



“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/2024-04

21/05/2024

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

El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) para marzo presentó la condición cálida débil (0.57°C). Los valores del ICEN temporal (ICEN-tmp) de abril (0.04°C) y mayo (-0.49°C) corresponden a condiciones neutras, manteniendo una tendencia negativa. Por otro lado, en el Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de marzo (1.15°C) indica la condición cálida moderada. Los valores temporales (ONI-tmp) de abril (0.70°C) y mayo (0.22°C) corresponden a condiciones cálida débil y neutra, respectivamente.

Según los datos observados y los resultados de los modelos de ondas, se continúa observando la señal intensa del paquete de ondas de Kelvin frías en la región central y oriental del Pacífico, y se espera que continúen afectando la costa peruana, por lo pronto, hasta agosto.

Si bien el promedio de los pronósticos climáticos de los modelos internacionales y nacionales indican la presencia de anomalías negativas de la TSM, por lo pronto, hasta el siguiente verano, estas se encontrarían dentro del rango normal. Por otro lado, en el Pacífico central, los modelos numéricos indican que en julio debería iniciarse un evento La Niña en dicha región y se extendería hasta fines del verano de 2025, alcanzando su máxima intensidad a finales de este año. De darse este escenario, según la evidencia científica, es probable una disminución (incremento) de las precipitaciones en la sierra centro y sur durante la primavera 2024 (verano 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 marzo de 2024, el cual se mantiene en la condición cálida débil (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
2023	Diciembre	1.61	Cálida Moderada
2024	Enero	1.29	Cálida Moderada
2024	Febrero	0.98	Cálida Débil
2024	Marzo	0.57	Cálida Débil

Para los siguientes dos meses se generan valores preliminares y temporales del ICEN (ICENtmp), 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 abril y mayo indican estarían dentro de la condición neutra. (Tabla 2).

Tabla 2. ICEN temporales y sus categorías para abril y mayo 2024.

Año	Mes	ICENtmp	Categoría
2024	Abril	0.04	Neutra
2024	Mayo	-0.49	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 marzo de 2024 es 1.15 °C, el que corresponde a una condición cálida moderada¹.

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
2023	Diciembre	1.97	Cálida Fuerte
2024	Enero	1.80	Cálida Fuerte
2024	Febrero	1.50	Cálida Fuerte
2024	Marzo	1.15	Cálida Moderada

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

Tabla 4. Estimados preliminares del ONI (ONItmp)

Índice Oceánico Niño temporales			
Año	Mes	ONItmp (°C)	Categoría
2024	Abril	0.70	Cálida Débil
2024	Mayo	0.22	Neutra

Diagnóstico del Pacífico ecuatorial

En abril, la anomalía de la TSM (ATSM) diaria registrada en la región Niño 3.4, en promedio, estuvo en el rango de la condición cálida débil, los recientes valores mantienen la tendencia negativa. Por otra parte, en la región Niño 1+2, la ATSM en promedio estuvo en la condición neutra (Figura 1). Según la información mensual de los datos obtenidos de las boyas de TAO, la magnitud de los vientos alisios a lo largo de la franja ecuatorial (promediado entre 2°S-2°N) es más intensa de lo normal en casi todo el Pacífico ecuatorial (Figura 2a). La ATSM muestra una tendencia a disminuir (Figura 2b) y la profundidad de la termoclina se mantiene menos profunda de lo normal en casi todo el Pacífico ecuatorial (Figura 2c), igualmente se observa en la data de ARGO (Figura 3). Conforme a la información diaria del esfuerzo de viento (Figura 4a), principalmente en abril se desarrolló un pulso de viento del este, entre 130°-95°W y,

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).



“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”

en lo que va de mayo, se desarrolló un pulso de viento del oeste (este) en la zona occidental (central). El extremo oriental de la piscina caliente mostró un desplazamiento hacia el oeste, es decir, una tendencia a su posición climatológica (línea morada continua en los paneles de la Figura 4). En la zona oriental, la ATSM del producto OSTIA (Figura 4d) continúa mostrando una disminución de las anomalías positivas, alcanzando incluso anomalías negativas.

El OLR (Outgoing Longwave Radiation) en abril y en lo que va de mayo, en la zona occidental (170°E - 140°W , 5°S - 5°N) y en la zona oriental (170°W - 100°W , 5°S - 5°N), muestra valores mayores a su climatología (Figura 5 y 6).

Según la información de altimetría satelital a lo largo de la franja ecuatorial (Figura 7), se siguen observando ondas de Kelvin frías y cálidas débiles. Asimismo, en la zona occidental, la presencia de ondas de Rossby cálidas podrían reflejarse como ondas de Kelvin cálidas. En la zona oriental, se observa que las ondas de Rossby cálidas continúan disminuyendo su intensidad conforme se desplazan hacia la zona occidental. Por otro lado, en la profundidad de la termoclina, se sigue observando la señal intensa de las ondas de Kelvin frías en la región central y oriental (Figura 4b).

Ondas de Kelvin a lo largo de la costa peruana

A lo largo de la costa peruana, al sur de los 6°S y dentro de los 100 km, se observó un incremento del nivel del mar, posiblemente esté relacionado con la llegada de una onda de Kelvin cálida débil, pero sin ningún impacto relevante (Figura 8b). Por otro lado, la anomalía de la TSM mostró una tendencia a disminuir (Figura no mostrada). La información cada 5 días del flotador Argo No. 6903002, localizado alrededor de las 100 mn y en 3.5°S , mostró valores negativos de la temperatura del mar hasta los 80 m; mientras que por debajo de ella se observa un proceso de normalización (ver Figura 9).

Pronóstico de ondas de Kelvin

Según altimetría satelital, no se esperan mayores impactos de las ondas de Kelvin, tanto frías como cálidas, por ser de magnitudes débiles (Figura 7a). Lo mismo se aprecia, por ahora, en la señal de la onda de Rossby, tanto en la zona oriental como occidental (Figura 7b). En la profundidad de la termoclina, según lo observado a la fecha, se espera el arribo de un nuevo paquete de ondas de Kelvin frías que debe afectar la costa, de acuerdo a lo observado hasta la fecha, por un mes y medio (Figura 4b).

El pronóstico de los modelos de ondas del IGP —forzado para el diagnóstico tanto con vientos de ASCAT (Figura 10) como de NCEP (Figura 11), y luego con vientos igual a cero— indica que en los siguientes meses se espera el arribo de ondas de Kelvin frías hasta julio y agosto, por lo pronto. Según la simulación que usa esfuerzo de viento pronosticado a 40 días de CFSv2 (Figura 12), si bien también muestran solo presencia de ondas de Kelvin frías para los siguientes meses, un nuevo núcleo intenso arribaría a fines de julio. Asimismo, hay que considerar que los pronósticos de viento de CFSv2 cambian en intensidad, e incluso a veces en sus patrones espaciales, conforme se generan nuevos pronósticos.

“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 NMME (CFSv2, CanCM4i-IC3, GEM5-NEMO, NASA-GEOSS2S, GFDL_SPEAR², COLA-RSMAS-CCSM4 y COLA-RSMAS-CESM1), con condiciones iniciales de mayo; si bien muestran valores negativos hasta marzo de 2025, con el máximo en julio de 2024; estos se encontrarían en el rango neutral (ver Tabla 5 y Figura 13).

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

Modelo	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA
CFS2	-0.90	-0.93	-0.74	-0.54	-0.38	-0.46	-0.57	-0.53	-----	-----
CanCM4i	-0.85	-1.09	-0.97	-0.79	-0.58	-0.41	-0.30	-0.28	-0.27	-0.32
GEM5_NEMO	-0.25	-0.36	-0.48	-0.49	-0.51	-0.59	-0.67	-0.74	-0.72	-0.63
NASA	-0.97	-1.25	-1.27	-1.26	-1.25	-1.30	-1.37	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	-0.54	-0.84	-0.87	0.76	-0.67	-0.59	-0.46	-0.21	0.10	0.41
COLA_CCSM4	-1.34	-1.41	-1.28	-1.08	-0.99	-1.07	-1.13	-1.11	-0.96	-0.81
COLA_CESM1	-0.84	-0.86	-0.69	-0.50	-0.33	-0.32	-0.44	-0.55	-0.52	-0.39
Promedio										
NMME	-0.81	-0.96	-0.90	-0.77	-0.67	-0.68	-0.71	-0.57	-0.47	-0.35

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), según los pronósticos de los mismos modelos del párrafo anterior, se esperaría la condición neutra para junio. Entre julio y diciembre, las condiciones irían de frías débiles a frías fuertes; mientras que entre enero y febrero de 2025 las condiciones serían de frías moderadas a frías débiles (ver Tabla 6 y Figura 14).

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

Modelo	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA
CFS2	-0.20	-0.62	-0.95	-1.18	-1.38	-1.52	-1.52	-1.35	-----	-----
CanCM4i	-0.29	-0.70	-0.94	-1.08	-1.15	-1.23	-1.25	-1.21	-1.12	-0.98
GEM5_NEMO	-0.42	-0.66	-0.78	-0.89	-1.05	-1.26	-1.39	-1.38	-1.26	-1.10
NASA	-0.53	-1.10	-1.60	-2.07	-2.52	-2.82	-2.92	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	0.27	0.06	-0.18	-0.45	-0.72	-0.96	-1.01	-0.82	-0.46	-0.16
COLA-CCSM4	-0.38	-1.03	-1.53	-1.81	-1.93	-2.02	-2.07	-1.98	-1.71	-1.34
COLA_CESM1	-0.27	-0.77	-1.19	-1.46	-1.59	-1.68	-1.69	-1.57	-1.38	-1.18
Promedio										
NMME	-0.26	-0.69	-1.02	-1.28	-1.48	-1.64	-1.69	-1.39	-1.19	-0.95

² Desde febrero de 2021, el modelo GFDL_SPEARS (<https://www.gfdl.noaa.gov/spear/>) reemplazará a los modelos GFDL_CM2.1 y GFDL_FLOR.



“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 abril indica que el índice E, relacionado a El Niño en la región oriental del Pacífico (Niño E), mantiene la tendencia a disminuir, siendo julio y agosto de 2024 los máximos valores negativos. Luego hay una tendencia positiva, por lo pronto, hasta abril de 2025, pero se mantendría en el rango negativo. Por lo pronto, no existe probabilidad de que el próximo año se desarrolle un evento Niño E fuerte. De la misma forma, el índice C, relacionado a El Niño en el Pacífico central (Niño C), muestra una tendencia a decaer con sus máximos valores negativos en el verano de 2025 (Figura 15).

El modelo IGP RESM-COW v1 (Montes et al, 2023), con condiciones iniciales de mayo, pronostica una tendencia positiva del ICEN, que va del rango de cálida débil en mayo hasta cálida extraordinaria en noviembre. En relación a este resultado, si bien es cierto aún está presente la barrera de predictibilidad (abril-mayo-junio), por lo que los pronósticos no son muy confiables, adicionalmente 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 16).

Conclusiones

El ICEN de marzo indica la categoría cálida débil, mientras que los ICEN temporales de abril y mayo indican la categoría neutra. Por otro lado, las anomalías diarias de la TSM en la región Niño 1+2 se encuentran, en promedio, dentro de su rango normal en lo que va de mayo, aunque con una tendencia a valores negativos. Es muy probable que, según el ICEN temporal de abril, El Niño costero 2023-2024 haya concluido en marzo; sin embargo, de manera operacional, se requiere la información de las anomalías de la TSM de mayo para corroborarlo. Según la información observada y los resultados de los modelos de ondas, se espera que las ondas de Kelvin frías continúen afectando la costa peruana, por lo pronto, hasta agosto. Por otro lado, la proyección de los pronósticos climáticos de los modelos internacionales y nacionales indican en su mayoría un escenario anomalías negativas de la TSM frente a la costa peruana que alcanzaría su máxima intensidad a inicios de invierno; sin embargo, se mantendrían en la categoría neutra. Por lo pronto, según los pronósticos, no se configura un evento La Niña costera.

En el Pacífico central, a pesar de encontrarse aún en condiciones cálidas, se mantiene la tendencia negativa, tal como lo sugieren los valores temporales del ONI de abril y mayo que indican condiciones cálida débil y neutra, respectivamente. El promedio de los pronósticos de los modelos climáticos indica que en julio debería iniciar un evento La Niña en el Pacífico central, el que se extendería, por lo pronto, hasta el verano de 2025 y alcanzaría su máxima intensidad a finales de la primavera del año en curso e inicios de verano



“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”

del siguiente año. De darse este escenario, es probable el desarrollo de precipitaciones por debajo de lo normal en la sierra centro y sur durante la primavera; mientras que en el verano 2025 es probable el desarrollo de precipitaciones por encima de lo normal en la sierra centro y sur (Lagos et al., 2008; Lavado-Casimiro y Espinoza, 2014).

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 Magister 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.



“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.

Brayan Urbina, 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”

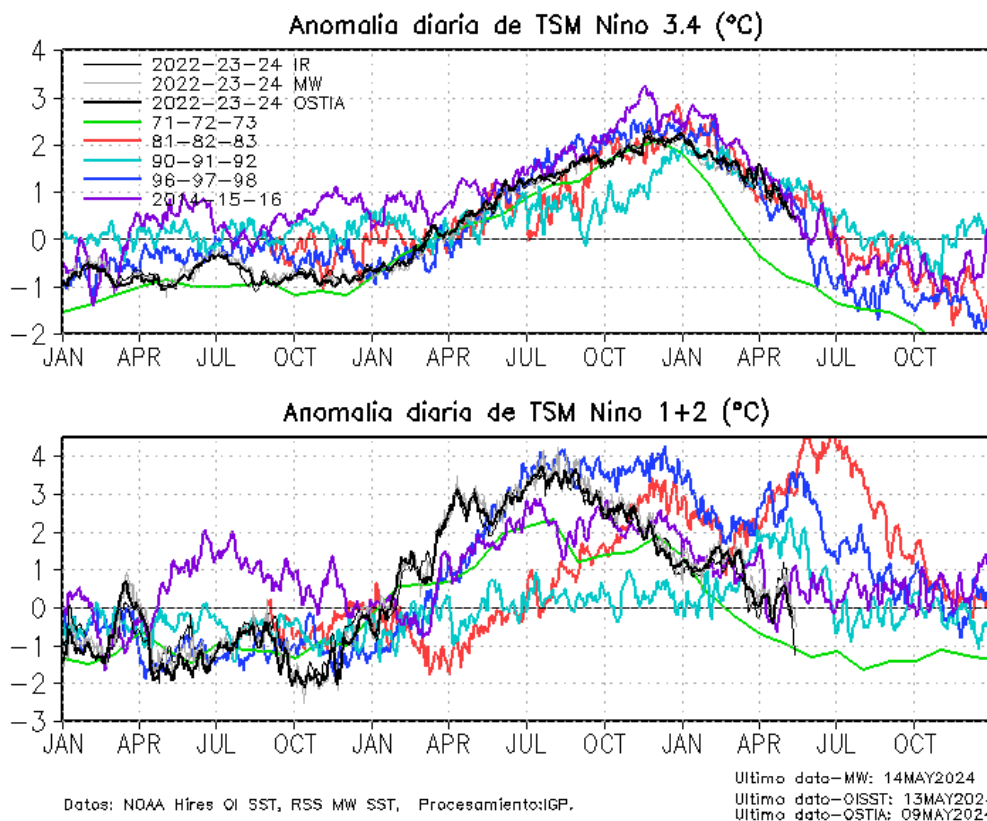


Figura 1. Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del producto OSTIA, respectivamente.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

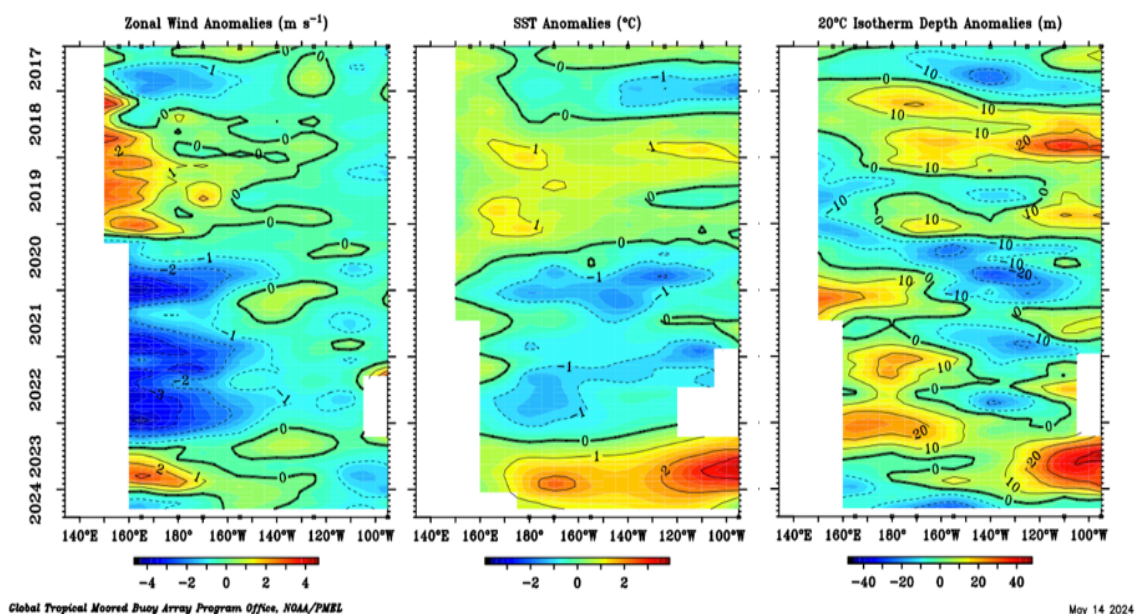


Figura 2. Promedio mensual de la anomalía del viento zonal (panel izquierdo), de la temperatura superficial del mar (panel central) y de la profundidad de la isoterma de 20 $^{\circ}C$ (panel derecho) y a lo largo de la franja ecuatorial del Pacífico (2°S-2°N). Esta imagen se elaboró de otras que se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

(2°S to 2°N average)

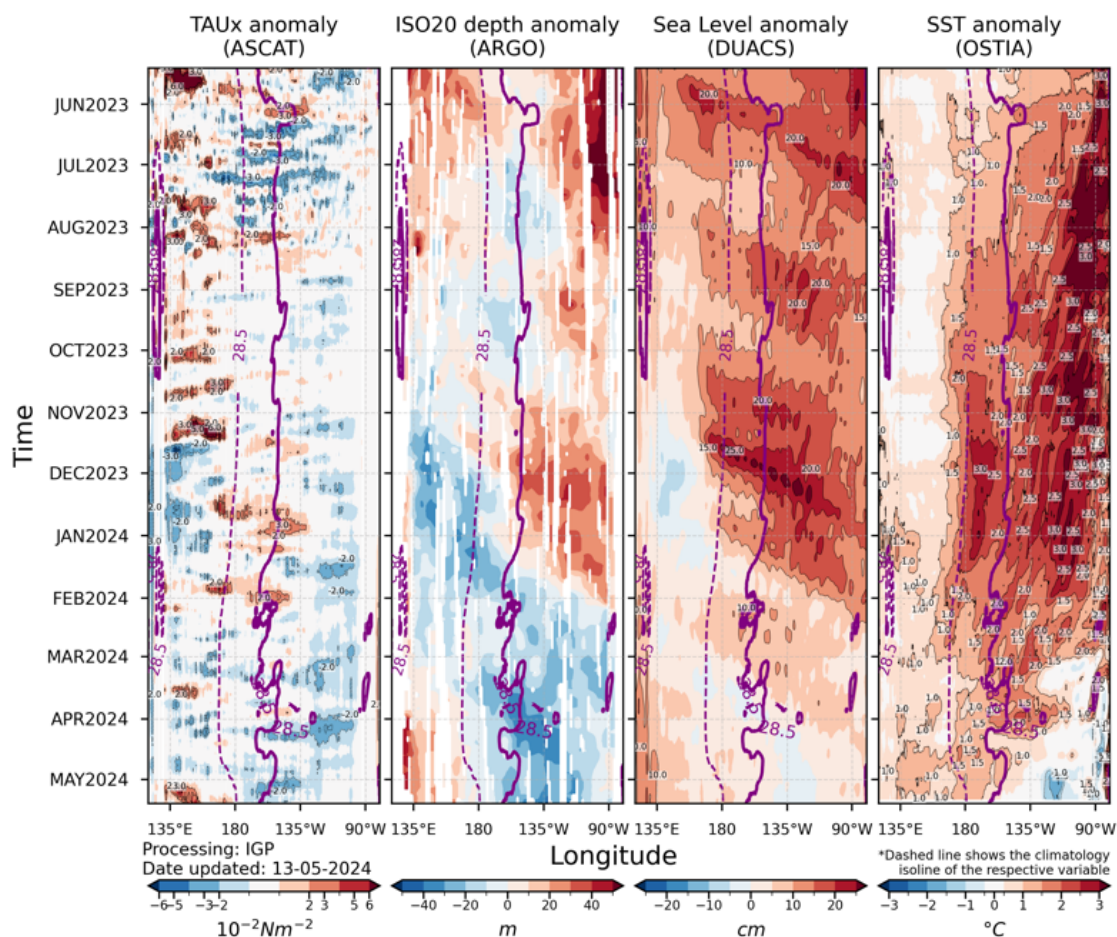


Figura 4. Diagrama longitud-tiempo en la franja ecuatorial de las anomalías, de izquierda a derecha, a) del esfuerzo de viento zonal (ASCAT), b) de la profundidad de la termoclina (ARGO), c) del nivel del mar (DUACS) y d) de la temperatura del mar (OSTIA). La línea morada continua (entrecortada) indica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

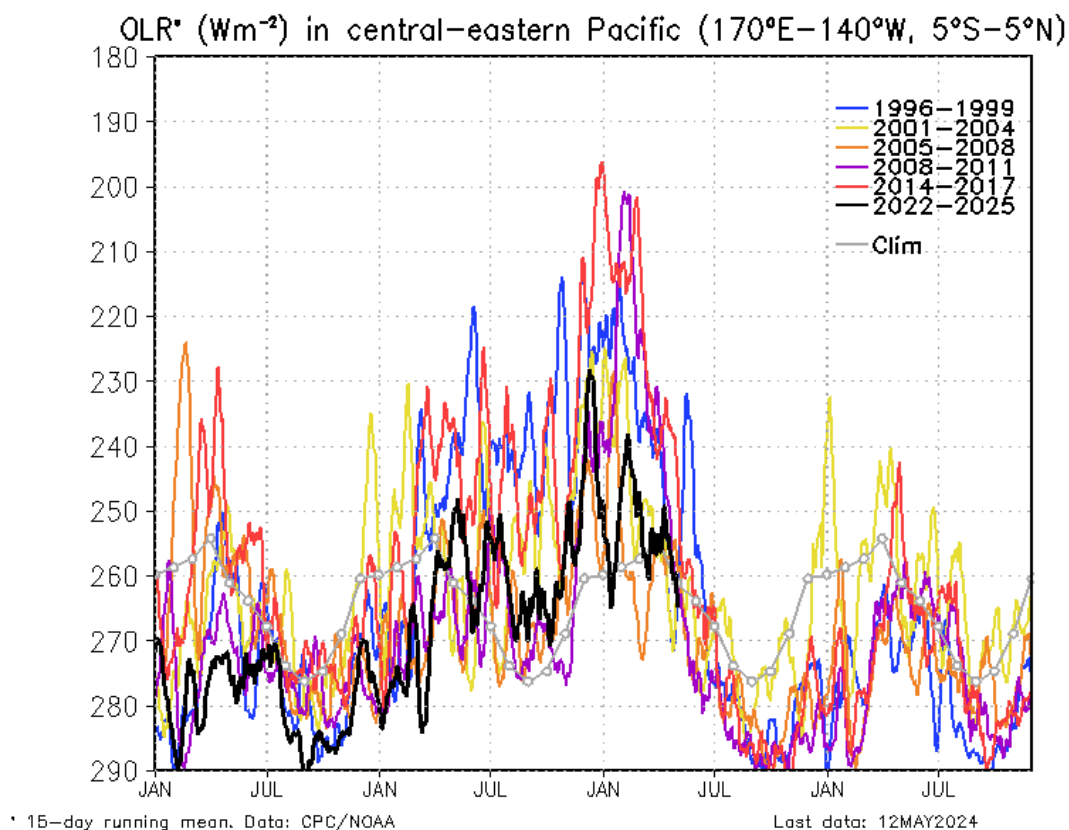


Figura 5. Actividad convectiva en el Pacífico central oriental (170°E – 140°W y 5°S – 5°N) en base a la información de OLR. Elaborado por el IGP.

“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”

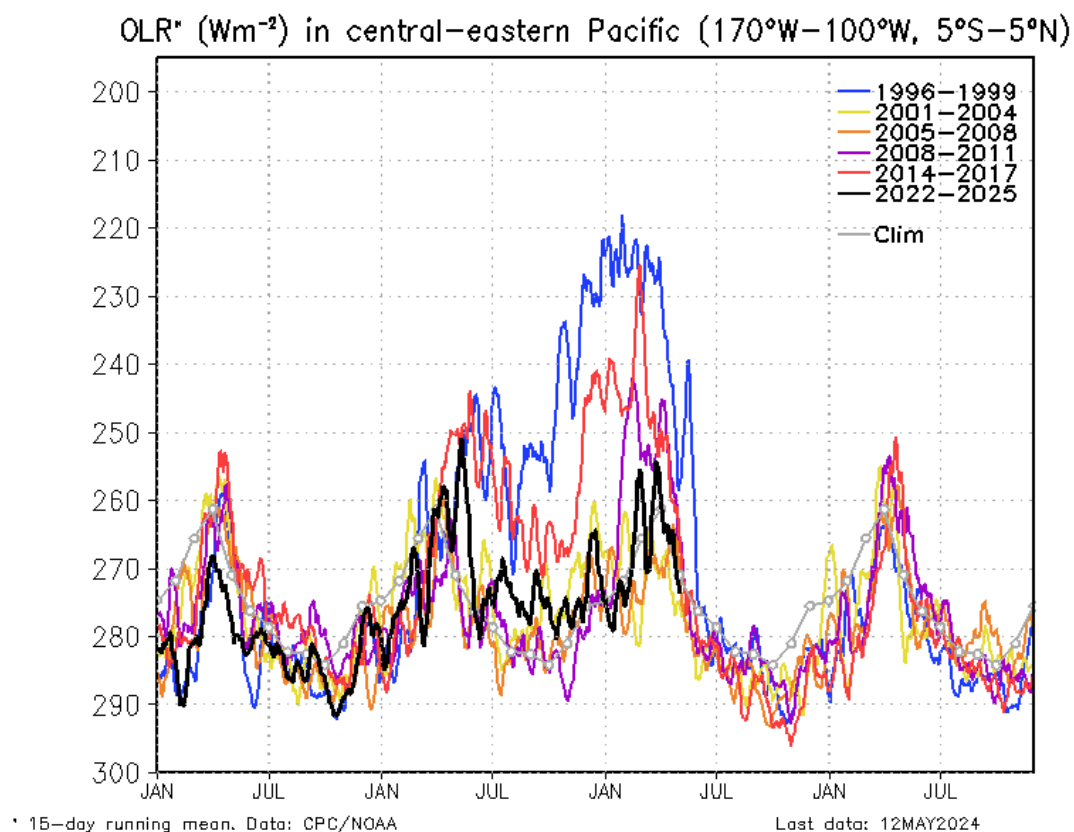


Figura 6. Actividad convectiva en el Pacífico central oriental (170°W – 100°W y 5°S – 5°N) en base a la información de OLR. Elaborado por el IGP.

“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”

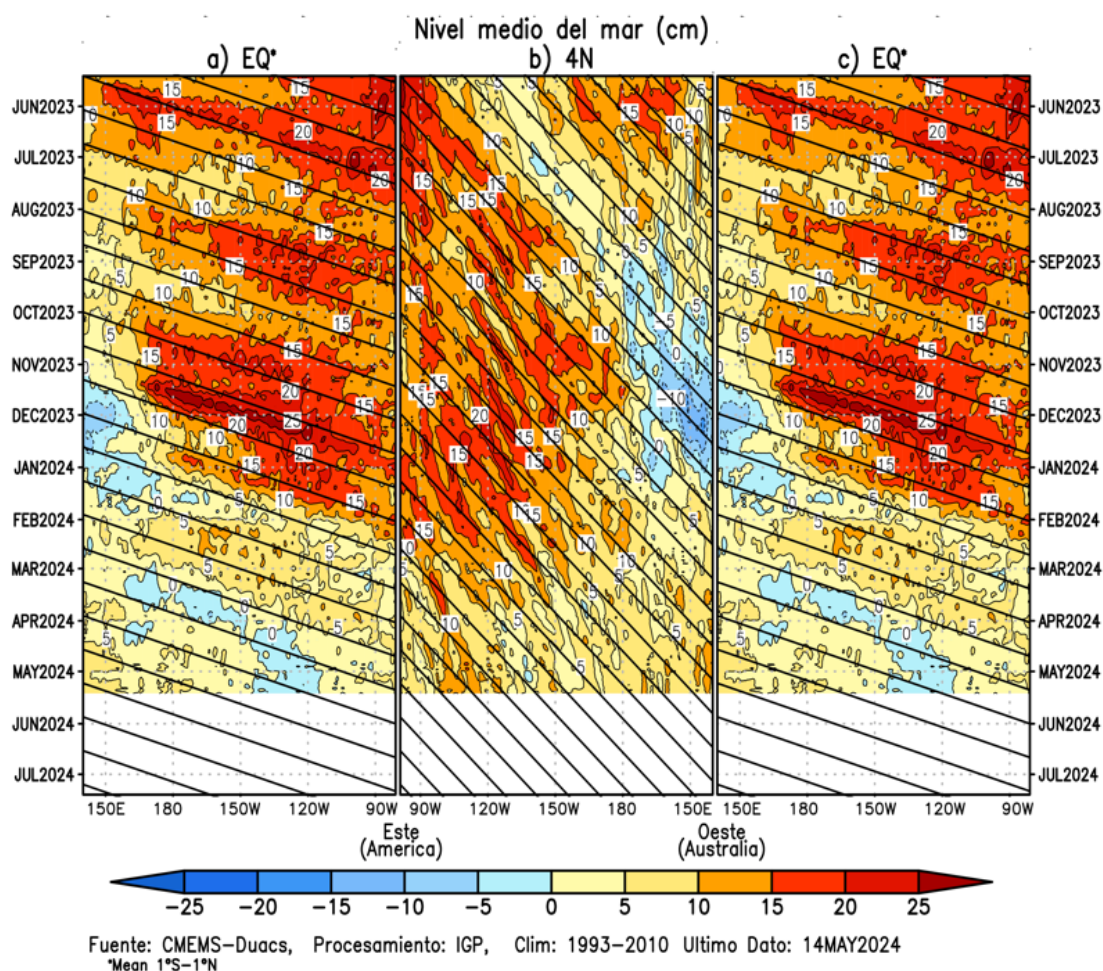


Figura 7. Diagramas longitud-tiempo de la anomalía del nivel medio del mar en el Pacífico ecuatorial usando el producto DUACS. Los paneles (a) y (c) son los mismos y representan la información a lo largo de la línea ecuatorial; mientras que (b), a lo largo de 4°N, pero con el eje zonal de este a oeste.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

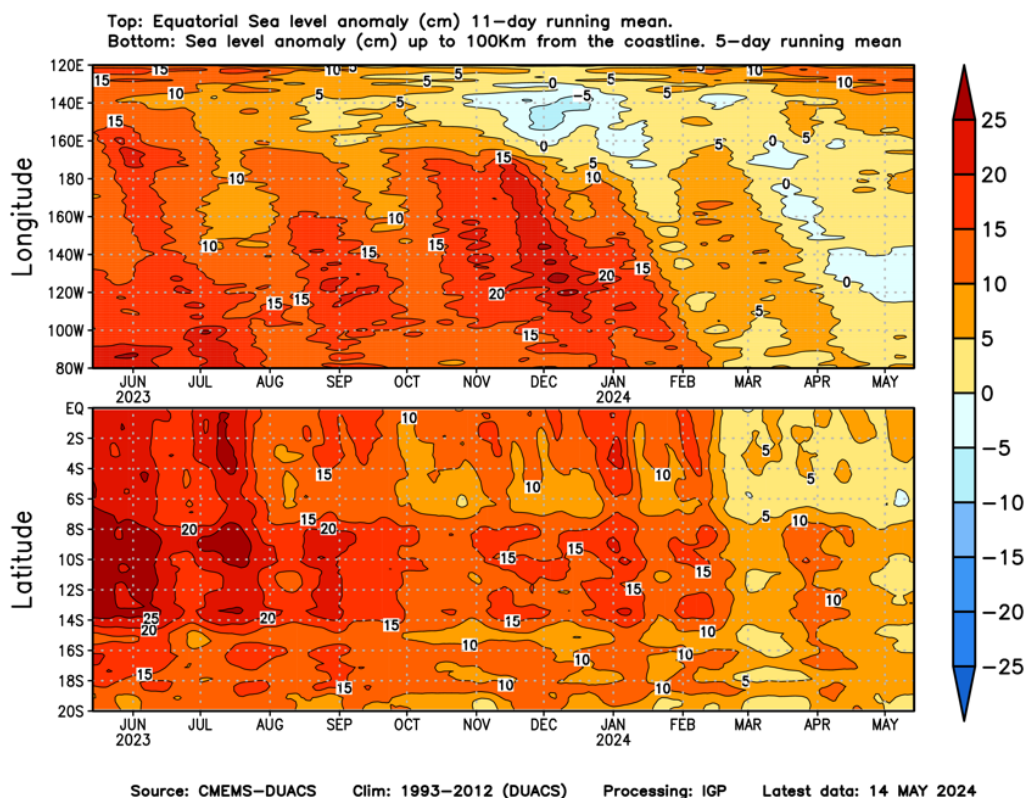


Figura 8. Anomalia del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Las unidades están en centímetros. Elaborado por el IGP.

“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”

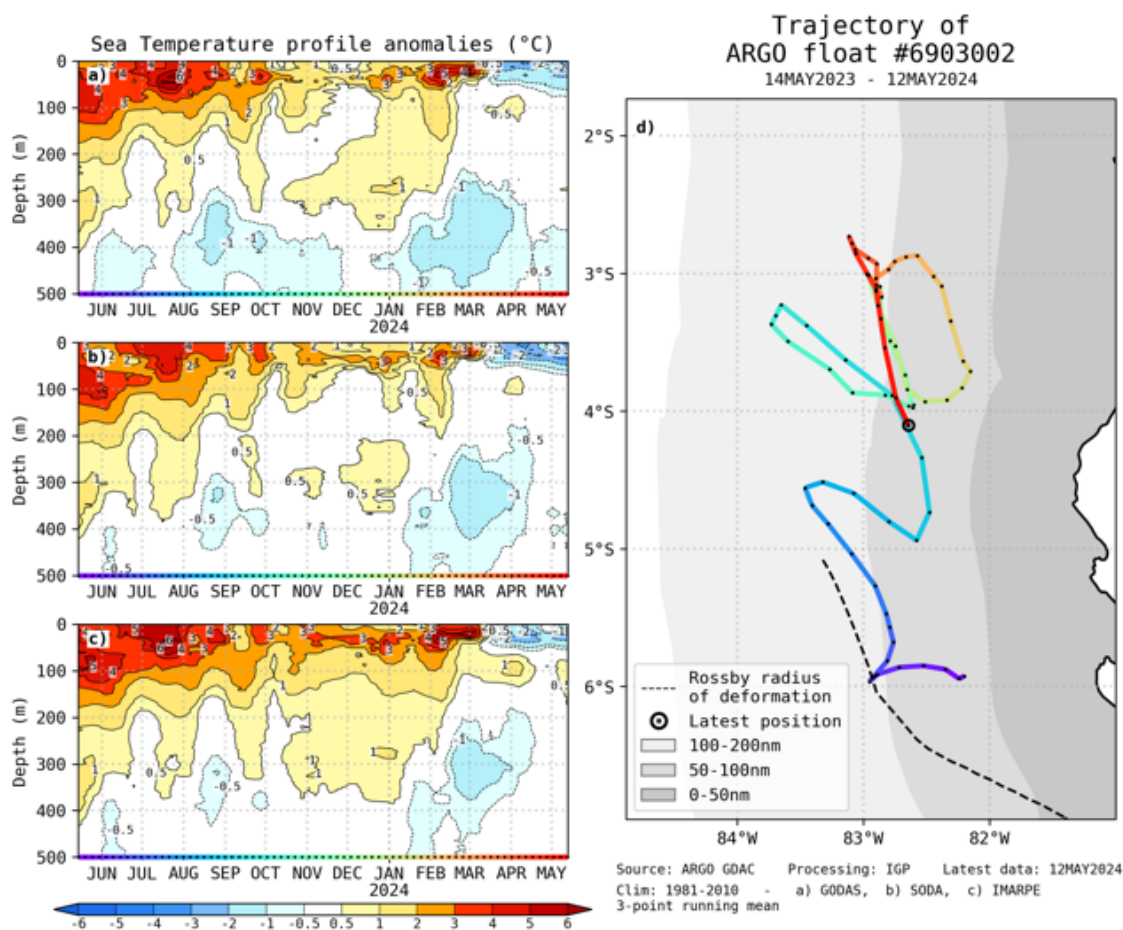


Figura 9. A la izquierda se aprecia la anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad, calculada de los datos del flotador ARGO No. 6903002. Esta anomalía se calcula en base a la climatología (1981-2010) de: (a) GODAS, (b) SODA e (c) IMARPE. A la derecha se aprecia la trayectoria 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”

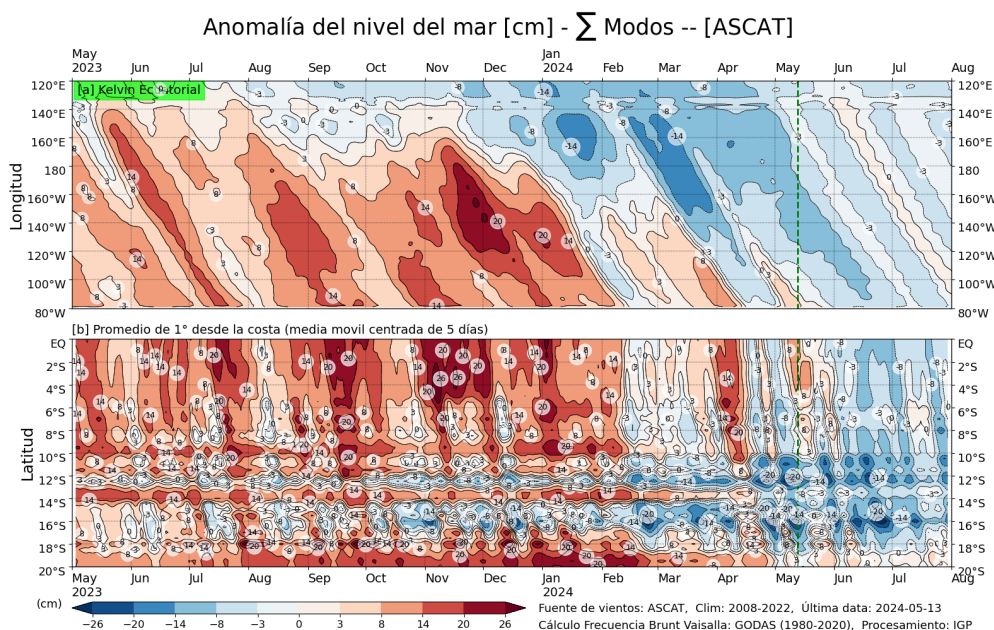


Figura 10. Simulación numérica de la anomalía del nivel del mar (cm) a lo largo de la franja ecuatorial del océano Pacífico (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Esta simulación se realizó con el modelo oceánico multimodal forzado con los vientos de ASCAT. La línea verde 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”

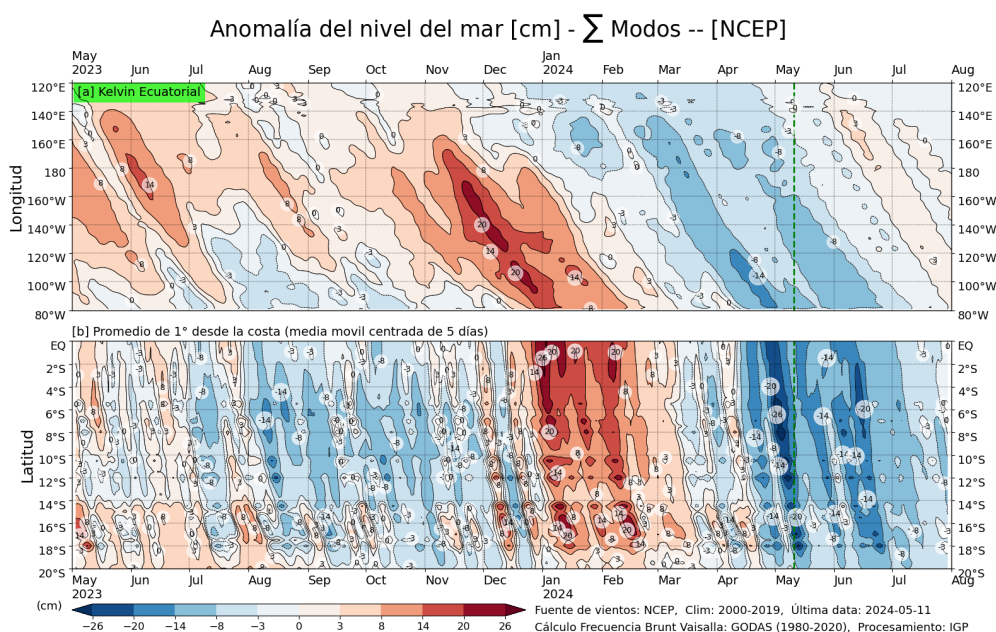


Figura 11. Igual que la Figura 11 pero usando esfuerzo de viento calculado de vientos a 10 metros de la superficie de la *reanalysis* de NCEP. Elaborado por el IGP.

“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”

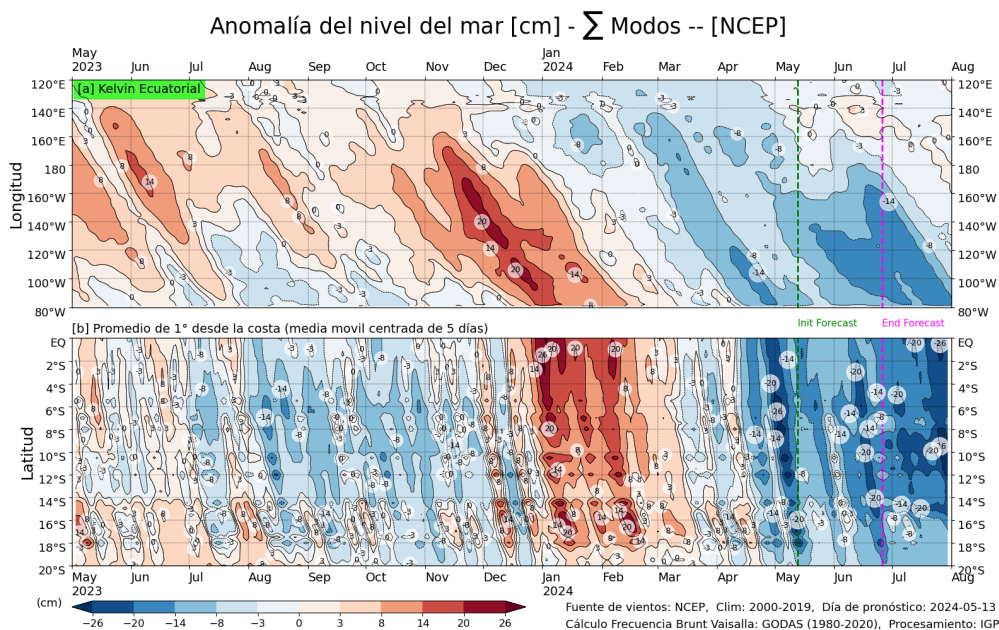


Figura 12. Igual que la Figura 13 pero para el pronóstico de los siguientes cuarenta días (período entre la línea entrecortada verde y la línea entrecortada rosada), se usaron los pronósticos de los vientos del modelo CFSv2. Luego de los 40 días (línea de color rosada) se usaron esfuerzo de viento igual 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”

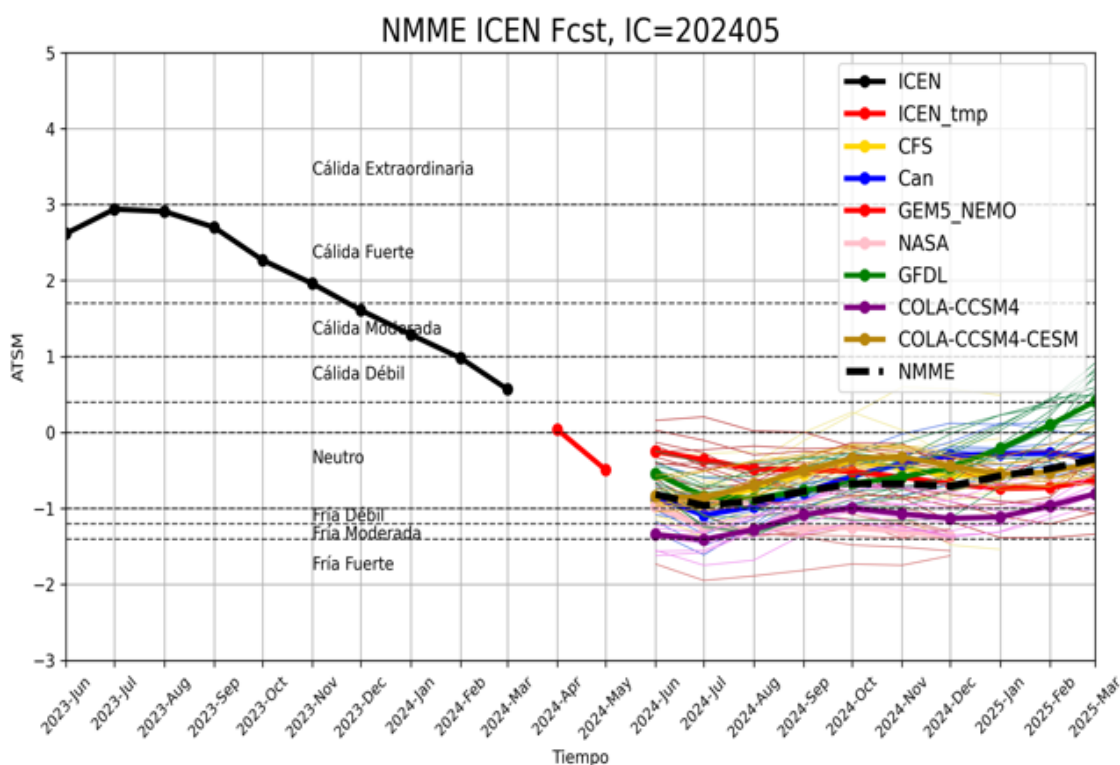


Figura 13. Índice Costero El Niño (ICEN, línea negra con círculos llenos, fuente ERSSTv5) y sus valores temporales (ICENv5tmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CanCM4i, GEM5_NEMO, NASA, GFDL_SPEAR y NCAR_CCSM4, COLA-RSMAS-CCSM4, COLA-RSMAS-CCSM1 tienen como condición inicial de mayo 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 Mayo 2024

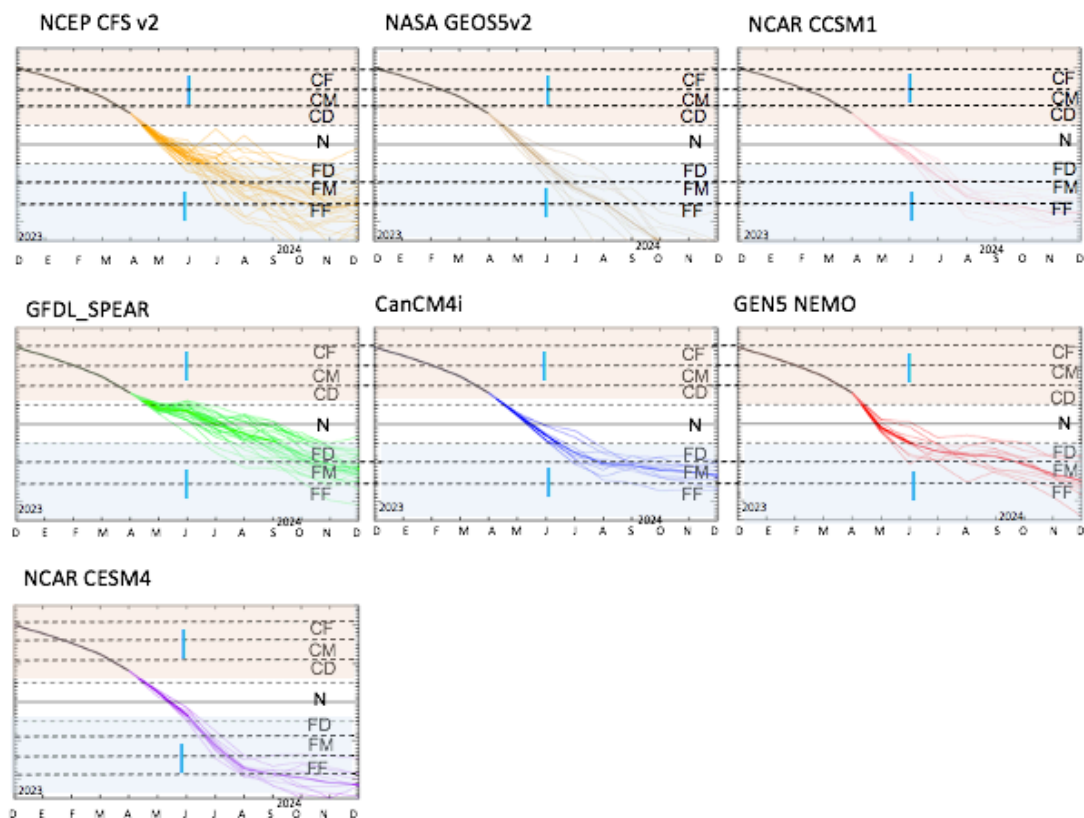


Figura 14. Índice Niño 3.4 mensual observado (líneas de color plomo) y pronosticado por los modelos de NMME (líneas de distintos colores). Fuente: NMME.

“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: April (Final) FT 1871-1984. Processing date: 17-05-2024

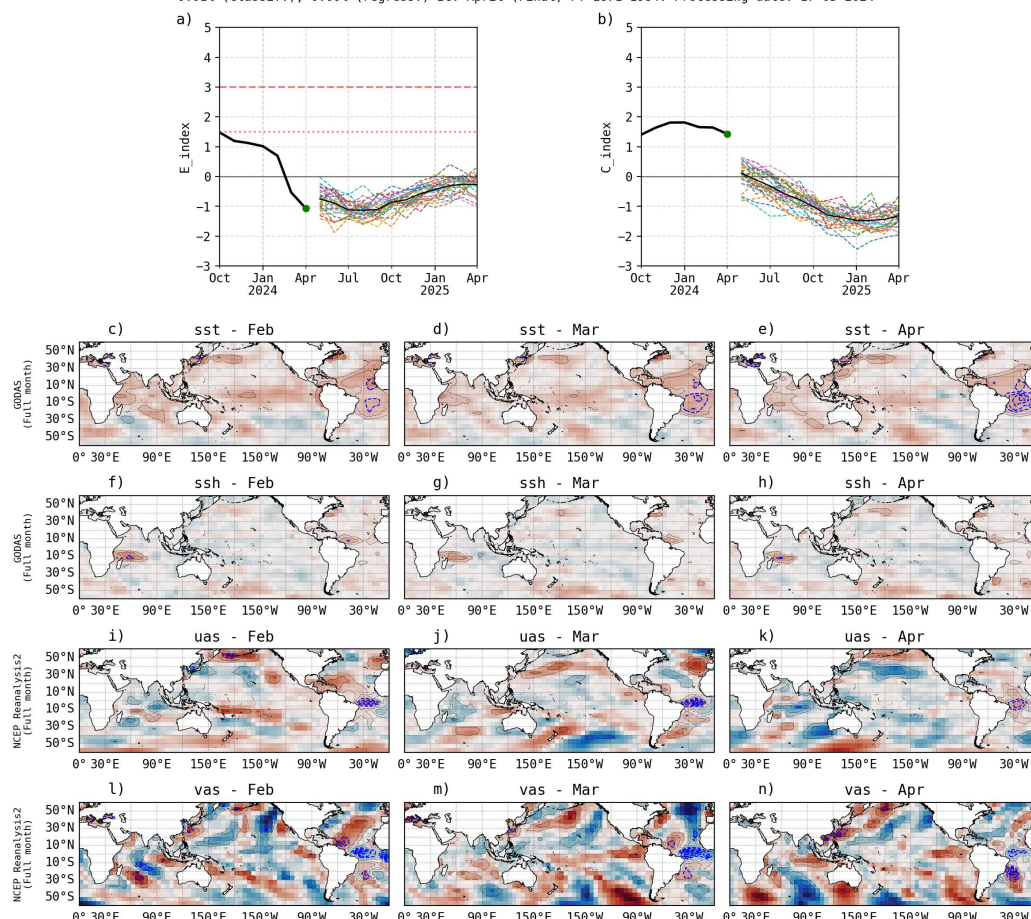


Figura 15. Pronóstico del índice E (Takahashi et al., 2011) a doce meses basado en un modelo de inteligencia artificial (Rivera Tello et al., 2023) para el pronóstico de El Niño extremo. (a) Muestra la evolución del índice E, representado con una línea gruesa de color negro, desde agosto a febrero de 2024; el conjunto de líneas entrecortadas de colores indica el pronóstico del índice E desde marzo de 2024 a febrero 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: diciembre (primera columna), enero (segunda columna) y febrero (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”

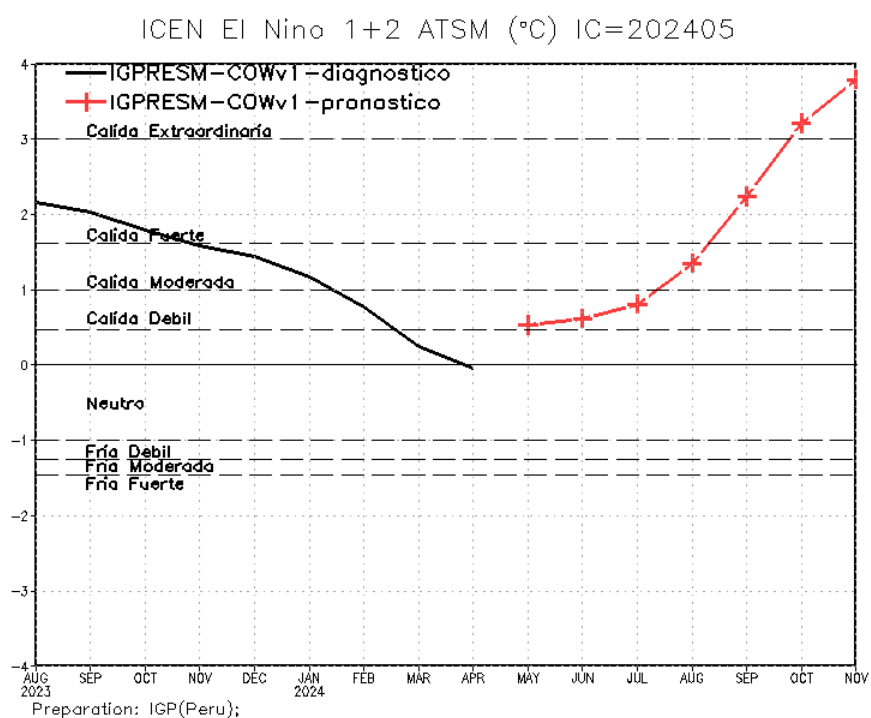


Figura 16. Pronóstico del ICEN de mayo a noviembre, generado por el Modelo Regional Earth System Model CROCO-OASIS-WRF v.1' (IGP RESM-COW v.1) con condiciones iniciales de mayo.