



“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/2023-09**

**13/10/2023**

**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**

En agosto, según el valor del Índice Costero El Niño (ICEN), se presentó la condición climática cálida fuerte (2.91 °C). Los valores del ICEN temporal (ICEN-tmp) de setiembre (2.60 °C) y octubre (2.05 °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 agosto (1.32 °C) indica la condición cálida moderada. Los valores temporales (ONI-tmp) de setiembre (1.48 °C) y octubre (1.61 °C) indican condiciones cálidas moderadas y cálidas fuertes, respectivamente. Según las observaciones, *in situ* y satelital, se observa la presencia de una onda de Kelvin cálida muy lenta aproximándose a la costa peruana, la cual se localiza en 95°W, también se sigue observando una onda de Kelvin fría localizada en 120 °W. Se espera el arribo de una onda de Kelvin cálida para noviembre.

El promedio de las predicciones de los seis modelos climáticos de NMME —inicializados con la información de octubre de 2023— para el Pacífico oriental indica condiciones cálidas moderadas de noviembre a febrero de 2024, condiciones cálidas débiles de marzo a junio. Por otro lado, para el Pacífico central, se esperaría 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. Por otro lado, el modelo de Inteligencia Artificial del IGP indica una probabilidad de 56.79 % de que se observe un evento El Niño extremo ( $E > 1.5$ ) para enero de 2024.





“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 agosto de 2023, el cual indica la 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	Mayo	2.55	Cálida Fuerte
2023	Junio	2.62	Cálida Fuerte
2023	Julio	2.94	Cálida Fuerte
2023	Agosto	2.91	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 setiembre y octubre de 2023 indican condiciones cálidas fuertes (Tabla 2).

**Tabla 2.** ICEN temporales (ICENtmp) y sus categorías para setiembre y octubre de 2023.

Año	Mes	ICENtmp	Categoría
2023	Setiembre	2.60	Cálida Fuerte
2023	Octubre	2.05	Cálida Fuerte



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

### Índice Oceánico Niño (ONI)

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), el valor del ONI (*Ocean Niño Index* en inglés) de agosto de 2023, actualizado por la NOAA, es 1.32 °C, el que corresponde a una condición cálida moderada<sup>1</sup>.

**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	Mayo	0.47	Neutro
2023	Junio	0.77	Cálida débil
2023	Julio	1.06	Cálida Moderada
2023	Agosto	1.32	Cálida Moderada

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

**Tabla 4.** Estimados preliminares del ONI (ONItmp).

Índice Oceánico Niño temporales			
Año	Mes	ONItmp (°C)	Categoría
2023	setiembre	1.48	Cálida Moderada
2023	Octubre	1.61	Cálida Fuerte

### Diagnóstico del Pacífico ecuatorial

En setiembre, las anomalías de la TSM registradas en la región Niño 3.4, en promedio, estuvieron en el rango de cálida fuerte. Por otro lado, en la región Niño 1+2, la anomalía de la TSM, estuvo en el rango de la condición cálida fuerte, en los últimos días del mes la anomalía muestra un debilitamiento (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 principalmente al oeste de la línea de cambio de fecha y más intenso de lo normal en el extremo oriental (Figura 2a). Por otro lado, la ATSM disminuyó su extensión hacia el oeste (Figura 2b) y la profundidad de la termoclina permanece más profunda de lo normal en la zona oriental del Pacífico (Figura 2c). De acuerdo a la información del esfuerzo de viento, calculado en base de los vientos a 10 m de NCEP-DCAS, se observaron, ligeros pulsos de viento del este y el oeste en toda la región ecuatorial (Figura 3).

Según la información de TAO, la termoclina se mantiene ligeramente menos inclinada de lo normal (Figura 5a); sin embargo, para finales de mes muestra una tendencia a su posición normal, mientras que el contenido de calor sigue mostrando una tendencia negativa (Figura 5b). En la región oriental (boya

<sup>1</sup> Los umbrales para establecer la categoría de condiciones cálidas o frías débiles, moderadas, fuertes, y muy fuertes usando el ONI son  $\pm 0.50$ ,  $\pm 1.00$ ,  $\pm 1.50$ , y  $\pm 2.00$ , respectivamente (Nota Técnica ENFEN, 02-2015).



TAO en 110°W), el valor de la anomalía promedio de la profundidad de la termoclina fue superior a su climatología (Figura 6).

Los valores de OLR (Outgoing Longwave Radiation) en setiembre y los primeros días de 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), se mantienen ligeramente por debajo de sus valores climatológicos. Esto se observa en la Figura 7 (zona occidental) y la Figura 8 (zona oriental).

Según la información *in situ* y remota de la zona ecuatorial, durante setiembre se observaron ondas de Kelvin frías y cálidas. Según la información de la termoclina se observa la presencia de una onda de Kelvin cálida muy lenta aproximándose a la costa peruana, la cual se localiza en 95°W. En la misma variable se sigue observando una onda de Kelvin fría localizada en 120 °W. En el nivel del mar se observa la señal de una onda de Kelvin cálida en 140°W. Por otro lado, según la data de altimetría, la intensidad de la onda de Rossby cálida localizada en 170° W habría disminuido, mientras que una onda de Rossby fría se aproxima al extremo occidental (Figura 4, 12 y 13).

### Ondas de Kelvin a lo largo de la costa peruana

Sin el promedio de los últimos 365 días de la información diaria del nivel del mar del producto DUACS (Figura 9b) y la data cada cinco días de los flotadores ARGO que se encuentran en el mar peruano (ver anomalía de la temperatura del mar obtenida del flotador No. 6903003 en Figura 10), se observa el paso de la onda Kelvin cálida de baja magnitud, seguida de una onda Kelvin fría de baja intensidad que se observa desde finales de mes.

### Pronóstico de ondas de Kelvin a corto/medio plazo

Analizando las proyecciones basadas en los datos observados de la profundidad de la termoclina (Figura 11), se espera aún el arribo de una onda de Kelvin cálida lenta para fines de octubre e inicios de noviembre, aunque su impacto es muy probable que se observe por debajo de la superficie. Por otro lado, según la data de corrientes zonales (no mostrado) y profundidad de la termoclina (Figura 11), también se espera el arribo de una onda de Kelvin fría en esas fechas. Finalmente, según la data de altimetría (Figura 4a), se espera el arribo de una onda de Kelvin cálida durante noviembre. Por otra parte, se espera el arribo de una onda de Rossby fría en el extremo occidental (Figura 4b) que de reflejarse como onda de Kelvin fría, y de no tener procesos físicos que la disipen, arribaría a la costa peruana a partir de enero.

El pronóstico del modelo de ondas, forzado para el diagnóstico con vientos de ASCAT y luego con vientos igual a cero (Figura 12), muestra a lo largo de la costa peruana y durante octubre una disminución de la actividad de ondas de Kelvin cálidas que luego aumenta durante noviembre. Según la simulación con vientos de NCEP (Figura 13), se esperan ondas de Kelvin frías durante octubre y luego ondas de Kelvin cálidas en noviembre e inicios de diciembre aunque con menor intensidad de las simulaciones de NCEP. Finalmente, la simulación con vientos pronosticados de CFSv2 (Figura 14) muestra también ondas de Kelvin cálidas a partir de noviembre pero siendo más intensas en diciembre. Hay que tener en cuenta que los vientos de CFSv2 vienen mostrando estas anomalías de vientos intensos que no se estarían cumpliendo.



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

**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-GEOS2S, GFDL\_SPEAR<sup>2</sup> y COLA-RSMAS-CCSM4), con condiciones iniciales de octubre de 2023, indican en promedio, condiciones cálidas fuertes para octubre, cálidas moderadas entre noviembre y febrero de 2024; y finalmente condiciones cálidas débiles entre de marzo y junio de 2024 (ver Tabla 5 y Figura 14).

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

Modelo	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS
CFS2	1.55	1.11	1.24	1.29	1.31	1.14	0.83	0.39	0.01	----	----
CanCM4i	2.22	1.88	1.59	1.58	1.64	1.73	1.89	1.82	1.41	0.76	0.32
GEM5 NEMO	2.05	1.64	1.29	0.84	0.43	0.07	-0.08	-0.18	-0.31	-0.56	-0.78
NASA-GEOS2S	2.06	1.59	1.17	0.85	0.52	0.32	0.19	0.16	----	----	----
GFDL SPEAR	2.40	2.28	2.05	1.71	1.36	1.20	1.20	1.09	0.80	0.49	0.33
COLA-RMAS-CCSM4	1.91	1.55	1.46	1.37	1.22	1.00	0.74	0.57	0.39	0.24	0.12
<b>Promedio</b>											
NMME	2.03	1.67	1.47	1.27	1.08	0.91	0.79	0.64	0.46	0.23	0.00

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), según los pronósticos de los mismos modelos, se esperaría en promedio la condición cálida fuerte hasta febrero de 2024, para los meses de marzo y abril se esperarían condiciones cálidas moderadas y, finalmente, en mayo se esperaría la condición cálida débil. Esto indica, según los modelos, que El Niño en el Pacífico alcanzaría la magnitud fuerte y se extendería, por lo pronto, hasta el otoño de 2024 (ver Tabla 6 y Figura 15).

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

Modelo	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS
CFS2	1.71	1.59	1.65	1.59	1.43	1.27	1.11	0.81	0.40	----	----
CanCM4i	1.79	1.83	2.03	2.20	2.30	2.19	1.84	1.25	0.55	-0.24	-0.84
GEM5 NEMO	1.76	1.69	1.63	1.42	1.14	0.74	0.29	-0.18	-0.59	-0.90	-1.09
NASA-GEOS2S	1.62	1.90	2.03	2.01	1.76	1.26	0.71	0.23	----	----	----
GFDL SPEAR	1.36	1.82	1.95	1.96	1.82	1.58	1.30	0.97	0.62	0.35	0.28
COLA-RMAS-CCSM4	1.04	1.41	1.42	1.37	1.25	1.12	1.00	0.90	0.76	0.60	0.41
<b>Promedio</b>											
NMME	1.55	1.71	1.78	1.76	1.62	1.36	1.04	0.66	0.35	-0.05	-0.31

<sup>2</sup> Desde febrero de 2021, el modelo GFDL\_SPEARS (<https://www.gfdl.noaa.gov/spear/>) reemplazará a los modelos GFDL\_CM2.1 y GFDL\_FLOR.



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 Inteligencia Artificial (IA) del IGP con condiciones iniciales de setiembre —promediado hasta el día 22 solo para las variables del nivel del mar y temperatura superficial del mar— pronostica en promedio que las condiciones extremas de El Niño en la región oriental (valor de  $E > 1.5$ ) tienden a disminuir, dejando el rango de extremo en diciembre. La probabilidad de tener un evento El Niño extremo para enero es de 56.79 %, valor inferior a la última simulación. Lo que favorece principalmente este desarrollo son las anomalías de la TSM y viento meridional de julio, agosto y setiembre en la región oriental (ver líneas rojas continuas) (Figura 16).

## Conclusiones

Durante setiembre, según la información oceánica y atmosférica, los valores de la TSM permanecieron por encima de su normal en toda la región ecuatorial. La profundidad de la termoclina muestra una profundización en la zona oriental. Por otra parte, los vientos alisios se mantienen débiles e intensos en la región occidental y oriental, respectivamente; los valores de precipitación en la región central y occidental del Pacífico mostraron valores por encima pero cercanos a su normal.

Frente a costa norte y centro del Perú (región Niño 1+2), las anomalías diarias de la TSM se mantuvieron con valores positivos (alrededor de 2.8 °C), a pesar de la tendencia negativa que se observa desde inicios de setiembre. Como consecuencia de estos valores altos de anomalía, el valor del ICEN para agosto es de 2.91, manteniéndose en la condición cálida fuerte. Como parte de su evolución, el evento El Niño Costero 2023, a la fecha, ha alcanzado la magnitud fuerte. Por otro lado, los valores del ICEN temporal de setiembre (2.60) y octubre (2.05) mantienen las condiciones cálidas fuertes.

En el Pacífico central los valores observados del ONI y sus temporales mantiene una tendencia positiva hacia un escenario El Niño en el Pacífico central. En las últimas semanas se ha detenido el incremento de la anomalía de la TSM en dicha región.

Según la información *in situ* y remota de la zona ecuatorial, durante setiembre la onda de Kelvin cálida arribó a la costa peruana pero su magnitud fue menor con respecto a las anteriores, aún es posible que una onda de Kelvin cálida lenta arribe a la costa peruana en las siguientes semanas pero su impacto sería principalmente por debajo de la superficie. Se espera ondas de Kelvin cálidas a partir de noviembre.

Los pronósticos de los modelos numéricos de las agencias internacionales indican condiciones cálidas, de fuertes a débiles, por lo pronto, hasta junio de 2024 frente a la costa norte y centro del Perú. Esto significa la continuación de El Niño costero actual hasta, por lo menos, el otoño de 2024. En el Pacífico central, los mismos modelos descritos en el párrafo anterior pronostican que el Niño en el Pacífico central se extendería, por lo pronto, hasta mayo de 2024. El modelo de IA del IGP indica que la probabilidad de un evento extremo para enero de 2024 es de 56.79 %, este resultado estaría influenciado por las anomalías de la TSM y viento meridional de los últimos tres meses (julio, agosto y setiembre).





## 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](https://doi.org/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.
- 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.





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

- **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.
- Zuta, S., y O. Guillén, 1970: Oceanografía de las aguas costeras del Perú. Boletín Instituto Del Mar Del Perú, 2(5), 157-324. <https://revistas.imarpe.gob.pe/index.php/boletin/article/view/249>

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

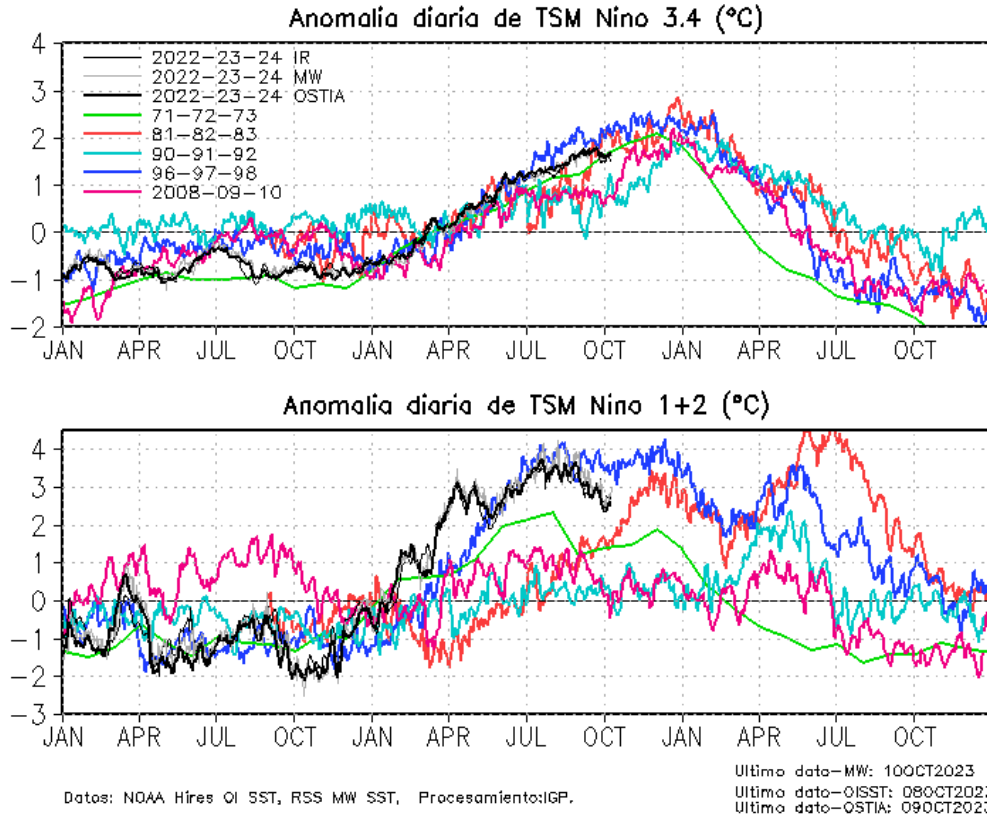
A la Dra. Emily Becker (NOAA) y al Dr. Ben Kirtman (RSMAS) por su apoyo con los datos del proyecto NMME







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

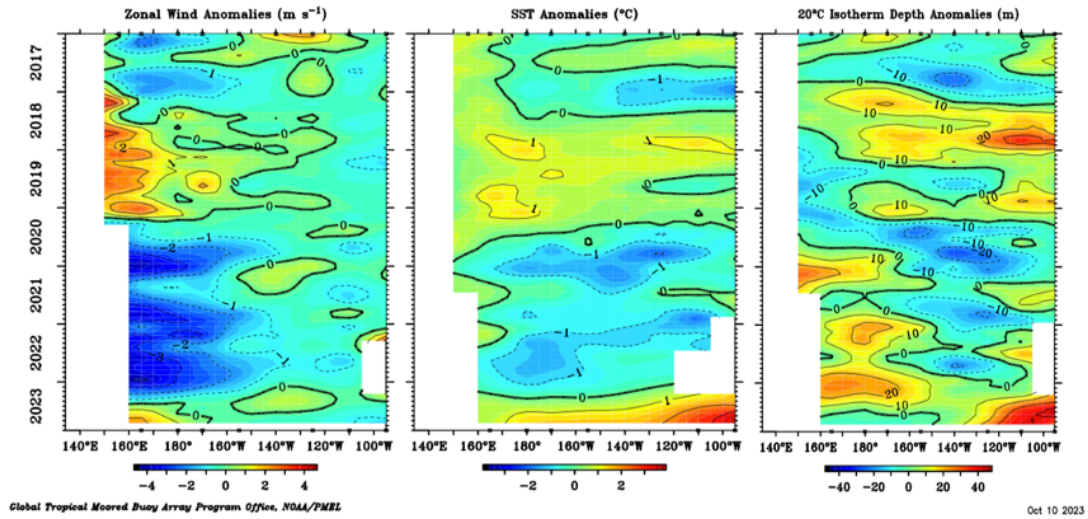


**Figura 1.** Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y 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 1973-1975, 1983-1985, 1992-1994, 1998-2000 y 2016-2018. Elaborado por el IGP.





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



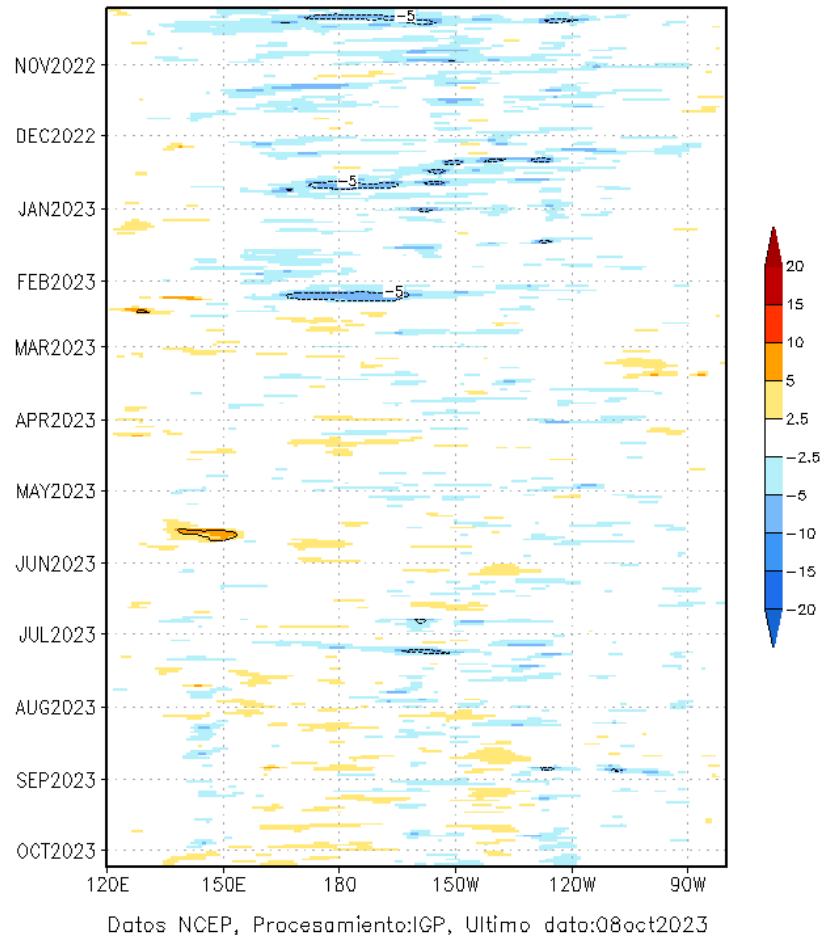
**Figura 2.** Promedio mensual de la anomalía del viento zonal (panel izquierdo), de la temperatura superficial del mar (panel central) y de la profundidad de la isoterma de 20 °C (panel derecho) y a lo largo de la franja ecuatorial del Pacífico (2°S-2°N). Esta imagen se elaboró de otras que se obtienen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





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

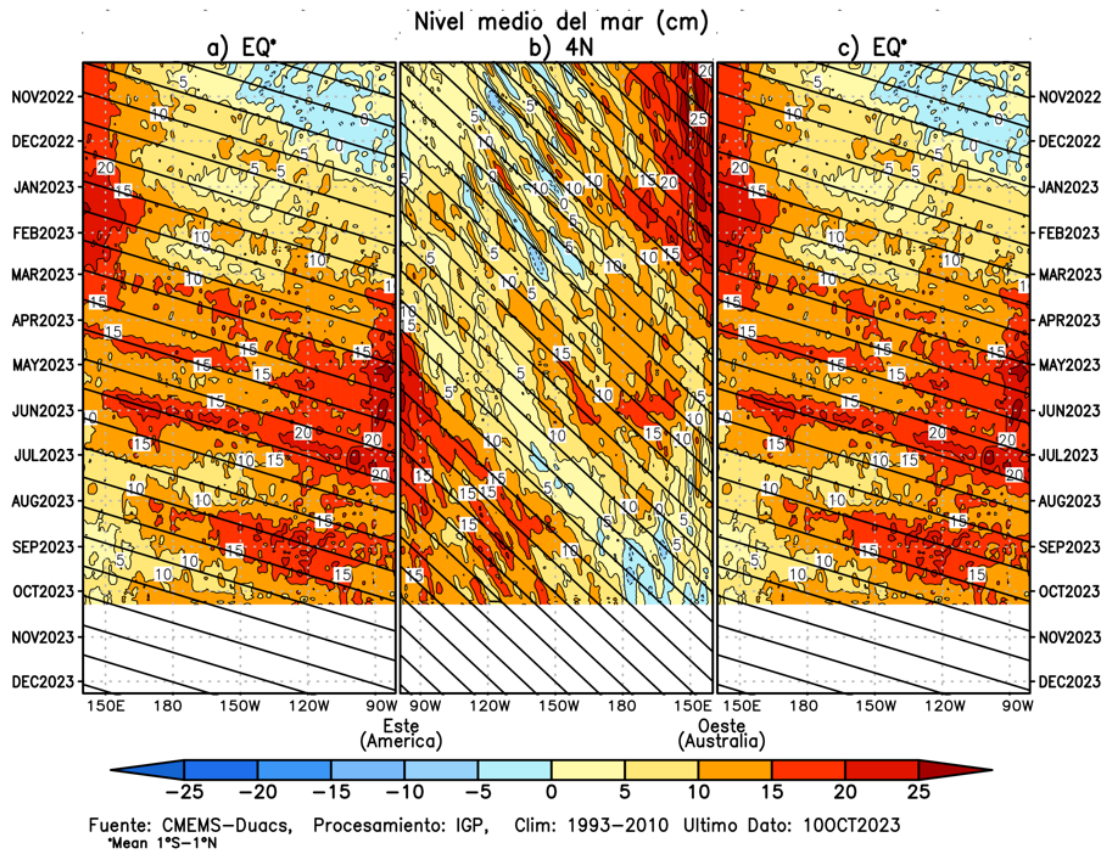
Anomalia de esfuerzo de viento zonal ( $10^2 Nm^{-2}$ )  
promediado entre 2S y 2N



**Figura 3.** Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del esfuerzo de viento zonal ecuatorial que se obtiene de los datos del producto - NCEP hasta el 08 de octubre de 2023. Elaborado por el IGP.



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

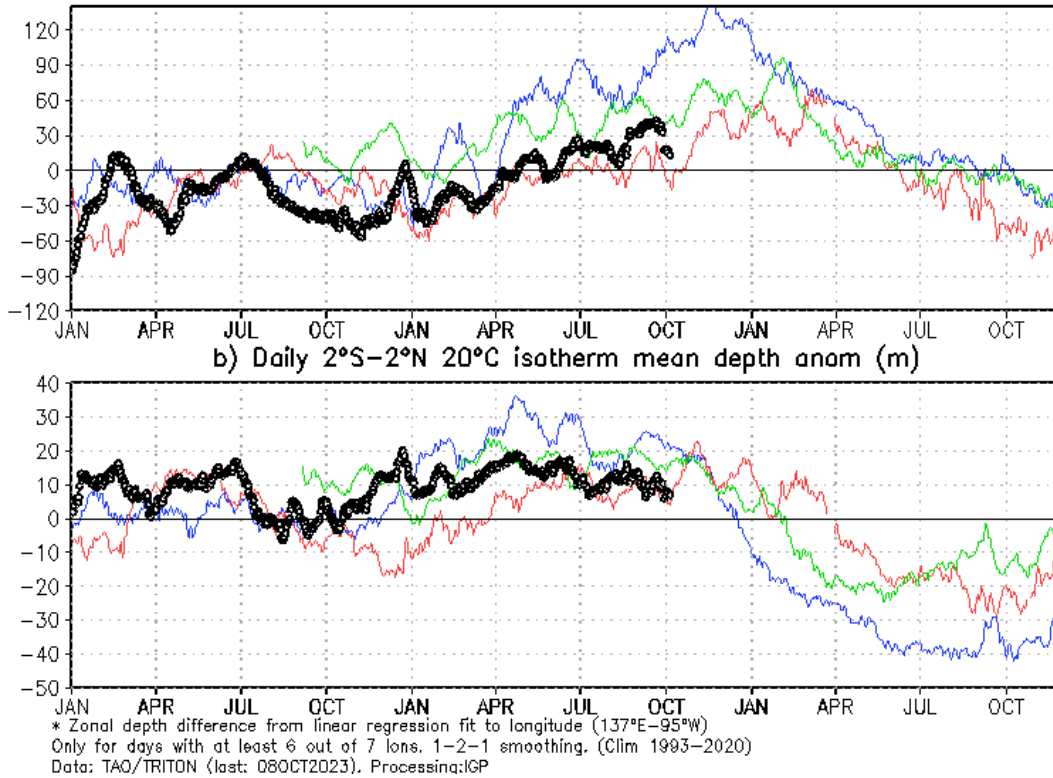


**Figura 4.** Diagramas longitud-tiempo de la anomalía del nivel medio del mar en el Pacífico ecuatorial usando el producto DUACS. Los paneles (a) y (c) son los mismos y representan la información a lo largo de la línea ecuatorial; mientras que (b), a lo largo de 4°N, pero con el eje zonal de este a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

a) Daily 2°S–2°N 20°C isotherm tilt anom (m);  
1996–98 (blue), 2008–10 (red), 2014–16 (green),  
2022–24 (black)



**Figura 5. 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

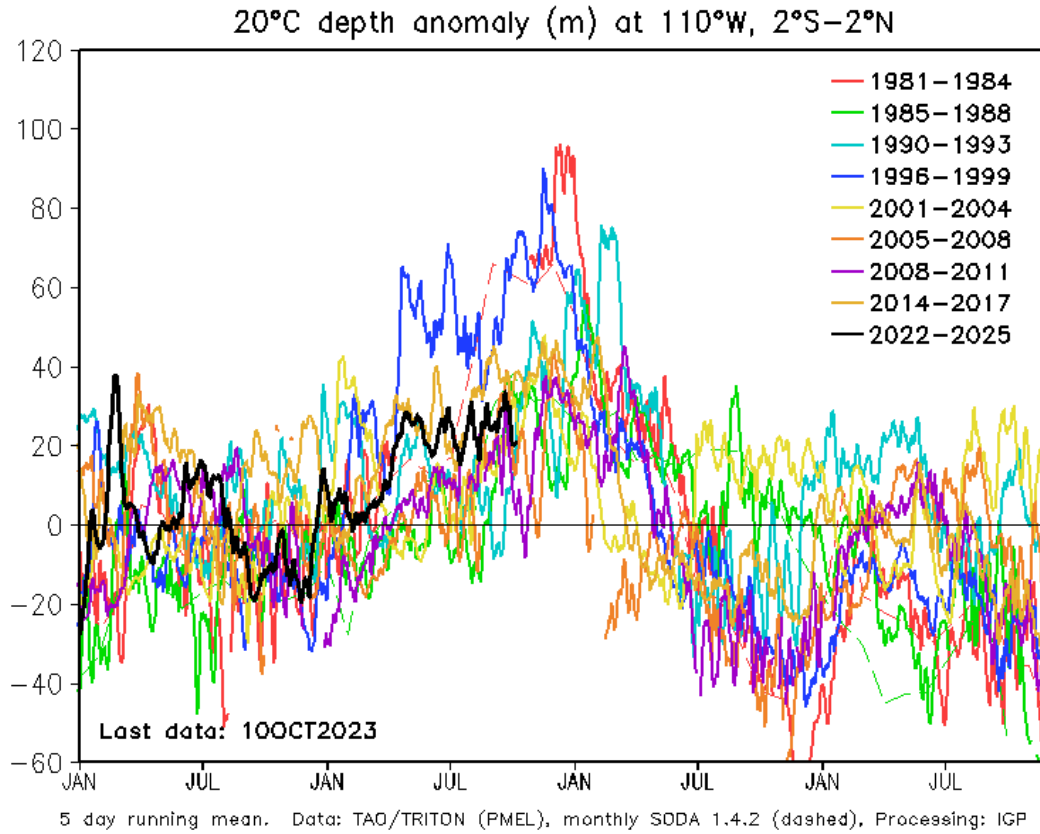
Instituto Geofísico del Perú

Dirección Científica

Subdirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera - CAH



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

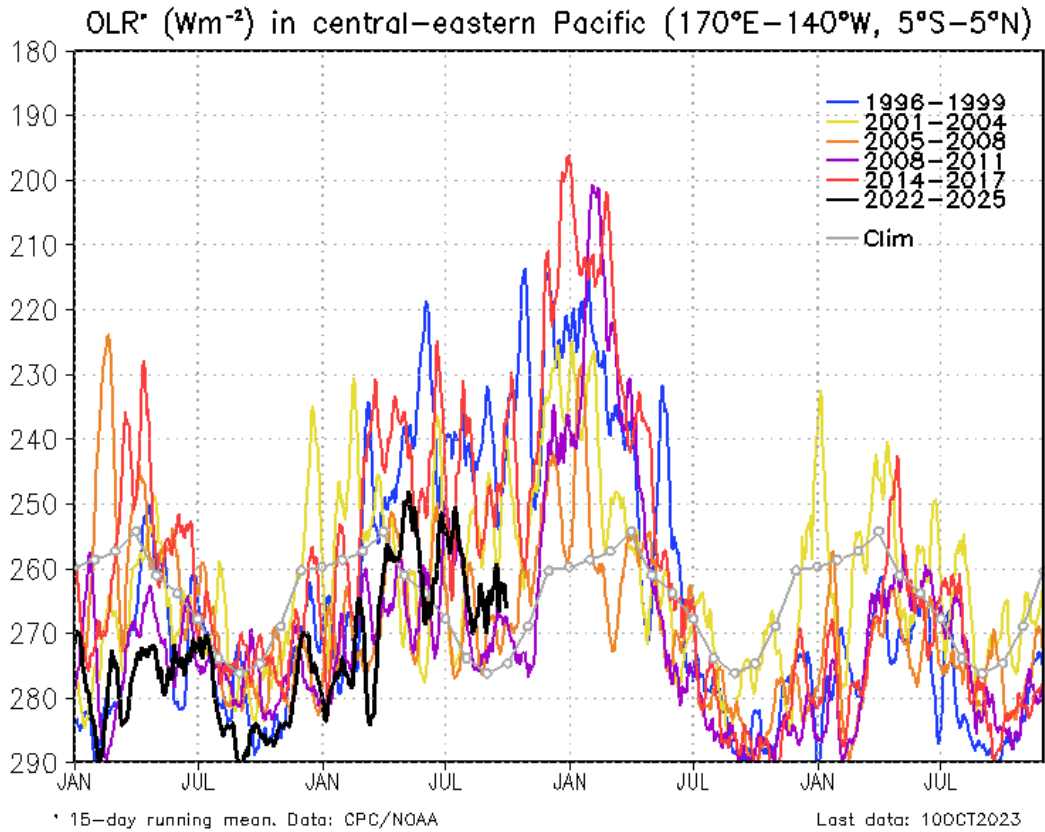


**Figura 6.** Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C (m) en 110°W y promediada entre 2°S y 2°N. La data usada para este calculo proviene de las boyas TAO. Elaborado por el IGP.





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

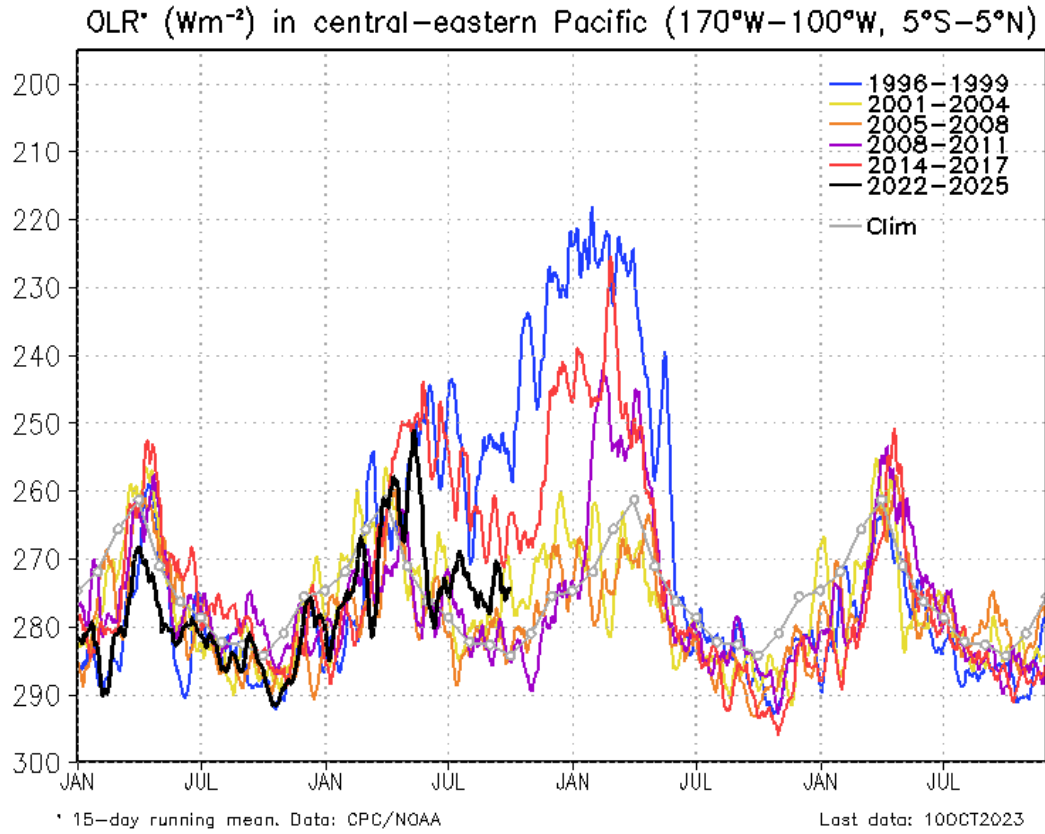


**Figura 7.** Actividad convectiva en el Pacífico central oriental ( $170^{\circ}E-140^{\circ}W$  y  $5^{\circ}S-5^{\circ}N$ ) en base a la información de OLR. Elaborado por el IGP.





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



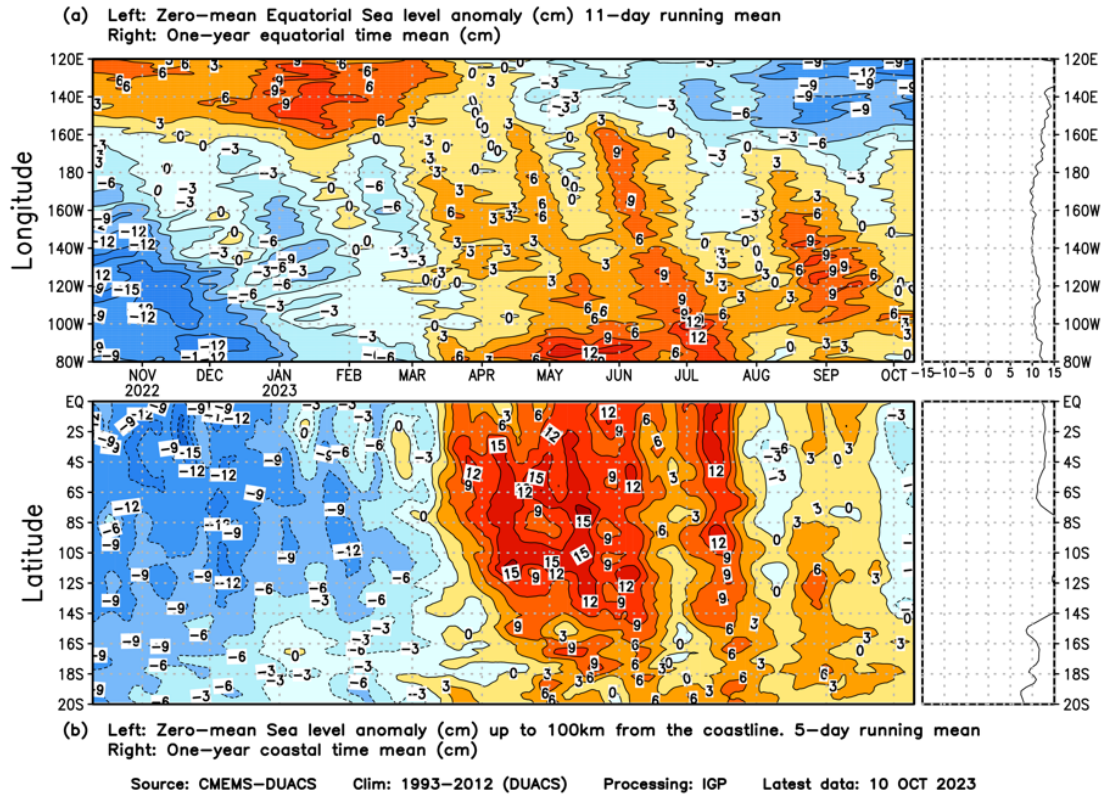
w

**Figura 8.** Actividad convectiva en el Pacífico central oriental ( $170^{\circ}W-100^{\circ}W$  y  $5^{\circ}S-5^{\circ}N$ ) en base a la información de OLR. Elaborado por el IGP.





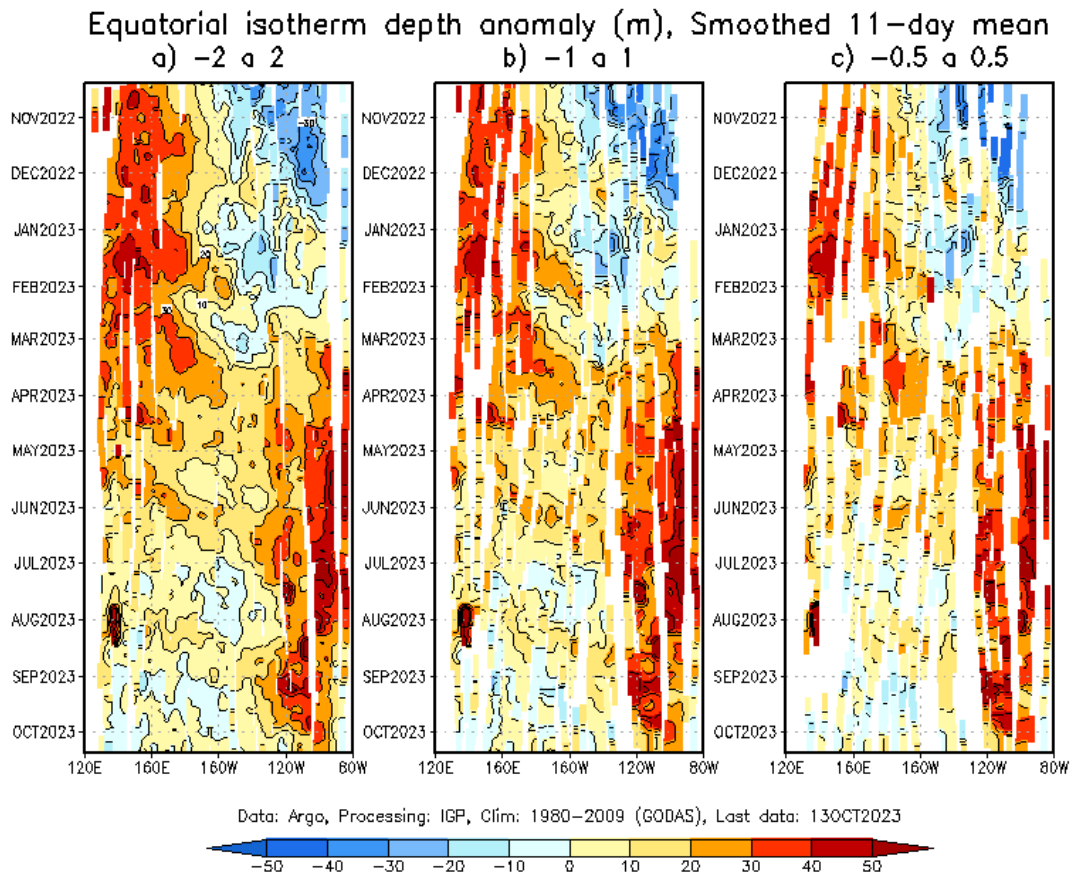
“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”



**Figura 9.** Anomalia centrada del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial (Figura superior-izquierda) y a lo largo de la costa peruana (Figura inferior-izquierda). A la derecha se muestra el promedio de los últimos 365 días en la franja ecuatorial (superior) y a lo largo de la costa (inferior), que fueron sustraídos a las figuras de la izquierda, respectivamente. Las unidades están en centímetros. Elaborado por el IGP.



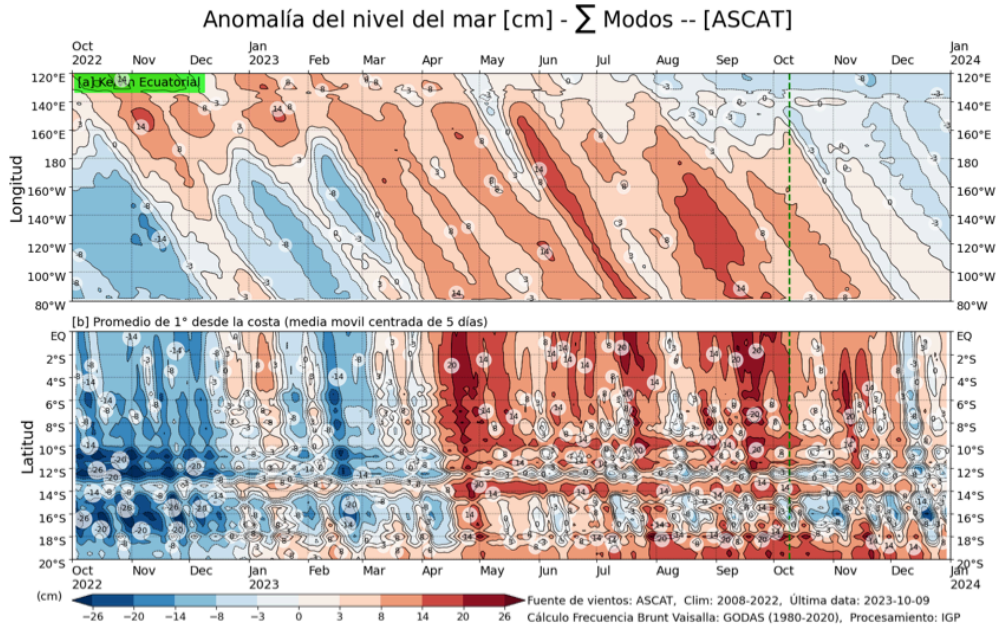
“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”



**Figura 11.** Diagramas de Hovmöller de la anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C (termoclina) basados en la información de los flotadores ARGO promediados en 2°S-2°N (panel izquierdo), 1°S-1°N (panel central) y 0.5°S-0.5°N (panel derecho). Elaborado por el IGP.



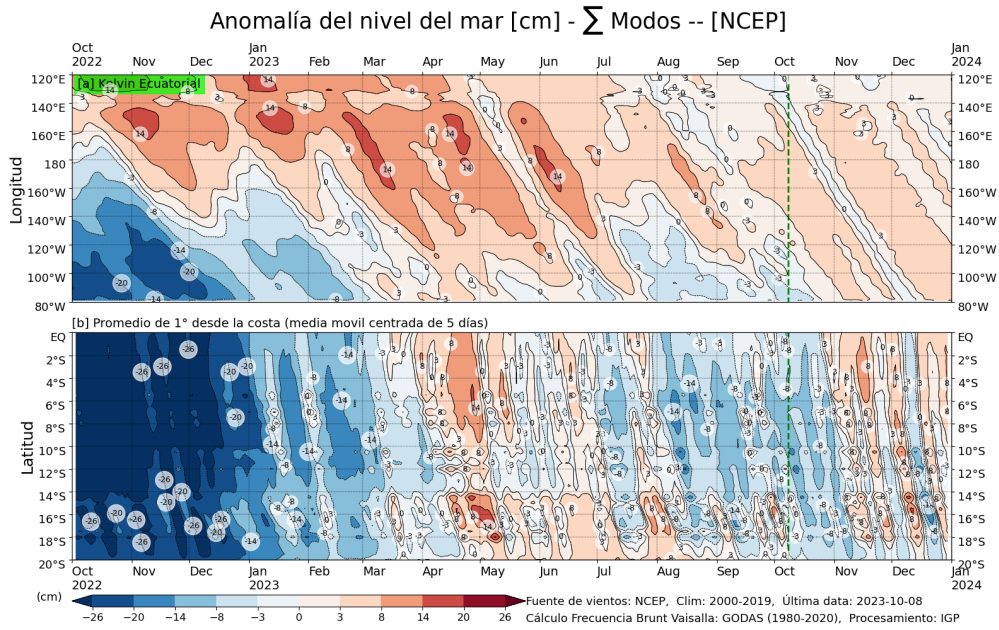
“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”



**Figura 12.** 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. Elaborado por el IGP.



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

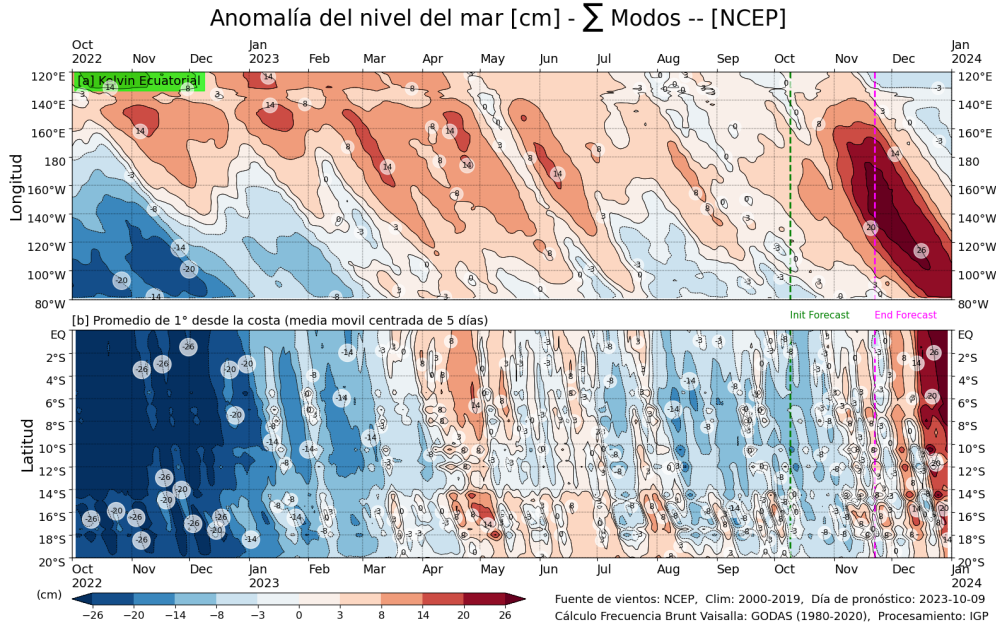


**Figura 13.** Igual que la Figura 12 pero el modelo es forzado con los vientos del *reanalysis* de NCEP. Elaborado por el IGP.





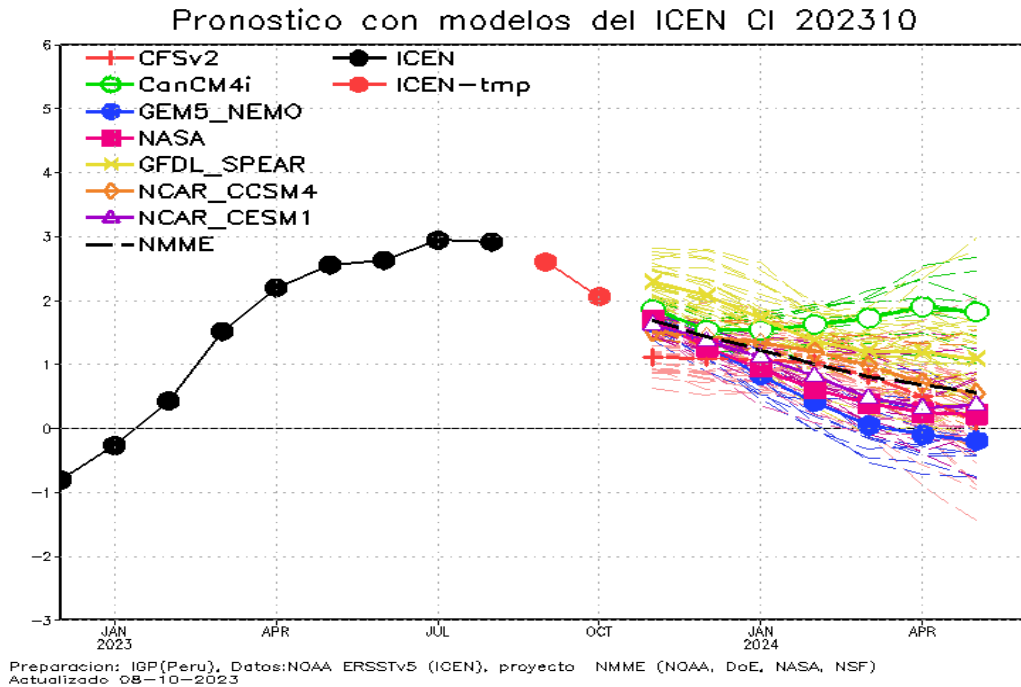
“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”



**Figura 14.** Igual que la Figura 12, pero para el pronóstico de los siguientes 41 días (entre la línea verde y rosada) se usa la información de anomalías de vientos del modelo atmosférico CFSv2. Luego de la línea rosada, los vientos usados para el pronóstico fueron iguales a cero. Fuente: 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.



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

Condiciones Iniciales de Octubre 2023

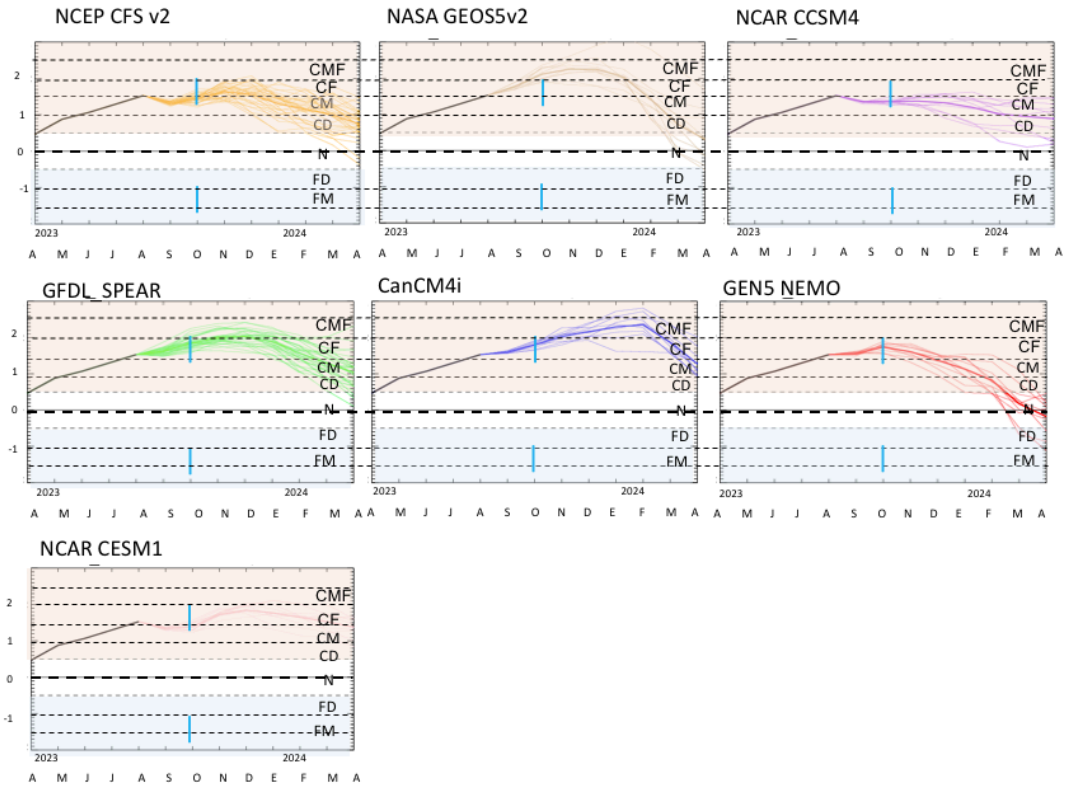
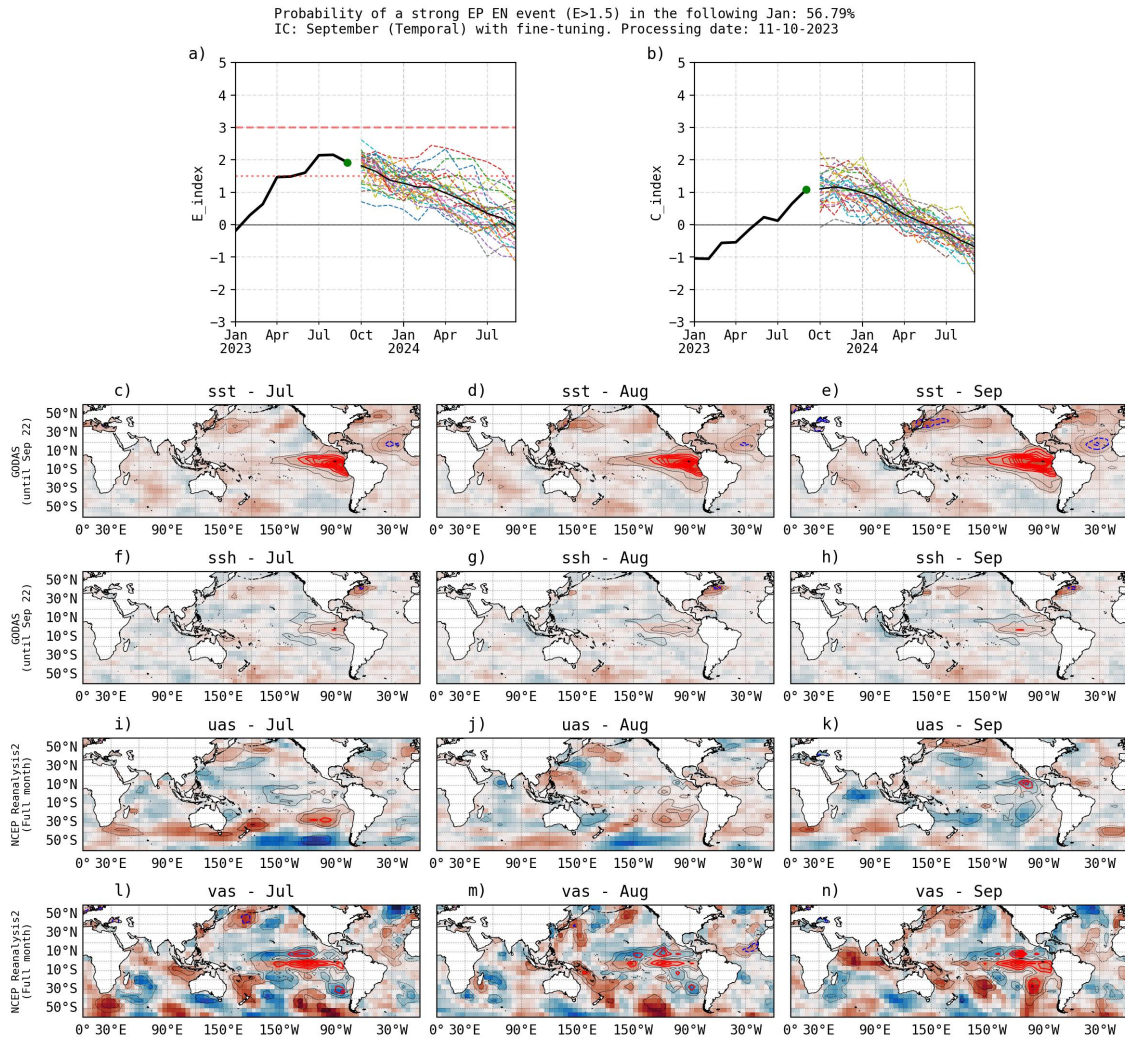


Figura 15. Índice Niño 3.4 mensual observado (líneas de color plomo) y pronosticado por los modelos de NMME (líneas de distintos colores). Fuente: NMME.





“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 setiembre de 2023; el conjunto de líneas entrecortadas de colores indica el pronóstico del índice E desde octubre de 2023 a setiembre 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.