



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/2024-02

15/03/2024

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 enero, según el valor del Índice Costero El Niño (ICEN), se presentó la condición climática cálida moderada (1.29 °C). Los valores del ICEN temporal (ICEN-tmp) de febrero (0.99 °C) y marzo (0.47 °C) corresponden a condiciones cálidas débiles. Por otro lado, en el Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de enero (1.80 °C) indica la condición cálida fuerte. Los valores temporales (ONI-tmp) de febrero (1.50 °C) y marzo (1.08 °C) corresponden a condiciones cálida fuerte y cálida moderada, respectivamente.

Según la información observada a la fechas, así como los pronósticos de los modelos de ondas, se espera que las ondas de Kelvin frías continúen presentes en la costa americana, por lo pronto, hasta mayo. Según la información de altimetría satelital, se sigue observando la presencia 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, esta onda ha mostrado una disminución en su magnitud.

El promedio de las predicciones de los siete modelos climáticos de NMME —inicializados con la información de marzo de 2024— para el Pacífico oriental indican condiciones neutras entre los meses de abril y junio, en el periodo julio-setiembre las condiciones frías débiles, finalmente condiciones neutras entre octubre y enero 2025. Por otro lado, para el Pacífico central, se esperaría la condición cálidas débil para abril, en mayo la condición sería neutra y, finalmente, de junio de 2024 a enero de 2025 las condiciones irían de frías débiles a frías fuertes.





“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 enero de 2024, 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	Octubre	2.27	Cálida Fuerte
2023	Noviembre	1.96	Cálida Fuerte
2023	Diciembre	1.61	Cálida Moderada
2024	Enero	1.29	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 febrero y marzo de 2024 indican condiciones cálidas débiles. (Tabla 2).

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

Año	Mes	ICENtmp	Categoría
2024	Febrero	0.99	Cálida Débil
2024	Marzo	0.47	Cálida Débil

Índice Oceánico Niño (ONI)

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), el valor del ONI (*Ocean Niño Index* en inglés) de enero de 2024 es 1.80 °C, el que corresponde a una condición cálida fuerte¹.

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”

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	Octubre	1.78	Cálida Fuerte
2023	Noviembre	1.94	Cálida Fuerte
2023	Diciembre	1.97	Cálida Fuerte
2014	Enero	1.80	Cálida Fuerte

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

Tabla 4. Estimados preliminares del ONI (ONItmp)

Índice Oceánico Niño temporales			
Año	Mes	ONItmp (°C)	Categoría
2024	Febrero	1.50	Cálida Fuerte
2024	Marzo	1.08	Cálida Moderada

Diagnóstico del Pacífico ecuatorial

En febrero, 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 a disminuir. Por otra parte, en la región Niño 1+2, la ATSM en promedio estuvo en una condición cálida débil, pero con una tendencia a disminuir (Figura 1). Según la información de las boyas TAO, en promedio, los vientos alisios, promediados entre 2°S-2°N, estuvieron alrededor de su rango normal, incluso más intensos de lo normal en la zona oriental y occidental (Figura 2a). La ATSM mantiene la tendencia a disminuir. El extremo oriental de la piscina caliente continúa al este de su posición climatológica (Figura 2b). La profundidad de la termocina continúa mostrando una disminución más allá de sus valores normales en casi todo el Pacífico ecuatorial (Figura 2c). Según la información del esfuerzo de viento (Figura 3a), a finales de enero e inicios de febrero se observó un pulso de viento del oeste entre 170° y 150°W. Luego de esa fecha, solo se han observado pulsos de viento del este.

De acuerdo la información de TAO, durante febrero y lo que va de marzo, la inclinación de la termoclina se encuentra cerca de su posición normal (Figura 4a). Por otro lado, el contenido de calor muestra un descenso (Figura 4b). En el extremo oriental (boya TAO en 95°W), el valor promedio de la profundidad de la termoclina indica anomalías negativas (Figura 5).

Los valores de OLR (Outgoing Longwave Radiation) en febrero y en lo que va de marzo, 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 menores a su climatología (Figura 7), los cuales indican un incremento de las precipitaciones.

Conforme a la información de altimetría satelital a lo largo de la franja ecuatorial (Figura 8), se sigue observando la presencia de la onda de Kelvin fría en el extremo oriental del Pacífico; asimismo, se aprecia una señal fría en la zona occidental (Figura 8a). La señal de 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

“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”

febrero en la zona occidental y central, mostró una disminución en su magnitud (Figura 8a). No se observan señales de ondas de Rossby (Figura 8b), cálidas o frías, en la zona occidental que puedan reflejarse como ondas de Kelvin relevantes (Figura 8a). En la zona oriental, se observa la señal de ondas de Rossby cálidas que serían resultado de la reflexión de ondas de Kelvin cálidas en el borde oriental (Figura 8). La señal del paquete de ondas de Kelvin frías en la profundidad de la termoclina se mantiene presente en el océano Pacífico central y oriental. Se sigue observando la señal de una onda de Kelvin cálida en la zona occidental-central, aunque con una magnitud débil.

Ondas de Kelvin a lo largo de la costa peruana

La información diaria del nivel del mar del producto DUACS (Figura 9b) continúa indicando, en promedio, incrementos del nivel del mar; sin embargo, muestra disminución a partir de la tercera semana del mes, debido a la presencia de la onda de Kelvin fría. La información cada 5 días del flotador Argo No. 6903002, localizado entre las 105 mn y en 3.1 °S, mostró en febrero e inicios de marzo una anomalía positiva en parte de la columna de agua, siendo mayor en promedio (250m) hasta la tercera semana del mes, desde la última semana del mes se observa una disminución, alcanzando en promedio 80m de profundidad (Figura 10).

Pronóstico de ondas de Kelvin

Analizando las proyecciones basados en la información de altimetría satelital (Figura 3c y 8), la onda de Kelvin cálida observada en el Pacífico central arribaría, de mantener su energía, a partir de la quincena de marzo. 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), según lo observado a la fecha, se espera que el paquete de ondas de Kelvin frías continúe su presencia en la zona oriental, por lo pronto, hasta abril. Luego de esta onda fría, se esperaría el arribo de una onda de Kelvin cálida, aunque, por ahora, es muy débil. Los pulsos de viento del este que se han desarrollado en el Pacífico oriental y occidental (Figura 3a) contribuirían al desarrollo de nuevas ondas de Kelvin frías, las cuales se sumarán al paquete ya existente y podrían extender la presencia de ondas de Kelvin frías hasta mayo en la costa americana.

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 la presencia de ondas de Kelvin cálidas y frías débiles hasta inicios de abril, luego solo serían ondas frías. Según la simulación con vientos pronosticados hasta 40 días de CFSv2 (Figura 13), se tendrían ondas de Kelvin cálidas y frías débiles, por lo pronto, hasta marzo y luego, entre abril y mayo, se esperan ondas de Kelvin frías. Hay que tener en cuenta que estos modelos no contienen el proceso de dispersión modal que 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 marzo de 2024, indican en promedio, condiciones neutras entre abril y junio, condiciones frías débiles entre agosto y octubre, y condiciones neutras entre noviembre y enero de 2025 (ver Tabla 5 y Figura 14).

² Desde febrero de 2021, el modelo GFDL_SPEARS (<https://www.gfdl.noaa.gov/spear/>) reemplazará a los modelos GFDL_CM2.3 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”

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

Modelo	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF
CFS2	-0.36	-1.03	-1.32	-1.29	-1.11	-0.81	-0.63	-0.65	-----	-----
CanCM4i	-0.01	-0.42	-0.69	-0.84	-0.89	-0.87	-0.77	-0.69	-0.58	-0.49
GEM5_NEMO	0.39	0.02	-0.17	-0.30	-0.41	-0.54	-0.59	-0.63	-0.56	-0.43
NASA	-1.14	-1.85	-1.92	-1.78	-1.54	-1.37	-1.33	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	0.23	-0.42	-0.89	-1.11	-1.16	-0.99	-0.80	-0.56	-0.36	-0.09
COLA_CCSM4	-0.22	-0.60	-0.97	-1.42	-1.71	-1.75	-1.68	-1.64	-1.54	-1.26
COLA_CESM1	-0.20	-0.61	-0.79	-0.90	-0.90	-0.73	-0.58	-0.54	-0.56	-0.52
Promedio										
NMME	-0.19	-0.70	-0.96	-1.09	-1.10	-1.01	-0.91	-0.79	-0.72	-0.56

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), según los pronósticos de los mismos modelos del párrafo anterior, se esperaría la condición cálida débil en abril, para mayo la condición sería neutra y, finalmente, de junio de 2024 a enero de 2025 se esperarían condiciones que irían de frías débiles a frías fuertes (ver Tabla 6 y Figura 15).

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

Modelo	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF
CFS2	0.50	-0.02	-0.60	-1.00	-1.28	-1.50	-1.69	-1.74	-----	-----
CanCM4i	0.52	-0.01	-0.59	-1.11	-1.50	-1.75	-1.86	-1.96	-1.91	-1.76
GEM5_NEMO	0.32	-0.38	-0.92	-1.17	-1.24	-1.27	-1.36	-1.43	-1.40	-1.30
NASA	0.56	-0.12	-0.79	-1.33	-1.70	-1.98	-2.23	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	0.79	0.34	-0.10	-0.35	-0.46	-0.52	-0.65	-0.81	-0.88	-0.73
COLA-CCSM4	0.46	-0.17	-0.86	-1.49	-1.93	-2.21	-2.42	-2.54	-2.51	-2.23
COLA_CESM1	0.57	0.04	-0.63	-1.29	-1.79	-2.00	-2.06	-2.02	-1.90	-1.70
Promedio										
NMME	0.53	-0.05	-0.64	-1.11	-1.41	-1.60	-1.75	-1.75	-1.72	-1.54

El modelo de Inteligencia Artificial del IGP para el pronóstico del índice E, relacionado a El Niño en la región oriental del Pacífico (Niño E), con condiciones iniciales de febrero, indica que, en promedio, el índice E mantiene la tendencia a disminuir, siendo mayo el mes en el cual ya no es posible la presencia de un Niño E. Por otro lado, el pronóstico muestra que no existe la 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 y ya no estaría presente en setiembre (Figura 16).

El modelo IGP RESM-COW v1, con condiciones iniciales de marzo, pronostica que El Niño costero 2023-2024 se extendería hasta mayo. Luego, junio y julio tendrían condiciones neutras, agosto sería un mes de transición hacia condiciones cálidas débiles, las que se observarían en agosto y setiembre, por lo pronto. Hay que tener en cuenta que los pronósticos 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).



“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”

Conclusiones

Conforme a los datos observados de la ATSM en febrero y lo que va de marzo 2024, continúa la presencia tanto de El Niño en el Pacífico central como de El Niño costero, aunque ambos muestran una tendencia a disminuir. Las proyecciones del ICEN y ONI para febrero y marzo mantienen la tendencia a disminuir. Otras variables atmosféricas y oceánicas en el Pacífico tropical muestran también tendencias a la normalización.

Se espera que el paquete de ondas de Kelvin frías continúe presente a lo largo de la costa peruana contribuyendo en la disminución de la temperatura del mar, por lo pronto, hasta mayo. Por otro lado, de mantener su energía, se espera el arribo de una onda de Kelvin cálida débil a partir de la quincena de marzo, aunque es posible que la actual configuración de la profundidad de la termoclina genere una mayor dispersión de la energía de la onda.

Los resultados de los modelos climáticos internacionales y del IGP, indican, en promedio, que el evento El Niño en el Pacífico central finalizaría en el mes de abril, además muestran el desarrollo del evento La Niña, desde finales de otoño. Con respecto a la zona oriental, los modelos también indican que la magnitud del evento El Niño costero continuaría disminuyendo y finalizaría en abril. Los modelos de NMM indican que se desarrollaría un evento La Niña costera entre julio, agosto y setiembre; sin embargo, hay que tener en consideración la barrera de predictibilidad que no permite tener pronósticos confiables más allá de abril.

"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
- 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 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.



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”

- **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”

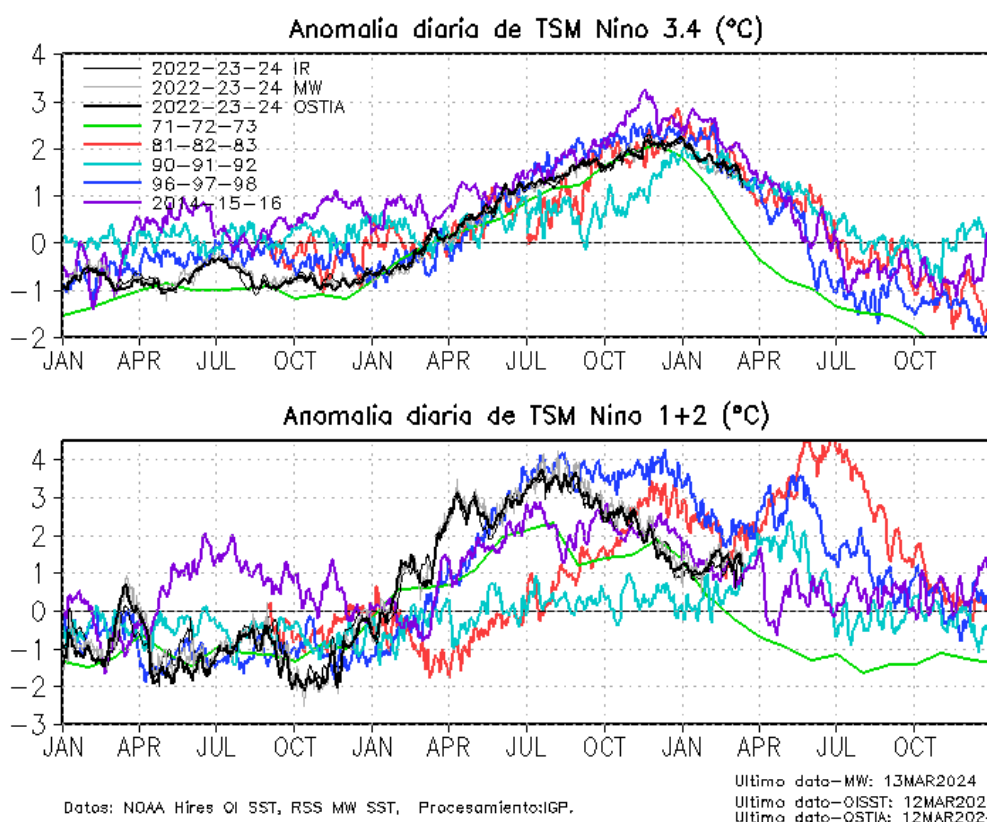


Figura 1. Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del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

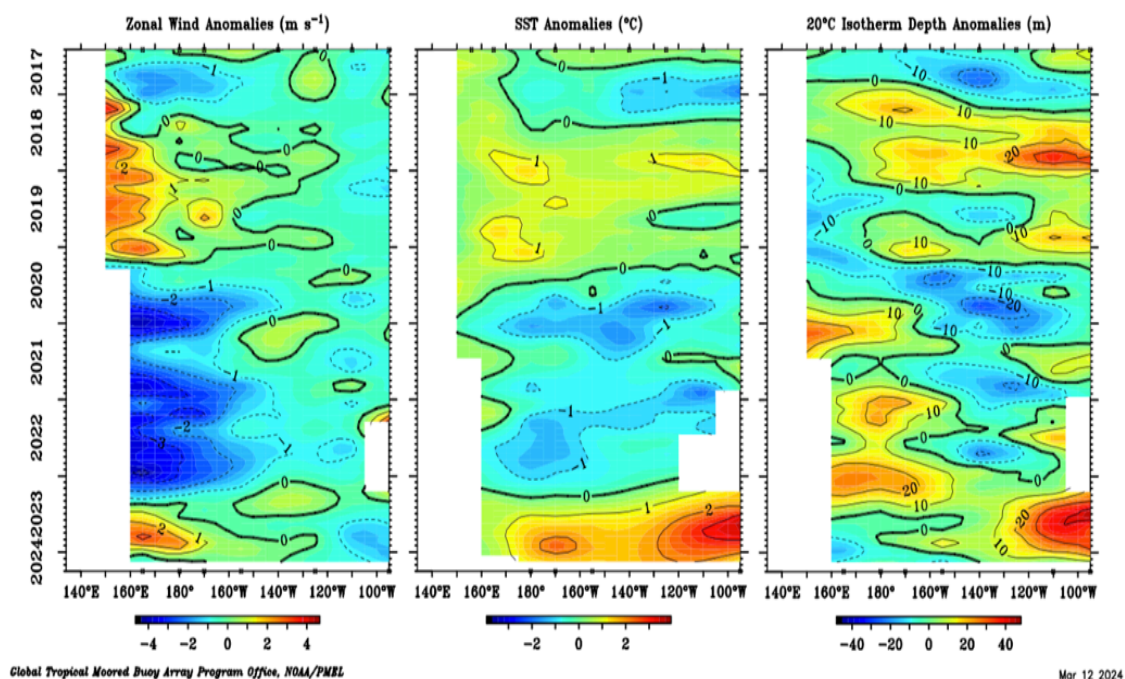


Figura 2. Promedio mensual de la anomalía del viento zonal (panel izquierdo), de la temperatura superficial del mar (panel central) y de la profundidad de la isoterma de 20 °C (panel derecho) y a lo largo de la franja ecuatorial del Pacífico (2°S-2°N). Esta imagen se elaboró de otras que se obtienen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

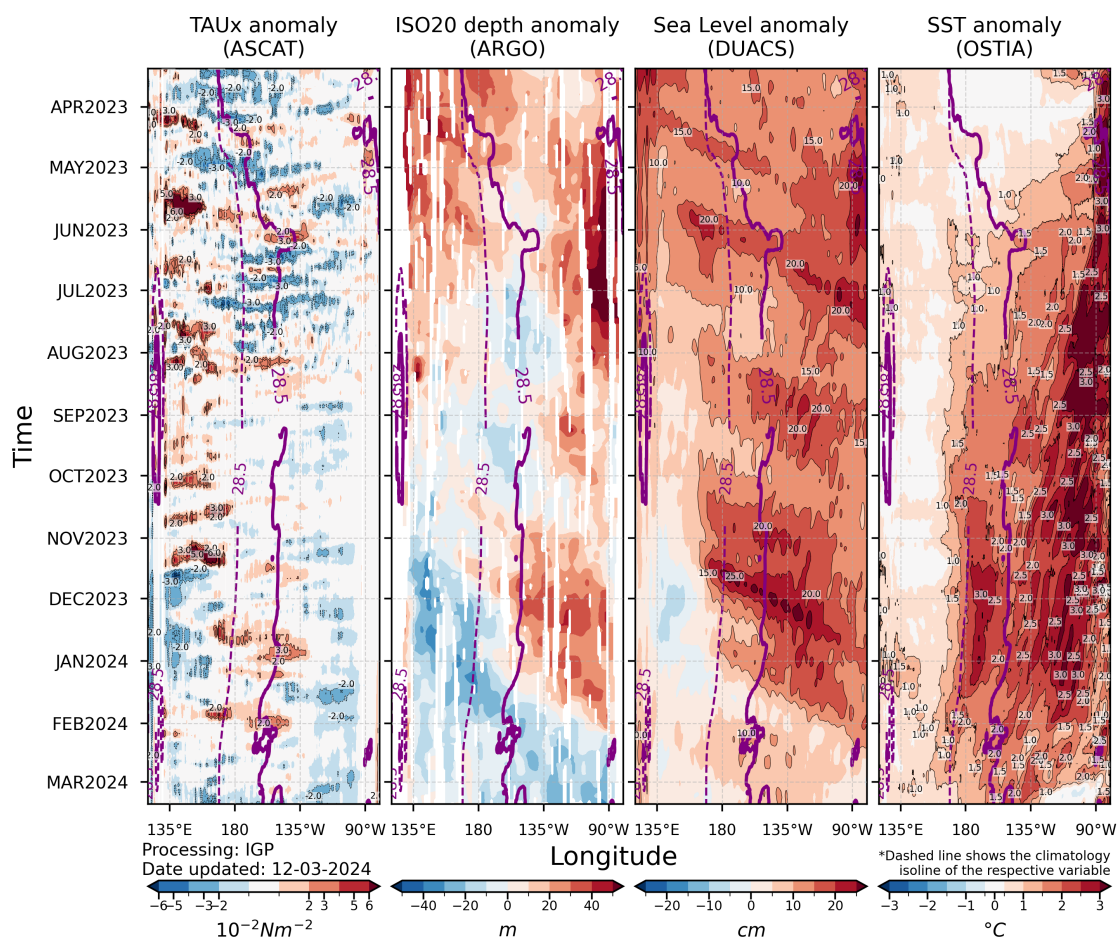


Figura 3. Diagrama longitud-tiempo en la franja ecuatorial de las anomalías, de izquierda a derecha, a) del esfuerzo de viento zonal (ASCAT), b) de la profundidad de la termoclina (ARGO), c) del nivel del mar (DUACS) y d) de la temperatura del mar (OSTIA). La línea morada continua (entrecortada) indica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

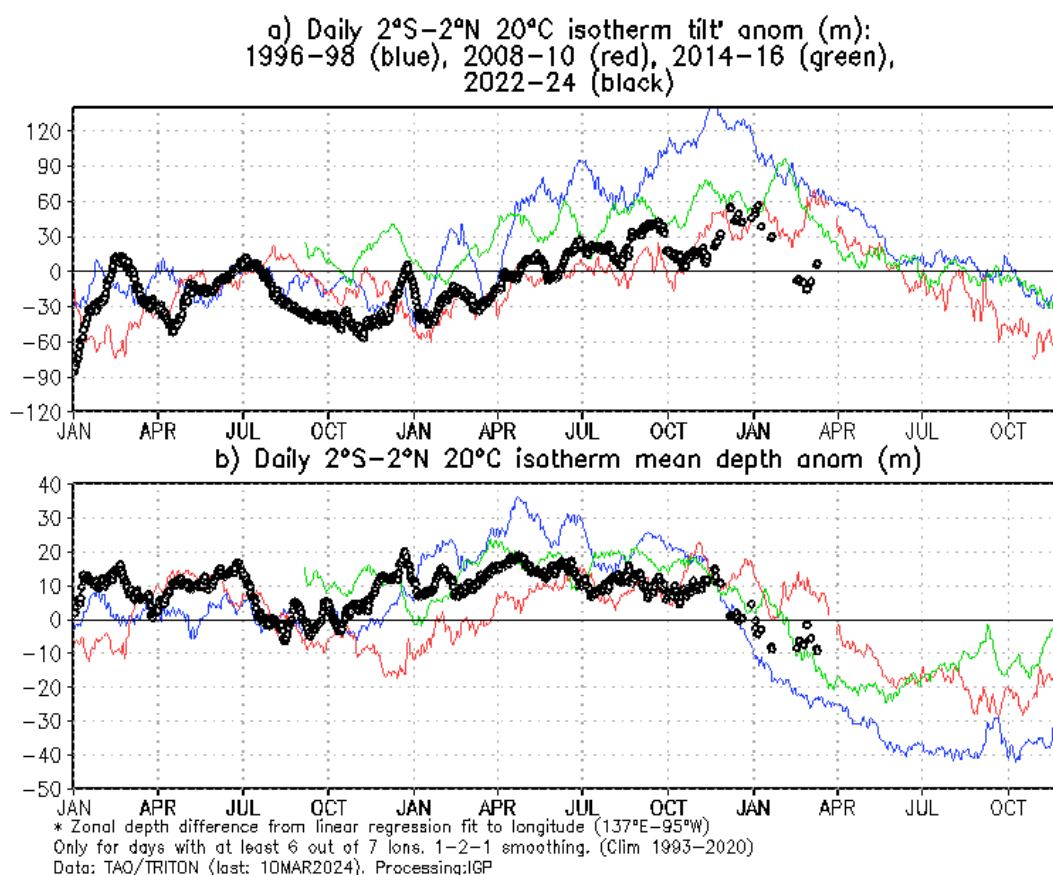


Figura 4. a) Inclínación de la termoclina y **b)** contenido de calor en el Pacífico ecuatorial (2°N y 2°S). La data usada para este cálculo proviene de las boyas TAO. Elaborado por el IGP.

“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”

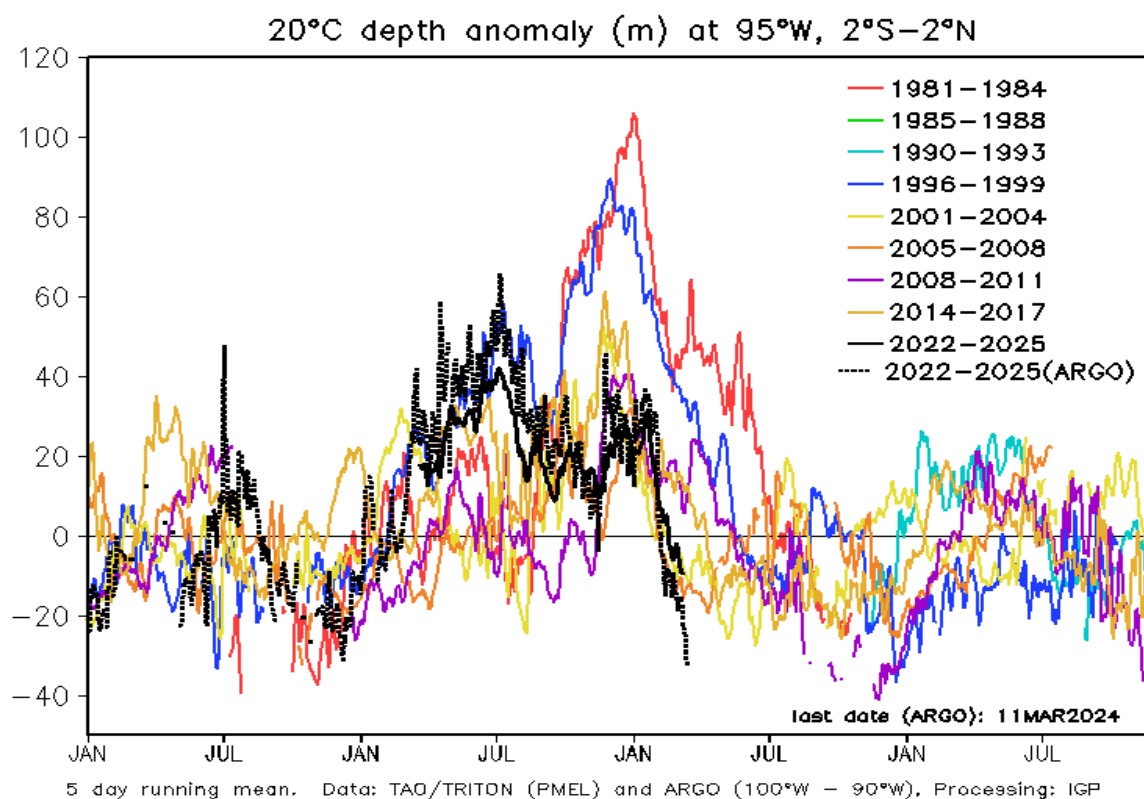


Figura 5. Anomalia de la profundidad de la isoterma de 20 °C (m) en 95°W y promediada entre 2°S y 2°N. La data usada para este cálculo proviene de las boyas TAO y de los flotadores ARGO. Elaborado por el IGP.

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

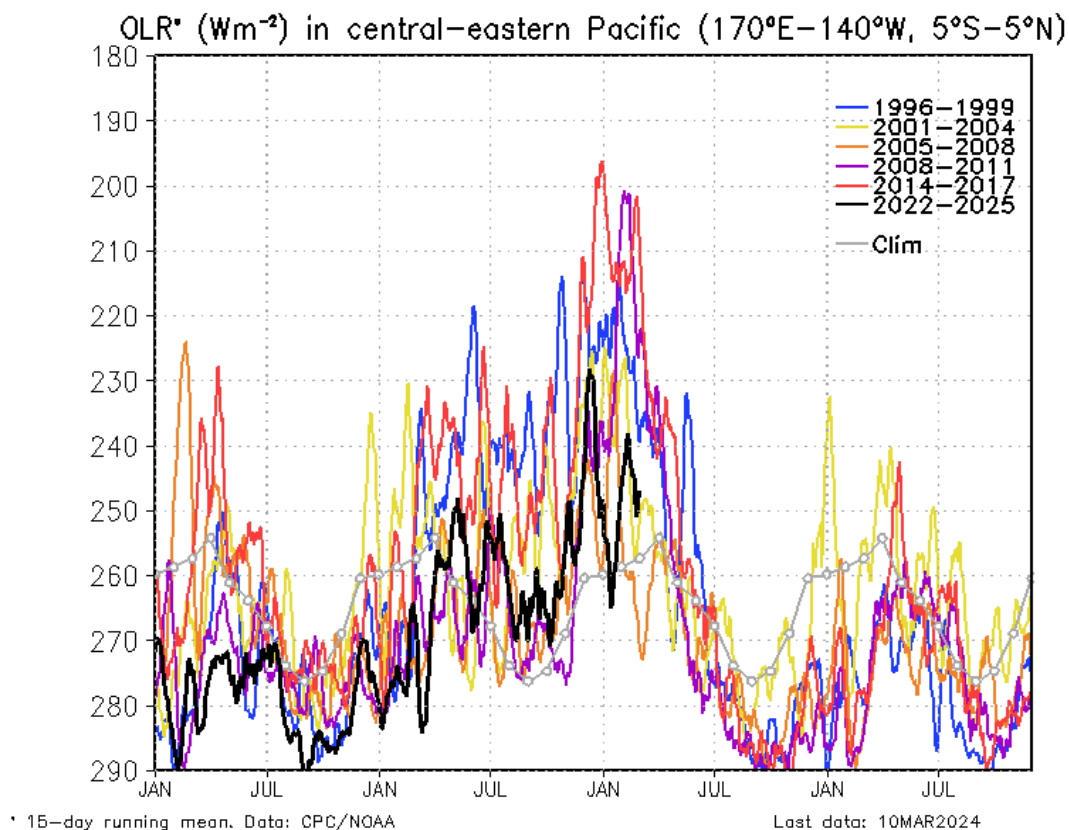


Figura 6. Actividad convectiva en el Pacífico central oriental (170°E – 140°W y 5°S – 5°N) en base a la información de OLR. Elaborado por el IGP.

“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”

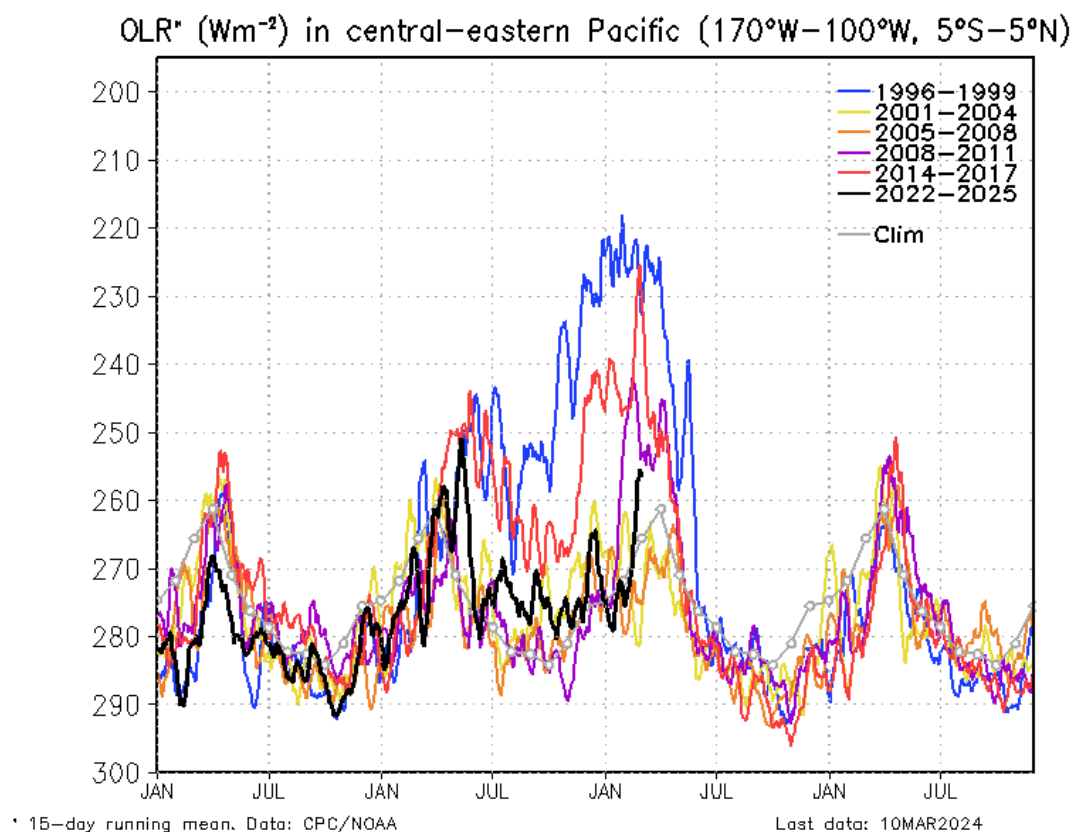


Figura 7. Actividad convectiva en el Pacífico central oriental (170°W – 100°W y 5°S – 5°N) en base a la información de OLR. Elaborado por el IGP.

“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”

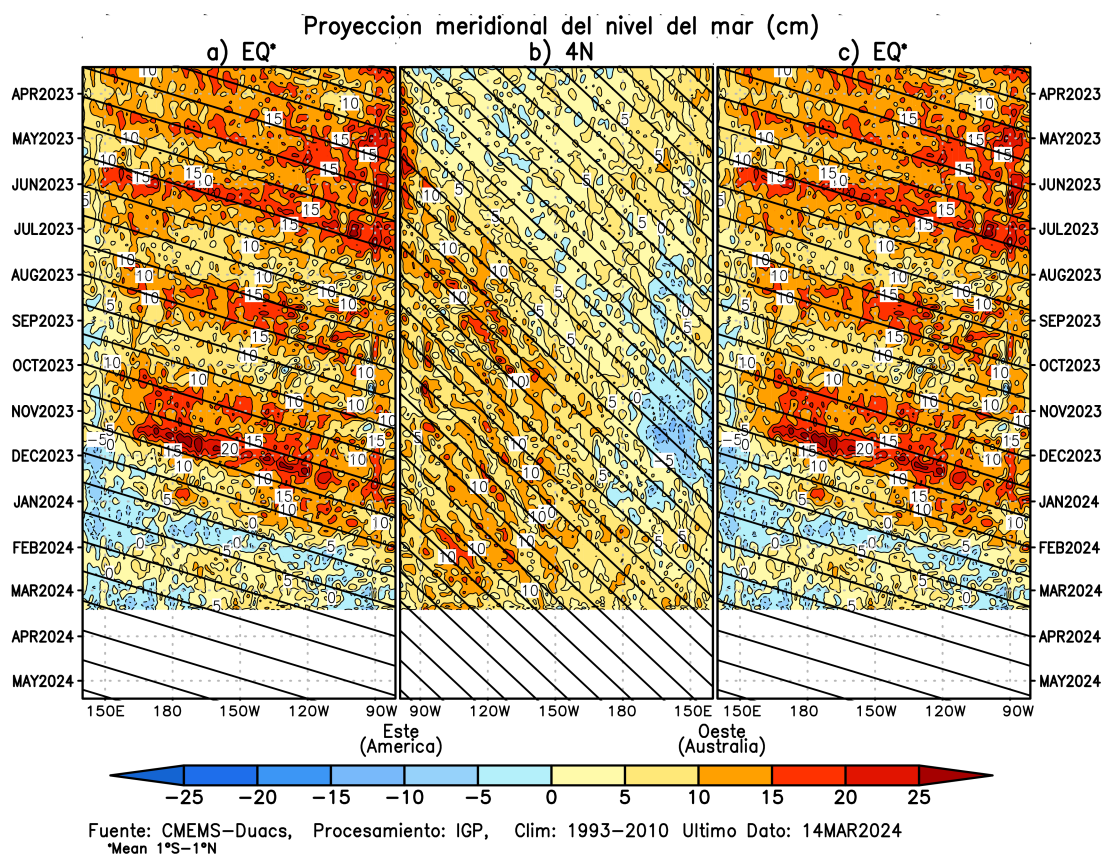


Figura 8. Diagramas longitud-tiempo de la contribución de la onda de Kelvin y Rossby a la anomalía del nivel medio del mar en el Pacífico ecuatorial usando el producto DUACS. Los paneles (a) y (c) son los mismos y representan la información de la onda de Kelvin a lo largo de la línea ecuatorial; mientras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

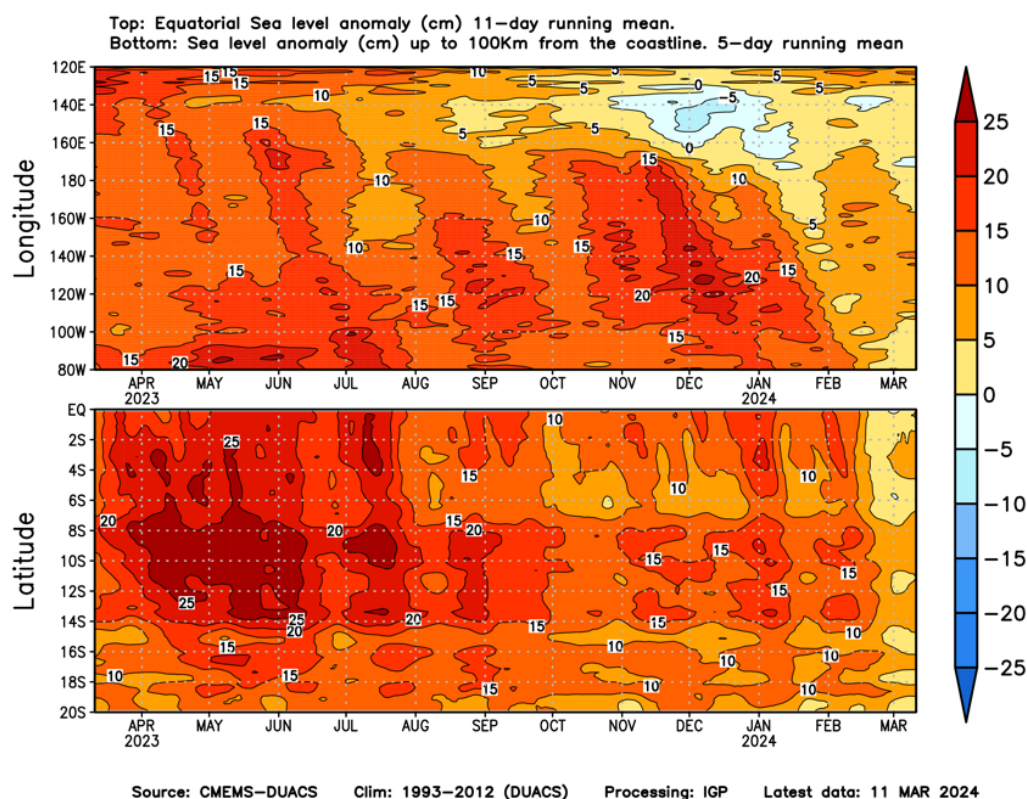


Figura 9. Anomalia del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Las unidades están en centímetros. Elaborado por el IGP.

“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”

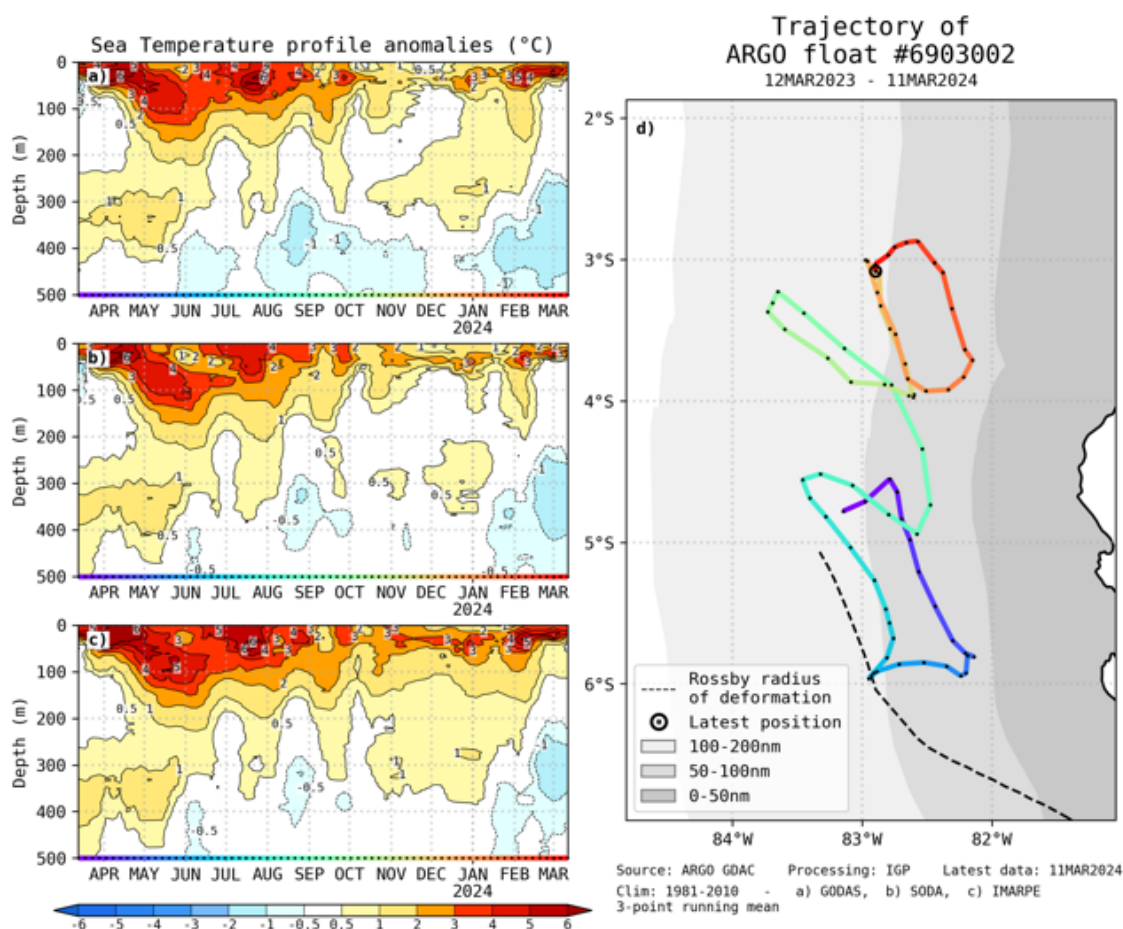


Figura 10. A la izquierda se aprecia la anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad, calculada de los datos del flotador ARGO No. 6903002. Esta anomalía se calcula en base a la climatología (1981-2010) de: (a) GODAS, (b) SODA e (c) IMARPE. A la derecha se aprecia la trayectoria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

Anomalía del nivel del mar [cm] - $\sum$ Modos -- [ASCAT]

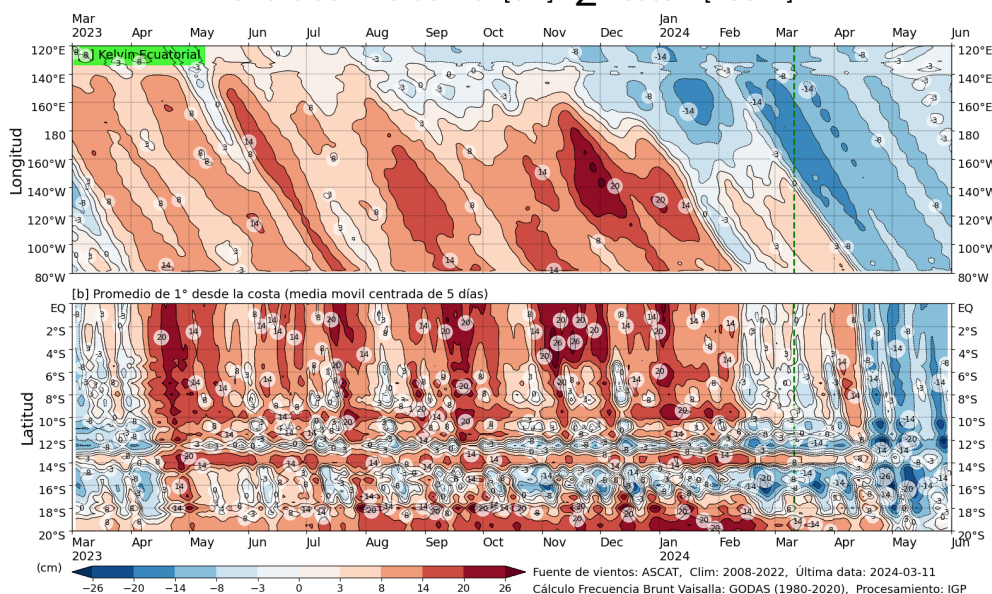


Figura 11. Simulación numérica de la anomalía del nivel del mar (cm) a lo largo de la franja ecuatorial del océano Pacífico (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Esta simulación se realizó con el modelo oceánico multimodal forzado con los vientos de ASCAT. La línea verde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

Anomalía del nivel del mar [cm] - $\sum$ Modos -- [NCEP]

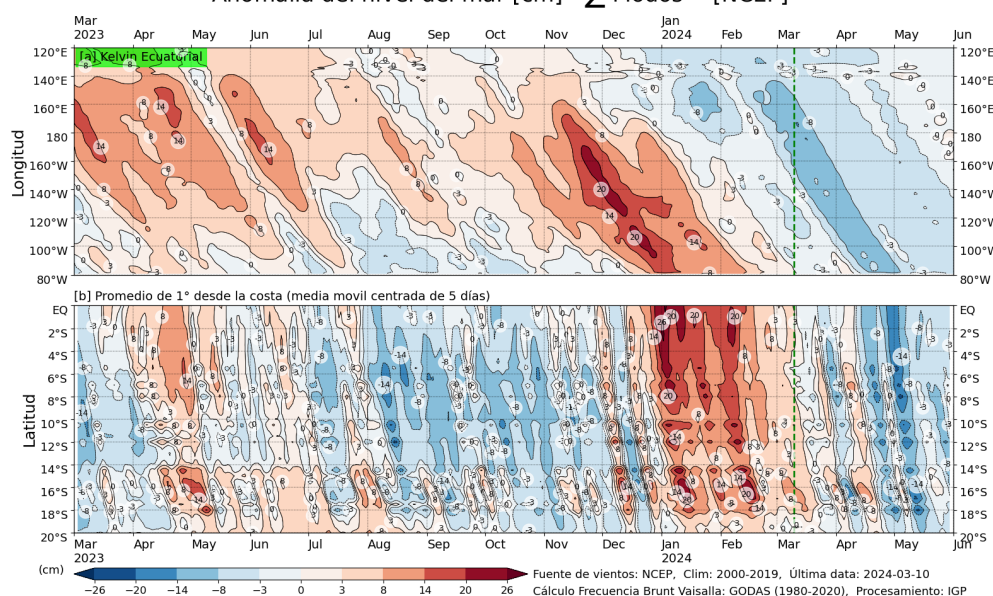


Figura 12. Igual que la Figura 11 pero usando esfuerzo de viento calculado de vientos a 10 metros de la superficie del *reanalysis* de NCEP. Elaborado por el IGP.

“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”

Anomalía del nivel del mar [cm] - $\sum$ Modos -- [NCEP]

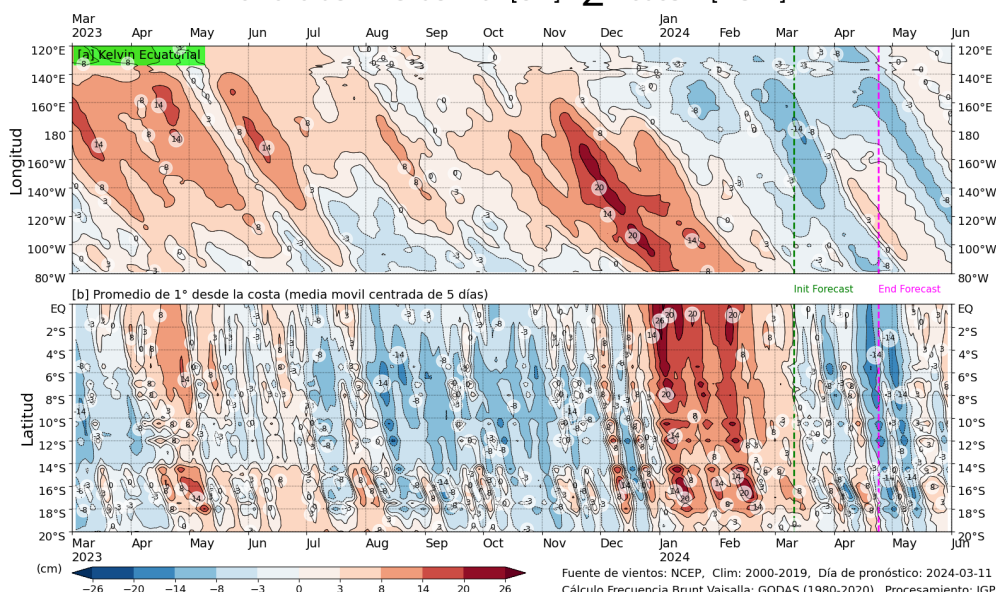


Figura 13. Igual que la Figura 13 pero para el pronóstico de los siguientes cuarenta días (período entre la línea entrecortada verde y la línea entrecortada rosada), se usaron los pronósticos de los vientos del modelo CFSv2. Luego de los 40 días (línea de color rosada) se usaron esfuerzo de viento igual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

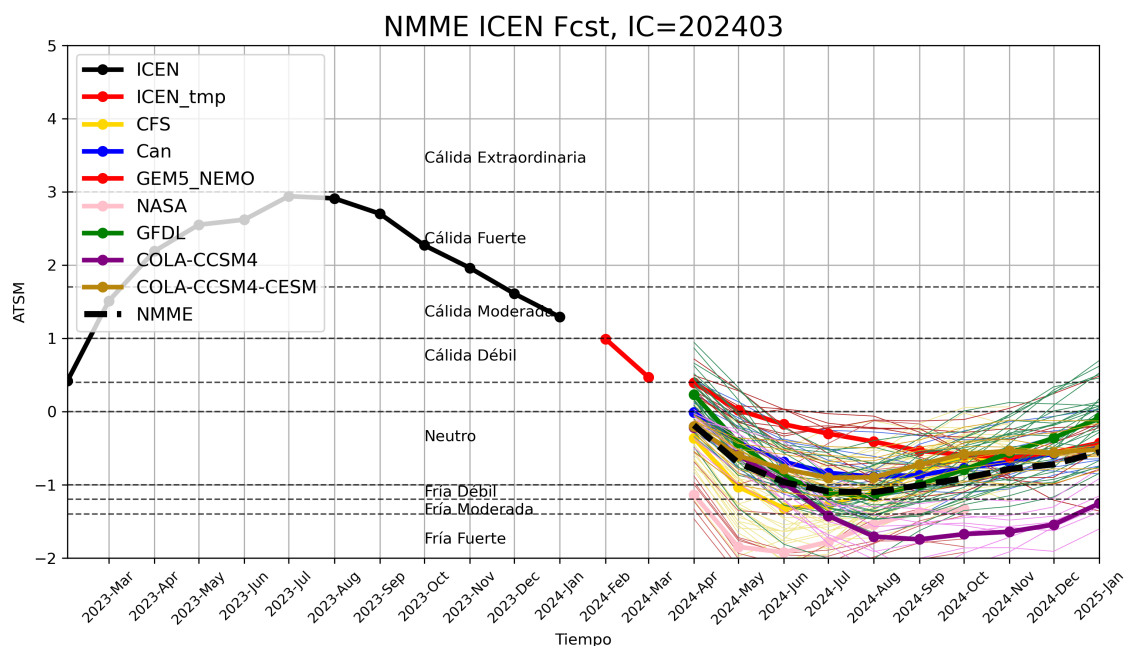


Figura 14. Índice Costero El Niño (ICEN, línea negra con círculos llenos, fuente ERSSTv5) y sus valores temporales (ICENv5tmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos.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

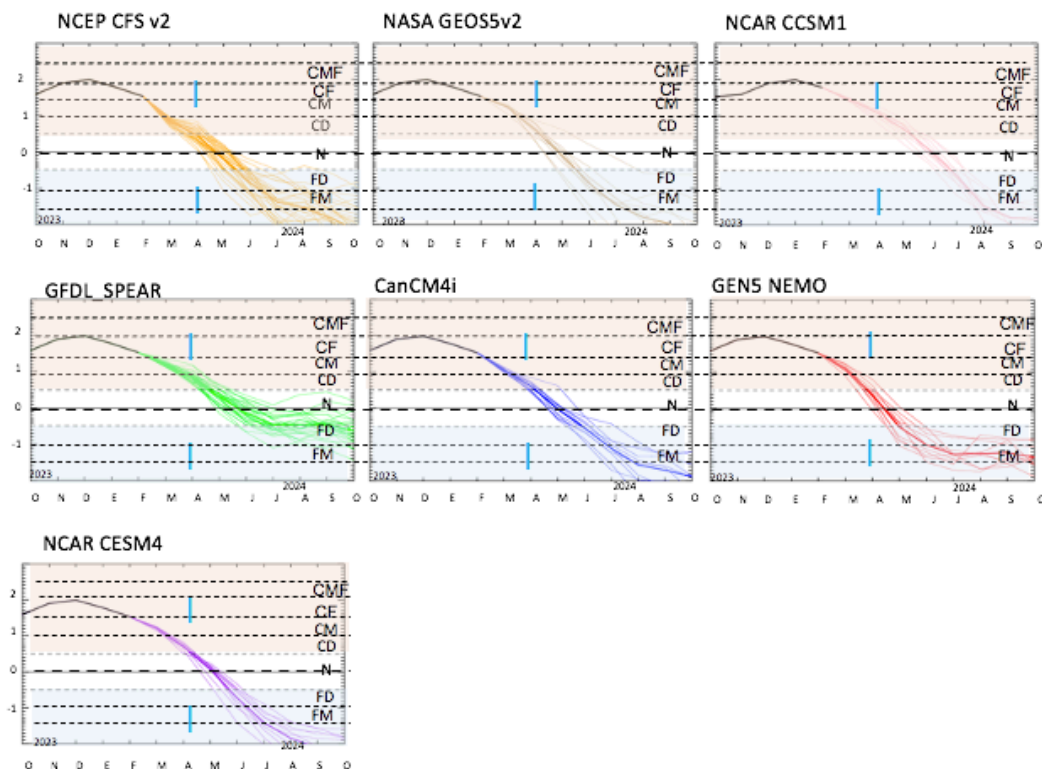


Figura 15. Índice Niño 3.4 mensual observado (líneas de color plomo) y pronosticado por los modelos de NMME (líneas de distintos colores). Fuente: NMME.

“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”

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: February (Temporal) FT 1871-1984. Processing date: 14-03-2024

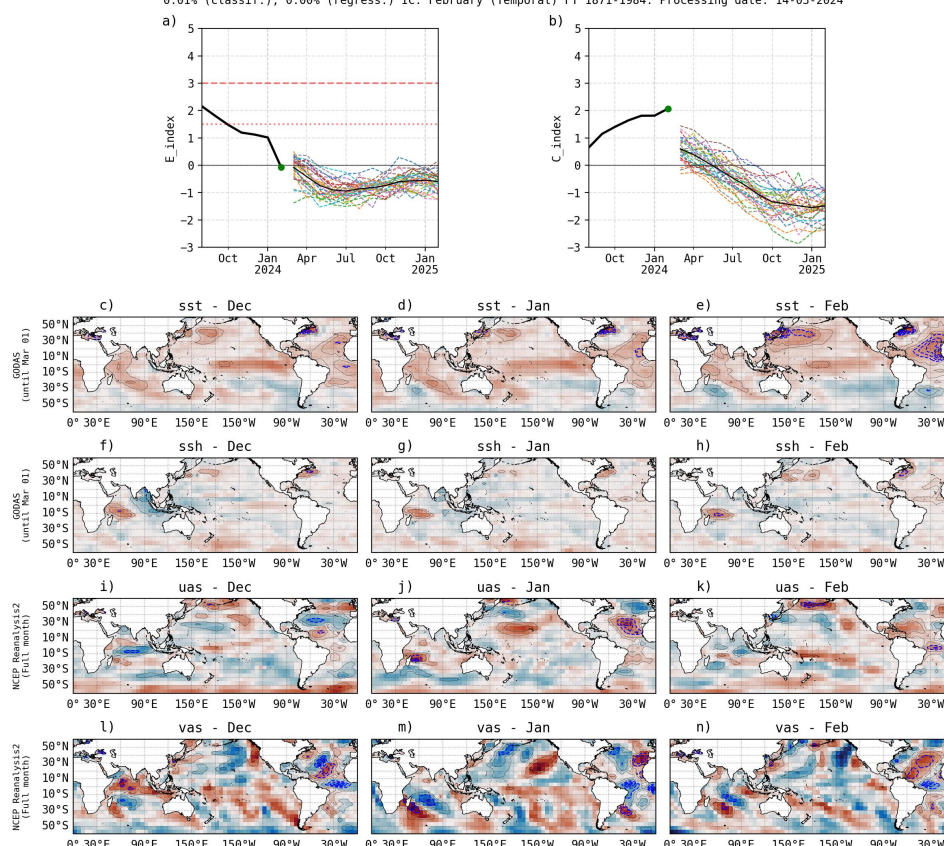


Figura 16. Pronóstico del índice E (Takahashi et al., 2011) a doce meses basado en un modelo de inteligencia artificial (Rivera Tello et al., 2023) para el pronóstico de El Niño extremo. (a) Muestra la evolución del índice E, representado con una línea gruesa de color negro, desde agosto a febrero de 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”

ICEN El Niño 1+2 IC=202403

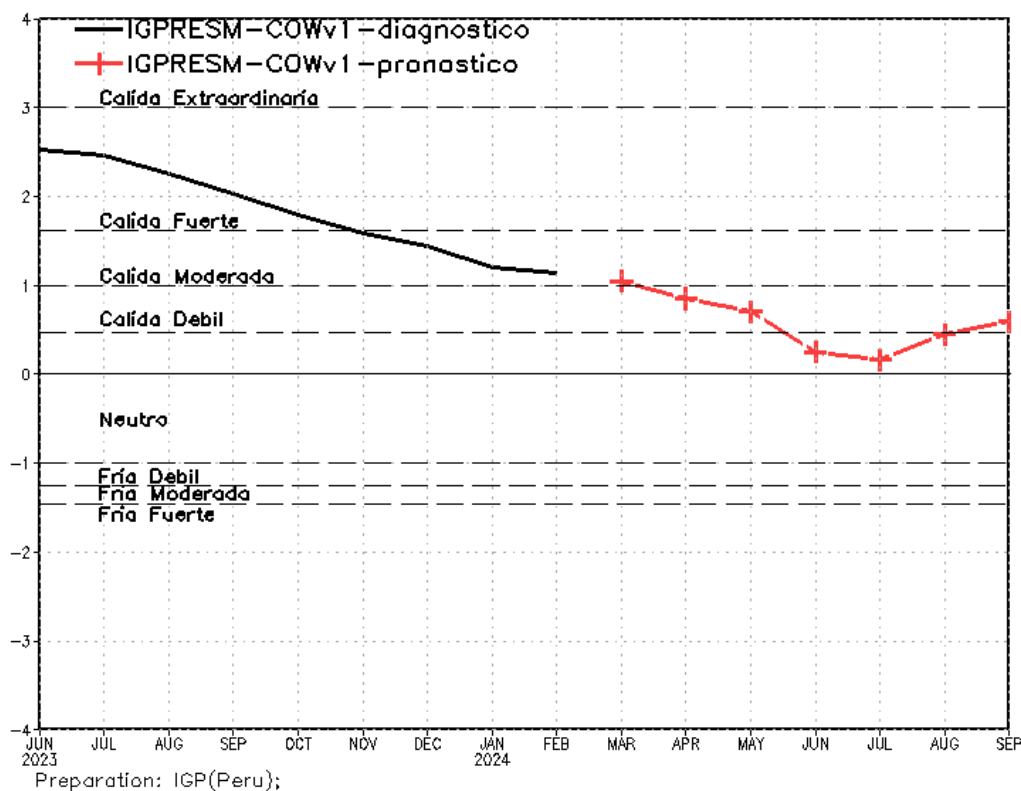


Figura 17. Modelo Regional Earth System Model CROCO-OASIS-WRF v.1' (IGP RESM-COW v.1) , para el pronóstico de El Niño Costero 2023-2024