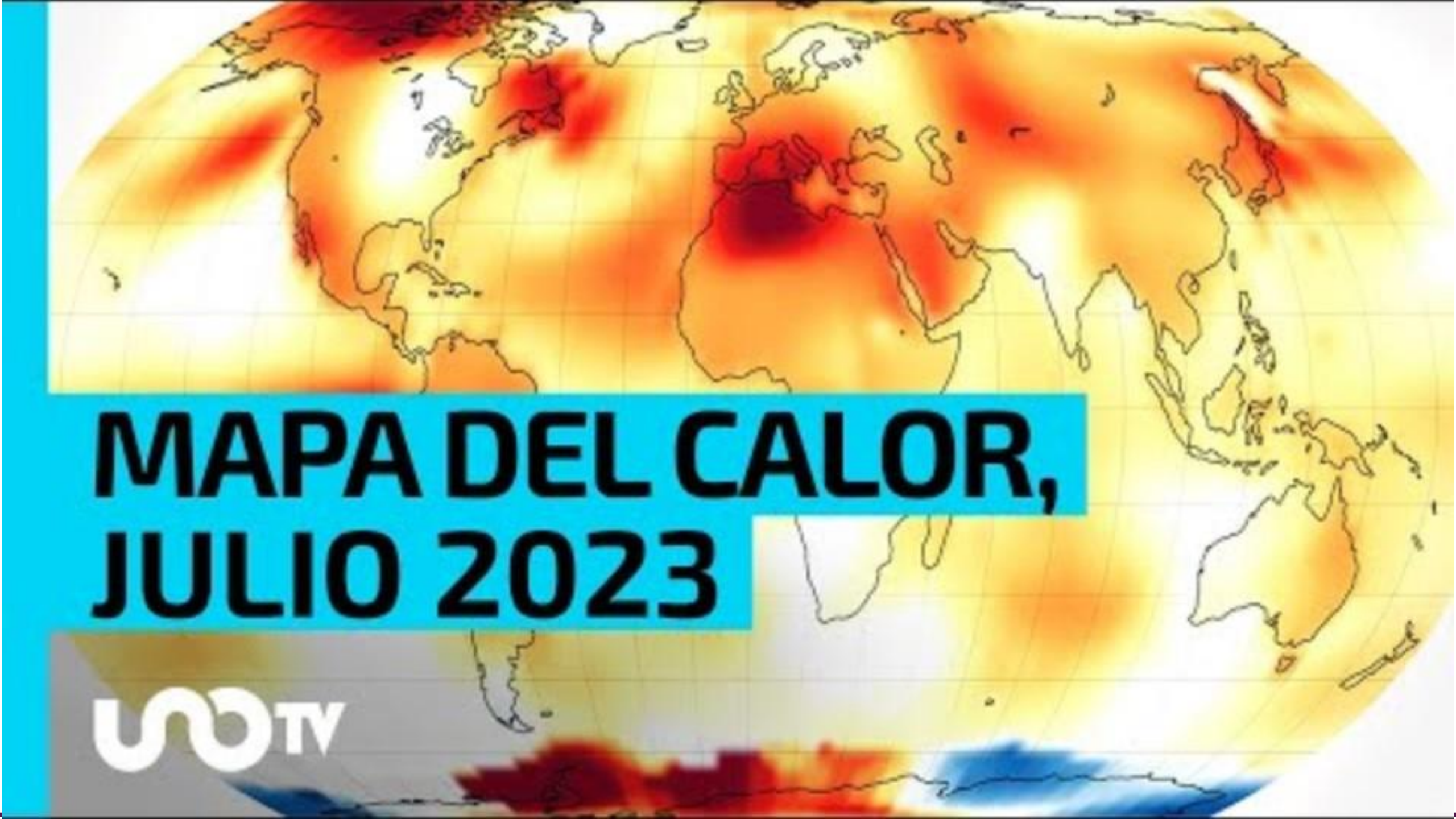
Evidencias del cambio climático

Data source: NASA/GISS

Credit: NASA Scientific Visualization Studio

1986



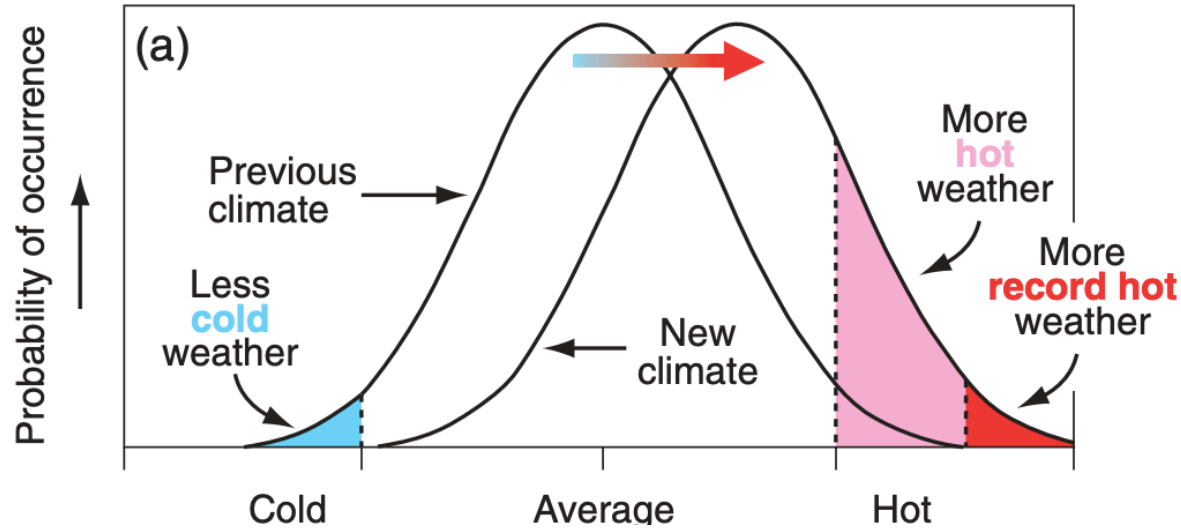
A world map showing temperature anomalies for July 2023. The map uses a color scale where red and orange indicate warmer-than-average temperatures, and blue indicates cooler-than-average temperatures. Significant red areas are visible across North America, Europe, and parts of Asia and Africa. A large blue area is visible in the Southern Ocean near Antarctica. The map is overlaid with a grid of latitude and longitude lines.

MAPA DEL CALOR, JULIO 2023

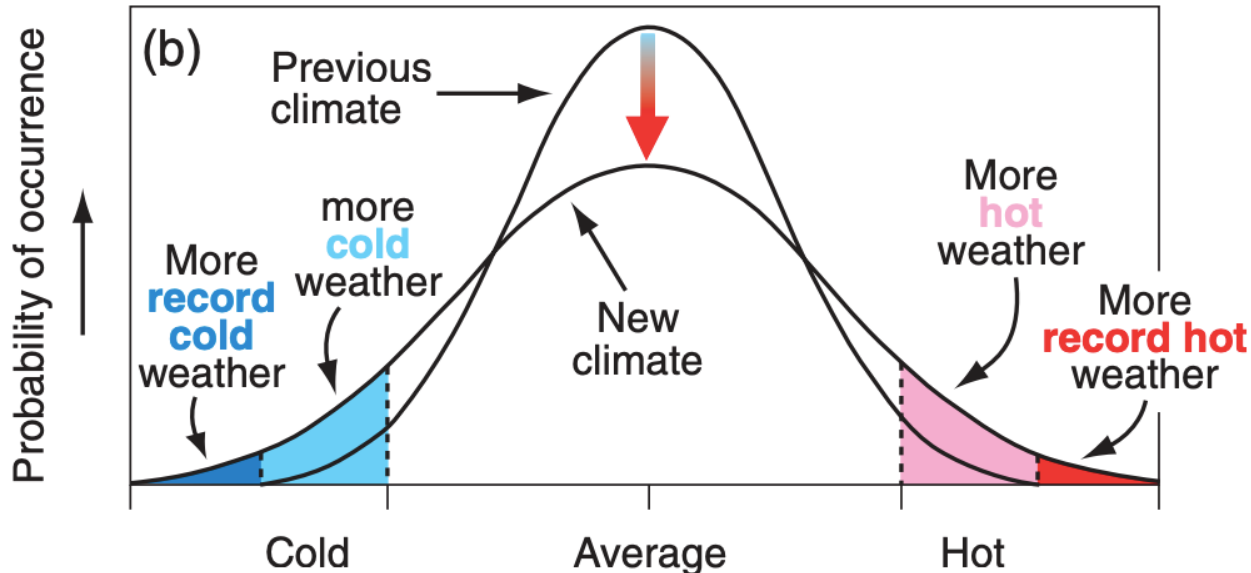
UO TV

Evidencias del cambio climático

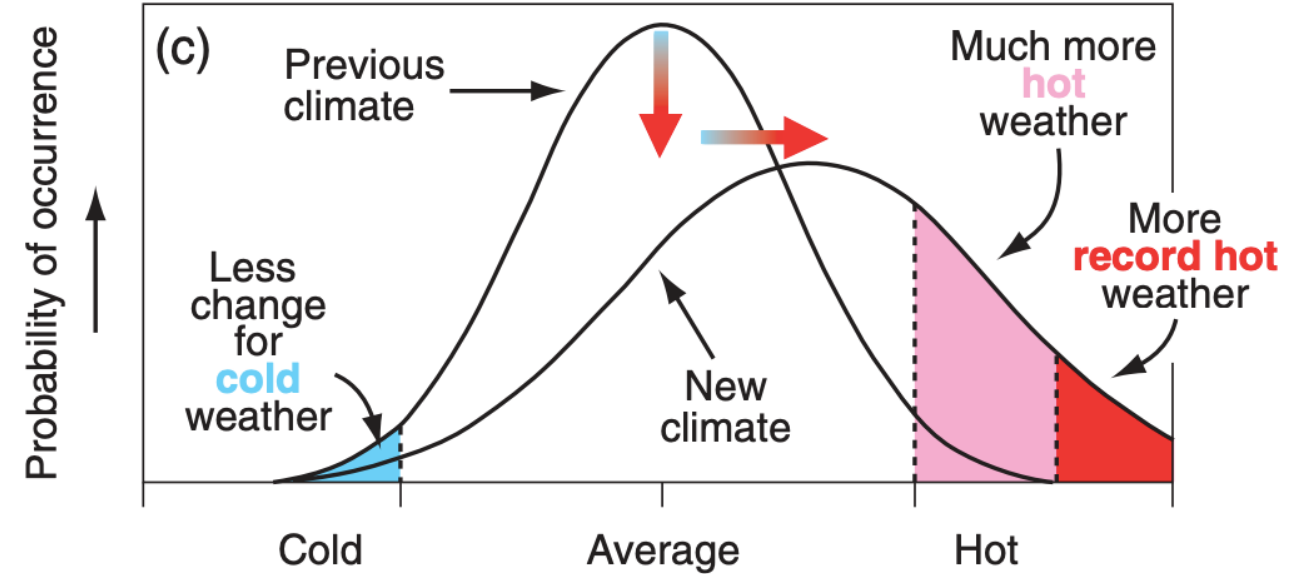
Incremento en la media



Incremento en la varianza



Incremento en la media y la varianza

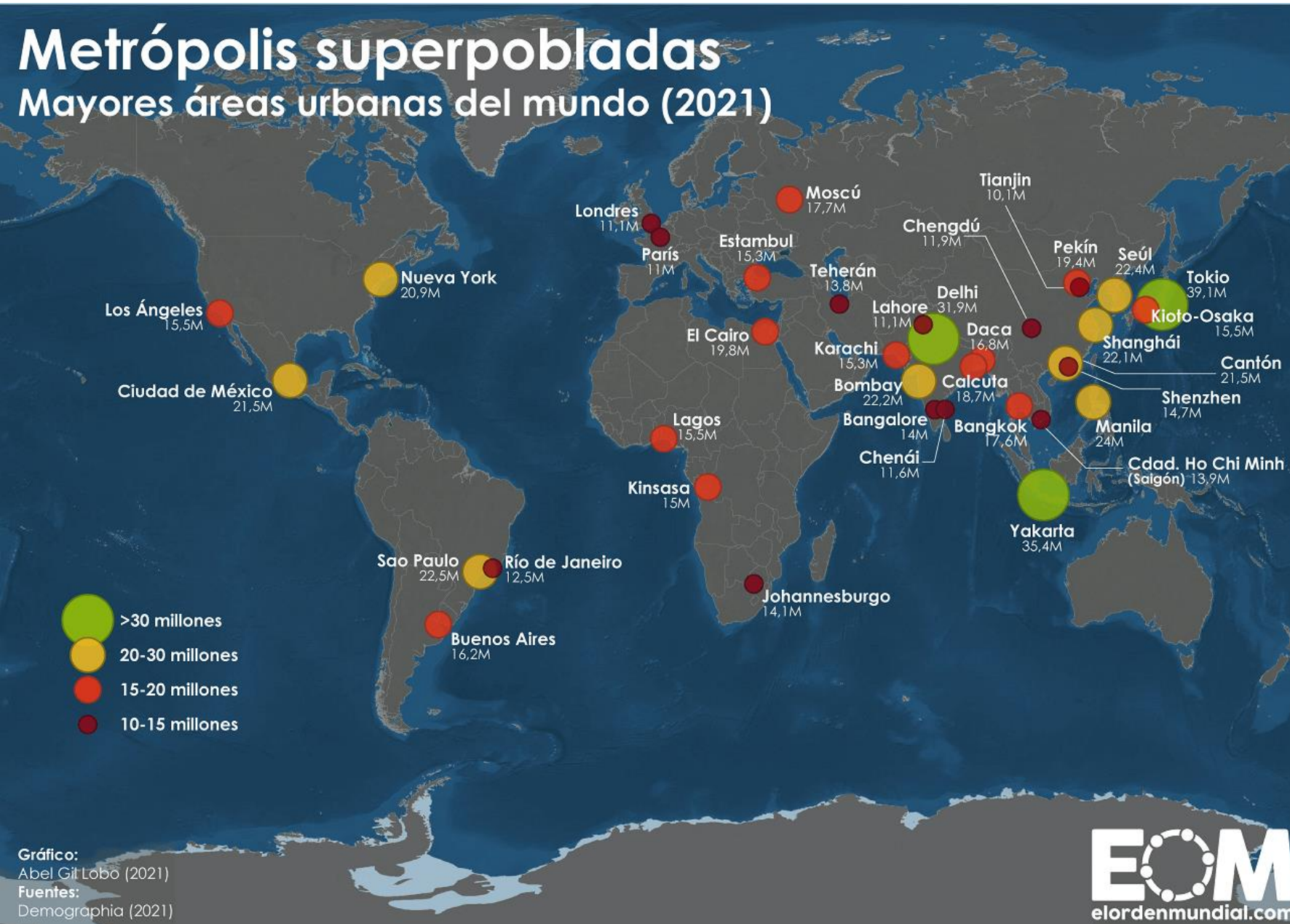


Esquema que muestra el efecto sobre las temperaturas extremas cuando (a) la temperatura media aumenta, (b) la varianza aumenta y (c) cuando tanto la media como la varianza aumentan para una distribución normal de temperatura.

Fuente: [IPCC \(2001\)](#)

Evidencias del cambio climático

Metrópolis superpobladas Mayores áreas urbanas del mundo (2021)



Diferentes autores estiman que entre 50 y 60 % de la población mundial vive en las zonas costeras y se espera que para el año 2025 dicho valor ascienda hasta 75 por ciento

Fuente: [Azuz-Adeath y Rivera-Arriaga \(2009\)](#)

¿Que zonas costeras se verán más afectadas por el aumento del nivel del mar?

<https://coastal.climatecentral.org/>

g



Herramientas de detección de riesgos costeros

Tipos de variabilidad climática

Los fenómenos de variabilidad climática se presentan a diferentes **escalas temporales**, de las cuales se destacan:

Variabilidad Interdecadal

Representa alteraciones del clima durante un largo periodo de tiempo (varias décadas). Está dominada por el cambio climático y cambios ambientales globales a largo plazo, así como por fenómenos macroclimáticos que tienen lugar en dicha escala temporal. *Ejemplo: **Oscilación Decadal del Pacífico – ODP.***

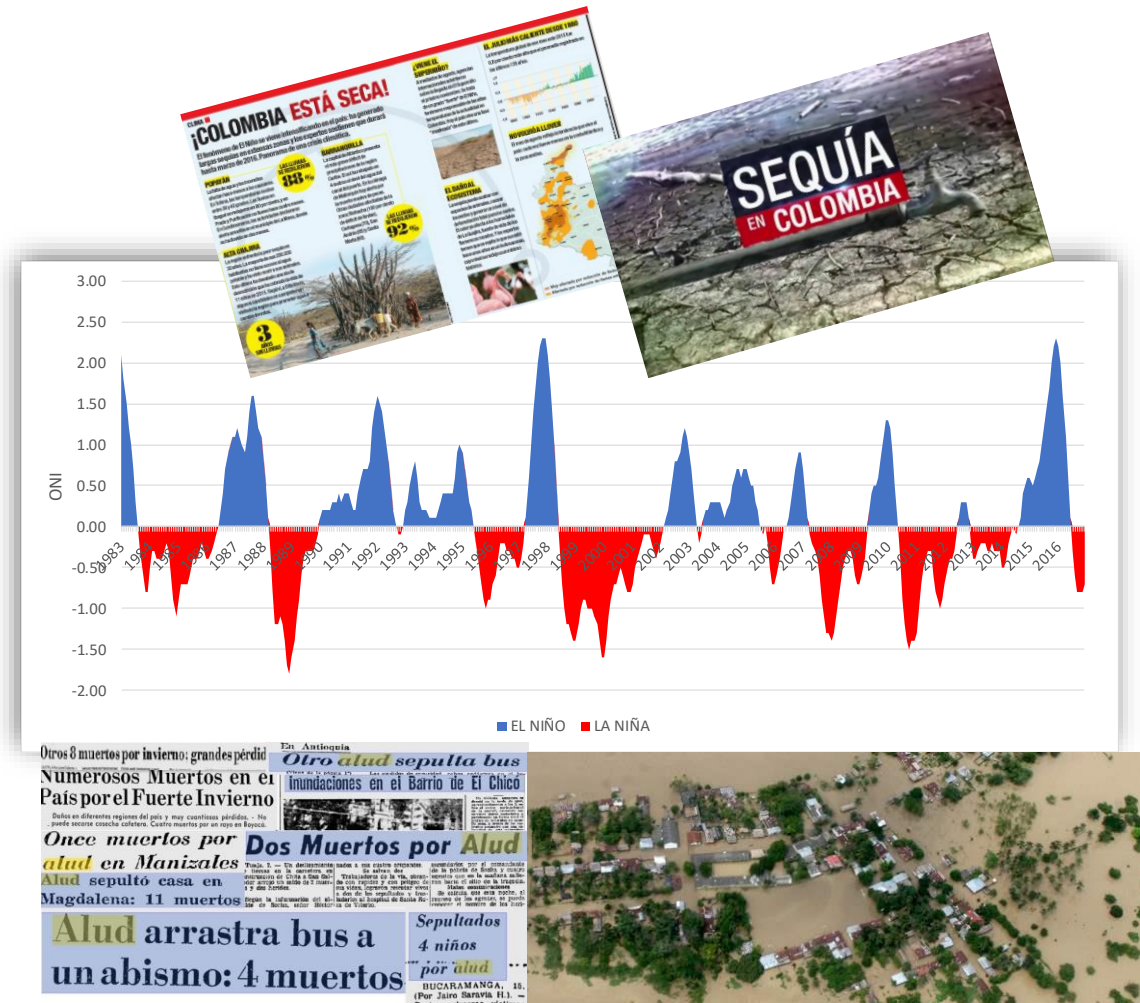
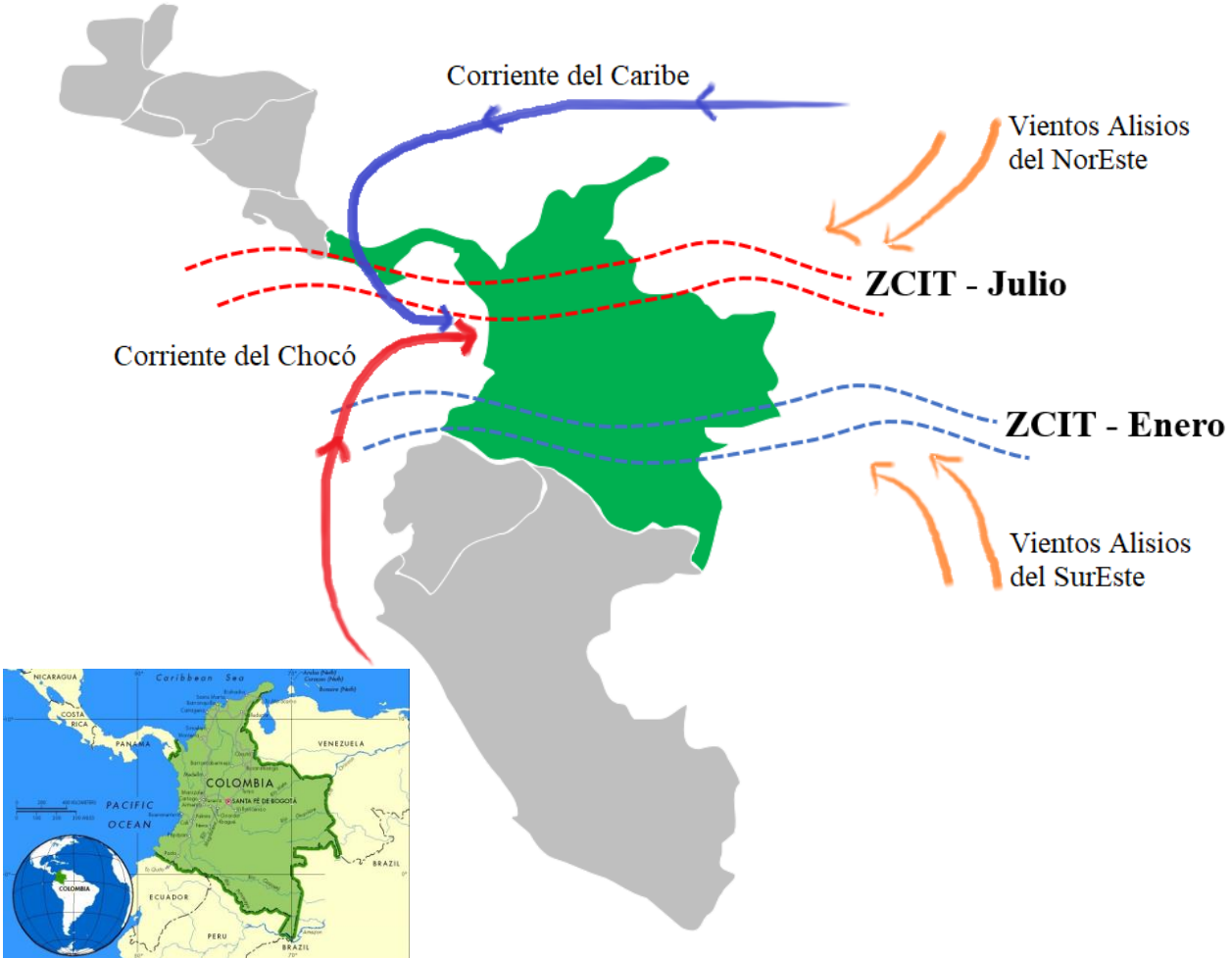
Variabilidad Interanual

Corresponde a las fluctuaciones de las variables climatológicas en ciclos con períodos de más de un año. *Ejemplo: **El Niño Oscilación del Sur – ENOS.***

Variabilidad Intraestacional

Se caracteriza por cambios en las variables climatológicas con un patrón definido durante el año, con oscilaciones de 30 a 60 días de duración. *Ejemplo: **Otoño-Invierno-Primavera-Verano (estacionalidad térmica), Temporadas lluviosas (estacionalidad hídrica).***

VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN COLOMBIA



Corriente del Chocó: Serna et al. 2018; Yepes et al. 2019; Cerón et al. 2020.

Corriente del Caribe: Arias et al. 2015; Serna et al. 2018.

Zona de Convergencia Inter Tropical: Poveda y Mesa. 1997; Poveda et al. 2006.

Fenómeno ENOS: Montealegre et al. 2000; Poveda et al. 2001; Poveda et al. 2006; Puertas y Carvajal. 2008; Poveda et al. 2011.

Join at menti.com | use code **7833 5271**

Mentimeter

Han escuchado antes sobre el Fenómeno de Variabilidad Climática El Niño Oscilación del Sur?



0
SI

0
NO



TD

Menti
Modulo 1



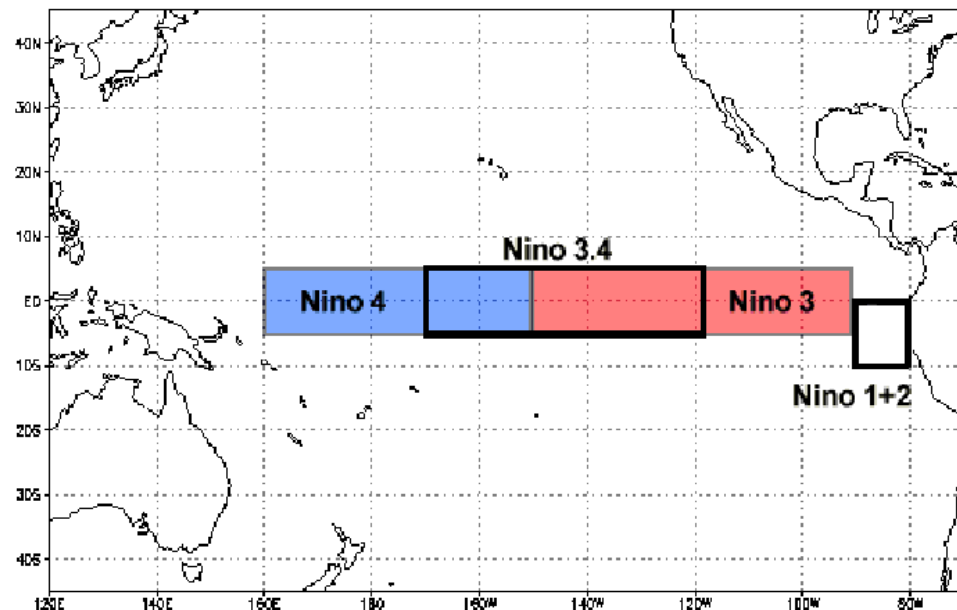
Choose a slide to present



Variabilidad Interanual: El Niño Oscilación del Sur - ENOS

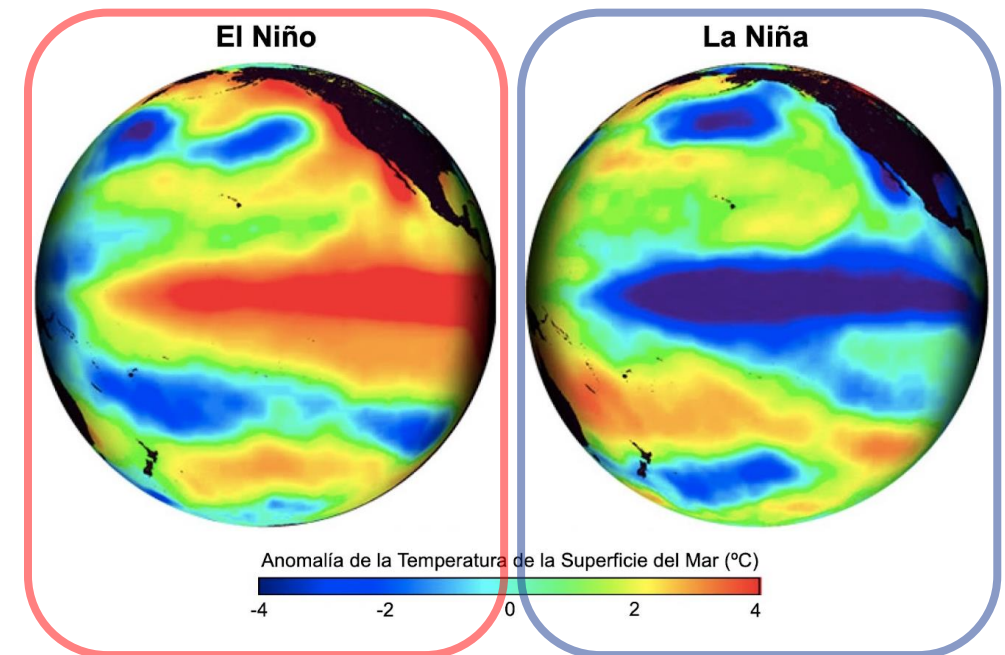
El fenómeno **El Niño Oscilación del Sur (ENOS)** es la variación natural interanual más importante, fuerte y predecible del clima de la Tierra ([McPhaden et al., 2006](#)), también ha sido definido como el conjunto de variaciones océano-atmosféricas más poderoso a escala global que tiene lugar en el Océano Pacífico Tropical ([Mesa Sánchez, 2006](#)).

Regiones Niño del Océano Pacífico Tropical



Fuente: FAO (2021)

Fases extremas opuestas de ENOS



Fase cálida

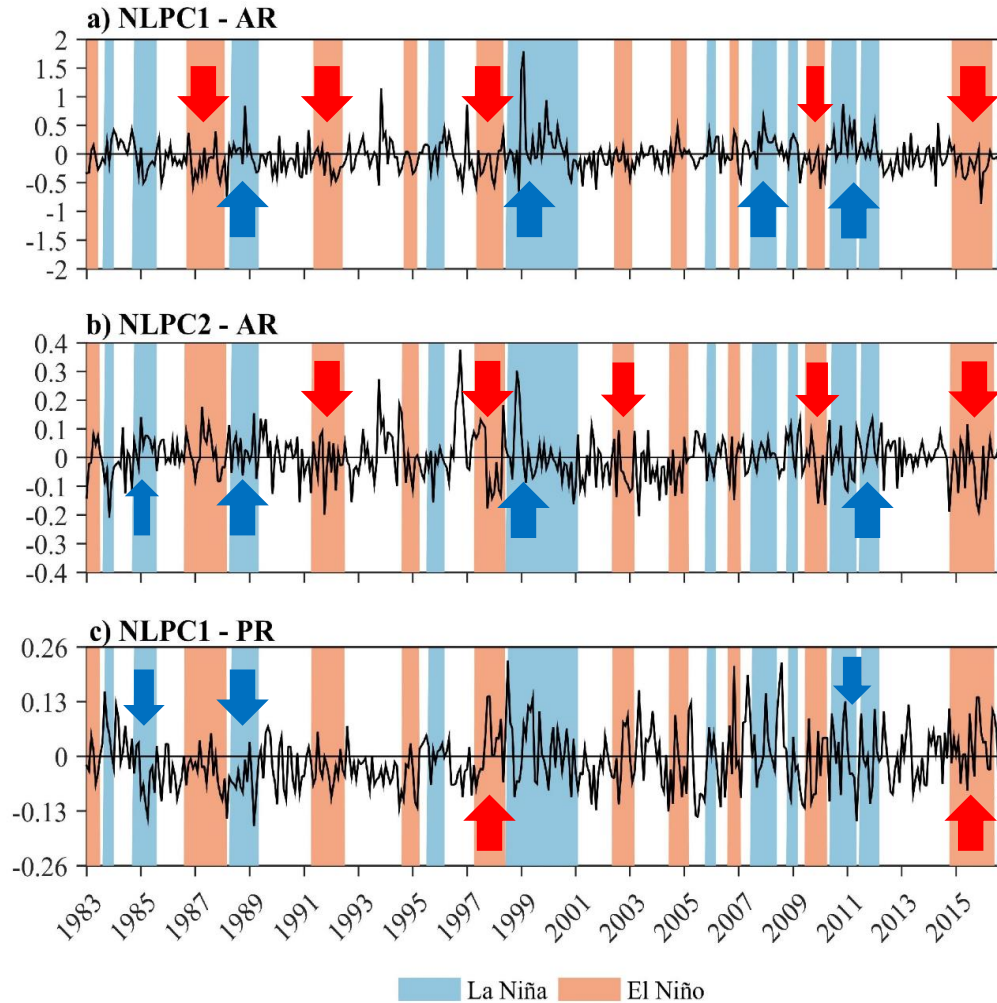
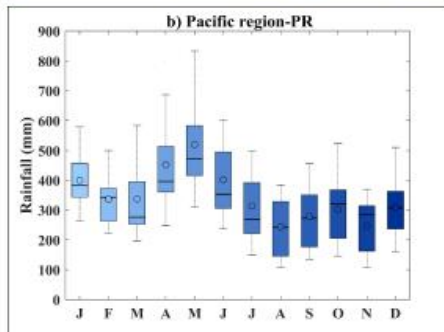
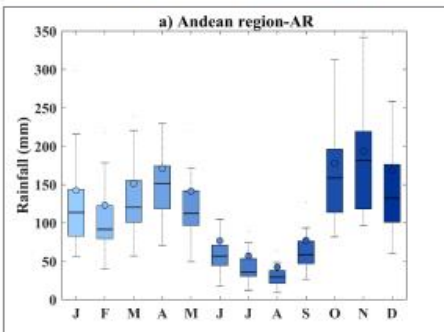
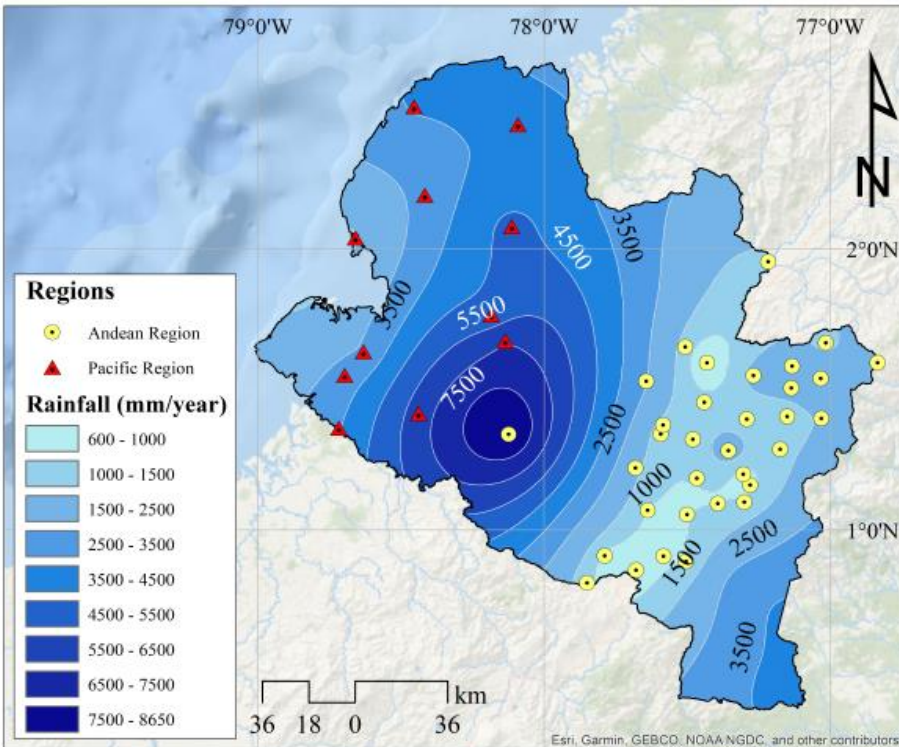
Fase fría

Fuente: FAO (2021)

FENOMENO ENOS



INFLUENCIA ENSO - PACÍFICO SUR (NARIÑO)

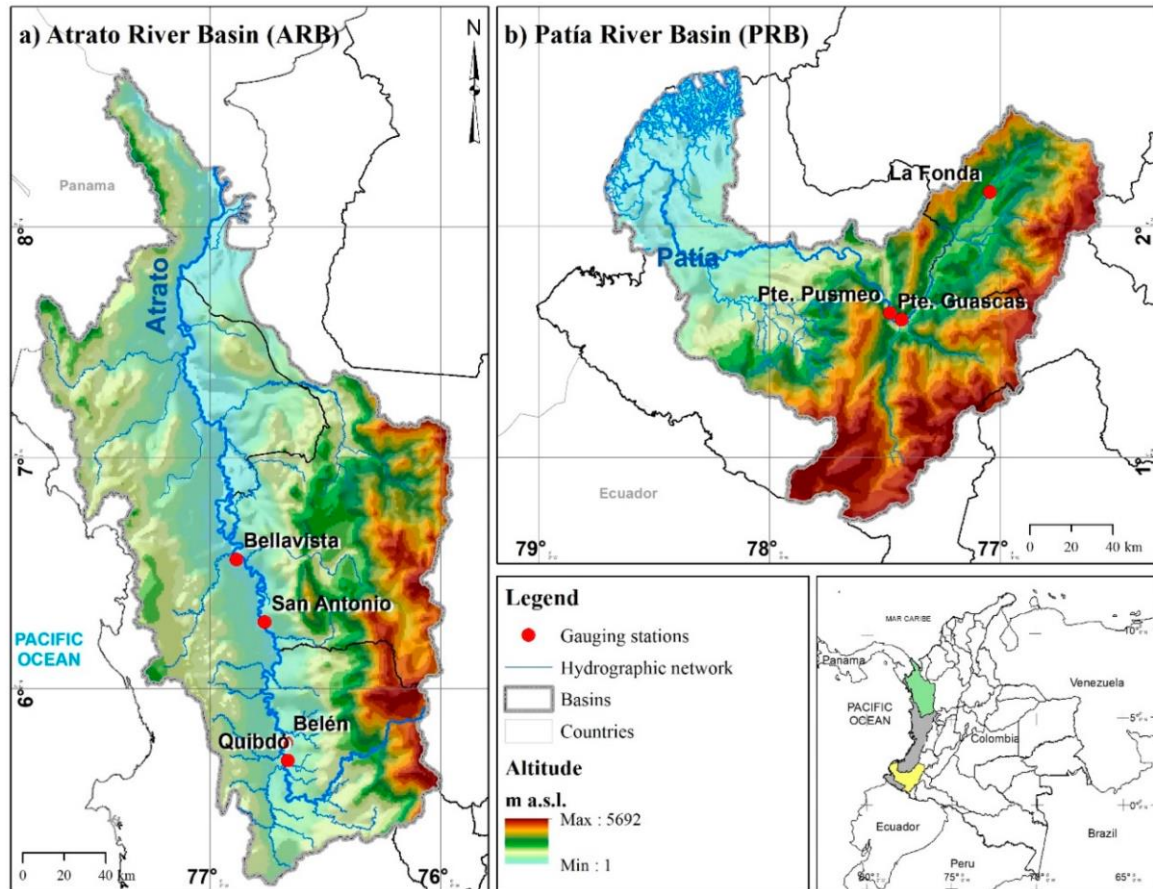


El **incremento** de las precipitaciones en la **Región Andina (RA)** coinciden con el registro histórico de eventos **La Niña**, mientras que la **reducción** de precipitaciones están asociadas con la presencia del fenómeno **El Niño**.

En contraste, la **Región Pacífico (RP)**, muestra un comportamiento contrario, en donde el **incremento** de las precipitaciones se relacionan con el fenómeno **El Niño** y la **disminución** con **La Niña**.

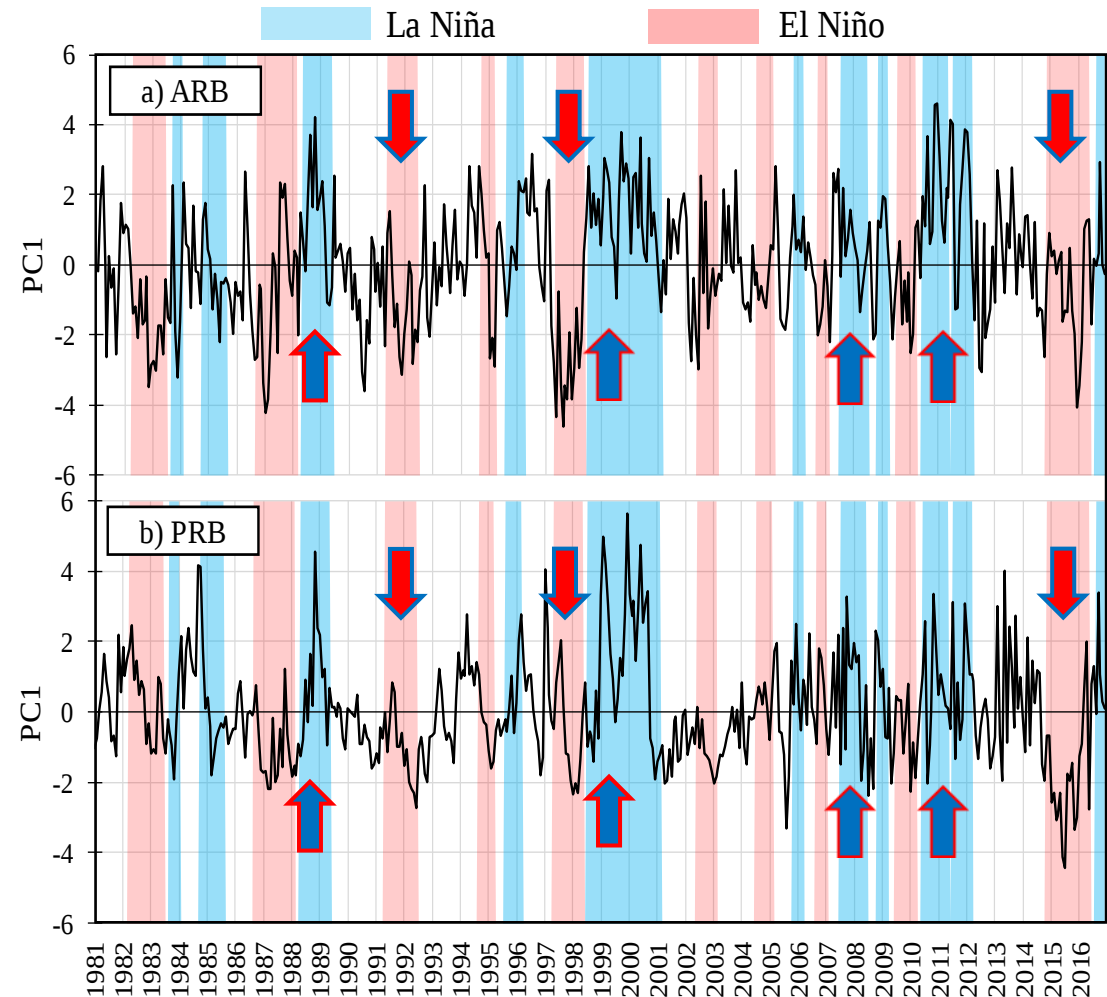


INFLUENCIA ENSO – RIO ATRATO Y RIO PATÍA



Caudal Medio Atrato: 4150 m³/s

Caudal Medio Patía: 367,9 m³/s



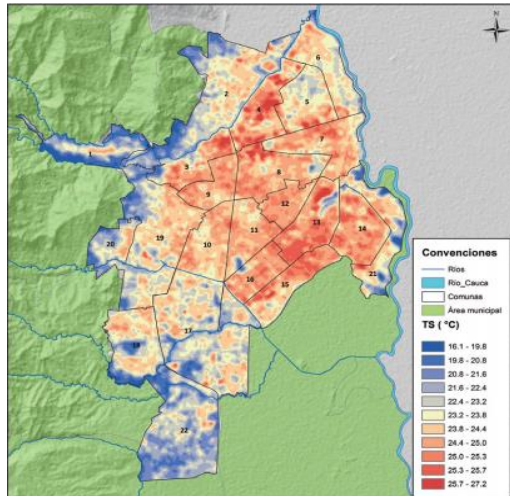
Efectos de la variabilidad y el cambio climático en Colombia



Incendios forestales

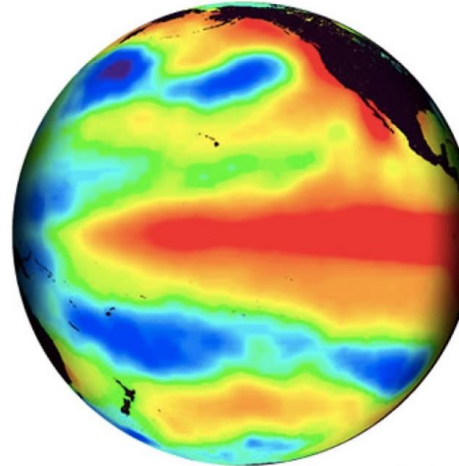


Disminución de caudales



Ola e islas de calor

El Niño

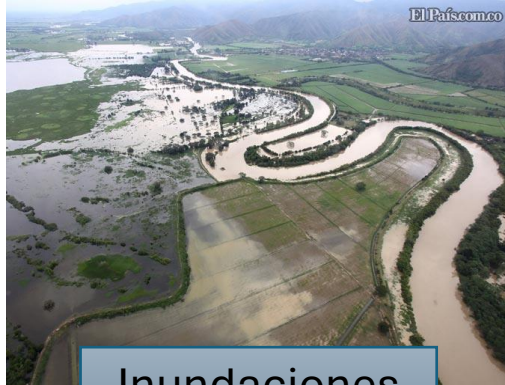


Incremento casos de dengue y malaria



Sequía y desertificación

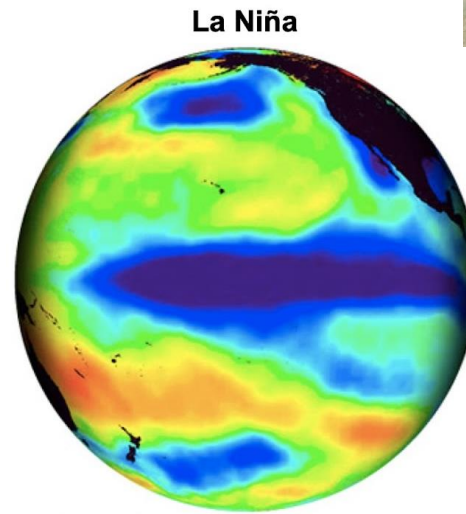
Efectos de la variabilidad y el cambio climático en Colombia



Inundaciones



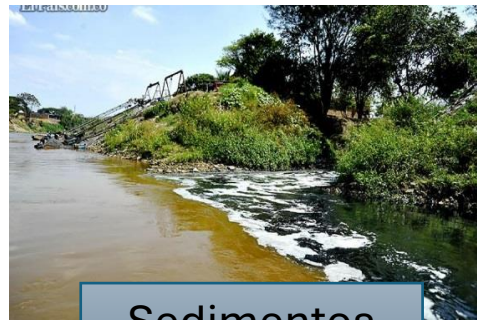
Deslizamientos



La Niña



Vendaval y granizo

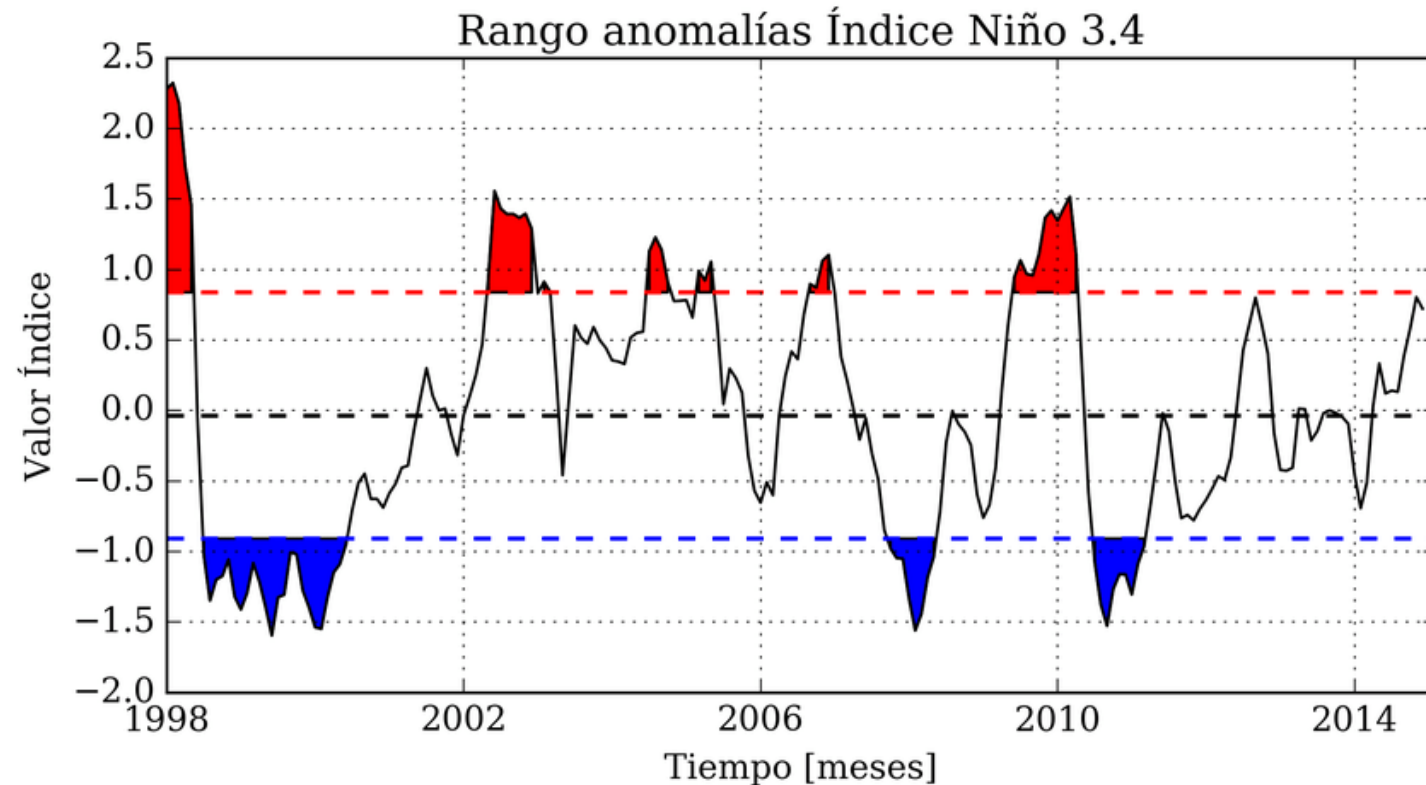
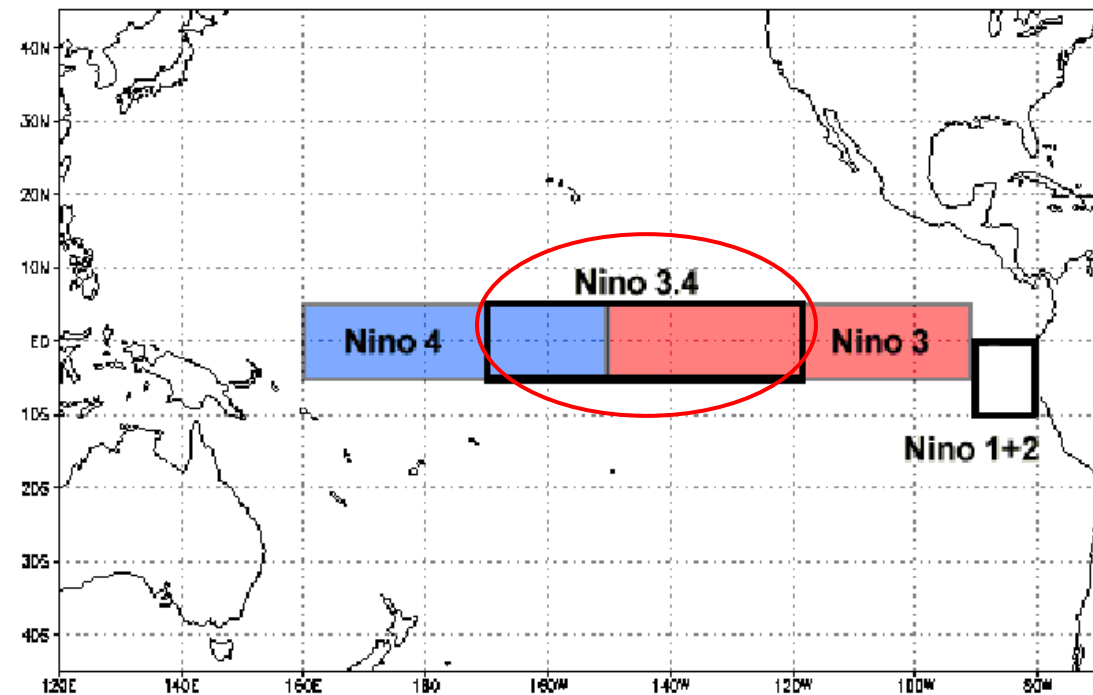


Sedimentos



Erosión del
suelo

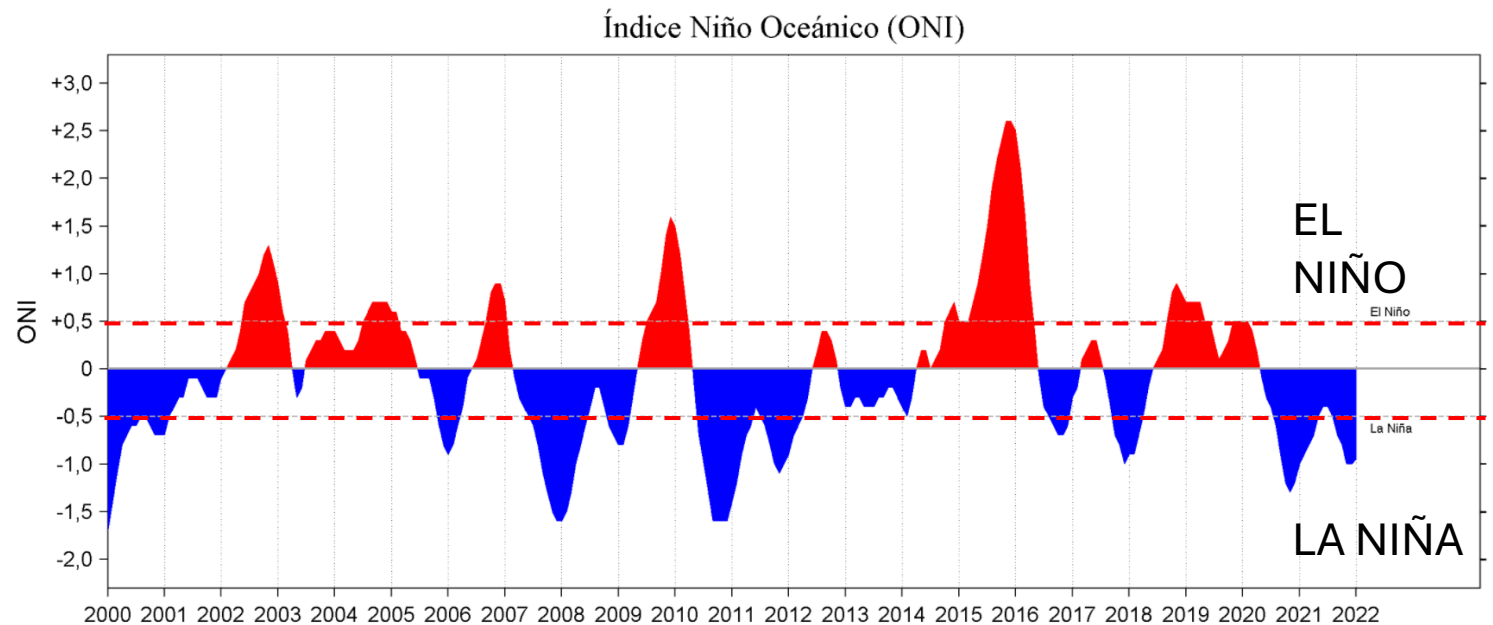
Temperatura Superficial del Mar



Una anomalía de temperatura es la diferencia con respecto a una temperatura promedio o de referencia. La temperatura de referencia generalmente se calcula promediando 30 o más años de datos de temperatura.

INDICE NIÑO OCEÁNICO ONI

El Índice Niño Oceánico (ONI en inglés) es una medida de la condición de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) y sus fases cálida (El Niño) y fría (La Niña) en el Pacífico ecuatorial central. Es el promedio móvil de tres meses de las anomalías de la temperatura superficial del mar en la región Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°-170°W). El umbral de la condición neutral es ± 0.5 (Huang et al, 2017).





National Weather Service Climate Prediction Center

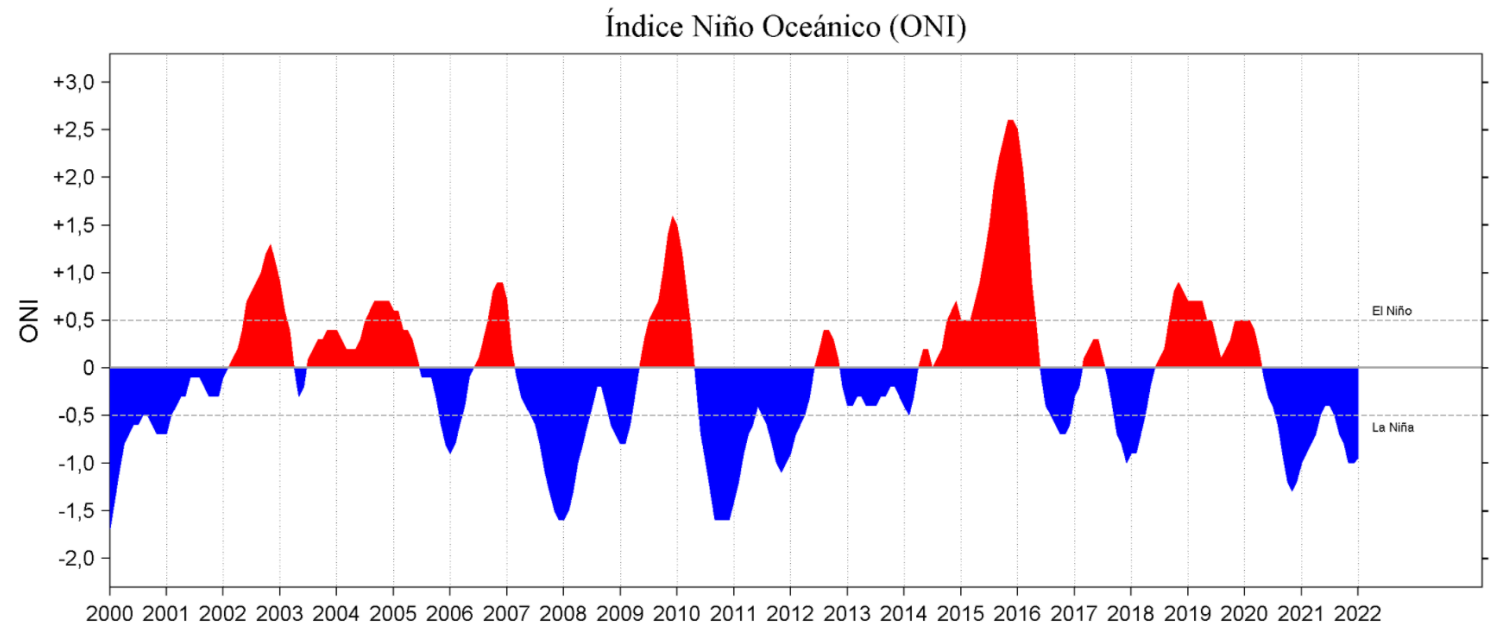
[Home](#)[Site Map](#)

Link de acceso Índice ONI

https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php

<https://psl.noaa.gov/data/correlation/oni.data>

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2000	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7
2001	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3
2002	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.1
2003	0.9	0.6	0.4	0.0	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4
2004	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
2005	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.6	-0.8
2006	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.0	0.1	0.3	0.5	0.8	0.9	0.9
2007	0.7	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-1.1	-1.3	-1.5	-1.6
2008	-1.6	-1.5	-1.3	-1.0	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	-0.2	-0.4	-0.6	-0.7
2009	-0.8	-0.8	-0.6	-0.3	0.0	0.3	0.5	0.6	0.7	1.0	1.4	1.6
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2010	1.5	1.2	0.8	0.4	-0.2	-0.7	-1.0	-1.3	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6
2011	-1.4	-1.2	-0.9	-0.7	-0.6	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-1.0	-1.1	-1.0
2012	-0.9	-0.7	-0.6	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.2
2013	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.6	0.7
2015	0.5	0.5	0.5	0.7	0.9	1.2	1.5	1.9	2.2	2.4	2.6	2.6
2016	2.5	2.1	1.6	0.9	0.4	-0.1	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6
2017	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	-0.1	-0.4	-0.7	-0.8	-1.0
2018	-0.9	-0.9	-0.7	-0.5	-0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.8	0.9	0.8
2019	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2020	0.5	0.5	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.6	-0.9	-1.2	-1.3	-1.2
2021	-1.0	-0.9	-0.8	-0.7	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.7	-0.8	-1.0	-1.0

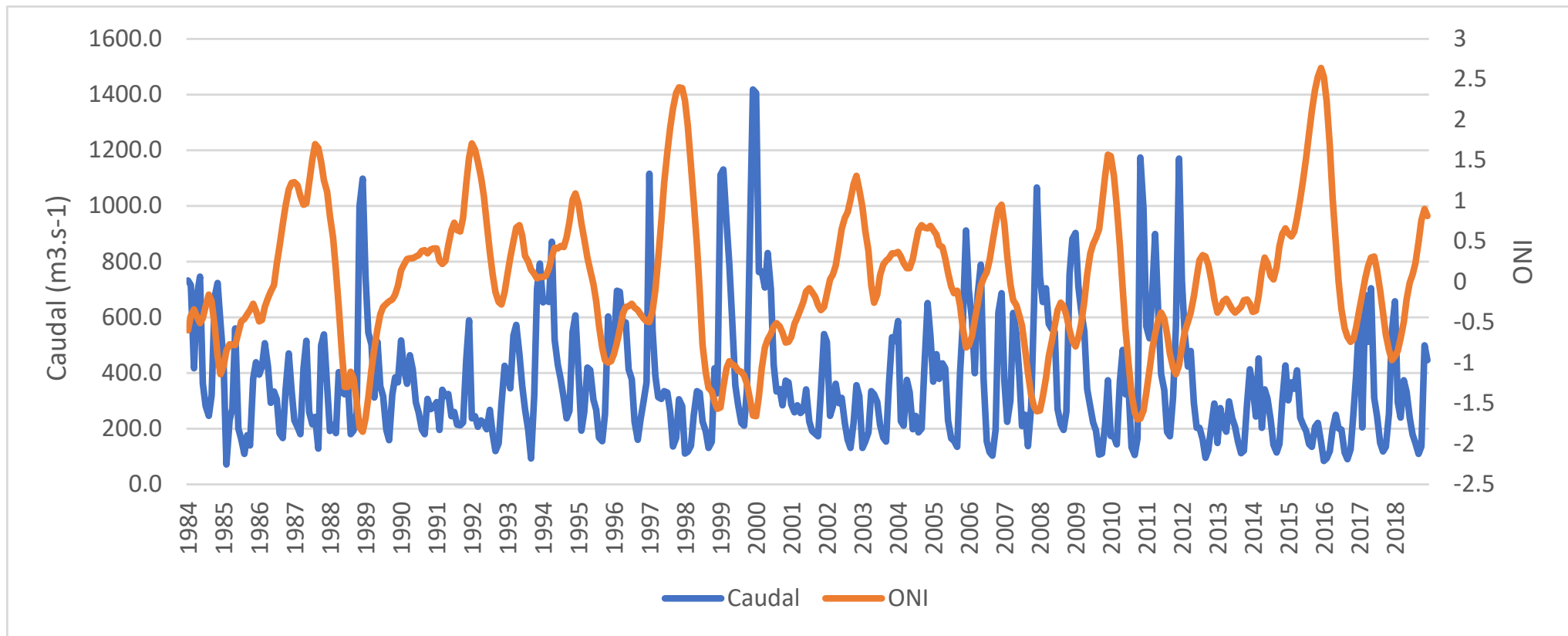




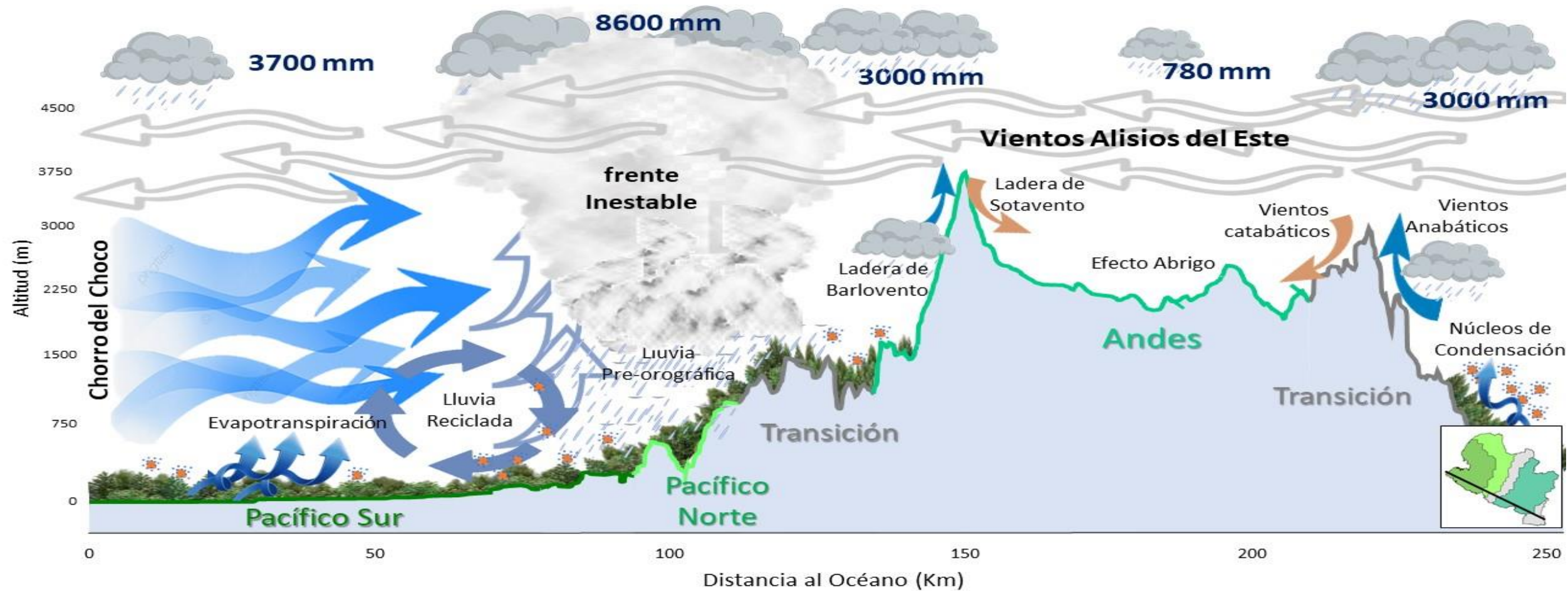
National Weather Service Climate Prediction Center

[Home](#)[Site Map](#)

<https://psl.noaa.gov/data/correlation/oni.data>

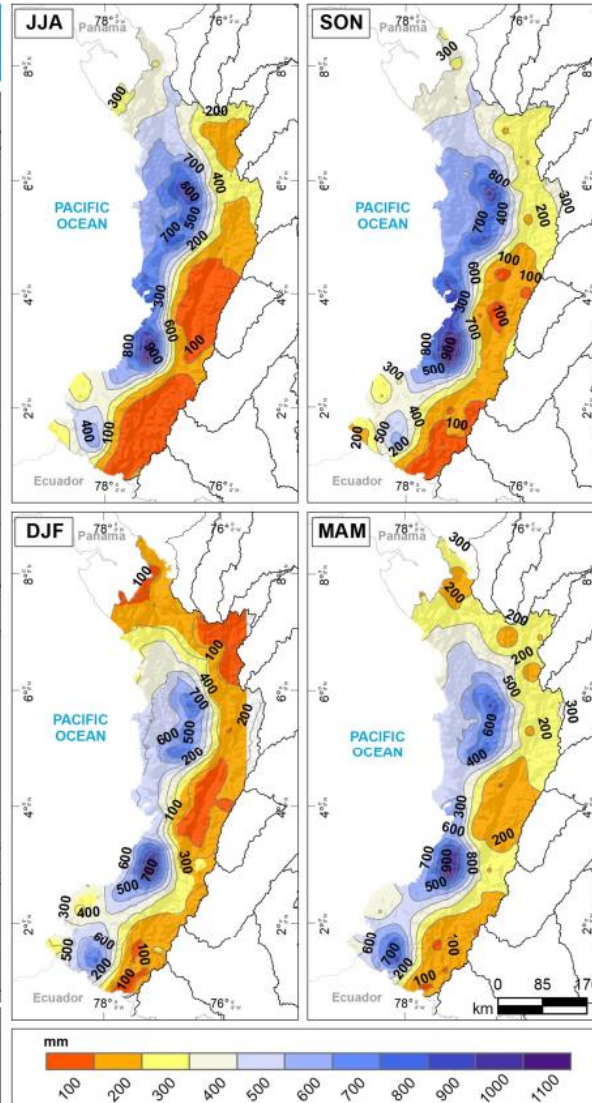
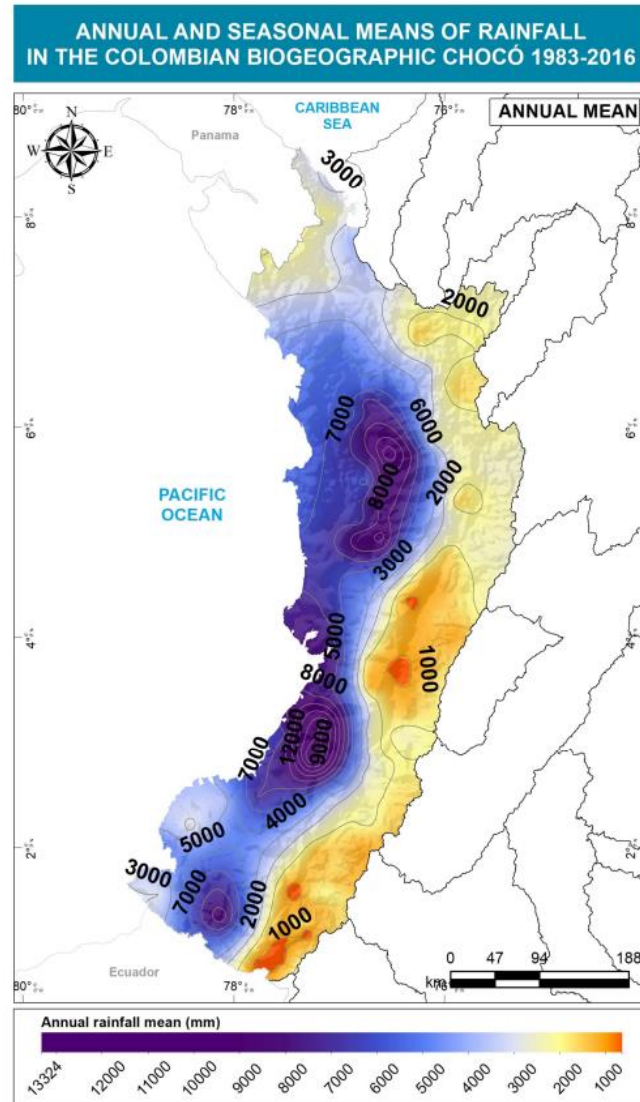


INFLUENCIA DEL OCÉANO PACÍFICO TROPICAL Y LA CORDILLERA DE LOS ANDES



Fuente: Ocampo-Marulanda et al. 2022

PRECIPITACIÓN EN EL PACÍFICO COLOMBIANO



Fuertes precipitaciones sobre el flanco occidental de la Cordillera

Occidental

Núcleo 1
Pacífico Norte

↑ JJA - SON

↓ DJF - MAM

700 – 800 mm

Núcleo 2
Cuenca Patía

↑ MAM - SON

↓ DJF - JJA

800 – 900 mm

Núcleo 3
Pacífico Sur

↑ DJF - MAM

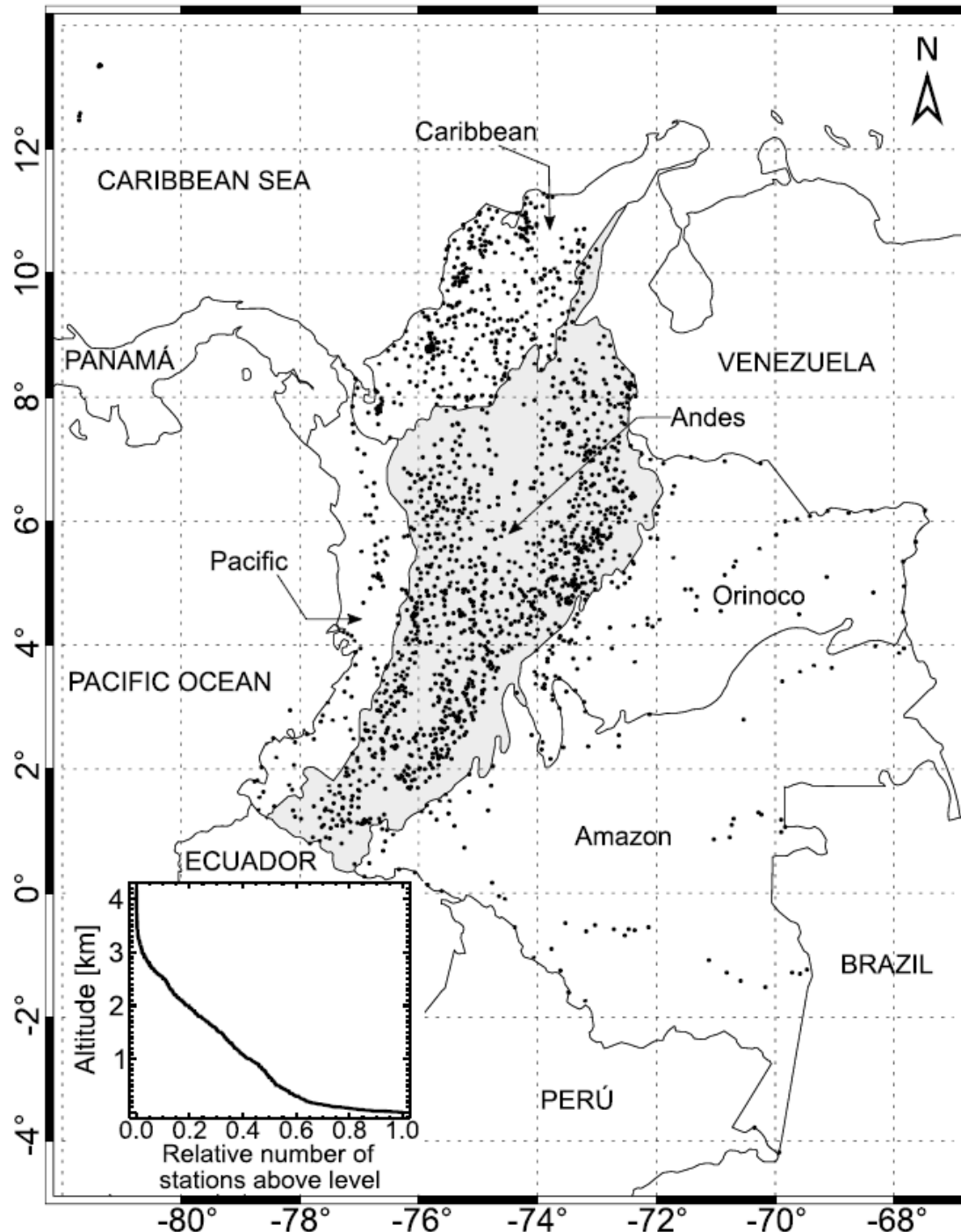
↓ JJA - SON

600 – 700 mm

Interpolación:
Cokriging con Semivariograma
esférico
156 Estaciones



Cerón et al. 2021



IDEAM registra un total de 2716 estaciones de medición de precipitación (pluviográficas, pluviométricas y climáticas).

De las cuales 120 fueron descartadas por baja calidad de la información.



820 estaciones fueron eliminadas por que las series temporales no superan los 20 años.



1706 estaciones con datos faltantes < 30%

(Urrea et al. 2019)

SOLICITUD PARÁMETROS HIDROCLIMATOLÓGICOS

PARÁMETROS	INFORMACIÓN
PLUVIOGRAFICAS PLUVIOMÉTRICAS	Precipitación Total (mm) Precipitación Diaria Precipitación Máx 24 Horas
CLIMATOLOGICA ORDINARIA	Precipitación Total (mm) Precipitación Diaria Precipitación Máx 24 Horas Temperatura (Max, Min, Media Min, Media Máx) Humedad Relativa, Evaporación, Brillo Solar Nubosidad, Tensión de vapor, Punto de Rocío
CLIMATOLOGICA PRINCIPAL	Precipitación Total (mm) Precipitación Diaria Precipitación Máx 24 Horas Temperatura (Max, Min, Media Min, Media Máx) Humedad Relativa, Evaporación, Brillo Solar Nubosidad, Tensión de vapor, Punto de Rocío Velocidad y Dirección del Viento, Viento Max, Vientos Medios
LIMNIMÉTRICA Y LIMNIGRÁFICA	Caudales Medios, Máximos y Mínimos, Niveles Medios, Máximos y Mínimos,

TALLER 1 - MODULO 1

1. Descarga de Datos Precipitación In Situ (IDEAM)



2. Índice ONI – Fenómeno ENOS



3. Estadística Descriptiva



Consultar Descargar Información Especial Recursos

Periodo

Fecha Inicial: 02/06/2024

Fecha Final: 02/06/2024

Serie de Tiempo y Frecuencia

☒ Estándar ☐ Especial (decadal/multianual)

Parámetro: Seleccione Parámetro...

Variable:
☒ Lista Completa ☐ Listado abreviado

Descripción

Datos Estación

Departamento: Seleccione Departamento...

Municipio: Seleccione Municipio...



Consultar Descargar Información Especial Recursos

Periodo: 01/01/1980-31/05/2024

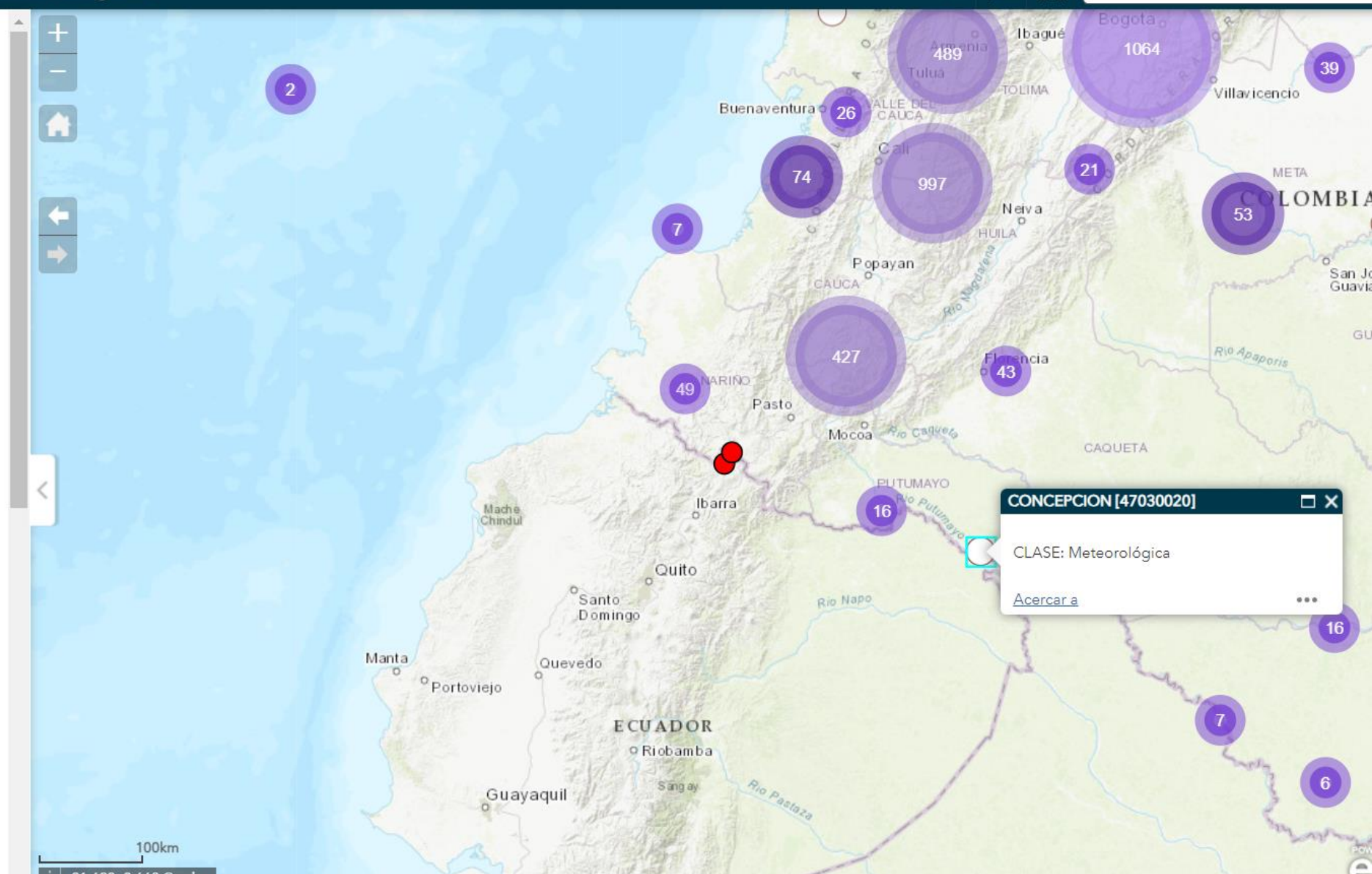
Precipitación total mensual - CHILES [52050130] - Estandar X

Precipitación total mensual - CUMBAL [52050110] - Estandar X

Descargar

Agregar Otros

Limpiar





Cold & Warm Episodes by Season

Notice: This page is updated automatically on the first Thursday of each month. Because of the high frequency filter applied to the ERSSTv5 data (Huang et al. 2017, J.Climate), ONI values may change up to two months after the initial "real time" value is posted. Therefore, the most recent ONI values should be considered an estimate.

DESCRIPTION: Warm (red) and cold (blue) periods based on a threshold of $\pm 0.5^\circ\text{C}$ for the Oceanic Niño Index (ONI) [3 month running mean of ERSST.v5 SST anomalies in the Niño 3.4 region (5°N - 5°S , 120° - 170°W)], based on [centered 30-year base periods updated every 5 years](#).

For historical purposes, periods of below and above normal SSTs are colored in blue and red when the threshold is met for a minimum of 5 consecutive overlapping seasons. The ONI is one measure of the El Niño-Southern Oscillation, and other indices can confirm whether features consistent with a coupled ocean-atmosphere phenomenon accompanied these periods.

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1950	-1.5	-1.3	-1.2	-1.2	-1.1	-0.9	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.6	-0.8
1951	-0.8	-0.5	-0.2	0.2	0.4	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.0	0.8
1952	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1
1953	0.4	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
1954	0.8	0.5	0.0	-0.4	-0.5	-0.5	-0.6	-0.8	-0.9	-0.8	-0.7	-0.7
1955	-0.7	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-1.1	-1.4	-1.7	-1.5
1956	-1.1	-0.8	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4
1957	-0.2	0.1	0.4	0.7	0.9	1.1	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	1.7
1958	1.8	1.7	1.3	0.9	0.7	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6
1959	0.6	0.6	0.5	0.3	0.2	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1	0.0	0.0	0.0
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1960	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1
1961	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.1	-0.1	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2
1962	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4
1963	-0.4	-0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.3
1964	1.1	0.6	0.1	-0.3	-0.6	-0.6	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
1965	0.6	0.3	0.1	0.2	0.5	0.8	1.2	1.5	1.8	2.0	2.0	1.7



DESCARGAR PARA SIGUIENTES CLASES LOS SIGUIENTES PROGRAMAS

