



"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

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/2023-10

24/11/2023

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

Para el mes de setiembre, según el valor del Índice Costero El Niño (ICEN), se presentó la condición climática cálida fuerte (2.70 °C). Los valores del ICEN temporal (ICEN-tmp) de octubre (2.22 °C) y noviembre (1.94 °C), coinciden en indicar condiciones cálidas fuertes. Por otro lado, en el Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de setiembre (1.54 °C) indica la condición cálida fuerte. Los valores temporales (ONI-tmp) de octubre (1.69 °C) y noviembre (1.81 °C), concuerdan en condiciones cálidas fuertes.

Según la información satelital, la magnitud de las ondas de Kelvin cálidas están disminuyendo conforme se aproximan a la costa americana.

El promedio de las predicciones de los seis modelos climáticos de NMME —inicializados con la información de noviembre de 2023— para el Pacífico oriental indica condiciones cálidas moderadas de hasta enero de 2024, condiciones cálidas para los meses de febrero y marzo. Por otro lado, para el Pacífico central, se esperarían condiciones cálidas fuertes hasta el mes de febrero de 2024, y condiciones de cálidas moderadas a cálidas débiles para los meses de marzo a mayo.





Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

Dirección
Científica

Subdirección de
Ciencias de la Atmósfera
e Hidrósfera - CAH



"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

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 setiembre de 2023, el cual indica una condición cálida fuerte (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	Junio	2.62	Cálida Fuerte
2023	Julio	2.94	Cálida Fuerte
2023	Agosto	2.91	Cálida Fuerte
2023	Setiembre	2.70	Cálida Fuerte

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 octubre y noviembre de 2023 mantienen las condiciones cálidas fuertes (Tabla 2).





Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

Dirección
Científica

Subdirección de
Ciencias de la Atmósfera
e Hidrósfera - CAH



IGP
Instituto
Geofísico
del Perú

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Tabla 2. ICEN temporales (ICENtmp) y sus categorías para octubre y noviembre 2023.

Año	Mes	ICENtmp	Categoría
2023	Octubre	2.22	Cálida Fuerte
2023	Noviembre	1.94	Cálida Fuerte

Índice Oceánico Niño (ONI)

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), el valor del ONI (*Ocean Niño Index* en inglés) de setiembre de 2023, actualizado por la NOAA, es 1.54 °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 últimos datos en tiempo real, por lo que puede haber discrepancias para los meses anteriores).

Índice Oceánico Niño			
Año	Mes	ONI (°C)	Categoría
2023	Junio	0.77	Cálida débil
2023	Julio	1.06	Cálida Moderada
2023	Agosto	1.32	Cálida Moderada
2023	Setiembre	1.54	Cálida Fuerte

Los valores estimados del ONI (ONItmp) de octubre y noviembre de 2023, usando datos observados y de los pronósticos de NMME, indican, al igual que setiembre, condiciones cálidas fuertes (Tabla 4).

Tabla 4. Estimados preliminares del ONI (ONItmp)

Índice Oceánico Niño temporales			
Año	Mes	ONItmp (°C)	Categoría
2023	Octubre	1.69	Cálida Fuerte
2023	Noviembre	1.81	Cálida Fuerte

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).





Diagnóstico del Pacífico ecuatorial

En octubre y noviembre, las anomalías de la TSM registradas en la región Niño 3.4, en promedio, estuvieron en el rango de cálida fuerte y, a pesar de tener pequeñas disminuciones, continúan aumentando. Asimismo, en la región Niño 1+2, la anomalía de la TSM en promedio estuvo en la condición cálida fuerte, pero sigue disminuyendo (Figura 1). Conforme a la información de los datos obtenidos de las boyas de TAO, en promedio, los vientos alisios a lo largo de la franja ecuatorial (2°S – 2°N) se mantienen débiles en la región occidental, pero dicho debilitamiento se está extendiendo hacia el Pacífico central (Figura 2a). La ATSM se mantiene con valores por encima de lo normal en casi en todo el Pacífico ecuatorial, con mayores valores en la zona oriental y con un núcleo cálido entre 180° y 170°W (Figura 2b). Por otro lado, la termoclina continúa más profunda de lo normal en la zona oriental, pero con una tendencia a disminuir (Figura 2c). De acuerdo a la información del esfuerzo de viento del producto ASCAT (Figura 3a), se han observado desde octubre y hasta la primera quincena de noviembre tres pulsos de viento del oeste al oeste de la línea de cambio de fecha, luego se desarrolló, en la misma región un pulso de viento del este. Por otro lado, durante noviembre también se han observado pulsos de viento del este y oeste en la zona oriental y central, respectivamente.

Según la información de TAO, durante octubre y lo que va de noviembre, la termoclina se mantiene ligeramente menos inclinada de lo normal (Figura 4a). Por otro lado, el contenido de calor mostró un pequeño incremento (Figura 4b). En el extremo oriental (boya TAO en 95°W), el valor de la anomalía promedio de la profundidad de la termoclina continúa su tendencia a la normalización (Figura 5).

Los valores de OLR (Outgoing Longwave Radiation) en octubre, tanto en la zona occidental (170°E – 140°W , 5°S – 5°N) como la oriental (170°W – 100°W , 5°S – 5°N), estuvieron con valores menores con respecto a su climatología, aunque próximos a su climatología. De lo que va de noviembre, en la región occidental se observó una disminución del valor de OLR, lo cual es sinónimo de incremento de la precipitación en dicha zona, aunque no con la magnitud de otros eventos extremos. Esto se puede apreciar en la Figura 6 (zona occidental) y la Figura 7 (zona oriental).

Según la información de la termoclina, la señal de una onda de Kelvin cálida sigue desplazándose hacia el extremo oriental, aunque con menor intensidad que las que se observaron anteriormente (Figura 3b). El pulso de viento del oeste que se desarrolló a inicios de noviembre (Figura 3a) habría formado una nueva onda de Kelvin cálida que actualmente se localiza en 170°W . En esta misma variable se aprecia una onda de Kelvin fría en la región occidental que se localiza en 170°E . En el nivel del mar, la señal de la onda de Kelvin cálida se habría debilitado al acercarse a la costa (Figura 3c). El paquete de ondas de Rossby frías continúa su arribo en la región occidental; mientras que el paquete cálido muestra un aparente debilitamiento (Figura 8b).



Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

Dirección
Científica

Subdirección de
Ciencias de la Atmósfera
e Hidrósfera - CAH



IGP
Instituto
Geofísico
del Perú

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Ondas de Kelvin a lo largo de la costa peruana

Desde octubre hasta la fecha, la información diaria del nivel del mar del producto DUACS (Figura 9b) mostró, inicialmente y en promedio, una disminución del nivel del mar durante octubre y un aumento en noviembre que, a la fecha, viene disminuyendo. La información cada 5 días del flotador argo No. 6903002, localizado entre a las 100 mn y en 4 °S, mostró en octubre e inicios de noviembre una anomalía positiva en parte de la columna de agua; sin embargo, a la fecha dicha anomalía viene disminuyendo (Figura 10).

Pronóstico de ondas de Kelvin

Analizando las proyecciones basados en la información de altimetría satelital (Figura 3c) y profundidad de termoclina (Figura 3b), se espera aún la presencia de ondas de Kelvin cálidas en la costa peruana durante los siguientes meses, aunque con menor intensidad a la observada en el otoño e invierno de este año. Esta disminución de la señal se podría deber a la mayor inclinación que ha mostrado la termoclina, en promedio, durante los últimos meses y, además, a la distancia entre la zona de formación y la costa americana. Asimismo, las ondas de Rossby frías en el extremo occidental continuarían reflejándose como ondas de Kelvin frías durante diciembre, esto según la información de altimetría que se tiene hasta la fecha (Figura 8b). Hay que añadir a estas ondas de Kelvin frías, aquella que se formaría como consecuencia del pulso de viento del este en la región occidental (Figura 3a).

El pronóstico del modelo de ondas del IGP, forzado para el diagnóstico tanto de vientos de ASCAT (Figura 11) y de NCEP (Figura 12), y luego con vientos igual a cero, muestra a lo largo de la costa peruana la presencia de ondas de Kelvin cálidas hasta inicios de febrero. La simulación con vientos pronosticados hasta 40 días de CFSv2 (Figura 13) también muestra ondas de Kelvin cálidas a lo largo de la costa peruana hasta febrero. Hay que tener en cuenta que estos modelos no simulan el proceso de dispersión modal —que aparentemente estaría influyendo a que las ondas de Kelvin cálidas arriben a la costa peruana con poca intensidad— por lo que las ondas arriban a la costa con una magnitud cercana a la que tuvo en su formación.

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para la región Niño 1+2, los pronósticos de los seis modelos climáticos de NMME (CFSv2, CanCM4i-IC3, GEM5-NEMO, NASA-GEOSS2S, GFDL_SPEAR² y COLA-RSMAS-CCSM4), con condiciones iniciales de noviembre de 2023, indican en promedio condiciones cálidas fuertes para noviembre, cálidas moderadas entre noviembre y febrero de 2024; y finalmente condiciones de cálidas débiles a neutras entre marzo y setiembre de 2024 (ver Tabla 5 y Figura 14).

² Desde febrero de 2021, el modelo GFDL_SPEAR² (<https://www.gfdl.noaa.gov/spear/>) reemplazará a los modelos GFDL_CM2.1 y GFDL_FLOR.





Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

Dirección
Científica

Subdirección de
Ciencias de la Atmósfera
e Hidrósfera - CAH



IGP
Instituto
Geofísico
del Perú

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Tabla 5. Pronósticos del ICEN de los modelos climáticos con condiciones iniciales de noviembre de 2023

Modelo	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO
CFS2	1.46	1.06	1.07	0.97	0.74	0.24	-0.34	-0.67	-0.68	-----	-----
CanCM4i	2.13	1.87	1.65	1.50	1.55	1.64	1.65	1.36	0.86	0.43	0.18
GEM5_NEMO	1.84	1.40	0.95	0.49	0.03	-0.24	-0.38	-0.53	-0.67	-0.73	-0.65
NASA-GEOSS2S	2.07	1.77	1.31	0.72	0.25	0.07	0.01	-0.14	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	2.11	1.88	1.54	1.13	0.81	0.73	0.66	0.50	0.26	0.12	0.12
COLA-RMAS-CCSM4	1.84	1.40	0.95	0.49	0.03	-0.24	-0.38	-0.53	-0.67	-0.73	-0.65
Promedio											
NMME	1.91	1.56	1.24	0.88	0.57	0.37	0.20	0.00	-0.18	-0.23	-0.25

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), según los pronósticos de los mismos modelos del párrafo anterior, se esperaría en promedio la condición cálida fuerte hasta febrero de 2024, para marzo y abril se esperarían condiciones cálidas moderadas, y, finalmente, en mayo se esperaría la condición cálida débil. Esto indica, que El Niño en el Pacífico central se extendería, por lo pronto, hasta el otoño de 2024 (ver Tabla 6 y Figura 16).

Tabla 6. Pronósticos del ONI de los modelos climáticos con condiciones iniciales de noviembre de 2023

Modelo	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO
CFS2	1.68	1.70	1.62	1.46	1.23	1.04	0.71	0.23	-0.24	-----	-----
CanCM4i	1.88	2.09	2.28	2.38	2.28	1.94	1.40	0.80	0.13	-0.42	-0.82
GEM5_NEMO	1.82	1.82	1.67	1.33	0.87	0.30	-0.27	-0.70	-0.93	-0.99	-0.97
NASA-GEOSS2S	2.03	2.31	2.44	2.25	1.69	1.01	0.50	0.16	-----	-----	-----
GFDL_SPEARE	1.74	1.83	1.84	1.77	1.56	1.28	0.89	0.50	0.24	0.15	0.13
COLA-RMAS-CCSM4	1.55	1.45	1.39	1.26	1.07	0.88	0.68	0.48	0.23	0.03	-0.12
Promedio											
NMME	1.78	1.87	1.87	1.74	1.45	1.08	0.65	0.25	-0.12	-0.30	-0.44





PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

Dirección
Científica

Subdirección de
Ciencias de la Atmósfera
e Hidrósfera - CAH



"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

El modelo de IA del IGP, con condiciones iniciales de octubre indica que la probabilidad de que haya un evento El Niño fuerte en enero es de 23.5 % y estaría soportado principalmente por el calentamiento del mar y los vientos meridionales en el Pacífico ecuatorial oriental-central en los meses de agosto, setiembre y octubre. Por otro lado, lo que estaría jugando en contra del desarrollo, principalmente, es la anomalía del viento zonal y meridional de octubre en la zona extratropical del Pacífico norte (Figura 17).

Conclusiones

Los datos observados de octubre y lo que va de noviembre muestran el desarrollo tanto de El Niño en el Pacífico central como de El Niño costero. En el primero el acoplamiento no se compara a otros eventos El Niño, ya que no existe a la fecha una clara señal de convección anómala y persistente en el Pacífico central y esto podría estar influyendo a que los pulsos de viento relevantes, que no son tan intensos como en otros eventos, se desarrollen principalmente al oeste de la línea de cambio de fecha. En lo que respecta a El Niño costero, las anomalías de la TSM, si bien muestran pequeños aumentos en sus anomalías, a la fecha mantienen en el fondo una tendencia a disminuir.

Si bien los modelos numéricos indican que El Niño en el Pacífico central continuaría desarrollándose y alcanzaría su máxima magnitud entre diciembre y enero, es posible que la presencia de ondas de Kelvin frías (producto tanto de la reflexión en el borde occidental de ondas de Rossby frías como de la proyección del pulso del viento del este que se desarrolló en noviembre), localizadas a la fecha en la zona occidental, contribuyan a disminuir dicho desarrollo.

En la zona oriental, se espera que arriben ondas de Kelvin cálidas a la costa peruana en los siguientes meses, aunque su intensidad podría verse afectada por la actual inclinación de la termoclina que podría estar provocando una dispersión de la energía de las ondas como sucedió en El Niño 2015/2016 (Mosquera et al., 2016).





PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

Dirección
Científica

Subdirección de
Ciencias de la Atmósfera
e Hidrósfera - CAH



"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

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





PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

Dirección
Científica

Subdirección de
Ciencias de la Atmósfera
e Hidrósfera - CAH



"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

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.
- **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 de la unidad, la paz y el desarrollo"

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 de la unidad, la paz y el desarrollo"

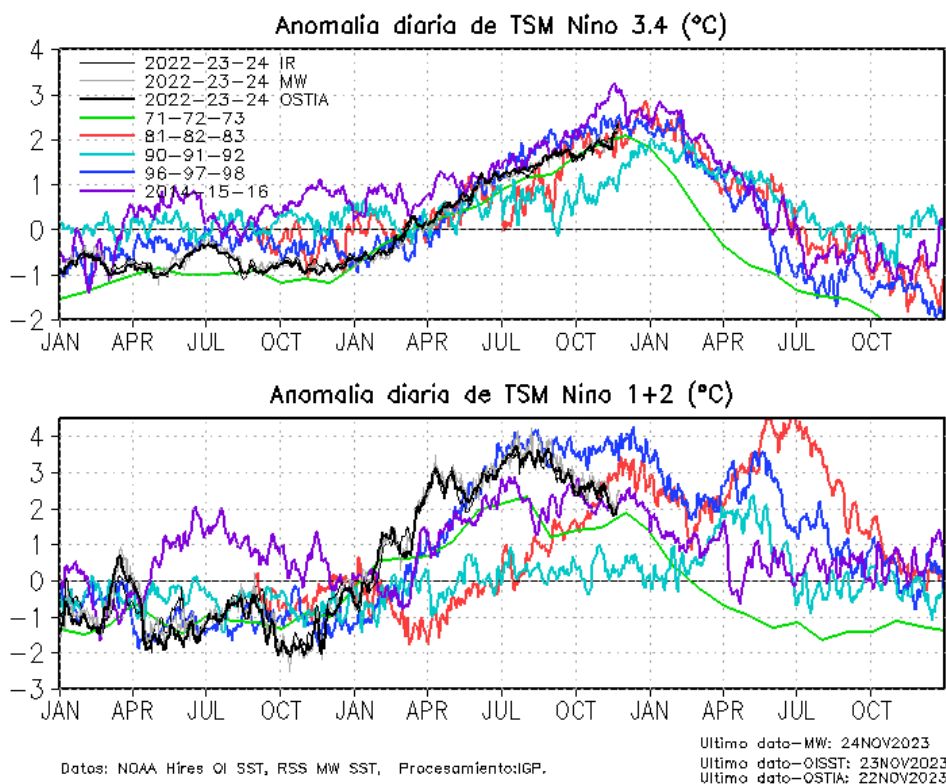


Figura 1. Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del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



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

Dirección
Científica

Subdirección de
Ciencias de la Atmósfera
e Hidrósfera - CAH



IGP
Instituto
Geofísico
del Perú

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

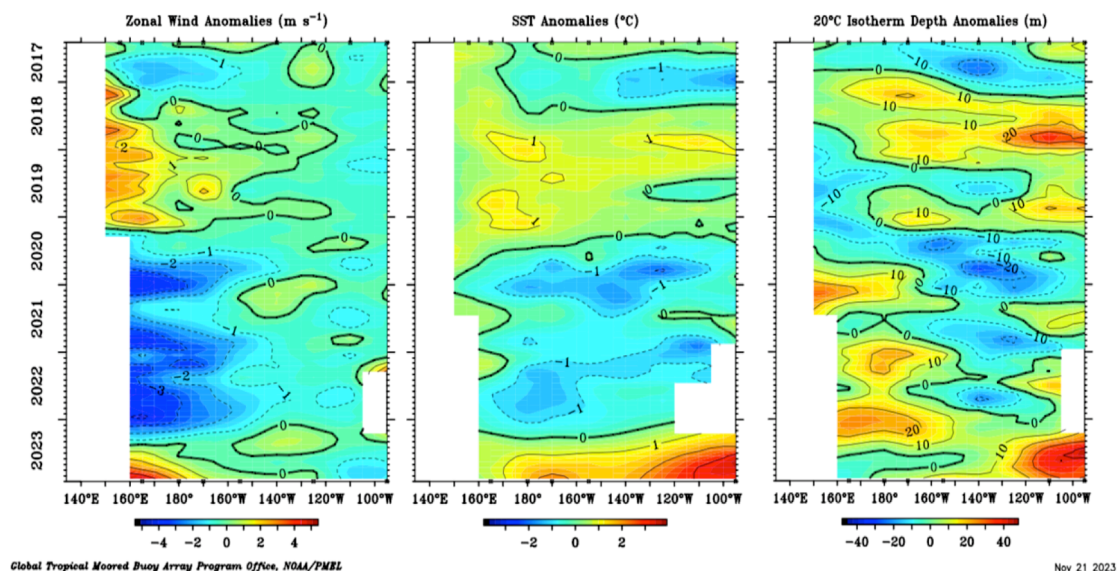


Figura 2. Promedio mensual de la anomalía del viento zonal (panel izquierdo), de la temperatura superficial del mar (panel central) y de la profundidad de la isoterma de 20 °C (panel derecho) y a lo largo de la franja ecuatorial del Pacífico (2°S-2°N). Esta imagen se elaboró de otras que se obtienen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



"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

(2°S to 2°N average)

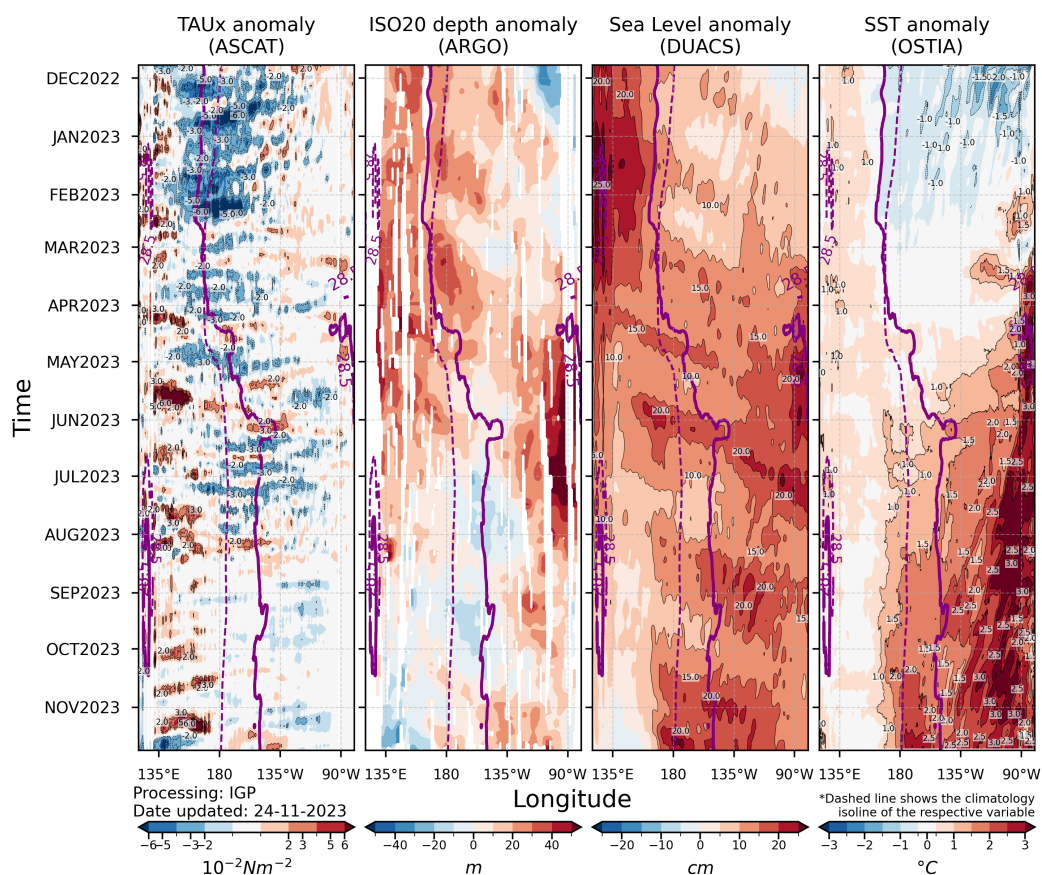


Figura 3. Diagrama longitud-tiempo en la franja ecuatorial de las anomalías, de izquierda a derecha, a) del esfuerzo de viento zonal (ASCAT), b) de la profundidad de la termoclina (ARGO), c) del nivel del mar (DUACS) y d) de la temperatura del mar (OSTIA). La línea morada continua (entrecortada) indica la posición observada (climatológica) de la isoterma de 28.5 °C. Elaborado por el IGP



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

Dirección
Científica

Subdirección de
Ciencias de la Atmósfera
e Hidrósfera - CAH



IGP
Instituto
Geofísico
del Perú

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

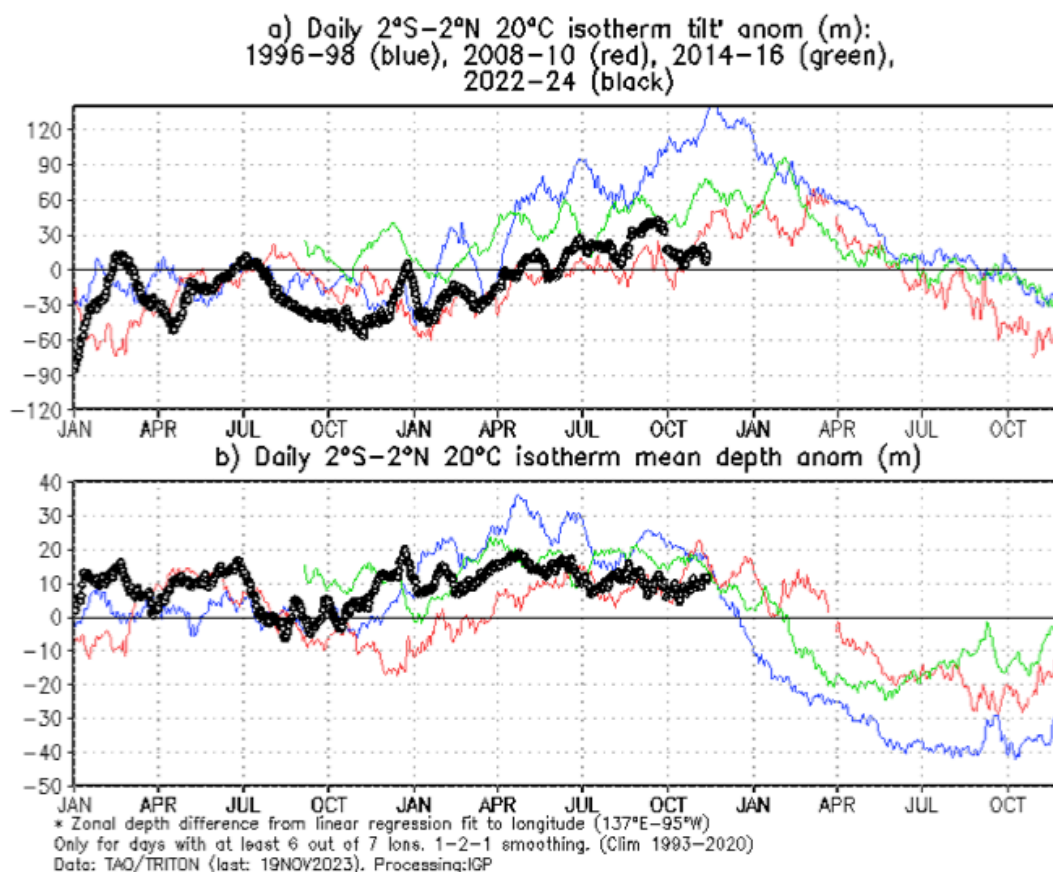


Figura 4. a) Inclinación de la termoclina y **b)** contenido de calor en el Pacífico ecuatorial (2°N y 2°S). La data usada para este cálculo proviene de las boyas TAO. Elaborado por el IGP.





PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

Dirección
Científica

Subdirección de
Ciencias de la Atmósfera
e Hidrósfera - CAH



IGP
Instituto
Geofísico
del Perú

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

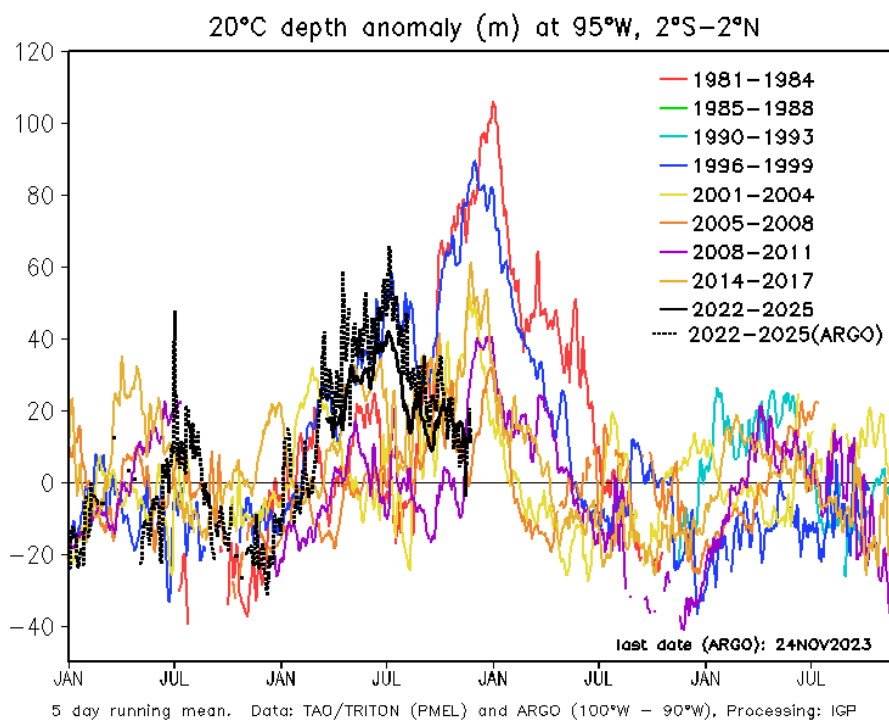


Figura 5. Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C (m) en 95°W y promediada entre 2°S y 2°N. La data usada para este cálculo proviene de las boyas TAO y de los flotadores ARGO. Elaborado por el IGP.





PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

Dirección
Científica

Subdirección de
Ciencias de la Atmósfera
e Hidrósfera - CAH



IGP
Instituto
Geofísico
del Perú

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

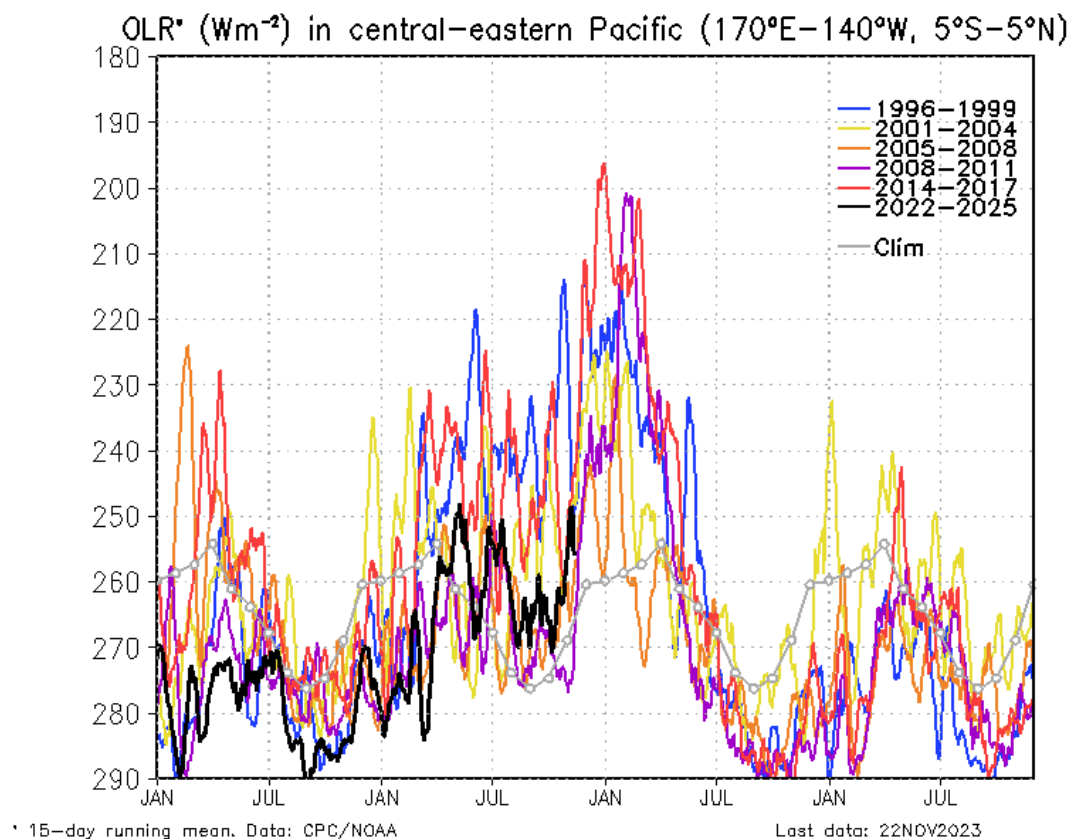


Figura 6. Actividad convectiva en el Pacífico central oriental (170°E – 140°W y 5°S – 5°N) en base a la información de OLR. Elaborado por el IGP.



"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

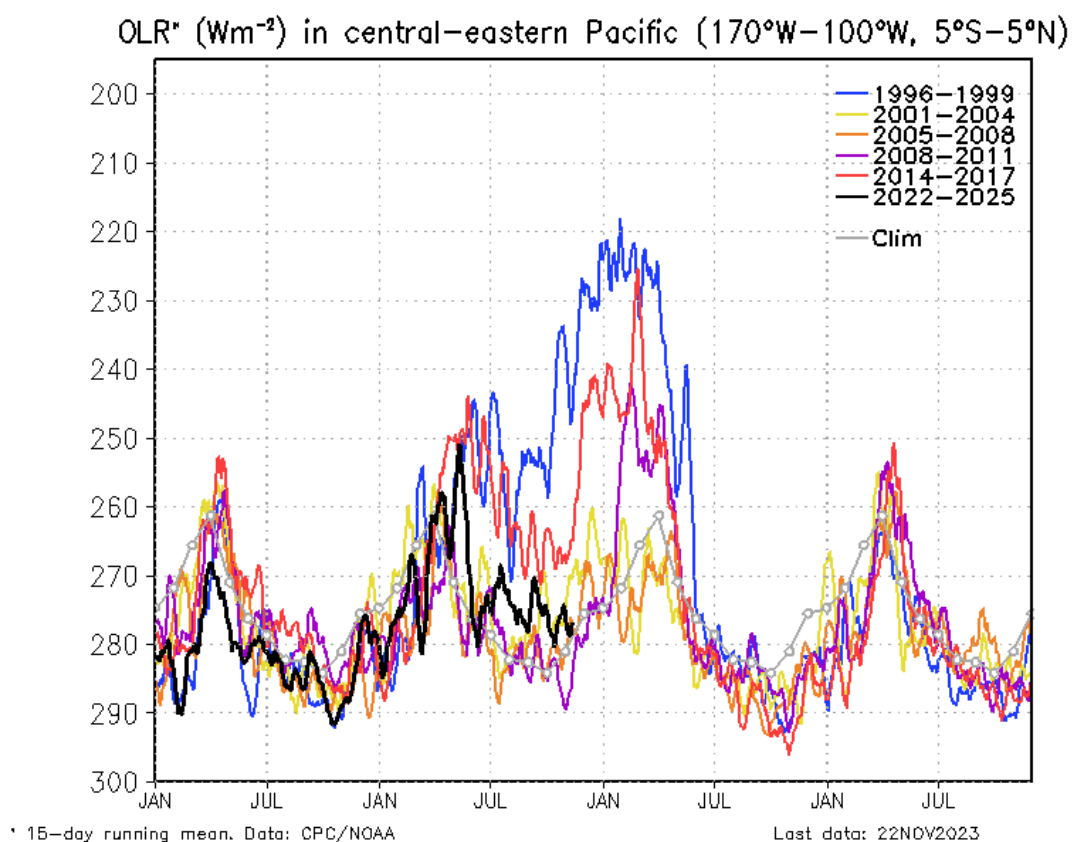


Figura 7. Actividad convectiva en el Pacífico central oriental (170°W – 100°W y 5°S – 5°N) en base a la información de OLR. Elaborado por el IGP.

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

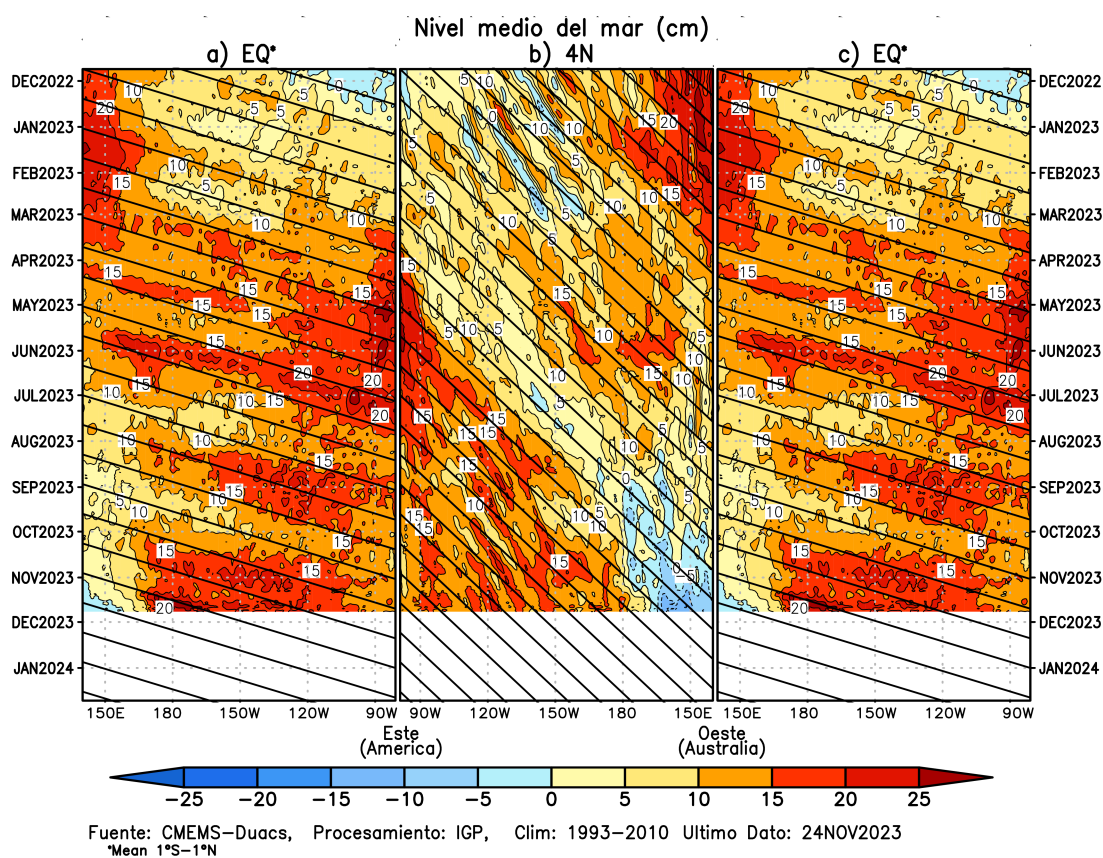


Figura 8. Diagramas longitud-tiempo de la anomalía del nivel medio del mar en el Pacífico ecuatorial usando el producto DUACS. Los paneles (a) y (c) son los mismos y representan la información a lo largo de la línea ecuatorial; mientras que (b), a lo largo de 4°N, pero con el eje zonal de este a oeste.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



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

Dirección
Científica

Subdirección de
Ciencias de la Atmósfera
e Hidrósfera - CAH



"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

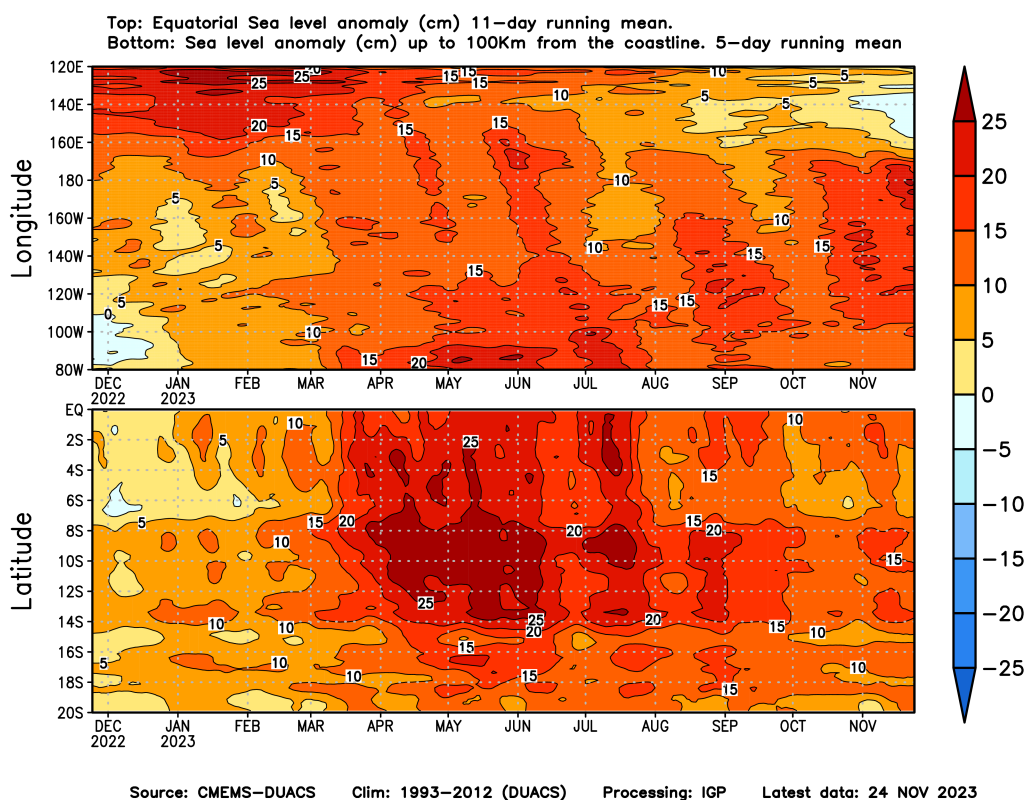


Figura 9. Anomalía del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Las unidades están en centímetros. Elaborado por el IGP.



"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

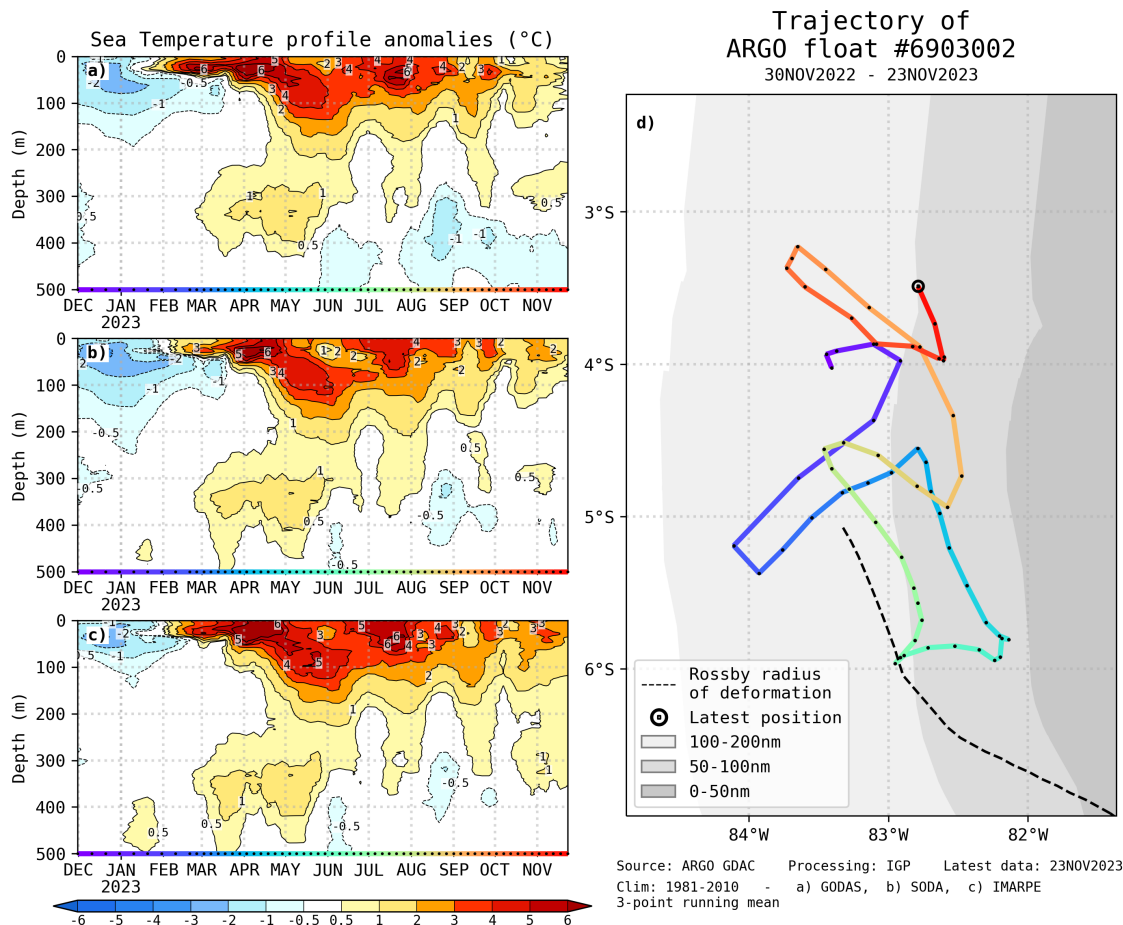


Figura 10. A la izquierda se aprecia la anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad, calculada de los datos del flotador ARGO No. 6903002. Esta anomalía se calcula en base a la climatología (1981-2010) de: (a) GODAS, (b) SODA e (c) IMARPE. A la derecha se aprecia la trayectoria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

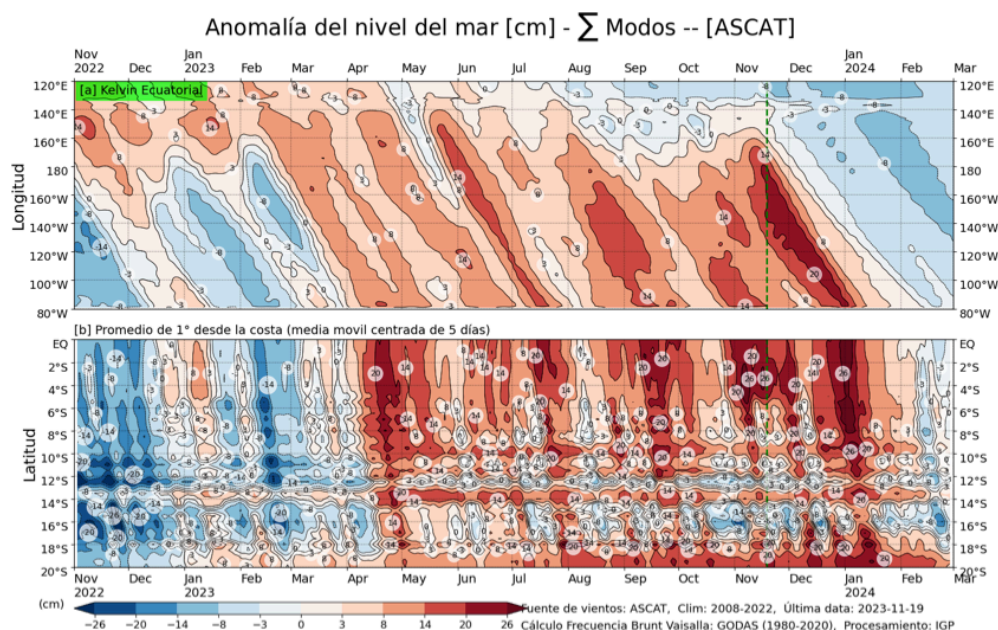


Figura 11. Simulación numérica de la anomalía del nivel del mar (cm) a lo largo de la franja ecuatorial del océano Pacífico (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Esta simulación se realizó con el modelo oceánico multimodal forzado con los vientos de ASCAT. La línea verde entrecortada indica el inicio de la simulación del pronóstico con esfuerzo de viento igual a cero. Elaborado por el IGP.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

Dirección
Científica

Subdirección de
Ciencias de la Atmósfera
e Hidrósfera - CAH



"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

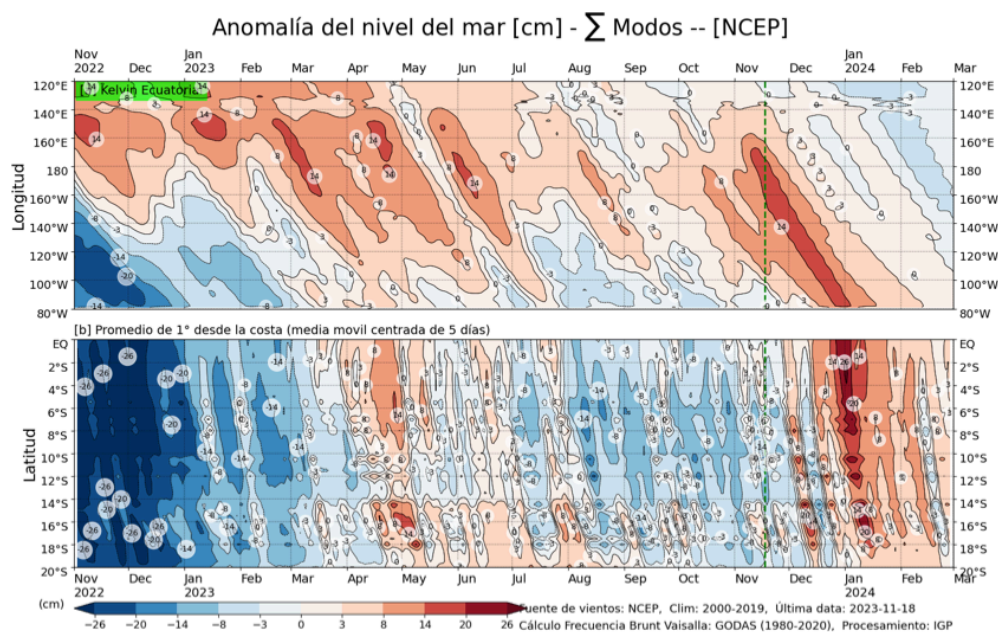


Figura 12. Igual que la Figura 11 pero usando esfuerzo de viento calculado de vientos a 10 metros de la superficie del reanalysis de NCEP. Elaborado por el IGP.





PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

Dirección
Científica

Subdirección de
Ciencias de la Atmósfera
e Hidrósfera - CAH



"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

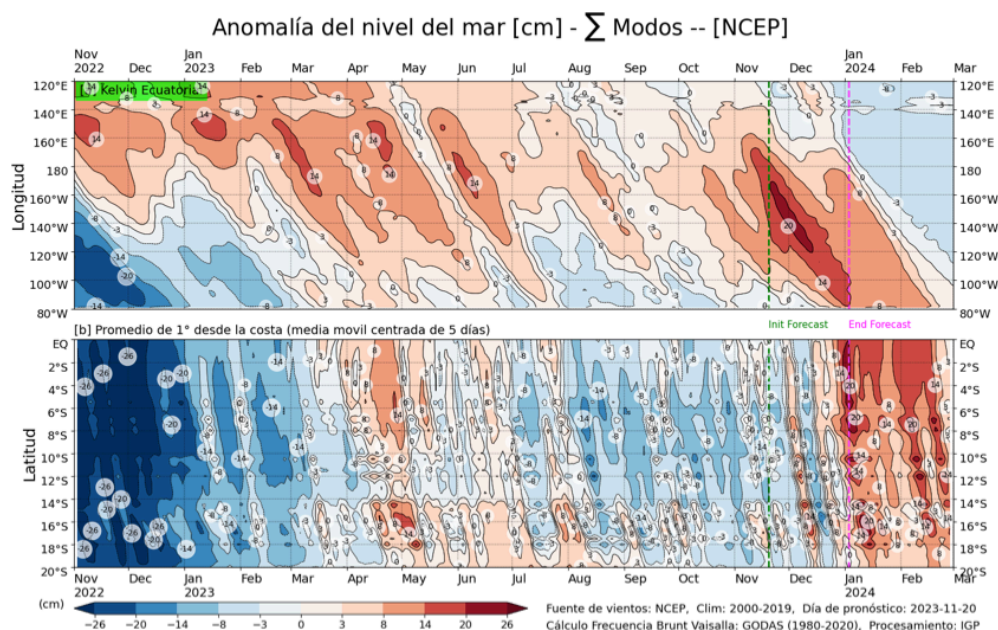


Figura 13. Igual que la Figura 13 pero para el pronóstico de los siguientes cuarenta días (período entre la línea entrecortada verde y la línea entrecortada rosada), se usaron los pronósticos de los vientos del modelo CFSvv2. Luego de los 40 días (línea de color rosada) se usaron esfuerzo de viento igual a cero. Elaborado por el IGP.



"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

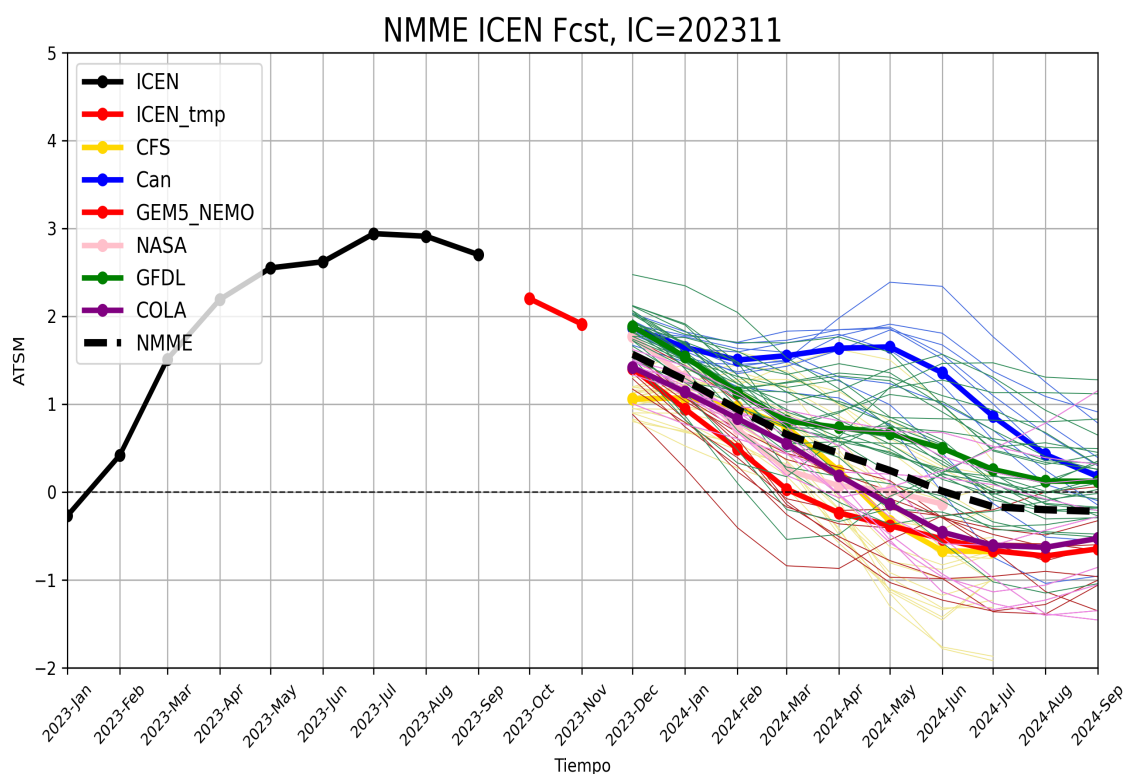


Figura 14. Índice Costero El Niño (ICEN, línea negra con círculos llenos, fuente ERSSTv5) y sus valores temporales (ICENv5tmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CanCM4i, GEM5_NEMO, NASA, GFDL_SPEAR y NCAR_CCSM4, COLA-RSMAS-CCSM4 tienen como condición inicial de octubre de 2023. Fuente: IGP, NOAA, NMME



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

Dirección
Científica

Subdirección de
Ciencias de la Atmósfera
e Hidrósfera - CAH



IGP
Instituto
Geofísico
del Perú

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Condiciones Iniciales de Noviembre 2023

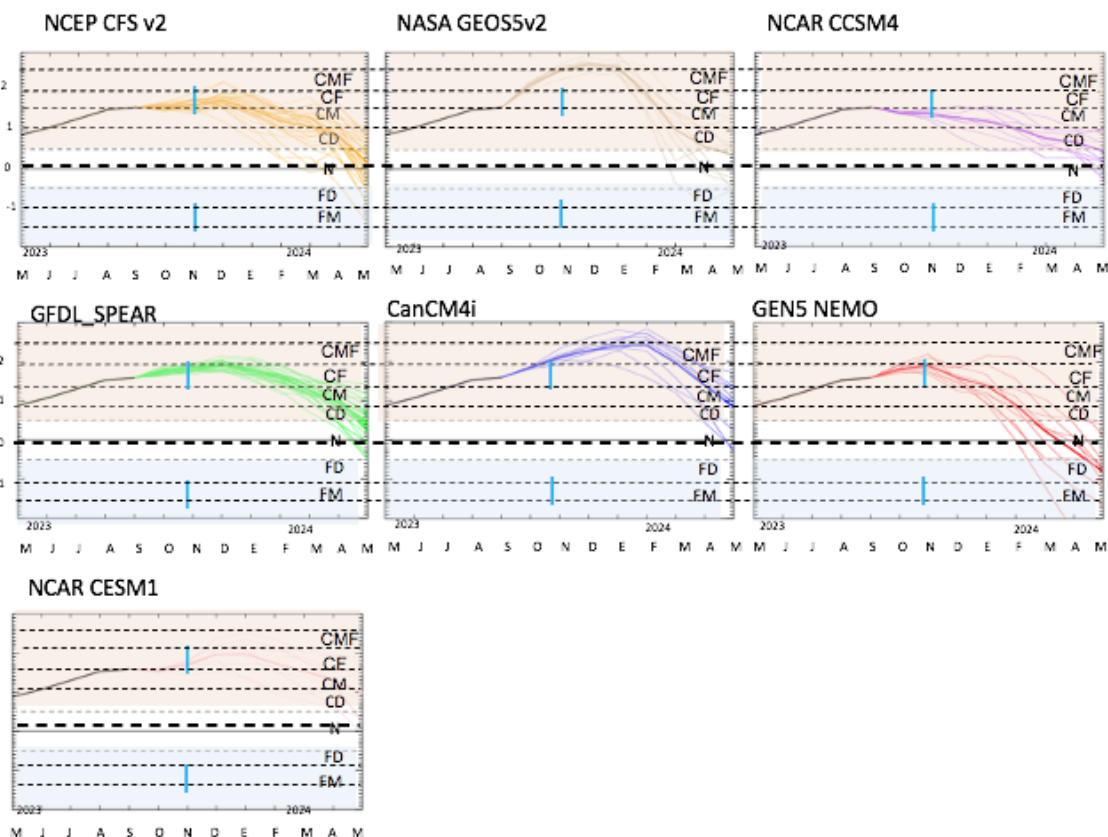


Figura 15. Índice Niño 3.4 mensual observado (líneas de color plomo) y pronosticado por los modelos de NMME (líneas de distintos colores). Fuente: NMME.



“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

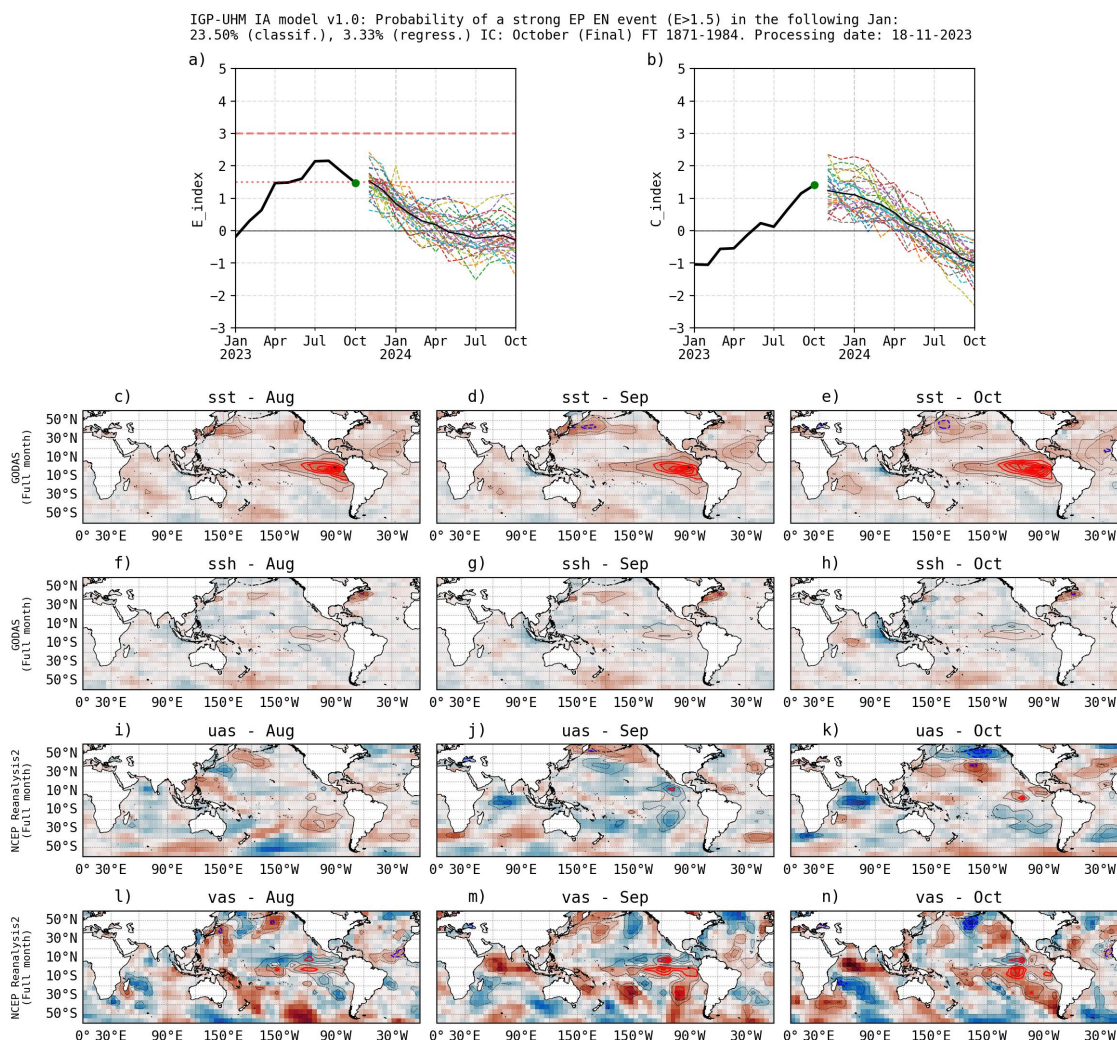


Figura 16. Pronóstico del índice E (Takahashi et al., 2011) a doce meses basado en un modelo de inteligencia artificial (Rivera et al., en preparación) para el pronóstico de El Niño extremo. (a) Muestra la evolución del índice E, representado con una línea gruesa de color negro, desde enero a octubre de 2023; el conjunto de líneas entrecortadas de colores indica el pronóstico del índice E desde noviembre de 2023 a octubre 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.