



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”

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/2024-09

21/10/2024

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

En agosto, el valor del Índice Costero El Niño (ICEN), se mantiene la condición neutra (-0.66), al igual que los ICEN temporales (ICEN-tmp) de setiembre (-0.56) y octubre (-0.47). La mayoría de los pronósticos climáticos internacionales y nacionales indican un escenario de anomalías negativas de la TSM frente a la costa peruana, por lo pronto, hasta abril de 2025; sin embargo, estos valores estarían en el rango neutral. Por lo pronto, no se configura un evento La Niña costera.

En el Pacífico central, el Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de agosto (-0.11) y el ONI temporal de setiembre (-0.34) corresponden a una condición neutra; mientras que el ONI temporal de octubre (-0.57) se ubica en la condición fría débil. El promedio de los pronósticos de los modelos climáticos, con condiciones iniciales de octubre, muestra que en octubre se iniciaría un evento La Niña en el Pacífico central de magnitud débil, el que se extendería, por lo pronto, hasta marzo de 2025.





“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”

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

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 (región Niño 1+2) para agosto de 2024, el cual se mantiene en la condición neutra (Tabla 1). 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.

Tabla 1. Valores recientes del ICEN y sus respectivas categorías (columnas 3 y 4).

Año	Mes	ICEN	Categoría
2024	Mayo	-0.61	Neutra
2024	Junio	-0.86	Neutra
2024	Julio	-0.69	Neutra
2024	Agosto	-0.66	Neutra

Para los siguientes dos meses se generan valores preliminares y temporales del ICEN (ICENtmp), 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, respectivamente. Los valores del ICENtmp de setiembre y octubre de 2024 se mantienen dentro de la categoría neutra (Tabla 2).

Tabla 2. ICEN temporales y sus categorías

Año	Mes	ICENtmp	Categoría
2024	Setiembre	-0.56	Neutra
2024	Octubre	-0.47	Neutra



“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”

Índice Oceánico Niño (ONI)

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), el valor del ONI (Ocean Niño Index en inglés) de agosto de 2024 es -0.11 °C, el que se encuentra dentro de la categoría neutral¹.

Tabla 3. Valores recientes del ONI. Descarga: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/oni.ascii.txt> (se usan los datos en tiempo real, por lo que puede haber discrepancias para los meses anteriores).

Índice Oceánico Niño			
Año	Mes	ONI (°C)	Categoría
2024	Mayo	0.39	Neutra
2024	Junio	0.17	Neutra
2024	Julio	0.05	Neutra
2024	Agosto	-0.11	Neutra

Los valores estimados del ONI (ONItmp) de setiembre y octubre de 2024, usando datos observados y de los pronósticos de NMME, indican condiciones neutra y fría débil, respectivamente (Tabla 4).

Tabla 4. Estimados preliminares del ONI (ONItmp)

Índice Oceánico Niño temporales			
Año	Mes	ONItmp (°C)	Categoría
2024	Setiembre	-0.34	Neutra
2024	Octubre	-0.57	Fría débil

Diagnóstico del Pacífico ecuatorial

Durante setiembre y la primera semana de octubre, la anomalía de la TSM (ATSM) diaria registrada en la región Niño 3.4 estuvo, en promedio, alrededor del rango neutral, pero con una ligera tendencia negativa. Asimismo, en la región Niño 1+2, los valores de la ATSM en promedio estuvieron dentro de la condición neutra, a pesar de que se observaron anomalías negativas (Figura 1). Según 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, en la mayor parte de la región más intenso de lo normal (Figura 2a). Se mantiene la tendencia negativa de la ATSM (Figura 2b).

La información de TAO muestra que en la zona central-occidental (extremo oriental) la termoclina está menos (más) profunda de lo normal (Figura 2c), aunque la información de ARGO, con información de los últimos 30 días en promedio, indica que la posición de la termoclina es próxima a su climatología en la región oriental. La información diaria del esfuerzo de viento de CMEMS (Figura 4a) mostró que entre mediados de agosto y mediados de setiembre se desarrolló un pulso de viento del este entre 160 °E y 130 °W, aproximadamente. De la misma manera, en la misma región, se viene desarrollando un pulso de viento del este en las primeras semanas de octubre.

¹ 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 (Nota Técnica ENFEN, 02-2015).

**PERÚ**Ministerio
del AmbienteInstituto
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”

El extremo oriental de la piscina caliente (línea morada continua en los paneles de la Figura 4) se localiza próxima a su posición climatológica (línea morada entrecortada en los paneles de la Figura 4). En la zona oriental, la ATSM del producto OSTIA (Figura 4d) persiste con valores negativos de la ATSM.

El OLR (Outgoing Longwave Radiation) de agosto e inicios de setiembre, en la zona occidental (170°E-140°W, 5°S-5°N), mostró valores superiores a lo normal, mientras que en la zona oriental (170°W-100°W, 5°S-5°N) se mantiene con valores próximos a su climatología (Figura 5 y 6).

Según la información de altimetría satelital en la franja ecuatorial (Figura 7), una onda de Kelvin cálida habría arribado entre mediados y fines de setiembre al extremo oriental. Por otro lado, en 110°W, se observa una onda de Kelvin fría que, aparentemente, estaría perdiendo energía. Al oeste de 150°W, nuevamente, se observa la presencia de una onda de Kelvin cálida. En relación a las ondas de Rossby, el mismo patrón se repite: dos ondas de Rossby cálidas en la zona oriental y occidental (siendo más intensas en la última región) y una onda fría en el Pacífico central pero débil. Según la información de los flotadores ARGO, la profundidad anómala de la termoclina muestra la presencia de un paquete de ondas de Kelvin frías y cálidas en el Pacífico oriental (entre 150°W y 90°W) y central (en 180°), respectivamente (Figura 4b).

Ondas de Kelvin a lo largo de la costa peruana

A lo largo de la costa peruana, dentro de los 100 km, se volvió a observar una nueva disminución del nivel del mar, posiblemente por el arribo de una onda de Kelvin fría (Figura 8b). Esta onda pudo provocar el incremento, desde mediados de setiembre hasta la fecha, de la anomalía negativa de la TSM en la región norte, la cual se mantenía con anomalías positivas. La información cada 5 días del flotador ARGO No. 6903002, localizado alrededor de las 50 mn y en 2.4 °S, sigue mostrando condiciones frías anómalas sobre los 80 metros de profundidad y entre 300 y 400 metros de profundidad (Figura 10).

Pronóstico de ondas de Kelvin

Según altimetría satelital, se espera que el núcleo de la onda de Kelvin fría arribe a fines de octubre, pero con poca energía. Existe la señal de una onda de Kelvin cálida en 150°W desplazándose hacia el continente americano que, de mantener su naturaleza no dispersiva, iniciaría su arribo a la costa americana a mediados de noviembre (Figura 7b). Se continúa observando la señal de ondas de Rossby cálidas en la zona occidental y oriental (Figura 7 a y b), las primeras pueden continuar contribuyendo a la formación, por un proceso de reflexión, de ondas de Kelvin cálidas que, de mantener su naturaleza no dispersiva, arribarían en diciembre-enero. En lo que respecta a la profundidad de la termoclina, se espera que se mantenga la presencia de ondas de Kelvin frías en la costa americana durante la primavera, afectando principalmente la temperatura subsuperficia (Figura 4b).

Los resultados de los modelos de ondas del IGP, forzado con el reanalysis de NCEP para el diagnóstico (hasta inicios de octubre) y luego con vientos igual a cero para el pronóstico, indican que se espera el arribo de ondas de Kelvin frías hasta octubre. De no darse más pulsos de viento de magnitud relevante, se esperarían ondas de Kelvin cálidas débiles (Figuras 11 y 12). A lo largo de la costa se esperan ondas de Kelvin frías hasta noviembre y luego ondas de Kelvin cálidas débiles (Figuras 13). Hay que tener en cuenta que estos modelos no simulan los procesos de dispersión modal relacionadas a la inclinación de la termoclina (Figura 3), por lo que en la realidad es posible que las ondas en cuestión pierdan un porcentaje de su energía antes de arribar a la costa americana.





“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”

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para la región Niño 1+2, los pronósticos de los modelos climáticos de NMME² (CFSv2, Can ESM5, GEM5.2-NEMO, NASA-GEOS2S, GFDL_SPEARE2, COLA-RSMAS-CCSM4 y COLA-RSMAS-CESM1), con condiciones iniciales de octubre, indican en promedio condiciones neutras hasta mediados del invierno de 2025, esto a pesar de mostrar anomalías negativas, con un máximo valor negativo en noviembre (ver Tabla 5 y Figura 14).

Tabla 5. Pronósticos del ICEN de los modelos climáticos con condiciones iniciales de octubre de 2024

Modelo	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS
CFS2	-0.35	-0.33	-0.35	-0.19	0.09	0.27	0.36	0.45	-----	-----
CanESM5	-0.02	-0.03	-0.09	-0.10	-0.06	0.01	0.10	0.19	0.27	0.30
GEM5.2_NEMO	-0.18	-0.12	-0.10	-0.08	-0.13	-0.18	-0.23	-0.18	-0.14	-0.10
NASA	-0.48	-0.47	-0.48	-0.52	-0.56	-0.49	-0.28	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	0.01	0.09	0.15	0.23	0.24	0.33	0.39	0.48	0.42	0.29
COLA_CC4	-0.38	-0.16	-0.13	-0.22	-0.31	-0.24	0.09	0.48	0.74	0.79
COLA_CESM1	-0.39	-0.27	-0.26	-0.28	-0.37	-0.38	-0.32	-0.17	-0.05	0.00
Promedio										
NMME	-0.26	-0.18	-0.18	-0.17	-0.16	-0.10	0.02	0.21	0.25	0.26

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), según los pronósticos de los mismos modelos del párrafo anterior, para el ONI, se espera una una condición fría débil entre noviembre de 2024 y marzo de 2025; mientras que entre abril y agosto las condiciones serían neutras. La Niña en el Pacífico se iniciaría en octubre y se extendería hasta finales del verano de 2025 (ver Tabla 6 y Figura 15).

Tabla 6. Pronósticos del ONI de los modelos climáticos con condiciones iniciales de octubre de 2024

Modelo	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS
CFS2	-0.93	-0.93	-0.76	-0.39	0.00	0.26	0.33	0.24	-----	-----
CanESM5	-0.49	-0.55	-0.55	-0.47	-0.40	-0.31	-0.23	-0.12	-0.02	0.06
GEM5.2_NEMO	-0.55	-0.74	-0.80	-0.66	-0.51	-0.45	-0.40	-0.35	-0.29	-0.27
NASA	-1.23	-1.56	-1.63	-1.40	-1.09	-0.81	-0.61	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	-0.26	-0.33	-0.33	-0.24	-0.09	0.02	0.09	0.09	0.08	0.03
COLA-CC4	-0.69	-0.85	-1.02	-1.00	-0.73	-0.39	-0.11	0.04	0.13	0.20
COLA_CESM1	-0.67	-0.77	-0.88	-0.88	-0.73	-0.56	-0.41	-0.27	-0.16	-0.08
Promedio										
NMME	-0.69	-0.82	-0.85	-0.72	-0.51	-0.32	-0.19	-0.06	-0.05	-0.01

² 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.





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”

El modelo de IA del IGP (Rivera Tello et al., 2023), con condiciones iniciales de setiembre, 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 de otoño de 2025. Por lo pronto, no existe probabilidad de que en el siguiente verano se desarrolle un evento Niño E fuerte. Por otro lado, el índice C, relacionado a El Niño en el Pacífico central (Niño C), muestra valores negativos que se extienden, por lo pronto, hasta el invierno de 2025 (Figura 16).

El modelo IGP RESM-COW v1 (Montes et al, 2023), con condiciones iniciales de octubre, pronostica condiciones normales durante este mes, pero con una tendencia positiva del ICEN, que va del rango de cálida débil en noviembre hasta cálida fuerte entre marzo y abril de 2025. 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 ha iniciado una revisión de las mismas 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 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 17).

Conclusiones

El ICEN de agosto indica la categoría neutra, al igual que los ICEN temporales de setiembre y octubre. En lo que respecta a las anomalías diarias de la TSM en la región Niño 1+2, estas, a pesar de mantener valores negativos, continúan dentro del rango normal en lo que va de octubre. En el Pacífico central, el ONI de agosto y su temporal de setiembre se mantienen en la categoría neutra; mientras que el ICEN temporal de octubre indica una condición fría débil.

Según la información observada y los resultados de los modelos de ondas (forzados con vientos del reanalysis de NCEP), se espera que las ondas de Kelvin frías continúen presenten en la costa peruana, por lo pronto, hasta noviembre, luego se espera el arribo de ondas de Kelvin cálidas débiles.

En relación a las proyecciones climáticas se espera un escenario de anomalías negativas de la TSM frente a la costa peruana hasta abril de 2025; sin embargo, estos valores se mantendrían dentro del rango neutro. Por lo pronto, no se configura un evento La Niña costera. Por otro lado, en el Pacífico central, los resultados de los modelos indican el inicio de un evento La Niña en dicha región en octubre, el cual se extendería hasta finales de verano de 2025. Este evento alcanzaría su máxima intensidad a finales de la primavera de 2024 e inicios de 2025 y tendría una magnitud débil. De darse este escenario, sería poco probable que se desarrollen precipitaciones por debajo (encima) de lo normal en la sierra centro y sur durante la primavera (verano) (Lagos et al., 2008; Lavado-Casimiro y Espinoza, 2014; Sulca et al., 2017); pero no deberían descartarse completamente.





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”

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.
- 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.
- **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 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.
- **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.
- **Rivera Tello, G.A., Takahashi, K. & Karamperidou, C.** 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.

José Obregón, Lic.

Miguel Andrade, Bach.

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”

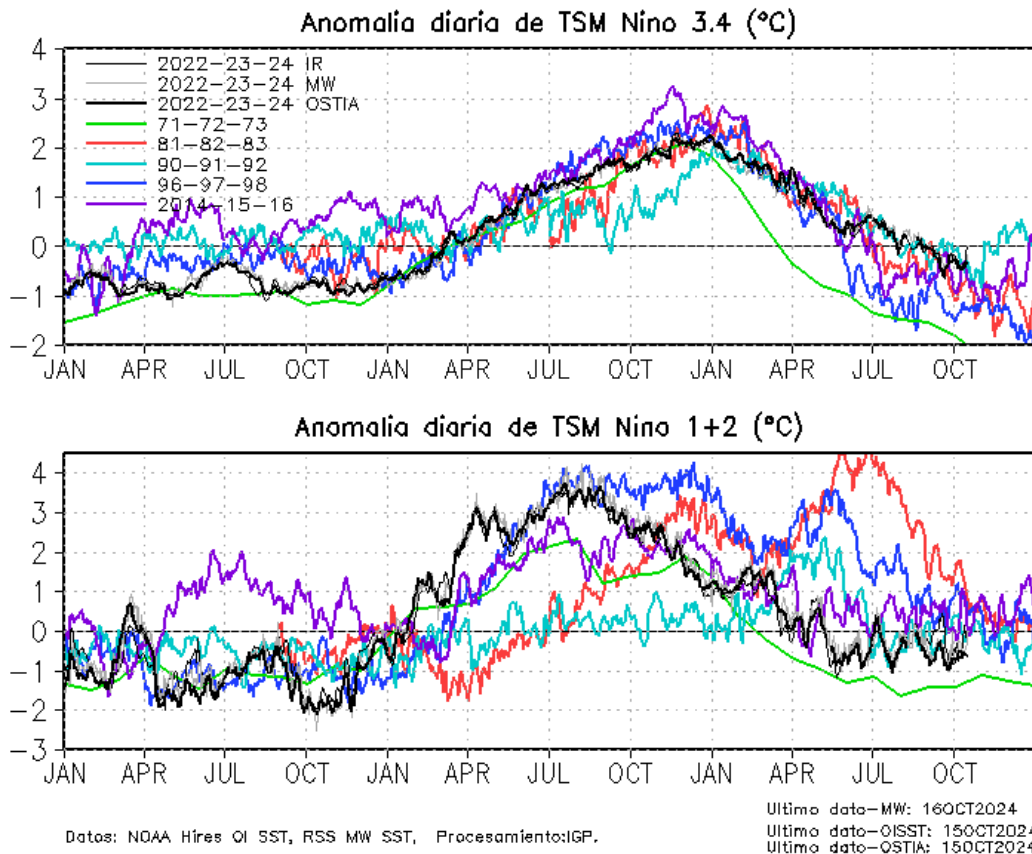


Figura 1. Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del producto OSTIA, respectivamente. 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”

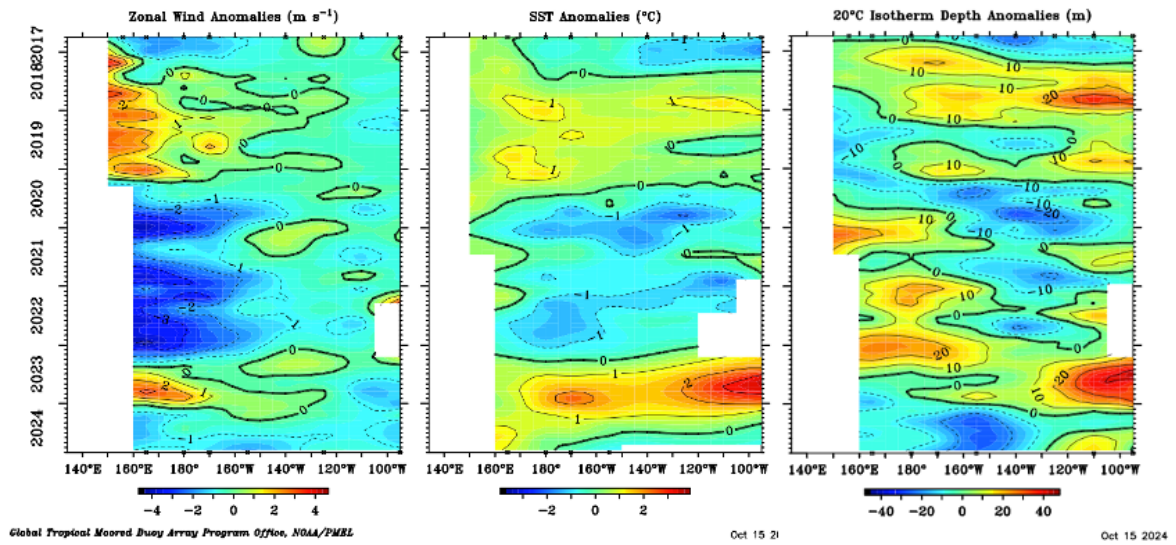


Figura 2. Promedio mensual de la anomalía del viento zonal (panel izquierdo), de la temperatura superficial del mar (panel central) y de la profundidad de la isoterma de 20 °C (panel derecho) y a lo largo de la franja ecuatorial del Pacífico (2°S-2°N). Esta imagen se elaboró de otras que se obtienen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

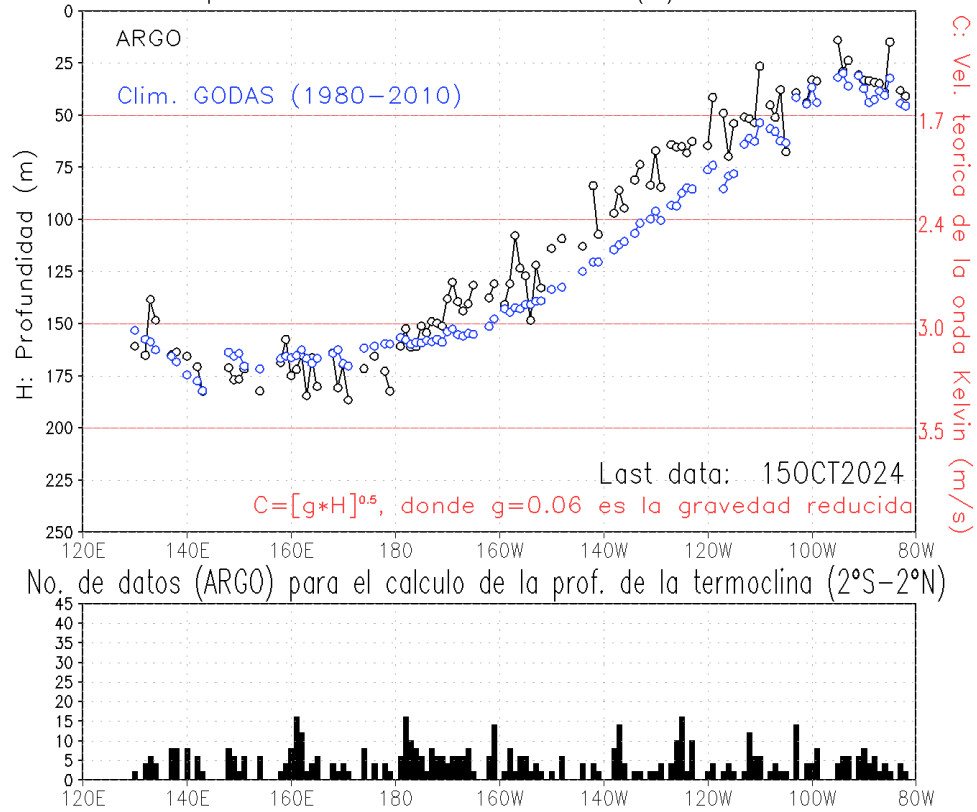


Figura 3. Profundidad de la isoterma de 20°C, como promedio de los últimos 30 días. Fuente ARGO. Elaboración: IGP.

“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”

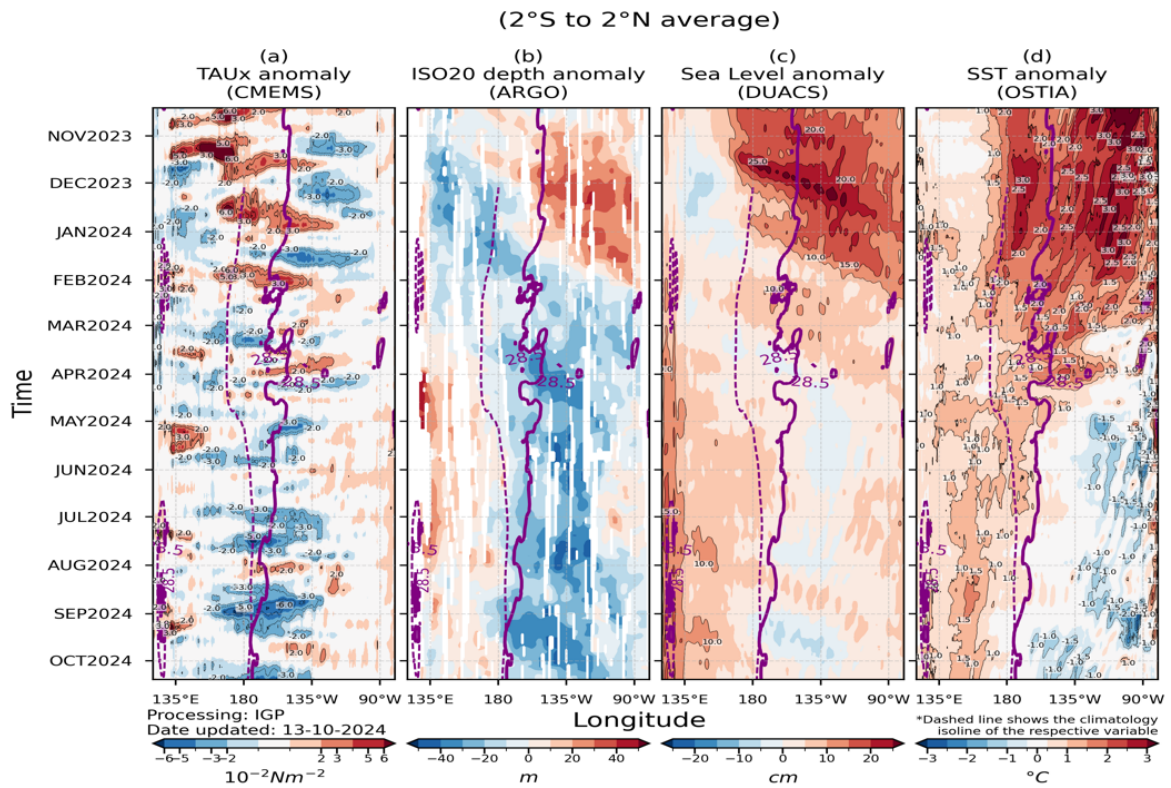


Figura 4. Diagrama longitud-tiempo en la franja ecuatorial de las anomalías, de izquierda a derecha, a) del esfuerzo de viento zonal (ASCAT), b) de la profundidad de la termoclina (ARGO), c) del nivel del mar (DUACS) y d) de la temperatura del mar (OSTIA). La línea morada continua (entrecortada) indica 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”

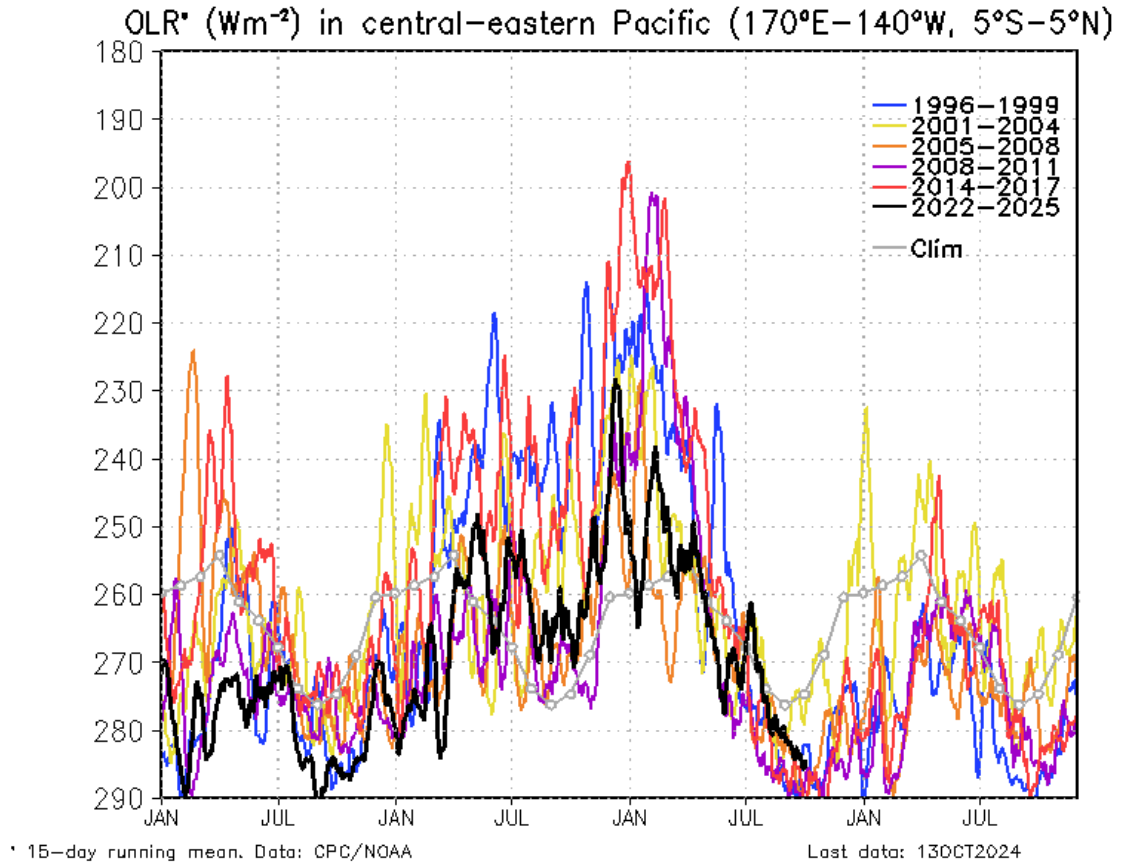
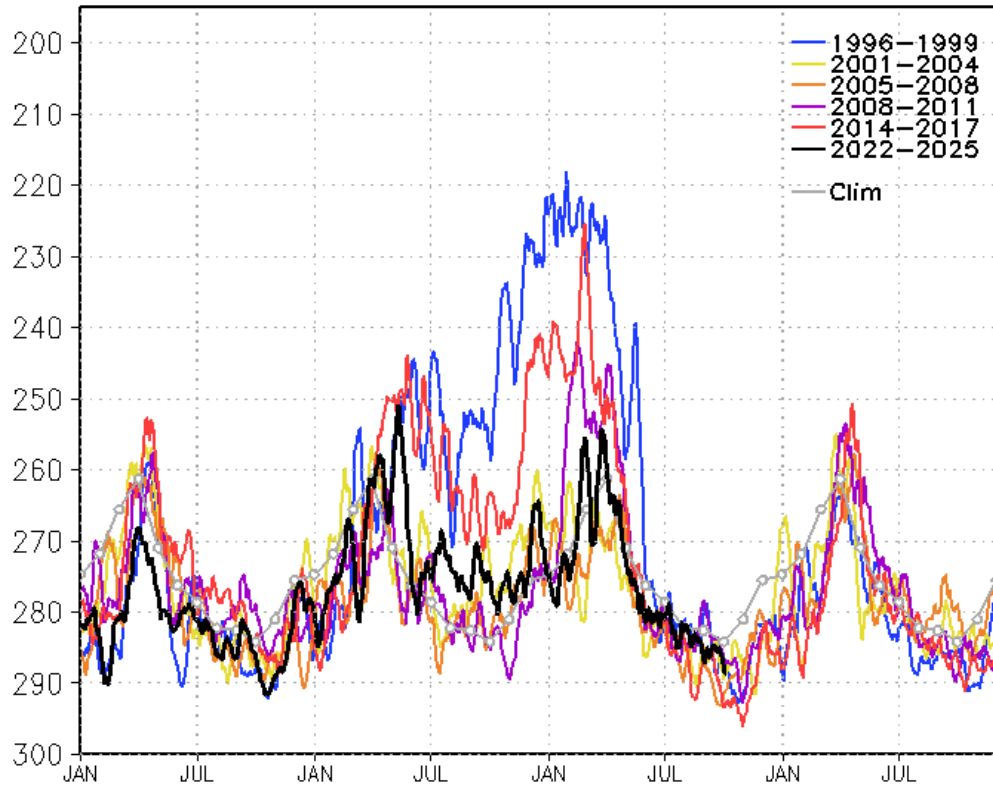


Figura 5. Actividad convectiva en el Pacífico central oriental (170°E-140°W y 5°S-5°N) en base a la información de OLR. Elaborado por el IGP.



“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: 13OCT2024

Figura 6. 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”

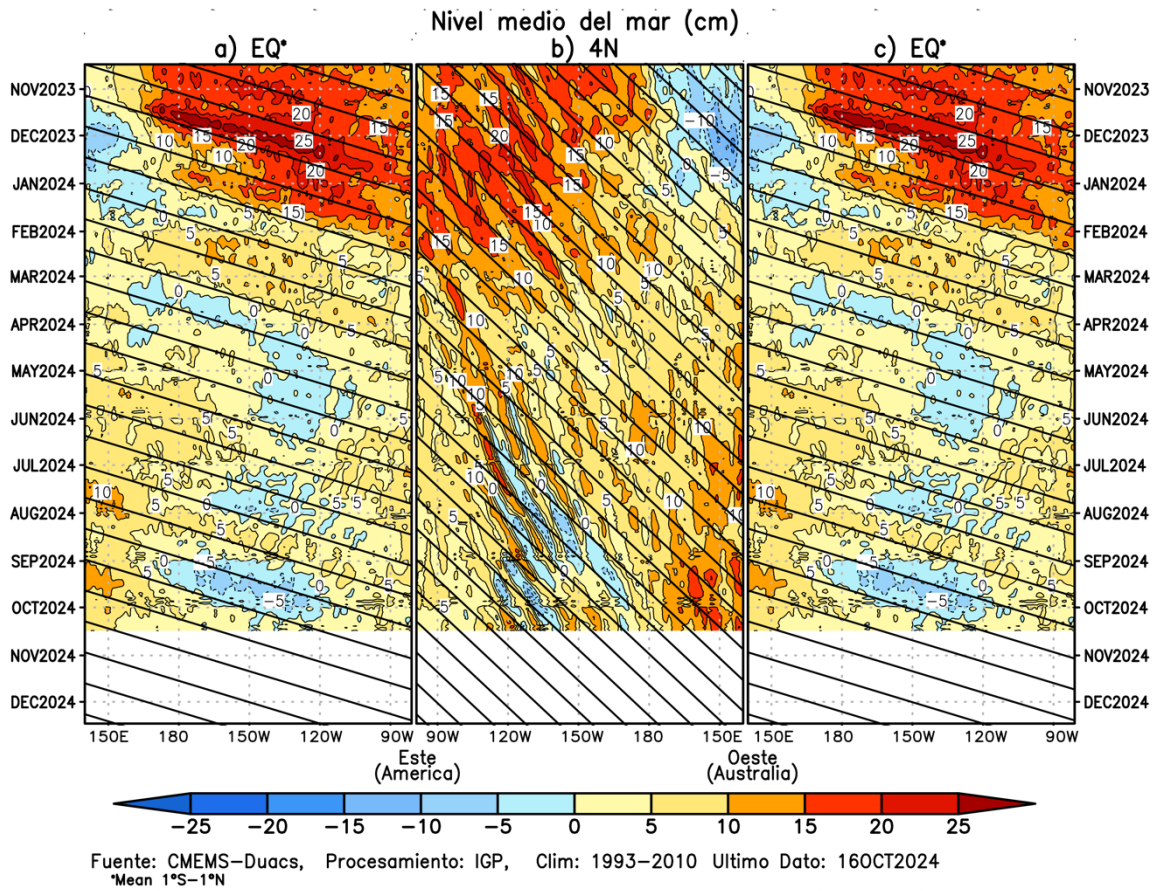


Figura 7. Diagramas longitud-tiempo de la anomalía del nivel medio del mar en el Pacífico ecuatorial usando el producto DUACS. Los paneles (a) y (c) son los mismos y representan la información a lo largo de la línea ecuatorial; mientras que (b), a lo largo de 4°N, pero con el eje zonal de este a oeste. 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”

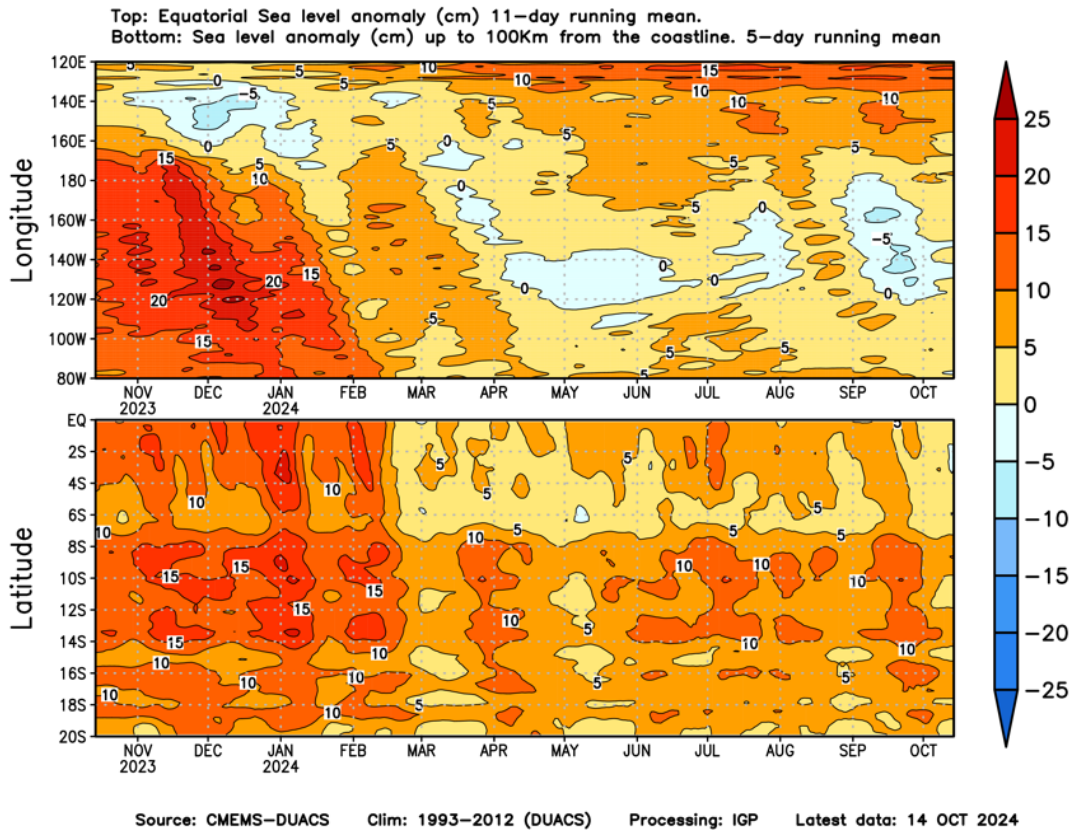


Figura 8. Anomalia del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Las unidades están en centímetros. Elaborado por el IGP.



“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”

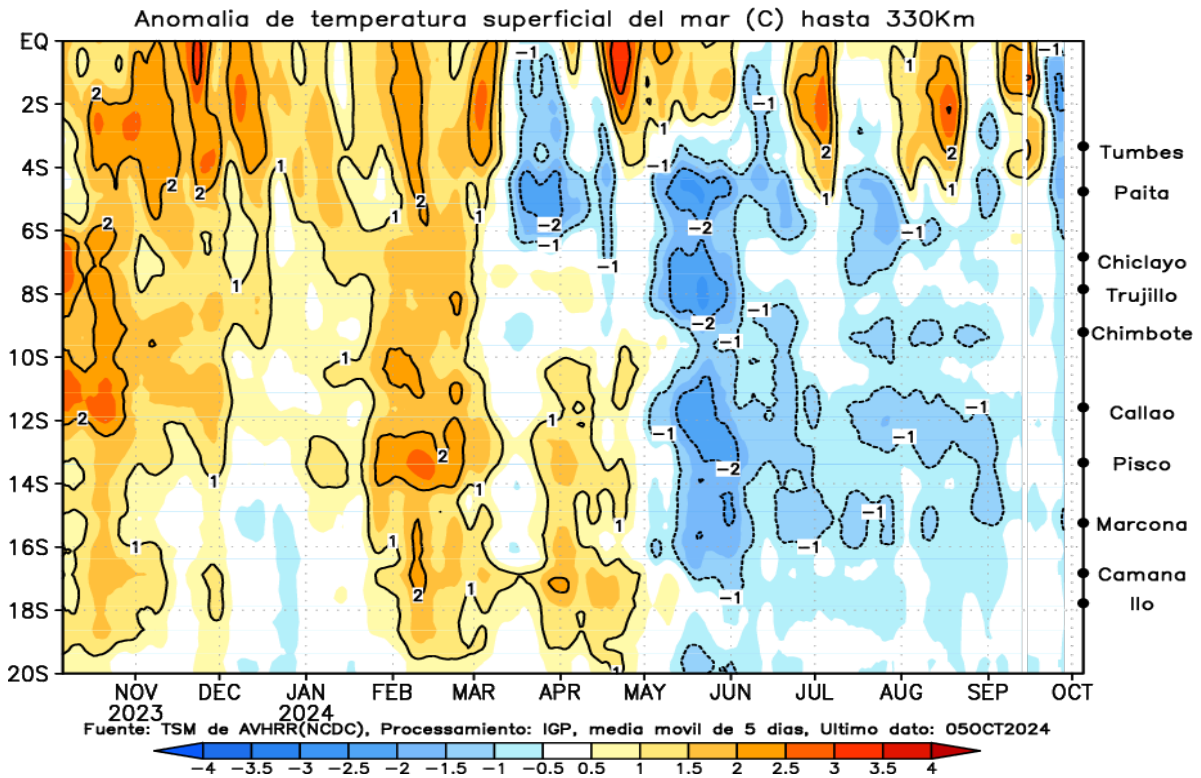


Figura 9. Anomalia de la TSM dentro de los 300 km de la costa peruana. Elaborado por el IGP.

“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”

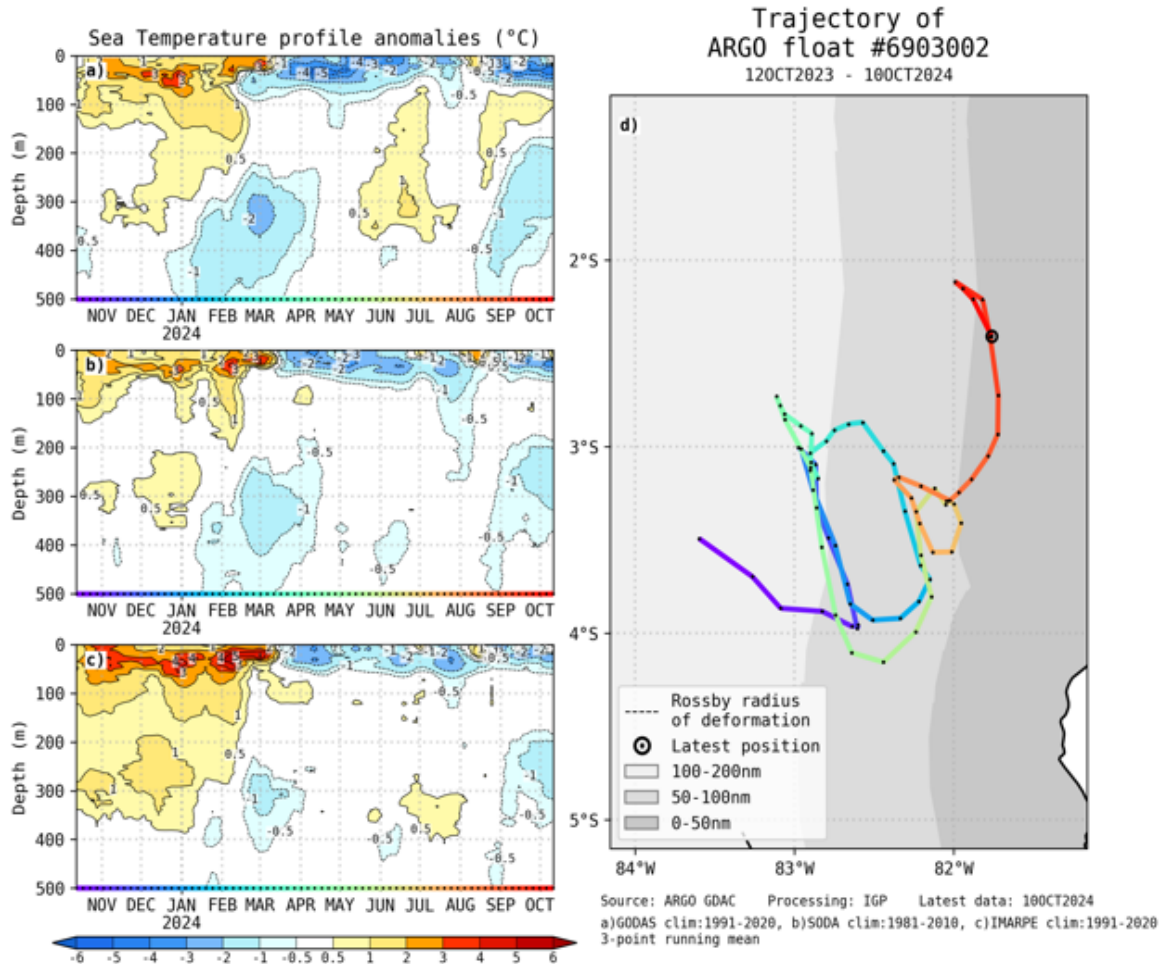


Figura 10. A la izquierda se aprecia la anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad, calculada de los datos del flotador ARGO No. 6903002. Esta anomalía se calcula en base a la climatología (1981-2010) de: (a) GODAS, (b) SODA e (c) IMARPE. A la derecha se aprecia la trayectoria 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 Ayacucho”

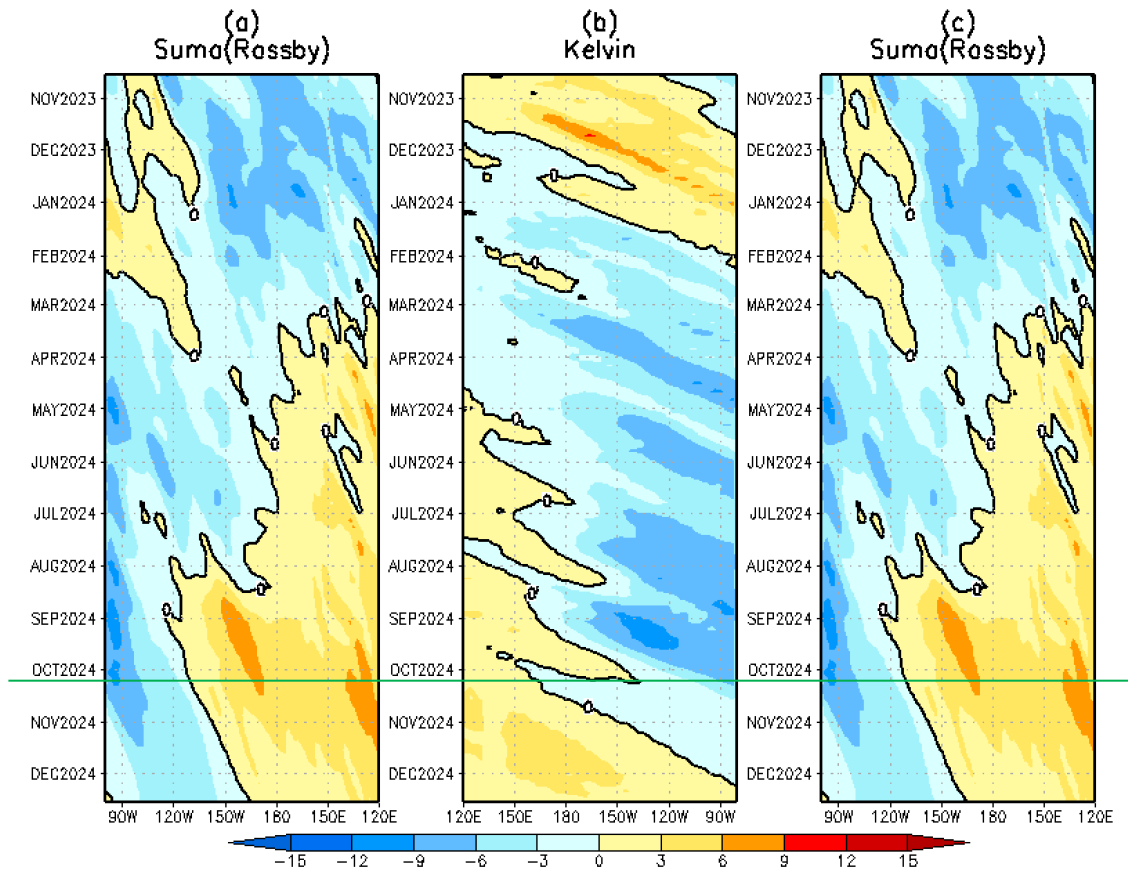


Figura 11. Diagrama longitud-tiempo de (a), diagrama de la onda de Rossby (b) diagrama de la onda de Kelvin, (c) diagrama de la onda de Rossby, calculado con el Modelo oceánico lineal (LOMIGP), forzando por NCEP y termoclina constante. La línea verde entrecortada indica el inicio de la simulación del 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”

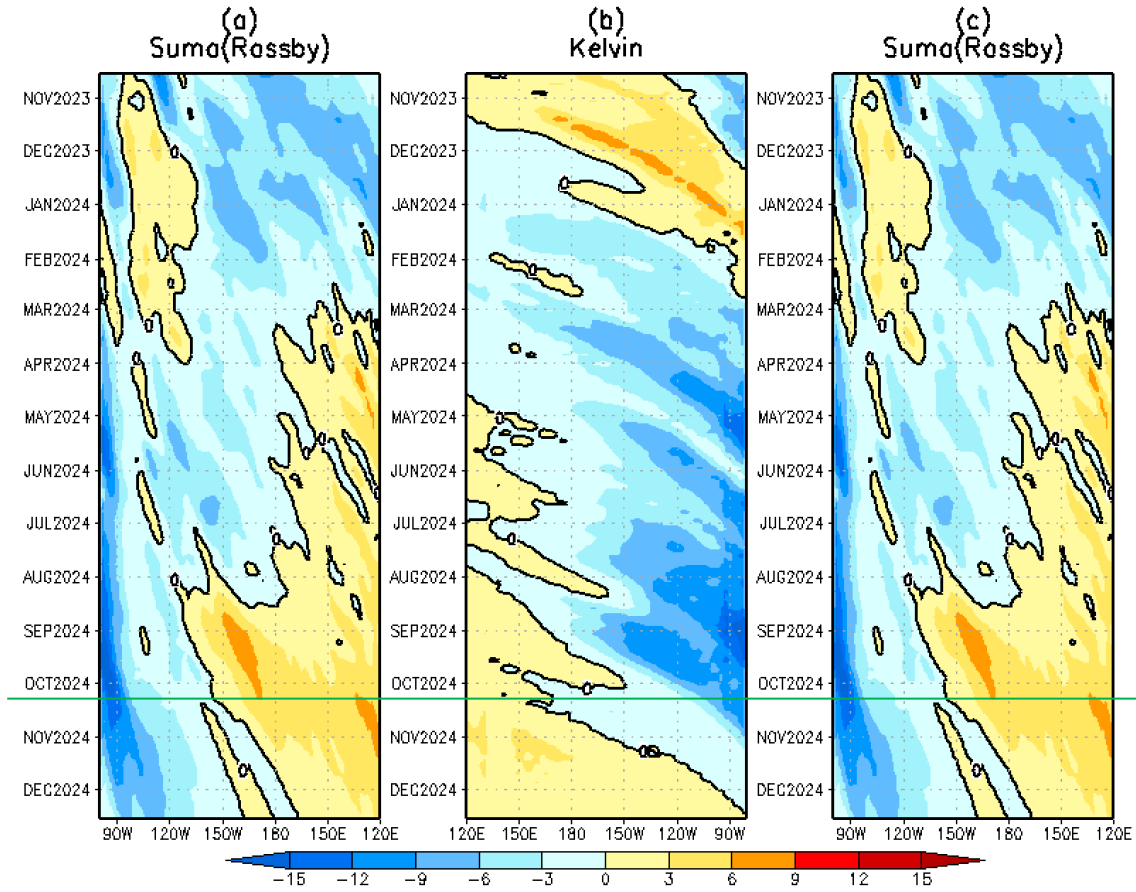


Figura 12. Igual que la Figura 11 pero el modelo es forzado con termoclina variable. Fuente: IGP.

“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”

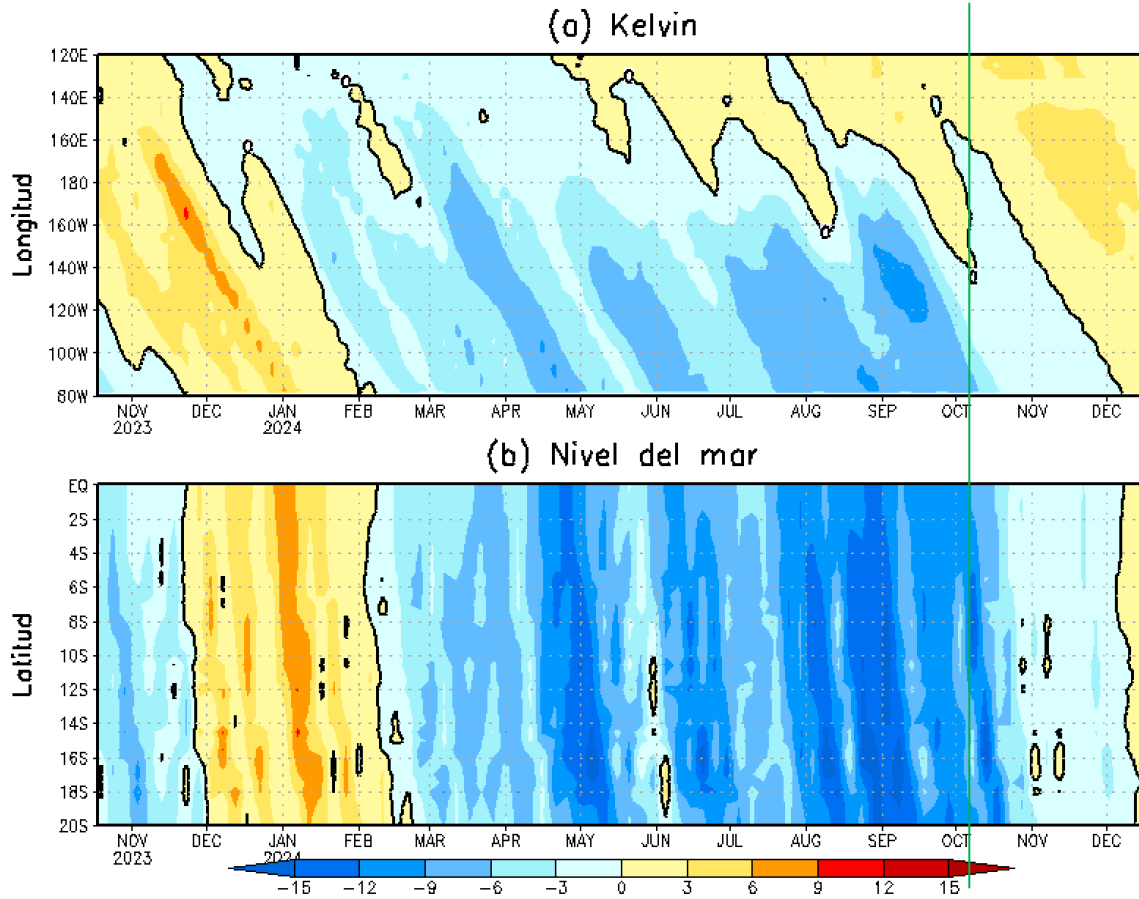


Figura 13. Simulación numérica de la anomalía del nivel del mar (cm) a lo largo de la franja ecuatorial del océano Pacífico (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Esta simulación se realizó con el modelo oceánico lineal (LOM) forzado con esfuerzo de viento del reanalysis de NCEP. La línea verde entrecortada 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”

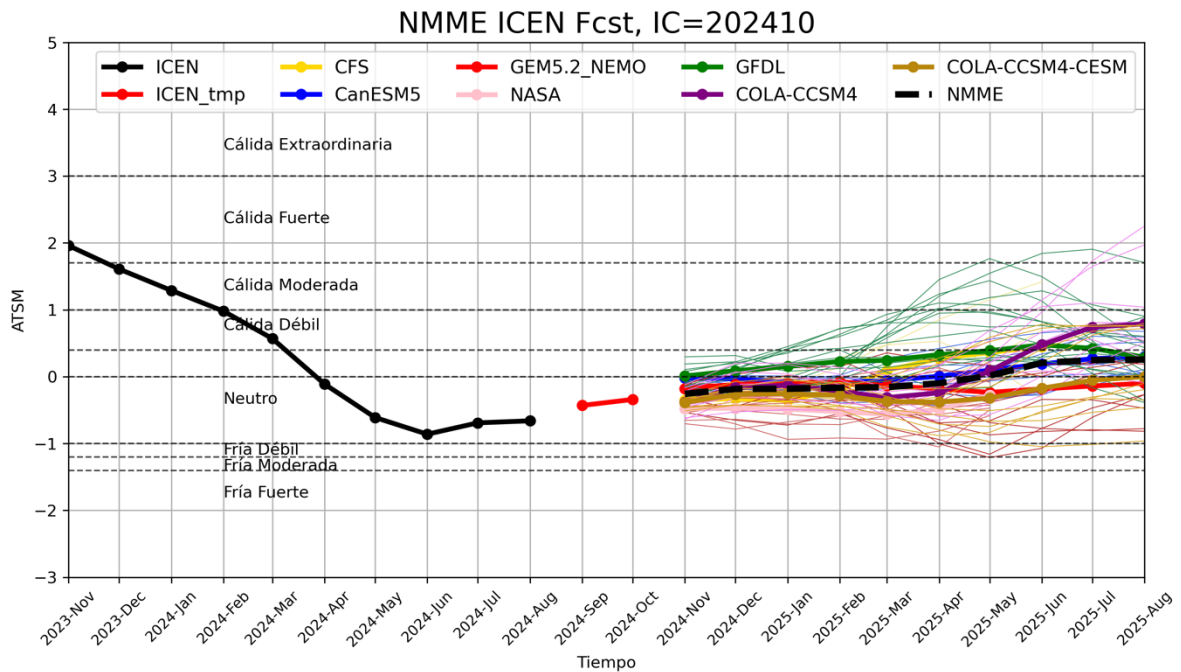


Figura 14. Índice Costero El Niño (ICEN, línea negra con círculos llenos, fuente ERSSTv5) y sus valores temporales (ICENv5tmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN(media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los 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 octubre de 2024. 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”

Condiciones Iniciales de Octubre 2024

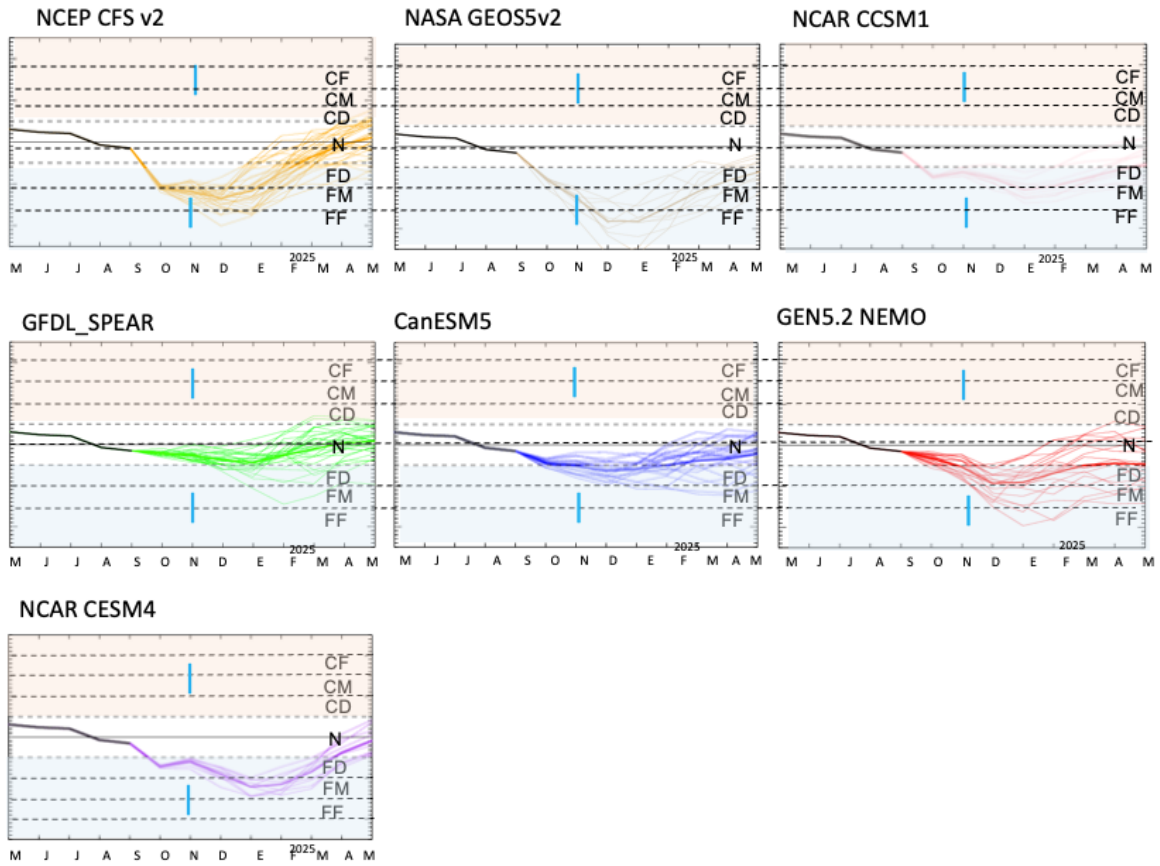


Figura 15. Índice Niño 3.4 mensual observado (líneas de color plomo) y pronosticado por los modelos de NMME (líneas de distintos colores). Fuente: NMME.

“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”

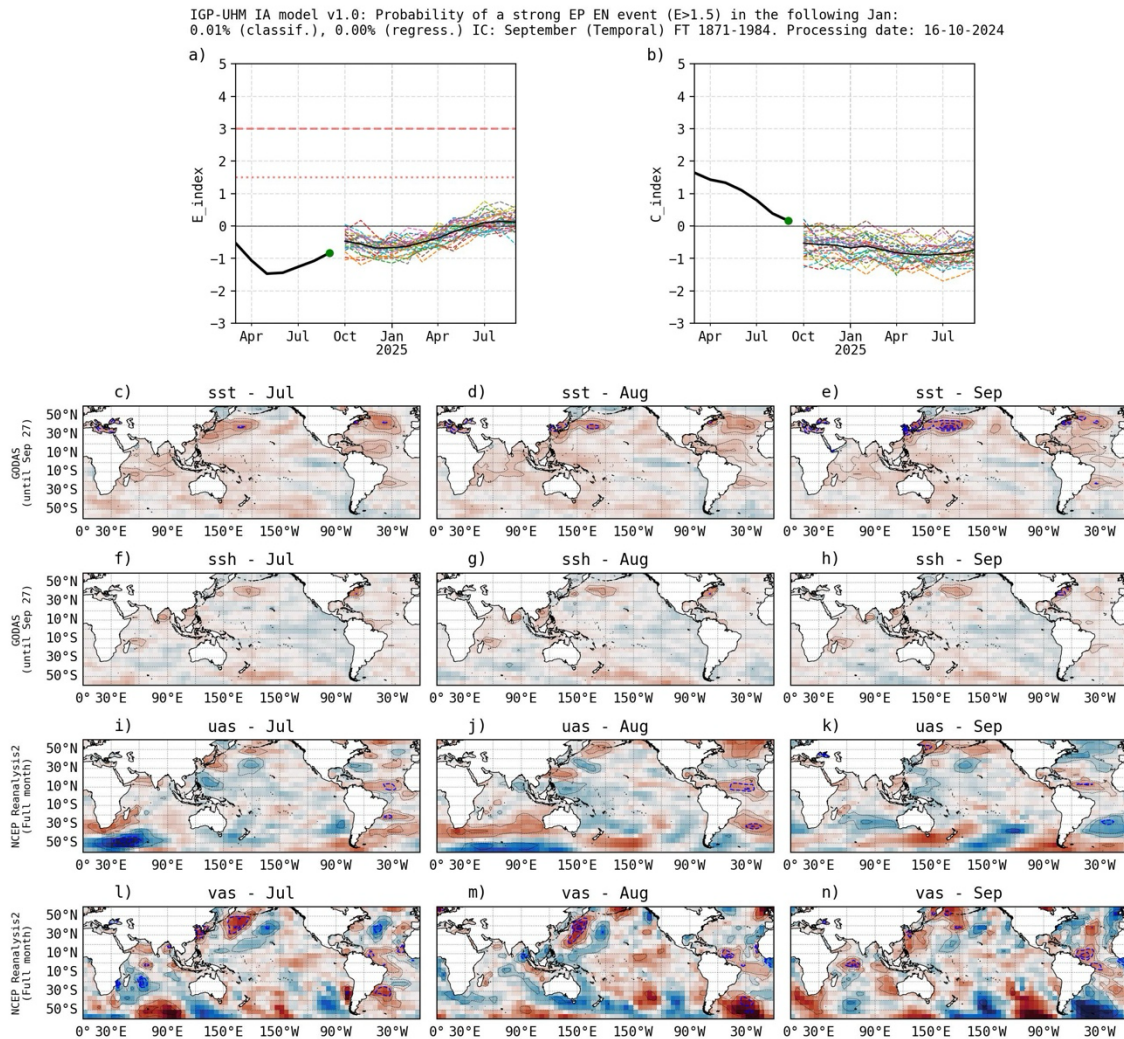


Figura 16. Pronóstico del índice E (Takahashi et al., 2011) a doce meses basado en un modelo de inteligencia artificial (Rivera Tello et al., 2023) para el pronóstico de El Niño extremo. (a) Muestra la evolución del índice E, representado con una línea gruesa de color negro, desde marzo a setiembre de 2024; el conjunto de líneas entrecortadas de colores indica el pronóstico del índice E desde octubre de 2024 a setiembre 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: julio (primera columna), agosto (segunda columna) y setiembre (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”

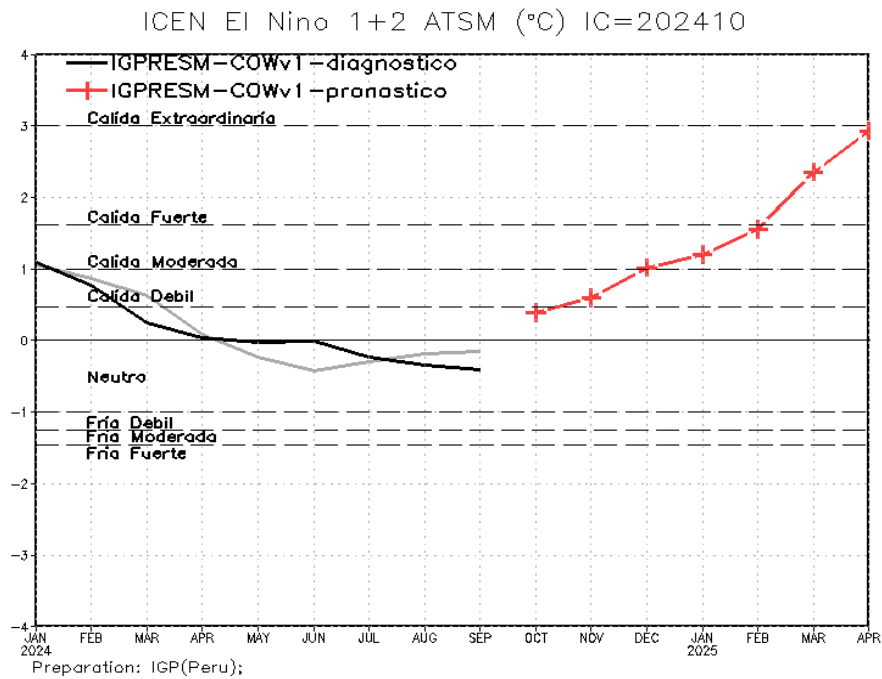


Figura 17. Pronóstico del ICEN de octubre de 2024 a abril de 2025 (línea roja con cruz), generado por el Modelo Regional Earth SystemModel CROCO-OASIS-WRF v.1' (IGP RESM-COW v.1) con condiciones iniciales de setiembre.