

**PERÚ**Ministerio  
del AmbienteInstituto  
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/2024-12

15/01/2025

**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), en noviembre, se mantiene la condición neutra ( $-0.10$ ), al igual que los ICEN temporales (ICEN-tmp) de diciembre ( $-0.05$ ) y enero de 2025 ( $-0.15$ ). La mayoría de los pronósticos climáticos, tanto nacionales como internacionales, sugieren la presencia de anomalías negativas en la temperatura superficial del mar (TSM) frente a la costa peruana al menos hasta mayo de 2025. Sin embargo, estas anomalías permanecerían dentro del rango neutral, por lo que no se esperaría el desarrollo de un evento La Niña costera durante este periodo.

En el Pacífico central, el Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de noviembre ( $-0.36$ ) y los ONI temporales de diciembre ( $-0.60$ ) y enero de 2025 ( $-0.86$ ) corresponden a la condición fría débil. Según el promedio de los pronósticos generados por los modelos climáticos con condiciones iniciales de enero de 2025, se prevé condiciones frías hasta marzo de 2025.

Por otro lado, el ICEN relativo (ICENr) —indicador desarrollado por el IGP— muestra también una condición neutra ( $-0.56$ ) para noviembre al igual que los ICENr temporales para diciembre ( $-0.47$ ) y enero 2025 ( $-0.55$ ). Asimismo, el RONI (Relative Oceanic Niño Index) de noviembre mantiene una condición Fría Débil ( $-0.91$ ), vigente desde julio.



“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 noviembre de 2025, el cual se mantiene en la condición neutra (Tabla 1, Figura 1a). Para el cálculo del ICEN se utilizan los datos que son denominados como “datos en tiempo real”, los que son actualizados en el transcurso de los siguientes meses. 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<sup>1</sup>, considerando los mismos rangos para las categorías que se usan en el ICEN clásico (ENFEN, 2012), un escenario de La Niña costera se habría desarrollado desde mayo hasta agosto de 2024, el que alcanzó una magnitud de fría débil. El valor de ICENr de noviembre se mantiene en la categoría Neutra (ver Figura 1a).

**Tabla 1.** Valores recientes del ICEN e ICENr.

Año	Mes	ICEN	Categoría	ICENr	Categoría <sup>2</sup>
2024	Junio	-0.97	Fría Débil	-1.38	Fría Moderada
2024	Julio	-0.72	Fría Débil	-1.15	Fría Débil
2024	Agosto	-0.65	Neutra	-1.1	Fría Débil
2024	Setiembre	-0.50	Neutra	-0.98	Neutra
2024	Octubre	-0.35	Neutra	-0.83	Neutra
2024	Noviembre	-0.10	Neutra	-0.56	Neutra

<sup>1</sup> Es importante indicar que el ICENr fue recientemente ajustado para optimizar sus resultados y por esta razón sus valores difieren de los que fueron publicados en el informe técnico anterior. Detalles sobre el ICENr se pueden ver en Reupo et al. (2024).

<sup>2</sup> 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, respectivamente. Los valores de de ambos índices, de diciembre de 2024 y enero de 2025, están dentro de la categoría Neutra (Tabla 2, Figura 1a).

**Tabla 2.** Valores del ICEN e ICENrtmp temporales y sus categorías

Año	Mes	ICENtmp	Categoría	ICENrtmp	Categoría
2024	Diciembre	-0.05	Neutra	-0.47	Neutra
2025	Enero	-0.15	Neutra	-0.55	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 noviembre de 2024 es  $-0.36$  °C, el que se encuentra dentro de la categoría Neutra<sup>3</sup> (Tabla 3, Figura 1b). Sin embargo, el ONI relativo (RONI<sup>4</sup>, por sus siglas en inglés; L'Heureux et al., 2024) de octubre mantiene la categoría fría débil que se observa desde julio (Tabla 3). Ambos índices mantienen una tendencia negativa (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	Julio	0.05	Neutra	-0.51	Fría Débil
2024	Agosto	-0.11	Neutra	-0.63	Fría Débil
2024	Setiembre	-0.22	Neutra	-0.76	Fría Débil
2024	Octubre	-0.24	Neutra	-0.80	Fría Débil
2024	Noviembre	-0.36	Neutra	-0.91	Fría Débil

Los valores estimados del ONI (ONItmp) de diciembre y enero de 2025, usando datos observados y de los pronósticos de NMME, están en la categoría Fría Débil (Tabla 4); mientras que los valores del RONItmp, para los mismos meses, se ubican en la categoría Fría Moderada. La Figura 1b representa la evolución temporal del ONI y RONI.

**Tabla 4.** Estimados preliminares del ONI (ONItmp) y RONI (RONItmp)

Año	Mes	ONItmp	Categoría	RONItmp	Categoría
2024	Diciembre	-0.60	Fría Débil	-1.16	Fría Moderada
2025	Enero	-0.86	Fría Débil	-1.45	Fría Moderada

<sup>3</sup> Los umbrales para establecer la categoría de condiciones cálidas o frías débiles, moderadas, fuertes, y muy fuertes usando el ONI son  $\pm 0.50$ ,  $\pm 1.00$ ,  $\pm 1.50$ , y  $\pm 2.00$ , respectivamente (ENFEN, 2015).

<sup>4</sup> <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 noviembre y la primera semana de diciembre, la anomalía de la TSM (ATSM) diaria registrada en la región Niño 3.4 estuvo, en promedio, en condiciones frías. Con respecto a la región Niño 1+2, los valores de la ATSM en promedio estuvieron oscilando alrededor de su normal (Figura 2). Conforme a la información mensual de los datos obtenidos de las boyas de TAO, la magnitud de los vientos alisios (promediado entre 2°S-2°N), se mantiene más intenso de lo normal, principalmente en el Pacífico central y occidental (Figura 3a). La ATSM, en promedio, mantiene valores por debajo de lo normal (Figura 3b).

La información TAO muestra que, en promedio, la termoclina está menos (más) profunda de lo normal al oeste (este) de 120°W (Figura 3c), aunque la información de ARGO, con información de los últimos 30 días en promedio, indica que la posición de la termoclina es más somera con respecto a su climatología en la región oriental (Figura 4). La información diaria del esfuerzo de viento de CMEMS (Figura 5a) mostró el desarrollo de un pulso de viento del este (oeste) entre 150°E y 140°W (140°W y 120°W) durante la segunda quincena de diciembre (la última semana de diciembre y segunda semana de enero).

El extremo oriental de la piscina caliente (línea morada continua en los paneles de la Figura 5) se localizó al oeste de su posición climatológica (línea morada entre cortada en los paneles de la Figura 5). En la zona oriental, basado en las ATSM del producto OSTIA (Figura 5d), se observan anomalías positivas frente a la costa sudamericana.

Los valores de OLR (Outgoing Longwave Radiation) de diciembre a inicios de enero de 2025 son superiores a sus promedios históricos en la zona occidental (170°E- 140°W, 5°S-5°N), lo que indica un déficit de lluvias en dicha región (Figura 6); mientras que en la zona oriental (170°W-100°W, 5°S-5°N), sus últimos valores son similares al promedio de sus datos históricos (Figura 7).

Según la información de altimetría satelital en la franja ecuatorial (Figura 8), se observa una onda de Kelvin fría en el Pacífico central, acercándose a la costa americana, pero con una tendencia a disminuir su magnitud. Actualmente, se localiza en 120 °W. Por otro lado, se observa una onda de Kelvin cálida al oeste de la línea de cambio de fecha. En relación a las ondas de Rossby, se siguen observando ondas cálidas en el extremo occidental. Según la información de los flotadores ARGO, la profundidad de la termoclina muestra la presencia de un paquete de ondas de Kelvin frías en el extremo oriental (Figura 5b).

### Ondas de Kelvin a lo largo de la costa peruana

A lo largo de la costa peruana, dentro de los 100 km, se observó entre diciembre y enero de 2025 un aumento del nivel del mar y luego una disminución (Figura 9b), lo cual, al parecer, no impactó en la ATSM frente a la costa peruana, ya que esta mostró, contrariamente, una disminución en el mismo periodo (Figura 10). La información cada 5 días del flotador ARGO No. 6903002, localizado alrededor de las 50 mn y en 1.2 °S, muestra anomalías positivas en los primeros 20 metros y anomalías negativas entre los 20 y 150 m en promedio (Figura 11).

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

### Pronóstico de ondas de Kelvin

Según los datos de altimetría satelital, es probable que a fines de enero arribe el paquete de ondas de Kelvin frías, aunque con una magnitud inferior a la que tiene actualmente. Por otro lado, en la zona occidental (al oeste de 180°) se observa una señal de una onda de Kelvin cálida. Esta onda arribaría en marzo a la costa americana, siempre y cuando, no hubieran procesos físicos que afecten su desplazamiento (Figura 8b). En el extremo occidental aún se observa la presencia de ondas de Rossby cálidas y es probable que sigan reflejándose en nuevas ondas de Kelvin cálidas (Figura 8a y 8b). En lo que respecta a la profundidad de la termoclina, se observa, de igual manera, la presencia de un paquete de ondas de Kelvin fría y cálida en las mismas ubicaciones que las observadas en la información de altimetría. Sin embargo, se ven más intensas que en el nivel del mar y es muy probable que al arribar a la costa peruana se observe su impacto, principalmente, por debajo de la superficie. El desarrollo del pulso de viento del oeste en la zona oriental podría proyectarse en una onda de Kelvin cálida que compensaría la presencia del paquete de ondas de Kelvin frías. A la fecha se observa el desarrollo de un pulso de viento del este en el Pacífico central que podría proyectarse en una onda de Kelvin fría que arribaría en marzo (Figura 5b).

Los resultados de los modelos de ondas del IGP (Figura 12, 13 y 14), forzado con el *reanalysis* de NCEP para el diagnóstico (hasta el 11 de enero) y luego con vientos igual a cero para el pronóstico, indican que se espera el arribo de una onda de Kelvin fría entre enero y febrero. Luego un paquete de ondas de Kelvin cálidas desde fines de febrero. Hay que tener en cuenta que estos modelos no simulan los procesos de dispersión modal relacionadas a la inclinación de la termoclina; asimismo, hay que considerar que los vientos del *reanalysis* de NCEP (el forzante del modelo de ondas) no estaría simulando correctamente los vientos del oeste observados en la zona oriental.

### Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para la región Niño 1+2, los pronósticos de los modelos climáticos de NMME<sup>5</sup> (CFSv2, Can ESM5, GEM5.2-NEMO, NASA-GEOS2S, GFDL\_SPEAR2, COLA-RSMAS-CCSM4 y COLA-RSMAS-CESM1), con condiciones iniciales de enero de 2025, indican para el ICEN, en promedio, condiciones neutras hasta finales de la primavera de 2025, esto a pesar de mostrar anomalías negativas hasta junio (ver Tabla 5 y Figura 15).

---

<sup>5</sup> 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”

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

Modelo	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND
CFS2	-0.36	-0.32	-0.26	-0.05	0.16	0.32	0.28	0.15	-----	-----
CanESM5	-0.06	-0.14	-0.10	0.00	0.16	0.29	0.39	0.40	0.34	0.26
GEM5.2_NEMO	-0.14	-0.12	-0.07	-0.10	-0.14	-0.20	-0.20	-0.14	-0.06	0.04
NASA	-0.97	-1.42	-1.45	-1.07	-0.55	-0.35	-0.34	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	0.14	0.06	-0.10	-0.10	-0.01	0.04	0.02	0.02	0.03	0.03
COLA_CCSM4	-0.72	-0.76	-0.73	-0.56	-0.36	-0.21	-0.18	-0.23	-0.32	-0.45
COLA_CESM1	-0.27	-0.11	0.08	0.22	0.24	0.19	0.10	-0.01	-0.06	-0.04
Promedio										
NMME	-0.34	-0.40	-0.38	-0.24	-0.07	0.01	0.01	0.03	-0.01	-0.03

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), según los pronósticos de los mismos modelos del párrafo anterior, para el ONI, se espera la condición fría débil para febrero y marzo de 2025; mientras que entre abril y noviembre las condiciones serían neutras. (ver Tabla 6 y Figura 16).

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

Modelo	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND
CFS2	-0.80	-0.54	-0.31	-0.18	-0.14	-0.17	-0.20	-0.17	-----	-----
CanESM5	-0.62	-0.42	-0.29	-0.21	-0.11	-0.01	0.04	0.06	0.08	0.13
GEM5.2_NEMO	-0.60	-0.44	-0.37	-0.35	-0.34	-0.33	-0.33	-0.29	-0.23	-0.18
NASA	-1.67	-1.48	-1.06	-0.73	-0.50	-0.34	-0.24	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	-0.08	0.10	0.19	0.24	0.25	0.19	0.08	-0.03	-0.14	-0.20
COLA_CCSM4	-1.18	-1.01	-0.80	-0.57	-0.38	-0.26	-0.25	-0.35	-0.47	-0.53
COLA_CESM1	-1.03	-0.75	-0.45	-0.26	-0.15	-0.13	-0.18	-0.21	-0.18	-0.11
Promedio										
NMME	-0.85	-0.65	-0.44	-0.29	-0.20	-0.15	-0.15	-0.17	-0.19	-0.18

El modelo de IA del IGP (Rivera Tello et al., 2023), con condiciones iniciales de noviembre, indica que el índice E, relacionado a El Niño en la región oriental del Pacífico (Niño E), se mantendría con valores por debajo de lo normal y que recién alcanzaría sus valores normales a finales del invierno de 2025. 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 mediados de la primavera del 2025 (Figura 17).

El modelo IGP RESM-COW v1 (Montes et al, 2023), con condiciones iniciales de enero de 2025, pronostica condiciones cálidas débiles entre enero y marzo, mientras que en abril alcanzaría la categoría Cálida Moderada. Luego se observa una tendencia negativa que va de mayo a julio de 2025, que alcanza la categoría Cálida Débil. En relación a este resultado, se han detectado inexactitudes en las rutinas de preprocesamiento de la información relacionada a la generación de las condiciones iniciales y de frontera que requiere el modelo regional WRF para el pronóstico, por lo que se continúa revisando para evaluar su potencial impacto en las predicciones generadas. Mientras se realiza dicha revisión, se recomienda cuidado en la utilización de las salidas del modelo, particularmente considerando que dichas salidas indican un



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”

escenario distinto al resto de modelos de predicción. Asimismo, se debe tener en cuenta que es necesario un mayor número de corridas (miembros de ensemble) y, eventualmente, incorporar datos de otros modelos globales para tener una mejor estimación de los posibles escenarios (Figura 18).

## Conclusiones

El ICEN de noviembre se mantiene en la categoría Neutra, al igual que los ICEN temporales de diciembre y enero de 2025. El ICENr, que no es el índice oficial del ENFEN, también muestra condiciones neutras. En el Pacífico central, el ONI de noviembre se mantiene en la condición neutra; sin embargo, sus valores temporales de diciembre y enero de 2025 indican la categoría Fría Débil. Por otro lado, el RONI de noviembre se mantiene en la categoría Fría Débil —categoría observada desde julio— con una tendencia negativa.

Según la información observada y los resultados de los modelos de ondas (forzados con vientos del *reanalysis* de NCEP), es probable que para finales de enero arribe un paquete de ondas de Kelvin frías de poca intensidad. Por otro lado, se observa una onda de Kelvin cálida que arribaría a la costa sudamericana en marzo.

En cuanto a las proyecciones climáticas, aunque se prevén anomalías negativas de la TSM frente a la costa peruana hasta junio de 2025, estas se mantendrían dentro del rango neutral, lo cual indica que no se configuraría un evento La Niña costera. Por otro lado, en el Pacífico central, los modelos climáticos anticipan categorías frías hasta finales del verano de 2025.



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

## Bibliografía

- **Aparco J., K. Mosquera y K. Takahashi** (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, mayo, 1, 5.
- 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 modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, 3 (9), 4-8.
- 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*, doi: [10.1175/JCLI-D-16-0836.1](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, doi: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. Clim.* 37 1197–211.
- **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.
- 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. y 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.
- **Morera, S. B.,** Condom, T., Crave, A., Steer, P., and Guyot, J. L. (2017). The impact of extreme El Niño events on modern sediment transport along the western Peruvian Andes (1968-2012). *Scientific Reports*, v. 7, No. 1, p. 11947 DOI:10.1038/s41598-017-12220-x.

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

- **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.
- **Mosquera, K., B. Dewitte y P. Lagos** (2010). Variabilidad Intra-estacional de la onda de Kelvin ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): simulación numérica y datos observados. Magistri et Doctores, Revista de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Año 5, No9, julio-diciembre de 2010, p. 55.
- **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, Enero, 1, 4-7.
- **Mosquera, K. y 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.
- 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.
- **Reupo, J. y 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", Inst. Geofísico del Perú, Enero, 1, 8-9.
- Reupo, J., Takahashi, K., & Mosquera, K. (2024). Índice costero El Niño relativo (ICENr). Boletín científico El Niño, Instituto Geofísico del Perú, vol. 11 Nro. 09, págs. 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, 21150 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45739-3>
- **Sulca, J., Takahashi, K.,** Espinoza, J.C., Vuille, M. and 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. Doi:10.1002/joc.5185.
- **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.
- **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.** (2016). The very strong El Niño in 1925 in the far-eastern Pacific. Climate Dynamics, doi: 10.1007/s00382-017-3702-1.
- Thoma, M., Greatbatch, R., Kadow, C., & Gerdes, R. (2015). Decadal hindcasts initialized using observed surface wind stress: Evaluation and prediction out to 2024. Geophys. Res. Lett. doi:10.1002/2015GL064833
- **Urbina, B. y 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, Vol. 7 N° 01, 13-20.



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”

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”

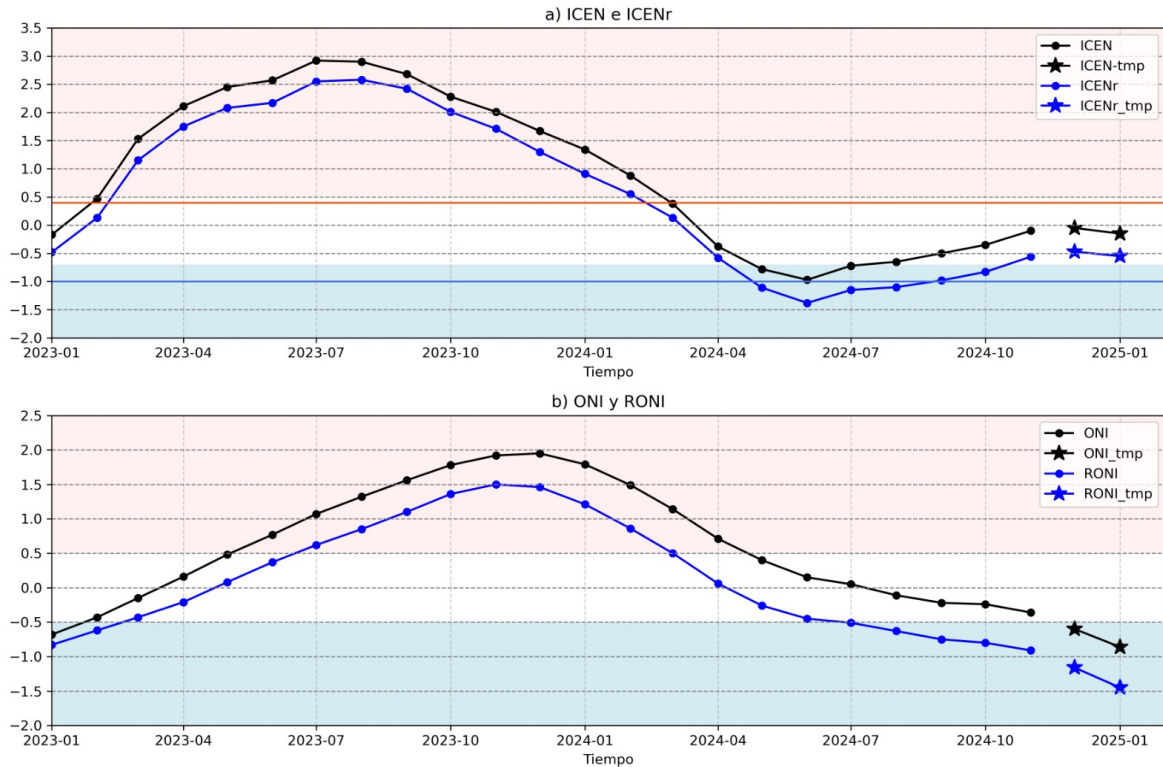
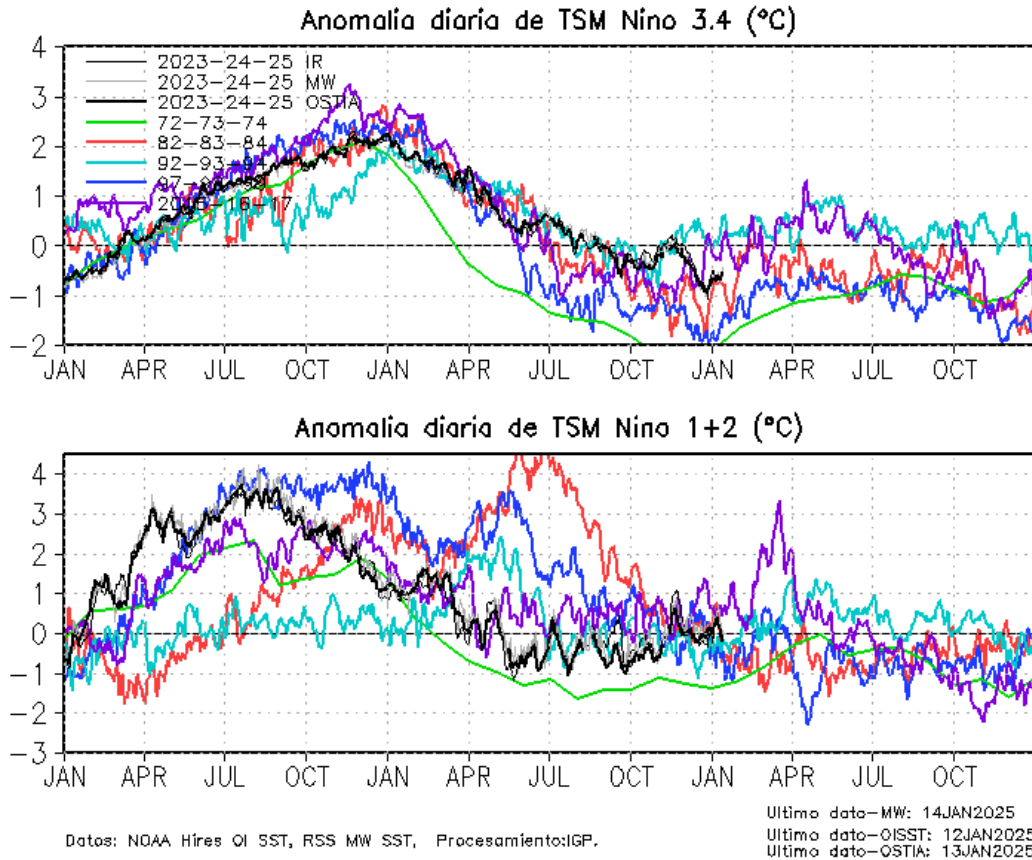


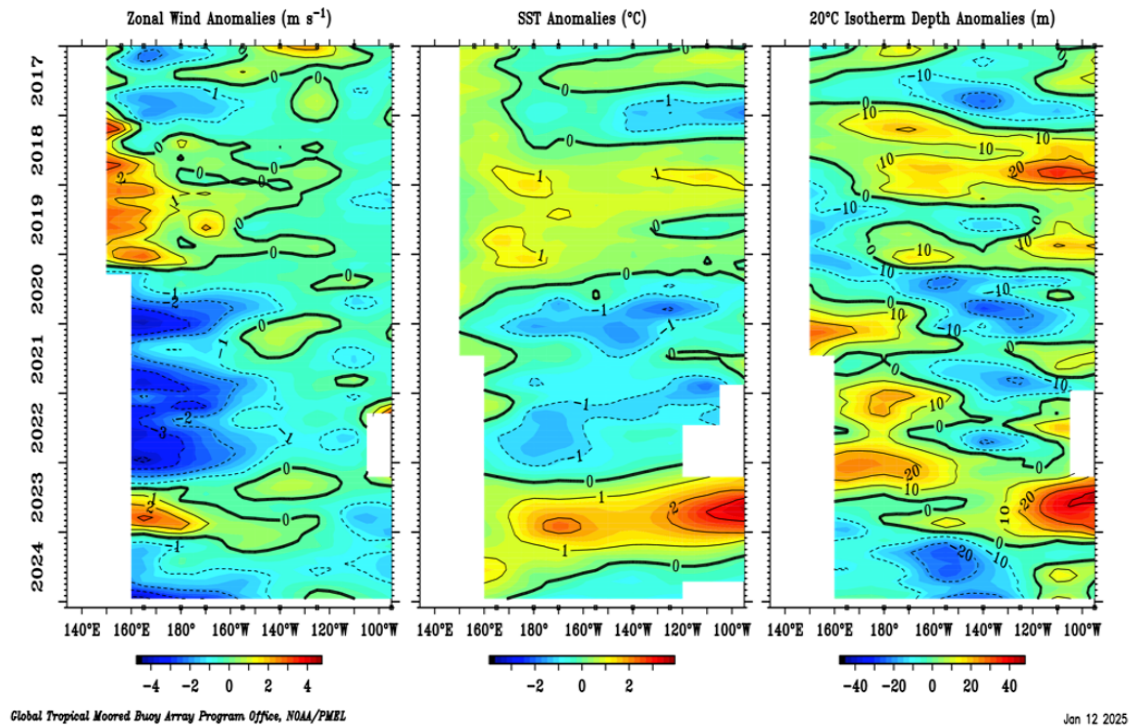
Figura 1. Series de tiempo del (a) ICEN (línea con punto de color negro) e ICENr (línea con punto de color azul), así como sus temporales (con estrellas del mismo color), y (b) igual que (a) pero para el ONI y RONI. El fondo de color rosado (celeste) indica condición cálida (fría) para el ICEN (ONI y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

“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 1971-1973, 1981-1983, 1990-1992, 1996-1998 y 2014-2016. Elaborado por el IGP.

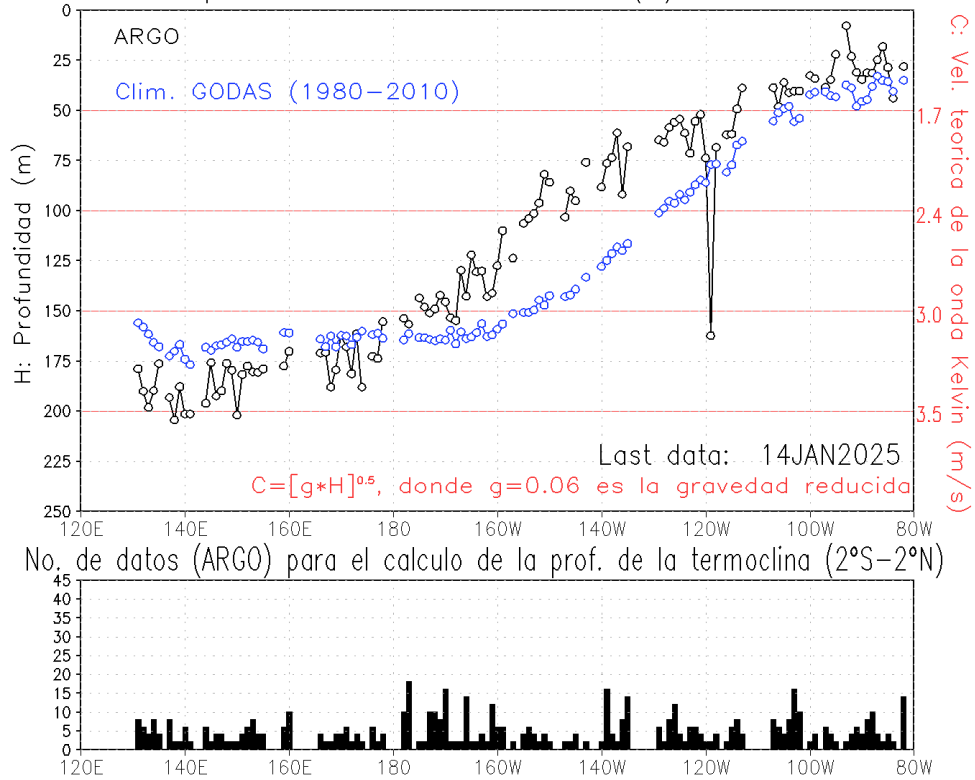
“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,  
y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”



**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/](http://www.pmel.noaa.gov/)

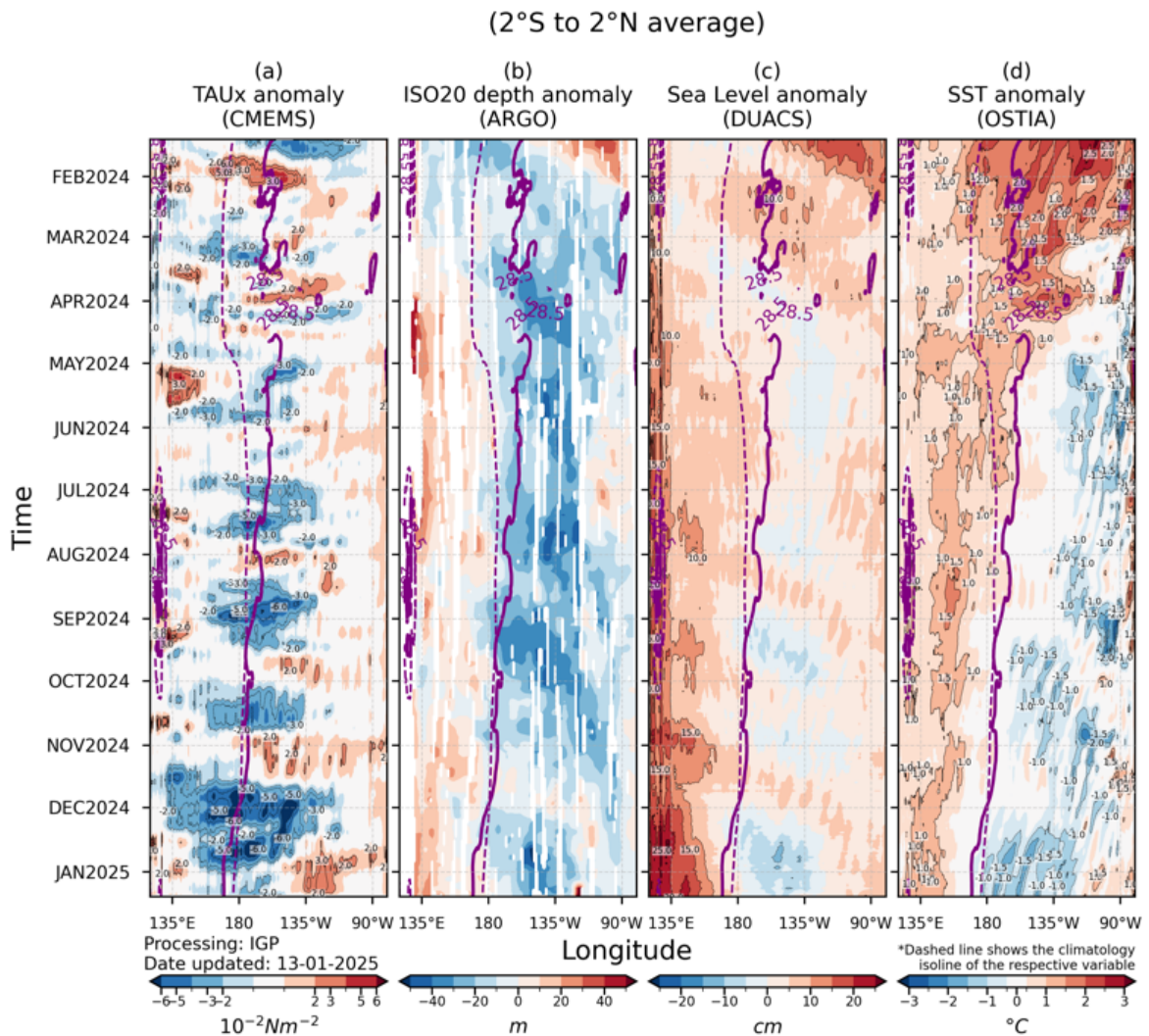
“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,  
y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

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. Elaboración: IGP.

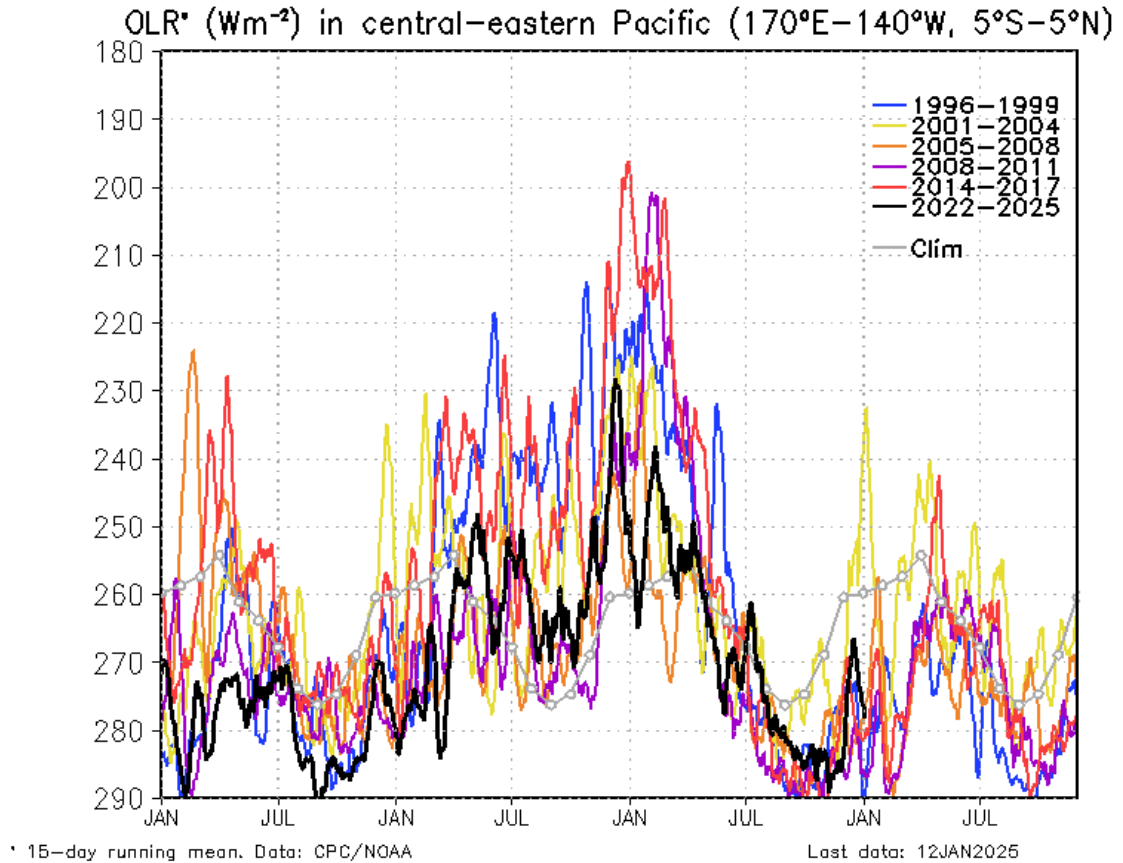
“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,  
y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”



**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”

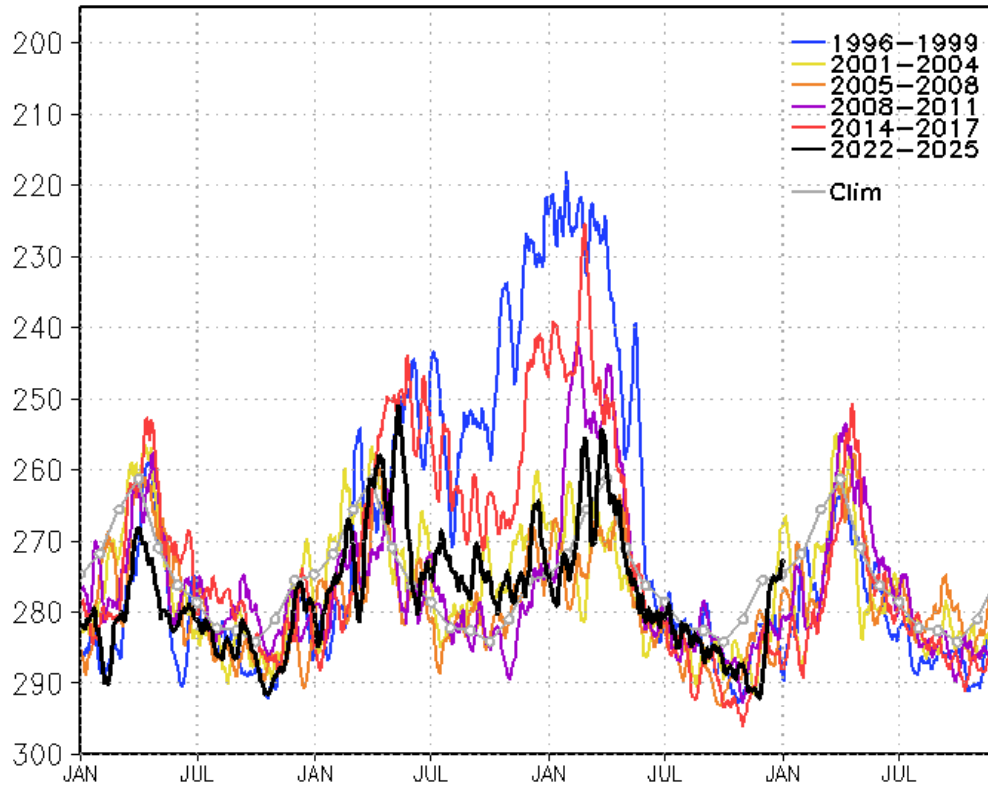


**Figura 6.** Actividad convectiva en el Pacífico central oriental ( $170^{\circ}E-140^{\circ}W$  y  $5^{\circ}S-5^{\circ}N$ ) en base a la información de OLR. Elaborado por el IGP.



“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 ( $170^{\circ}W-100^{\circ}W$ ,  $5^{\circ}S-5^{\circ}N$ )

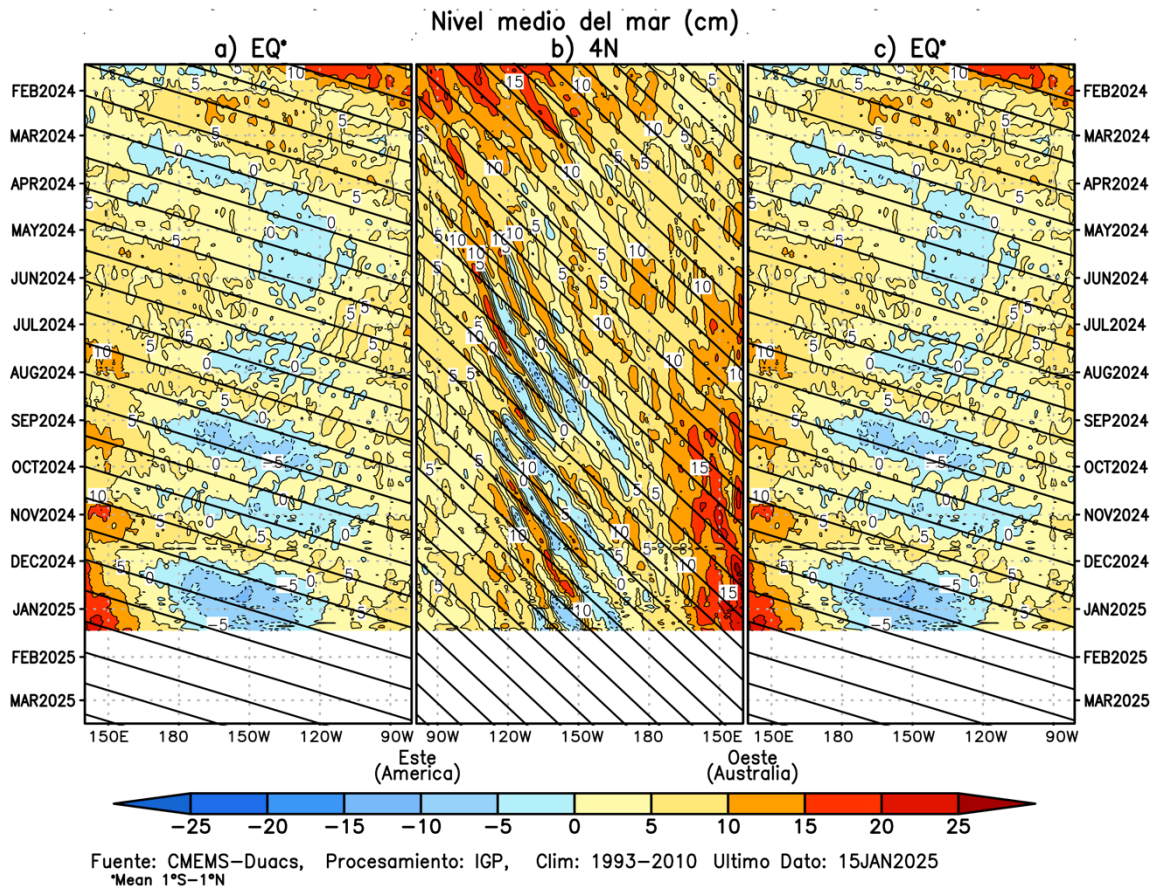


\* 15-day running mean. Data: CPC/NOAA

Last data: 12JAN2025

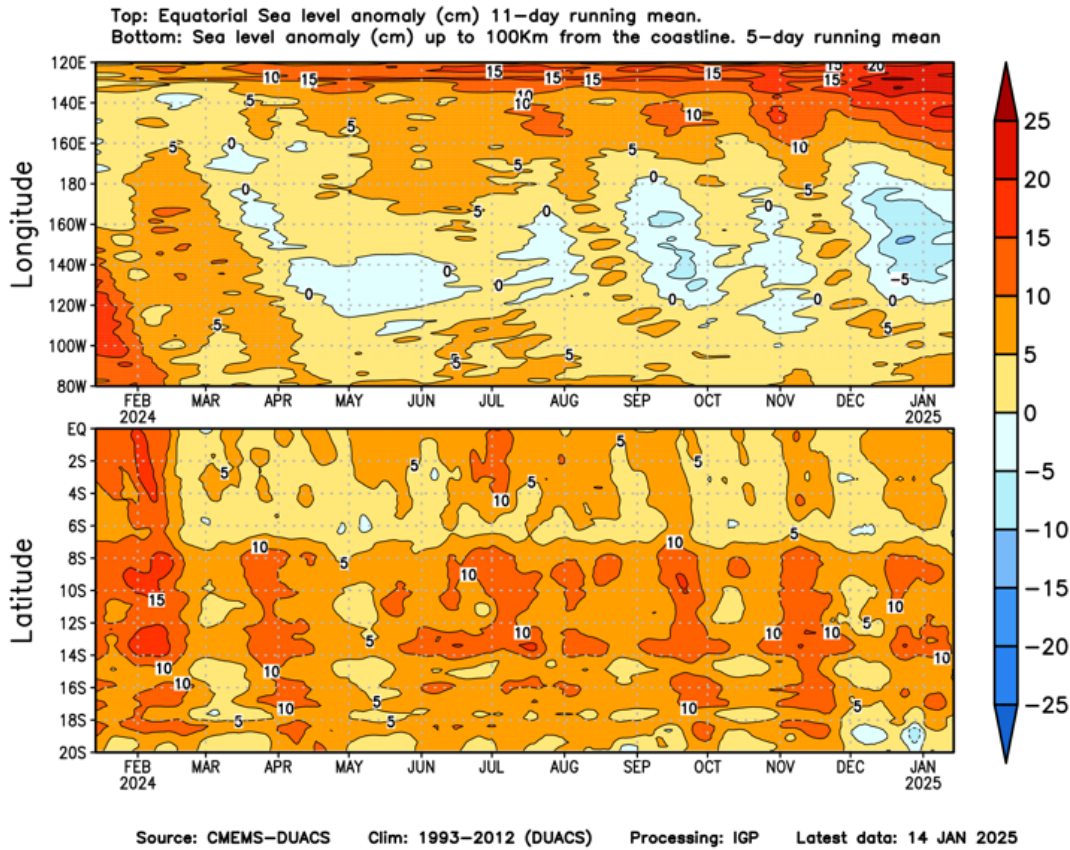
**Figura 7.** Actividad convectiva en el Pacífico central oriental ( $170^{\circ}W-100^{\circ}W$  y  $5^{\circ}S-5^{\circ}N$ ) en base a la información de OLR. Elaborado por el IGP.

“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°N, 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”

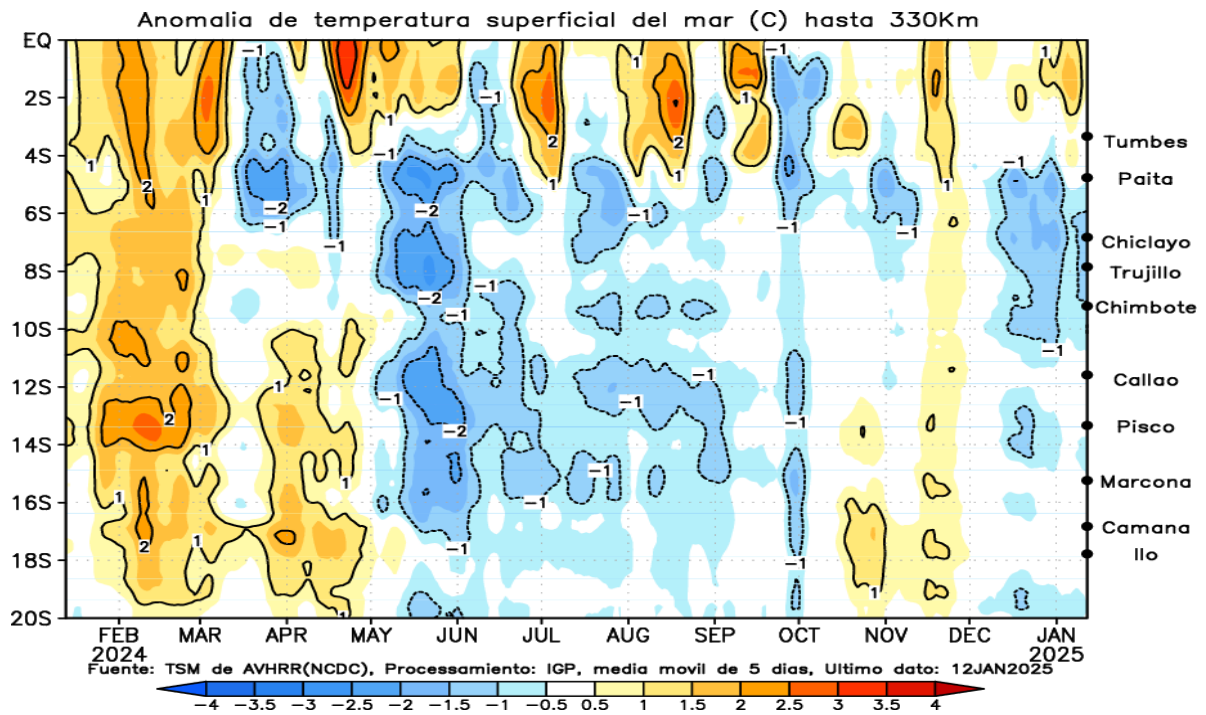
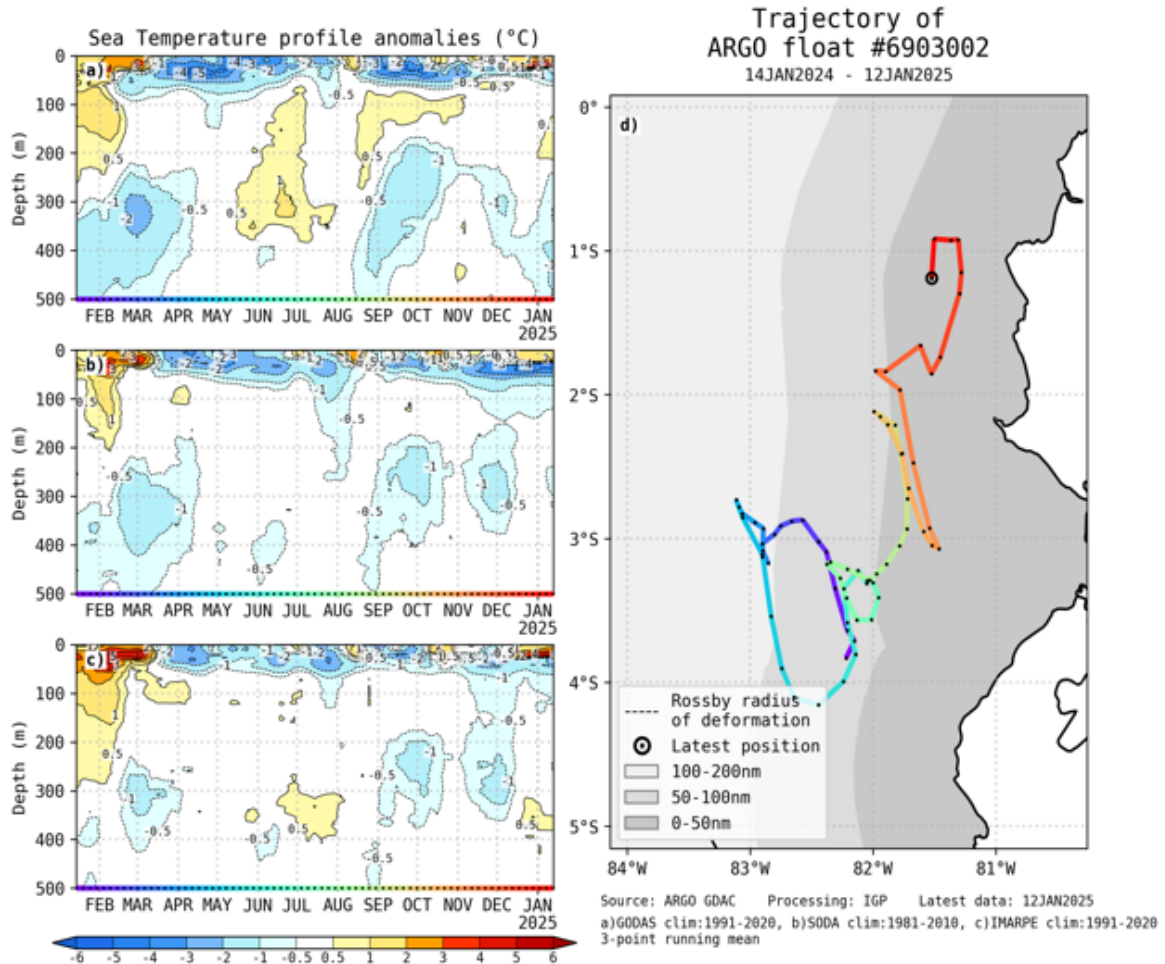


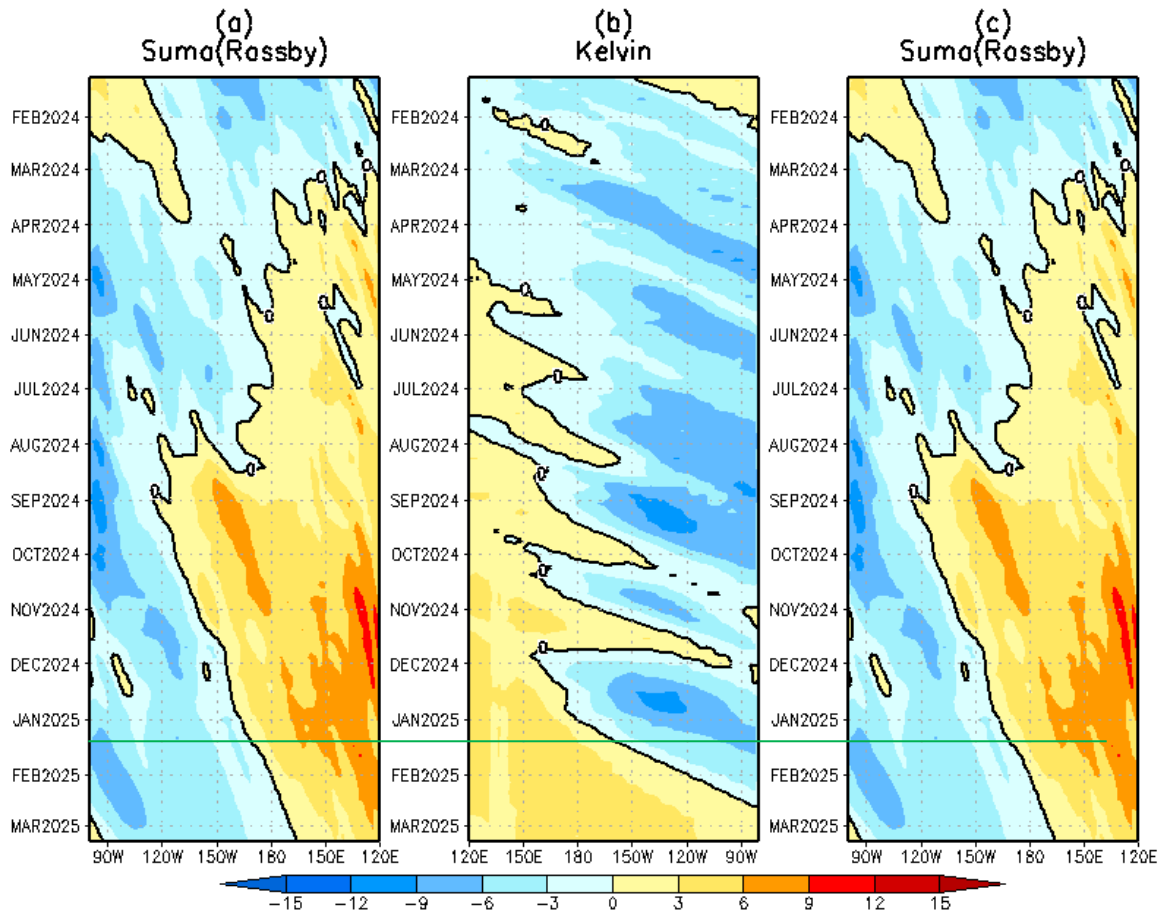
Figura 10. Anomalia de la TSM dentro de los 300 km de la costa peruana. Elaborado por el IGP.

“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 11.** A la izquierda se aprecia la anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad, calculada de los datos del flotador ARGO No. 6903002. Estas anomalías se calculan en base a la climatología 1991-2020 para GODAS (a) e IMARPE (c), y 1981-2010 para (b) SODA. A la derecha se aprecia la trayectoria del flotador en el último año. Cada color indica un periodo de aproximadamente 30 días y el círculo abierto representa la última posición del flotador. Elaborado por el GP.

“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 Avacucho”



**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. Fuente: 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”

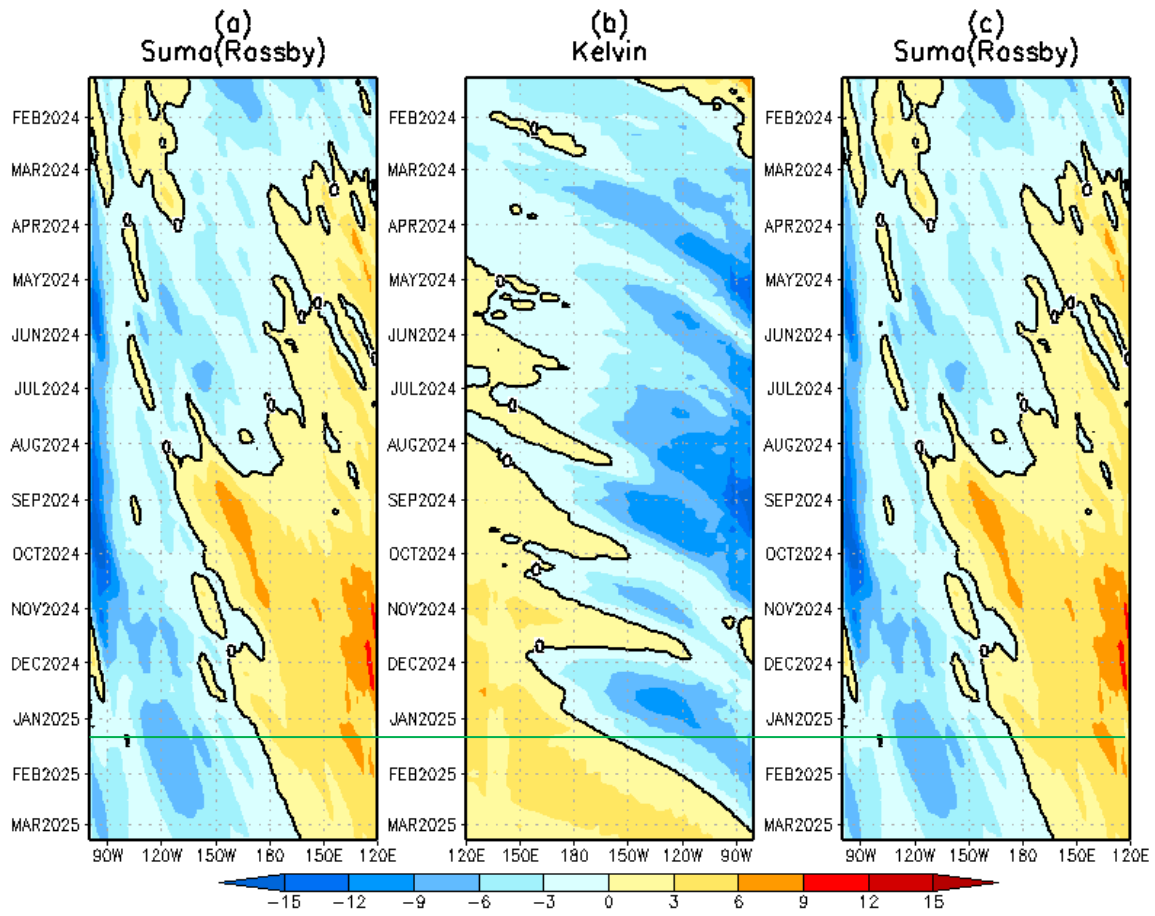
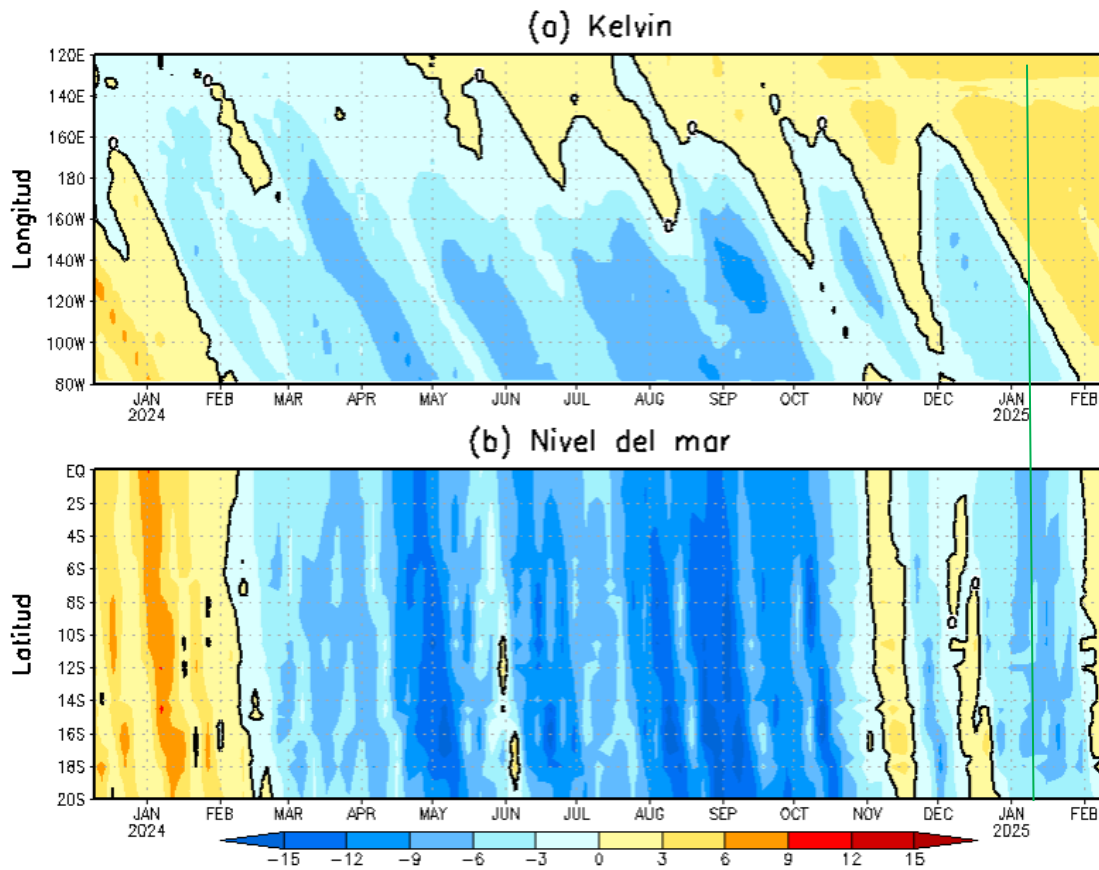


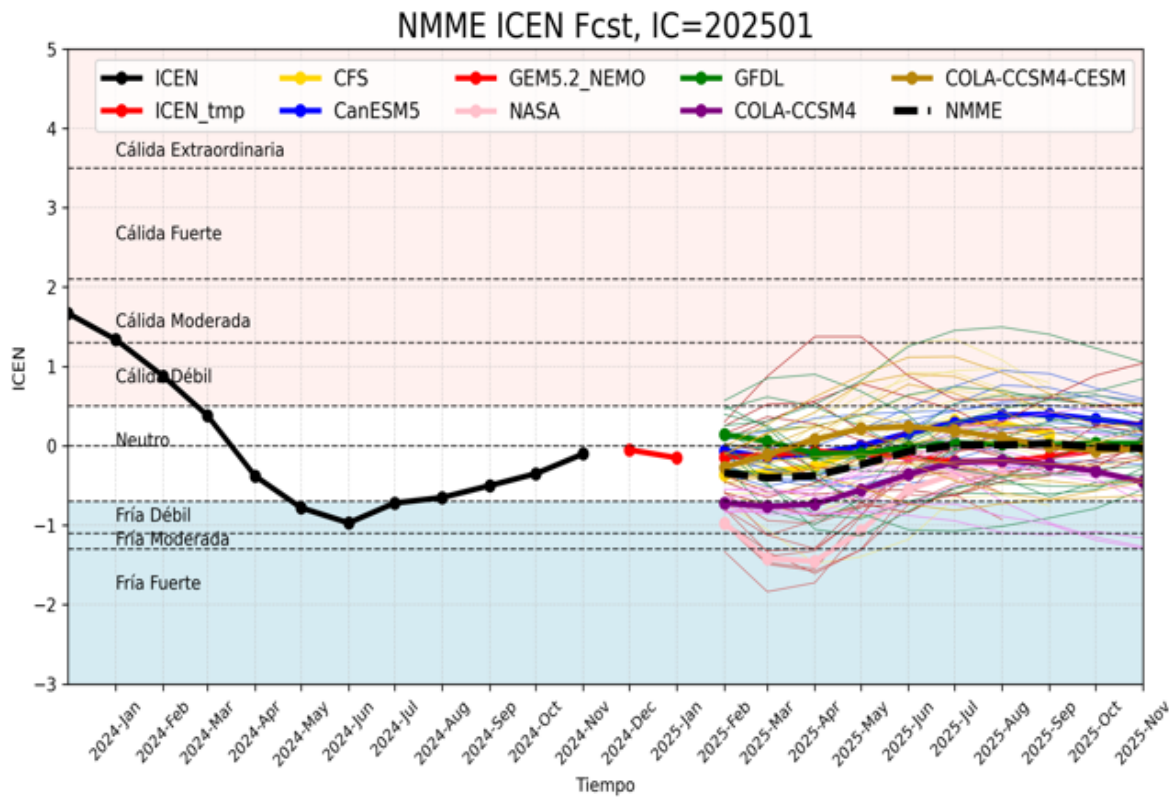
Figura 13. Igual que la Figura 12 pero el modelo es forzado con termoclina variable. Fuente: IGP.

“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.

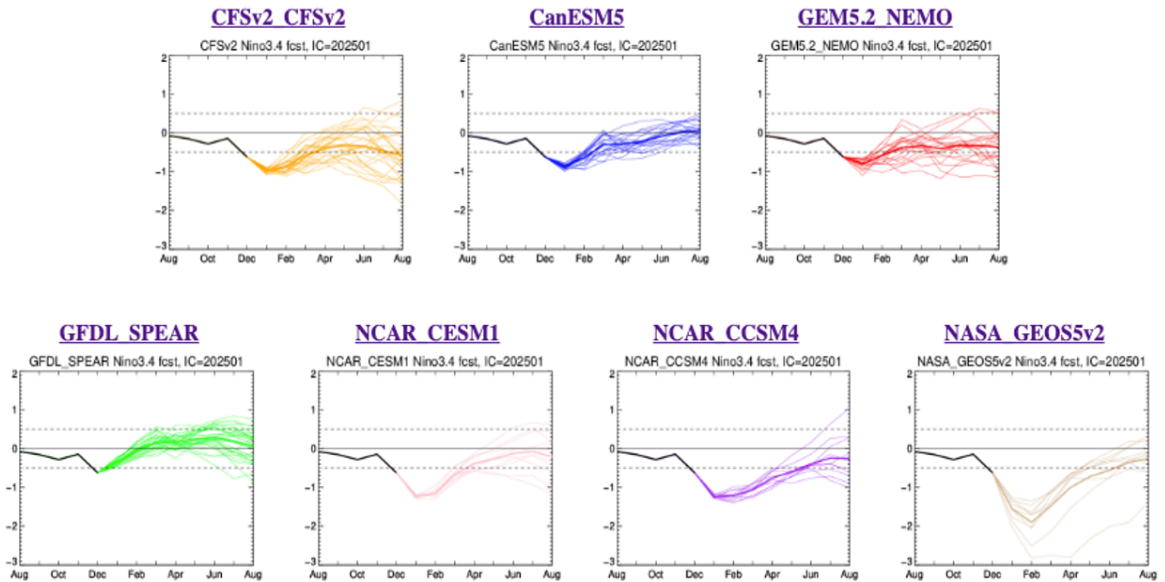
“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,  
y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”



**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 CFSv2, CanSISPS-IC4, GEM5.2\_NEMO, NASA, GFDL\_SPEAR y NCAR\_CCSM4, COLA-RSMAS-CCSM4, COLA-RSMAS-CCSM1 tienen como condición inicial de enero 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”

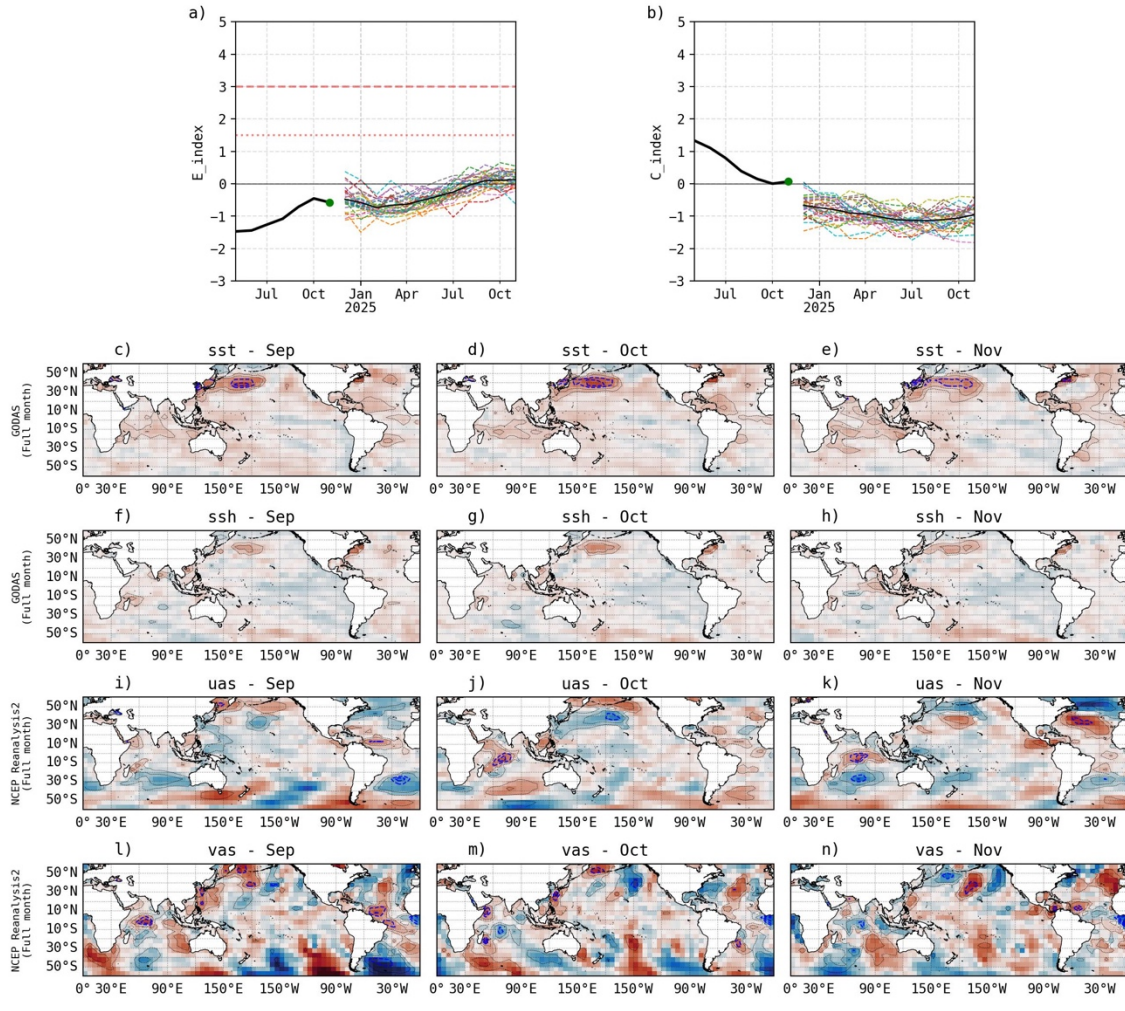
**NMME - Condiciones Iniciales de enero 2025**



**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”

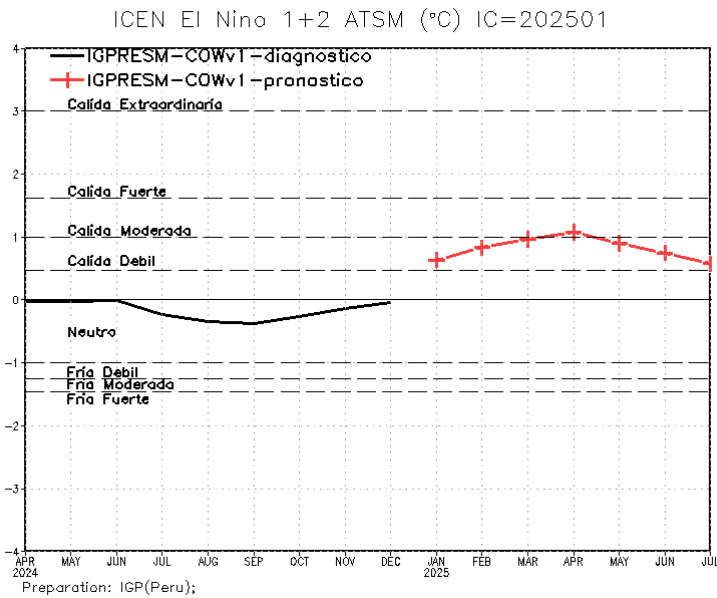
IGP-UHM IA model v1.0: Probability of a strong EP EN event ( $E > 1.5$ ) in the following Jan:  
0.01% (classif.), 0.00% (regress.) IC: November (Final) FT 1871-1984. Processing date: 30-12-2024



**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 mayo a noviembre de 2024; el conjunto de líneas entrecortadas de colores indica el pronóstico del índice E desde diciembre de 2024 a noviembre de 2025. (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: setiembre (primera columna), octubre (segunda columna) y noviembre (tercera columna). Los contornos rojos (morados) de estos paneles indican regiones que favorecen (desfavorecen) al pronóstico de El Niño extremo.



“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 18.** Pronóstico del ICEN de enero a julio de 2025 (línea roja con cruz), generado por el Modelo Regional Earth System Model CROCO-OASIS-WRF v.1 (IGP RESM-COW v.1) con condiciones iniciales de enero de 2025.



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”

[www.igp.gob.pe](http://www.igp.gob.pe)

Calle Badajoz N° 169  
Urb. Mayorazgo IV Etapa  
Ate, Lima 15012 - Perú.  
(51) 13172300



BICENTENARIO  
PERÚ  
2024