



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú - IGP



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

PP 068 "Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencia por Desastres"

Producto: “Estudios para la estimación de los riesgos de desastres”

Actividad: “Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño”

Instituto Geofísico del Perú

INFORME TÉCNICO N° PpR/El Niño-IGP/2025-04

21/05/2025

Advertencia: El presente informe sirve como insumo para la Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN). El pronunciamiento colegiado de la comisión multisectorial del ENFEN es la información oficial definitiva. La presente información podrá ser utilizada bajo su propia responsabilidad.

Resumen

Según el valor del Índice Costero El Niño (ICEN) de marzo, se habría alcanzado la categoría Cálida Débil (0.72); mientras que los ICEN temporales (ICEN-tmp) de abril (0.49) y de mayo (0.10) se ubican en la categoría Neutra. Por otro lado, el promedio de los pronósticos de los modelos climáticos de NMME indican, a la fecha, que las anomalías de la temperatura superficial del mar frente a la costa norte y centro del Perú oscilarían dentro de la categoría Neutra hasta fines del verano de 2026.

En el Pacífico central, el Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de marzo (−0.19), así como sus temporales de abril (−0.09) y mayo (−0.11), corresponden a la categoría Neutra. Según el promedio de los pronósticos generados por los modelos climáticos de NMME se prevé condiciones dentro de la categoría Neutra hasta fines del verano de 2026.

Hay que indicar que los pronósticos de los modelos climáticos más allá de mayo, es muy probable, que continúen siendo menos precisos como consecuencia de la llamada “Barrera de predictibilidad” del ENOS.



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

Introducción

Empezando el año 2016, en el marco del programa presupuestal 068 "Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencia por Desastres", algunas instituciones que conforman la Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN), bajo la coordinación del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), participan en el producto "Estudios para la estimación de los riesgos de desastres", en el cual el IGP contribuye con la actividad denominada "Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño". **El presente informe técnico se genera en el marco de esta actividad, el cual se entrega al IMARPE, como coordinador de la actividad y encargado de la presidencia de la comisión multisectorial, para contribuir a la evaluación periódica que dicha comisión realiza. El informe técnico, generado posteriormente por la comisión multisectorial, será el documento oficial sobre el monitoreo y pronóstico del fenómeno El Niño/La Niña en el Perú.**

Índice Costero El Niño (ICEN) y el ICEN relativo

Utilizando la versión 5 de la información reconstruida y extendida de la temperatura superficial del mar (TSM), denominada ERSSTv5, se calculó el valor del ICEN (ENFEN, 2024) para marzo de 2025, el cual se ubicó en la categoría Cálida Débil (Tabla 1, Figura 1a). Cabe señalar que para el cálculo del último ICEN se utiliza la publicación actual en la web del archivo de ERSSTv5, cuyo último valor (“dato en tiempo real”) siempre cambiará en el siguiente mes. Por este motivo, existirán pequeñas discrepancias en el valor del ICEN para los meses anteriores cuando se use la data actualizada.

El IGP, como parte de su trabajo de investigación e innovación, ha desarrollado un nuevo indicador que se basa en el ICEN clásico (ENFEN, 2012) con una climatología 1991-2020, al cual ha denominado “ICEN relativo” (ICENr; Reupo et al., 2024). El ICENr, de acuerdo a su construcción estadística que se basa en criterios físicos, no tiene influencia del calentamiento global ni de variabilidades ajenas al ENOS. Con esta nueva formulación, considerando los mismos rangos para las categorías que se usan en el ICEN clásico (ENFEN, 2012), el ICENr de marzo de 2025 se mantiene en la categoría Neutra (Tabla 1, Figura 1a). Es importante señalar que para el cálculo del ICEN relativo se utilizan los datos que son denominados como “datos en tiempo real”.

Tabla 1. Valores recientes del ICEN e ICENr.

| Año | Mes | ICEN | Categoría | ICENr | Categoría ¹ |
|------|-----------|-------|--------------|-------|------------------------|
| 2024 | Octubre | -0.35 | Neutra | -0.83 | Neutra |
| 2024 | Noviembre | -0.10 | Neutra | -0.56 | Neutra |
| 2024 | Diciembre | -0.11 | Neutra | -0.52 | Neutra |
| 2025 | Enero | 0.00 | Neutra | -0.39 | Neutra |
| 2025 | Febrero | 0.45 | Neutra | -0.07 | Neutra |
| 2025 | Marzo | 0.72 | Cálida Débil | 0.20 | Neutra |

¹ Las categorías del ICENr son las mismas del ICEN clásico que se establecieron en ENFEN (2012).

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

Para los siguientes dos meses se generan valores preliminares y temporales del ICEN (ICENtmp) e ICENr (ICENrtmp), los que se calculan usando el promedio de los pronósticos de la anomalía de la TSM de NMME de un mes y dos meses para el primer y segundo ICENtmp e ICENrtmp. Los valores de ambos índices, de abril y mayo de 2025, se mantienen en la categoría Neutra (Tabla 2, Figura 1a).

Tabla 2. Valores del ICEN temporales.

| Año | Mes | ICENtmp | Categoría | ICENrtmp | Categoría |
|------|-------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| 2025 | Abril | 0.49 | Neutra | 0.08 | Neutra |
| 2025 | Mayo | 0.10 | Neutra | 0.12 | Neutra |

Índice Oceánico Niño (ONI) y el ONI relativo

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), el valor del ONI (Ocean Niño Index en inglés) de marzo de 2025 es -0.19 °C, el que se encuentra dentro de la categoría Neutra² (Tabla 3, Figura 1b). Sin embargo, el ONI relativo (RONI³, por sus siglas en inglés; L'Heureux et al., 2024) de marzo, se mantiene en la categoría Fría Débil (Tabla 3 y Figura 1b).

Tabla 3. Valores recientes del ONI y RONI (se usan los datos en tiempo real, por lo que pueden existir discrepancias para los meses anteriores).

| Índice Oceánico Niño | | | | Índice Oceánico Niño Relativo | |
|----------------------|-----------|--------------|------------|-------------------------------|---------------|
| Año | Mes | ONI (°C) | Categoría | RONI (°C) | Categoría |
| 2024 | Noviembre | -0.36 | Neutra | -0.91 | Fría Débil |
| 2024 | Diciembre | -0.53 | Fría Débil | -1.09 | Fría Moderada |
| 2025 | Enero | -0.64 | Fría Débil | -1.19 | Fría Moderada |
| 2025 | Febrero | -0.39 | Neutra | -0.90 | Fría Débil |
| 2025 | Marzo | -0.19 | Neutra | -0.68 | Fría Débil |

Los valores temporales del ONI (ONItmp) y RONI (RONItmp) de abril y mayo de 2025, usando datos observados y de los pronósticos de NMME, se localizan en la categoría Neutra (Tabla 4). La Figura 1b representa la evolución temporal del ONI.

Tabla 4. Estimados del ONItmp y RONItmp

| Año | Mes | ONItmp | Categoría | RONItmp | Categoría |
|------|-------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 2025 | Abril | -0.09 | Neutra | -0.46 | Neutra |
| 2025 | Mayo | -0.11 | Neutra | -0.47 | Neutra |

² Los umbrales para establecer la categoría de condiciones cálidas o frías débiles, moderadas, fuertes, y muy fuertes usando el ONI son ± 0.50 , ± 1.00 , ± 1.50 , y ± 2.00 , respectivamente (ENFEN, 2015).

³ <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/RONI.ascii.txt>

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

Diagnóstico del Pacífico ecuatorial

Durante abril, la anomalía de la TSM (ATSM) diaria en la región Niño 3.4 (panel superior de la Figura 2) osciló dentro de su promedio climatológico. Con respecto a la región Niño 1+2, el valor de la ATSM (panel inferior de la Figura 2) en la primera quincena de abril alcanzó 1.7°C, pero luego descendió hasta 0.3°C.

La información de TAO (Figura 3) y ARGO (Figura 4) muestra que, en promedio, la termoclina está ligeramente menos profunda de lo normal entre 170°E y 120°W y ligeramente más profunda de lo normal en las zonas occidental y oriental. La información diaria del esfuerzo de viento de CMEMS (Figura 5a) mostró que durante abril se desarrolló una intensificación de los vientos alisios al oeste de la línea de cambio de fecha, siendo mayor en los primeros 20 días. Asimismo, en la primera semana de mayo, se desarrolló una nueva intensificación de los vientos alisios entre 180° y 125°W. El extremo oriental de la piscina caliente (línea morada continua en los paneles de la Figura 5) se localizó cerca de su posición climatológica (línea morada entre cortada en los paneles de la Figura 5). Sin embargo, en las últimas semanas se localiza al este de su posición normal. La ATSM del producto OSTIA (Figura 5d) continuó mostrando anomalías positivas en el extremo oriental del Pacífico, muy cerca de la costa sudamericana.

Los valores de OLR (Outgoing Longwave Radiation) de abril a inicios de mayo de 2025, tanto en la zona occidental (170°E- 140°W, 5°S-5°N) como en la oriental (170°W-100°W, 5°S-5°N), estuvieron alrededor de sus valores promedio alrededor, tal como se observa en la Figura 6 y Figura 7.

Según la información de altimetría satelital a lo largo de la franja ecuatorial (Figura 8a), se observa un paquete de ondas de Kelvin cálidas en 135°W. En relación a las ondas de Rossby (Figura 8b), continuaron presentes las ondas cálidas en los extremos oriental y occidental; mientras que las frías se concentraron en la zona central del Pacífico, aunque fueron débiles. En lo que respecta a la profundidad de la termoclina (Figura 5b), basado en la información de los flotadores ARGO a lo largo de la franja ecuatorial, se observaron ondas de Kelvin fría y cálida en 110°W y 150°W, respectivamente.

Ondas de Kelvin a lo largo de la costa peruana

A lo largo de la costa peruana y dentro de los 100 km, se observó una disminución de la ANM en las últimas semanas (Figura 9b). Es muy probable que esto se deba a la presencia de una onda de Kelvin fría, la cual pudo contribuir a la disminución de la ATSM en la zona norte de la costa (Figura 10). La información cada 5 días del flotador ARGO No. 6903002 más cercano a la costa norte (alrededor de las 40 mn) muestra la disminución de la anomalía de la temperatura del mar en los primeros 50 metros. Sin embargo, desde los primeros días de mayo, se observa un incremento de la misma (Figura 11).

Pronóstico de ondas de Kelvin

Según los datos de altimetría satelital obtenidos hasta la fecha, se espera aún la presencia de un paquete de ondas de Kelvin cálidas a partir de junio que duraría, por lo pronto, hasta julio (Figura 8b). En la zona occidental, se siguen observando ondas de Rossby cálidas aunque su intensidad está disminuyendo. Es poco probable que se reflejen como ondas de Kelvin cálidas que puedan alcanzar la costa americana (Figura 8a y 8b). En lo que respecta a la profundidad de la termoclina, se espera el arribo de una onda de Kelvin fría en junio; sin embargo es de poca intensidad. Luego, a mediados de junio, se espera el arribo de una onda de Kelvin cálida.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

Los resultados de los modelos de ondas del IGP (Figura 12, 13 y 14) —forzado hasta el 10 de mayo con el *reanalysis* de NCEP para el diagnóstico y luego con vientos igual a cero para el pronóstico— indican que se espera aún la presencia de ondas de Kelvin frías en lo que resta de mayo. Luego arribaría un paquete de ondas de Kelvin cálidas. Por ahora, no se ven muy intensas. Hay que tener en cuenta que estos modelos no simulan los procesos de dispersión modal relacionadas a la inclinación de la termoclina.

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para la región Niño 1+2, el promedio de los pronósticos de los modelos climáticos de NMME⁴ (Can ESM5, GEM5.2-NEMO, GFDL_SPEARE2, COLA-RSMAS-CCSM4 y COLA-RSMAS-CESM1), con condiciones iniciales de mayo de 2025, indican que para el ICEN prevalecería la categoría Neutra hasta marzo de 2026 (ver Tabla 5 y Figura 15).

Tabla 5. Pronósticos del ICEN de los modelos climáticos con condiciones iniciales de mayo de 2025

| Modelo | MJJ | JJA | JAS | ASO | SON | OND | NDE | DEF | EFM | FMA |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| CanESM5 | 0.02 | -0.01 | 0.04 | 0.03 | 0.00 | -0.01 | 0.06 | 0.20 | 0.34 | 0.43 |
| GEM5.2_NEMO | 0.24 | 0.22 | 0.10 | 0.00 | -0.02 | -0.05 | -0.04 | 0.00 | 0.12 | 0.17 |
| GFDL_SPEARE | 0.66 | 0.63 | 0.47 | 0.30 | 0.21 | 0.16 | 0.14 | 0.24 | 0.40 | 0.59 |
| COLA_CCSM4 | -0.37 | -0.30 | -0.29 | -0.35 | -0.46 | -0.62 | -0.65 | -0.50 | -0.21 | 0.06 |
| COLA_CESM1 | 0.04 | 0.20 | 0.27 | 0.24 | 0.15 | 0.02 | -0.07 | -0.04 | 0.11 | 0.30 |
| Promedio | | | | | | | | | | |
| NMME | 0.12 | 0.15 | 0.11 | 0.04 | -0.01 | -0.09 | -0.12 | -0.07 | 0.09 | 0.24 |

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), según los pronósticos de los mismos modelos del párrafo anterior, también se espera que el ONI, en promedio, se mantenga en la condición neutra hasta marzo de 2026. Las anomalías más negativas se darían entre octubre y diciembre (ver Tabla 6 y Figura 16). Hay que tener en cuenta que aún está presente la “barrera de predictibilidad” del ENSO.

Tabla 6. Pronósticos del ONI de los modelos climáticos con condiciones iniciales de mayo de 2025

| Modelo | MJJ | JJA | JAS | ASO | SON | OND | NDE | DEF | EFM | FMA |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CanESM5 | -0.07 | 0.01 | 0.04 | 0.03 | 0.00 | -0.01 | 0.06 | 0.20 | 0.34 | 0.43 |
| GEM5.2_NEMO | -0.30 | -0.46 | -0.51 | -0.52 | -0.54 | -0.54 | -0.46 | -0.31 | -0.17 | -0.08 |
| GFDL_SPEARE | 0.32 | 0.39 | 0.24 | -0.04 | -0.30 | -0.43 | -0.43 | -0.27 | -0.05 | 0.17 |
| COLA_CCSM4 | -0.03 | -0.12 | -0.30 | -0.45 | -0.62 | -0.73 | -0.73 | -0.53 | -0.21 | 0.10 |
| COLA_CESM1 | 0.19 | 0.31 | 0.26 | 0.11 | -0.07 | -0.17 | -0.22 | -0.19 | -0.07 | 0.11 |
| Promedio | | | | | | | | | | |
| NMME | 0.02 | 0.03 | -0.05 | -0.17 | -0.30 | -0.38 | -0.35 | -0.22 | -0.03 | 0.15 |

Es importante señalar que según información de la NOAA, en los últimos dos meses los datos de los modelos NASA-GEOS2S y CFSv2 tuvieron errores, por lo que no se han utilizado en este informe.

⁴ Desde julio de 2024, los modelos climáticos globales CanESM5 y GEM5.2-NEMO (<https://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/Models/NMME/CanSIPS-IC4/>) reemplazan a los modelos CanCM4i-IC3 y GEM5-NEMO.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

El modelo de IA del IGP, con condiciones iniciales de abril de 2025, indica que el índice E, relacionado a El Niño en la región oriental del Pacífico (Niño E), tiene en promedio valores alrededor de lo normal hasta abril de 2026. A la fecha, la probabilidad de que se desarrolle un evento Niño E fuerte para enero es de 0.9 %. Por otro lado, en lo que respecta al índice C, relacionado a El Niño en el Pacífico central (Niño C), este muestra valores negativos que se extienden, por lo pronto, hasta abril de 2026 (Figura 17).

Conclusiones

El ICEN de marzo de 2025 habría alcanzado la categoría Cálida Débil, pero sus valores temporales de abril y mayo indican la categoría Neutra. El ICENr y sus temporales se mantienen en la categoría Neutra. De la misma forma, en el Pacífico central, el ONI de marzo y sus temporales de abril y mayo indican la categoría Neutra. Sin embargo, el valor del RONI de marzo se encuentra en la categoría Fría Débil, aunque sus temporales se ubican en la categoría Neutra.

Según la información observada y los resultados de los modelos de ondas (forzados con vientos del *reanalysis* de NCEP), se prevé la presencia de un paquete de ondas de Kelvin cálidas a partir de junio que duraría, por lo pronto hasta julio. Aún se observan ondas de Rossby cálidas en la zona occidental, aunque su intensidad esta disminuyendo. Es poco probable que se reflejen como ondas de Kelvin cálidas que puedan alcanzar la costa americana.

En cuanto a las proyecciones climáticas, basado en los pronósticos de los modelos de NMME, se espera, en promedio, que el ICEN se mantenga en la categoría Neutra hasta marzo del 2026. Por otro lado, en el Pacífico central, los modelos también indican la categoría Neutra hasta marzo del 2026. El modelo de IA del IGP, por lo pronto, indica que para enero de 2026 es poco probable el desarrollo de un evento Niño E fuerte. Hay que tener en cuenta que aún está presente la “barrera de predictibilidad” del ENSO.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

Bibliografía

- **Aparco J., Mosquera K. & Takahashi K.** (2014). Flotadores Argo para el cálculo de la anomalía de la profundidad de la termoclina ecuatorial (Aplicación Operacional). *Boletín técnico: Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, 1(5), 8-9. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/4642>
- Cravatte, S., W. S. Kessler, N. Smith, S. E. Wijffels, Ando, K., Cronin, M., Farrar, T., Guilyardi, E., Kumar, A., Lee, T., Roemmich, D., Serra, Y., Sprintall, J., Strutton, P., Sutton, A., **Takahashi, K.** y Wittenberg, A. (2016) First Report of TPOS 2020. GOOS-215, 200 pp. [<http://tpos2020.org/first-report>]
- DiNezio, P. (2016). Desafíos en la predicción de La Niña, *Boletín técnico: Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, 3(9), 4-8. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/5090>
- ENFEN (2012). Definición operacional de los eventos “El Niño” y “La Niña” y sus magnitudes en la costa del Perú. Nota Técnica ENFEN.
- ENFEN (2015). Pronóstico probabilístico de la magnitud de El Niño costero en el verano 2015-2016. Nota Técnica ENFEN 02-2015.
- ENFEN (2024). Definición Operacional de los Eventos el Niño Costero y la Niña Costera en el Perú. Nota Técnica ENFEN 01-2024
- Huang, B., Thorne, P.W, Banzon, V. F., Boyer, T., Chepurin, G., Lawrimore, J. H., Menne, M. J., Smith, T. M., Vose, R. S. & Zhang, H.-M. (2017). Extended Reconstructed Sea Surface Temperature version 5 (ERSSTv5): Upgrades, validations, and intercomparisons, *J. Climate*, 30(20), 8179-8205. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0836.1>
- Kug, J.-S., Jin, F.-F. & An, S.-I. (2009) Two types of El Niño events: Cold tongue El Niño and warm pool El Niño. *J. Climate*, 22(6), 1499-1515. <https://doi.org/10.1175/2008JCLI2624.1>
- L'Heureux M. L., et al. (2024). A relative sea surface temperature index for classifying ENSO events in a changing climate. *J. Climate*, 37(4), 1197-211. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-23-0406.1>
- **Lagos, P., Silva, Y., Nickl, E., & Mosquera, K.** (2008). El Niño-related precipitation variability in Perú. *Advances in Geosciences*, 14, 231-237. <https://doi.org/10.5194/adgeo-14-231-2008>
- Lavado-Casimiro, W. & **Espinoza, J. C.** (2014). Impactos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú (1965-2007). *Revista Brasileira de Meteorologia*, 29(2), 171-182. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862014000200003>
- Meehl G, Hu A, Teng H. (2016). Initialized decadal prediction for transition to positive phase of the Interdecadal Pacific Oscillation. *Nature Communications*, doi: 10.1038/ncomms11718
- **Montes, I., Segura, B., Castellón, F., Manay, R., Mosquera, K. & Takahashi, K.** (2023). Pronósticos experimentales del posible FEN para la Comisión ENFEN con un modelo de Sistema Tierra de alta resolución para el territorio nacional y el Pacífico oriental. Informe Técnico, p. 16. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/5506>
- **Morera, S. B.,** Condom, T., Crave, A., Steer, P. & Guyot, J. L. (2017). The impact of extreme El Niño events on modern sediment transport along the western Peruvian Andes (1968-2012). *Sci Rep* 7, p. 11947. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12220-x>



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú



“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,
y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

- **Mosquera, K.** (2009). Variabilidad Intra-estacional de la Onda de Kelvin Ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación Numérica y datos observados. Tesis para obtener el grado de Magíster en Física - Mención Geofísica en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/3594>
- **Mosquera, K., Dewitte B. & Lagos, P.** (2010). Variabilidad Intra-estacional de la onda de Kelvin ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): simulación numérica y datos observados. *Magistri et Doctores*, 5(9), 55-82. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/949>
- **Mosquera, K.** (2014). Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico. *Boletín técnico: Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, 1(1), 4-7. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/4638>
- **Mosquera, K. & Dewitte, B.** (2016). ¿Por qué las ondas Kelvin oceánicas no impactaron tanto la TSM en la costa de Perú durante el evento El Niño 2015/16? *Boletín técnico: Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, 3(3), 4-8. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/4649>
- Ramos, Y. (2015). El cambio climático y la lluvia en la costa norte. *Boletín técnico: “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño”*, Instituto Geofísico del Perú, 2(8), 4-8. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/5064>
- **Reupo, J. & Takahashi, K.** (2014). Validación de pronósticos con modelos globales: correlaciones de TSM (1982-2010). *Boletín técnico: Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, 1(1), 8-9. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/5041>
- **Reupo, J., Takahashi, K. & Mosquera, K.** (2024). Índice costero El Niño relativo (ICENr). *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, 11(9), 16-21.
- **Rivera Tello, G.A., Takahashi, K. & Karamperidou, C.** (2023). Explained predictions of strong eastern Pacific El Niño events using deep learning. *Sci Rep* 13. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45739-3>
- **Sulca, J., Takahashi, K., Espinoza, J.C., Vuille, M. & Lavado-Casimiro, W.** (2017). Impacts of different ENSO flavors and tropical Pacific convection variability (ITCZ, SPCZ) on austral summer rainfall in South America, with a focus on Peru. *Int. J. Climatol.* <https://doi.org/10.1002/joc.5185>
- **Sulca, J.** (2025) ENSO diversity regulation of the impact of MJO on extreme snowfall events in the Peruvian Andes. *International Journal of Climatology*. DOI: 10.1002/JOC.8790 In Press
- **Takahashi, K.** (2017). Verificación de los pronósticos probabilísticos de El Niño y La Niña costeros. *Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño"*, Instituto Geofísico del Perú, 4(8), 8-9. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/5108>
- **Takahashi, K., Montecinos, A., Goubanova, K., & Dewitte, B.** (2011). ENSO regimes: reinterpreting the canonical and Modoki El Niño. *Geophysical Research Letters*, 38(10). <https://doi.org/10.1029/2011GL047364>
- **Takahashi, K., Martínez, A. G.** (2019). The very strong coastal El Niño in 1925 in the far-eastern Pacific. *Clim Dyn* 52, 7389–7415. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3702-1>





PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú



“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,
y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

- Thoma, M., Greatbatch, R., Kadow, C. & Gerdes, R. (2015). Decadal hindcasts initialized using observed surface wind stress: Evaluation and prediction out to 2024. *Geophysical Research Letters*, 42. <https://doi.org/10.1002/2015GL064833>
- Urbina, B. & K. Mosquera (2020). Implementación y validación de un modelo oceánico multimodal para la región ecuatorial del océano Pacífico. *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, 7(1), 13-20. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/4855>

Nota: Los Boletines Técnicos del IGP citados se pueden encontrar en:

<https://repositorio.igp.gob.pe/>

Equipo

Kobi Mosquera, Dr. (responsable)
Jorge Reupo, Lic.
Miguel Andrade, Lic.
Jeremy Romero, Bach.

Agradecimientos

A la Dra. Emily Becker (NOAA) y al Dr. Ben Kirtman (RSMAS) por su apoyo con los datos del proyecto NMME



“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,
y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

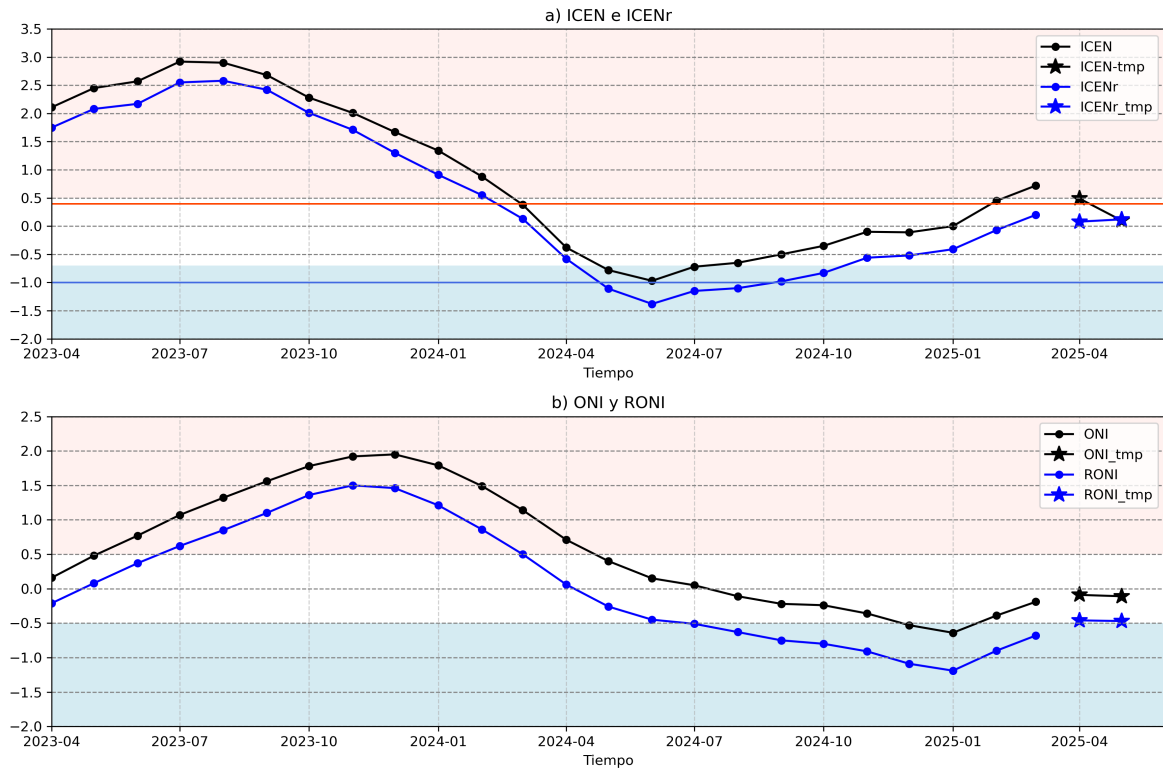


Figura 1. Series de tiempo del (a) ICEN (línea con punto de color negro) e ICENr (línea con punto de color azul), así como sus temporales (con estrellas del mismo color), y (b) igual que (a) pero para el ONI y RONI. El fondo de color rosado (celeste) indica condición cálida (fría) para el ICEN (ONI y RONI). Para el ICENr, ver en (a), la condición cálida inicia en 0.4 (línea horizontal anaranjada) y la condición fría en -1 (línea horizontal de color azul). Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,
y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

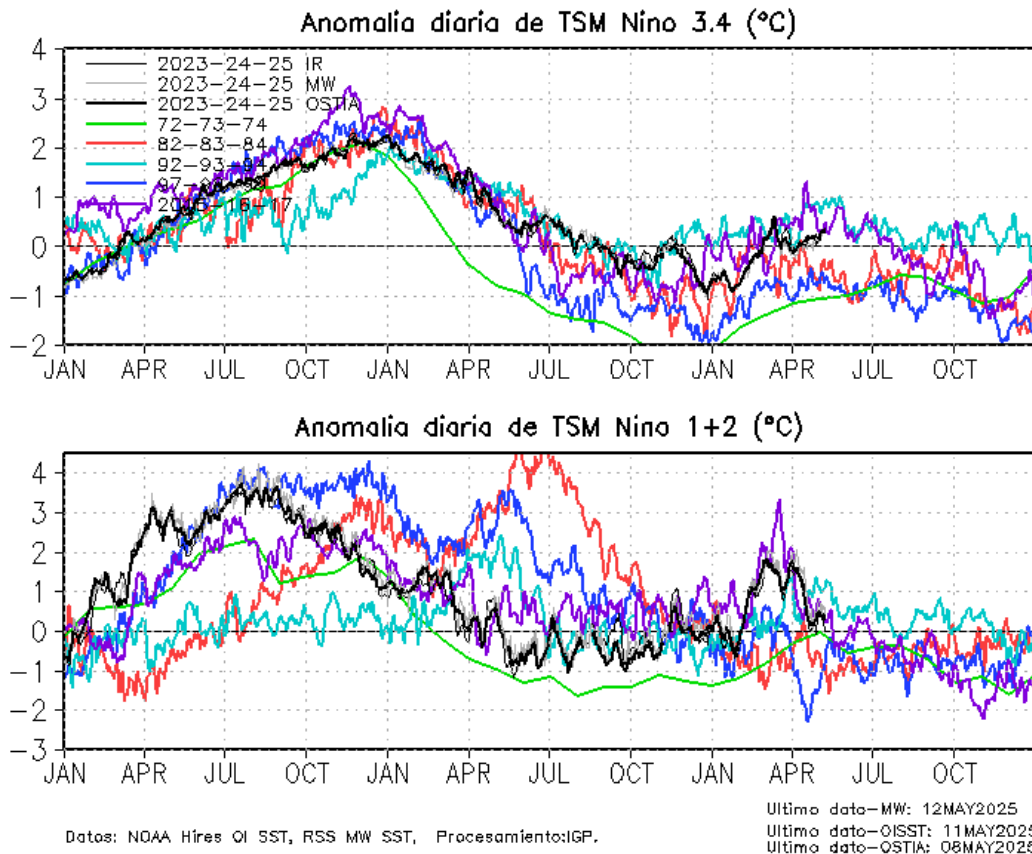


Figura 2. Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del producto OSTIA, respectivamente. Las líneas de color verde, rojo, celeste, azul y magenta indican la evolución de la anomalía de la TSM para los periodos 1972-1974, 1982-1984, 1992-1994, 1997-1999 y 2015-2017. Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,
y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

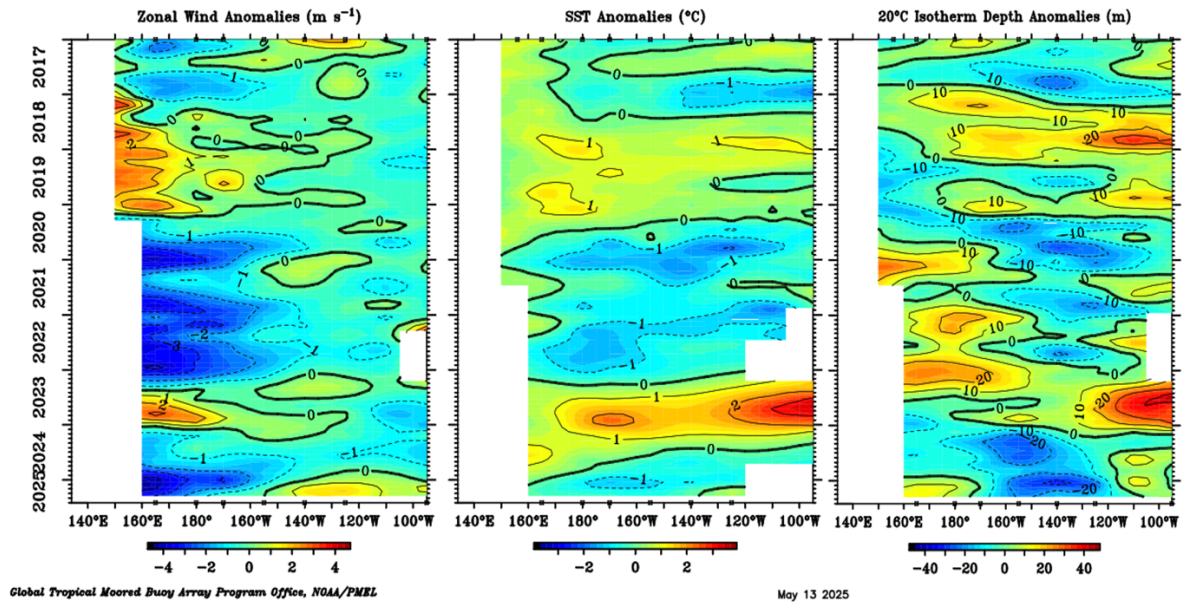


Figura 3. Promedio mensual de la anomalía del viento zonal (panel izquierdo), de la temperatura superficial del mar (panel central) y de la profundidad de la isoterma de 20 °C (panel derecho) y a lo largo de la franja ecuatorial del Pacífico (2°S-2°N). Esta imagen se elaboró de otras que se obtienen del proyecto TAO: www.pmel.noaa.gov/



“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”
 “Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,
 y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

Promedio de la profundidad de la isoterma de 20°C(m) de los últimos 30 días

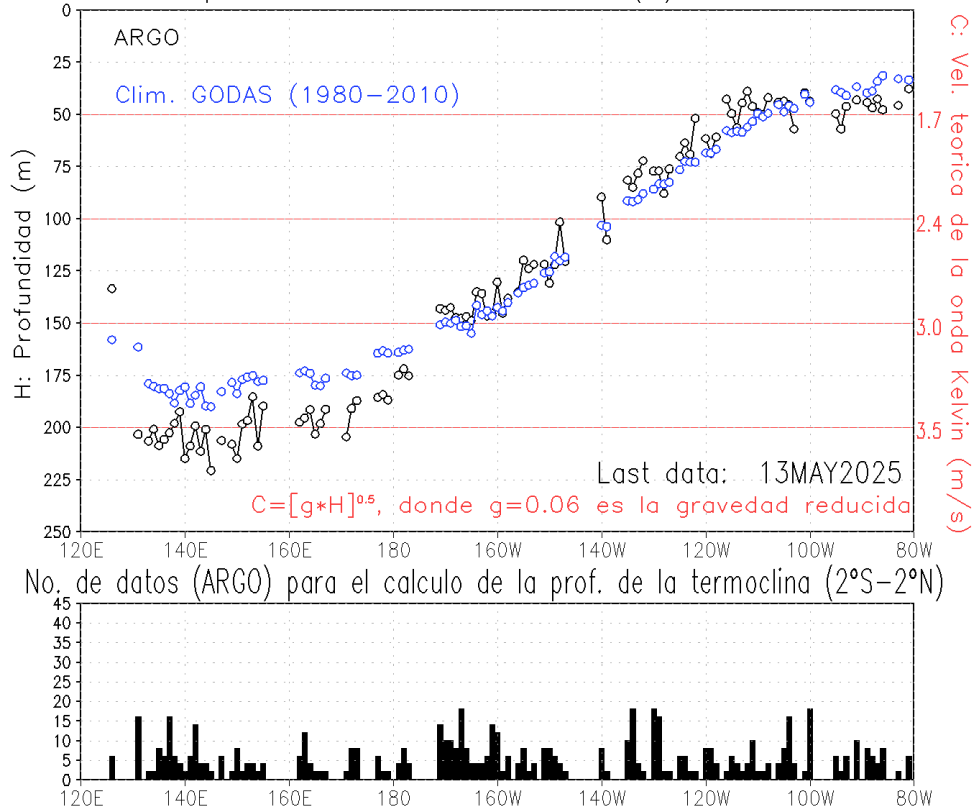


Figura 4. Profundidad de la isoterma de 20°C, como promedio de los últimos 30 días. Fuente ARGO. Elaborado por el IGP.



“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”
 “Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,
 y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

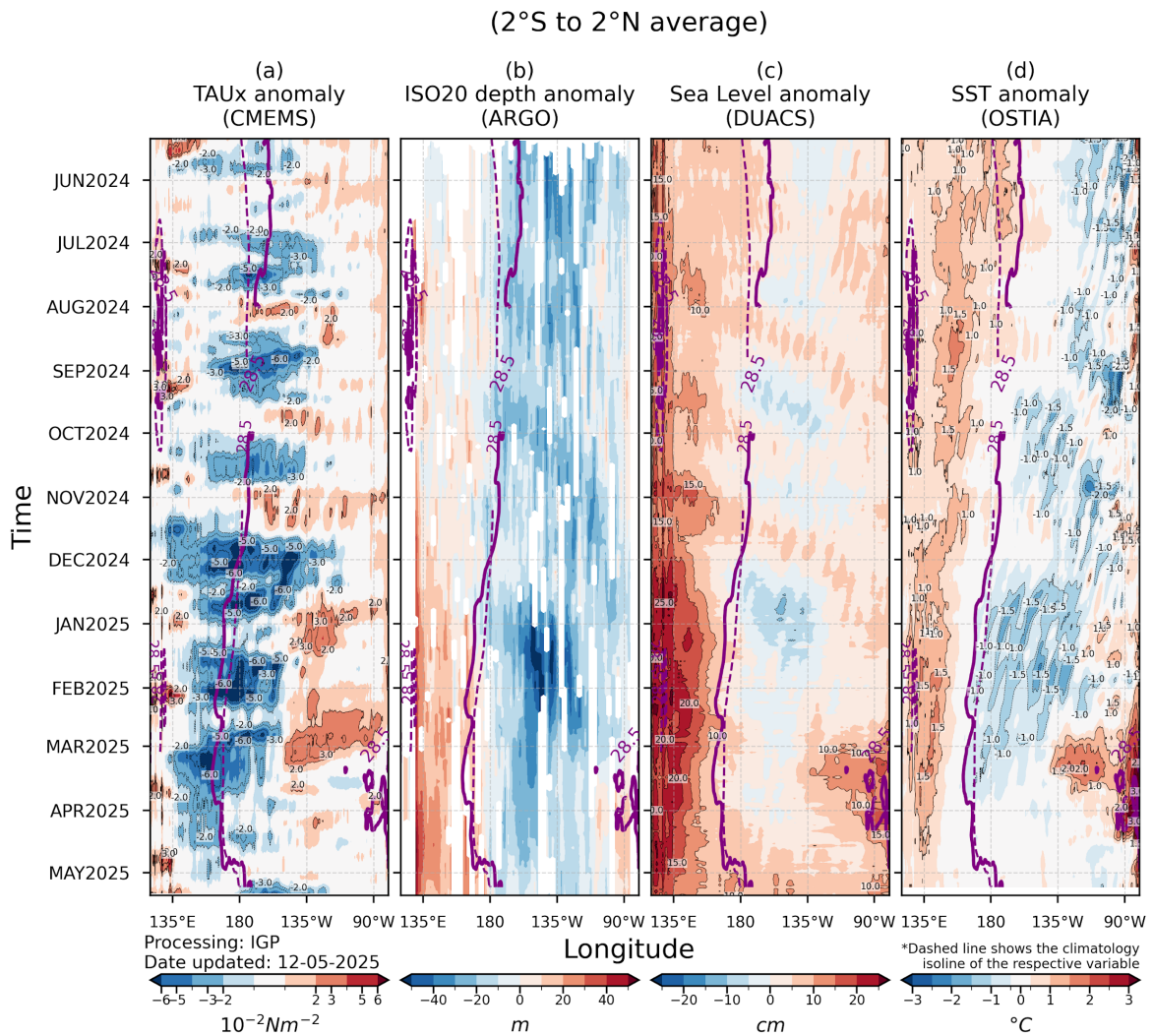


Figura 5. Diagrama longitud-tiempo en la franja ecuatorial de las anomalías, de izquierda a derecha, a) del esfuerzo de viento zonal (CMEMS), b) de la profundidad de la termoclina (ARGO), c) del nivel del mar (DUACS) y d) de la temperatura del mar (OSTIA). La línea morada continua (entrecortada) indica la posición observada (climatológica) de la isoterma de 28.5 °C. Elaborado por el IGP.



“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”
 “Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,
 y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

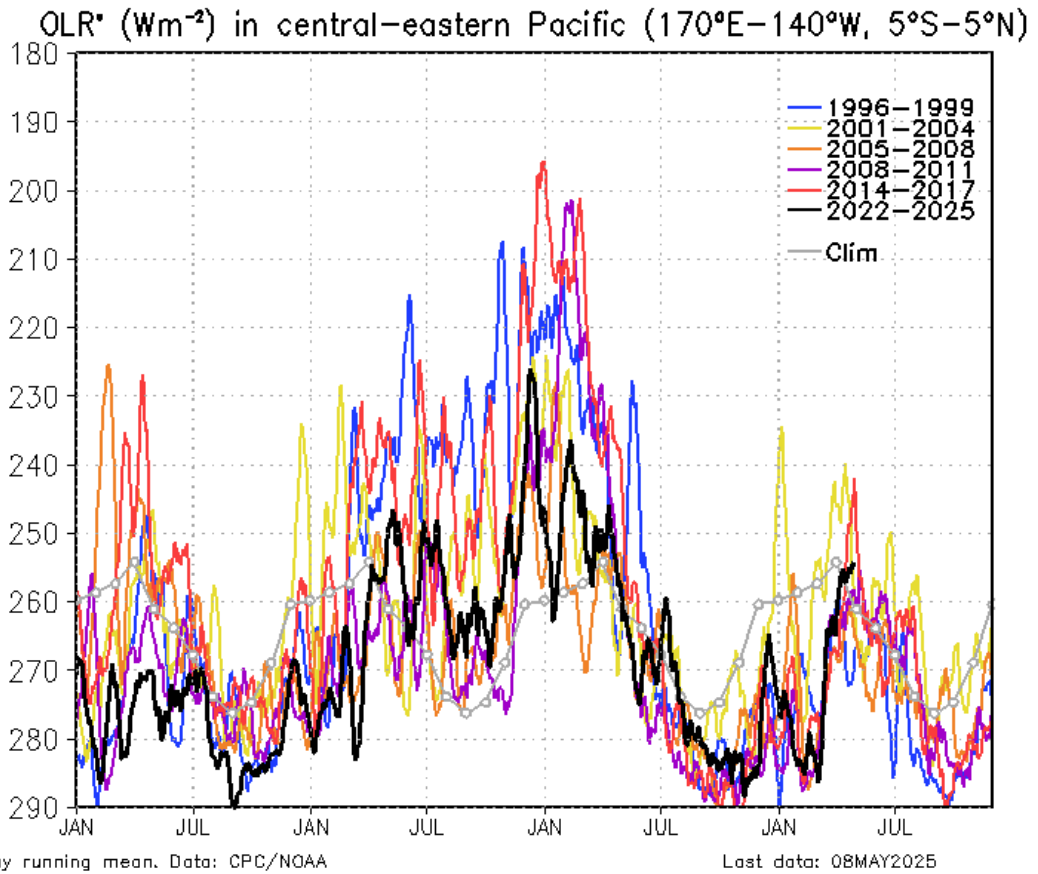


Figura 6. Actividad convectiva en el Pacífico central oriental ($170^{\circ}E-140^{\circ}W$ y $5^{\circ}S-5^{\circ}N$) en base a la información de OLR. Elaborado por el IGP.



“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”
 “Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,
 y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

OLR* (Wm^{-2}) in central-eastern Pacific ($170^{\circ}W-100^{\circ}W$, $5^{\circ}S-5^{\circ}N$)

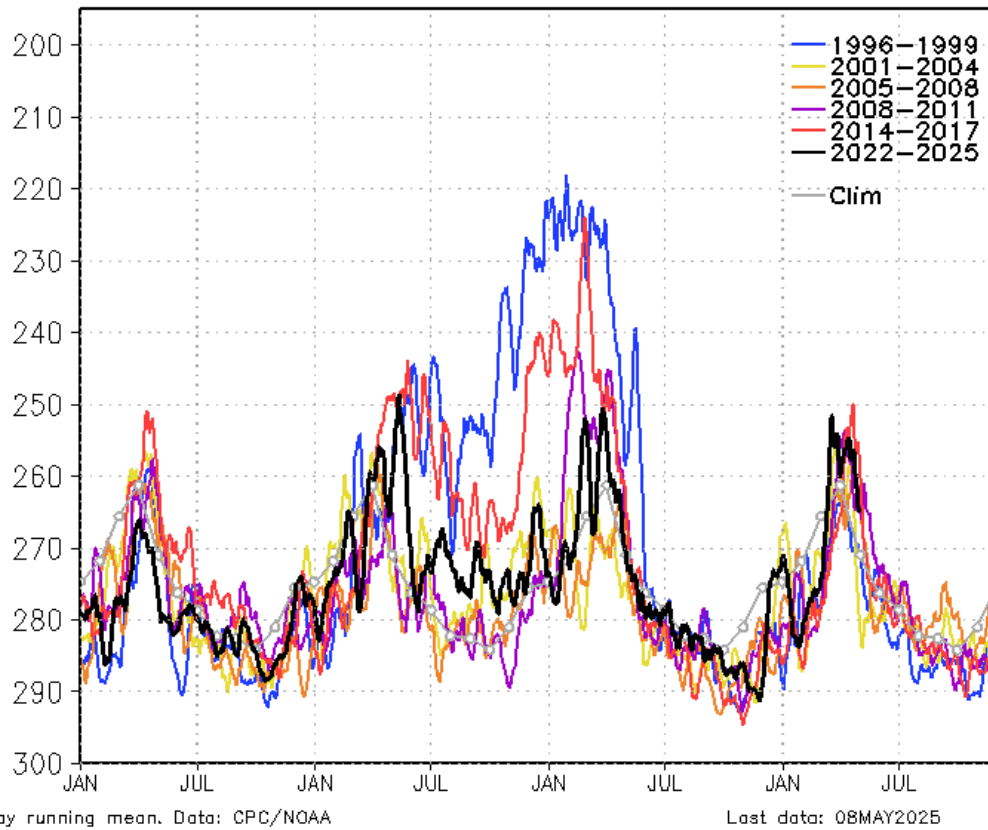


Figura 7. Actividad convectiva en el Pacífico central oriental ($170^{\circ}W-100^{\circ}W$ y $5^{\circ}S-5^{\circ}N$) en base a la información de OLR. Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,
y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

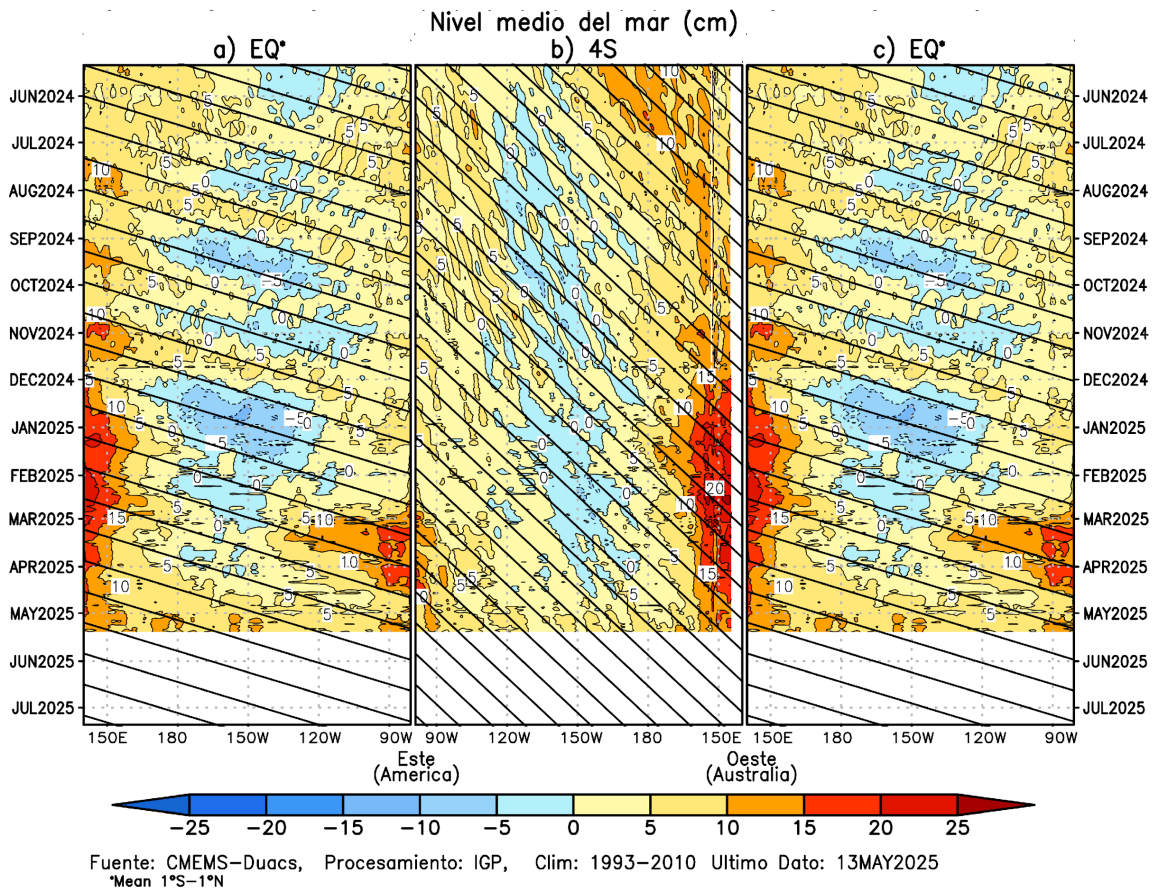


Figura 8. Diagramas longitud-tiempo de la anomalía del nivel medio del mar en el Pacífico ecuatorial usando el producto DUACS. Los paneles (a) y (c) son los mismos y representan la información a lo largo de la línea ecuatorial; mientras que (b), a lo largo de 4°S, pero con el eje zonal de este a oeste. Las líneas diagonales indican la trayectoria teórica de la onda de Kelvin (a y c) y Rossby (b) si tuvieran una velocidad aproximada de 2.6 m/s y 0.87 m/s, respectivamente. Elaborado por el IGP.



“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,
y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

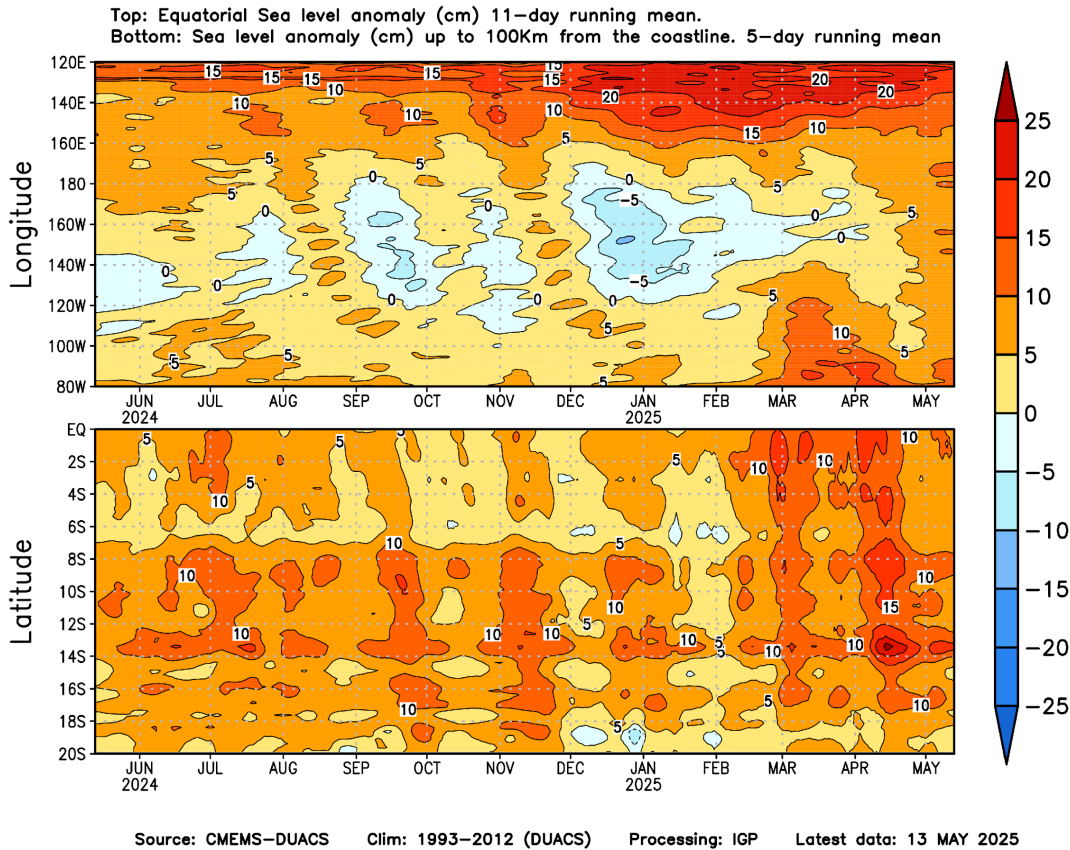


Figura 9. Anomalia del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Las unidades están en centímetros. Elaborado por el IGP.



“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”
 “Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,
 y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

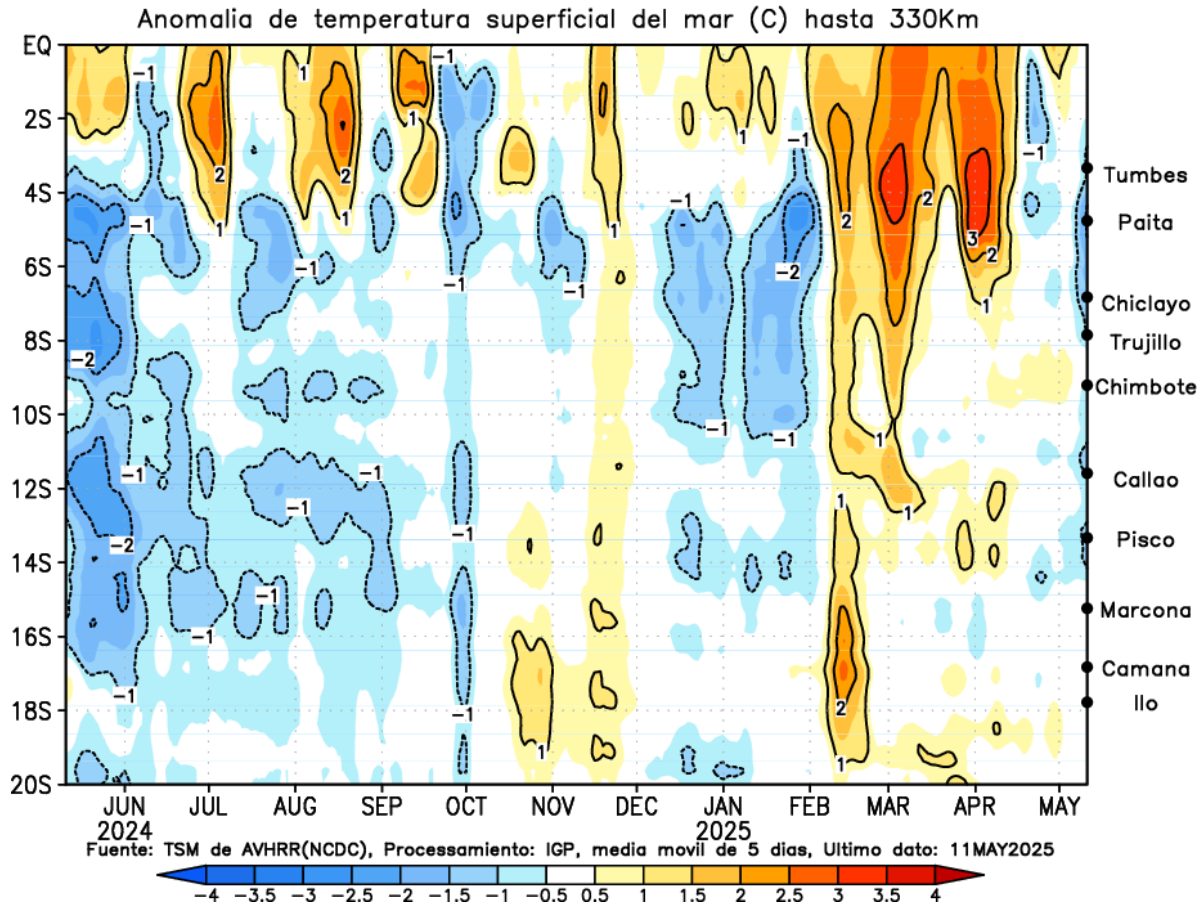


Figura 10. Anomalia de la TSM dentro de los 300 km de la costa peruana. Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,
y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

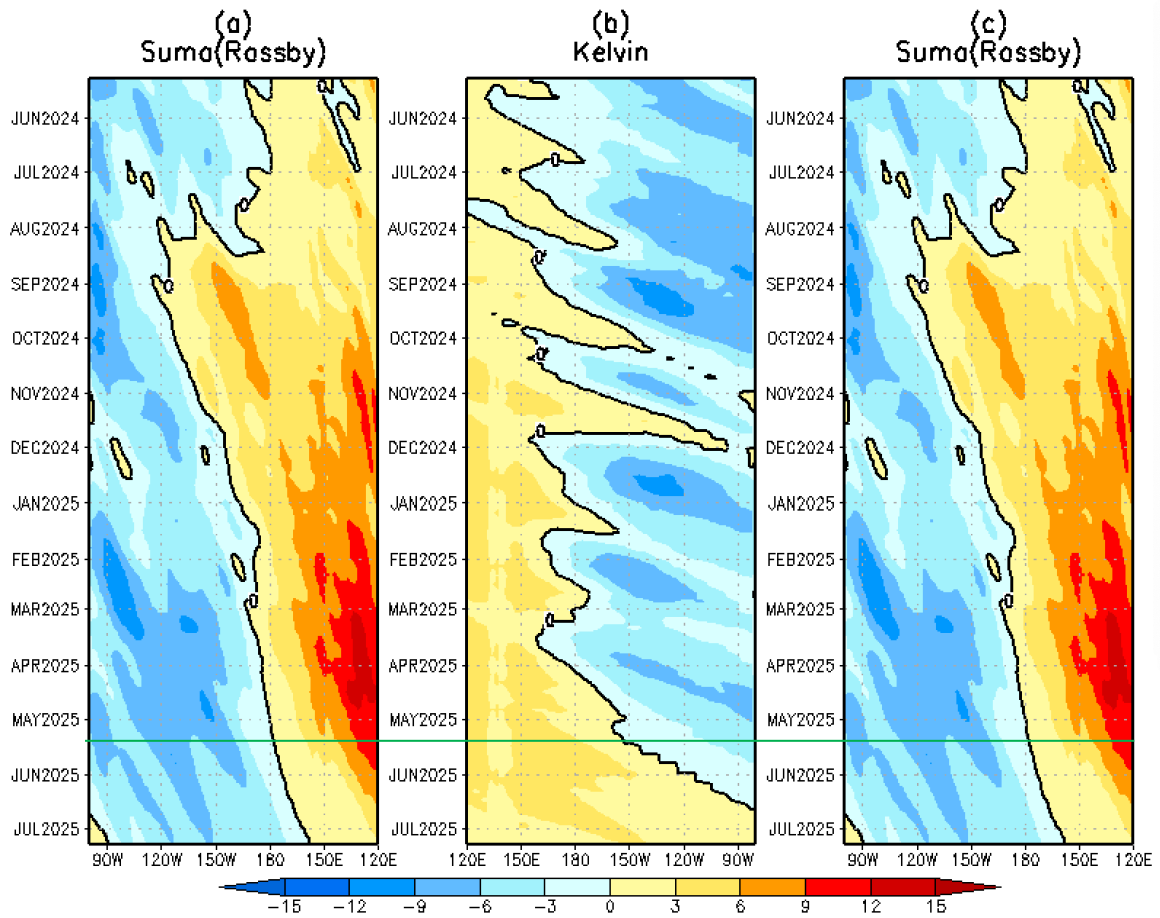


Figura 12. Diagrama longitud-tiempo de (a), diagrama de la onda de Rossby (b) diagrama de la onda de Kelvin, (c) diagrama de la onda de Rossby, calculado con el Modelo oceánico lineal (LOM), forzando por NCEP y termoclina constante. La línea verde horizontal indica el inicio de la simulación del pronóstico con esfuerzo de viento igual a cero. Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,
y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

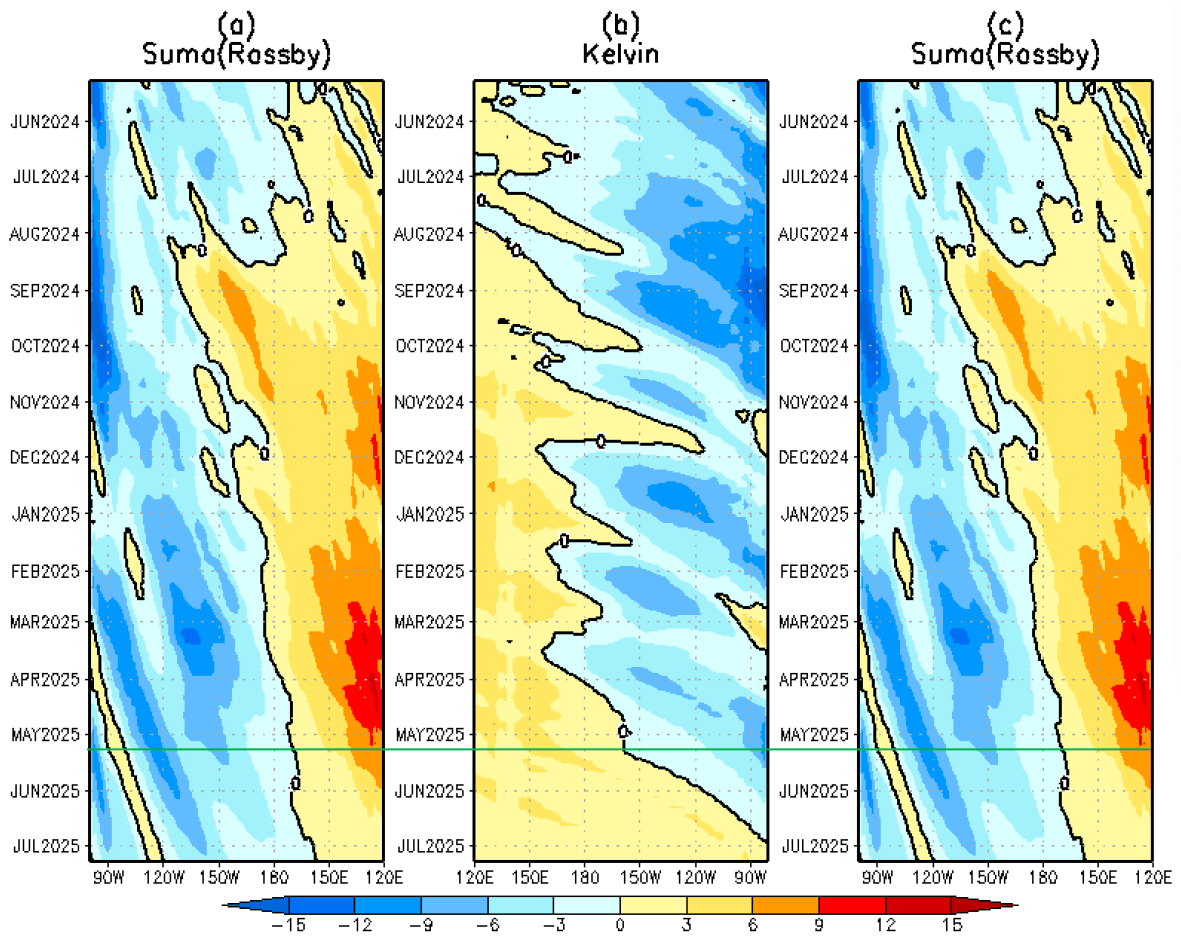


Figura 13. Igual que la Figura 12 pero el modelo es forzado con termoclina variable. Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,
y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

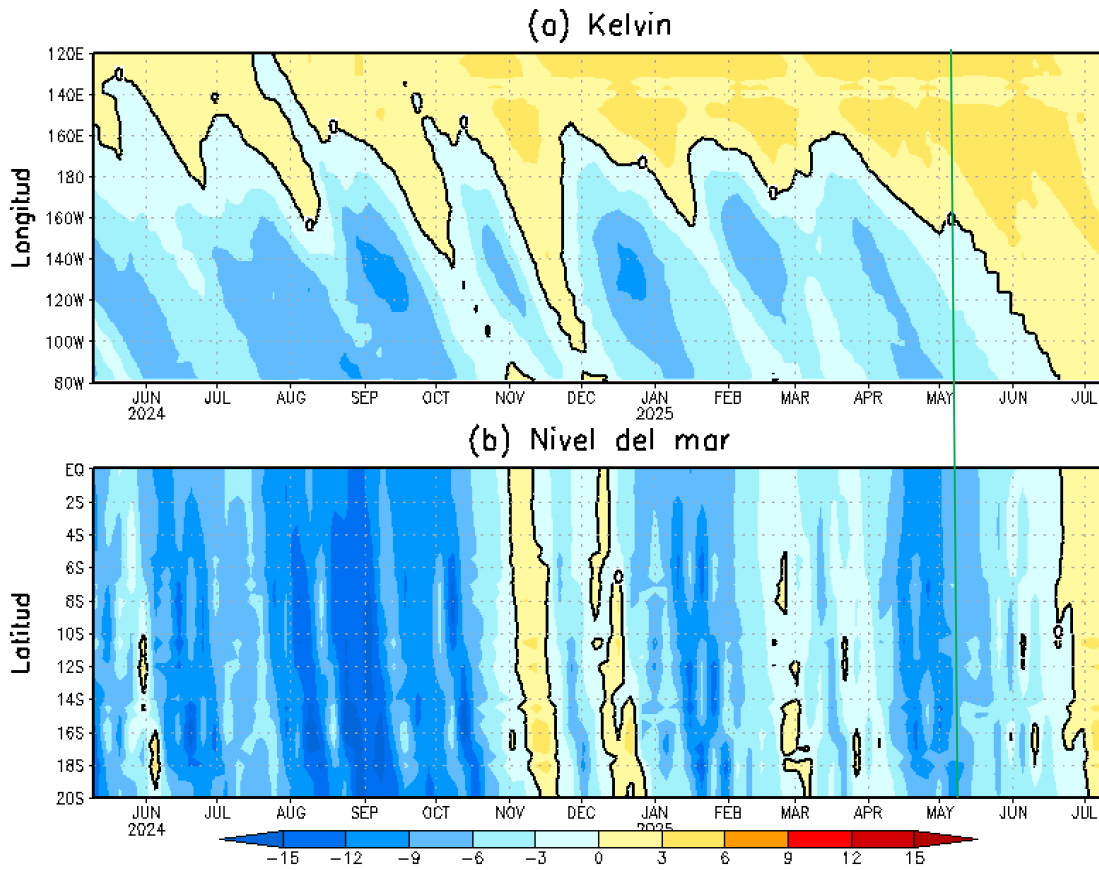


Figura 14. Simulación numérica de la anomalía del nivel del mar (cm) a lo largo de la franja ecuatorial del océano Pacífico (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Esta simulación se realizó con el modelo oceánico lineal (LOM) forzado con esfuerzo de viento del reanalysis de NCEP. La línea verde vertical indica el inicio de la simulación del pronóstico con esfuerzo de viento igual a cero. Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,
y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

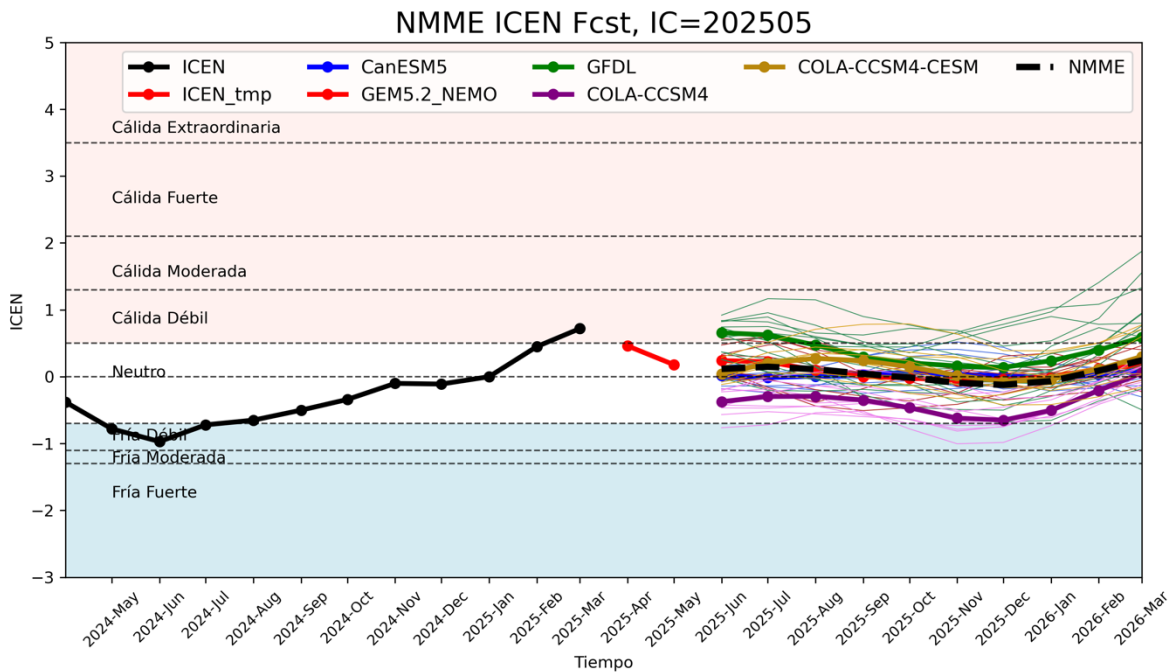


Figura 15. Índice Costero El Niño (ICEN, línea negra con círculos llenos, fuente ERSSTv5) y sus valores temporales (ICENv5tmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CanSISPS-IC4, GEM5.2_NEMO, GFDL_SPEAR, NCAR_CCSM4 y NCAR_CESM1 tienen como condición inicial el mes de mayo de 2025. Fuente: IGP, NOAA, NMME.

“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,
y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

NMME – Condiciones iniciales de mayo de 2025

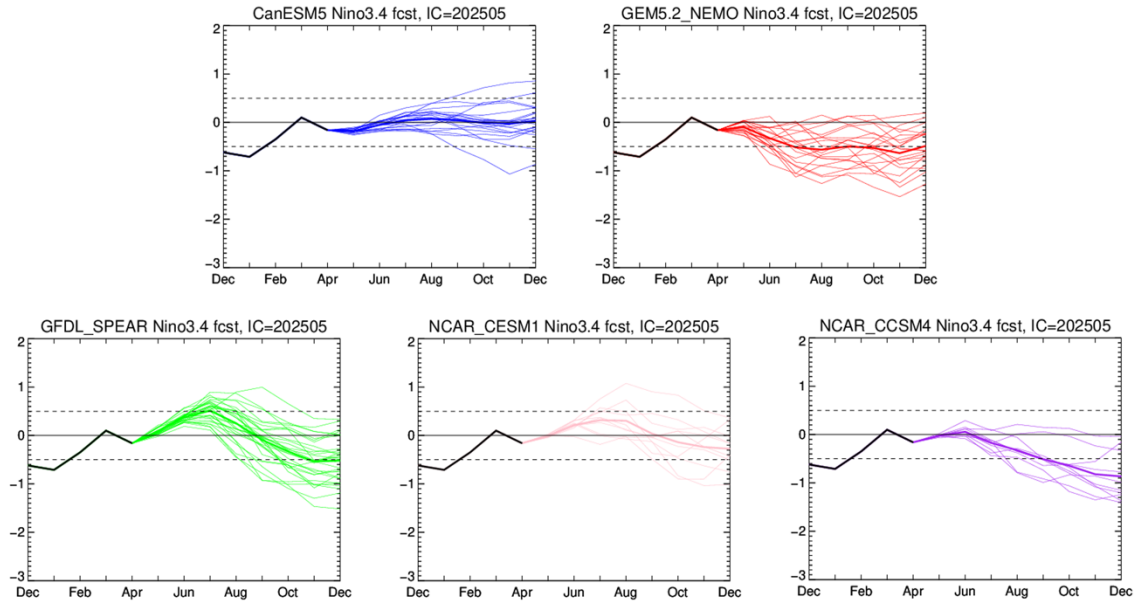


Figura 16. Índice Niño 3.4 mensual observado (líneas de color plomo) y pronosticado por los modelos de NMME (líneas de distintos colores). Fuente: NMME.

“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,
y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

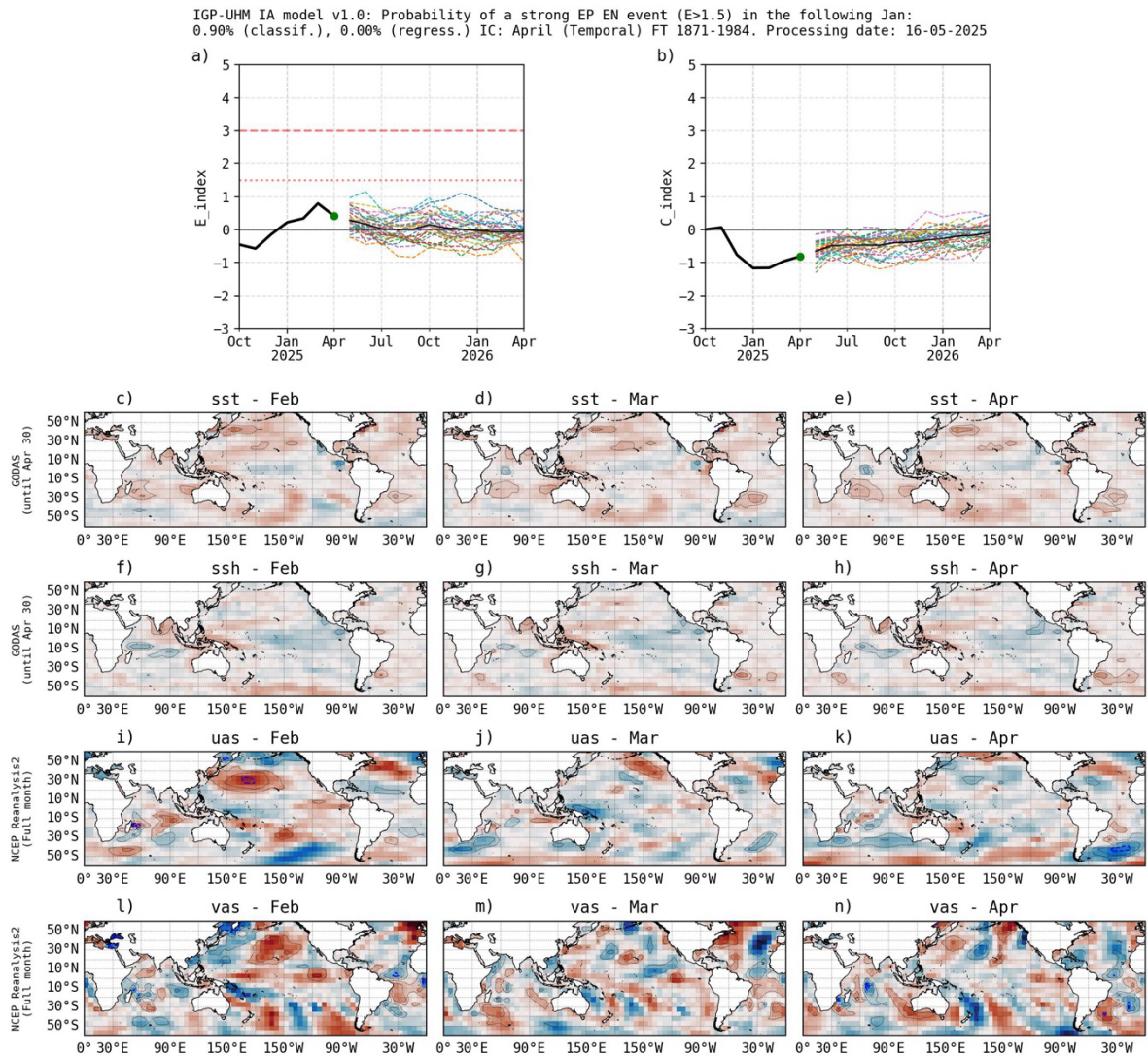


Figura 17. Pronóstico del índice E (Takahashi et al., 2011) a doce meses basado en un modelo de inteligencia artificial (Rivera Tello et al., 2023) para el pronóstico de El Niño extremo. (a) Muestra la evolución del índice E, representado con una línea gruesa de color negro, desde octubre de 2024 a abril de 2025; el conjunto de líneas entrecortadas de colores indica el pronóstico del índice E desde mayo de 2025 a abril de 2026. (b) Es lo mismo que (a) pero para el índice C (Takahashi et al., 2011). Desde (c) a (n), se muestra la “Explicabilidad” (explainability) de cuatro variables, en anomalías, usadas para el pronóstico: temperatura superficial del mar (primera fila), nivel del mar (segunda fila), viento zonal (tercera fila) y viento meridional (cuarta fila). Estas variables se obtienen de distintos meses: febrero de 2025 (primera columna), marzo de 2025 (segunda columna) y abril de 2025 (tercera columna). Los contornos rojos (morados) de estos paneles indican regiones que favorecen (desfavorecen) al pronóstico de El Niño extremo. Elaborado por el IGP.