

PATROCINADO POR:



CON EL APOYO DE:



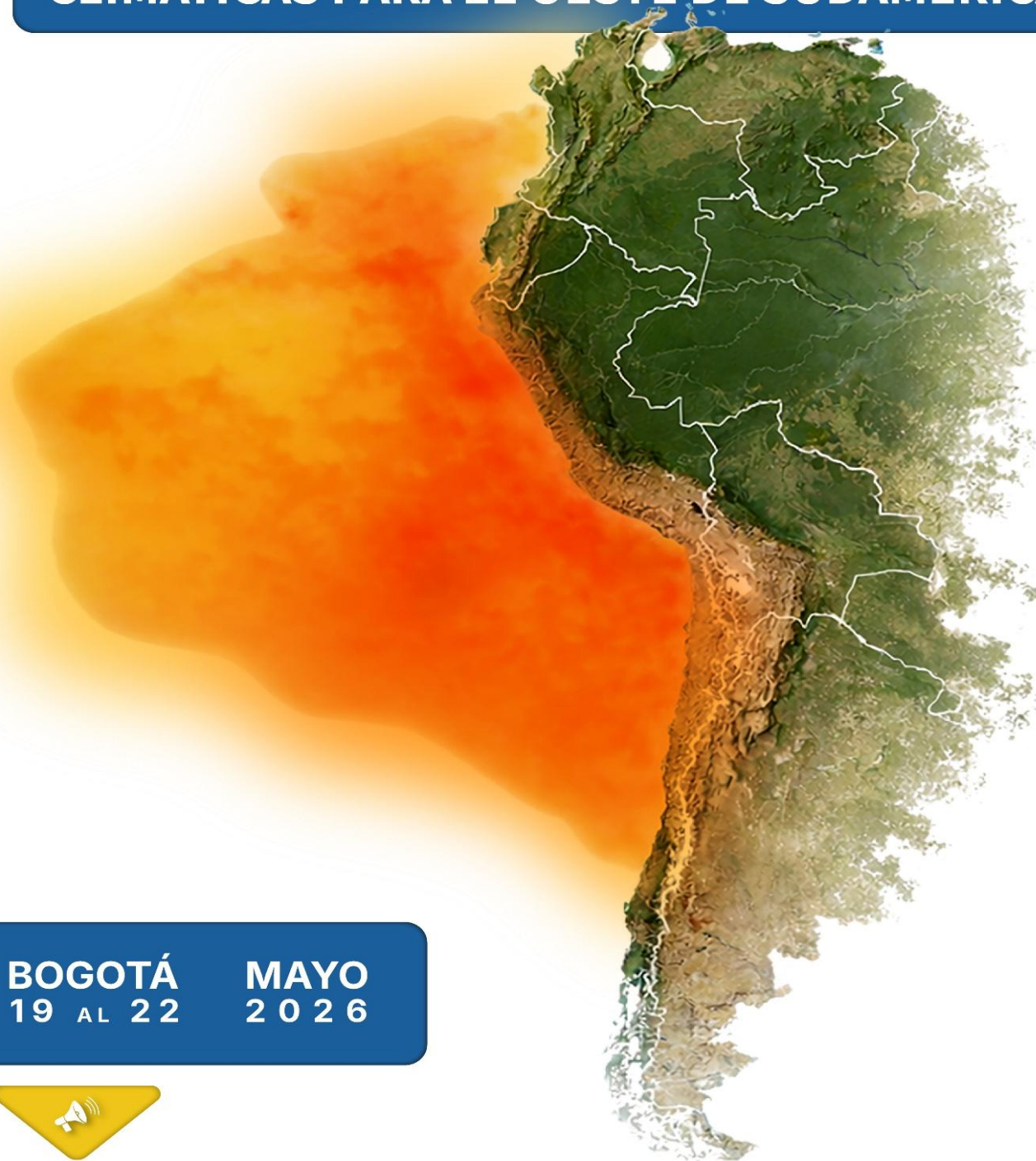
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



ORGANIZACIÓN
METEOROLÓGICA
MUNDIAL



XXV FORO REGIONAL DE PERSPECTIVAS CLIMÁTICAS PARA EL OESTE DE SUDAMÉRICA



BOGOTÁ **MAYO**
19 AL 22 2026



ORGANIZADO POR:



PROYECTOS ALIADOS:



**SEQUÍAS
ANDES**



TABLA DE CONTENIDO

Antecedentes	3
Día 1 – Condiciones climáticas 2025 y perspectivas climáticas MJJ 2026	5
Sesiones de Presentaciones Institucionales.....	5
Palabras de apertura del Foro XXV – Ghislane Echeverry – Directora del IDEAM	5
Rol de los servicios climáticos en la región – Pablo Cornejo – Director del INAMHI	5
Condiciones climáticas y eventos extremos registrados en el año 2025.....	7
Perspectivas climáticas MJJ 2026 – A nivel regional.....	14
Día 2 – Aproximación metodológica ONI-RONI	18
Actualización de pronósticos climáticos ONI vs RONI – Julieta Serna – IDEAM	20
Discusión de la sesión – Ángel Muñoz – Consultor experto	22
Capacitación: Herramienta Climate Predictability Tool (CPT).....	24
Día 1 – Fundamentos estadísticos y conceptuales.....	24
De la Primera Generación a NextGen (Siguiendo Generación de Pronóstico)	24
CPT Plus, Funciones Ortogonales Empíricas (EOF) y Regresión de Componentes Principales (PCR)	25
Validación de modelos vs Verificación de pronósticos	27
Laboratorio: Configuración de CPT Plus e Inyección de Llaves CDS Copernicus.....	27
Día 2 – Preparación de datos y generación de pronósticos y verificación.....	29
Configuración y Selección de Modos Físicos en CPT Plus	30
Configuración del Ejercicio Práctico: Pronóstico del SPEI	30
Análisis Visual de las Cargas Estadísticas y Series de Tiempo	30
Día 3 – Verificación, integración y Cierre de la sesión	31
Configuración Práctica del Experimento en CPT	31
Interpretación de Métricas en Pronósticos Probabilísticos	31
Modos avanzados de evaluación de los modelos	32
Conclusiones	34
Anexos	35
Listado de participantes	35
Registro fotográfico.....	36

Informe final del XXV Foro Regional de Perspectivas Climáticas para el Oeste de Sudamérica

Antecedentes

Los Foros Regionales de Perspectivas Climáticas (RCOFs, por sus siglas en inglés) son plataformas colaborativas que reúnen a representantes de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN), instituciones de investigación, centros regionales y globales, y actores clave del sector socioeconómico para producir de forma consensuada perspectivas climáticas estacionales. Establecidos desde 1996, los RCOFs han evolucionado hacia los Foros Climáticos Regionales: un marco más amplio que abarca el espectro completo del Sistema de Información de Servicios Climáticos (CSIS), incorporando productos que van desde observaciones históricas hasta proyecciones de cambio climático y que además transitan de un enfoque subjetivo a un proceso de pronóstico basado en métodos objetivos¹.

En este marco, el XXV Foro Regional de Perspectivas Climáticas para el Oeste de Sudamérica (RCOF-OSA) es un espacio de encuentro, diálogo y discusión técnica que reúne a especialistas de los SMHN de los seis países de la región: Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. En esta edición, se contó con la participación de Panamá en calidad de país invitado, dada su cercanía geográfica y climática con la región, presentando sus condiciones y perspectivas climáticas.

3

El XXV RCOF-OSA tuvo como objetivos analizar las condiciones climáticas registradas durante 2025 e identificar impactos de eventos extremos en la región; elaborar de forma conjunta las perspectivas climáticas para el trimestre mayo-julio (MJJ) de 2026; y fortalecer las capacidades técnicas regionales mediante un taller especializado de tres días en el uso de la herramienta CPT (Climate Predictability Tool), con énfasis en la generación, verificación y evaluación de pronósticos probabilísticos de sequías.

En julio de 2025, el XXIV Foro fue realizado en Quito, Ecuador, y los principales temas discutidos fueron:

- Análisis de la evolución y los impactos del evento El Niño 2024–2025 en el Oeste de Sudamérica (OSA).
- Evaluación del progreso en el monitoreo de la sequía en el OSA, necesidades en la generación de pronósticos en cuanto a sequías y discusión sobre los siguientes pasos.
- Verificación de pronósticos y presentación de las perspectivas climáticas para el periodo julio–septiembre (JAS) 2025 en cada país de la región.
- Presentación de servicios climáticos desarrollados y avances en la gestión de sequías en los diferentes países del OSA.

¹ <https://wmo.int/activities/csis/regional-climate-outlook-forums-and-regional-climate-forums>

Proyectos:

- Socialización de los avances y levantamiento de necesidades de los distintos sectores involucrados en la gestión de sequías, fortaleciendo su vinculación con la academia y promoviendo el intercambio de aportes técnicos y científicos relacionados con esta temática.
- Desarrollo de mesas técnicas de trabajo para identificación de necesidades y brechas en cuanto a metodología e información para mejorar la gestión de sequía.

En este sentido, en el presente informe se describirán los principales hallazgos del XXV Foro Regional de Perspectivas Climáticas, realizado en Bogotá, Colombia, entre el 19 al 22 de mayo del 2026, que, en esta oportunidad, contó con el auspicio de:

- **Proyecto Sequías-ANDES:** "Fortalecimiento de la gestión de sequías en los países del Oeste de Sudamérica a través del fomento al desarrollo de políticas públicas", con apoyo de la cooperación técnica Sur-Sur y España. Es una iniciativa del Programa Regional Arauclima de la Cooperación Española, centrada en la reducción de los impactos negativos de las sequías en los seis países andinos del Oeste de Sudamérica. Sus componentes principales son: el fortalecimiento institucional y comunitario mediante el desarrollo de capacidades técnicas; la elaboración de propuestas de planes, medidas o políticas nacionales o locales de gestión de sequía; y el fortalecimiento de la gobernanza y la cooperación regional.
- **Proyecto ENANDES / ENANDES+:** "Mejora de la capacidad de adaptación de las comunidades andinas a través de los servicios climáticos", financiado por el Fondo de Adaptación. Se enfoca en mejorar la capacidad de la sociedad y las comunidades de Chile, Colombia y Perú para adaptarse a un clima variable y cambiante. La OMM coordina su ejecución con los SMHN y el CIIFEN/CRC-OSA. Con el apoyo de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), el proyecto se amplió a Argentina, Bolivia y Ecuador bajo la denominación ENANDES+.

4

Este encuentro contó con la participación de especialistas de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) de los seis países del Oeste de Sudamérica (Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela), donde analizaron las condiciones climáticas registradas en 2025, recopilaron los impactos de eventos extremos, presentaron las perspectivas climáticas para el trimestre MJJ 2026. De manera adicional, en respuesta a las necesidades planteadas durante el foro realizado en el año 2025 se desarrolló la capacitación enfocada en el uso de la herramienta CPT para elaboración de pronósticos de sequía mediante un sistema NextGen. La información de cada uno de estos temas anteriormente mencionados están descrita en las siguientes secciones del presente documento.

Día 1 – Condiciones climáticas 2025 y perspectivas climáticas MJJ 2026

Sesiones de Presentaciones Institucionales

Palabras de apertura del Foro XXV – Ghislaine Echeverry – Directora del IDEAM

Los países enfrentan escenarios cada vez más complejos como consecuencia del cambio climático. En el caso de Colombia se perciben con mayor intensidad los impactos de fenómenos como las sequías, las inundaciones, las olas de calor y las alteraciones en los patrones hidrológicos y atmosféricos, los cuales tienen efectos directos sobre la seguridad hídrica, la agricultura, los ecosistemas, la salud y los medios de vida de millones de personas.

En este contexto, la producción de información climática confiable, consistente y oportuna constituye no solo un desafío técnico, sino también una responsabilidad estratégica para los países de la región, por lo que es necesario enfocar esfuerzos en fortalecer el intercambio de información, conocimientos y experiencias, así como de consolidar capacidades institucionales que permitan mejorar la generación y el uso de servicios climáticos.

El IDEAM como institución encargada de la provisión de servicios climáticos en Colombia mantiene un compromiso con el trabajo colaborativo entre los servicios meteorológicos de la región y considera que las jornadas de trabajo en marco del Foro XXV pueden contribuir a generar nuevos aprendizajes, fortalecer las alianzas existentes y consolidar una agenda regional sólida en materia de información y servicios climáticos para apoyar la toma de decisiones y promover el desarrollo sostenible.

5

Rol de los servicios climáticos en la región – Pablo Cornejo – Director del INAMHI

La realización del Foro Regional XXV cobra especial importancia en un contexto climático particularmente complejo, ya que las condiciones oceánicas y atmosféricas actuales evidencian señales y tendencias que podrían favorecer el desarrollo de un nuevo evento El Niño durante el presente año, un escenario que requiere una vigilancia permanente y una coordinación técnica cada vez más estrecha entre los países.

En este sentido, tanto para Ecuador como para otros países de la región estos fenómenos representan desafíos significativos debido a los impactos que históricamente han generado en el territorio nacional y sus respectivos riesgos asociados a lluvias intensas, inundaciones, deslizamientos, déficits de precipitación y periodos de sequía con efectos directos sobre la agricultura, los recursos hídricos, la generación de energía y el bienestar de la población.

Estos espacios de intercambio de conocimientos constituyen una herramienta fundamental para fortalecer las capacidades técnicas y científicas de las instituciones participantes, mejorar la generación de pronósticos climáticos y consolidar mecanismos de monitoreo y alerta temprana que permitan apoyar oportunamente la toma de decisiones de las autoridades nacionales y de los sectores estratégicos de cada país.

El INAMHI como institución encargada de la provisión de servicios climáticos en Ecuador en conjunto con el Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN), han enfocado su trabajo técnico y científico para contribuir de forma significativa al fortalecimiento del análisis climático regional, al desarrollo de herramientas especializadas y a la generación de información estratégica para la región andina y el Pacífico oriental.

Contextualización del Foro Regional XXV – Felipe Costa – Director Internacional del CIIFEN

El encuentro se desarrolla en el marco de las actividades del Centro Regional del Clima para el Oeste de Sudamérica (CRC-OSA), instancia regional implementada por el CIIFEN que integra a los servicios meteorológicos e hidrológicos de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile con el apoyo de los Proyectos Sequías Andes del Programa Araucliclima financiado por AECID y el Proyecto ENANDES financiado por el Fondo de Adaptación y la Cooperación Suiza. Su propósito es fortalecer las capacidades técnicas de los países miembros mediante el intercambio de conocimientos, el desarrollo conjunto de productos climáticos y la cooperación regional.

Los foros regionales de perspectivas climáticas constituyen una iniciativa con más de dos décadas de trayectoria que se enfocan en promover el análisis conjunto de las condiciones climáticas de la región y la construcción de consensos técnicos sobre escenarios futuros. Uno de los principales objetivos del foro es reunir a meteorólogos, oceanógrafos y expertos en ciencias ambientales para analizar el comportamiento reciente del clima, evaluar eventos extremos registrados en los últimos meses y construir perspectivas climáticas para la región andina y el oeste de Sudamérica.

En esta edición, la atención se centra especialmente en las señales observadas en el océano y la atmósfera que podrían favorecer el desarrollo de un evento El Niño durante el presente año, escenario que requiere un seguimiento permanente y una evaluación coordinada entre los países y también responde a una necesidad identificada por los servicios meteorológicos de la región relacionada con el fortalecimiento de capacidades para la generación de pronósticos climáticos. Esta prioridad fue planteada durante el foro realizado en Quito y dio origen a la incorporación de un componente de capacitación especializado sobre la herramienta Climate Predictability Tool (CPT), a cargo del experto Ángel Muñoz.

El entrenamiento busca fortalecer las metodologías de pronóstico estadístico y ofrecer alternativas frente a la transición generada por el cierre de algunas plataformas utilizadas históricamente por la comunidad climática regional como el Climate Data Library del International Research Institute for Climate and Society (IRI).

La agenda prevista para el foro contempla sesiones dedicadas al análisis de las condiciones oceánicas y atmosféricas actuales, los posibles escenarios asociados al fenómeno El Niño, las tendencias relacionadas con El Niño Costero y la revisión de las condiciones climáticas recientes en cada país. Además, se abordarán aspectos metodológicos relacionados con los índices ONI y RONI, seguidos por un taller práctico sobre el uso de la herramienta CPT, que incluirá actividades de instalación, configuración, preparación de datos y generación de pronósticos climáticos.

Condiciones climáticas y eventos extremos registrados en el año 2025

Condiciones oceánicas y atmosféricas regionales 2025 y posible El Niño 2026: señales y escenarios – Iliana Salazar – CIIFEN

La primera parte de la sesión se enfocó en analizar el estado océano-atmósfera durante el año 2025 mediante la revisión de variables como la temperatura superficial y subsuperficial del mar, las principales condiciones atmosféricas observadas durante el período y el grado de acoplamiento entre el océano y la atmósfera, así como su influencia en la variabilidad climática según los distintos indicadores utilizados para su monitoreo.

El análisis de acuerdo con el ONI (Oceanic Niño Index), evidenció la presencia de anomalías negativas desde aproximadamente agosto de 2025, pero que no superaron el umbral de $-0,5^{\circ}\text{C}$ requerido para ser declarado un evento La Niña. Por otro lado, el análisis mediante el RONI muestra un comportamiento diferente, en donde los valores registrados superaron el umbral de $-0,5^{\circ}\text{C}$, evidenciando condiciones más consistentes con La Niña. En base a esto se puede inferir que si se considera únicamente el ONI, no se habría declarado oficialmente un evento La Niña, ya que no se cumplió el criterio de superar el umbral de $-0,5^{\circ}\text{C}$.

El período comprendido entre diciembre de 2024 y febrero de 2025 presentó la señal más clara de enfriamiento oceánico, caracterizada por vientos alisios fortalecidos y temperaturas superficiales del mar más frías de lo normal. En los meses posteriores, aunque continuaron registrándose episodios de fortalecimiento de los vientos alisios, estos fueron menos intensos y las condiciones oceánicas permanecieron mayormente neutrales. A partir de septiembre de 2025 volvió a evidenciarse un enfriamiento de la temperatura superficial del mar, acompañado por un fortalecimiento de los vientos alisios. Sin embargo, este episodio fue menos intenso que el observado entre diciembre de 2024 y febrero de 2025. Durante marzo y abril de 2026 predominaron nuevamente condiciones neutrales.

Durante la segunda parte de la sesión se presentaron las señales y perspectivas para el 2026 en donde se espera el posible desarrollo de un evento de El Niño dado las condiciones que han venido presentando como la persistencia de vientos del oeste en el Pacífico Occidental que favorecieron la generación de ondas kelvin cálidas que comenzaron a generarse de manera secuencial y a desplazarse durante los meses de noviembre a diciembre del 2025 y abril del 2026 con posibilidad de extenderse hasta junio.

Para los próximos trimestres se espera la persistencia de condiciones cálidas y algunos análisis han planteado la posibilidad de que se desarrolle un evento El Niño muy intenso o incluso un "super Niño", esta posibilidad aún presenta una incertidumbre considerable. A medida que aumenta el horizonte temporal de los pronósticos, disminuye su nivel de certeza. Actualmente, la probabilidad de un evento extremo es relativamente baja, inferior al 20 % en comparación con otras categorías posibles.

Además, aunque ya se observan anomalías cálidas en el océano, para declarar oficialmente un evento El Niño es necesario que exista un acoplamiento océano-atmósfera. Es decir, las condiciones cálidas del océano deben estar acompañadas por una respuesta consistente de la atmósfera. Hasta que este acoplamiento no se consolide, no es posible categorizar formalmente la presencia de un evento El Niño.

7

El Niño Costero situación actual e impacto en la región - Javier Chiong – SENAMHI Perú

Los impactos del Niño Costero se manifiestan principalmente durante el verano austral, especialmente en la costa norte del Perú, siendo el departamento de Tumbes una de las zonas más afectadas. En 1983 se registraron lluvias significativas incluso hasta junio; sin embargo, en los eventos de 1998, 2007, 2023 y en el actual desarrollo del Niño Costero, las precipitaciones intensas se han concentrado principalmente hasta abril y, en algunos casos, hasta inicios de mayo.

Durante el período comprendido entre el 11 y el 20 de febrero se registraron lluvias extremadamente intensas a lo largo de la costa del Pacífico, con anomalías superiores en un gran porcentaje en diversos sectores costeros y en parte de la vertiente occidental andina. Estas condiciones estuvieron asociadas a un calentamiento generalizado de las aguas costeras.

Las isotermas de 26 °C y 27 °C constituyen indicadores importantes para la evaluación de las lluvias. Durante febrero, la isoterma de 26 °C se encontraba muy próxima a la costa, acompañada de anomalías significativas de agua precipitable que superaron los 55 mm e incluso alcanzaron valores cercanos a 60 mm.

Los análisis de correlación muestran que los eventos de Niño Costero generan superávits de precipitación en la costa norte y en gran parte de la vertiente occidental andina, mientras que en la sierra sur predominan déficits de precipitación.

8

Entre el 21 de abril y el 20 de mayo se identificaron núcleos de calentamiento bien definidos frente a las costas de Áncash, Lima y Piura, así como frente a Ecuador. Posteriormente, entre el 1 y el 10 de mayo, estos núcleos cálidos se intensificaron frente a la costa central peruana y en sectores oceánicos de la región Niño 1+2.

Las proyecciones de ondas Kelvin cálidas indican que el arribo de una onda ya ocurrió durante mayo, mientras que se prevé la llegada de nuevas ondas durante junio. Este proceso podría favorecer la persistencia e incluso el incremento de las anomalías positivas de TSM en la región Niño 1+2.

En promedio, mayo de 2026 presenta condiciones cercanas a la climatología; sin embargo, el mayor debilitamiento atmosférico se proyecta para junio y julio. Hacia septiembre no se observa un fortalecimiento significativo de las condiciones normales, lo que podría contribuir a la persistencia del calentamiento oceánico.

Actualmente, el sistema de alerta mantiene la condición de Alerta de Niño Costero, los escenarios más probables indican que el evento podría prolongarse hasta febrero de 2027 con una intensidad predominante débil, aunque alcanzando una magnitud moderada entre mayo y agosto de 2026.

Respecto al Pacífico central, el Comité ERFEN prevé condiciones cálidas desde julio de 2026 hasta febrero de 2027. Asimismo, estima un evento de magnitud débil a moderada, sin descartar que alcance una intensidad moderada hacia finales de año, período en el que normalmente se registran los máximos niveles de calentamiento oceánico y acoplamiento océano-atmósfera.

Condiciones climáticas 2025 en Chile – Álvaro Constanzo – DMC Chile

En Chile, durante el año 2025 se observó un año de anomalías positivas de temperatura máxima para el trimestre de verano, invierno y primavera, mientras que, para el trimestre de otoño se observaron anomalías de temperatura cercanas a lo normal. Además, también se presentaron anomalías negativas de temperatura máxima en la zona norte de Chile. Los valores de temperatura mínima se mantuvieron sobre lo normal especialmente en invierno y primavera.

Se presentó un mayor registro de olas de calor en 2025 en comparación con el 2024 que coincide con los valores de temperatura registrados, a su vez, las olas de frío disminuyeron de forma considerable.

En cuanto a precipitaciones, se presentaron condiciones deficitarias (anomalías negativas) durante todo el verano e invierno en gran parte del país, con un déficit acumulado del 10 al 15% pero que no llegó a niveles críticos respecto a años anteriores.

Las condiciones que se presentaron durante el año se asocian principalmente a la Oscilación Madden-Julian (MDO) y la Oscilación Antártica (AAO) que afectan de manera significativa la distribución temporal de las precipitaciones en la región.

En cuanto a los eventos meteorológicos extremos registrados durante el año 2025, se realizó un balance para los diferentes trimestres climáticos: verano, otoño, invierno y primavera. Durante el verano destacaron principalmente tres eventos estivales de nieve, asociados a la Alta de Bolivia, responsable de generar precipitaciones en el altiplano. Lo particular de este verano fue que dichas precipitaciones se manifestaron en forma de nieve y además provocaron inundaciones aguas abajo en algunos sectores del norte del país.

En cuanto al otoño, lo que principalmente destaca son dos eventos de tornado: uno ocurrido en Los Ángeles el 17 de mayo de 2025 y otro en Puerto Varas. Durante este otoño se registraron dos eventos particularmente destacados. En especial, el tornado ocurrido en Puerto Varas provocó mayores daños e impactos, ya que atravesó directamente el centro de la ciudad.

También se registró un récord histórico de precipitación acumulada en 24 horas en la ciudad de Punta Arenas. Considerando registros disponibles desde 1971, se acumularon 43 mm en 24 horas, constituyendo un récord significativo.

Condiciones climáticas 2025 en Bolivia – Justo Choque – SENAMHI Bolivia

En Bolivia, se presentaron condiciones más húmedas de la habitual durante la época seca entre abril y septiembre en diferentes zonas principalmente en el Altiplano, es decir se registraron anomalías por encima de lo normal generando condiciones hidrológicas atípicas en esta región del país y afectando actividades productivas y especialmente agrícolas.

Se registraron fenómenos meteorológicos muy localizados que fueron difíciles de detectar, por lo que sus impactos no fueron captados por las redes de monitoreo, lo que generó la necesidad de mejorar la vigilancia meteorológica y la elaboración de pronósticos oportunos.

Las regiones amazónicas y de llanura como Pando, Beni y el norte de La Paz se mantuvieron con acumulados mensuales de 300 – 400 mm, siendo las zonas más lluviosas durante el periodo reportado, aunque también se presentaron valores de 400-500 mm mensuales en los Yungas y

Chapare durante la época lluviosa. En el Altiplano las condiciones mantuvieron su carácter seco, pero con precipitaciones muy reducidas en el sur de Potosí con mayor énfasis.

Dado que la disponibilidad de datos es limitada, el objetivo es complementar el análisis con elementos externos que permitan estudiar distintos patrones y fenómenos. Por ejemplo, cuando se cuenta con poca información, el primer paso consiste en analizar el contexto e identificar relaciones entre los diferentes eventos, buscando comprender posibles mecanismos de causalidad.

Aunque todavía existen limitaciones en la información disponible, actualmente contamos con herramientas que permiten avanzar de manera más sistemática. Entre ellas se encuentran técnicas como el Análisis de Componentes Principales (PCA), que resultan útiles cuando se trabaja con una gran cantidad de variables y con conjuntos de datos complejos.

En este contexto, se debe aprovechar al máximo la información disponible para que todas las observaciones y registros puedan incorporarse a los modelos de análisis. El objetivo final es comprender la información de la mejor manera posible y generar resultados que contribuyan a una toma de decisiones más informada.

Condiciones climáticas 2025 en Perú – Lenin Suca – SENAMHI Perú

En Perú, las precipitaciones tuvieron una distribución variable, así para los meses de enero y febrero predominaron anomalías positivas en algunas zonas andinas y amazónicas, para el mes de marzo estos acumulados de precipitación se concentraron en el occidente y sur del país, y para el mes de mayo se evidenció una disminución en las lluvias en la costa norte pero continuaron las lluvias en diferentes sectores de la Amazonia.

En la región andina predominó la ausencia de precipitaciones, con excepción de la sierra central, donde estaciones ubicadas en Junín reportaron acumulados clasificados como extremadamente lluviosos. En la Amazonía, el ingreso del primer friaje del año favoreció la ocurrencia de precipitaciones en la selva central y norte. En términos generales, se observó la presencia de eventos de lluvia extrema en sectores de la sierra norte y central, así como en áreas de la selva.

Respecto a las condiciones de sequía, se informó que el monitoreo meteorológico correspondiente a abril de 2026 evidenció condiciones extremadamente secas en algunas zonas de la sierra norte, particularmente en Cajamarca y La Libertad.

En cuanto a las temperaturas máximas, se pudo evidenciar un comportamiento cálido en gran parte del territorio durante los meses de febrero a inicios de mayo, y únicamente en ciertas zonas costeras se registraron descensos puntuales de temperatura durante el mes de mayo. De manera general se observó una mayor frecuencia de temperaturas excepcionalmente altas para la época del año.

Se destacaron diversos récords de temperatura registrados durante mayo de 2026. Entre ellos sobresalieron localidades de la costa norte, costa central y sectores andinos, incluido Cusco, donde se registraron valores excepcionalmente elevados para la época del año. El monitoreo realizado a lo largo del litoral costero también evidenció variaciones en las temperaturas máximas y mínimas, observándose una tendencia hacia la reducción de las temperaturas máximas en algunos sectores durante los últimos periodos evaluados.

Aunque predominaron las anomalías positivas en precipitación también se evidenciaron condiciones extremadamente secas en algunas áreas de la Sierra Norte principalmente en Cajamarca y La Libertad.

Se presentó el avance de la Plataforma de Eventos Extremos Meteorológicos y Climáticos (XTREM), desarrollada por el SENAMHI con el objetivo de sistematizar y caracterizar los eventos extremos registrados en el país, fortalecer la gestión del riesgo climático y contribuir al cumplimiento de los compromisos internacionales asumidos por el Perú ante la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

La plataforma incorpora el registro de fenómenos tales como olas de calor, olas de frío, lluvias intensas, sequías, inundaciones, granizadas, nevadas, incendios forestales, vientos fuertes, tormentas eléctricas y otros eventos hidrometeorológicos extremos. El fortalecimiento de esta plataforma contribuirá a mejorar los sistemas de alerta temprana, optimizar la gestión del riesgo climático, fortalecer la coordinación interinstitucional y facilitar la generación de productos climáticos de manera más eficiente y automatizada.

Condiciones climáticas 2025 en Ecuador – Cristina Valdivieso -INAMHI

En Ecuador, durante el período enero-diciembre de 2025 se registraron aproximadamente 4.443 eventos extremos asociados a lluvias. Entre los fenómenos más recurrentes destacaron las inundaciones y los deslizamientos de tierra. La provincia de Manabí fue una de las más afectadas; sin embargo, los impactos se extendieron a gran parte del territorio nacional, incluyendo regiones de la Sierra y la Amazonía. En cuanto a la época seca, durante el mismo período se reportaron cerca de 2.000 incendios forestales, que ocasionaron la quema de aproximadamente 17.000 hectáreas de cobertura vegetal. Las zonas más afectadas se localizaron principalmente en la región andina, destacándose las provincias de Imbabura, Tungurahua y Loja, además de algunas provincias de la Costa y la Amazonía.

11

El trimestre febrero-abril de 2025 estuvo caracterizado por un fuerte acoplamiento de las condiciones océano-atmosféricas regionales, lo que favoreció la ocurrencia de precipitaciones intensas y generalizadas. Estas condiciones provocaron inundaciones severas, deslizamientos de tierra y vendavales, especialmente en la región Litoral, una de las más afectadas. Septiembre fue el mes con el mayor número de incendios forestales, en concordancia con las condiciones climáticas típicas de la época seca. No obstante, se observó una situación particular en diciembre, mes que climatológicamente corresponde al inicio de la temporada lluviosa, pero que registró el segundo mayor número de incendios forestales del año.

Respecto a la temperatura máxima y mínima, diciembre fue uno de los meses con registros térmicos más extremos. Coincidió con un período de marcada disminución de lluvias, a pesar de formar parte de la temporada lluviosa. Las anomalías de temperatura máxima superaron los 3 °C en sectores de la región Andina y Amazónica. De igual manera, las temperaturas mínimas registraron anomalías significativas en estas mismas regiones. En la región Interandina, donde normalmente las temperaturas máximas oscilan entre 22 °C y 25 °C, se registraron valores de hasta 34 °C. En cuanto a las temperaturas mínimas, se alcanzaron valores cercanos a -2 °C y -1 °C, mientras que el rango predominante se ubicó entre 5 °C y 12 °C.

Como conclusión, el trimestre febrero-abril de 2025 estuvo caracterizado por un fuerte acoplamiento de las condiciones océano-atmosféricas regionales, lo que favoreció la ocurrencia

Proyectos:

de precipitaciones intensas y generalizadas. Estas condiciones provocaron inundaciones severas, deslizamientos de tierra y vendavales, especialmente en la región Litoral, una de las más afectadas.

Guayaquil registró el tercer febrero más lluvioso de toda su serie climatológica. Posteriormente, durante mayo de 2025, en el contexto de la transición hacia la época seca, las precipitaciones disminuyeron en gran parte de la Costa y la Sierra, con excepción del norte de la Costa, donde las lluvias continuaron siendo frecuentes debido a la influencia de la Zona de Convergencia Intertropical.

Condiciones climáticas 2025 en Panamá – Rusy Carrera - IMHPA

En Panamá se distinguen dos regímenes climáticos principales: la temporada seca y la temporada lluviosa. La temporada seca se extiende generalmente entre los meses de enero y abril. Durante este período, se observó un comportamiento atmosférico particular, caracterizado por la presencia de varios sistemas frontales ubicados al norte del mar Caribe. Estos sistemas indujeron la formación de vaguadas y líneas de cortante que modificaron el patrón habitual de los vientos característicos de la estación seca. Como resultado, se fortaleció la incursión de humedad hacia el territorio nacional, contribuyendo indirectamente al incremento de las precipitaciones sobre la región Caribe y las áreas central y oriental del país.

Por su parte, la temporada lluviosa, que comprende los meses de mayo a diciembre, estuvo marcada por diversos eventos meteorológicos. Entre ellos destacó la incursión y permanencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), cuya interacción con sistemas de baja presión y vaguadas favoreció el desarrollo de condiciones atmosféricas propicias para la generación de lluvias. A estos factores se sumaron los efectos indirectos de algunos sistemas tropicales de gran escala.

12

En Panamá, durante la época seca se evidenció un incremento de precipitaciones sobre la región de Caribe y las áreas central y oriental del país generando condiciones más lluviosas de lo normal y provocando afectaciones en estos sectores como crecidas repentinas y desbordamiento de ríos. Durante la época lluviosa se presentaron condiciones atmosféricas propicias para la generación de lluvias en los meses de mayo a diciembre, asociados principalmente por la incursión y permanencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT).

Durante los meses de agosto y octubre se registraron lluvias de alta intensidad debido al establecimiento de vientos del sur, así como la influencia del Huracán Erwin y el Huracán Melissa, cuya interacción favoreció la elongación de una vaguada sobre el Caribe Centroamericano.

Durante el 2025, también se identificaron 30 ondas tropicales, de las cuales 22 tuvieron afectación directa sobre el país. También se registraron aportes indirectos de algunos sistemas frontales hacia el final de la temporada lluviosa y el inicio de la temporada seca.

La Dirección de Climatología del IMPHA, con base en el análisis de modelos climáticos internacionales, índices oceánico-atmosféricos, registros históricos de las estaciones meteorológicas y el comportamiento reciente de la precipitación, ha establecido una serie de criterios para el monitoreo y evaluación del fenómeno de El Niño.

Actualmente, la institución mantiene un estado de alerta, ya que se observan condiciones compatibles con dicho fenómeno, y las proyecciones indican que estas podrían persistir durante los próximos cinco meses. A través de este sistema de vigilancia, la población es informada de manera continua sobre la evolución y posibles impactos asociados al fenómeno de El Niño.

Condiciones climáticas 2025 en Venezuela – Rafael Hernández – INAMEH

Para comprender el comportamiento climático en Venezuela, es fundamental considerar las dos estaciones predominantes del país: la temporada lluviosa y la temporada seca. La temporada lluviosa se extiende generalmente desde abril hasta octubre o noviembre, mientras que la temporada seca comprende el período entre diciembre y marzo.

El período lluvioso está determinado principalmente por el desplazamiento hacia el norte de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), cuyo comportamiento es modulado por las condiciones meteorológicas que se desarrollan sobre el océano Atlántico durante esta época del año.

Por su parte, el período seco está influenciado principalmente por el desplazamiento y la intensidad del Anticiclón del Atlántico. Dependiendo de su fortaleza y extensión, este sistema puede generar déficits de precipitación y retrasar el inicio de la temporada de lluvias en gran parte del territorio nacional.

Adicionalmente, ambas temporadas pueden experimentar variaciones debido a los fenómenos que se desarrollan en el océano Pacífico Ecuatorial, así como a las oscilaciones en la dirección y velocidad de los vientos en la estratosfera. Estos factores pueden incrementar o disminuir significativamente la cantidad de precipitaciones.

13

En Venezuela, durante la temporada ciclónica se presentaron 13 tormentas y 9 huracanes dentro de los cuales 5 de ellos se presentaron con categoría 5. Entre agosto y mediados de septiembre no se registraron ciclones debido a la presencia de aire seco, polvo del Sahara, fuertes vientos de altura y subsidencia atmosférica.

En cuanto a precipitaciones, durante el primer semestre del 2025 se presentaron condiciones extremadamente húmedas en los estados Apure y Barinas. Para los meses de mayo y agosto continuaron las condiciones por encima de lo normal, generando una de las mayores crisis de inundaciones de la última década en Apure y Bolívar impulsada por la fase húmeda asociada a La Niña, la influencia de la ZCIT que se encontraba muy activa, la influencia de la vaguada amazónica y el aumento de ondas tropicales.

Las inundaciones de junio de 2025, producto del desbordamiento simultáneo de los ríos Apure, Arauca, Portuguesa, Masparro, Santo Domingo, Guárico y Orinoco, provocaron el colapso de más de 2.200 viviendas en el estado Apure. Unas 18.500 personas perdieron sus medios de vida, entre ellas más de 640 familias indígenas de las etnias Yaruro (Pumé) y Guahibo (Hiwi). En el sector agropecuario, cerca de 7.000 productores llaneros sufrieron pérdidas, murieron más de 12.000 cabezas de ganado y se inundaron alrededor de 178.800 hectáreas.

A pesar de esto, durante los meses de agosto y septiembre, las precipitaciones disminuyeron por debajo de los promedios históricos debido a la subsidencia atmosférica y la fuerte cizalladura del viento sobre el Caribe, lo que debilitó la ZCIT. Esta reducción de lluvias también afectó los

aportes de agua al embalse de Guri, cuyos caudales descendieron significativamente respecto a los meses anteriores.

La temporada de lluvias de 2025 estuvo marcada por la transición y posterior establecimiento de una fase fría del ENOS (La Niña), caracterizada por el enfriamiento del Pacífico Ecuatorial, particularmente en las regiones Niño 3.4 y Niño 1+2, así como por una configuración atmosférica favorable para el incremento de las precipitaciones en el norte de Sudamérica.

Entre los principales factores asociados se destacan:

- Incremento en la frecuencia e intensidad del paso de ondas tropicales, potenciadas por la fase húmeda del fenómeno.
- Una ZCIT activa, con oscilación latitudinal hacia el norte y extendida sobre los llanos venezolanos.
- La interacción sinérgica de la vaguada monzónica al norte de Colombia, que reforzó la inestabilidad atmosférica y la convergencia de humedad sobre los Llanos Occidentales y la región Guayana.

Condiciones climáticas 2025 en Colombia – Julieta Serna – IDEAM

En Colombia, durante el año 2025 prevalecieron condiciones neutrales con algunos episodios con una tendencia de lluvias por encima de lo normal. Durante los primeros meses del año se registraron lluvias excepcionales en varias estaciones meteorológicas. Para los meses entre marzo y mayo se observó una tendencia hacia condiciones más secas, siendo los meses de julio y diciembre donde se reportaron los mayores déficits de lluvias y amplias zonas del país presentaron condiciones de sequía.

14

En cuanto a la temporada de huracanes, el número de ondas tropicales registradas durante 2025 fue similar al del año anterior. Aunque pocas alcanzaron la categoría de tormenta tropical, estas ondas contribuyeron al transporte de humedad hacia el territorio colombiano, influyendo en la distribución de las lluvias.

En relación con los eventos extremos, se reportaron aproximadamente 12.000 hectáreas afectadas por incendios forestales y cerca de 648 eventos de inundación. Además, se registraron récords de precipitación y temperatura en diferentes regiones del país.

En cuanto a temperatura, la mínima más baja registrada fue de 0,2 °C en Nariño y la máxima alcanzó los 39 °C durante julio. No obstante, el récord histórico nacional de temperatura máxima continúa siendo de 44,2 °C.

Perspectivas climáticas MJJ 2026 – A nivel regional

Las perspectivas climáticas presentadas por los países para los meses de mayo, junio y julio del 2026 se resumen en la siguiente tabla:

País	Perspectiva MJJ 2026
Chile	Temperatura máxima Condiciones por encima de lo normal en las costas de la zona norte del país con una probabilidad del 50 al 60%. Condiciones entre lo normal y bajo lo normal en la zona altiplánica con una probabilidad del 70% Condiciones bajo lo normal en el tramo comprendido entre la Región Metropolitana y la Región de O'Higgins entre Santiago y Talca. Temperatura mínima Condiciones normales generalizadas en la zona norte con una probabilidad de 55% y 65%. Condiciones normales y bajo lo normal en Chile central con una probabilidad del 70%. Condiciones entre lo normal y sobre lo normal en Magallanes con una probabilidad del 60 al 70%. Precipitación Condiciones por encima de lo normal entre Copiapó y La Serena, así como para sectores costeros e interiores entre Concepción y Puerto Montt con una probabilidad del 55%.
Bolivia	Temperatura máxima Condiciones por encima de lo normal durante los primeros meses del año en la mayoría de las estaciones ubicada en la parte sur del país, principalmente en la Chiquitanía y El Chaco. Temperatura mínima Condiciones por debajo de lo normal en el Altiplano, especialmente en las proximidades del Salar de Uyuni. Condiciones por encima de lo normal en la Chiquitanía y El Chaco. Precipitación Condiciones por encima de lo normal en el norte de la Amazonía y Las Llanuras con probabilidad del 40 al 60%. Condiciones por debajo de lo normal en la zona de la Chiquitanía y El Chaco
Perú	Temperatura máxima Condiciones por encima de lo normal en la Costa norte y amplios sectores del territorio nacional.

País	Perspectiva MJJ 2026
	Temperatura mínima Condiciones entre normal y por encima de lo normal en amplios sectores del territorio nacional. Precipitación Condiciones entre lo normal y por encima de lo normal en la Selva Norte y sectores de la Sierra Norte Oriental. Condiciones por debajo de lo normal pen la vertiente occidental.
Ecuador	Temperatura máxima Condiciones por encima de lo normal en gran parte de las regiones Costa, Interandina y Amazónica, que es consistente con las condiciones oceánicas y atmosféricas observadas y refuerza la probabilidad de consolidación de un escenario asociado al fenómeno El Niño. Temperatura mínima Condiciones por encima de lo normal en gran parte de las regiones Costa, Interandina y Amazónica, que es consistente con las condiciones oceánicas y atmosféricas observadas y refuerza la probabilidad de consolidación de un escenario asociado al fenómeno El Niño. Precipitación Región costa: Condiciones por encima de lo normal en la zona norte e interior de la región litoral y condiciones normales y ligeramente por debajo de lo normal a lo largo del perfil costero. Región interandina: Condiciones normales en la mayor parte del territorio. Región amazónica: Condiciones por encima de lo normal en la zona centro sur de la región y condiciones por debajo de lo normal en la zona norte de la región.
Panamá	Temperatura máxima Se anticipan temperaturas máximas elevadas, acompañadas de niveles de humedad relativa entre el 80 % y el 88 %, lo que favorecerá sensaciones térmicas significativamente altas. Precipitación Condiciones variables entre normal y por debajo de lo normal en gran parte del país con disminuciones estimadas entre un 10 a 40%, exceptuando el Caribe Occidental y algunas zonas montañosas donde se prevén condiciones

País	Perspectiva MJJ 2026
	normales y por encima de lo normal con aumentos de hasta un 20% para el mes de junio. Condiciones normales y por debajo de lo normal en las regiones del Pacífico y gran parte del Caribe Oriental con disminuciones de hasta un 30% y condiciones por encima de lo normal en el Caribe occidental con aumentos entre 10 y 25%.
Venezuela	Temperatura máxima Condiciones entre normal y por encima de lo normal a excepción de sectores de la región andina, Llanos occidentales, parte de Carabobo, Aragua, Miranda, Nueva Esparta y el oriente del país donde se esperan condiciones por debajo de lo normal. Temperatura mínima Condiciones por debajo de lo normal en gran parte del país a excepción del sur de Lara, norte de Portuguesa, oeste de Apure, sur de Táchira, norte de Bolívar, región Oriental y Nueva Esparta. Precipitación Condiciones entre normal y por debajo de lo normal en gran parte del país, exceptuando algunas zonas de los Llanos Centrales, sur este de Guárico, oeste de Anzoátegui, noreste y oeste de Bolívar, Amazonas, el este de Apure, sectores de Lara, oeste de Falcón, norte de Zulia y parte de la región Andina incluyendo Trujillo en donde se pronostican condiciones por encima de lo normal.
Colombia	Temperatura máxima y mínima Condiciones por encima de lo normal en algunos sectores que puede aumentar en los próximos meses registrando anomalías de hasta 4°C en el mes de septiembre. Precipitación Condiciones cercanas a lo normal en buena parte del país, sin embargo, para los periodos posteriores aumenta gradualmente la extensión de las áreas donde se esperan déficit de lluvias. Durante junio se esperan condiciones por encima de lo normal en Orinoquía y la Amazonia, también en sectores del litoral Pacífico Sur, especialmente en áreas de Valle del Cauca y Nariño, mientras que en la región Andina y el Caribe se esperan condiciones por debajo de lo normal que se intensifican durante el mes de julio.

Día 2 – Aproximación metodológica ONI-RONI

Durante esta sesión se presentó un contexto general sobre el RONI, su metodología, fundamentos y las principales diferencias con respecto al ONI. Asimismo, se analizaron los cambios que se generan en la categorización de los eventos El Niño y La Niña en comparación con el ONI, y se revisó el avance de la implementación del RONI en la generación de pronósticos climáticos actuales.

ONI y RONI (NOAA): contexto y fundamentos del cambio – Iliana Salazar - CIIFEN

El Índice Oceánico de El Niño (ONI, por sus siglas en inglés) constituye una de las principales herramientas para el monitoreo del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) considerando tanto variables oceánicas como atmosféricas, sin embargo, debido a que la atmósfera presenta una variabilidad mucho mayor en escalas semanales, mientras que el océano evoluciona de manera más lenta y estable, el ONI se basa en las condiciones oceánicas observadas en la región Niño 3.4. Esta característica permite reducir el ruido asociado a la variabilidad atmosférica y facilita la identificación de eventos ENOS.

El cálculo del ONI se realiza mediante la media móvil de tres meses de las anomalías de temperatura superficial del mar (TSM) en la región Niño 3.4 con respecto a una climatología de referencia de 30 años. Según los criterios operativos, se considera la presencia de condiciones de El Niño cuando el índice supera $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante al menos cinco trimestres móviles consecutivos. De manera análoga, se identifican condiciones de La Niña cuando el índice permanece por debajo de $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante el mismo período.

No obstante, el ONI presenta ciertas limitaciones. Una de ellas es la actualización periódica de la climatología de referencia cada cinco años. Aunque siempre se emplea la climatología más reciente, los valores históricos del índice son recalculados conforme se actualizan los períodos climatológicos. Por ejemplo, para el año 2001 inicialmente se utilizó la climatología 1971-2000; posteriormente, tras cinco años, se actualizó a la climatología 1976-2005 y el índice fue recalculado. Este proceso continúa hasta que, aproximadamente quince años después, se obtiene un valor considerado definitivo. Como consecuencia, un evento clasificado inicialmente como neutro podría, años después, ser reclasificado como un evento El Niño o La Niña.

A esta limitación se suma la influencia del cambio climático. Diversos estudios han evidenciado un calentamiento progresivo de los océanos, estimado en aproximadamente $0,11\text{ }^{\circ}\text{C}$ por década. Debido a que las climatologías abarcan períodos de 30 años, este calentamiento puede generar diferencias cercanas a $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ entre distintos períodos de referencia. Considerando que los umbrales operativos del ONI son de $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, este efecto puede modificar significativamente la clasificación de un evento, incluso provocando cambios de una o más categorías de intensidad.

En consecuencia, el ONI no solo captura la señal asociada al ENOS, sino que también incorpora parte de la señal de calentamiento global. Esto genera varios problemas: los eventos cálidos tienden a sobreestimarse, mientras que los eventos fríos pueden ser subestimados o incluso pasar desapercibidos cuando corresponden a episodios débiles de La Niña. Asimismo, las clasificaciones históricas permanecen sujetas a modificaciones durante varios años debido a las actualizaciones climatológicas.

18

Un ejemplo de las implicaciones de estas diferencias ocurrió durante el período 2016-2017. Mientras la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) identificó condiciones de La Niña, la Oficina Australiana de Meteorología (Bureau of Meteorology, BOM), que emplea un umbral de $\pm 0,8$ °C, no detectó el evento. Como resultado, no se implementaron oportunamente algunas medidas de preparación, contribuyendo a impactos significativos en la agricultura, la ganadería y la seguridad alimentaria, con aproximadamente 26,5 millones de personas afectadas.

Ante estas limitaciones, en 2021 se propuso el Índice Oceánico Relativo de El Niño (RONI, por sus siglas en inglés). Este índice conserva la anomalía de temperatura superficial del mar en la región Niño 3.4 respecto a la climatología 1991-2020, pero adicionalmente resta la anomalía promedio de temperatura superficial del mar en todo el cinturón tropical comprendido entre 20°N y 20°S. De esta manera, se reduce considerablemente la influencia del calentamiento global sobre la señal observada. Aunque los autores reconocen que el efecto no se elimina por completo, sí se logra minimizar una parte importante de esta influencia.

La ecuación del RONI también incorpora un factor de escala diseñado para mantener los umbrales operativos ya establecidos por la NOAA ($\pm 0,5$ °C) y el BOM ($\pm 0,8$ °C). Esto facilita su implementación operativa y evita la necesidad de redefinir criterios utilizados durante décadas.

En términos conceptuales, la principal diferencia entre ambos índices radica en su referencia de comparación. El ONI evalúa si la región Niño 3.4 es más cálida o fría que su promedio histórico. Por su parte, el RONI determina si dicha región es más cálida o fría que el promedio del océano tropical contemporáneo. Esta diferencia posee una importante justificación física, ya que la convección tropical depende en gran medida de los gradientes de temperatura y no únicamente de los valores absolutos de temperatura superficial.

19

Bajo este enfoque, cuando la región Niño 3.4 presenta temperaturas superiores al promedio tropical, la atmósfera tiende a ser menos estable, favoreciendo una mayor convección y precipitación. Por el contrario, cuando la región Niño 3.4 es más fría que el promedio tropical, la atmósfera se vuelve más estable y la convección se reduce.

Una comparación entre ambos índices permite destacar varias diferencias. Mientras el ONI se basa en anomalías respecto a una climatología histórica, el RONI utiliza anomalías relativas al promedio tropical contemporáneo. En cuanto a la sensibilidad al calentamiento global, el ONI puede sobrestimar o subestimar la intensidad de los eventos ENOS, mientras que el RONI reduce significativamente esta influencia. Respecto a la consistencia histórica, las clasificaciones derivadas del ONI pueden modificarse conforme se actualizan las climatologías, mientras que las obtenidas mediante el RONI permanecen más estables en el tiempo. Sin embargo, ambos índices conservan los mismos umbrales operativos utilizados por la NOAA y el BOM.

La aplicación del RONI ha dado lugar a una reclasificación de diversos eventos recientes. En términos generales, se identifican más eventos fríos asociados a La Niña y menos eventos cálidos asociados a El Niño.

Algunos eventos intensos, como El Niño 2015-2016, mantienen su clasificación original. Sin embargo, otros eventos han cambiado de categoría, pasando de débiles a moderados o de moderados a fuertes. Particularmente relevantes son los casos de 2024-2025 y 2025-2026, que inicialmente fueron considerados neutrales y posteriormente reclasificados como eventos de La

Proyectos:

Niña moderada. De manera similar, el evento 2019-2020 pasó de ser clasificado como un El Niño débil a una condición neutral. Estas diferencias tienen importantes implicaciones para la gestión del riesgo y la toma de decisiones.

La evolución de este índice ha sido progresiva. En 2021 se propuso formalmente el RONI; en 2023, el BOM recomendó su adopción; en 2024 continuaron las validaciones internacionales; en febrero de 2026 la NOAA adoptó oficialmente el índice; y en abril de 2026 la OMM recomendó su implementación como indicador principal para el monitoreo oceánico del ENOS. No obstante, la organización también destacó la importancia de mantener el ONI y otros índices tradicionales, ya que en determinadas regiones o aplicaciones pueden continuar proporcionando información relevante.

En síntesis, el monitoreo del ENOS requiere la integración de observaciones oceánicas y atmosféricas, aunque las variables oceánicas suelen ofrecer una señal más estable. Sin embargo, el calentamiento global ha introducido sesgos en los índices tradicionales basados en anomalías históricas. En respuesta a esta problemática, se desarrolló el RONI, un índice que compara las anomalías de la región Niño 3.4 con el promedio térmico del océano tropical entre 20°N y 20°S, reduciendo así la influencia del cambio climático. Debido a sus ventajas operativas y científicas, este índice fue adoptado oficialmente por la NOAA en febrero de 2026 y recomendado por la OMM en abril de 2026 para fortalecer el monitoreo y la caracterización de los eventos ENOS.

20

Actualización de pronósticos climáticos ONI vs RONI – Julieta Serna – IDEAM

Se compartieron los resultados de una actualización de los análisis de alteraciones climáticas más probables en Colombia asociadas a los fenómenos El Niño y La Niña. La actualización se realizó para el período 1981–2025, correspondiente al intervalo con la mejor disponibilidad de información.

La metodología utilizada consiste en filtrar todos los trimestres en los que se registraron eventos El Niño, La Niña y condiciones neutrales, para posteriormente evaluar el comportamiento de la precipitación y la temperatura en cada estación meteorológica. Dentro de los análisis se mantuvieron las categorías tradicionales de intensidad, aunque algunos eventos históricos fueron reclasificados dentro de una nueva categoría denominada "muy fuerte".

Como parte de esta actualización se incorporó el Índice Oceánico Relativo de El Niño (RONI), cuya adopción ha sido discutida recientemente por la comunidad científica internacional. Asimismo, se incluyó el índice E-C, con el fin de evaluar su capacidad para representar las condiciones climáticas de diferentes regiones del territorio colombiano.

El análisis consideró las principales regiones naturales de Colombia: Amazonía, Orinoquía, región Andina, Caribe y Pacífico. Se destacó la complejidad climática de la región Andina debido a la presencia de los tres ramales montañosos, los cuales generan importantes contrastes climáticos y se incorporó información de aproximadamente 1.500 estaciones de precipitación distribuidas en todo el país. Adicionalmente, se utilizaron 280 estaciones de temperatura máxima y 234 estaciones de temperatura mínima, considerando únicamente aquellas con una disponibilidad mínima del 70 % de los registros durante el período 1981–2025.

Al comparar ONI y RONI para todos los períodos clasificados como El Niño, se identificaron 143 trimestres mediante ONI y 139 mediante RONI. Esta diferencia se relaciona con el ajuste realizado por RONI para reducir parcialmente la influencia del calentamiento global sobre las temperaturas superficiales del océano. Sin embargo, para Colombia no se observaron diferencias sustanciales entre ambos indicadores, ya que sus series históricas presentan una evolución muy similar desde la década de 1950. Las diferencias más notorias aparecen en los años recientes y podrían ampliarse en el futuro a medida que continúe el calentamiento global.

Estos resultados sugieren que la variabilidad climática observada en Colombia no depende exclusivamente de ENSO, sino también de la interacción con otros mecanismos de circulación atmosférica y oscilaciones climáticas que pueden modificar los patrones habituales de precipitación y temperatura.

Los análisis confirmaron que ONI y RONI mantienen una evolución muy similar durante gran parte de la serie histórica. No obstante, a partir de aproximadamente 2013 comienzan a observarse diferencias más persistentes entre ambos indicadores, asociadas principalmente a la corrección que realiza RONI para reducir la señal de calentamiento global.

También se evaluó inicialmente la posibilidad de que otros indicadores presentaran una mejor correlación con las variables climáticas nacionales. Sin embargo, los resultados confirmaron que ONI y RONI continúan mostrando una mayor capacidad explicativa que el índice E y C, aunque este último aporta información complementaria valiosa para determinadas regiones del país.

21

Desde una perspectiva estadística, las diferencias entre ONI y RONI son relativamente pequeñas. El análisis de las series temporales indica que ambos índices presentan comportamientos muy similares, lo que permitiría utilizar cualquiera de ellos sin generar cambios drásticos en la interpretación histórica de los fenómenos.

Cuando se incorporó el índice E y C al análisis comparativo, se observó que cada indicador presenta fortalezas regionales específicas. ONI y RONI mostraron una mejor correspondencia en gran parte de la región Andina, Caribe y Pacífica, mientras que E y C presentó mejores resultados en algunos sectores orientales. Esto sugiere que los cuatro indicadores pueden considerarse complementarios para el monitoreo climático nacional.

La evaluación conjunta de todos los subperíodos analizados sugiere que ONI continúa siendo el indicador con mejor desempeño para Colombia. Esta conclusión es particularmente evidente al considerar simultáneamente precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima.

No obstante, la decisión final sobre la adopción de ONI o RONI no depende exclusivamente de criterios estadísticos. También deben considerarse aspectos operativos relacionados con la predicción climática, la comunicación de alertas, la gestión del riesgo y la toma de decisiones gubernamentales. La declaración de eventos El Niño o La Niña puede movilizar recursos económicos, activar planes de contingencia e incluso motivar la expedición de decretos de emergencia, por lo que la selección del indicador tiene implicaciones prácticas significativas.

En términos generales, los resultados obtenidos permiten recomendar la continuidad del ONI para los análisis climáticos en Colombia, debido a su mejor asociación con las variables de interés y a su amplia utilización histórica. Sin embargo, se reconoce la necesidad de continuar evaluando

la evolución de RONI y su incorporación en los sistemas internacionales de predicción, con el fin de determinar su utilidad futura para el monitoreo y la gestión climática nacional.

Discusión de la sesión – Ángel Muñoz – Consultor experto

La discusión se centró en la necesidad de mejorar la forma en que se analizan y utilizan los índices climáticos asociados al fenómeno ENSO (El Niño–Oscilación del Sur) para comprender mejor su influencia sobre la precipitación y otros impactos climáticos. Uno de los puntos más relevantes fue que no existe un índice único que sea el mejor para todas las aplicaciones. Dependiendo de la pregunta que se quiera responder, puede ser más adecuado utilizar índices como ONI o RONI en diferentes regiones como Niño 3.4, Niño 1+2, Niño 4, ya que cada uno captura diferentes características del sistema océano-atmósfera.

Además, se resaltó la importancia de reconocer que no todos los eventos de El Niño son iguales. Se mencionó la diferencia entre eventos canónicos y eventos tipo Modoki, así como la influencia de otras regiones oceánicas, especialmente el Atlántico tropical. Esto llevó a reflexionar sobre la necesidad de incorporar múltiples factores climáticos en los análisis, ya que las variaciones de precipitación y temperatura no dependen exclusivamente del Pacífico ecuatorial, sino de la interacción de diversos forzantes que actúan simultáneamente.

Otra necesidad identificada fue la necesidad de orientar la investigación climática hacia los requerimientos de los usuarios. Varios participantes enfatizaron que la producción de información climática debe responder a demandas concretas de sectores como la agricultura, la gestión del riesgo y la planificación gubernamental. En este sentido, se promovió un enfoque basado en impactos, donde el interés principal no es únicamente conocer cuánto va a llover, sino comprender qué niveles de lluvia pueden generar pérdidas económicas, inundaciones o daños a la población y a los sistemas productivos.

Un tema recurrente fue la diferencia entre correlación y causalidad. Se enfatizó que dos variables pueden presentar una alta correlación sin que exista una relación causal entre ellas. Por esta razón, algunos participantes defendieron el uso de metodologías más avanzadas basadas en teoría de la información, sistemas dinámicos y análisis de causalidad, con el fin de identificar de manera más precisa qué procesos están generando determinados impactos climáticos.

En este contexto, Ángel Muñoz presentó un nuevo índice desarrollado por su equipo que busca medir el grado de acoplamiento entre el océano y la atmósfera. A diferencia de índices tradicionales como ONI o RONI, este enfoque incorpora conceptos de causalidad y teoría de la información para evaluar no solo la intensidad de las anomalías, sino también la interacción efectiva entre ambos componentes del sistema climático. Según los resultados mostrados, este índice permitiría identificar situaciones en las que existe un verdadero acoplamiento océano-atmósfera y distinguirlas de aquellas en las que los índices tradicionales podrían sugerir señales que no necesariamente reflejan una interacción física real.

La principal conclusión fue que los eventos climáticos extremos suelen ser el resultado de la interacción de múltiples procesos, por lo que su comprensión requiere enfoques integrales que consideren la complejidad del sistema climático.

Capacitación: Herramienta Climate Predictability Tool (CPT)

Día 1 – Fundamentos estadísticos y conceptuales

Esta sesión constituye la fase introductoria de la capacitación en pronósticos de sequía y en el uso de la herramienta *Climate Predictability Tool* (CPT). El objetivo es fortalecer las capacidades técnicas regionales mediante un enfoque de formación de formadores (Train-the-Trainers), orientado a desarrollar instructores que puedan transferir y multiplicar los conocimientos y habilidades adquiridos en sus respectivas instituciones.

De la Primera Generación a NextGen (Siguiendo Generación de Pronóstico)

En esta etapa inicial, denominada “Primera Generación (*First Gen*)”, se empleaba un enfoque diferente al utilizado en la actualidad. Hace aproximadamente dos o tres décadas, aún no se disponía de los modelos globales acoplados que hoy constituyen una herramienta fundamental para la predicción climática. En ese contexto, se proponía utilizar la Temperatura Superficial del Mar (TSM o SST por sus siglas en inglés) observada en el mes previo como predictor de las condiciones climáticas del mes siguiente.

24

La base física de este enfoque radica en que la respuesta de la atmósfera no ocurre de manera simultánea a la del océano. Debido a la gran capacidad calorífica del océano, este posee una significativa memoria térmica, lo que permite que las anomalías oceánicas persistan en el tiempo y condicionen la respuesta atmosférica con un desfase aproximado de uno a dos meses.

Como referencia a los trabajos de Edward Lorenz, reconocido por sus aportes a la teoría del caos y al denominado efecto mariposa se demostró que, en las regiones extra tropicales, la capacidad predictiva de la atmósfera es limitada y no suele extenderse más allá de dos semanas. A primera vista, esta conclusión podría interpretarse como una limitación para el desarrollo de pronósticos estacionales o intraestacionales. Sin embargo, se enfatizó la importancia de analizar críticamente estos resultados y comprender los procesos físicos subyacentes, reconociendo el papel del océano y de otros componentes del sistema climático como fuentes adicionales de predictibilidad.

Para explicar los procesos físicos que vinculan el océano y la atmósfera, se destacó que las diferencias en la TSM generan gradientes de presión que impulsan el movimiento de los vientos. Estos vientos transportan humedad y, al converger sobre regiones oceánicas más cálidas, favorecen el ascenso del aire, la formación de nubes y la ocurrencia de precipitaciones. En contraste, otras zonas experimentan subsidencia y condiciones más secas y estables.

La comprensión de estos mecanismos, formalizados por Lindzen y Nigam (1987), permitió reconocer que la TSM constituye un predictor climático valioso, debido a su influencia sobre la circulación atmosférica y los patrones de precipitación.

Analizando los eventos de El Niño de 1982-1983 y 1997-1998, o los eventos de La Niña de 1988-1989 y 1999-2000, los patrones de temperatura del océano se veían muy similares en el satélite, sin embargo, la circulación atmosférica y los impactos de lluvia fueron muy distintos.

En ese contexto surge la Metodología Next que se puede aplicar tanto al clima como a los mercados financieros y permite generar pronósticos objetivos bajo los estándares de la OMM. A diferencia de la primera generación, *NextGen* no solo usa la TSM observada, sino que utiliza las salidas numéricas de modelos físicos acoplados globales como predictores, y luego aplica modelos estadísticos (*Machine Learning*) para corregir sus errores.

La primera regla de NextGen es: Todo empieza con la demanda del usuario. Tradicionalmente los meteorólogos buscan el "modelo perfecto" que satisfaga todas las variables académicas antes de preguntarle al tomador de decisiones qué necesita.

Por ejemplo. Si hay dos agricultores vecinos con el mismo cultivo.

- El primero solo quiere saber de forma dicotómica si va a llover o no para sembrar.
- El segundo necesita saber la cantidad exacta de lluvia (en milímetros), porque de eso depende si compra una semilla premium muy costosa o la semilla regular.

Si se optimiza el modelo basándose únicamente en la correlación de Pearson, el pronóstico puede ser estadísticamente "perfecto" porque el modelo dice que llueve y efectivamente llueve. Pero si el modelo pronostica 2 mm y caen 200 mm, para el segundo agricultor el pronóstico fue un desastre absoluto que le hizo perder su dinero.

La demanda define la métrica de optimización. Se debe configurar y calibrar los modelos de acuerdo con la pregunta del usuario: maximizando la correlación, minimizando el Error Cuadrático Medio (RMSE), o maximizando el RPSS (*Ranked Probability Skill Score* por sus siglas en inglés).

CPT Plus, Funciones Ortogonales Empíricas (EOF) y Regresión de Componentes Principales (PCR)

La herramienta clásica CPT ha evolucionado y la nueva generación se llama CPT *Plus* y viene integrada con CPT-DM lo que permite automatizar los pronósticos operativos sin perder la interfaz gráfica.

Para poder usar los modelos lineales de regresión se deben cumplir rigurosamente dos condiciones matemáticas en los predictores:

- No debe haber **multiplicidad**: El error estadístico tipo I crece exponencialmente si se ingresan demasiados puntos de una grilla como predictores independientes.
- No debe haber **multicolinealidad**: Los predictores deben ser independientes entre sí.

Para construir un espacio vectorial los vectores base deben ser ortogonales, como en la climatología real las series de tiempo de las estaciones no son ortogonales, aplicamos el Análisis de Componentes Principales (PCA por sus siglas en inglés) para extraer Funciones Ortogonales Empíricas (EOF por sus siglas en inglés).

La EOF representa el patrón espacial fijo, la Componente Principal es la serie de tiempo que indica cómo esa estructura espacial se estira, se encoge o cambia de signo año tras año. Cuando se emplean estos modos espaciales del predictor para pronosticar estaciones individuales, se realiza una Regresión de Componentes Principales (PCR). Cuando se cruzan patrones del predictor (océano/modelo) con patrones espaciales del predictando (grilla de lluvias del país), se realiza un Análisis de Correlación Canónica (CCA).

La regresión lineal requiere datos con distribución normal; sin embargo, la precipitación suele presentar una distribución asimétrica tipo Gamma. Para resolver esta limitación, la herramienta CPT aplica una transformación matemática que convierte temporalmente los datos a una distribución normal, realiza los cálculos estadísticos y posteriormente transforma los resultados al espacio original. No obstante, este procedimiento puede presentar limitaciones en regiones con distribuciones climáticas bimodales.

Asimismo, se destacó que los modelos estadísticos asumen estacionariedad climática, es decir, que las características estadísticas del clima permanecen constantes en el tiempo. Sin embargo, factores como el cambio climático y la variabilidad decadal, asociada a fenómenos como la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO por sus siglas en inglés), modifican estas condiciones. Para reducir este efecto, se emplea una técnica de remoción de tendencia (*Detrending*), que elimina temporalmente la señal de cambio climático durante el entrenamiento del modelo y la reincorpora posteriormente en los resultados finales.

26

Para ilustrar cómo se construye este modelo conceptual a partir de la demanda, se presentó un caso real implementado en Guatemala para pronosticar desnutrición aguda en niños menores de 5 años.

- **El error tradicional:** Considerar el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI por sus siglas en inglés) o la lluvia total acumulada y entregarla al gobierno.
- **El análisis de la demanda real:** Se descubrió que en la región del Corredor Seco el detonante de la crisis era la frecuencia de días secos consecutivos en ventanas de tiempo muy específicas del ciclo agrícola.
- **La inclusión de variables no climáticas:** Al tratarse de agricultura de subsistencia, el factor crítico era el maíz. El maíz amarillo se usa localmente para consumo y alimentación animal, mientras que el maíz blanco es más caro y se exporta.
- **El resultado del modelo:** El sistema predictivo final demostró que el clima (los días secos consecutivos) explicaba aproximadamente el 30% de la variabilidad del problema, mientras que las variables socioeconómicas (como el precio de la canasta básica y las tendencias de mercado locales e internacionales) representaban el 50% del peso del modelo predictivo.

Este es un caso de éxito que empezó, no con lo que el científico creía que el usuario necesitaba, sino con una inmersión profunda en su realidad socioeconómica.

En términos de predicción climática regional se requiere considerar múltiples forzantes climáticos, ya que el clima resulta de la interacción de fenómenos que operan en distintas escalas temporales. Además del ENSO, fenómenos como la Oscilación Madden-Julian (MJO por sus siglas en inglés), el Jet de Bajo Nivel de Sudamérica (SALLJ por sus siglas en inglés), la Zona de Convergencia del Atlántico Sur (SACZ por sus siglas en inglés) y el Anticiclón Subtropical del

Proyectos:

Atlántico Norte (NASH por sus siglas en inglés) pueden modificar significativamente las condiciones atmosféricas y alterar las señales climáticas esperadas.

Es importante seleccionar adecuadamente los métodos estadísticos para el análisis climático. Dado que variables como la precipitación no presentan una distribución normal, es recomendable el uso de la mediana en lugar de la media aritmética para la construcción de compuestos y la representación de condiciones climáticas típicas.

Validación de modelos vs Verificación de pronósticos

Un error conceptual recurrente al evaluar sistemas es confundir estos dos términos cuyas métricas son similares, pero sus propósitos metodológicos son completamente distintos:

Concepto	Objeto de Evaluación	Dimensión Temporal	Propósito Operativo
Validación	El Modelo	Escala de largo plazo (Multianual / Histórica)	Probar la robustez de la herramienta científica
Verificación	El Pronóstico Emitido	Escala puntual (Un evento o temporada específica, ej: EFM 2026)	Evaluar el desempeño del producto final entregado a la sociedad

27

Un pronóstico puede resultar correcto por las razones equivocadas. El deber como profesionales es garantizar un modelo validado bajo estrictos atributos de control. No se puede definir un modelo simplemente como "bueno" o "malo" sin una referencia clara. Debemos desglosarlo en atributos:

- **Precisión:** Cercanía del valor pronosticado con la observación
- **Asociación / Fase:** La sincronía temporal (medida con correlaciones de Pearson, Spearman o Tau de Kendall).
- **Discriminación:** La capacidad del sistema para separar nítidamente los bordes de diferentes categorías (por encima, normal, por debajo de lo normal).

Laboratorio: Configuración de CPT Plus e Inyección de Llaves CDS Copernicus

Para la validación del entorno se debe considerar lo siguiente:

- **Soporte de Sistemas:** La versión estable de CPT *Plus* se ejecuta nativamente y sin inconvenientes en Windows 11. También se cuenta con un paquete optimizado ejecutable vía *Linux* o mediante *scripts* en modo comando (*batch bash*).
- **Control de Licencias:** El gestor de datos CPTDM (*Climate Predictability Tool Data Manager*) es de uso completamente gratuito y abierto para todos los Servicios Meteorológicos Nacionales e instituciones de investigación científica sin fines de lucro.

Para extraer los reanálisis y salidas de modelos estacionales directamente desde el Repositorio Europeo de Copernicus (CDS), el sistema requiere configurar la llave API de forma global en su perfil de usuario.

1. Acceder al portal oficial e inicien sesión: cds.climate.copernicus.eu
2. Copiar el *token* alfanumérico provisto en su tablero de usuario.
3. Abrir una ventana de *PowerShell* con privilegios de Administrador y ejecutar el comando para inyectar la credencial en su directorio raíz principal (user profile):

PowerShell

```
# Comando para escribir el archivo de configuración .cdsapirc en la raíz de usuario  
echo "url: https://cds.climate.copernicus.eu/api" > $HOME/.cdsapirc  
echo "key: TU_NUMERO_DE_LLAVE_AQUI" >> $HOME/.cdsapirc
```

Si la llave no se encuentra guardada exactamente en la raíz principal del perfil de usuario bajo el nombre de archivo .cdsapirc, el gestor de descargas de la CPT abortará el proceso devolviendo un fallo de autenticación.

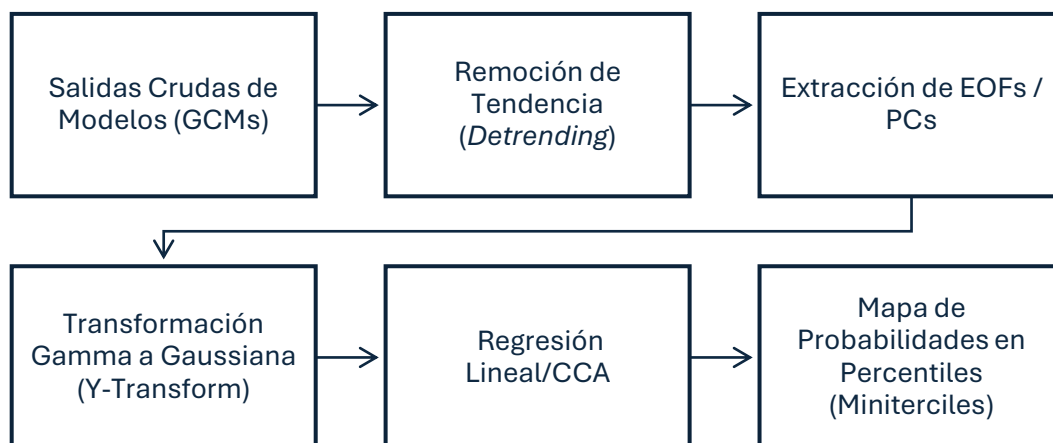
Si al ejecutar el ejercicio el *script* genera un error de descarga hacia la carpeta cache, verifique los siguientes puntos analizados:

- **Aceptación de Licencias en el Portal CDS:** Ingrese al portal web, intente una descarga manual simulada de la variable de precipitación del modelo europeo, haga clic en "Aceptar términos de la licencia" y el canal API quedará liberado inmediatamente para la CPT.
- **Tratamiento de Datos Faltantes:** Recuerde que la CPT cuenta con un módulo de control de calidad capaz de rellenar datos faltantes históricamente basándose en los patrones físicos espaciales. El umbral de tolerancia por defecto está fijado en un 20%; si su serie local tiene más de un 50% de vacíos, el software generará una advertencia.

28

Día 2 – Preparación de datos y generación de pronósticos y verificación

Para ensamblar el pronóstico en NextGen, la CPT ejecuta una secuencia de transformaciones estadísticas rigurosas sobre los predictores y predictandos.



- 1) **Selección de Predictores:** No se pueden añadir variables de forma masiva. El modelo conceptual define si se utiliza la TSM observada, o si inyectan directamente las salidas dinámicas de precipitación y temperatura de los modelos globales acoplados (GCMs).
- 2) **Ortogonalización y Reducción Dimensional:** La CPT toma los datos espaciales y extrae los modos EOF principales independientes (evitando la multicolinealidad).
- 3) **Manejo de la No-Linealidad Mediante la PDF:** Como la precipitación y los índices de sequía tienen un comportamiento asimétrico (distribuciones Gamma o empíricas), la CPT realiza una transformación matemática de la Función de Densidad de Probabilidad (PDF por sus siglas en inglés), por lo que transforma los datos a una distribución Gaussiana estándar, calcula las ecuaciones de regresión lineal en ese entorno seguro y luego realiza la transformación inversa al espacio real del usuario.

29

El producto final que se entrega a los tomadores de decisiones y gobiernos no es un valor determinista único, sino un mapa probabilístico basado en percentiles, en el que se divide históricamente el clima de cada estación en tres franjas equiprobables (Por debajo de lo normal, Normal, y Por encima de lo normal) con 33.3% de probabilidad cada una.

Cuando el modelo *NextGen* calibra el pronóstico, ajusta las probabilidades de estas tres categorías. Si el mapa pinta una zona con un 60% de probabilidad en la categoría "Por debajo de lo normal", significa que las condiciones de sequía (SPEI negativo) tienen casi el doble de probabilidad de ocurrir frente a la climatología histórica.

Si en una región específica (por ejemplo, una zona hiperárida donde la señal del ENSO se bloquea) el modelo arroja una anomalía matemática de 0.5 pero la validación histórica demuestra que el modelo tiene cero capacidad predictiva real (*skill*), el mapa debe enmascarse o dejarse en blanco. Es un deber ético no inflar el modelo para no perder la confianza del usuario final.

Configuración y Selección de Modos Físicos en CPT Plus

Dentro de la interfaz gráfica de CPT Plus, en el menú principal se encuentran los tres métodos lineales esenciales de predicción:

- **Análisis de Correlación Canónica (CCA):** Modula patrones espaciales en el predictor y patrones en el predictando. Su solución matemática está forzada mediante una ecuación complementaria para garantizar que la correlación entre ambos campos espaciales sea máxima.
- **Regresión de Componentes Principales (PCR):** Aplica reducciones de dimensionalidad mediante Funciones Ortogonales Empíricas (EOF) únicamente en el lado del predictor (campos oceánicos o atmosféricos del modelo global), mientras que el predictando (la estación o punto de grilla en tierra) se evalúa de forma directa variable por variable.
- **Regresión Lineal Múltiple (MLR):** Es el método tradicional punto a punto sin reducción dimensional. Como se ha analizado, aplicar MLR directamente sobre grillas climáticas es un error grave, ya que incurre en problemas de multiplicidad (inflación del error estadístico tipo I por exceso de puntos correlacionados espacialmente) y de multicolinealidad.

Configuración del Ejercicio Práctico: Pronóstico del SPEI

- **Periodo de Entrenamiento (*Training*):** CPT Plus permite utilizar un único archivo de datos que contenga toda la serie temporal (por ejemplo, hasta 2025 o 2026), y mediante sus filtros internos indicarle al *software* que detenga el entrenamiento matemático en el año 2020, reservando los años posteriores como muestra fuera de entrenamiento (*out-of-sample*) para la validación sincera.
- **Predictando (Y):** Se utilizan grillas de SPEI-1 (memoria hidrológica de 1 mes) y SPEI-3 (memoria de 3 meses) para el dominio regional (Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Chile) con una resolución espacial de 0.25.
- **Predictor (X):** Se emplea la TSM proveniente de las salidas retrospectivas del modelo del Centro Europeo (inicializadas en diciembre para evaluar los eneros históricos).

30

Análisis Visual de las Cargas Estadísticas y Series de Tiempo

Una vez ejecutado el modelo, la CPT despliega los mapas de Cargas Espaciales de los EOF (*Spatial Loadings*) y las Componentes Principales.

- **Las Cargas Espaciales de los EOF (Adimensionales):** Representan la geometría del patrón físico fijo.
- **Las Componentes Principales (PCs):** Son patrones espaciales de variabilidad climática obtenidos mediante Análisis de Componentes Principales (EOF).

Si se detecta un modo espacial cuyo comportamiento geográfico o serie de tiempo no tenga el más mínimo sentido físico o climatológico conocido, debería ser descartado. El número máximo de modos en uso debe limitarse estrictamente a los patrones que sean capaces de interpretar y defender físicamente frente a sus comités técnicos.

Algunas métricas de verificación que son relevantes se detallan a continuación:

- **Puntaje de Brier (*Brier Score* - *BS*):** Es la transposición directa del Error Cuadrático Medio (RMSE por sus siglas en inglés) al universo probabilístico. Está diseñado estrictamente para eventos dicotómicos (ocurre o no ocurre, expresado como 1 o 0).
- **Puntaje de Probabilidad Rankeada (*Ranked Probability Score* - *RPS*):** Es la generalización matemática del *Brier Score* para entornos multi-categoría, como los tres terciles: por encima, normal y por debajo de lo normal.
- **Concepto de Ignorancia (*Ignorance Score*):** Mide la cantidad de información, expresada en *bits*, que le falta al modelo *NextGen* para alcanzar un pronóstico perfecto. Cuando se convierte esta métrica en un índice de habilidad utilizando la climatología como referencia, la lectura es matemática y elegante:
 - $IGNSS = 0$: El modelo es idéntico a la climatología.
 - $IGNSS > 0$: El modelo tiene mayor destreza que la climatología (cuanto más alto, mejor).
 - $IGNSS < 0$: El modelo es peor que la climatología.

Día 3 – Verificación, integración y Cierre de la sesión

Configuración Práctica del Experimento en CPT

De manera general para configurar el experimento en CPT se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

31

- **Método de análisis:** Seleccionar la opción de Análisis de Correlación Canónica (CCA) a través de la pestaña View.
- **Configuración del Predictor (X):** Cargar el archivo de hindcast y definir los modos correspondientes.
- **Configuración del Predictando (Y):** Cargar el archivo correspondiente al SPI (Índice de Precipitación Estandarizada), y definir los modos correspondientes al subdominio geográfico para la región o país de interés.
- **Definición de Modos:** El número de modos depende de la escala y homogeneidad climática de la región. Para un país típico con hasta 5 zonas climáticas homogéneas, una configuración de 1 a 5 modos bastará. Si el dominio es muy grande o contiene subcuencas independientes con patrones climáticos distintos, se deben estimar configuraciones más altas.
- **Sincronización Temporal:** Cuando se utiliza como predictor la temperatura del océano de un mes o trimestre para predecir el impacto en el mes/trimestre siguiente se debe activar la opción *Sincronizado*, esto le indica al *software* que procese de forma emparejada el año previo del predictor con el año correspondiente del predictando.
- **Transformación Gaussiana:** Siempre es recomendable aplicar la transformación de datos (Y Transform / Gamma u opción Gaussiana) para el SPI antes de ejecutar los cálculos rigurosos, asegurando la estabilidad matemática del modelo.

Interpretación de Métricas en Pronósticos Probabilísticos

- **Correlación de Spearman:** Se prioriza sobre la de Pearson por su capacidad de capturar relaciones crecientes o decrecientes de carácter no lineal.

- **Brier Score:** Es el equivalente al error cuadrático medio aplicado estrictamente al universo de las probabilidades.
- **G-ROC:** Generalización del análisis ROC para evaluar la capacidad de discriminación del sistema entre múltiples categorías simultáneas (Bajo lo Normal, Normal, Sobre lo Normal).
- **Discriminación (Resolución):** Mide qué tan bien el modelo distingue si ocurrirá o no un evento bajo ciertos umbrales.
- **Confiabilidad (Reliability):** Mide si las probabilidades asignadas por el modelo reflejan la frecuencia real observada históricamente.

Modos avanzados de evaluación de los modelos

- **Validación con retroactivo:** Es una alternativa más rigurosa a la validación cruzada convencional, en donde se ejecuta de forma simultánea la validación y la verificación mediante un mecanismo que consiste en definir un periodo de entrenamiento fijo y un intervalo de actualización de 1 años. Por lo tanto, el modelo se entrena con los primeros 20 años y genera el pronóstico para el año 21; luego se añade ese año al periodo de entrenamiento y se genera el pronóstico para el año 22. Este proceso se repite de manera reiterativa para obtener métricas probabilísticas robustas.
- **Generación de mutlipredictores y multimodelos:** Esta alternativa consiste en combinar diferentes variables y archivos dentro de un mismo archivo unificado, concatenando diferentes campos, como TSM o precipitación, con su respectiva grilla para cada variable, con el fin de capturar de mejor manera interacciones físicas complejas.

32

Próximos pasos de la región en la generación de pronósticos

Los próximos pasos planteados por los servicios meteorológicos en sus diferentes países se describen a continuación:

- **Colombia** plantea una evaluación de los rangos y configuraciones por meses para el SPI, estructuración de registros históricos robustos como base para los índices combinados de sequía del monitor y continuar alimentando los ensambles multimodelos asignando pesos estadísticos basados en la destreza histórica de cada modelo
- En **Venezuela** se plantea responder a la necesidad de planificación agrícola mediante la implementación del análisis del SPI semestral (SPI-6) en los procesos mensuales del sistema regional, además de utilizar la combinación de mutlipredictores y multimodelos para garantizar que los pronósticos tengan coherencia física y no presenten diferencias significativas con respecto a un escenario real en un horizonte de 6 meses.
- En **Perú** se plantea la implementación de los diagnósticos del SPI bajo la metodología NextGen revisada en el taller a través de los servicios del CRC-OSA y articular estos resultados con las direcciones de hidrología del SENAMHI para expandir el monitoreo y pronóstico hacia variables de sequía hidrológica y de caudales.
- En **Ecuador** se tiene interés en desarrollar un atlas climático regional y nacional y avanzar con el diagnóstico del Índice de Precipitación – Evapotranspiración Estandarizadas (SPEI).
- En **Bolivia** se plantea mejorar la calidad de los datos en las estaciones observadas debido a que los productos grillados globales suelen presentar niveles severos de subestimación en su geografía por lo que el uso de herramientas NextGen abre la

Proyectos:

oportunidad para realizar las respectivas mejoras y a su vez permite capacitar a más personal técnico para la generación de productos a medida con un rigor técnico avanzado.

Conclusiones

El **XXV Foro Regional de Perspectivas Climáticas para el Oeste de Sudamérica**, realizado en Bogotá, Colombia, en mayo de 2026, ratificó el nivel de integración técnica y humana alcanzado entre los países de la región andina, destacando que, la colaboración y el intercambio de experiencias han contribuido al fortalecimiento colectivo de capacidades, y el crecimiento técnico regional que trasciende las fronteras políticas.

Dentro de los principales logros del encuentro se destacó la adopción regional del índice RONI como complemento del ONI para el seguimiento del ENOS, la transición hacia herramientas NextGen para la generación de pronósticos estacionales, la incorporación de metodologías más robustas para la predicción de eventos extremos y el fortalecimiento de capacidades técnicas mediante un enfoque de capacitación regional a los responsables de la elaboración de pronósticos en sus respectivos países con el fin de que puedan replicar los conocimientos adquiridos en sus instituciones.

La visión conjunta de los participantes respecto a los pronósticos climáticos se basa en que todo proceso de predicción debe comenzar con la identificación de las necesidades de los usuarios, por lo que se debe traducir las necesidades socioeconómicas en predictandos que respondan a problemáticas concretas en el territorio, priorizando un enfoque basado en impactos por encima de métricas exclusivamente académicas y así contribuir de forma más efectiva a la gestión de riesgos, la planificación y la adaptación frente al cambio climático.

34

En cuanto a la sostenibilidad y la transición tecnológica, los participantes coincidieron en la importancia de adoptar de manera coordinada herramientas como CPT Plus para fortalecer la generación de pronósticos estacionales en los distintos países de la región. Esta necesidad surge debido a que algunas herramientas o bases de datos utilizadas tradicionalmente ya no están vigentes como es el caso de *Data Library* del IRI, limitando la capacidad operativa de los Servicios Hidrológicos Meteorológicos Nacionales (SHMN). En este contexto, se destacó que la transición hacia nuevas tecnologías debe orientarse a mejorar continuamente la calidad y la utilidad de los pronósticos climáticos, evitando retrocesos en las capacidades técnicas alcanzadas.

El análisis climático de 2025 confirmó los importantes impactos generados por la alta variabilidad climática observada en la región. Aunque, de acuerdo con el índice tradicional ONI, el año fue clasificado como una fase neutral del ENOS, el índice RONI lo identificó como un evento moderado de La Niña. Esta diferencia ayuda a explicar las anomalías de precipitación registradas en varios países, incluyendo excesos de lluvia que provocaron inundaciones en Bolivia, Perú, Venezuela y Panamá, así como déficits de precipitación y condiciones secas en Ecuador, Chile y Colombia.

En síntesis, el XXV Foro Regional de Perspectivas Climáticas permitió fortalecer la cooperación entre los servicios meteorológicos de la región y consolidar avances científicos y operativos para mejorar los sistemas de monitoreo y pronóstico climático tomando en cuenta la necesidad de orientar los servicios climáticos hacia las demandas de los usuarios y la gestión de riesgos, promoviendo productos más útiles para la toma de decisiones. También se identificaron desafíos importantes relacionados con la calidad de los datos, la adaptación de metodologías al cambio climático, la mejora de la comunicación de la incertidumbre en los modelos de predicción climática y el fortalecimiento de las capacidades técnicas de cada país.

Proyectos:

Anexos

Listado de participantes

Nombre	Organización	Correo institucional
Ángel G. Muñoz	Alisios Corporation	Ángel.g.munoz@alisioscorporation.com
Felipe Costa Do Carmo	CIIFEN	f.costa@ciifen.org
Angela M. Díaz	CIIFEN	a.diaz@ciifen.org
Iliana Salazar Ventura	CIIFEN	i.salazar@ciifen.org
Pier Luigi Maquilón Lipari	CIIFEN	p.maquilon@ciifen.org
Johanna Lynch Santillan	CIIFEN	j.lynch@ciifen.org
Diana Espinoza Ramírez	CIIFEN	d.espinoza@ciifen.org
Oscar Guerrero Molina	IDEAM	ijguerrero@ideam.gov.co
Angela Amaya González	IDEAM	ajamayag@ideam.gov.co
Julieta Serna Cuenca	IDEAM	nserna@ideam.gov.co
Jennifer Dorado	IDEAM	jdorado@ideam.gov.co
Martha Cecilia Cadena	IDEAM	mcadena@ideam.gov.co
Cristian Arango Chacón	IDEAM	carango@ideam.gov.co
José Franklyn Ruiz Murcia	IDEAM	jruiz@ideam.gov.co
Daniel Castiblanco Ramírez	IDEAM	dacastiblanco@ideam.gov.co
Diana Marcel Guzmán Lugo	IDEAM	dmguzman@ideam.gov.co
Mauricio Hurtado Peláez	IDEAM	mahurtadop@ideam.gov.co
Jeimmy Melo	IDEAM	jmelo@ideam.gov.co
Fabio A. Bernal Quiroga	IDEAM	fbernal@ideam.gov.co
Santiago Dimaté	IDEAM	sdimatep@ideam.gov.co
Jenny Bautista Hernández	IDEAM	jmbautista@ideam.gov.co
María Andrea Méndez N.	IDEAM	mamendez@ideam.gov.co
Maryuri Mora Aux	IDEAM	mmoraa@ideam.gov.co
Pablo Cornejo	INAMHI	pcornejo@inamhi.gob.ec
Cristina Valdivieso	INAMHI	cvaldivieso@inamhi.gob.ec
Lenin Suca Huallata	SENAMHI PERÚ	lsuca@senamhi.gob.pe
Javier Chiong Ravina	SENAMHI PERÚ	jchiong@senamhi.gob.pe
Kenny Quisbert Mendoza	SENAMHI BOLIVIA	Kenny.quisbert@senamhi.gob.bo
Justo Choque Choque	SENAMHI BOLIVIA	Justo.choque@senamhi.gob.bo
Rafael Hernández	INAMEH	Rafaher953@gmail.com
Anna Fuentes Casella	INAMEH	casellaannarimarzi@gmail.com

35

Registro fotográfico



36