



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

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/2021-12

19/01/2022

Advertencia: El presente informe sirve como insumo para la Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN). El pronunciamiento colegiado de la comisión multisectorial del ENFEN es la información oficial definitiva. La presente información podrá ser utilizada bajo su propia responsabilidad.

Resumen

El valor del Índice Costero El Niño (ICEN) para noviembre ($-1.18\text{ }^{\circ}\text{C}$) indica una condición climática fría débil frente a la costa peruana; entretanto, los valores del ICEN temporal (ICEN-tmp) de diciembre y enero de 2022 indican condiciones frías moderadas. Por otro lado, para el Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de noviembre ($-0.98\text{ }^{\circ}\text{C}$) muestra la condición fría débil, pero el ONI temporal (ONI-tmp) de diciembre ($-1.08\text{ }^{\circ}\text{C}$), al igual que el de enero ($-1.23\text{ }^{\circ}\text{C}$), indica condición fría moderada. Las observaciones, *in situ* y satelital, en el mar peruano indican condiciones frías, principalmente dentro de los cien metros de profundidad, lo cual sería la consecuencia de la presencia del paquete de ondas de Kelvin frías. Debido a las condiciones actuales, se observa la presencia de un paquete de ondas de Kelvin frías. Por otro lado, según los mismos resultados de los modelos de ondas, se observa el desplazamiento de una onda de Kelvin cálida, que actualmente se encuentra en 140°W , la cual arribaría a las costas americanas durante febrero.

El promedio de las predicciones numéricas de los seis modelos climáticos de NMME, inicializados con la información oceánica y atmosférica de enero de 2022, indica condiciones frías moderadas y débiles para enero y febrero, respectivamente, y condiciones neutras entre marzo y agosto frente a la costa peruana. De cumplirse las condiciones frías en enero y febrero, entonces se habría desarrollado un evento La Niña costera de magnitud débil. Por otro lado, para el Pacífico central, los resultados de estos mismos modelos indican condiciones frías moderadas hasta abril, seguida de condiciones frías débiles para mayo y junio del mismo año. Según estos resultados, el desarrollo del evento La Niña en el Pacífico central se extendería, por lo pronto, hasta junio. Por lo tanto, es más probable, basado en las evidencias científicas, un escenario de lluvias por encima de lo normal durante el verano en los Andes del centro y sur del Perú.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

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 ICEN (región Niño 1+2) para noviembre, el cual indica una condición fría débil (ver Tabla 1). Para el cálculo del ICEN se utilizan los datos que son denominados como “datos en tiempo real”, los que cambian en el transcurso de los siguientes meses. Por esto, existirán pequeñas discrepancias en el valor del ICEN para los meses anteriores cuando se use la data actualizada.

Tabla 1. Valores recientes del ICEN (columnas 3 y 4).

Año	Mes	ICEN	Categoría
2021	Agosto	-0.36	Neutra
2021	Setiembre	-0.59	Neutra
2021	Octubre	-0.83	Neutra
2021	Noviembre	-1.18	Fría Débil

Para los siguientes dos meses se generan versiones 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 resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. ICEN temporales (ICENtmp) y sus categorías para diciembre y enero de 2022.

Año	Mes	ICENtmp	Categoría
2021	Diciembre	-1.34	Fría Moderada
2022	Enero	-1.35	Fría Moderada

Los valores del ICENtmp de diciembre de 2021 y enero 2022 indican condiciones frías moderadas (ver Tabla 2).

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

Índice Oceánico Niño (ONI)

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), el ONI (*Ocean Niño Index* en inglés) de noviembre, actualizado por la NOAA, tiene el valor de -0.98°C , el que corresponde a una condición fría débil¹.

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 ($^{\circ}\text{C}$)	Categoría
2021	Agosto	-0.46	Neutra
2021	Setiembre	-0.67	Fría débil
2021	Octubre	-0.80	Fría débil
2021	Noviembre	-0.98	Fría débil

Los valores estimados del ONI (ONItmp) de diciembre de 2021 y enero 2022, usando datos observados y de los pronósticos de NMME, indican condiciones frías moderadas (ver Tabla 4).

Tabla 4. Estimados preliminares del ONI (ONItmp)

Índice Oceánico Niño temporales			
Año	Mes	ONItmp ($^{\circ}\text{C}$)	Categoría
2021	Diciembre	-1.08	Fría moderada
2022	Enero	-1.23	Fría moderada

Diagnóstico del Pacífico ecuatorial

En el mes de diciembre, las anomalías diarias de la TSM en la zona Niño 3.4 estuvieron dentro del rango de frías moderadas. Por otro lado, en la región Niño 1+2 se observaron anomalías negativas que variaron entre los rangos de frías débiles y frías fuertes (Figura 1).

Conforme con la información mensual de las boyas de TAO a lo largo del Pacífico ecuatorial, los vientos alisios continúan más intensos que lo normal, en especial en la zona occidental y central (Figura 2a). En relación a la anomalía de la TSM, esta mostró valores negativos en todo el Pacífico ecuatorial (Figura 2b). Finalmente, en cuanto a la profundidad de la isoterma de 20°C , se han observado valores negativos (positivos) al oeste (este) de 155°W (Figura 2c).

Según la información diaria del esfuerzo de viento zonal ecuatorial del producto ASCAT, en la primera semana de diciembre se presentaron intensos pulsos de viento del oeste en el Pacífico occidental (135° - 155°E); por otra parte, se presentaron pulsos de viento del este en el Pacífico central (160°E - 170°W), durante todo el mes, tal como se aprecia en la Figura 3.

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 Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

Conforme a la información diaria de los datos de TAO, la termoclina se encuentra más inclinada que lo normal (Figura 5a), mientras que su profundidad promedio —relacionada al contenido de calor— se encuentra con valores superiores a su normal (Figura 5b). En la región oriental, la anomalía de la profundidad de la termoclina, basada en la información diaria de una de las boyas de TAO (95°W), continuó mostrando valores menores a su normal, en promedio (Figura 6).

En diciembre, la data de OLR (Outgoing Longwave Radiation) —que está relacionada con la convección—, tanto en la zona occidental (170°E-140°W, 5°S-5°N) como la oriental (170°W-100°W, 5°S-5°N), muestra valores mayores a su climatología. Ver Figura 7 (zona occidental) y 8 (zona oriental).

Según la información observada y la de los modelos numéricos de ondas en el Pacífico ecuatorial, la onda de Kelvin cálida alcanzó la costa sudamericana sin generar mayor impacto. Por otro lado, la onda de Kelvin fría continuará impactando la costa americana. Finalmente, debido al desarrollo de pulsos de vientos del oeste en el Pacífico ecuatorial occidental, se formó una onda de Kelvin cálida, la que actualmente se localiza en los 140°W (Figura 4).

Ondas de Kelvin a lo largo de la costa peruana

Frente a la costa peruana y dentro de las 200 millas náuticas, el promedio de los últimos 30 días indica que los vientos alisios estuvieron más intensos de lo normal, mientras que la TSM y el nivel del mar mostraron valores por debajo de sus normales. Según los datos de los flotadores ARGO, las anomalías negativas de la superficie del mar se han extendido hasta aproximadamente los 75 metros de profundidad. Asimismo, se han desarrollado anomalías positivas por debajo de los 100 m, —entre aproximadamente 11.8°S y 8.2°S— y por debajo de los 400 metros en otras zonas. Por otro lado, basado en la información de la salinidad, se observan masas de agua subtropicales superficiales frente a la costa central y sur, mientras que en el norte se observaron aguas costeras frías y masas de agua ecuatoriales (ver Figura 12).

Sin el promedio de los últimos 365 días, la información diaria de DUACS a lo largo de la costa peruana mostró anomalías negativas del nivel del mar que serían el resultado del paso del paquete de ondas de Kelvin frías que iniciaron su arribo a comienzos de diciembre (Figura 11b). Según la información del flotador ARGO (No. 3901808), el cual se localizó entre 82.8° y 81.6°W, así como entre 8.8° y 7.5°S, y alrededor de las 180 millas náuticas frente a la costa norte del Perú, se observaron anomalías negativas hasta los 100 m de profundidad, siendo más frías en la parte superficial, y anomalías positivas a finales de mes e inicios de enero (Figura 13).

Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

Según los modelos de ondas, se espera aún la presencia de anomalías negativas del nivel del mar durante el mes de enero como consecuencia del paso del segundo paquete de ondas frías. Por otro lado, una onda de Kelvin cálida continúa su desplazamiento hacia la costa y, según el modelo, arribaría durante el mes de febrero (Figura 9, 10 y 14).

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para la región Niño 1+2, los resultados de seis modelos climáticos de NMME (CFSv2, CanCM4i, GEM5_NEMO, NASA, GFDL_SPEAR² y NCAR_CCSM4), con condiciones iniciales de enero 2022 y con una proyección a agosto de 2022, indican condiciones frías moderadas y frías débiles para enero y febrero de 2022, respectivamente, condiciones neutras entre marzo y agosto de 2022; sin embargo, sus anomalías serían negativas hasta junio de 2022 (ver Tabla 5 y Figura 15). De cumplirse las condiciones frías en enero y febrero, entonces se habría desarrollado un evento La Niña costera de magnitud débil.

Tabla 5. Pronósticos del ICEN a partir de modelos climáticos con condiciones iniciales de enero de 2022.

<i>Modelo</i>	<i>NDE</i>	<i>DEF</i>	<i>EFM</i>	<i>FMA</i>	<i>MAM</i>	<i>AMJ</i>	<i>MJJ</i>	<i>JJA</i>	<i>JAS</i>
<i>CFS2</i>		-1.30	-0.96	-0.75	-0.71	-0.64	-0.47	-0.23	-0.16
<i>CanCM4i</i>		-1.29	-0.95	-0.71	-0.51	-0.17	0.31	0.70	0.82
<i>GEM5_NEMO</i>		-1.24	-0.85	-0.69	-0.68	-0.70	-0.59	-0.47	-0.42
<i>NASA</i>		-1.22	-0.96	-0.95	-0.80	-0.77	-0.54	-0.29	0.12
<i>GFDL_SPEARE</i>		-1.51	-1.17	-0.69	-0.12	0.26	0.48	0.56	0.61
<i>NCAR_CCSM4</i>		-1.56	-1.28	-1.00	-0.78	-0.64	-0.46	-0.37	-0.36
<i>NMME</i>		-1.35	-1.03	-0.80	-0.60	-0.44	-0.21	-0.02	0.10
<i>ICENtmp</i>	-1.34								

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), según los resultados de los mismos modelos mencionados en el párrafo anterior, a partir de diciembre se esperarían condiciones frías —desde moderadas a débiles— hasta por lo menos junio de 2022. Estos resultados indican la evolución de La Niña, de magnitud moderada, en el Pacífico central, el que se extendería hasta otoño de 2022 (ver Tabla 6 y Figura 16).

Tabla 6. Pronósticos del ONI a partir de modelos climáticos con condiciones iniciales de enero de 2022.

<i>Modelo</i>	<i>NDE</i>	<i>DEF</i>	<i>EFM</i>	<i>FMA</i>	<i>MAM</i>	<i>AMJ</i>	<i>MJJ</i>	<i>JJA</i>	<i>JAS</i>
<i>CFS2</i>		-1.03	-1.00	-0.95	-0.99	-0.96	-0.80	-0.65	-0.54
<i>CanCM4i</i>		-1.12	-0.95	-0.58	-0.24	0.05	0.31	0.64	0.85
<i>GEM5_NEMO</i>		-1.00	-0.99	-0.98	-0.91	-0.73	-0.52	-0.39	-0.33
<i>GFDL_SPEARE</i>		-2.24	-3.02	-3.25	-2.94	-2.41	-1.86	-1.43	-1.16
<i>NASA</i>		-0.86	-0.65	-0.44	-0.26	-0.04	0.16	0.33	0.35
<i>NCAR_CCSM4</i>		-1.12	-1.11	-0.99	-0.86	-0.68	-0.53	-0.46	-0.45
<i>NMME</i>		-1.23	-1.29	-1.20	-1.03	-0.80	-0.54	-0.33	-0.21
<i>ONItmp</i>	-1.08								

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

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

Conclusiones

En el Pacífico central continúa la evolución de La Niña, la cual se manifiesta con los índices oceánicos y atmosféricos. Particularmente, se observa que los vientos alisios sobre la franja ecuatorial continúan más intensos de lo normal y estarían provocando una menor (mayor) profundidad de la termoclina en la región oriental (occidental). Estos vientos también estarían influyendo en la posición de la llamada “piscina caliente”, la cual se localiza más al oeste de su posición normal.

Durante diciembre, en la costa peruana se han observado también, en la variación diaria, anomalías negativas tanto en el nivel del mar como en la TSM. Esta última alcanzó la condición fría fuerte en la región Niño 1+2. El ICEN del mes de noviembre corresponde a condiciones frías débiles; asimismo, los ICEN-temporales de los meses de diciembre y enero que indican condiciones frías moderadas. De cumplirse esto, entonces se estaría presentando un evento La Niña costera de magnitud débil.

Como consecuencia de la llegada del segundo paquete de ondas de Kelvin frías se esperaría anomalías negativas en el nivel del mar en enero. Por otro lado, un pulso de viento del oeste durante diciembre y en el extremo occidental, según los modelos de ondas, habría formado una onda de Kelvin cálida, la cual continúa su desplazamiento hacia la costa americana y arribaría durante febrero.

Los pronósticos de los modelos numéricos de las agencias internacionales indican que frente a la costa norte y centro del Perú se esperan, en promedio, condiciones frías débiles para los meses de enero y febrero. Desde marzo a junio de 2022, las condiciones estarían dentro del rango normal. Estos mismos modelos pronostican que en el Pacífico central se tendrían condiciones frías desde moderadas a débiles hasta junio de 2022. Esto indica, básicamente, el desarrollo normal del evento La Niña, el cual tendría una magnitud moderada y se extendería —por lo pronto— hasta junio de 2022. Hay que tener en cuenta que un escenario de lluvias con valores por encima de lo normal en los Andes del centro y sur del Perú son característicos de un evento La Niña en el Pacífico central durante el verano.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

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.
- Lavado-Casimiro, W., **Espinoza, J. C.**, 2014: Impactos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú (1965-2007), Revista Brasileira de Meteorologia, 29 (2), 171-182.
- Meehl G, Hu A, Teng H, 2016: Initialized decadal prediction for transition to positive phase of the Interdecadal Pacific Oscillation. *Nature Communications*, doi: 10.1038/ncomms11718
- **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
- **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 del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

- **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., 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.

Gerardo Rivera, Bach.

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 Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

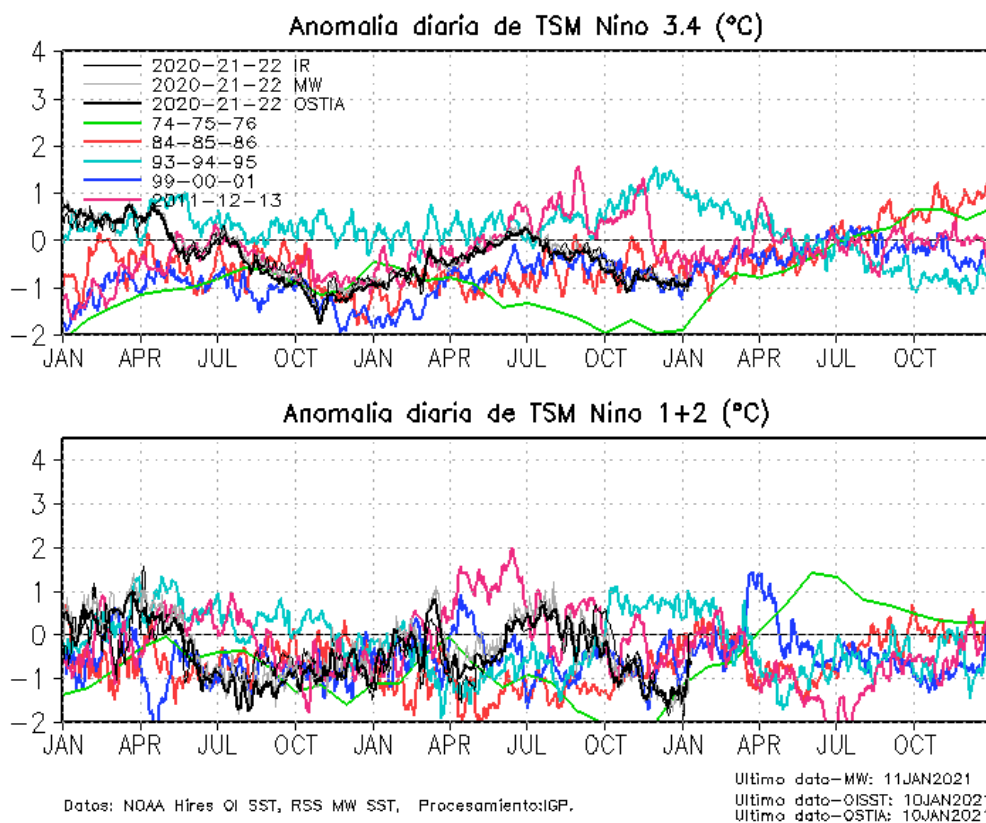


Figura 1. Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del 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 2010-2012. Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

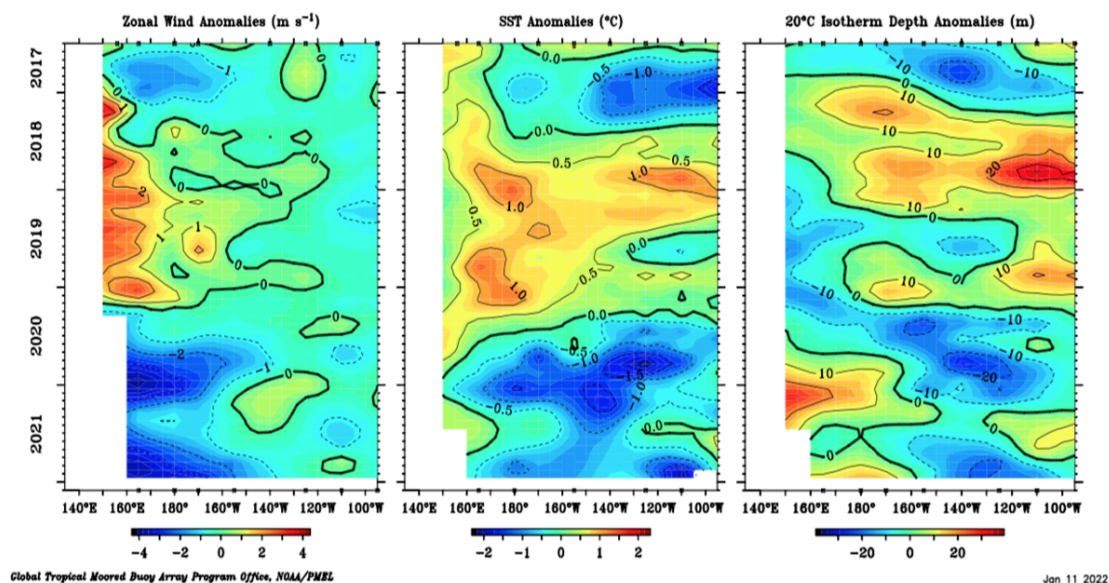
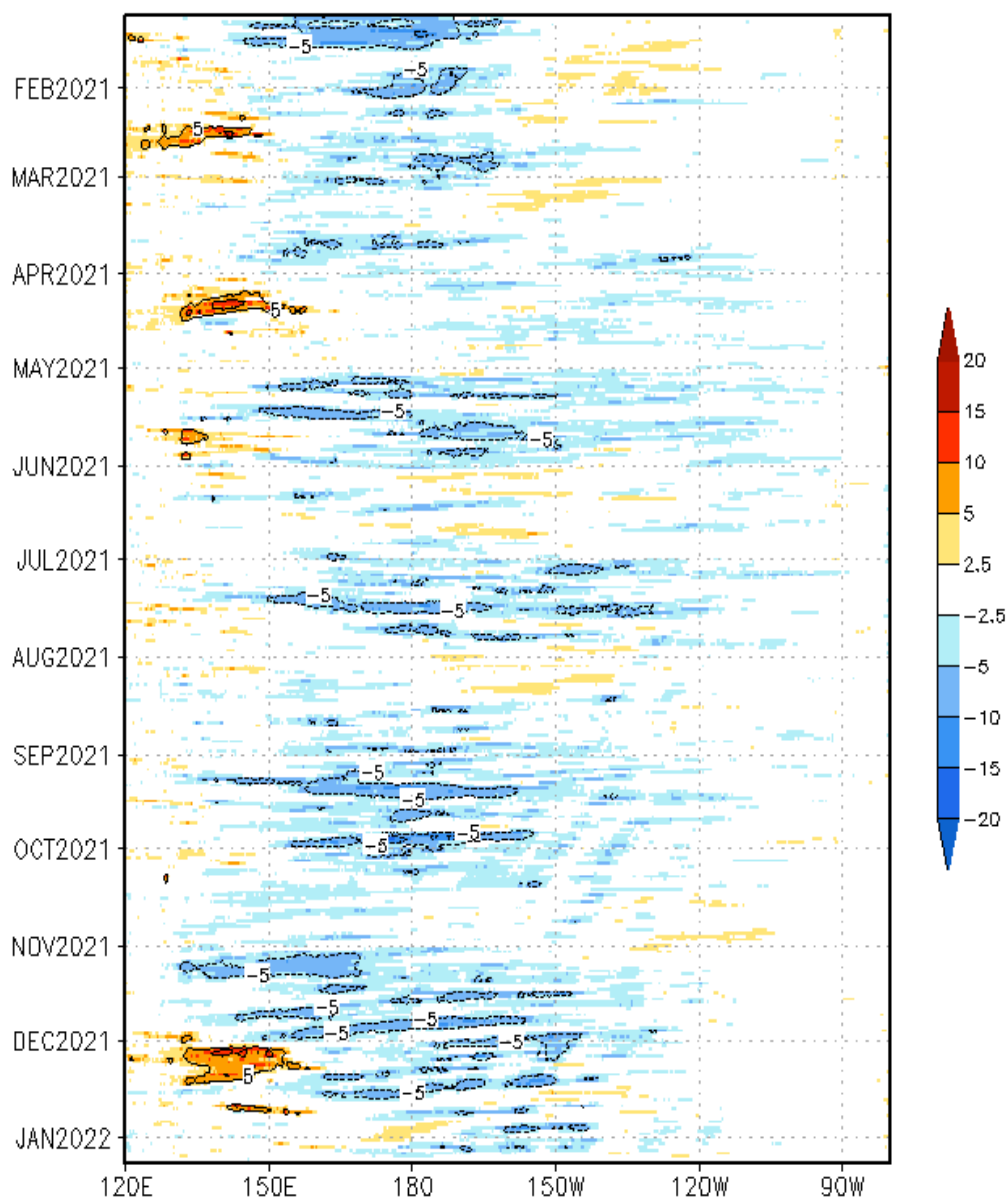


Figura 2. Promedio mensual de la anomalía del viento zonal (a), de la profundidad de la isoterma de 20 °C (b) y de la temperatura superficial del mar (c) a lo largo de la franja ecuatorial del Pacífico (2°S-2°N). Esta imagen se elaboró de otras que se obtienen del proyecto TAO: www.pmel.noaa.gov/tao.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

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



Datos ASCAT, Procesamiento:IGP, Ultimo dato:09Jan2022
Clim corregida con ERA

Figura 3. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del esfuerzo de viento zonal ecuatorial que se obtiene de los datos del producto ASCAT hasta el 09 de enero de 2022. Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

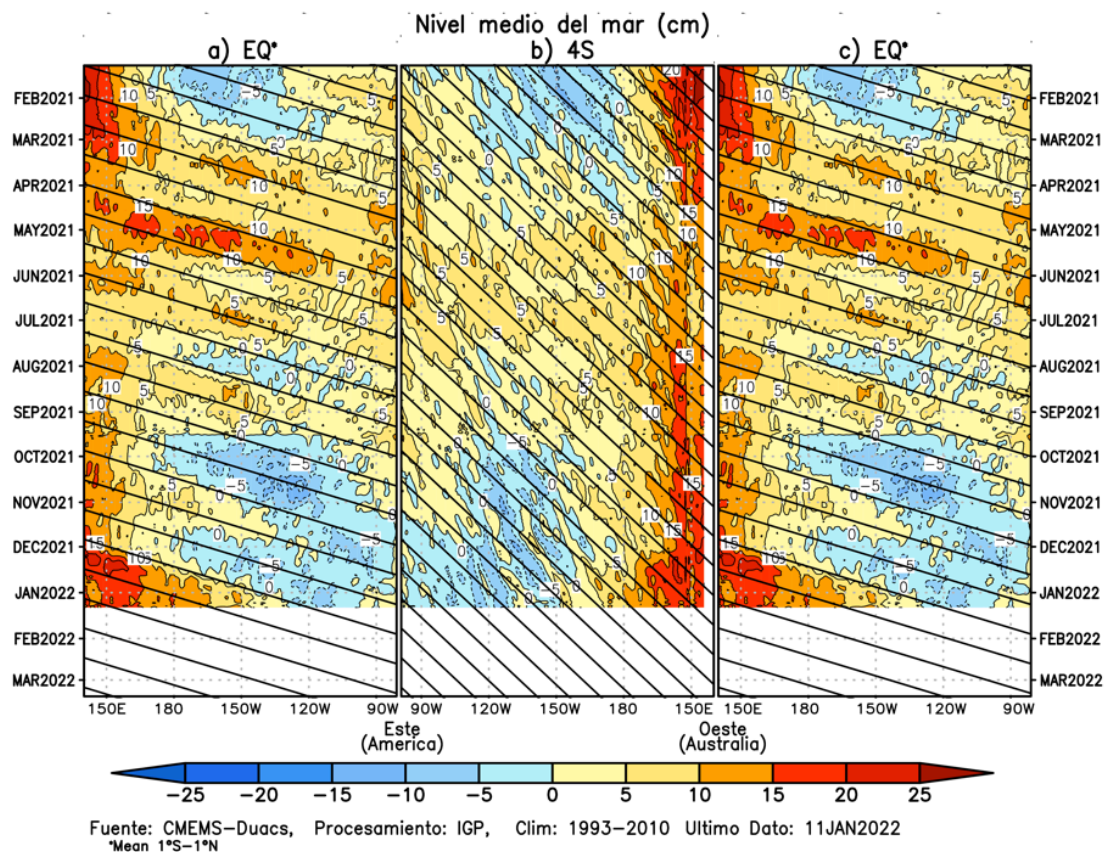
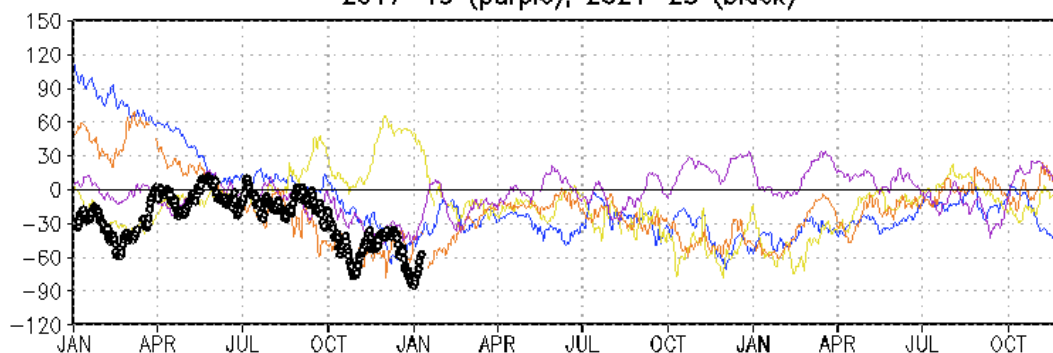


Figura 4. Diagramas longitud-tiempo de la anomalía del nivel medio del mar en el Pacífico ecuatorial usando el producto DUACS. Los paneles (a) y (c) son los mismos y representan la información a lo largo de la línea ecuatorial; mientras que (b), a lo largo de 4°S, pero con el eje zonal de este a oeste. Las líneas diagonales indican la trayectoria teórica de la onda de Kelvin (a y c) y Rossby (b) si tuvieran una velocidad aproximada de 2.6 m/s y 0.87 m/s, respectivamente. Elaborado por el IGP.

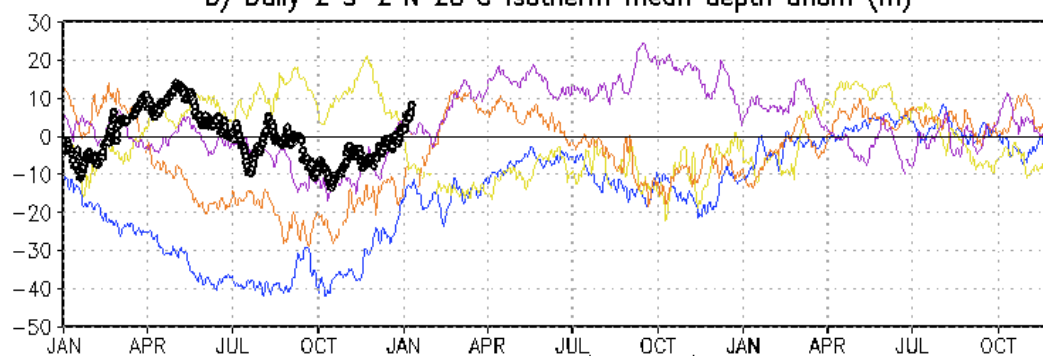
“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

a) Daily $2^{\circ}\text{S}-2^{\circ}\text{N}$ 20°C isotherm tilt anom (m):
1998-00 (blue), 2006-08 (yellow), 2010-12 (orange),
2017-19 (purple), 2021-23 (black)



b) Daily $2^{\circ}\text{S}-2^{\circ}\text{N}$ 20°C isotherm mean depth anom (m)



* Zonal depth difference from linear regression fit to longitude ($137^{\circ}\text{E}-95^{\circ}\text{W}$)
Only for days with at least 6 out of 7 lons. 1-2-1 smoothing. (Clim 1993-2020)
Data: TAO/TRITON (last: 09JAN2022). Processing: IGP

Figura 5. 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 Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

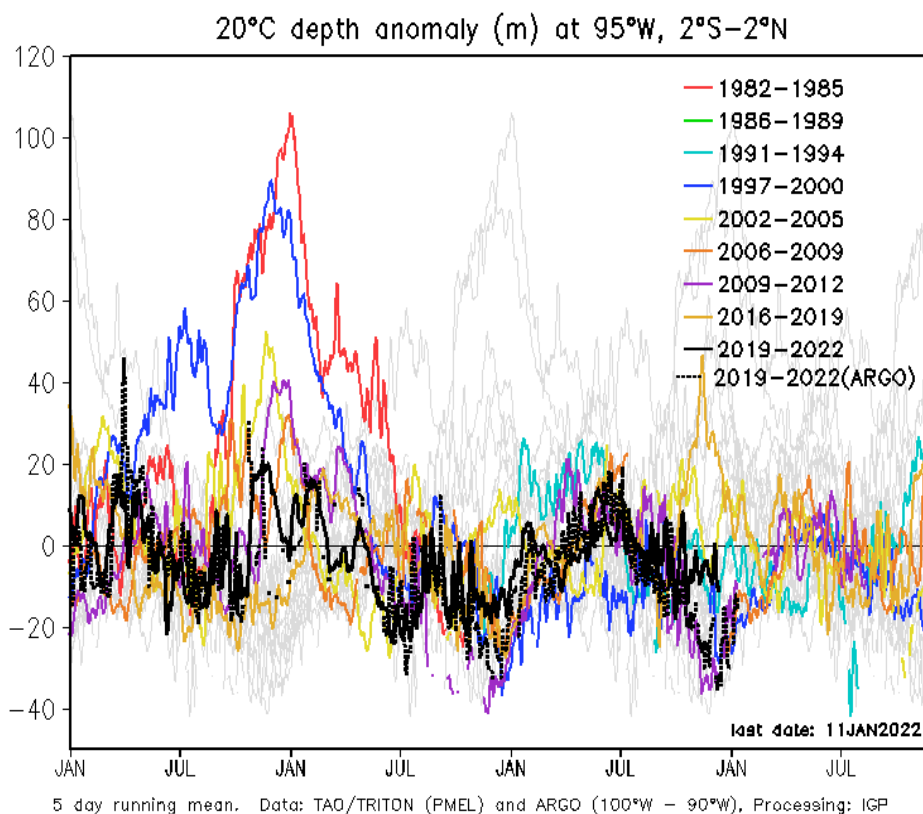


Figura 6. Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C (m) en 95°W y promediada entre 2°S y 2°N, con datos de ARGO (línea negra cortada) y TAO (línea negra continua). Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

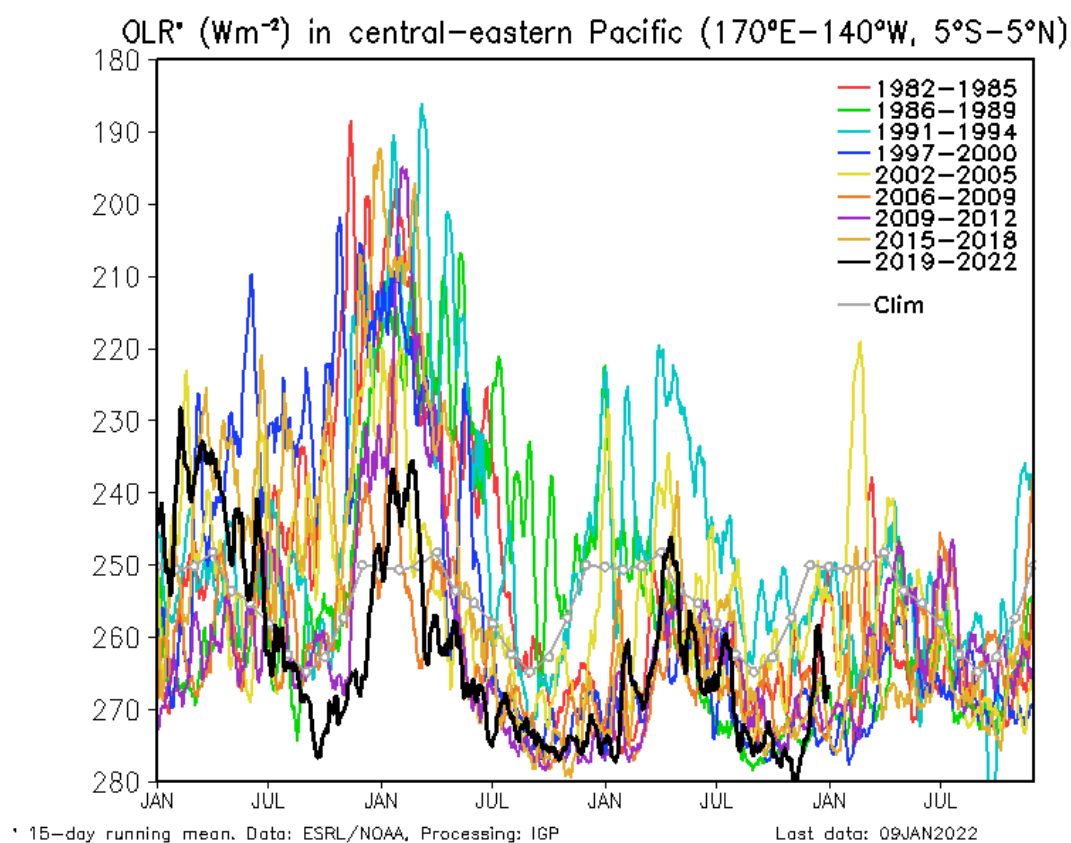


Figura 7. Actividad convectiva en el Pacífico central oriental ($170^{\circ}\text{E}-140^{\circ}\text{W}$ y $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) en base a la información de OLR. Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

OLR* (Wm^{-2}) in central-eastern Pacific (170°W – 100°W , 5°S – 5°N)

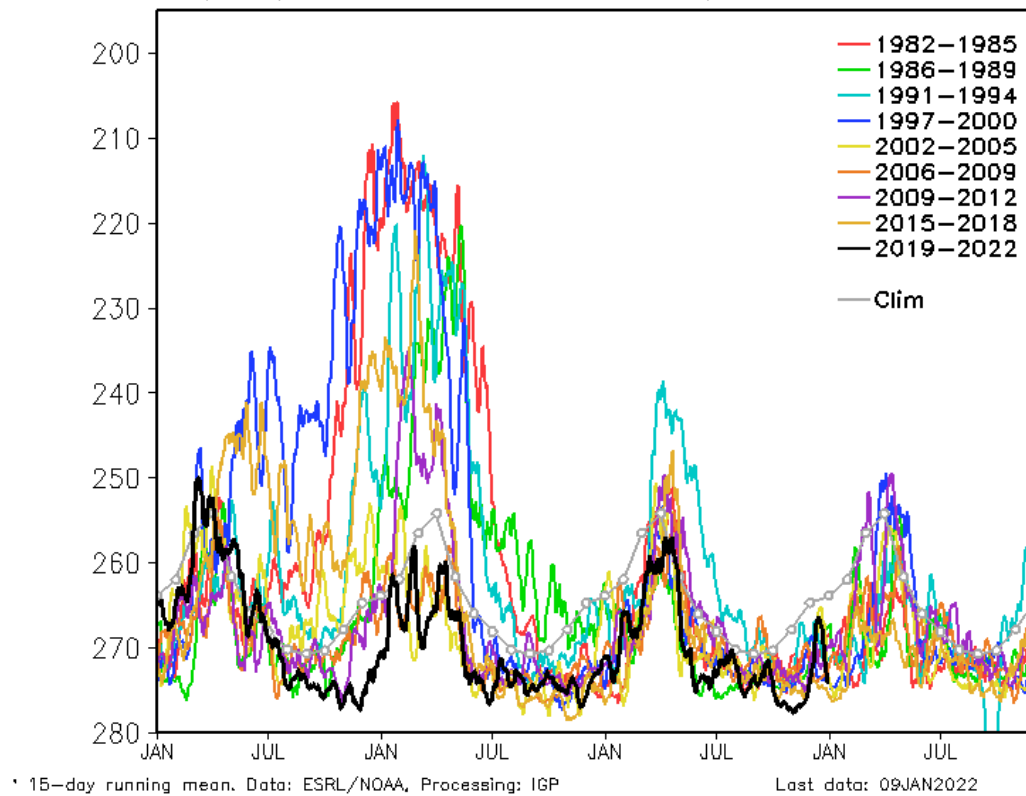


Figura 8. Actividad convectiva en el Pacífico central oriental (170°W – 100°W y 5°S – 5°N) en base a la información de OLR. Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

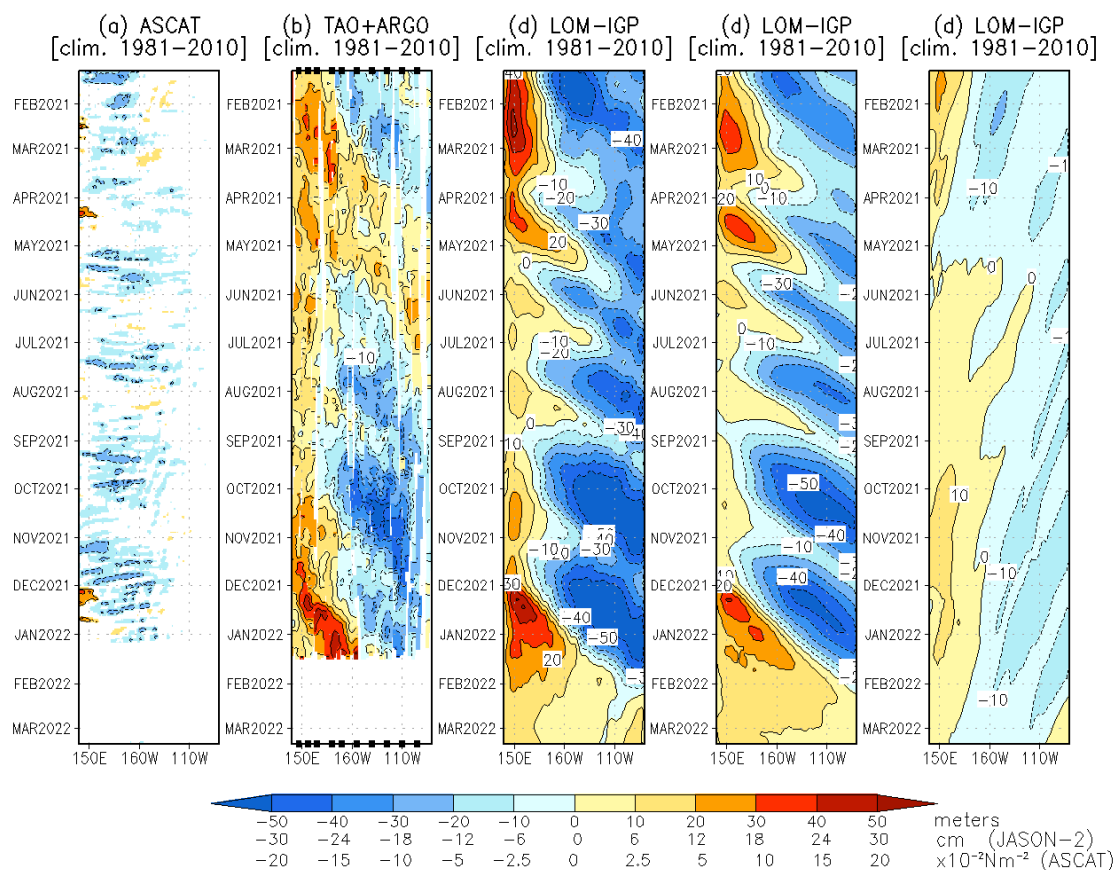


Figura 9. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de ASCAT (primer panel), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C obtenido de los datos de las boyas de TAO y de los flotadores de ARGO (segundo panel), diagrama de la onda de Kelvin y Rossby (tercer panel), diagrama de la onda de Kelvin (cuarto panel) y finalmente diagrama de la onda de Rossby (quinto panel), las que fueron calculadas con el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, y $\tau=0$ para el pronóstico). Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

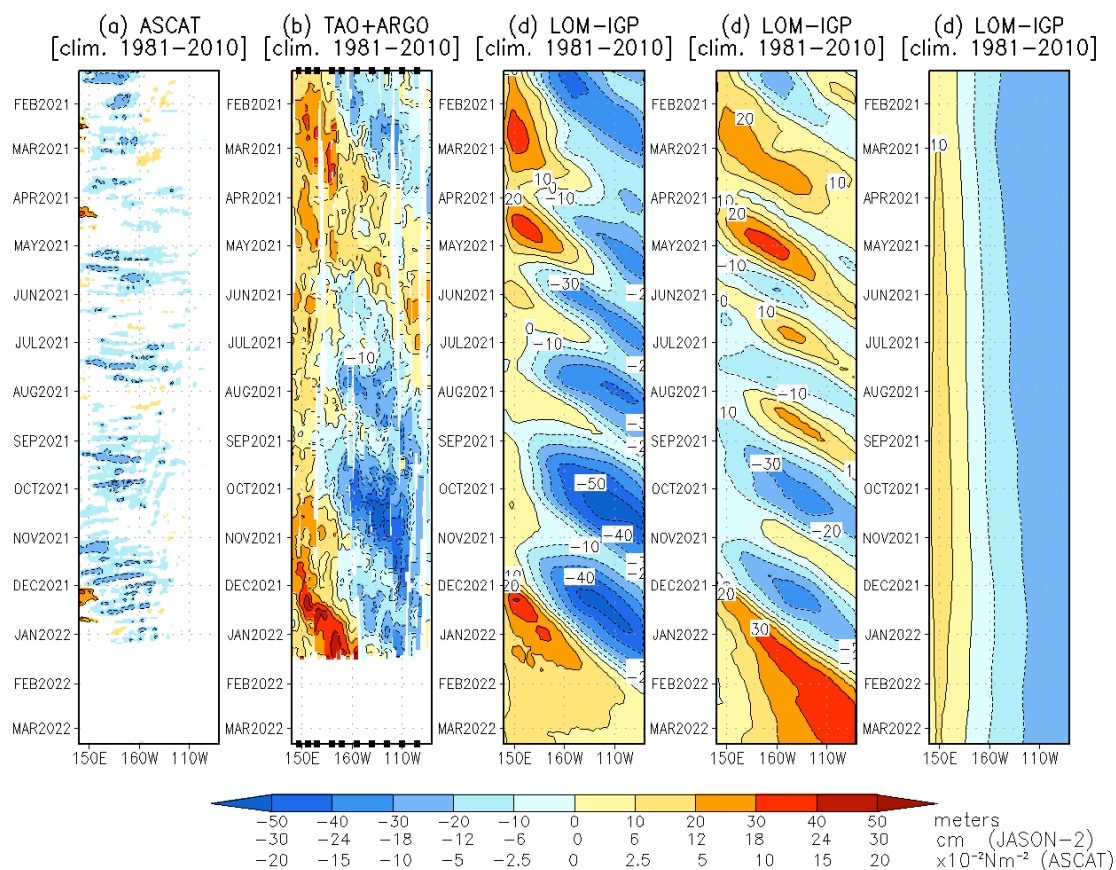


Figura 10. De izquierda a derecha: diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de ASCAT (primer panel); anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C obtenido de los datos de las boyas de TAO y de los flotadores de ARGO (segundo panel); onda de Kelvin (tercer panel), onda de Kelvin intraestacional (cuarto panel), onda de Kelvin interanual multiplicado por un factor de dos (quinto panel). Las tres imágenes de la derecha son los resultados numéricos de un modelo oceánico lineal, forzado con información de vientos de ASCAT. Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

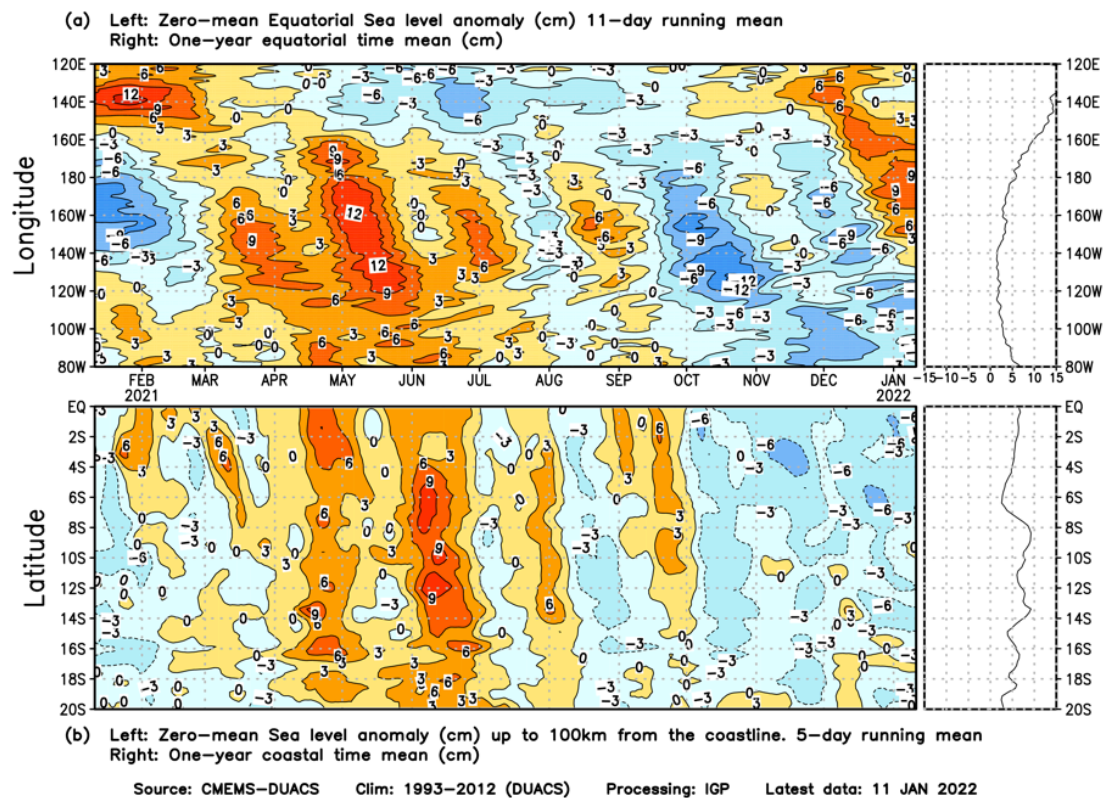


Figura 11. Anomalía centrada del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial (Figura superior-izquierda) y a lo largo de la costa peruana (Figura inferior-izquierda). A la derecha se muestra el promedio de los últimos 365 días en la franja ecuatorial (superior) y a lo largo de la costa (inferior), 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 del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

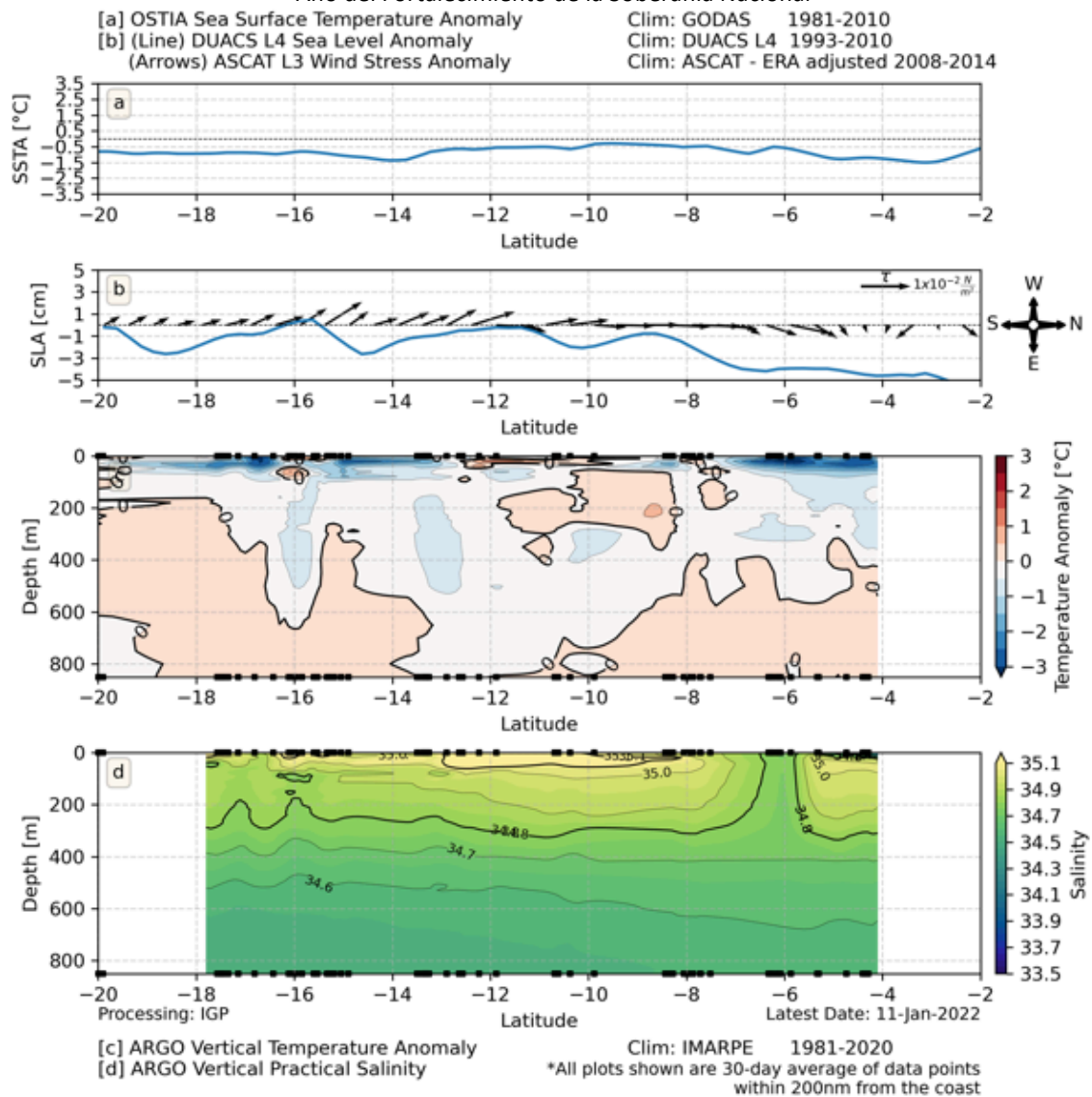


Figura 12. Variables a lo largo de la costa promediadas en los últimos 30 días y dentro de las 200 millas náuticas. De arriba abajo: 1) anomalía de la TSM obtenida del producto OSTIA; 2) anomalías del nivel del mar (línea azul) y esfuerzo de viento (vectores) de los productos DUACS y Blended, respectivamente, 3) anomalía de la temperatura del mar obtenida de los flotadores ARGO y 4) Salinidad obtenida de los flotadores ARGO. En el segundo panel, la relación entre el tamaño y la magnitud del vector se indica en el extremo superior izquierdo, mientras que la dirección y sentido se entienden por medio de los puntos cardinales que se localizan a la derecha.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

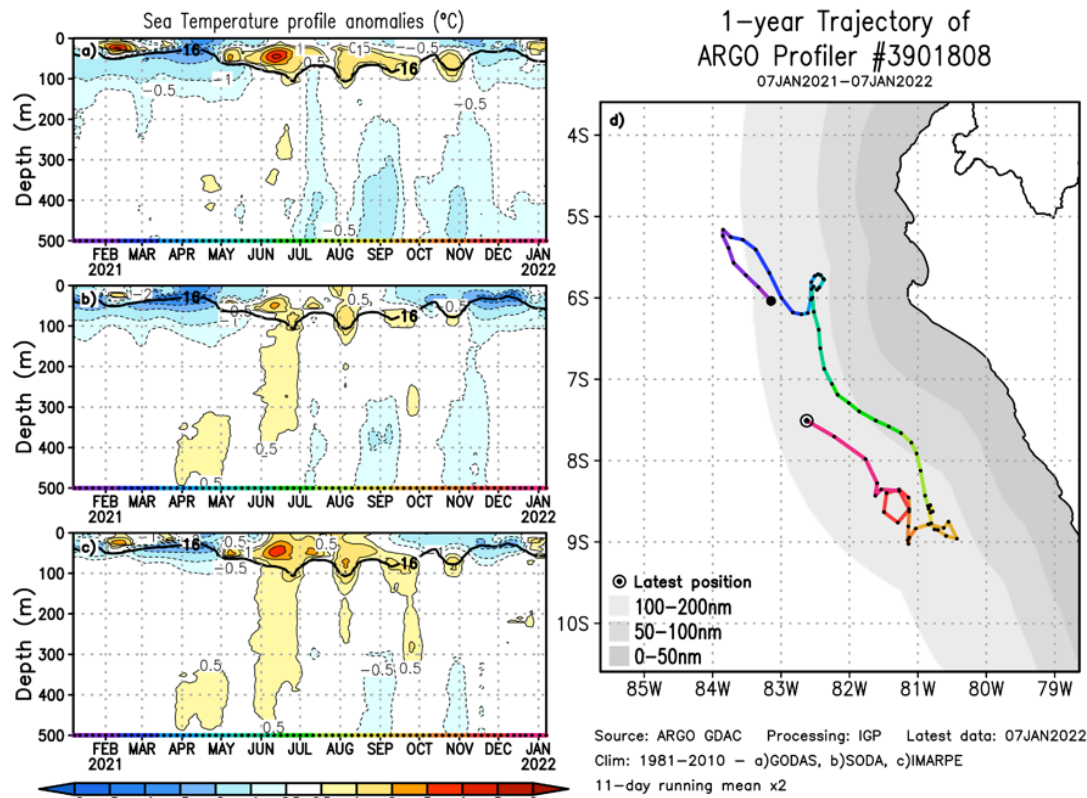


Figura 13. A la izquierda se aprecia la anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad, calculada de los datos del flotador ARGO No. 3901808. Esta anomalía se calcula en base a la climatología (1981-2010) de: (a) GODAS, (b) SODA e (c) IMARPE. A la derecha se aprecia la trayectoria del flotador en el último año. Cada color indica un periodo de aproximadamente 30 días, en donde 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 Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

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

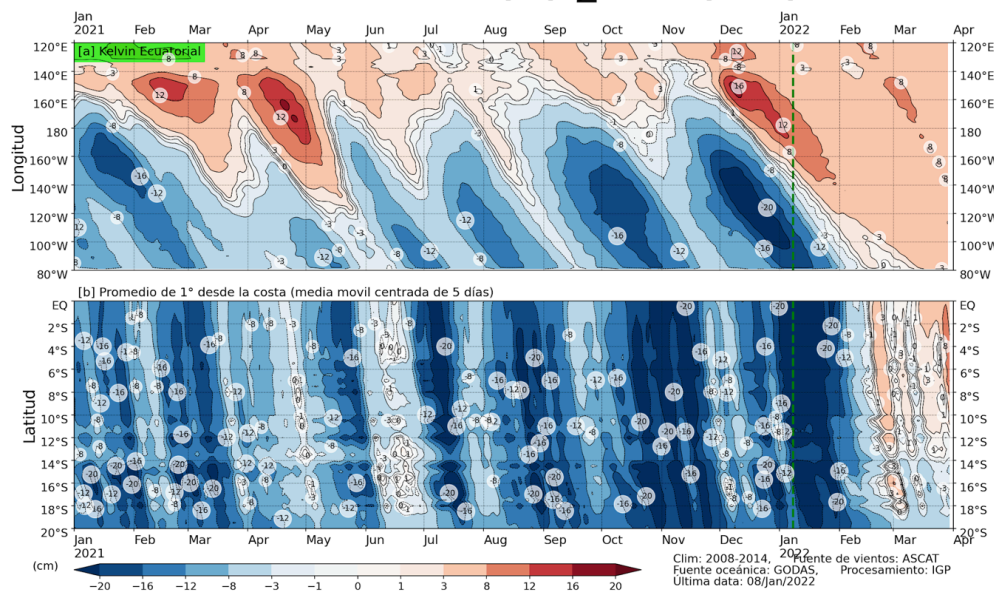


Figura 14. Simulación numérica de la anomalía del nivel del mar (cm) a lo largo de la franja ecuatorial del océano Pacífico (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Esta simulación se realizó con el modelo oceánico multimodal forzado con el producto de vientos denominado *ASCAT*. 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 del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

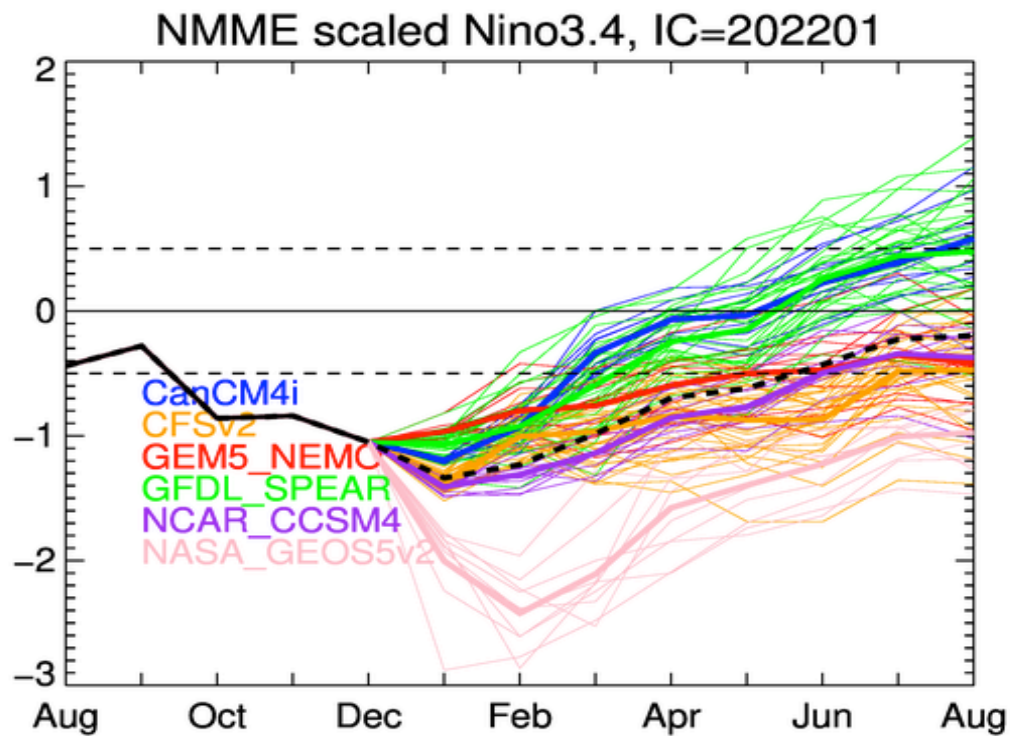


Figura 15. Índice Costero El Niño (ICEN, línea negra con círculos llenos, fuente ERSSTv5) y sus valores temporales (ICENv5tmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CanCM4i, GEM5_NEMO, NASA, GFDL_SPEAR y NCAR_CCSM4 tienen como condición inicial de enero de 2022. Fuente: IGP, NOAA, NMME.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

Condiciones Iniciales de Enero 2022

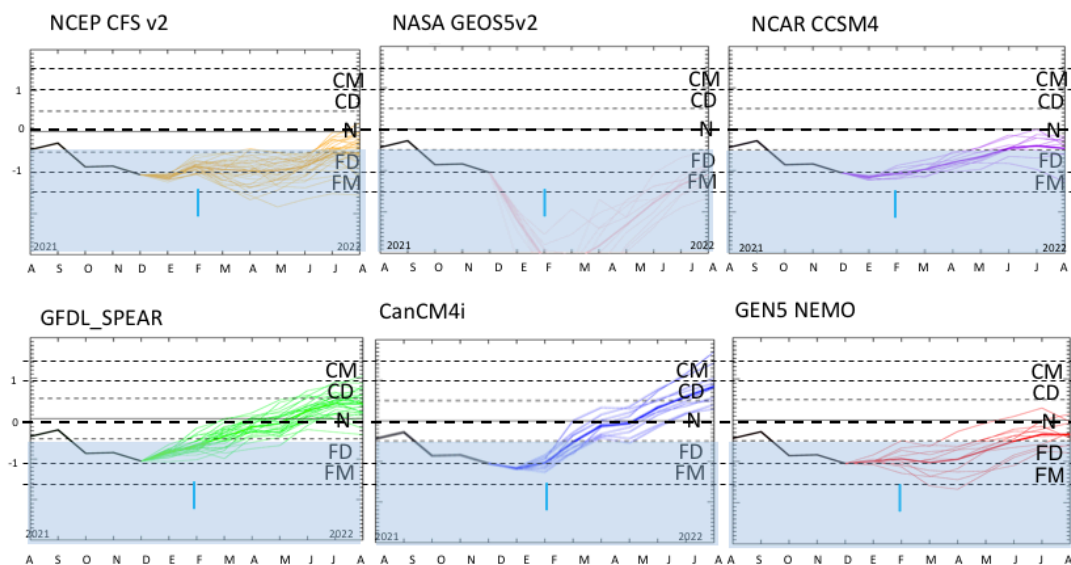


Figura 16. Índice Niño 3.4 mensual observado (líneas de color plomo) y pronosticado por los modelos de NMME (líneas de distintos colores). Fuente: NMME.