


Comportamiento de las alturas del río Paraguay, ENOS 3.4 y la PDO, Pronóstico Hidrológico NDE 2025-2026



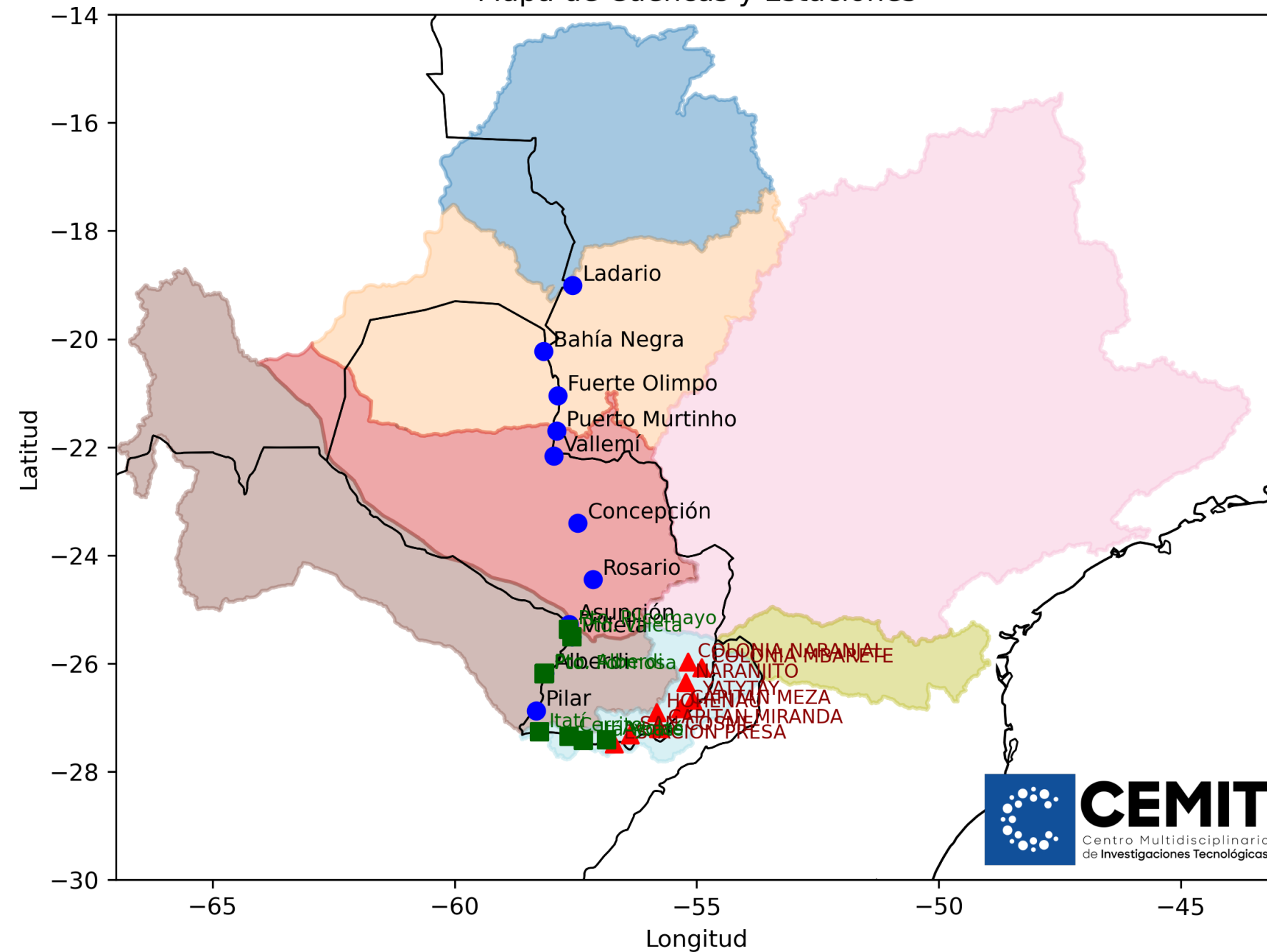
Max Pastén
max.pasten@cemit.una.py
Encarnación, 6 y 7 de noviembre, 2025

1. Importancia de la predicción

- El río Paraguay es vital para el transporte, la economía y el abastecimiento de agua
- Las inundaciones y bajantes extremas afectan a miles de personas y a la logística nacional
- Predecir sus niveles permite una mejor planificación y gestión del riesgo hídrico
- Evaluar y mejorar los pronósticos a corto y mediano plazo ayudara a prevenir los impactos de los eventos extremos.



Mapa de Cuencas y Estaciones



Elementos en el mapa

- Ladario
- Paraguay - Alta
- Paraguay - Media
- Paraguay - Baja
- Paraná - Alta
- Paraná - Media
- Paraná - Baja
- Est. Hidrométricas
- Est. Meteorológicas Automáticas Eby
- Est. Limnimétricas Automáticas



CRU TS Version 4.09

This is an access point for v.4.09 of CRUTS, CRUCY and related files.

Please only use it if access via BADC is proving impossible.

[Release Notes CRU TS 4.09.txt](#)

[cruts.2503051245.v4.09](#)

[comparisons with other releases](#)

[observation.v4.09](#)

[ge](#)

[crucy.2503061057.v4.09](#)

[code archives](#)

READ THIS FIRST!

Main gridded data

Comparisons with v4.08

Source observations

Google Earth interface to v4.09

Country-level spatial averages
(*country definitions updated 2017*)

Archives of code etc for the runs

Last updated: March 2025, Ian Harris

Licence

These datasets are made available under the [Open Government Licence](#).

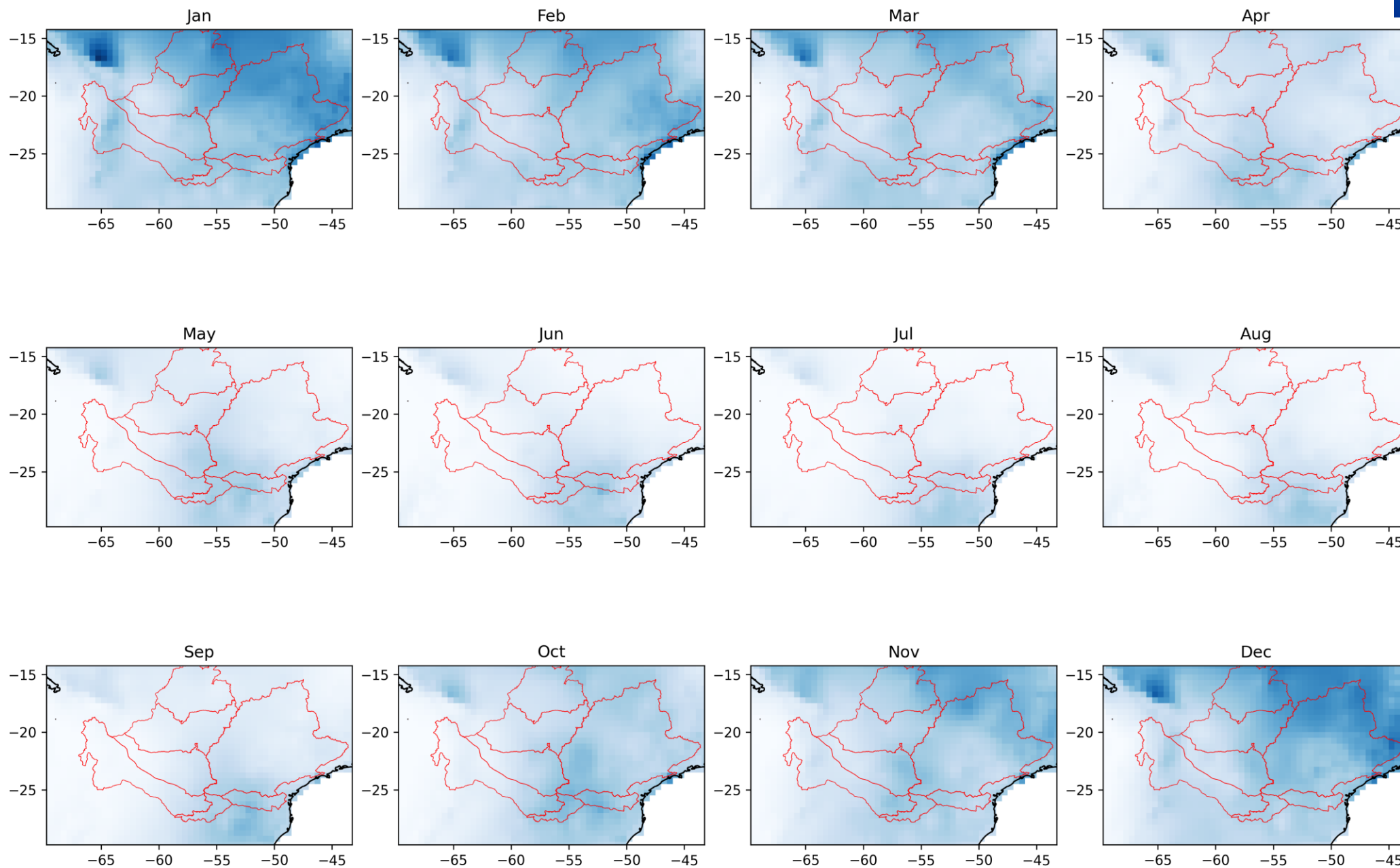
You are free to use this dataset but you must acknowledge the source of the information.

Please use the attribution **Climatic Research Unit (University of East Anglia) and Met Office**.

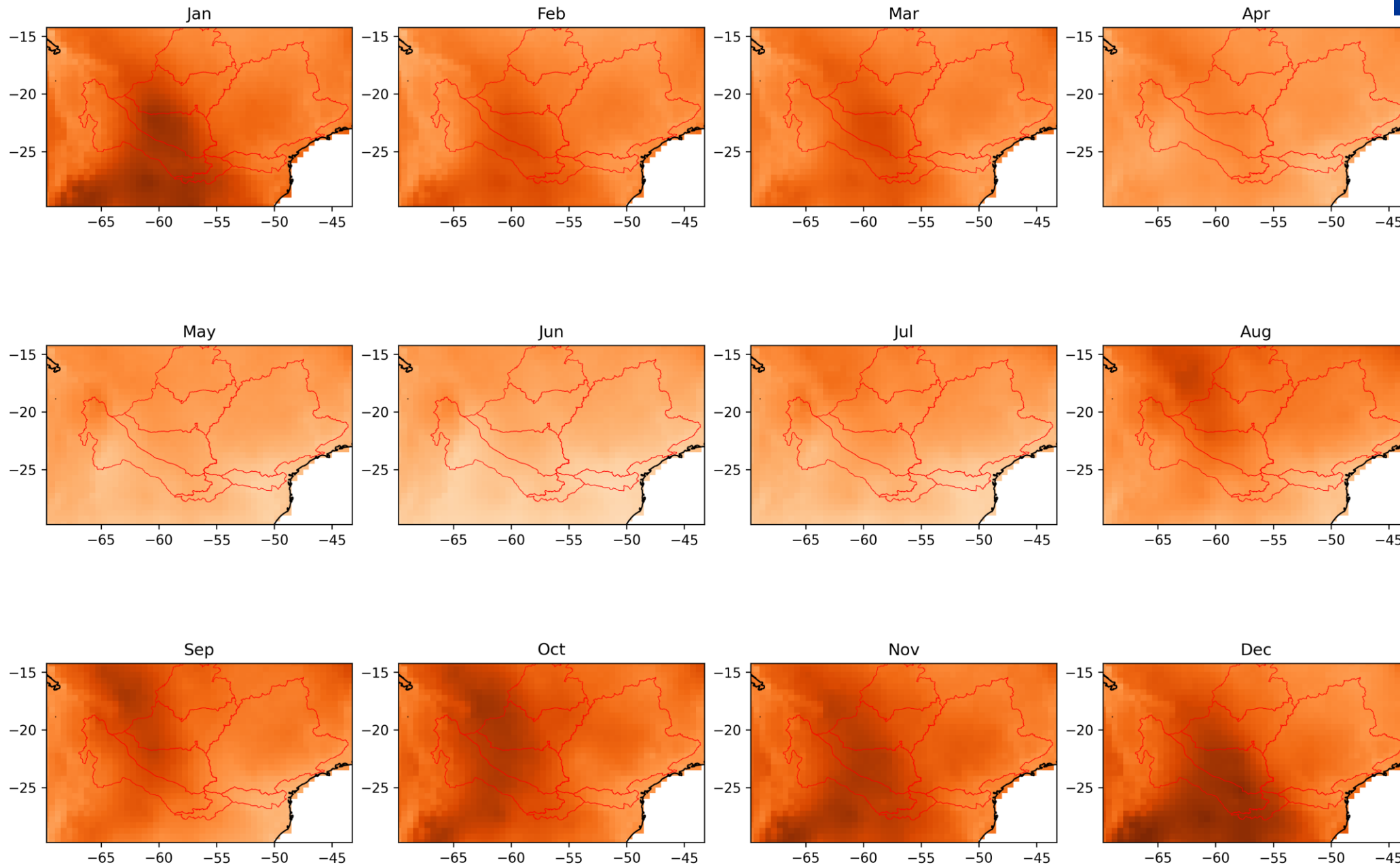
If it is appropriate to give citations and/or website links, then please also cite the relevant publication (see data table above) and/or provide a link to this website.

https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg/cru_ts_4.09/

Precipitación climatología mensual (1961-1990) [mm/mes]

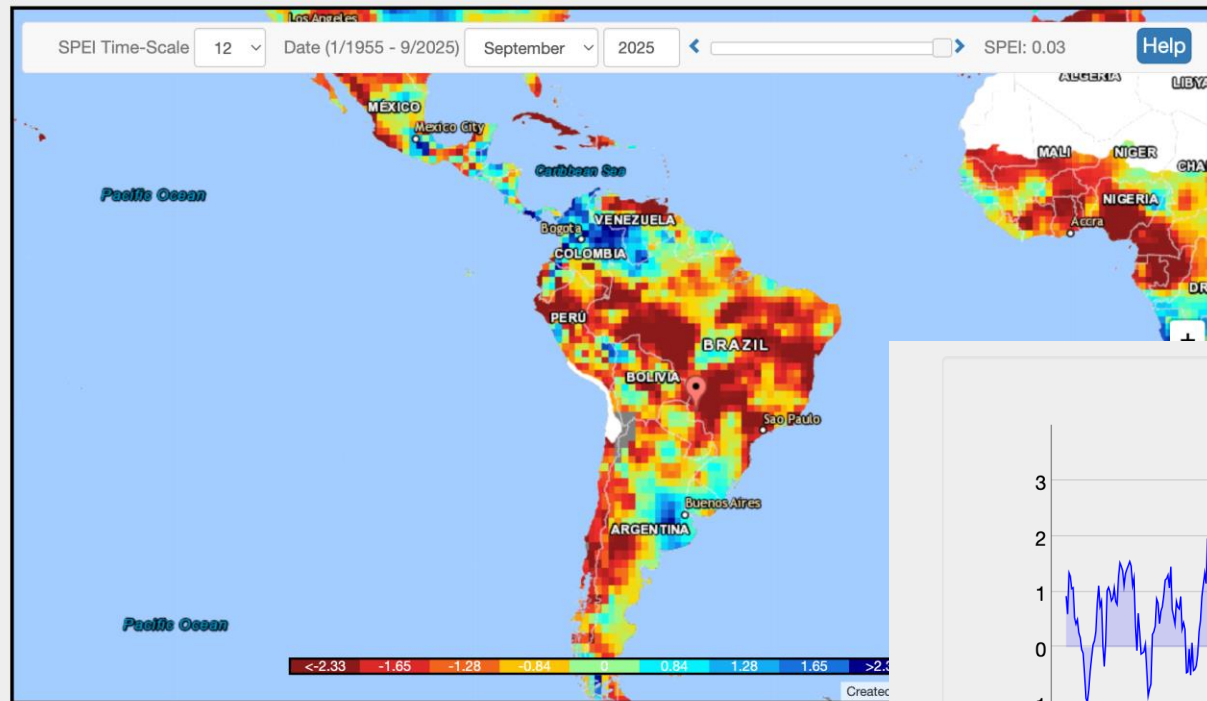


PET climatología mensual (1961-1990) [mm/mes]

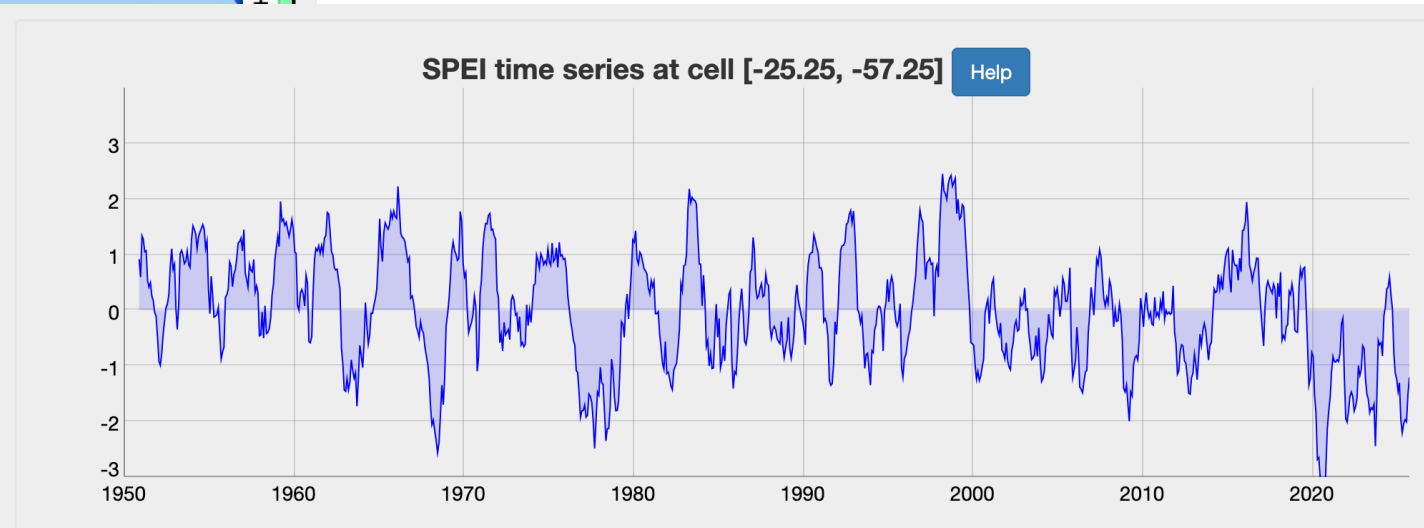


<https://spei.csic.es/map/maps.html#months=4#month=8#year=2025>

SPEI Global Drought Monitor



El SPEI cumple con los requisitos de un índice de sequía ya que su carácter multiescalar permite que sea utilizado por diferentes disciplinas científicas para detectar, monitorear y analizar sequías.



SPEI time series at a single grid cell

Coordinate: -25.25, -57.25

SPEI time series over a region

Upper left: -25.25, -57.25 Lower right: 46.75, 4.25

Cómputo del SPEI

El SPEI se basa en el procedimiento de cálculo original del SPI. El SPI se calcula utilizando la precipitación mensual (o semanal) como datos de entrada. El SPEI utiliza la diferencia mensual (o semanal) entre precipitación y PET. Esto representa un balance hídrico climático simple que se calcula en diferentes escalas de tiempo para obtener el SPEI.

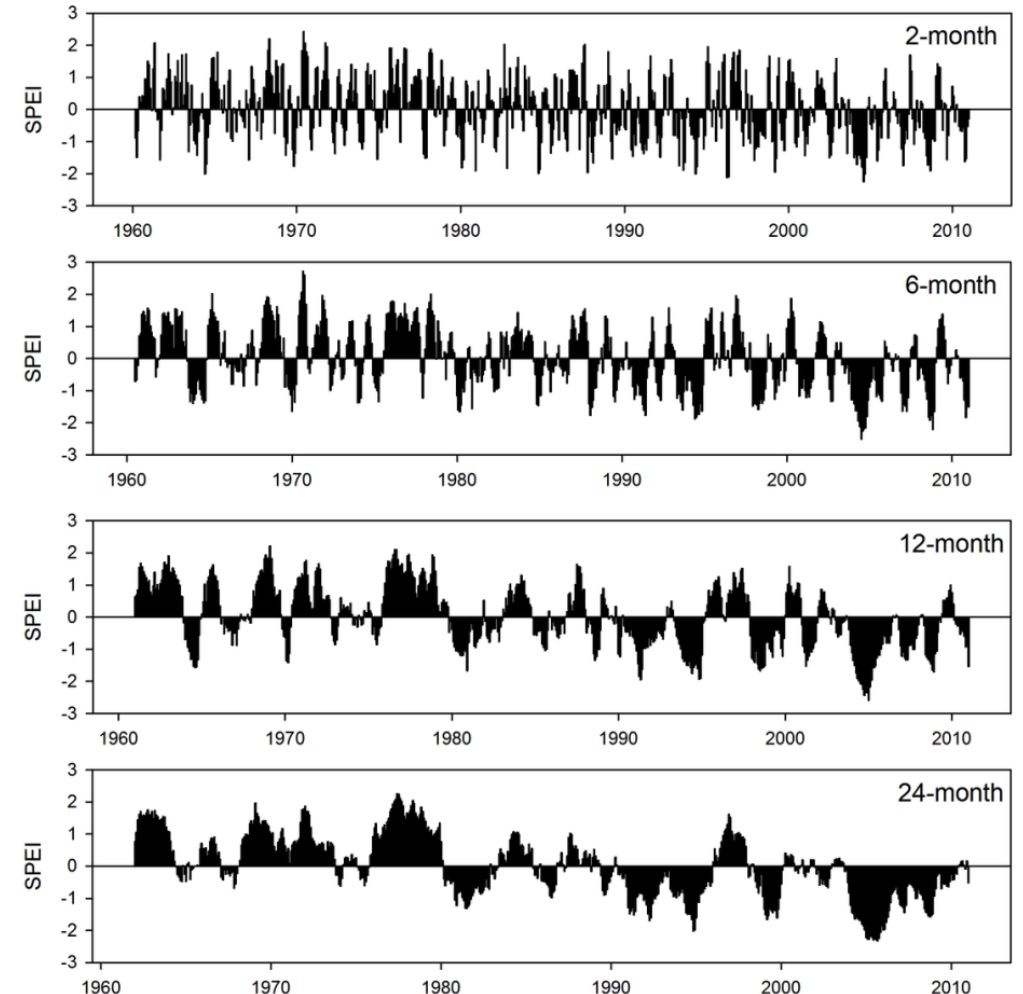
Balance hídrico climático (precipitación menos evapotranspiración)

Con un valor de PET se calcula la diferencia entre la precipitación (P) y PET para el mes i:

$$D_i = P_i - PET_i$$

lo que proporciona una medida sencilla del excedente o déficit de agua para el mes analizado.

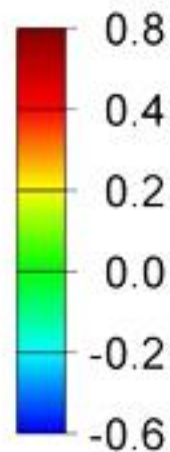
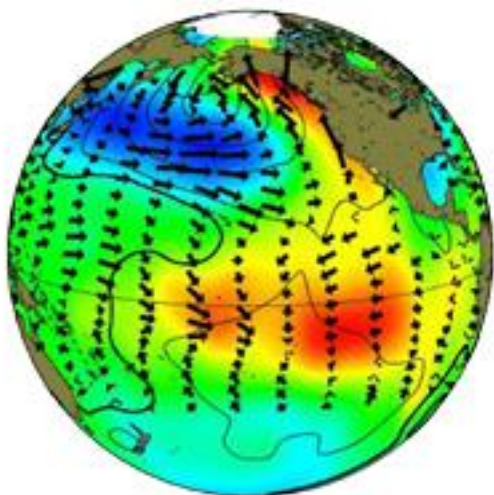
Los valores D_i calculados se agregan en diferentes escalas de tiempo.



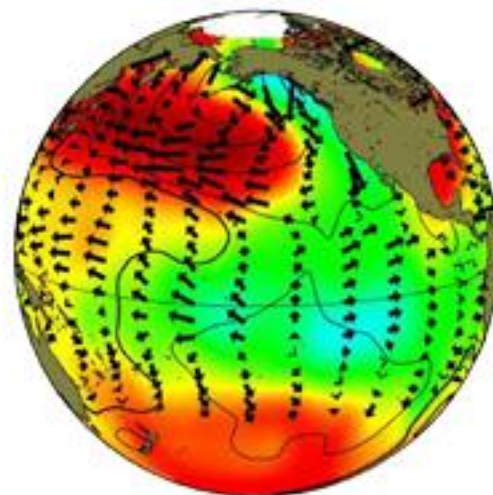
<https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/standardized-precipitation-evapotranspiration-index-spei>

Pacific Decadal Oscillation

positive phase

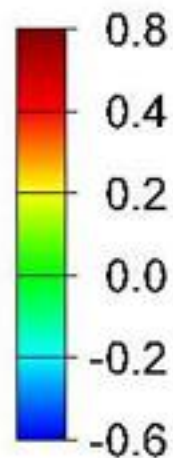
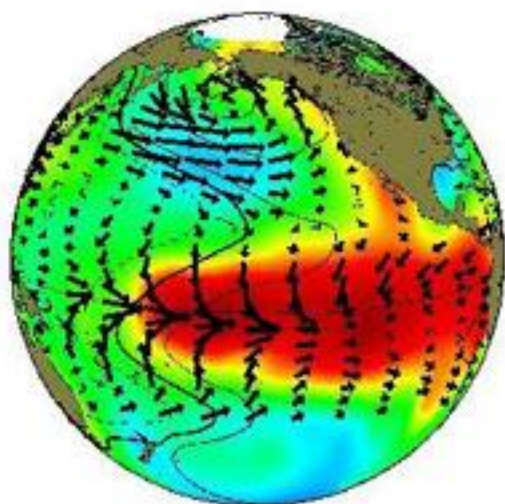


negative phase

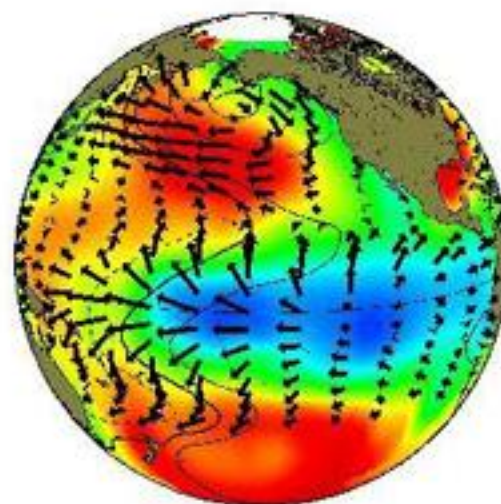


El Niño Southern Oscillation

El Niño



La Niña

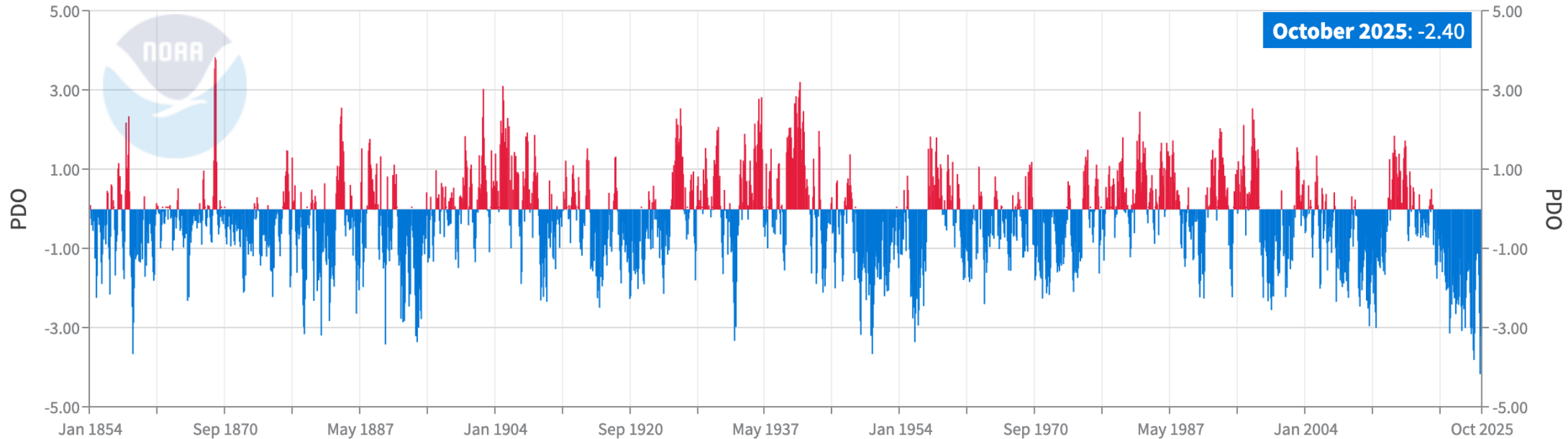


La Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) y El Niño Oscilación del Sur (ENOS) influyen en las temperaturas de la superficie del mar, la presión del nivel del mar y la vientos de maneras muy similares. La diferencia más obvia entre el PDO y ENSO es la escala de tiempo. Mientras que los eventos ENSO tienden a persistir del orden de un año, la firma de la DOP puede durar hasta 30 años (Mantua, 2001).

La PDO afecta principalmente a la región del Pacífico Norte, Sus efectos se extienden cerca del ecuador. Por el contrario, el ENSO afecta principalmente en latitudes más bajas, pero sus efectos secundarios se sienten en el Pacífico Norte (Mantua, 2001). Un fase positiva de la PDO₂ produce patrones climáticos y de circulación que son muy similar a El Niño. Una fase negativa de la PDO produce patrones climáticos y de circulación similares a los de La Niña (Gershunov y Barnett, 1998)

Pacific Decadal Oscillation (PDO)

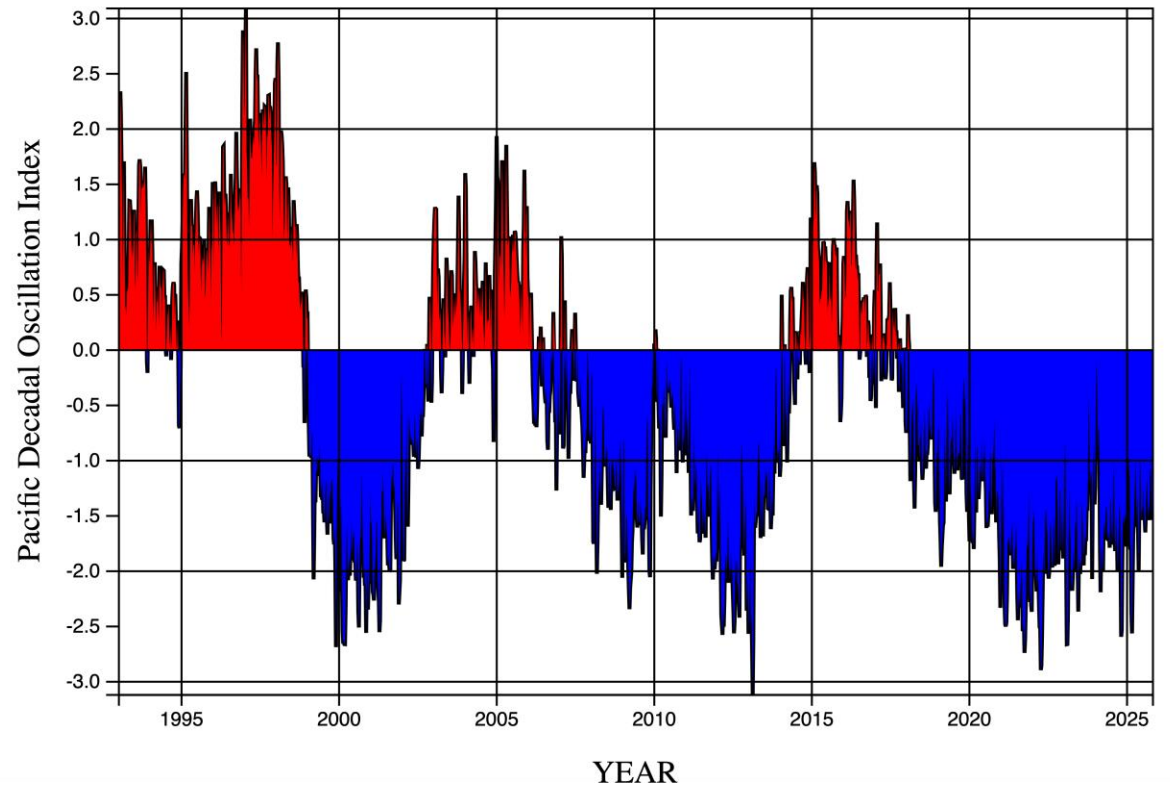
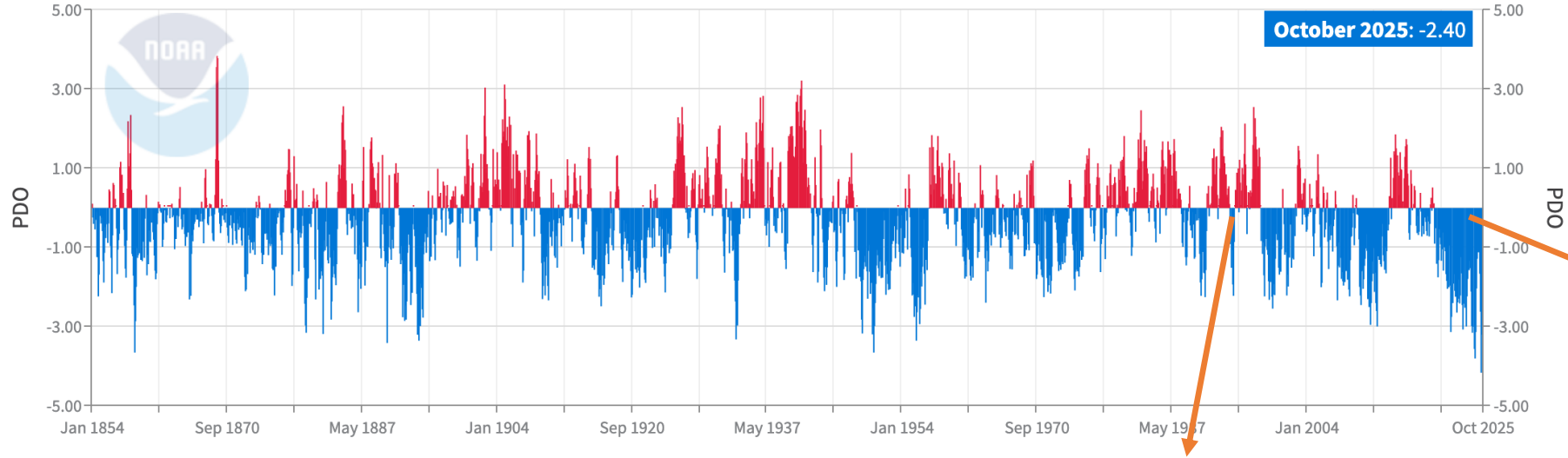
January 1854-October 2025



<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/pdo/>

Pacific Decadal Oscillation (PDO)

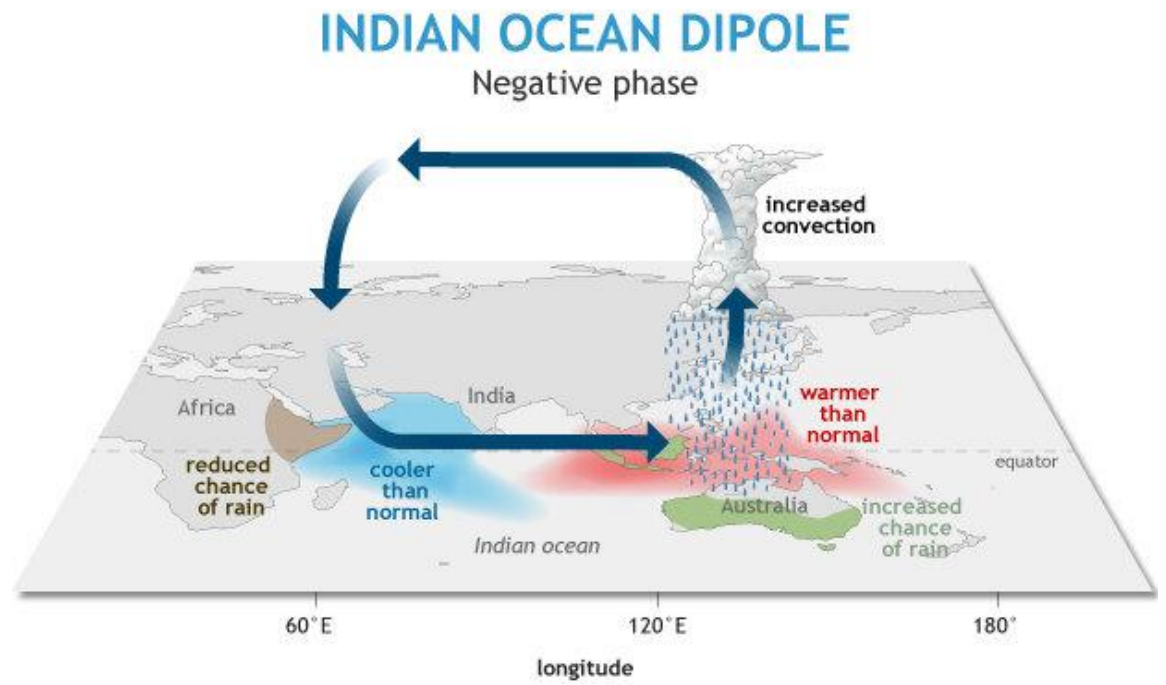
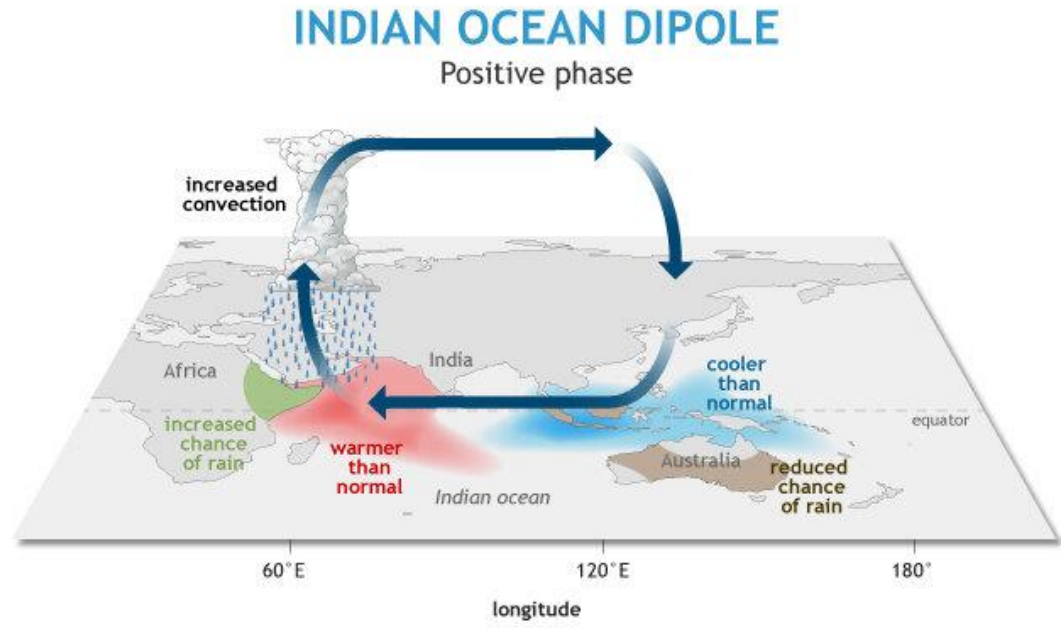
January 1854-October 2025



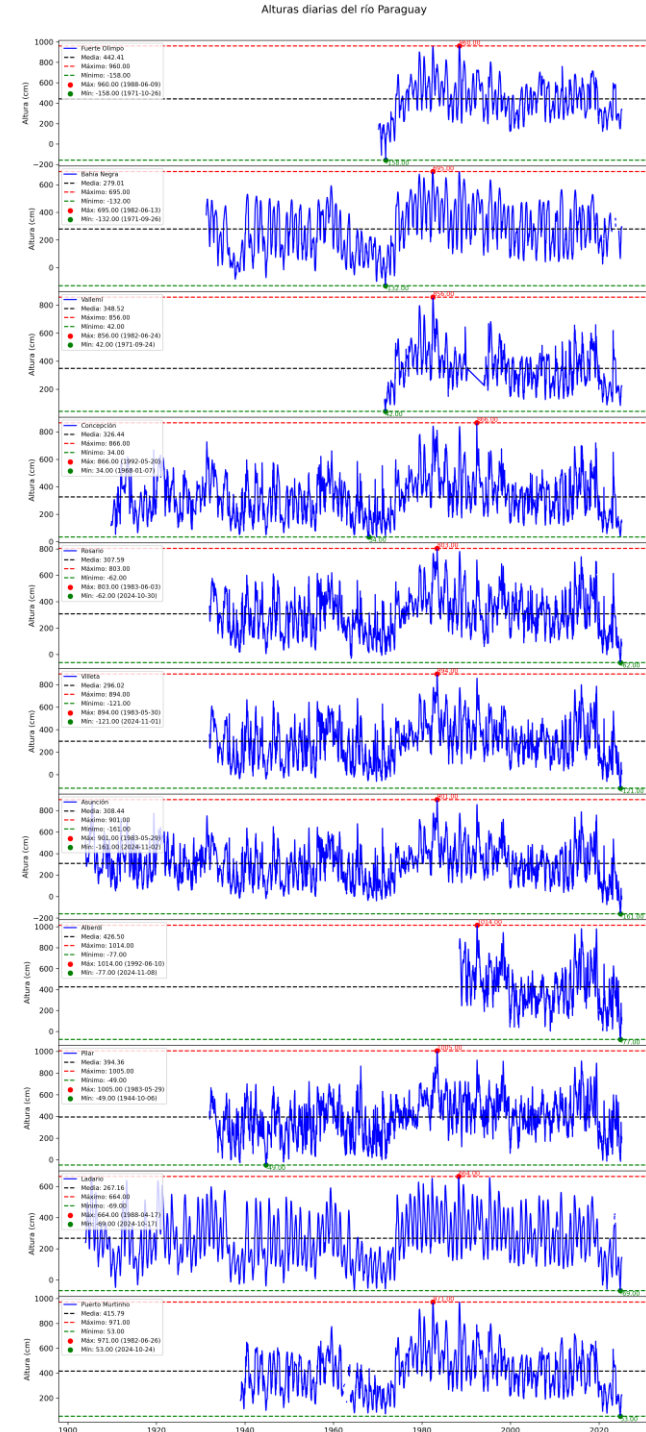
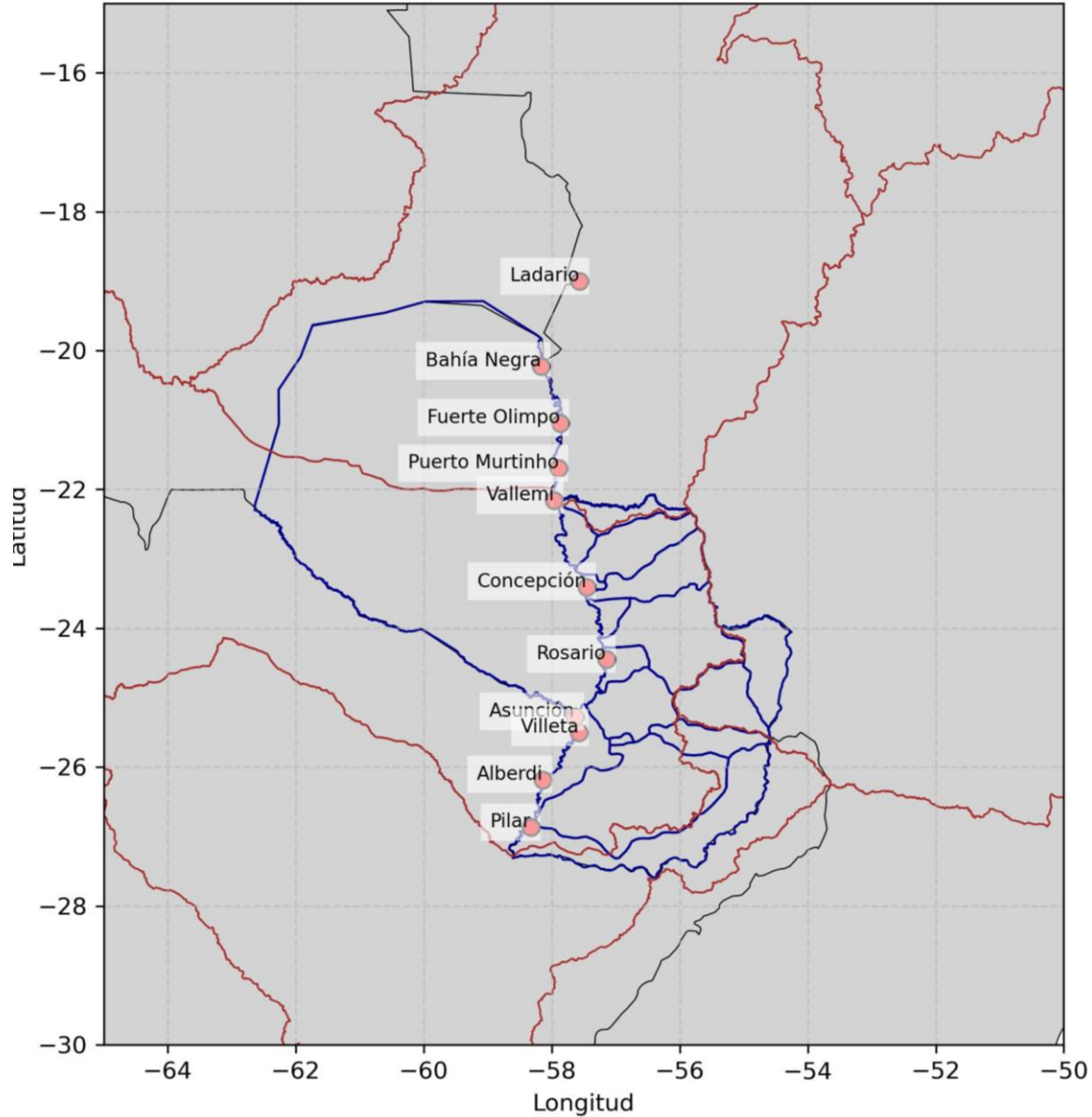
<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/pdo/>

Conozca al vecino de ENSO, el Dipolo del Océano Índico

El Dipolo del Océano Índico (IOD) se conoce desde hace un poco mas de 20 años, por lo que ha sido mucho menos estudiado que otros patrones climáticos, incluido El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Durante la fase positiva del IOD (como ocurrió en el invierno y la primavera austral de 2019), las temperaturas superficiales del mar más frías de lo normal en el este del Océano Índico, se combinan con temperaturas más cálidas de lo normal en el oeste del Océano Índico tropical. Este contraste este-oeste en las condiciones oceánicas (un «dipolo») altera los patrones de viento, temperatura y precipitaciones en la región, provocando generalmente [inundaciones en el este de África](#) y sequías e incendios forestales en el este de Asia y Australia, entre otros impactos [ecológicos](#) y socioeconómicos. Durante la fase negativa del IOD, la ubicación de los patrones cálidos/fríos y sus impactos asociados se invierten. Al igual que con ENOS, el desarrollo de estas condiciones del IOD requiere la interacción entre la atmósfera y el océano.

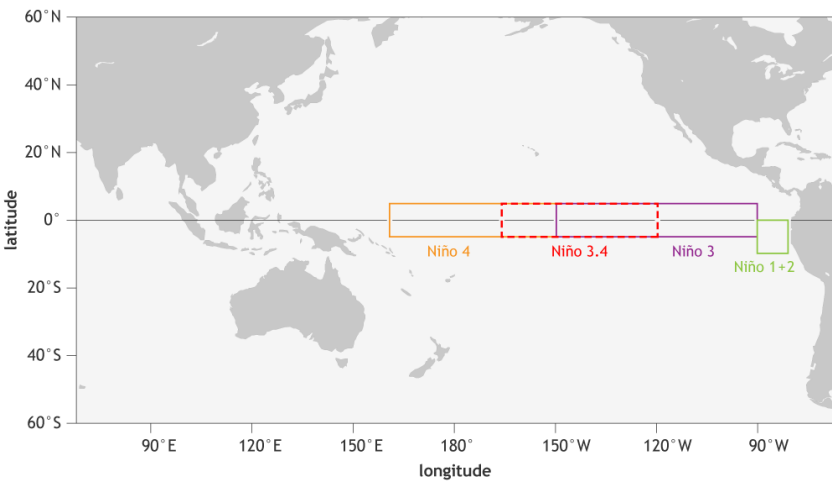


Ubicación de Estaciones Hidrológicas

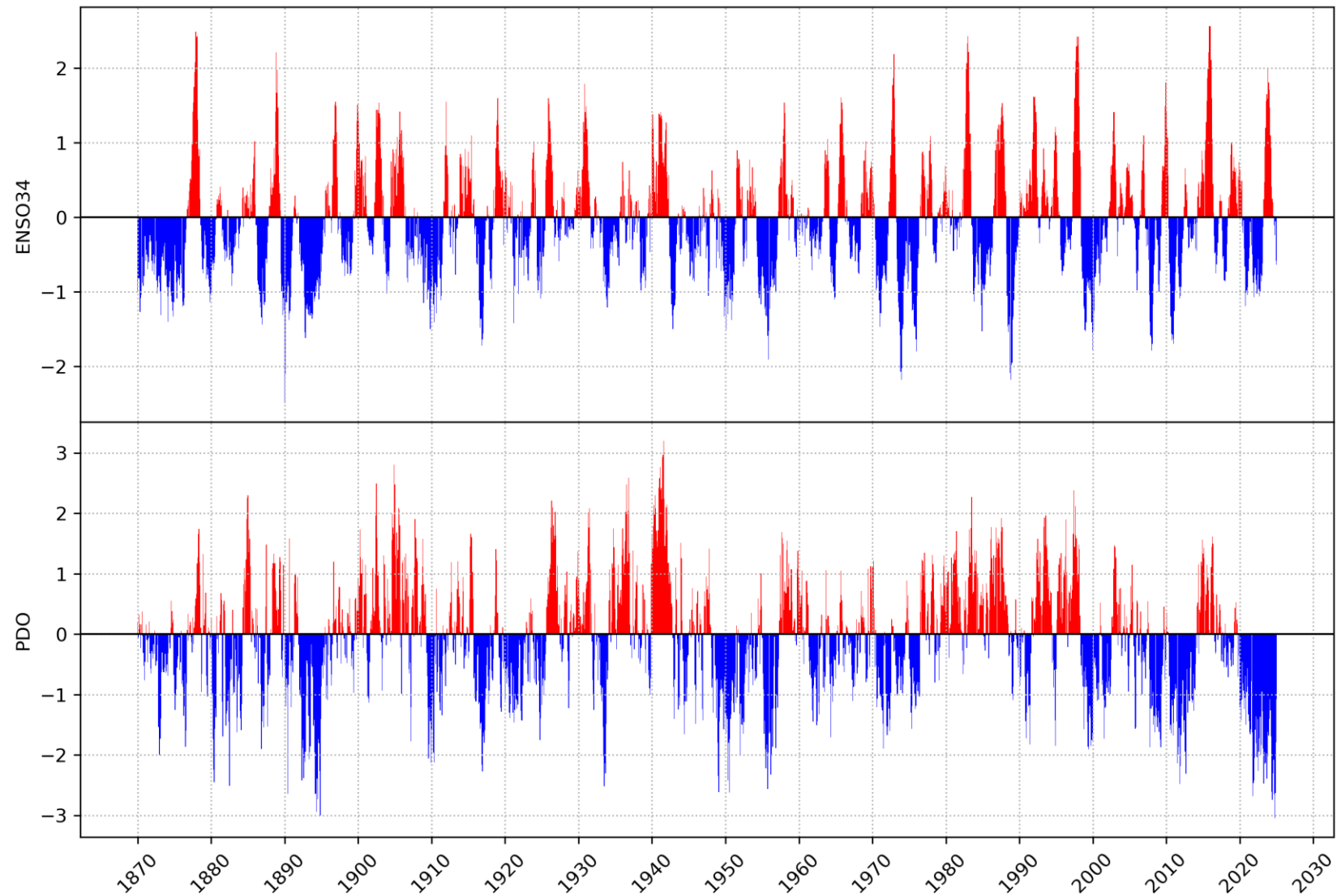


Disponibilidad de datos históricos en la cuenca del río Paraguay

Sea surface temperature



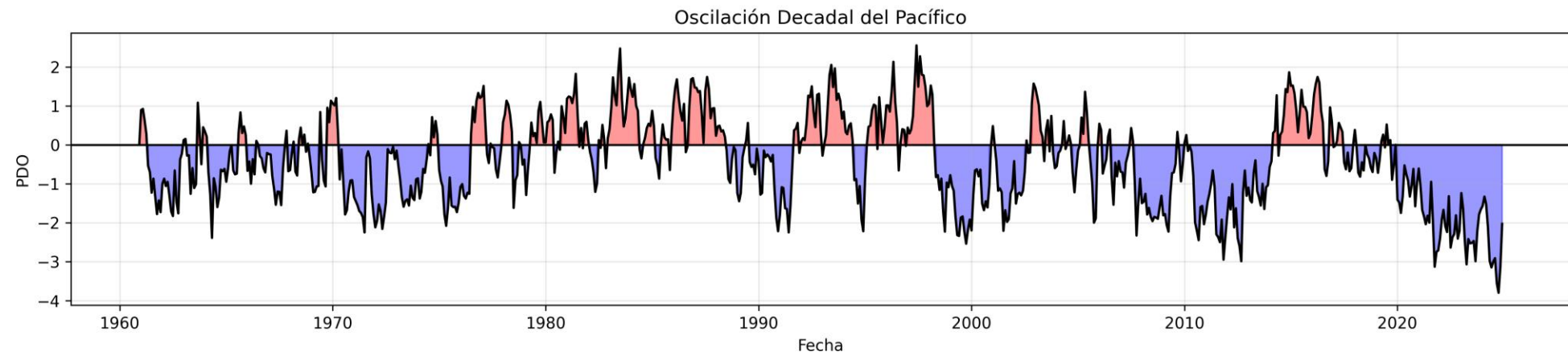
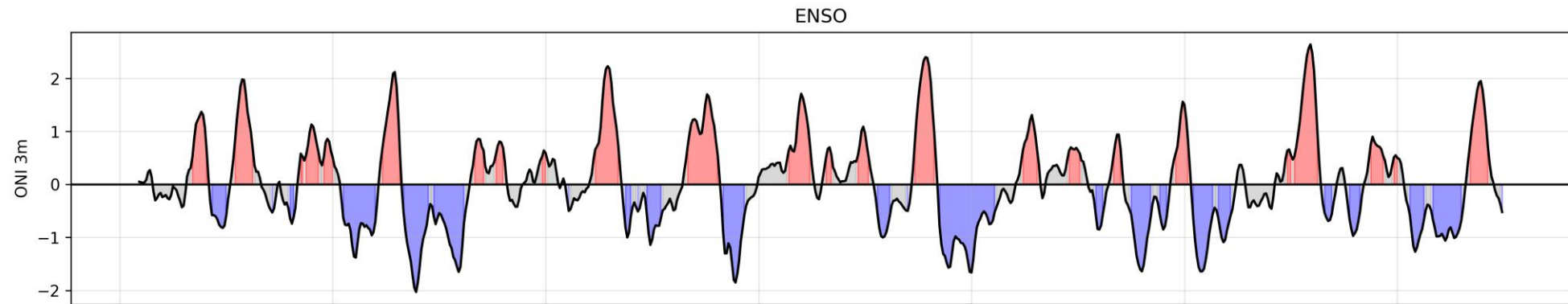
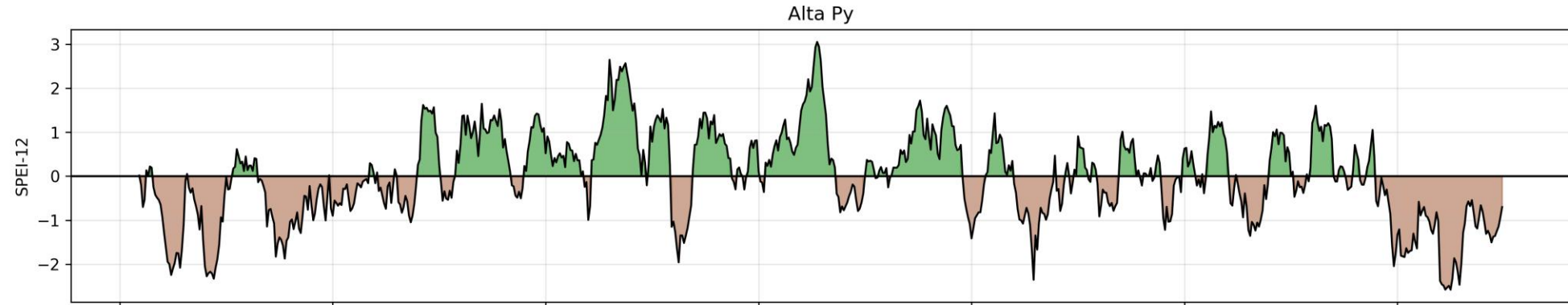
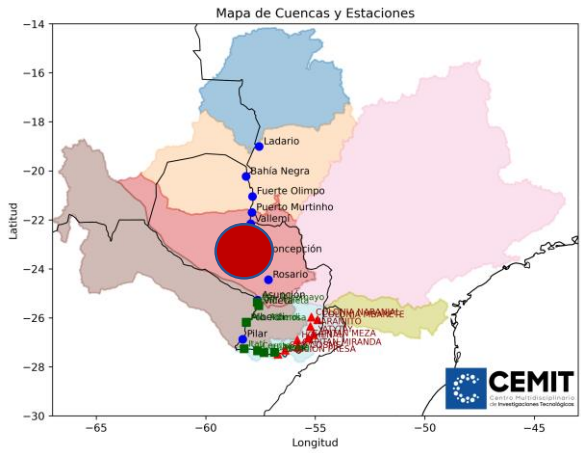
ENSO 3.4 vs PDO

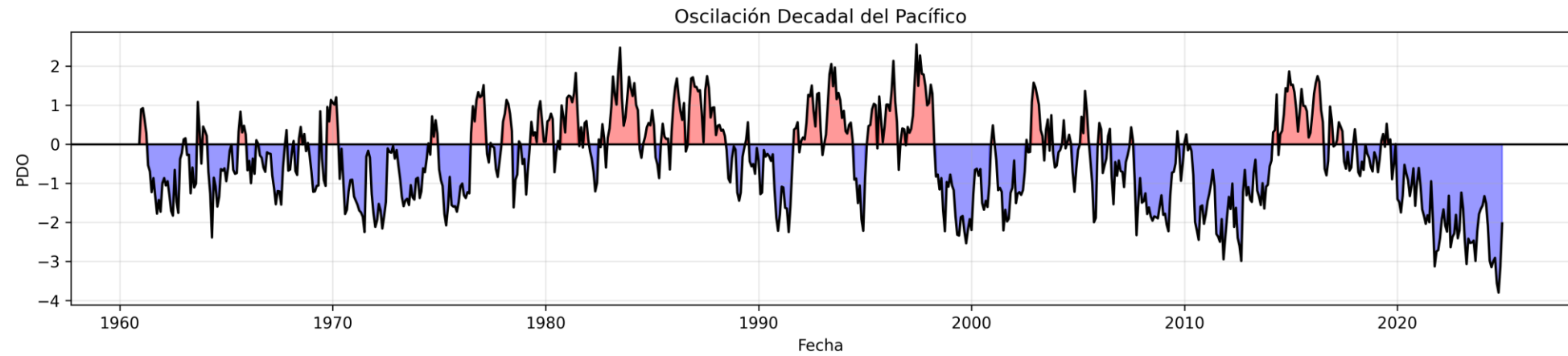
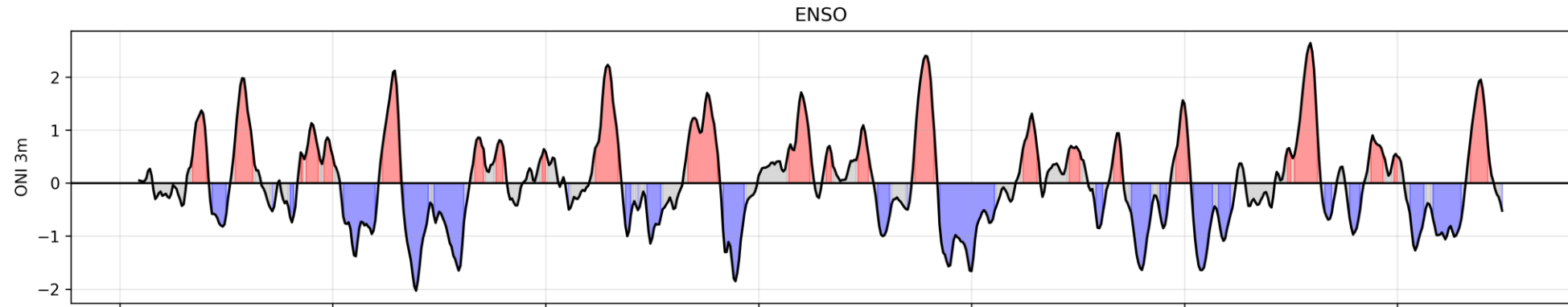
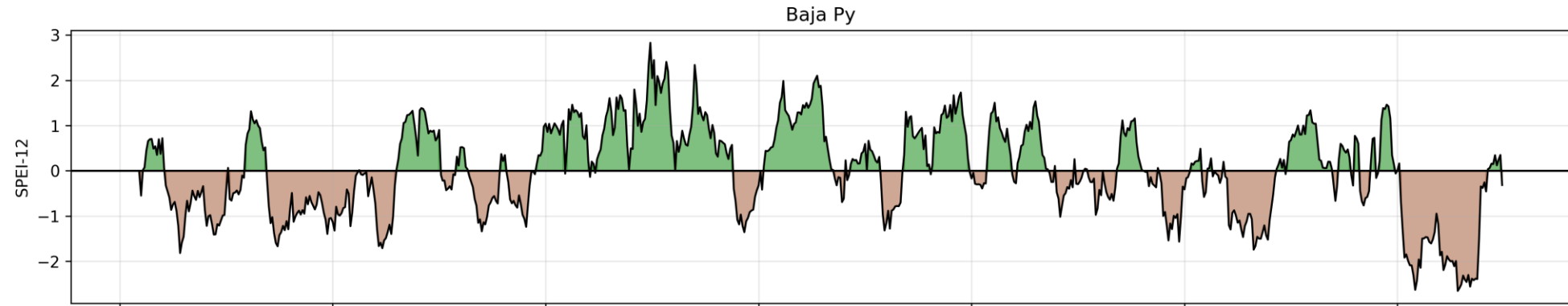
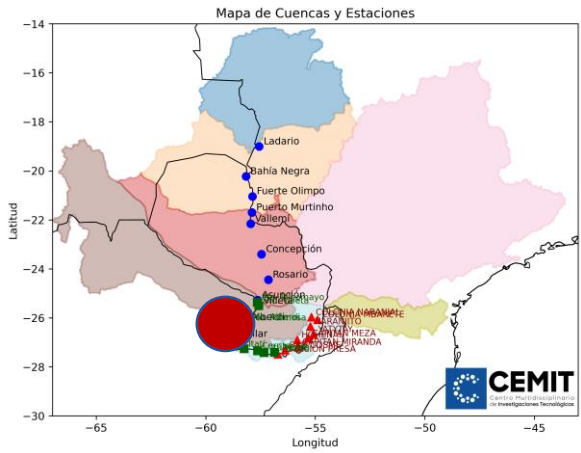


The NOAA Physical Sciences Laboratory (PSL) conducts research to advance the prediction of water availability and extremes.

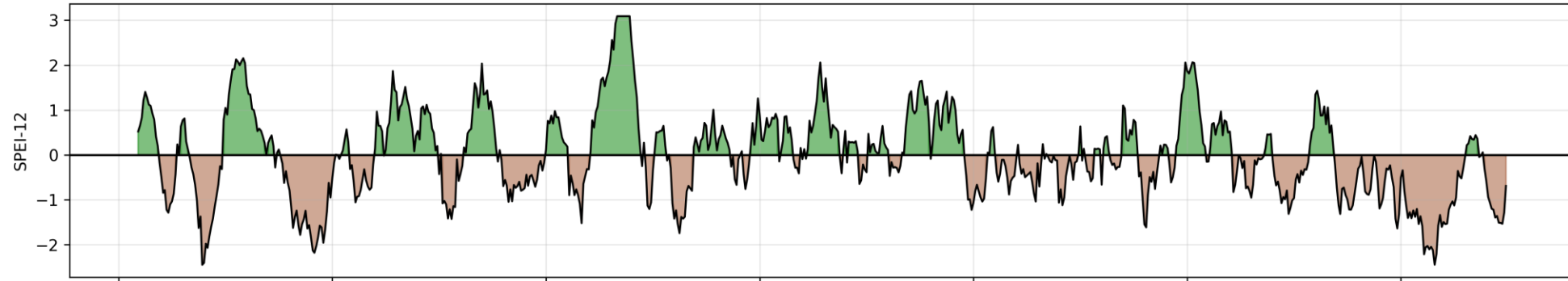
<https://psl.noaa.gov/pdo/>

<https://www.ncei.noaa.gov/products/extended-reconstructed-sst>

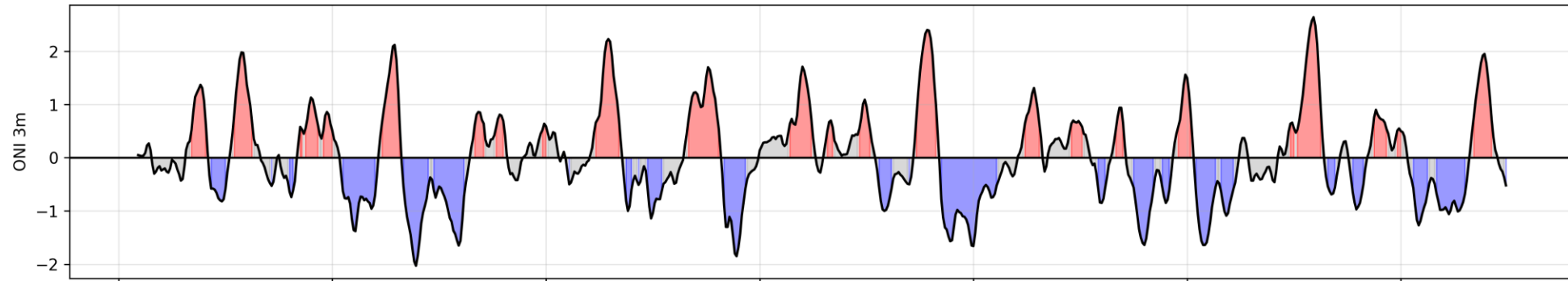




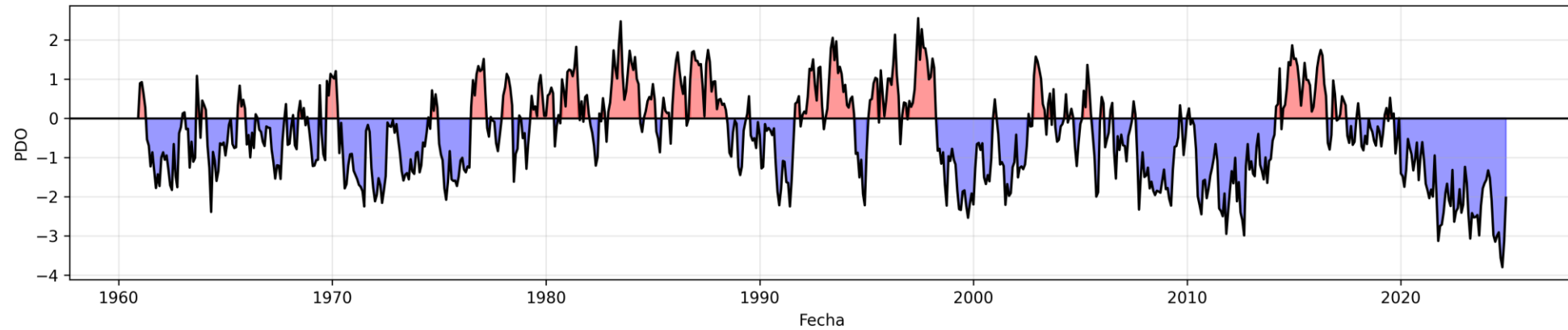
Alta Par



ENSO



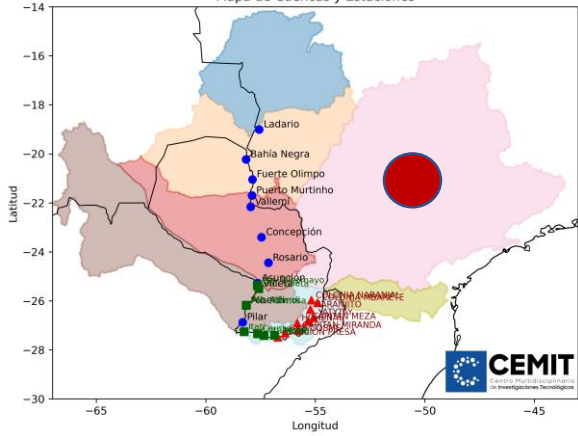
Oscilación Decadal del Pacífico

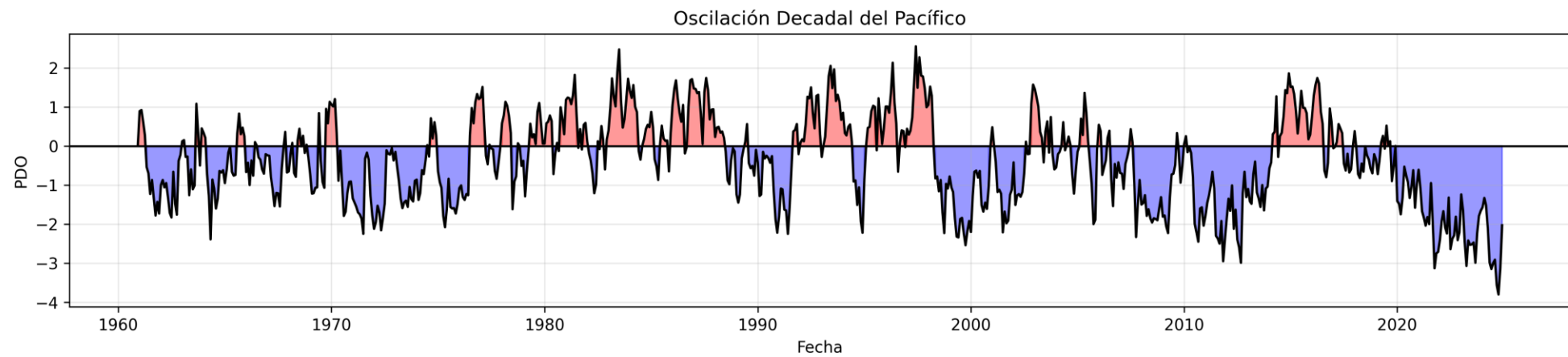
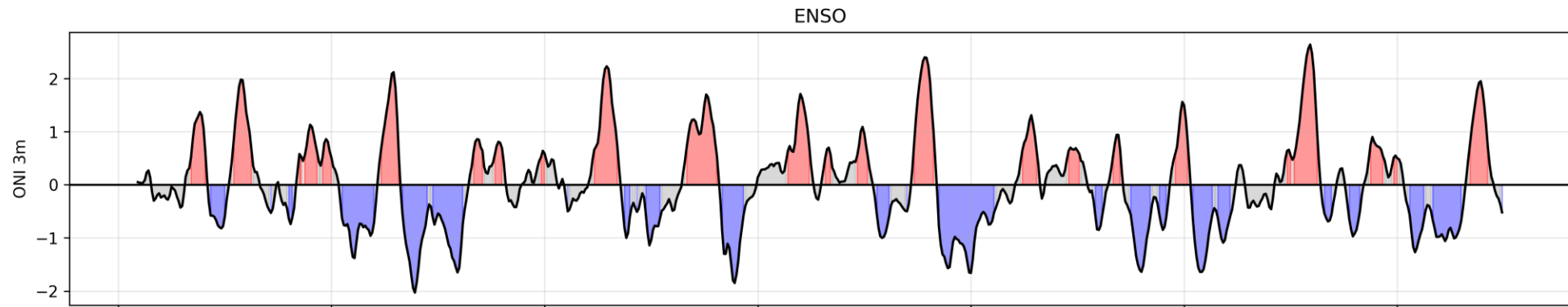
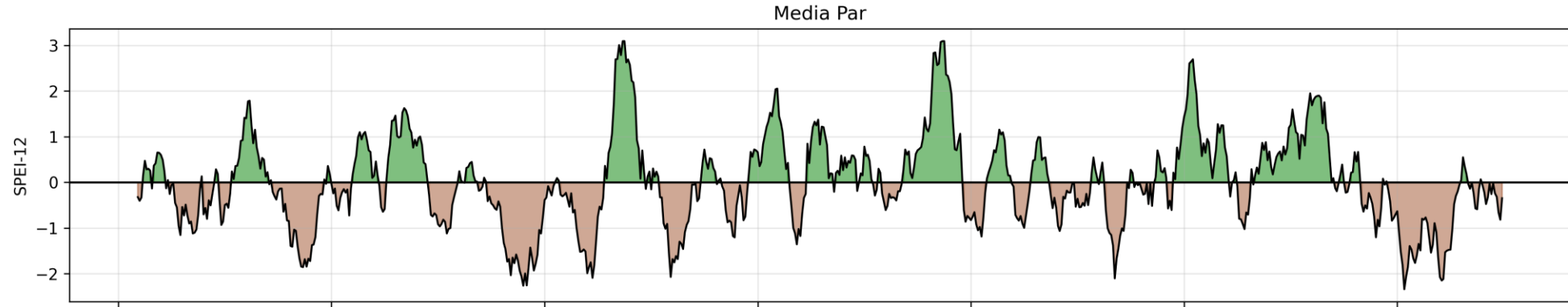
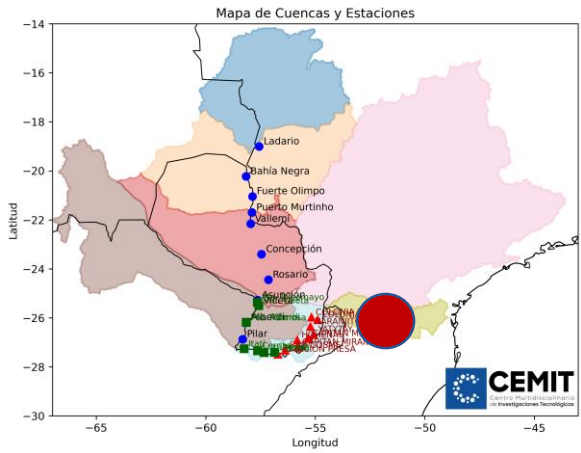


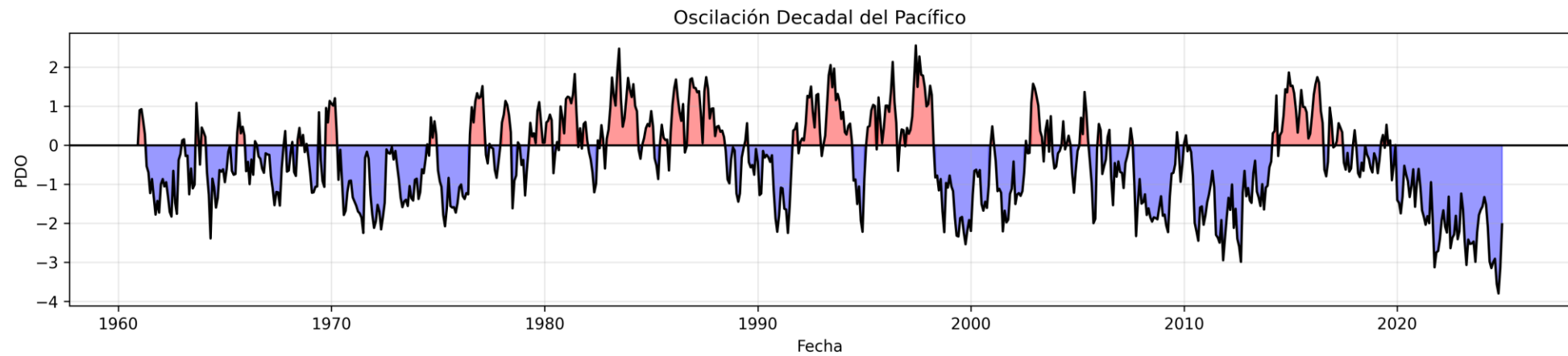
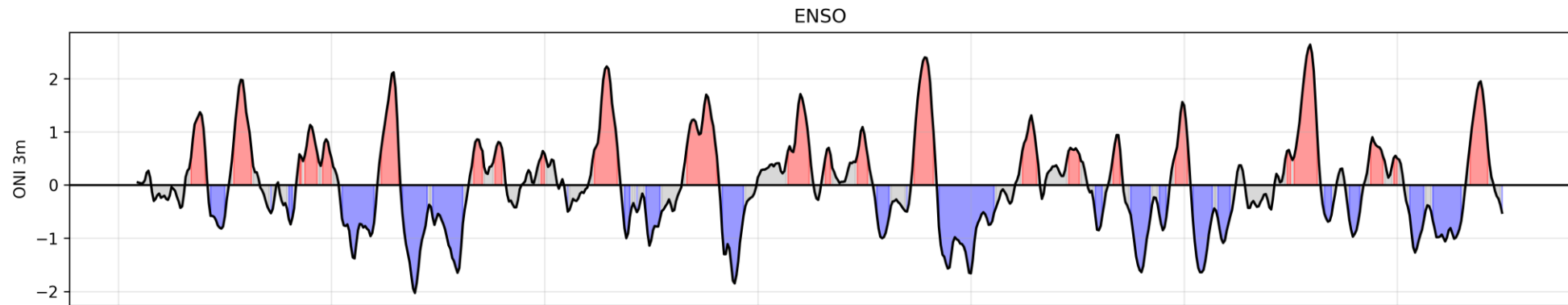
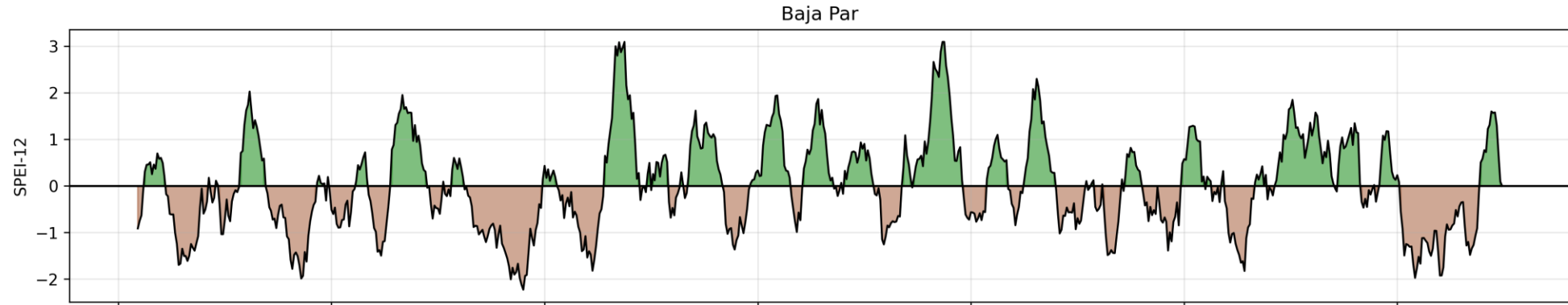
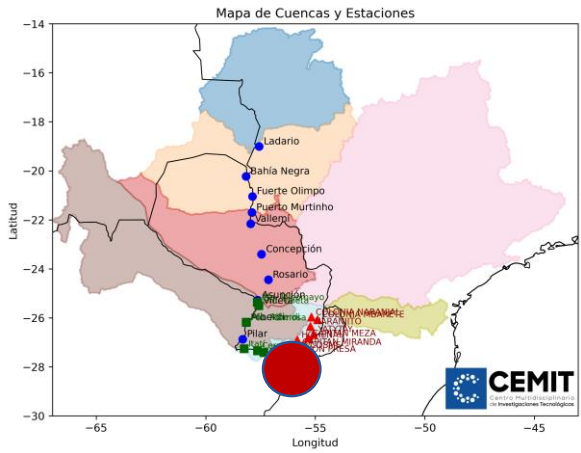
1960 1970 1980 1990 2000 2010 2020

Fecha

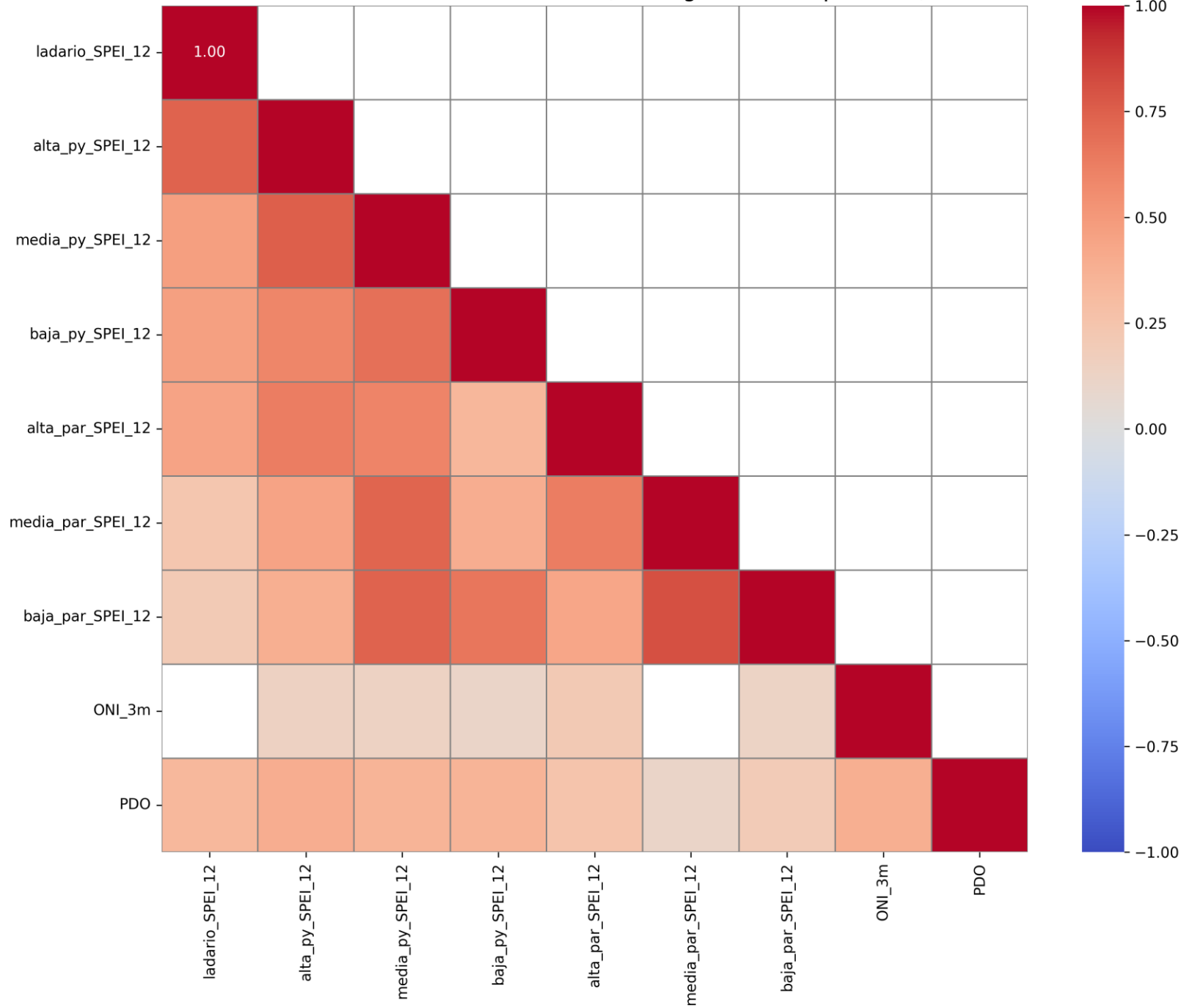
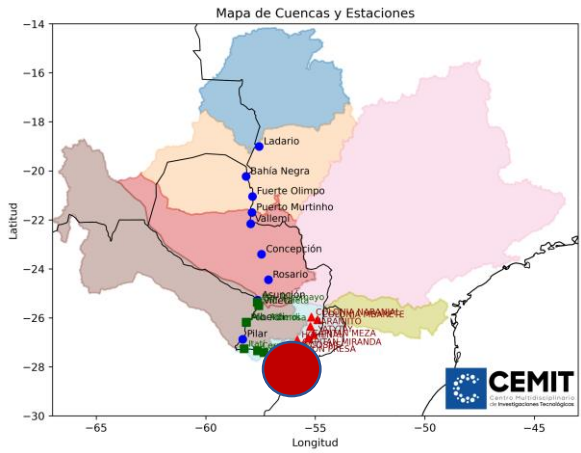
Mapa de Cuencas y Estaciones



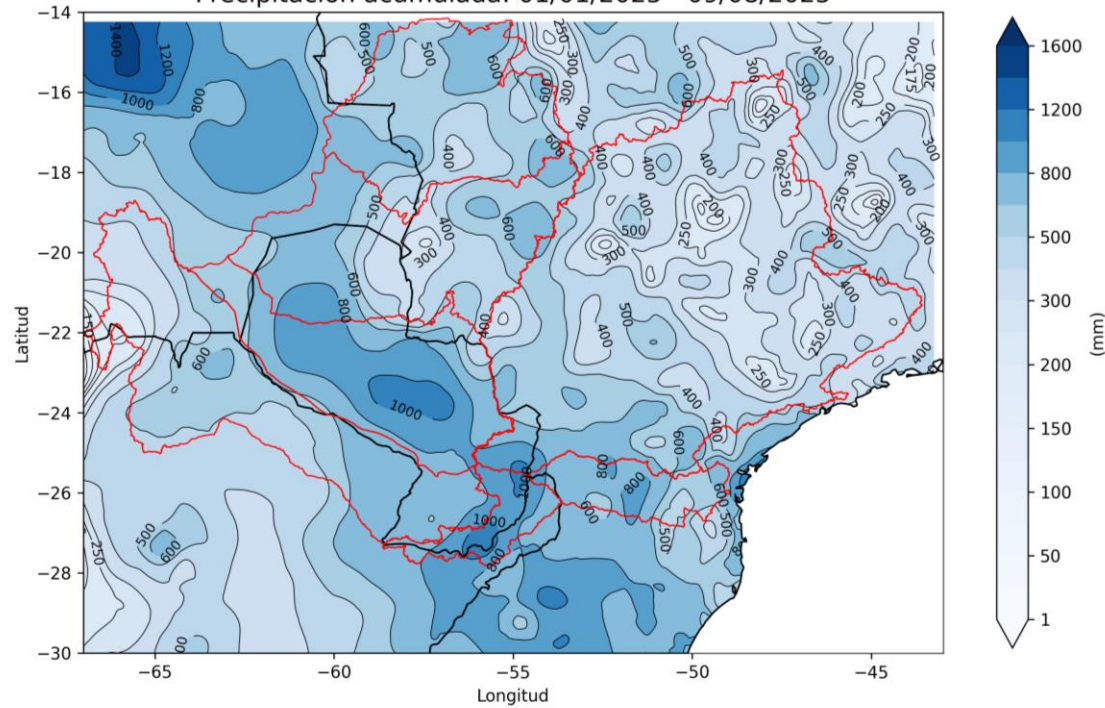




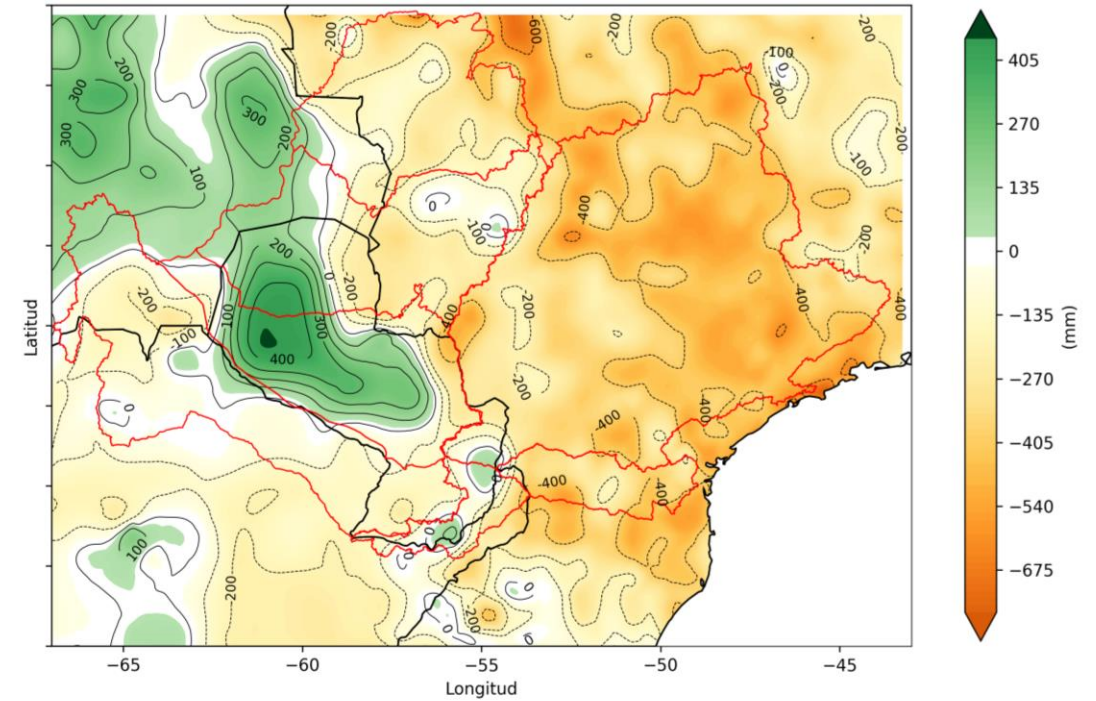
Matriz Global de Correlaciones (solo significativas, $p < 0.05$)



Precipitación acumulada: 01/01/2025 - 09/08/2025



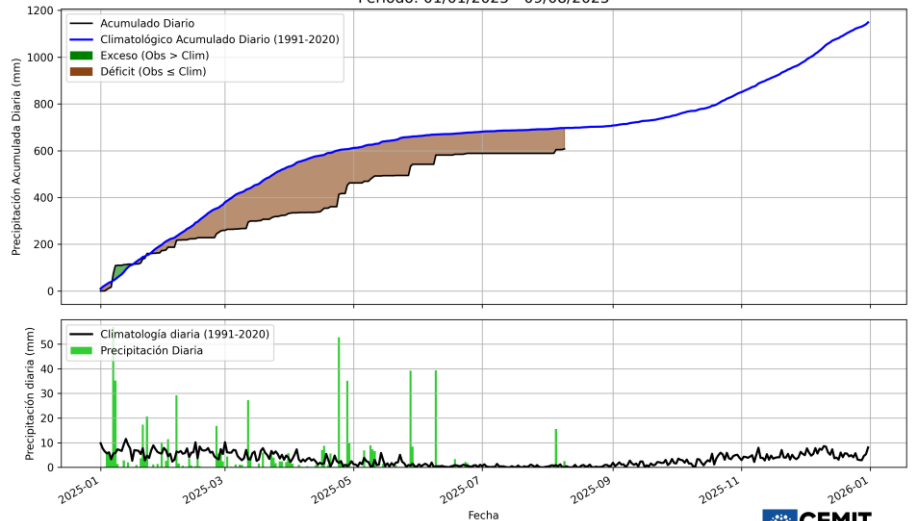
Anomalía acumulada: 01/01/2025 - 09/08/2025



Fuente de datos: CPC Unified Gauge-based Analysis of Global Daily Precipitation
<https://www.psl.noaa.gov/data/gridded/dat>

(Actualizado 12AUG2025)

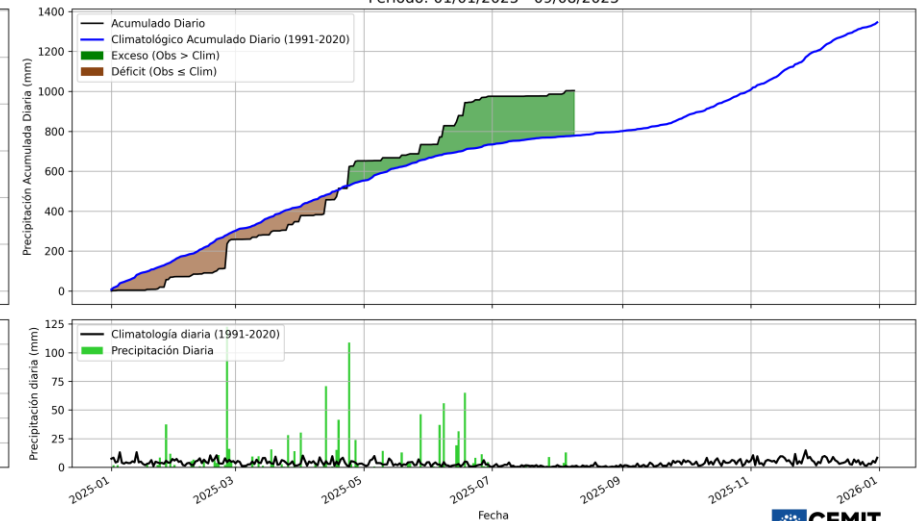
Cuenca Ladario
Precipitación Diaria (mm)
Período: 01/01/2025 - 09/08/2025



Fuente de datos: CPC (Gauge-Based) Unified Precipitation (Climatology 1991-2020)
<https://www.psl.noaa.gov/data/gridded/dat>

(Actualizado 12AUG2025)

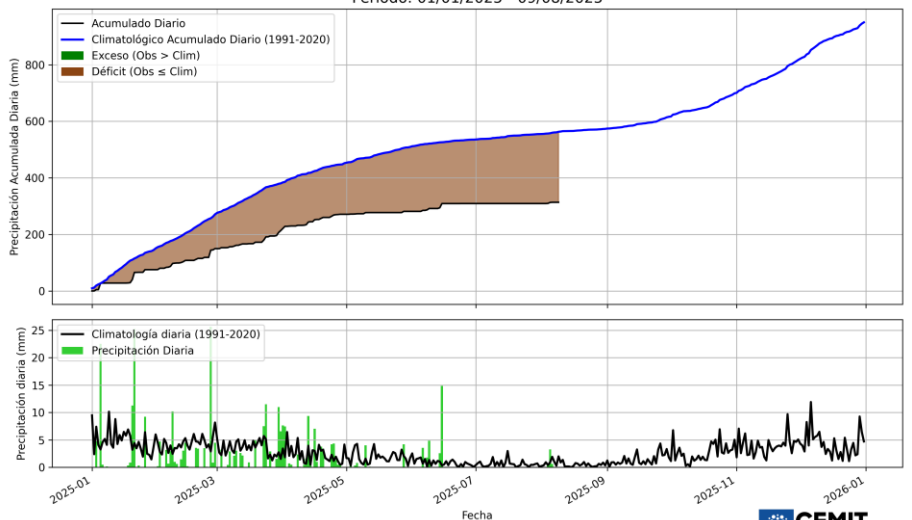
Cuenca Media Paraguay
Precipitación Diaria (mm)
Período: 01/01/2025 - 09/08/2025



Fuente de datos: CPC (Gauge-Based) Unified Precipitation (Climatology 1991-2020)
<https://www.psl.noaa.gov/data/gridded/dat>

(Actualizado 12AUG2025)

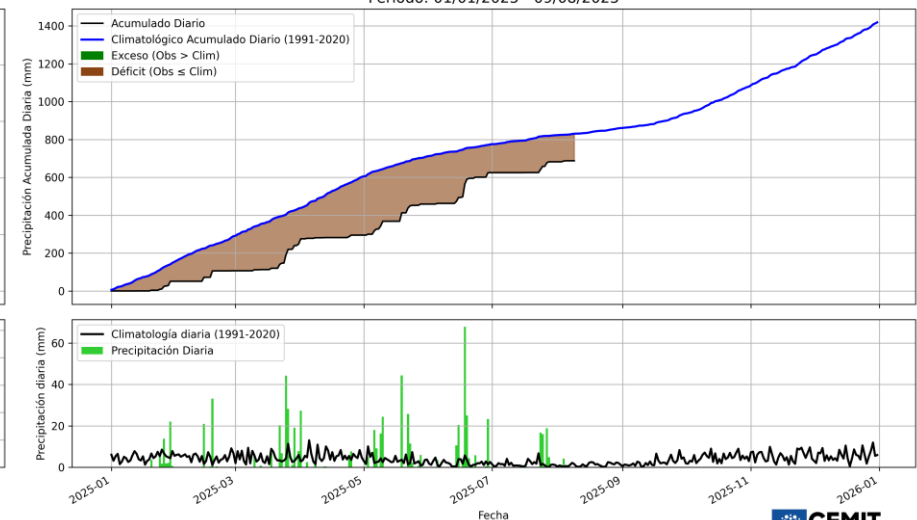
Cuenca Alta Paraguay
Precipitación Diaria (mm)
Período: 01/01/2025 - 09/08/2025



Fuente de datos: CPC (Gauge-Based) Unified Precipitation (Climatology 1991-2020)
<https://www.psl.noaa.gov/data/gridded/dat>

(Actualizado 12AUG2025)

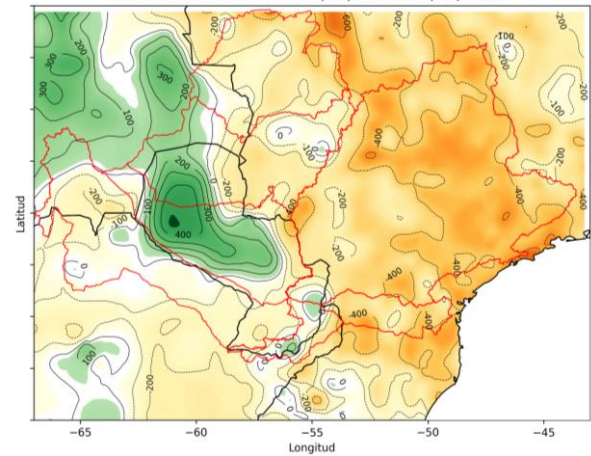
Cuenca Baja Paraguay
Precipitación Diaria (mm)
Período: 01/01/2025 - 09/08/2025



Fuente de datos: CPC (Gauge-Based) Unified Precipitation (Climatology 1991-2020)
<https://www.psl.noaa.gov/data/gridded/dat>

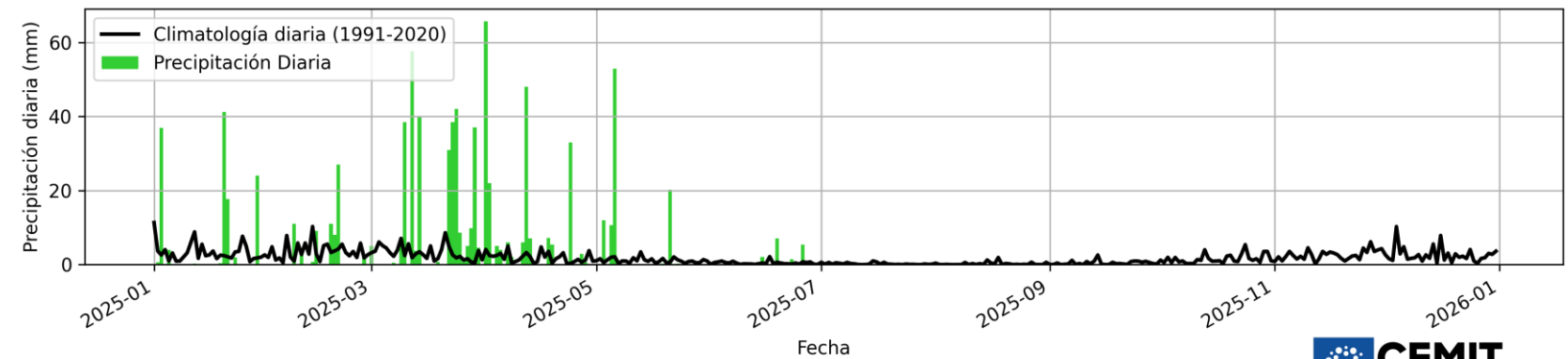
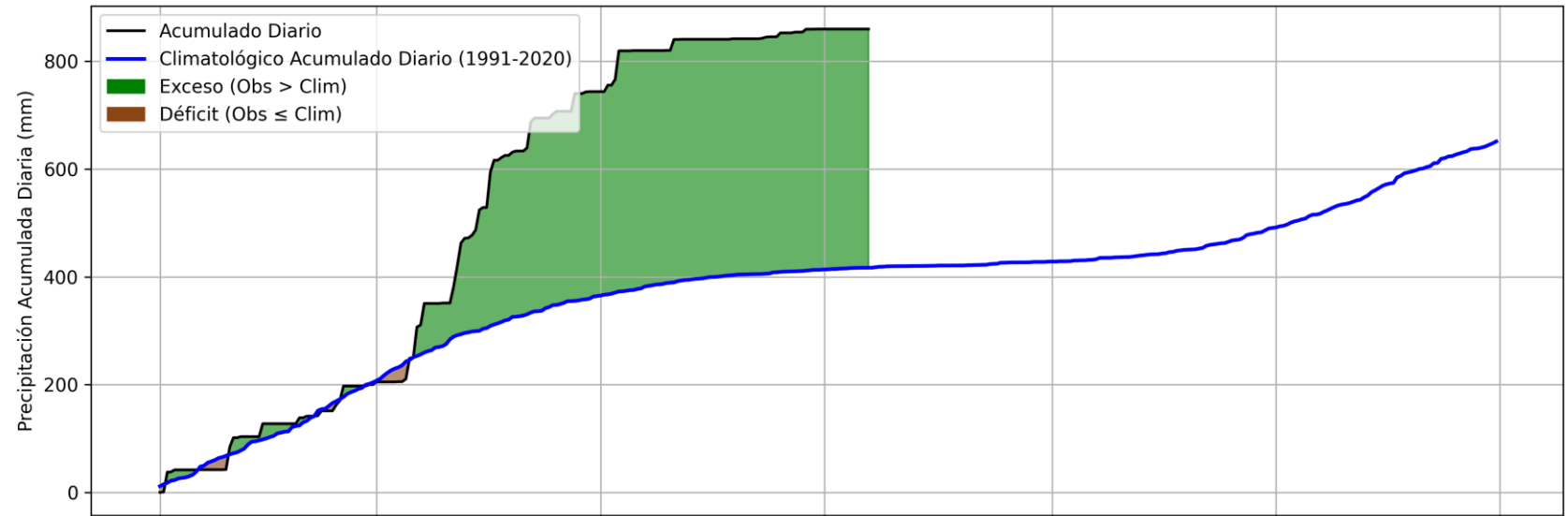
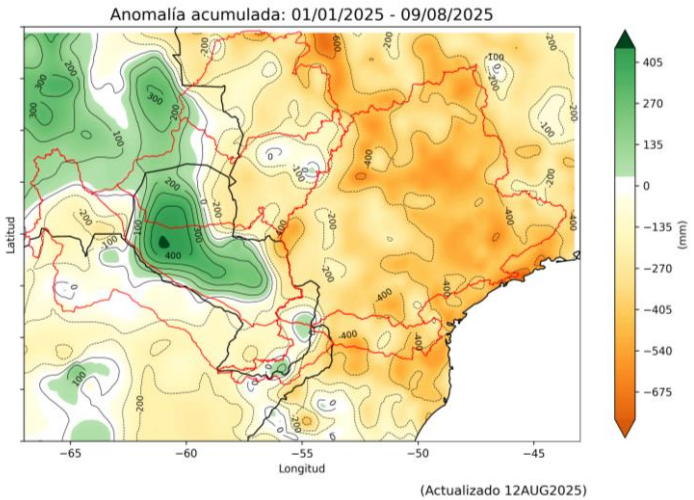
(Actualizado 12AUG2025)

Anomalía acumulada: 01/01/2025 - 09/08/2025



(Actualizado 12AUG2025)

Aeropuerto de Mcal. José Félix Estigarribia
Precipitación Diaria (mm)
Período: 01/01/2025 - 13/07/2025



Fuente de datos: CPC (Gauge-Based) Unified Precipitation (Climatology 1991-2020)
<https://www.psl.noaa.gov/data/gridded/dat>

(Actualizado 15JUL2025)

Pronósticos Hidrológicos con Sibila®

Hydro:

Paraguay NDE 2024/2025

info@alioscorporation.com

Alisios Corporation

Servicios



Firma consultora boutique de alcance global, centrada en servicios a medida para la gestión de riesgos hidrometeorológicos, climáticos y socioeconómicos.



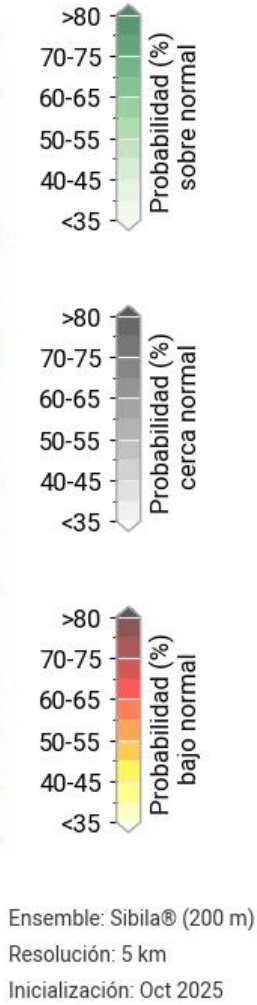
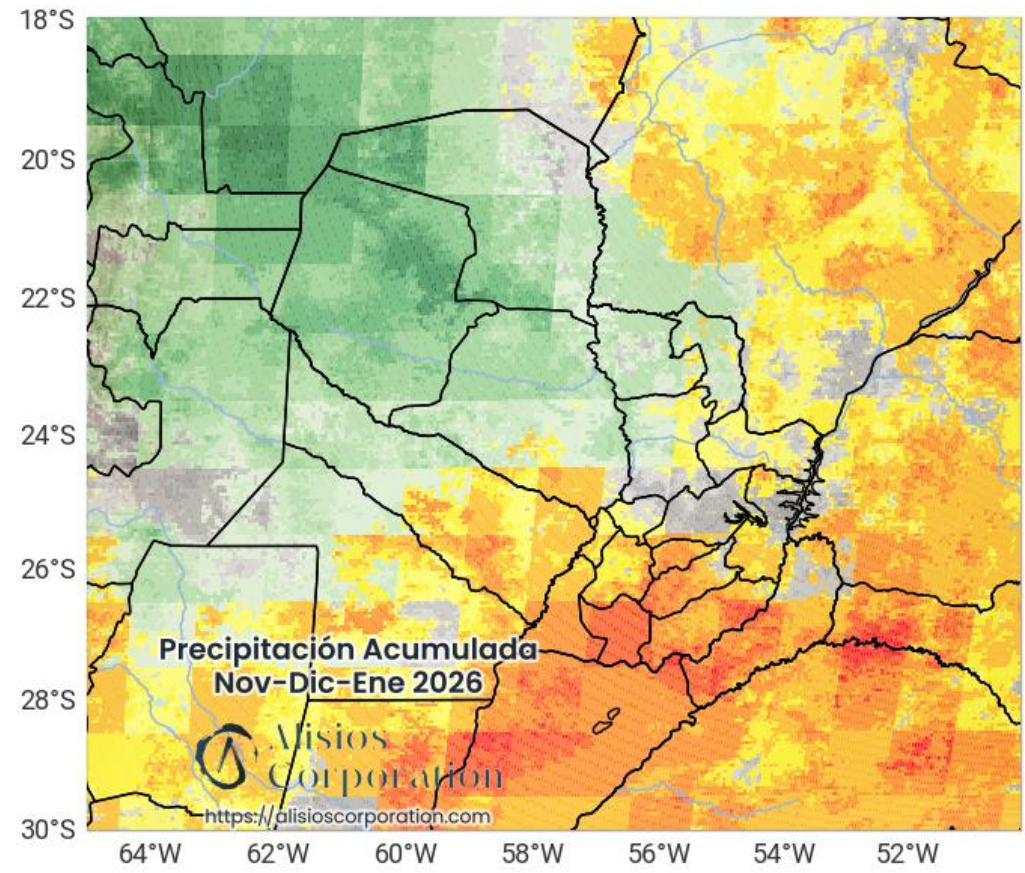
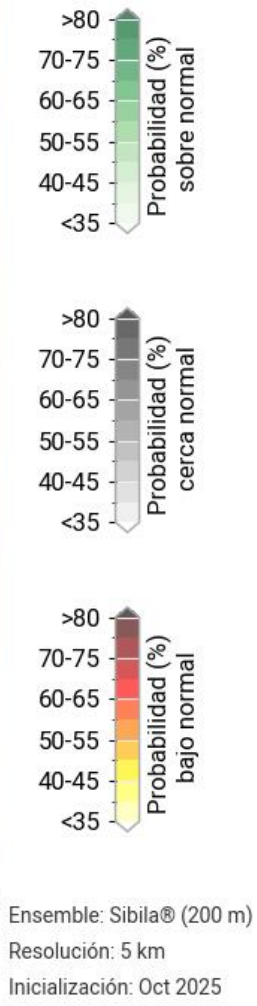
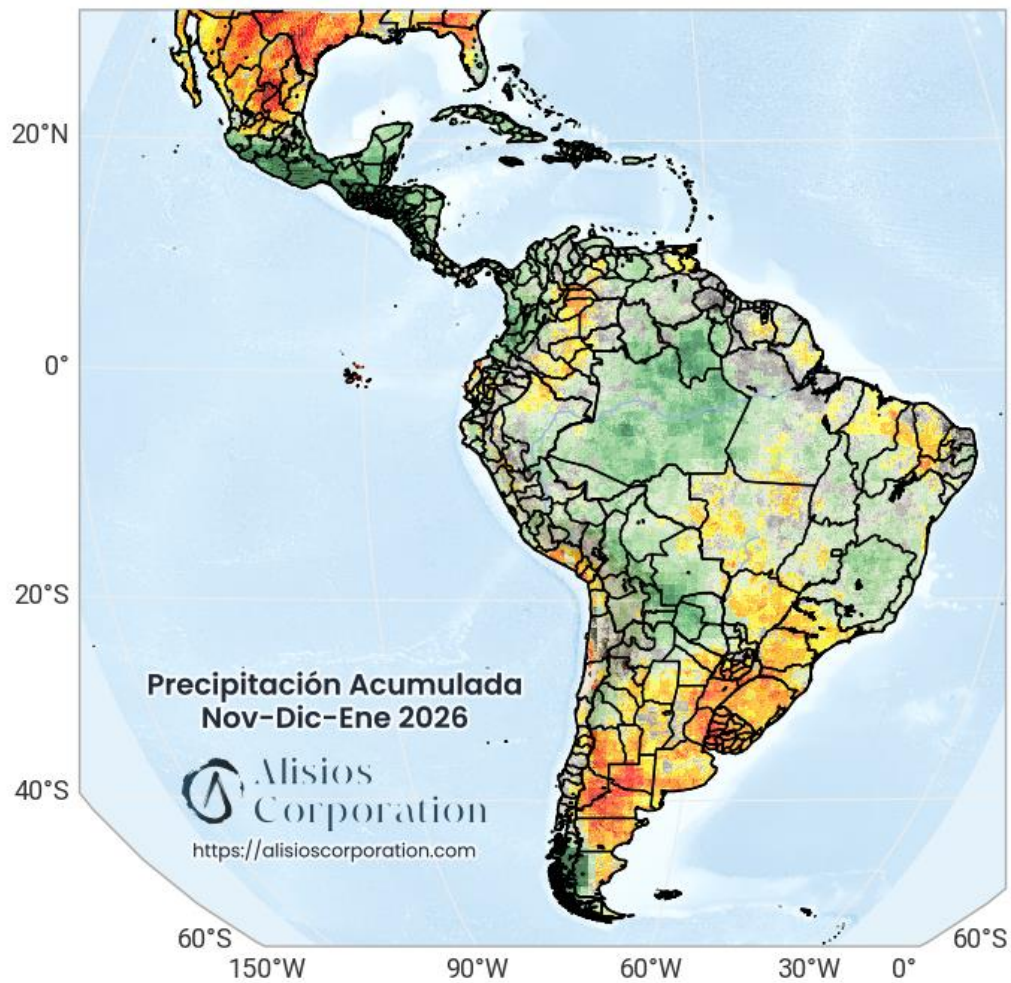
CEMIT

Centro Multidisciplinario
de Investigaciones Tecnológicas

[@alisioscorp](#)

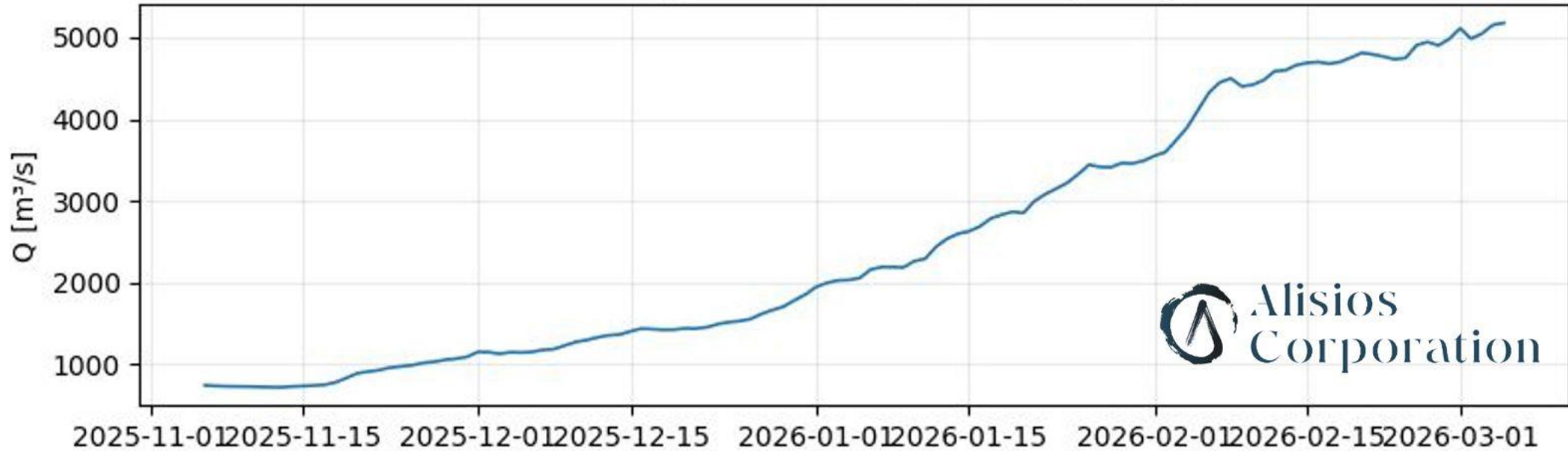
info@alisioscorporation.com

<https://alisioscorporation.com>



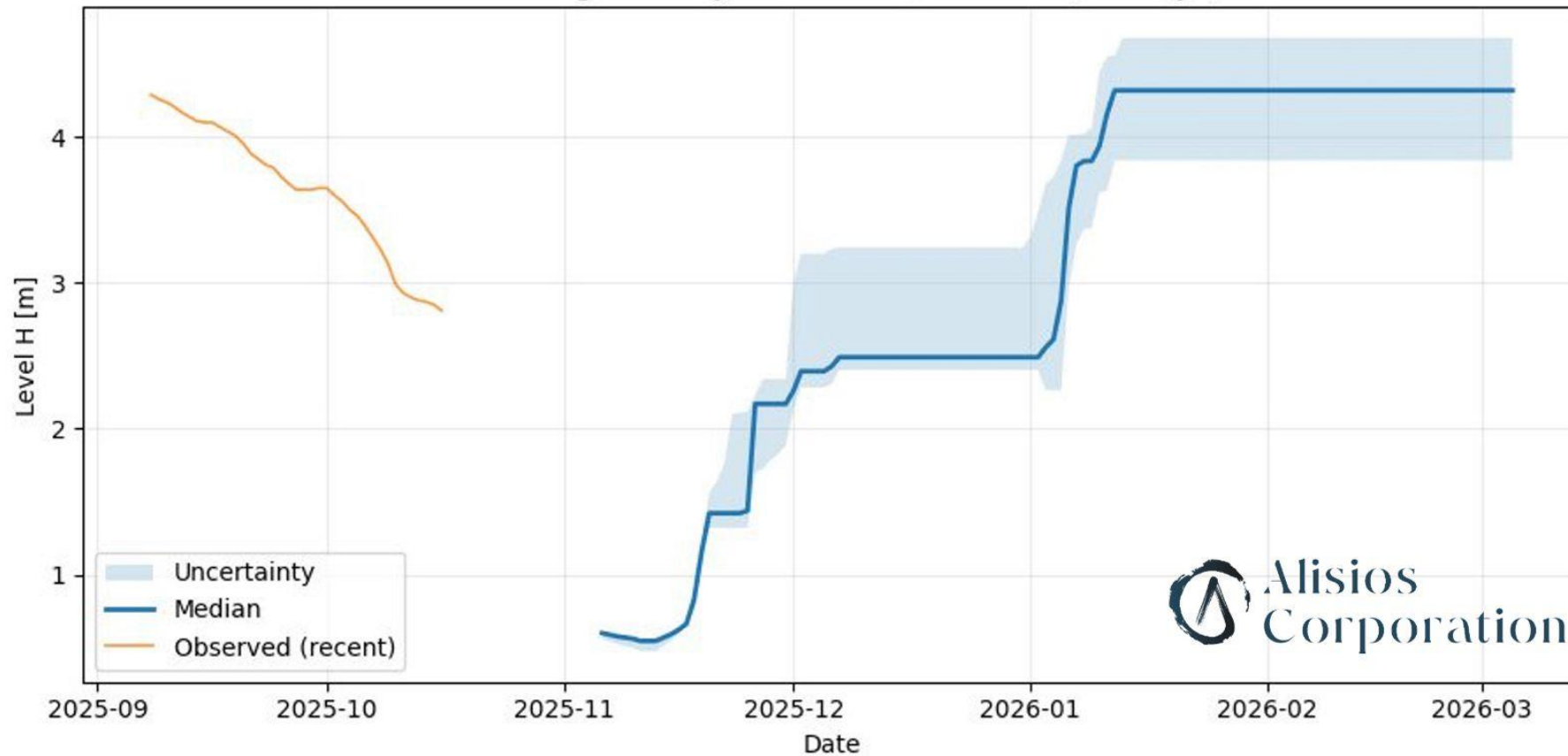
Esto es Sibila, es un ensemble multi-modelo usando un método de multi-calibración basado en reconocimiento de patrones espaciotemporales. 10 km de resolución a escala global. Se puede bajar a 5 km o menos para regiones específicas

Bahia Negra - forecast Q median (sanity)



Esto es Sibila, es un ensemble multi-modelo de 200 miembros usando un método de multi-calibración basado en reconocimiento de patrones espaciotemporales. 10 km de resolución a escala global. Se puede bajar a 5 km o menos para regiones específicas

Bahia Negra - Daily level Sibila® forecast (120 days)



Esto es Sibila, es un ensemble multi-modelo de 200 miembros usando un método de multi-calibración basado en reconocimiento de patrones espaciotemporales. 10 km de resolución a escala global. Se puede bajar a 5 km o menos para regiones específicas



UNA

Predicción basada en GRU del nivel del río Paraguay utilizando covariables hidrometeorológicas y reentrenamiento periódico.

Autores

Nelson Ruiz · Giuliano González · Diego P. Pinto-Roa · Diego H. Stalder · Max Pasten

Afiliaciones

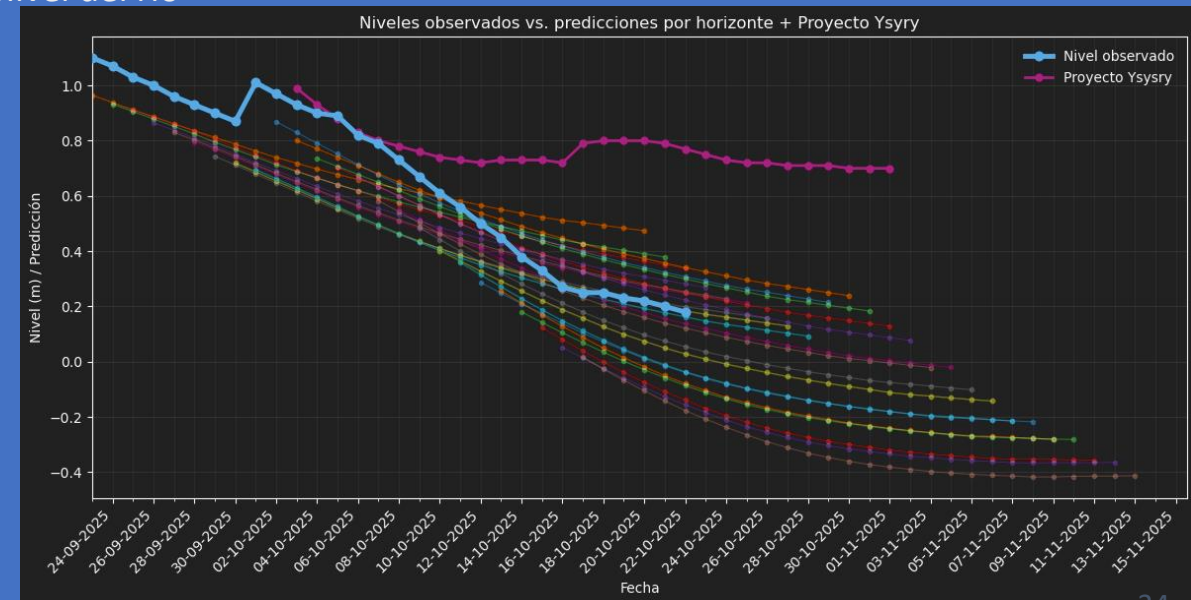
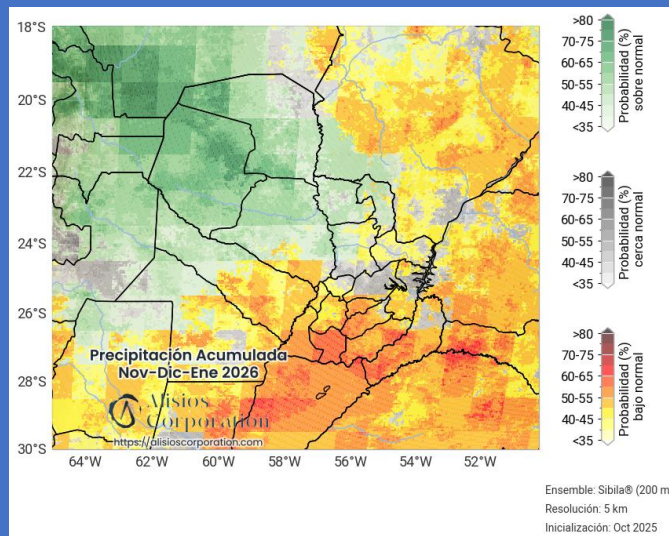
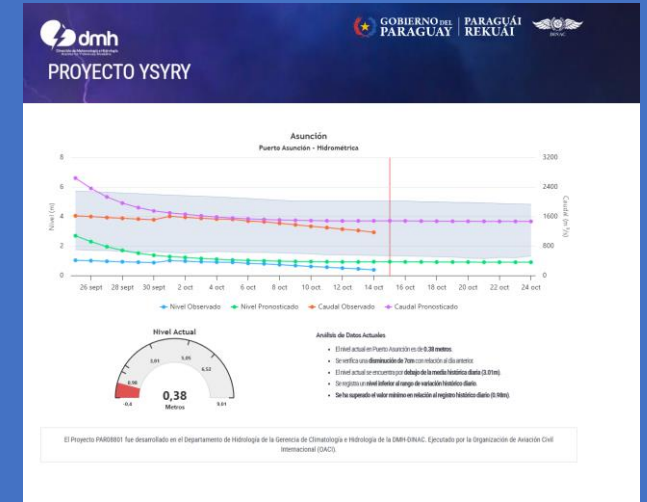
Facultad Politécnica – Universidad Nacional de Asunción

Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Asunción

CEMIT – Universidad Nacional de Asunción

Aplicaciones prácticas y posibles usos

- Integración en sistemas de alerta temprana para crecidas y bajantes
- Actualización automatizada con nuevos datos de lluvia y caudal
- Soporte a la gestión del agua y toma de decisiones en tiempo real
- Potencial para integrarse en portales como el de la Dirección de Meteorología e Hidrología de Paraguay
- Mejora de la planificación logística y portuaria ante variaciones del nivel del río
- Base para modelos híbridos (datos + conocimiento físico)



Conclusiones y trabajo futuro

Conclusiones principales

- El modelo GRU multivariado con reentrenamiento anual superó consistentemente al modelo base.
- Logró un NSE de 0.9455 y redujo el MAPE en más del 50 %.
- Mostró mayor estabilidad durante eventos extremos (e.g. La Niña 2020–2021).
- Las covariables hidrometeorológicas mejoraron la capacidad de generalización.

Trabajo Futuro

- Extender el modelo a otras estaciones de la cuenca.
- Incluir nuevas variables exógenas (uso de suelo, evaporación, viento)
- Explorar modelos híbridos
- Desarrollar un despliegue operativo del modelo.

Actualmente con la cooperación de Alisios se está incorporando los datos de la salida del modelo climático





UNA



CEMIT
Centro Multidisciplinario
de Investigaciones Tecnológicas



Empresa
privada

¡Gracias!
Preguntas y comentarios