



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/2024-01

16/02/2024

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

Según el valor del Índice Costero El Niño (ICEN), en diciembre se presentó la condición climática cálida moderada (1.61 °C). Los valores del ICEN temporal (ICEN-tmp) de enero (1.12 °C) y febrero (0.64 °C) corresponden a condiciones cálida moderada y cálida débil, respectivamente. Por otro lado, en el Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de diciembre (1.97 °C) indica la condición cálida fuerte. Los valores temporales (ONI-tmp) de enero (1.80 °C) y febrero (1.48 °C), corresponden a condiciones cálida fuerte y cálida moderada.

Según los datos observados, se espera el arribo de paquete de ondas de Kelvin frías a la costa peruana en los siguientes días. La onda de Kelvin cálida, que se habría formado por pulsos de viento del oeste que se desarrollaron entre fines de enero e inicios de febrero en la zona occidental y central, de mantener su energía, arribaría a partir de marzo, aunque a la fecha es de una magnitud relevante.

Los resultados mayoritarios del conjunto de modelos de pronóstico, nacionales e internacionales, indican que El Niño en el Pacífico central y El Niño costero mantienen una tendencia a finalizar en los siguientes meses —en mayo y marzo, respectivamente— esto a pesar del incremento de la temperatura del mar observado en las últimas semanas en dichas regiones. Si bien los pronósticos de los modelos indican luego una tendencia a condiciones frías que en el Pacífico central alcanzaría características de un evento La Niña, hay que tener en cuenta que los pronósticos de los modelos más allá de abril no son muy confiables.





“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 diciembre de 2023, el cual indica una condición cálida moderada (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 categoría (columnas 3 y 4).

Año	Mes	ICEN	Categoría
2023	Setiembre	2.70	Cálida Fuerte
2023	Octubre	2.27	Cálida Fuerte
2023	Noviembre	1.96	Cálida Fuerte
2023	Diciembre	1.61	Cálida Moderada

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 enero y febrero de 2024 indican las condiciones cálida moderada y cálida débil, respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. ICEN temporales y sus categorías para diciembre y enero 2024.

Año	Mes	ICENTmp	Categoría
2024	Enero	1.12	Cálida Moderada
2024	Febrero	0.64	Cálida Débil



“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 diciembre de 2023 es 1.97 °C, el que corresponde a una condición cálida fuerte¹.

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	Setiembre	1.54	Cálida Fuerte
2023	Octubre	1.78	Cálida Fuerte
2023	Noviembre	1.94	Cálida Fuerte
2023	Diciembre	1.97	Cálida Fuerte

Los valores estimados del ONI (ONItmp) de enero y febrero de 2024, usando datos observados y de los pronósticos de NMME, indican condiciones cálida fuerte y cálida moderada (Tabla 4).

Tabla 4. Estimados preliminares del ONI (ONItmp)

Índice Oceánico Niño temporales			
Año	Mes	ONItmp (°C)	Categoría
2024	Enero	1.80	Cálida Fuerte
2024	Febrero	1.48	Cálida Moderada

Diagnóstico del Pacífico ecuatorial

En enero, la anomalía de la TSM (ATSM) registrada en la región Niño 3.4, en promedio, estuvo en el rango de cálida fuerte; los recientes valores muestran una tendencia negativa. Por otra parte, en la región Niño 1+2, la ATSM en promedio estuvo en la condición cálida moderada; sin embargo, actualmente tiene una tendencia positiva (Figura 1). Según la información de los datos obtenidos de las boyas de TAO, en promedio, los vientos alisios a lo largo de la franja ecuatorial (promediado entre 2°S-2°N) se encuentra alrededor de su rango normal (Figura 2a). La ATSM se mantiene con valores por encima de lo normal en casi todo el Pacífico ecuatorial, pero con una tendencia a disminuir. El extremo oriental de la piscina caliente se mantiene al este de su posición climatológica (Figura 2b). Por otro lado, la termoclina se mantiene más (menos) profunda de lo normal al este (oeste) de 155 °W (Figura 2c). Según la información del esfuerzo de viento del producto ASCAT (Figura 3a), a finales de enero e inicios de febrero se observaron dos pulsos de viento del oeste: el primero, entre 165° y 170°W, y el segundo, entre 170° y 150°W. Por otro lado, también observó un pulso de viento del este, entre los 100° y 120°W, en la segunda semana de enero.

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”

Conforma a la información de TAO, durante enero y lo que va de febrero, la termoclina se mantiene menos inclinada de lo normal (Figura 4a). Por otro lado, el contenido de calor mantiene una tendencia negativa (Figura 4b). En el extremo oriental, el valor promedio de la profundidad de la termoclina indica anomalías positivas; sin embargo, para finales de mes e inicio de febrero muestra una tendencia negativa (Figura 5).

Los valores de OLR (Outgoing Longwave Radiation) en enero y en lo que va de febrero, en la zona occidental (170°E - 140°W , 5°S - 5°N) muestra un descenso; sin embargo, es cercano a su valor climatológico (Figura 6). Por otro lado, en la zona oriental (170°W - 100°W , 5°S - 5°N), los valores se mantienen próximos a su climatología (Figura 7).

Según la información de altimetría satelital, se observa una anomalía positiva del nivel del mar que sería la señal de una onda de Kelvin cálida que se habría formado por pulsos de viento del oeste que se desarrollaron entre fines de enero e inicios de febrero en la zona occidental y central (Figura 3c). En lo que respecta a la presencia de ondas de Rossby relevantes en la zona oriental, aún se observan ondas cálidas como consecuencia de la reflexión de ondas de Kelvin cálidas. En la zona occidental, no se observa la presencia de ondas de Rossby relevantes. (Figura 8b). En la profundidad de la termoclina, se espera también el arribo de un paquete de ondas de Kelvin frías en los siguientes días, la cual debe impactar principalmente la temperatura por debajo del mar por lo menos durante un mes. Luego de esta onda fría, se esperaría el arribo de una onda de Kelvin cálida, aunque es débil, por ahora.

Ondas de Kelvin a lo largo de la costa peruana

Desde diciembre hasta la fecha, la información diaria del nivel del mar del producto DUACS (Figura 9b) mostró, inicialmente, en promedio, un incremento del nivel del mar; siendo más intensos: el primero a finales de diciembre e inicios de enero, el segundo a finales de enero e inicios de febrero, esto como consecuencia del paso de una onda de Kelvin cálida. La información cada 5 días del flotador Argo No. 6903002, localizado entre las 80 mn y en 3.1°S , mostró en enero e inicios de febrero una anomalía positiva en parte de la columna de agua, en promedio hasta los 250 m (Figura 10).

Pronóstico de ondas de Kelvin

Analizando la información de altimetría satelital (Figura 8a), se espera el arribo de la señal de una onda de Kelvin fría en los siguientes días. La onda de Kelvin cálida observada en el Pacífico central arribaría, de mantener su energía, a partir de marzo (Figura 8a). La onda de Rossby cálida localizada en la zona oriental debe continuar su desplazamiento hacia el Pacífico central (Figura 8b). En la profundidad de la termoclina (Figura 3b), se espera también el arribo de un paquete de ondas de Kelvin frías a la costa peruana en los siguientes días, el cual debe impactar principalmente la temperatura por debajo de la superficie del mar por lo menos durante un mes. Luego de esta onda fría, se esperaría el arribo de una onda de Kelvin cálida, aunque es débil, por ahora.

El pronóstico del modelo de ondas del IGP, forzado para el diagnóstico tanto de vientos de ASCAT (Figura 11) y de NCEP (Figura 12), continúan pronosticando principalmente la presencia de ondas de Kelvin cálidas hasta la quincena de febrero. Luego, se espera, principalmente, ondas de Kelvin frías. La simulación con vientos pronosticados hasta 40 días de CFSv2 (Figura 13), también muestra ondas de Kelvin cálidas, se espera la presencia de ondas de Kelvin frías. Según la simulación con vientos pronosticados hasta 40 días de CFSv2, indica que se tendrían ondas de kelvin cálidas, por lo pronto, hasta abril. Hay que tener en cuenta que estos modelos no contienen el proceso de dispersión modal que

“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”

aparentemente están influyendo a que las ondas de Kelvin cálidas están arribando a la costa peruana con poca intensidad. 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.

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 febrero de 2024, indican en promedio, condiciones neutras entre marzo y noviembre; sin embargo, se esperarían anomalías negativas desde abril (ver Tabla 5 y Figura 14).

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

Modelo	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
CFS2	0.31	-0.34	-0.90	-1.14	-1.05	-0.85	-0.63	-0.50	---	---
CanCM4i	0.52	0.27	0.06	-0.15	-0.31	-0.44	-0.43	-0.35	-0.29	-0.25
GEM5_NEMO	0.34	0.09	-0.11	-0.20	-0.38	-0.54	-0.64	-0.68	-0.64	-0.50
NASA	-1.15	-1.70	-1.79	-1.56	-1.49	-1.41	-1.25	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	0.27	-0.23	-0.60	-0.80	-0.89	-0.91	-0.75	-0.56	-0.32	-0.15
COLA_CCSM4	0.29	-0.05	-0.48	-0.95	-1.32	-1.45	-1.41	-1.32	-1.29	-1.17
COLA_CESM1	0.00	-0.33	-0.60	-0.77	-0.85	-0.74	-0.52	-0.37	-0.35	-0.38
Promedio										
NMME	0.08	-0.33	-0.63	-0.80	-0.90	-0.91	-0.80	-0.63	-0.58	-0.49

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), según los pronósticos de los mismos modelos del párrafo anterior, se esperaría la condición cálida moderada en marzo, para abril se esperaría la condición cálida débil, en mayo la condición neutra y, finalmente, entre junio y diciembre se esperarían condiciones entre frías débiles y frías fuertes (ver Tabla 6 y Figura 15).

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

Modelo	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
CFS2	1.16	0.77	0.25	-0.26	-0.64	-0.91	-1.10	-1.27	-----	-----
CanCM4i	1.23	0.81	0.31	-0.28	-0.84	-1.22	-1.38	-1.38	-1.38	-1.34
GEM5_NEMO	0.94	0.27	-0.43	-0.94	-1.21	-1.31	-1.35	-1.38	-1.39	-1.32
NASA	0.98	0.18	-0.59	-1.29	-1.82	-2.22	-2.59	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	1.20	0.79	0.33	-0.07	-0.30	-0.37	-0.44	-0.56	-0.69	-0.71
COLA-CCSM4	1.06	0.58	-0.03	-0.80	-1.51	-2.05	-2.34	-2.50	-2.54	-2.41
COLA_CESM1	1.05	0.59	0.01	-0.70	-1.30	-1.69	-1.75	-1.69	-1.57	-1.45
Promedio										
NMME	1.09	0.57	-0.02	-0.62	-1.09	-1.40	-1.56	-1.46	-1.51	-1.45

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, con condiciones iniciales de enero indica que la probabilidad que el índice E, relacionado a El Niño en la región oriental del Pacífico (Niño E), tiene una tendencia a disminuir, siendo julio el mes en el cual ya no es posible la presencia de un Niño E. De la misma forma, el índice C, relacionado a El Niño en el Pacífico central (Niño C), muestra una tendencia a decaer y ya no sería posible su presencia en setiembre (Figura 16).

El modelo IGP RESM-COW v1 pronostica que El Niño costero 2023-2024 se extendería, por lo pronto, hasta agosto con una magnitud moderada. Hay que tener en cuenta que los pronósticos numéricos más allá de abril no son muy confiables debido a la barrera de predictibilidad y este modelo no estaría exento de este proceso. Además, solo se considera una corrida del modelo CFS, siendo 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

Conforme a los datos observados de la ATSM en enero y lo que va de febrero de 2024, se observa una tendencia a la declinación de El Niño en el Pacífico central, esto a pesar de pequeños incrementos de la temperatura producidos por variaciones de alta frecuencia. Se espera que el ONI, según los modelos numéricos, alcance la categoría normal en mayo para pasar luego a un escenario de La Niña. En lo relacionado a El Niño costero, desde mediados de enero y hasta la fecha se desarrolló un incremento de la ATSM en la región Niño 1+2 que, según la data diaria, habría alcanzado la categoría de cálida moderada. Sin embargo, los resultados mayoritarios del conjunto de los modelos de pronóstico, nacionales e internacionales, indican que el ICEN mantiene una tendencia hacia el rango normal, esto podría estar influenciado, en parte, por la llegada de un paquete de ondas de Kelvin frías a la costa peruana en los siguientes días. Si bien los resultados mayoritarios indican una tendencia a condiciones frías, el promedio muestra que no se alcanzaría la categoría de fría débil. Asimismo, hay que tener en cuenta que debido a la Barrera de Predictibilidad los pronósticos más allá de abril no son muy confiables.



“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.
- 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
- **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.
- **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”,



“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”

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.

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”

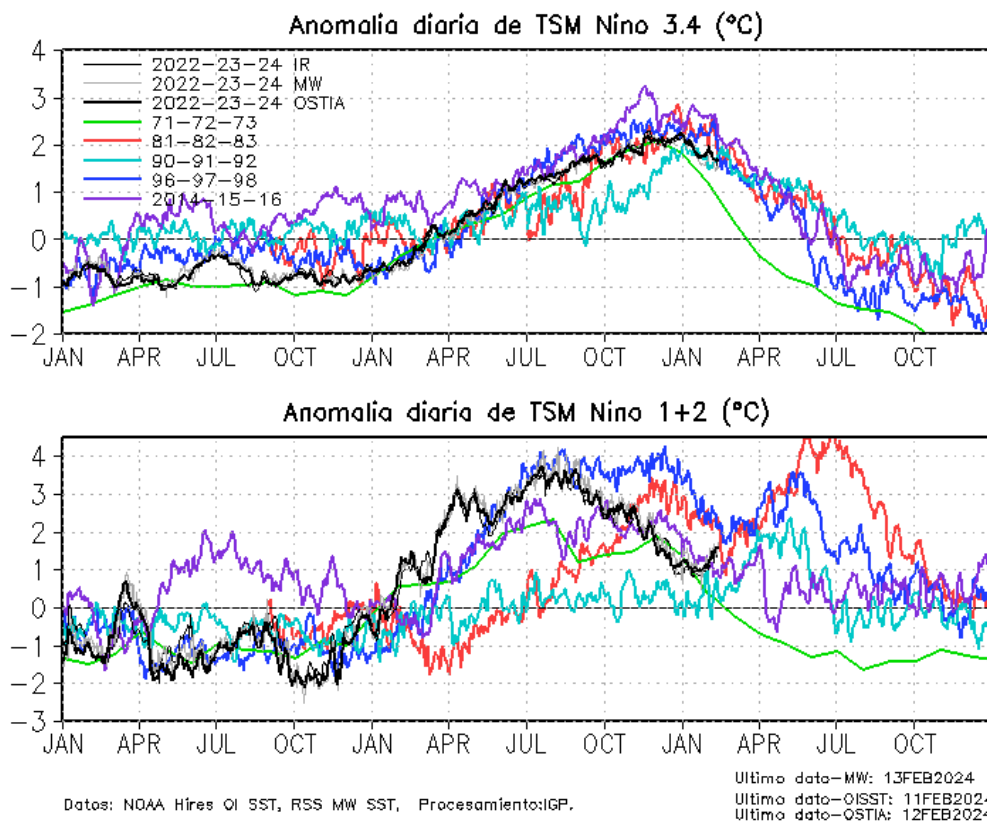


Figura 1. Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del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

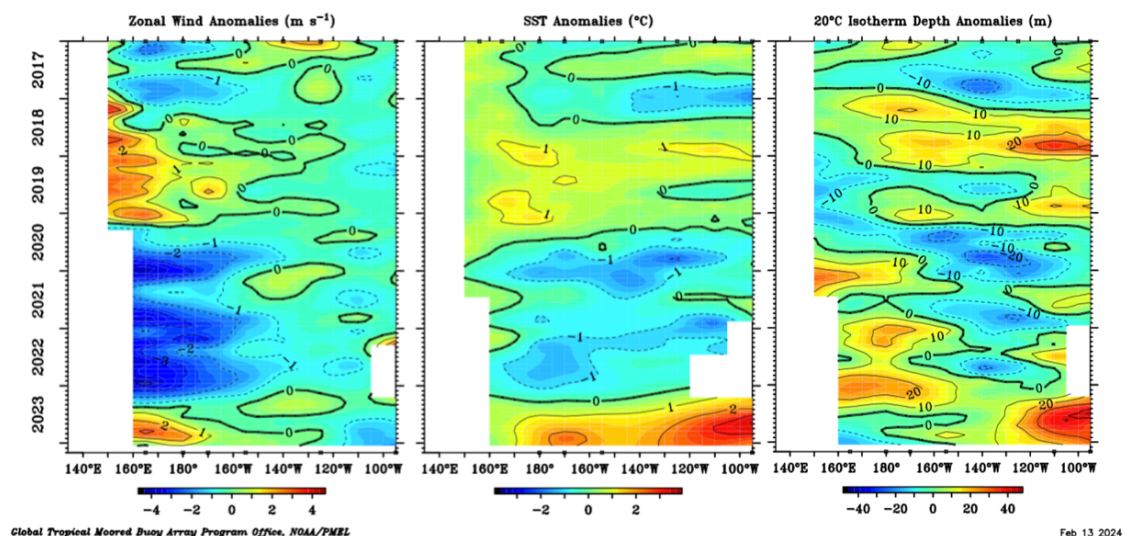


Figura 2. Promedio mensual de la anomalía del viento zonal (panel izquierdo), de la temperatura superficial del mar (panel central) y de la profundidad de la isoterma de 20 °C (panel derecho) y a lo largo de la franja ecuatorial del Pacífico (2°S-2°N). Esta imagen se elaboró de otras que se obtienen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

(2°S to 2°N average)

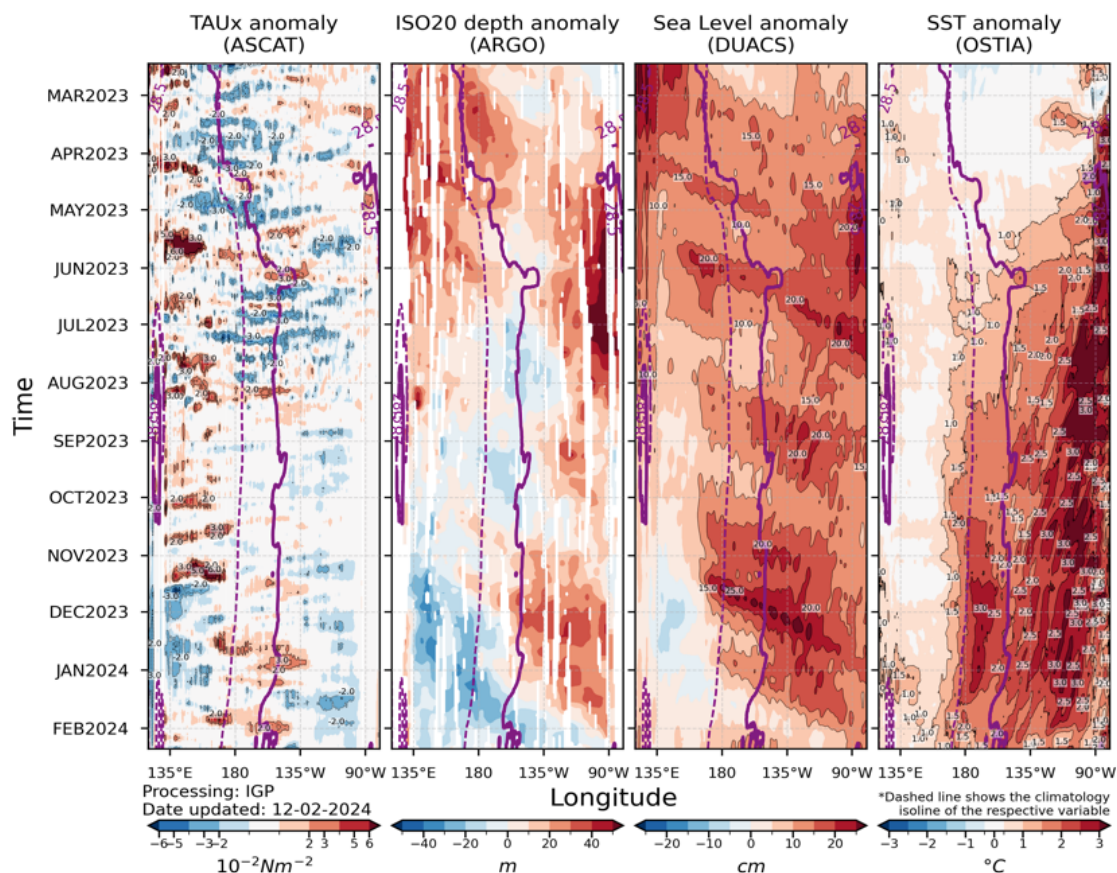


Figura 3. Diagrama longitud-tiempo en la franja ecuatorial de las anomalías, de izquierda a derecha, a) del esfuerzo de viento zonal (ASCAT), b) de la profundidad de la termoclina (ARGO), c) del nivel del mar (DUACS) y d) de la temperatura del mar (OSTIA). La línea morada continua (entrecortada) indica 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”

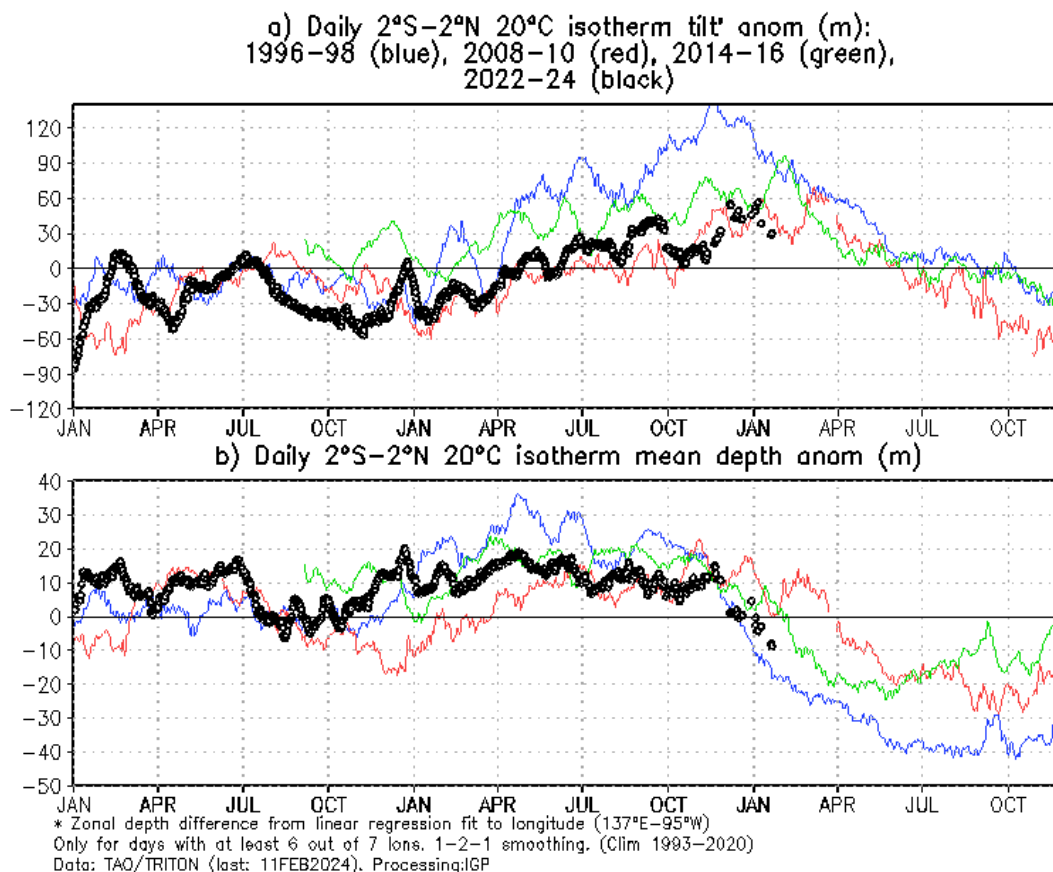


Figura 4. a) Inclinación de la termoclina y **b)** contenido de calor en el Pacífico ecuatorial (2°N y 2°S). La data usada para este cálculo proviene de las boyas TAO. Elaborado por el IGP.

“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”

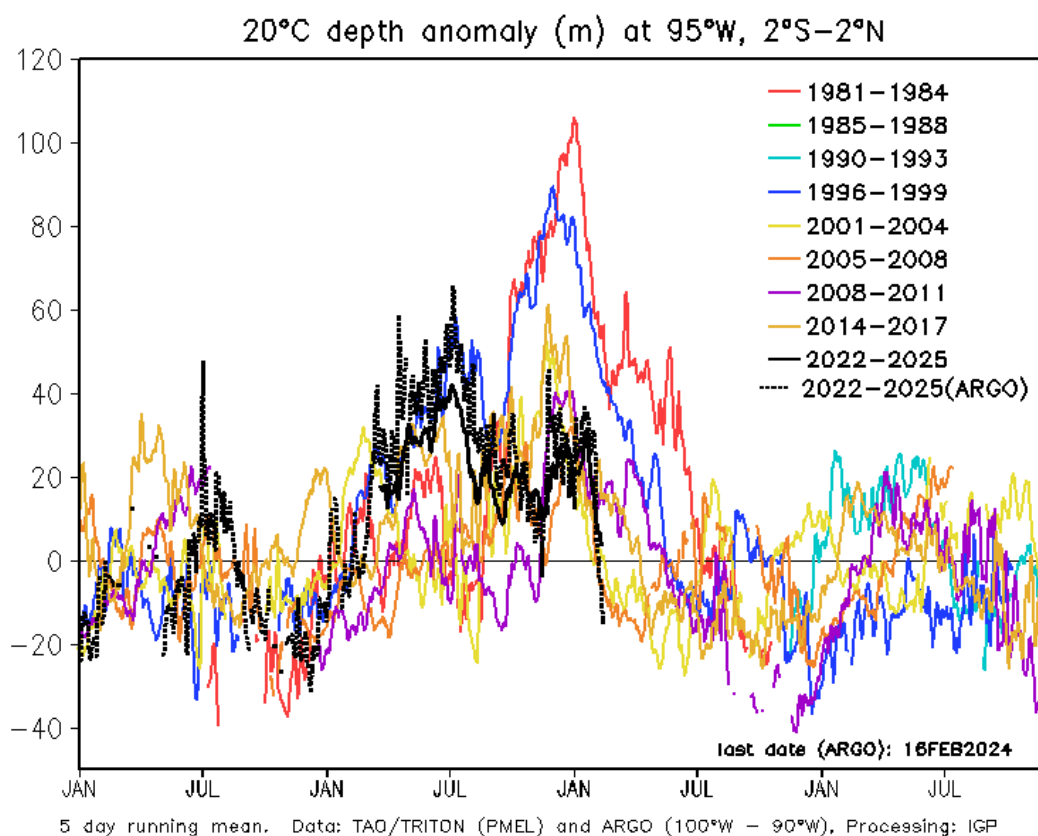


Figura 5. Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C (m) en 95°W y promediada entre 2°S y 2°N. La data usada para este cálculo proviene de las boyas TAO (línea continua) y de los flotadores ARGO (línea punteada). Elaborado por el IGP.

“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”

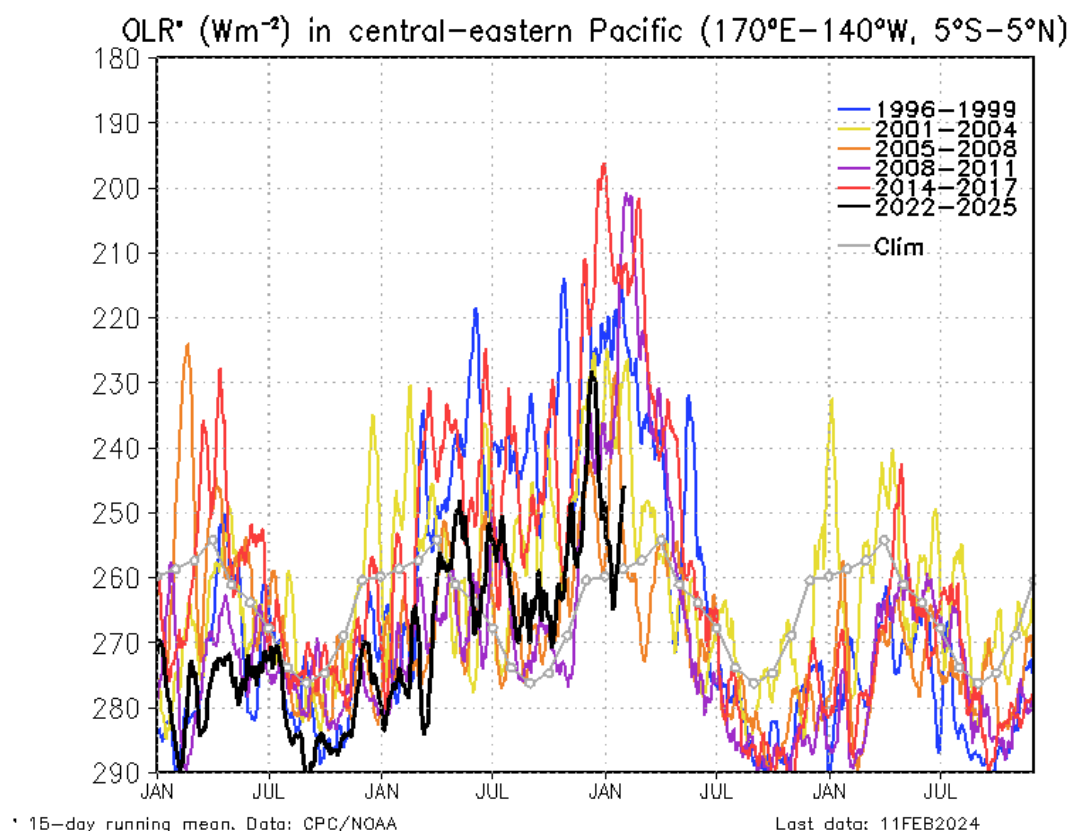


Figura 6. Actividad convectiva en el Pacífico central oriental (170°E – 140°W y 5°S – 5°N) en base a la información de OLR. Elaborado por el IGP.

“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”

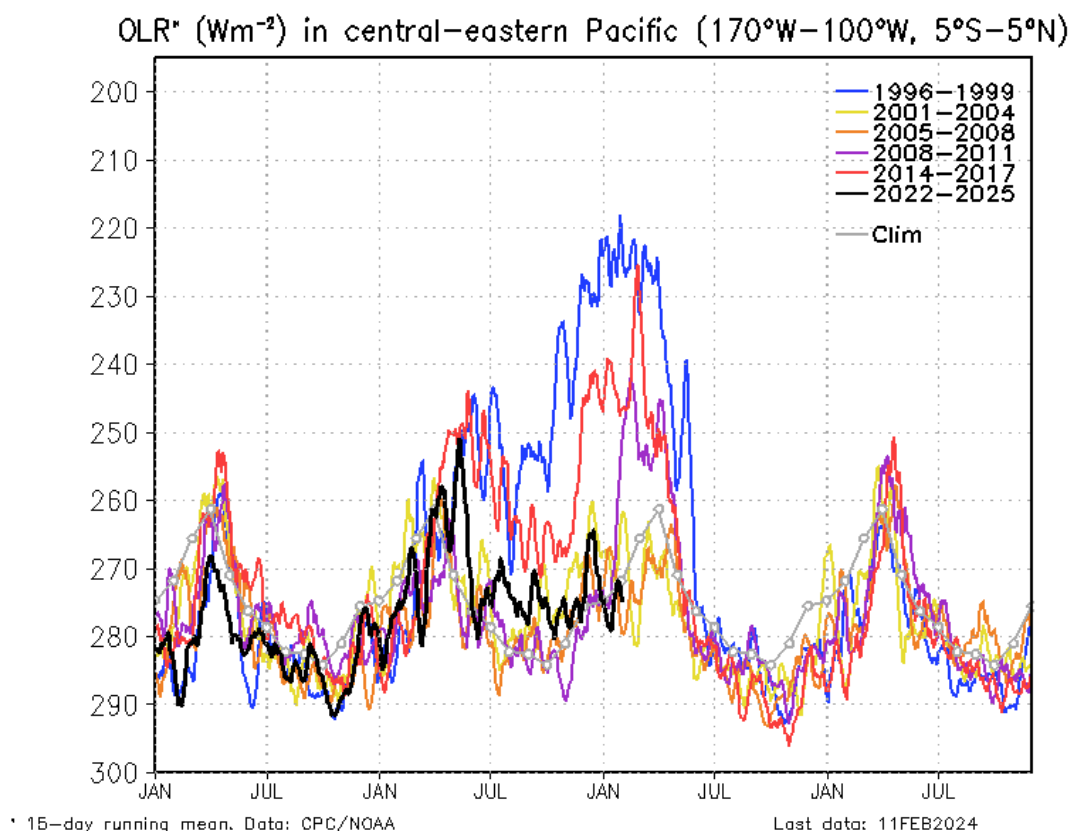


Figura 7. Actividad convectiva en el Pacífico central oriental (170°W – 100°W y 5°S – 5°N) en base a la información de OLR. Elaborado por el IGP.

“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”

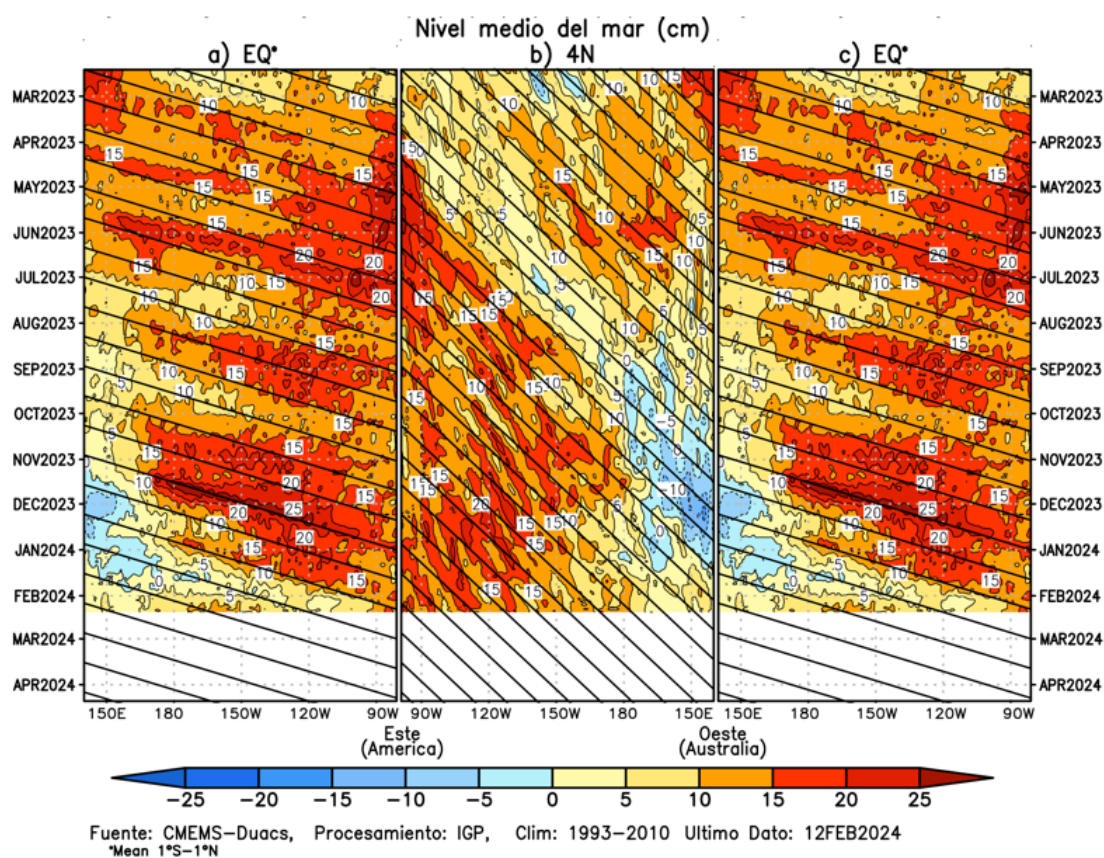


Figura 8. Diagramas longitud-tiempo de la anomalía del nivel medio del mar en el Pacífico ecuatorial usando el producto DUACS. Los paneles (a) y (c) son los mismos y representan la información a lo largo de la línea ecuatorial; mientras que (b), a lo largo de 4°N, pero con el eje zonal de este a oeste. 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”

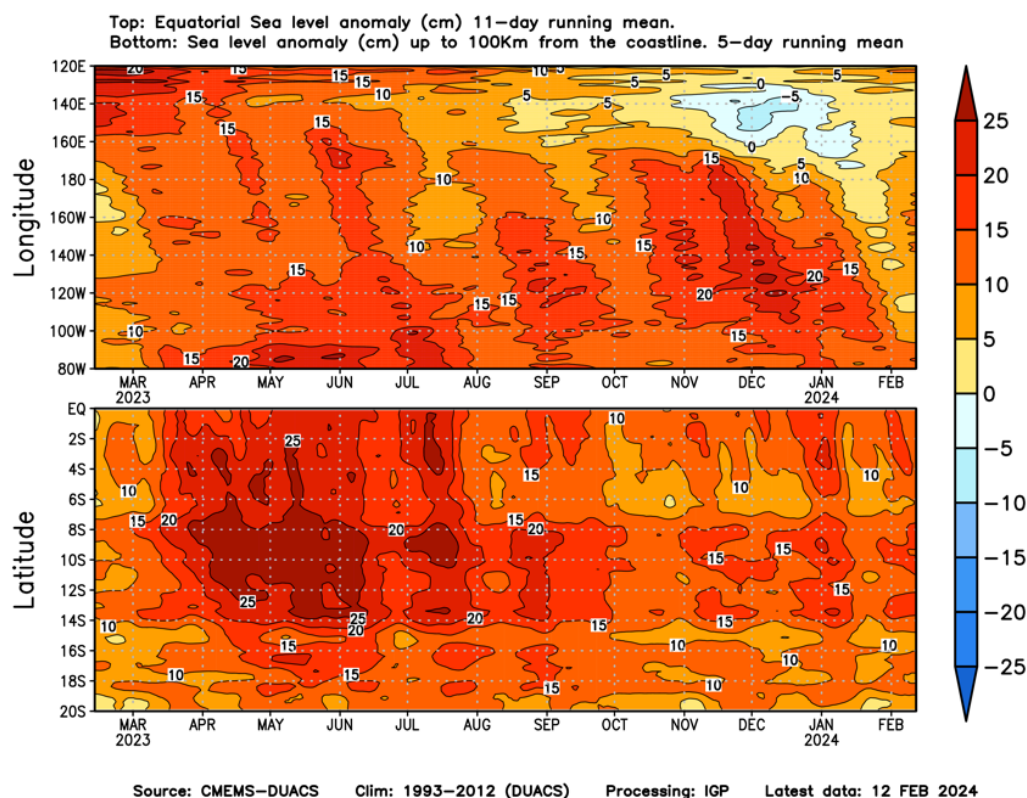


Figura 9. Anomalia del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Las unidades están en centímetros. Elaborado por el IGP.

“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”

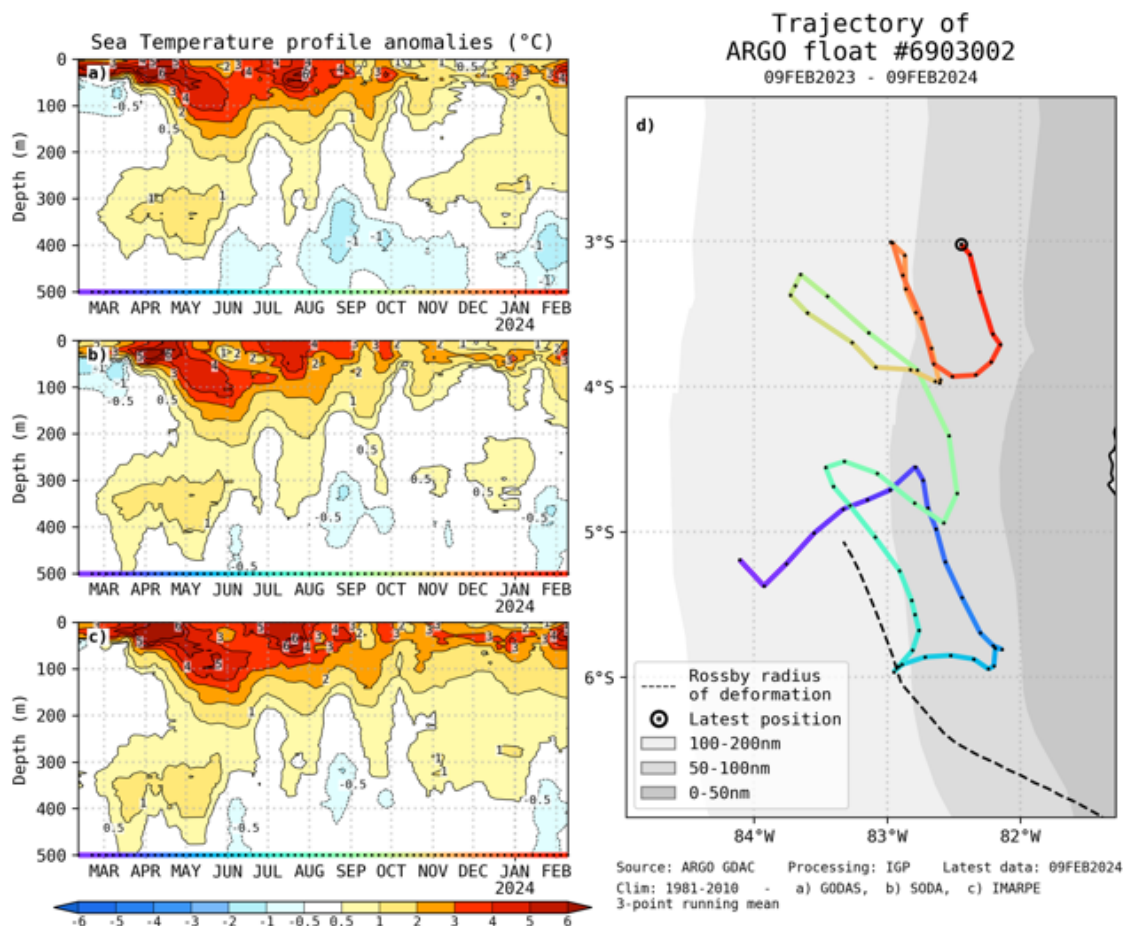


Figura 10. A la izquierda se aprecia la anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad, calculada de los datos del flotador ARGO No. 6903002. Esta anomalía se calcula en base a la climatología (1981-2010) de: (a) GODAS, (b) SODA e (c) IMARPE. A la derecha se aprecia la trayectoria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

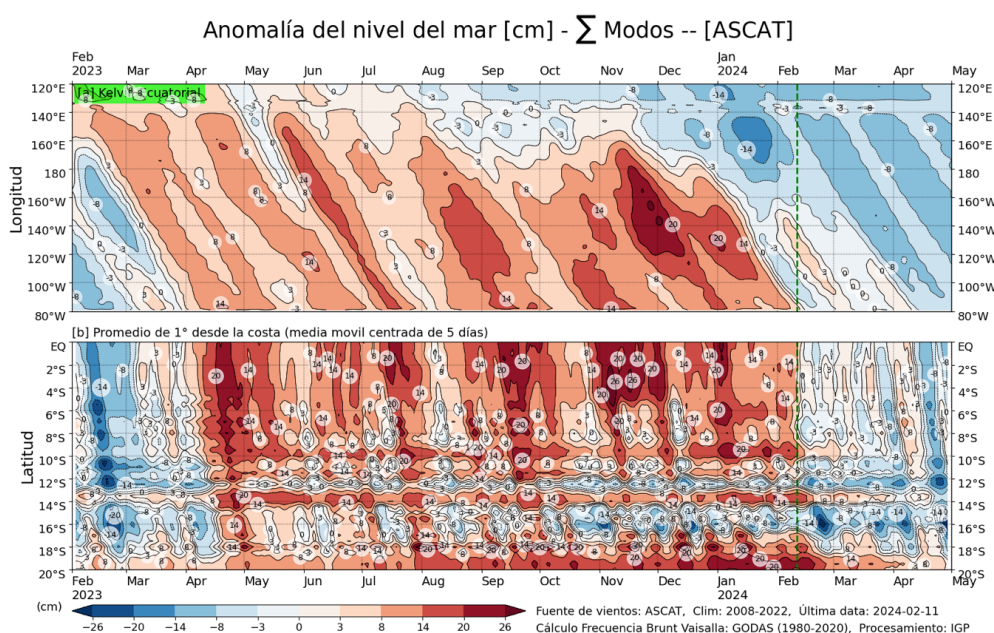


Figura 11. Simulación numérica de la anomalía del nivel del mar (cm) a lo largo de la franja ecuatorial del océano Pacífico (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Esta simulación se realizó con el modelo oceánico multimodal forzado con los vientos de ASCAT. La línea verde 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”

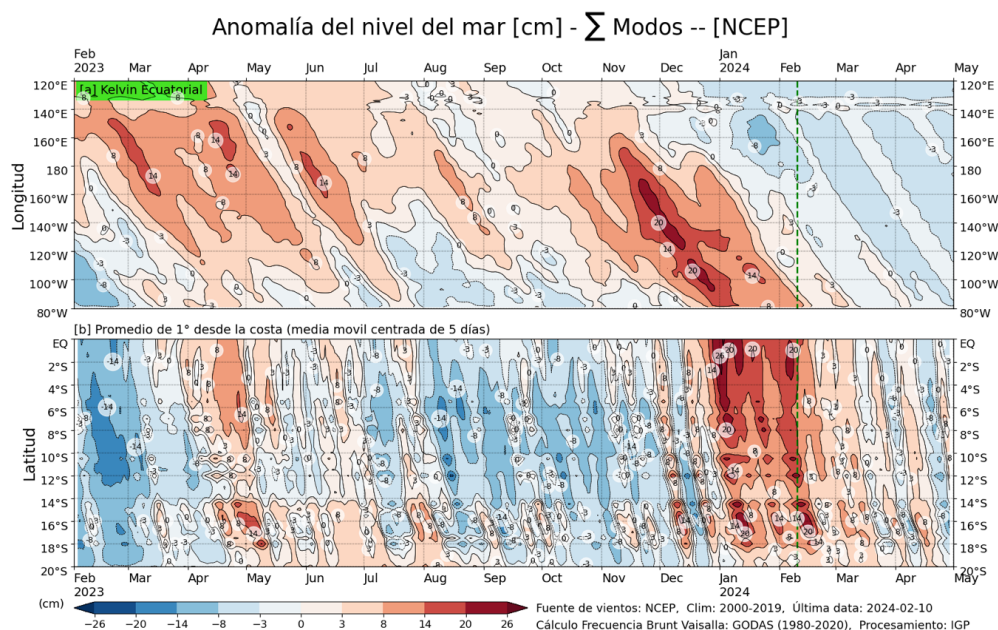


Figura 12. Igual que la Figura 11 pero usando esfuerzo de viento calculado de vientos a 10 metros de la superficie del *reanalysis* de NCEP. Elaborado por el IGP.

“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”

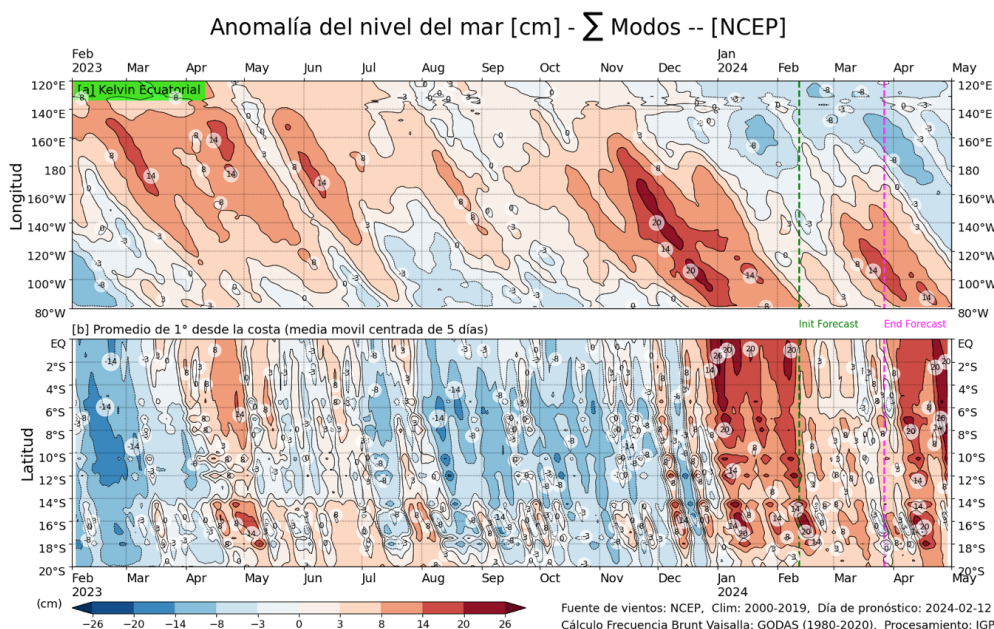


Figura 13. Igual que la Figura 13 pero para el pronóstico de los siguientes cuarenta días (periodo entre la línea entrecortada verde y la línea entrecortada rosada), se usaron los pronósticos de los vientos del modelo CFSv2. Luego de los 40 días (línea de color rosada) se usaron esfuerzo de viento igual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

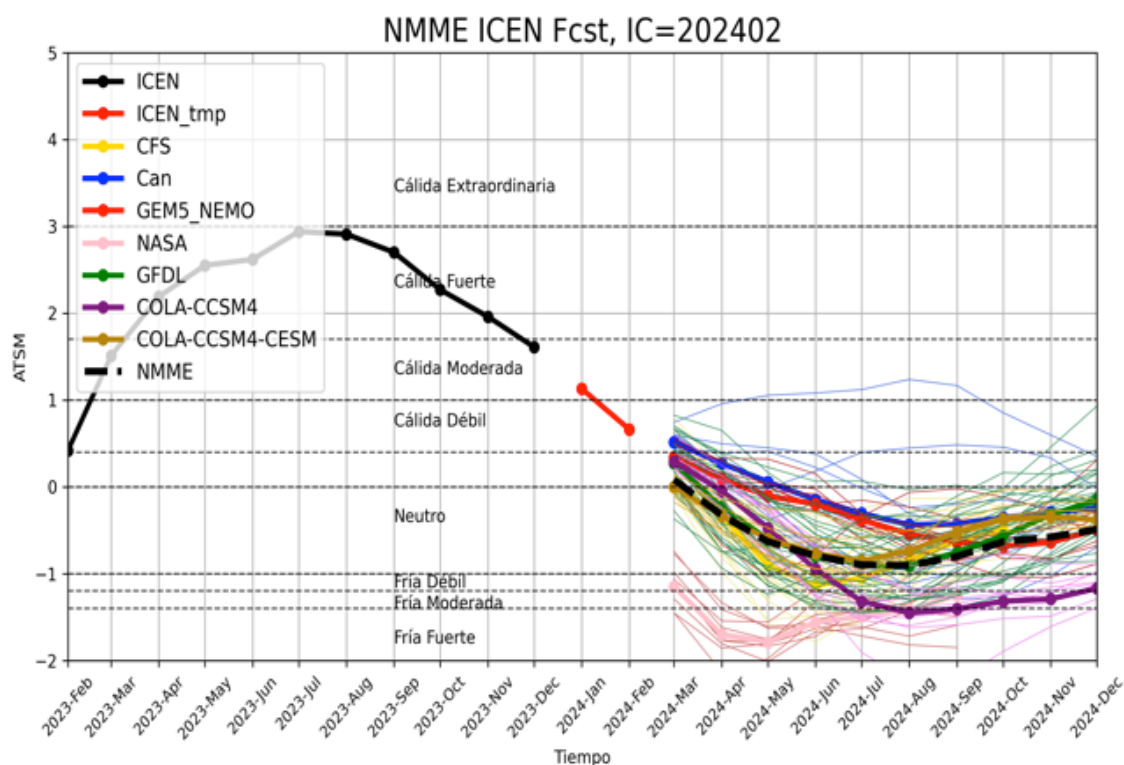


Figura 14. Índice Costero El Niño (ICEN, línea negra con círculos llenos, fuente ERSSTv5) y sus valores temporales (ICENv5tmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CanCM4i, GEM5_NEMO, NASA, GFDL_SPEAR y NCAR_CCSM4, COLA-RSMAS-CCSM4, COLA-RSMAS-CCSM1 tienen como condición inicial de febrero 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 Febrero 2024

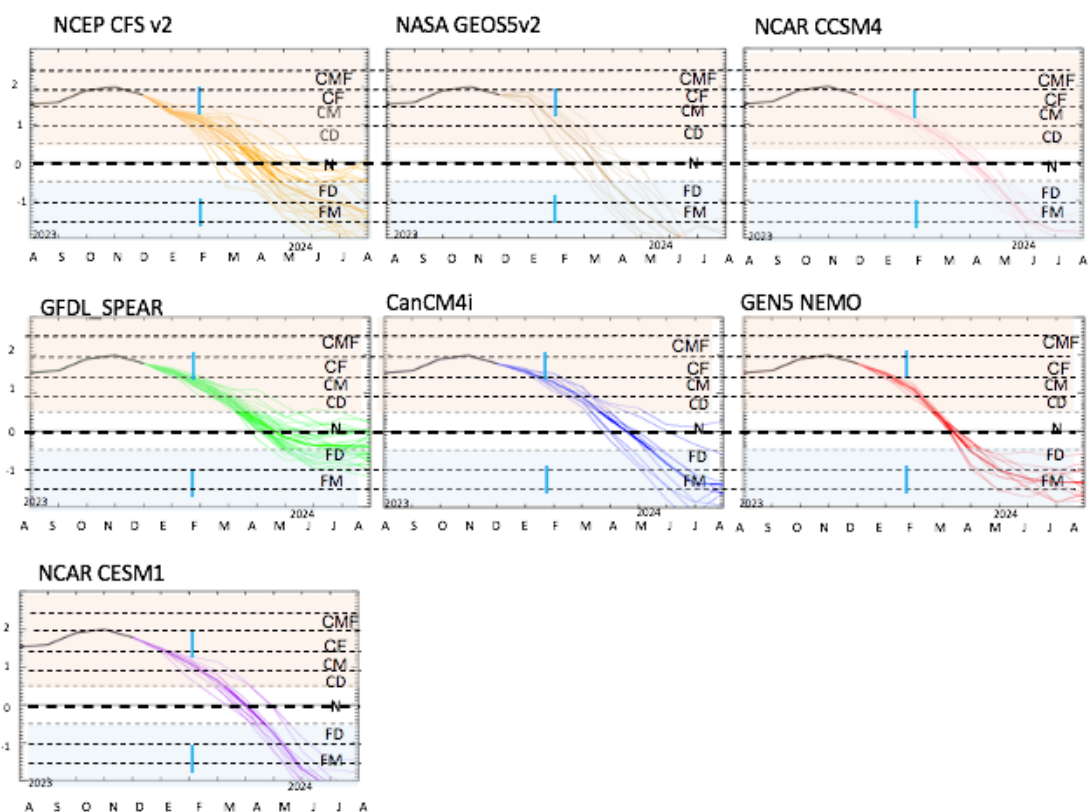


Figura 15. Índice Niño 3.4 mensual observado (líneas de color plomo) y pronosticado por los modelos de NMME (líneas de distintos colores). Fuente: NMME.

“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”

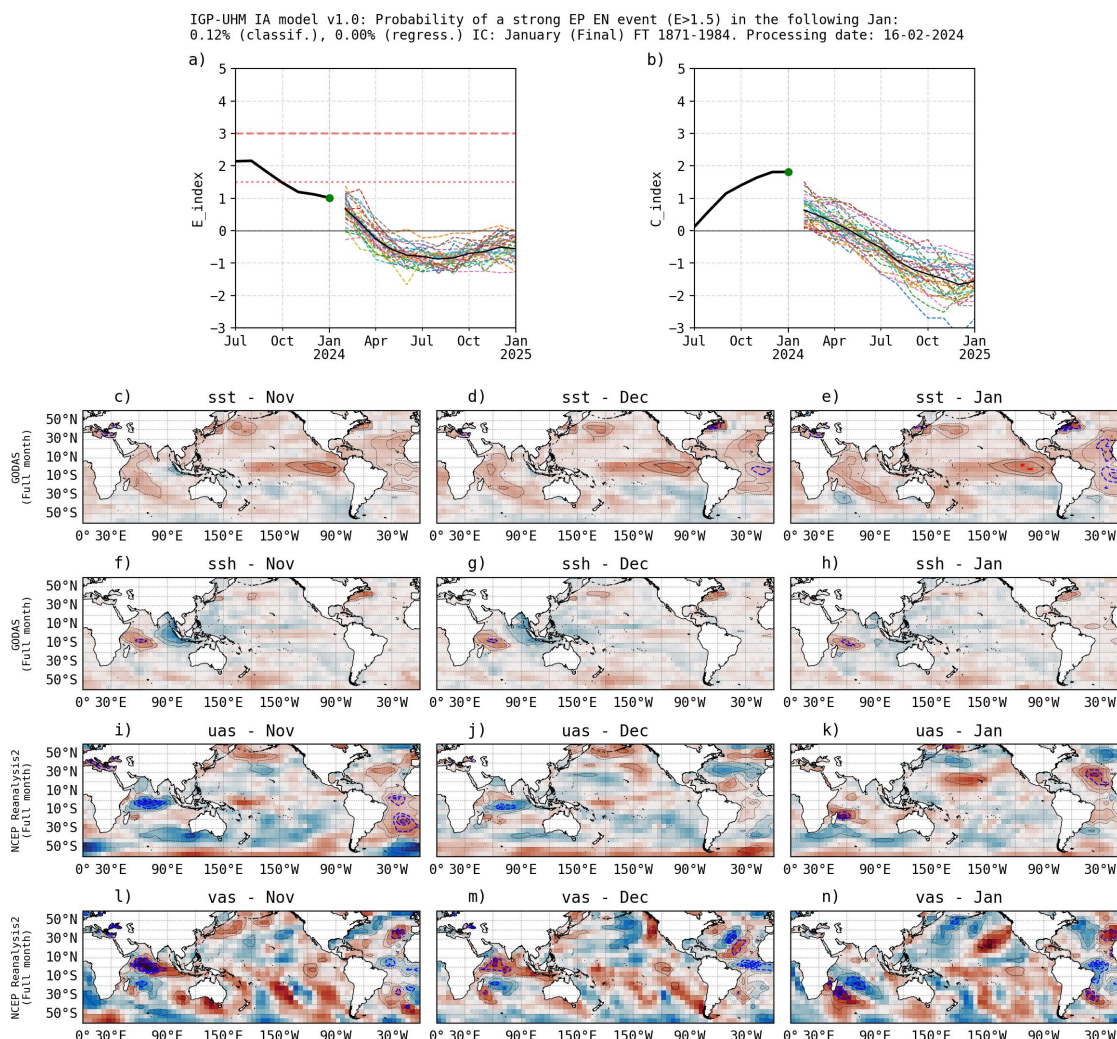


Figura 16. Pronóstico del índice E (Takahashi et al., 2011) a doce meses basado en un modelo de inteligencia artificial (Rivera Tello et al., 2023) para el pronóstico de El Niño extremo. (a) Muestra la evolución del índice E, representado con una línea gruesa de color negro, desde julio de 2023 a enero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

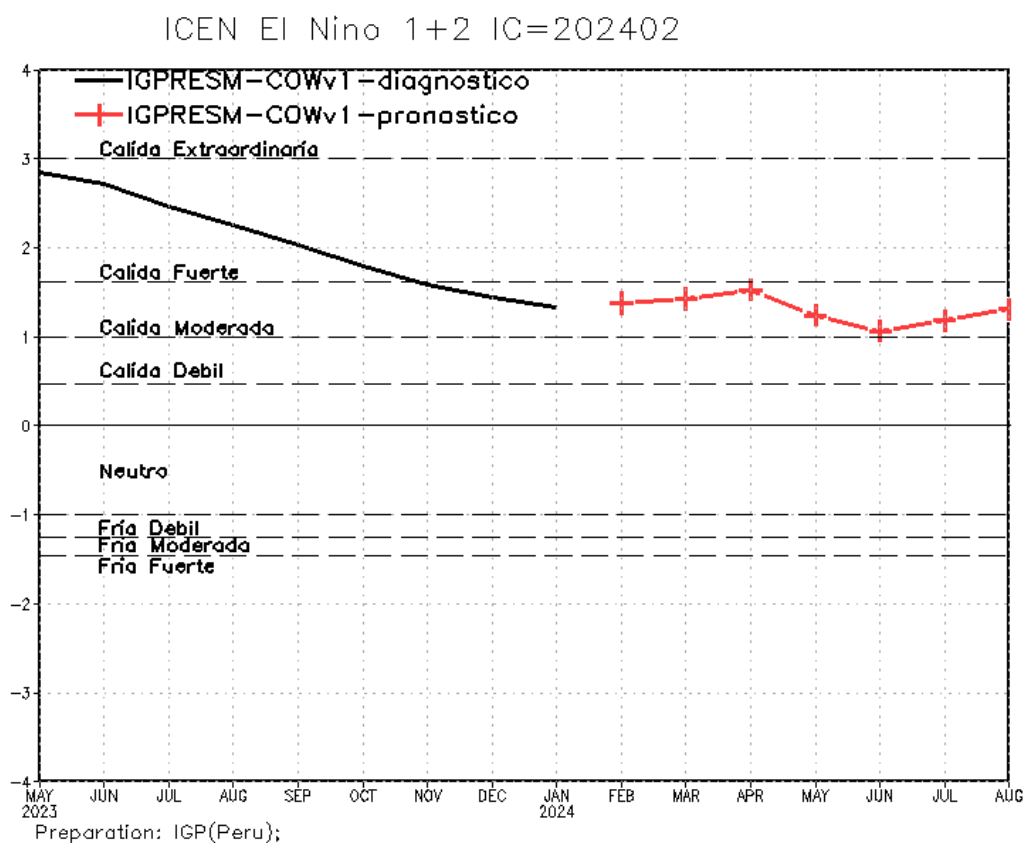


Figura 17. Modelo Regional Earth System Model CROCO-OASIS-WRF v.1' (IGP RESM-COW v.1) , para el pronóstico de El Niño Costero 2023-2024