

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

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/2021-07

19/08/2021

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 el mes de junio ($-0.34\text{ }^{\circ}\text{C}$) representa una condición climática neutra para dicho mes. Esta misma condición climática, basada en los valores del ICEN temporal (ICEN-tmp), se tendría para los meses de julio y agosto. Por otro lado, para el Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de junio ($-0.35\text{ }^{\circ}\text{C}$) corresponde a condiciones neutras, y los valores temporales del ONI para julio y agosto, indican condiciones neutra y fría débil, respectivamente. Durante el mes de julio en el océano Pacífico ecuatorial se observó la presencia de dos ondas de Kelvin, una cálida y otra fría, las cuales se localizaron en la zona oriental y central, respectivamente. Se espera que la onda de Kelvin fría, que se ha intensificado por los pulsos de viento del este que se desarrollaron en el mes de julio, arribe en las siguientes semanas del mes de agosto y se extienda hasta setiembre; algunos modelos numéricos indican que podría ser hasta inicios de octubre.

El promedio de las predicciones numéricas de los seis modelos climáticos de NMME, inicializados con la información oceánica y atmosférica de agosto, continúan indicando condiciones dentro del rango neutral hasta el mes de marzo de 2022 frente a la costa peruana. Por otro lado, en el Pacífico central, el promedio de los modelos de NMME indican condiciones entre frías débiles a moderadas de agosto de 2021 hasta marzo de 2022. Según estos resultados, se estaría desarrollando un nuevo evento La Niña en el Pacífico central que se extendería hasta marzo de 2022. De desarrollarse un evento La Niña en el Pacífico central, sería probable, basado en las evidencias científicas, un escenario de deficiencia de lluvias en los Andes del centro y sur del Perú en el mes noviembre, mientras que para el verano un escenario de lluvias por encima de lo normal en la misma región.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
 “Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

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), que se denomina ERSSTv5, se calculó el ICEN (región Niño 1+2) para junio, el cual indica una condición neutra (ver Tabla 1). Para calcular el ICEN se utilizan los datos que son denominados como “datos en tiempo real”, los cuales cambian ligeramente en el transcurso de los siguientes meses. Por esta razón, pueden existir pequeñas discrepancias en el cálculo 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	Marzo	-0.81	Neutra
2021	Abril	-0.76	Neutra
2021	Mayo	-0.59	Neutra
2021	Junio	-0.34	Neutra

Para los siguientes dos meses se generan versiones preliminares y temporales del ICEN (ICENtmp), que se calculan del 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 julio y agosto de 2021.

Año	Mes	ICENtmp	Categoría
2021	Julio	-0.10	Neutra
2021	Agosto	-0.07	Neutra

Según los valores del ICENtmp de julio y agosto, se esperarían condiciones neutras. Estos resultados se confirmarán en los siguientes meses (ver Tabla 1).

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
 “Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

Índice Oceánico Niño (ONI)

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), el ONI (*Ocean Niño Index* en inglés; <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/oni.ascii.txt>) de junio, actualizado por la NOAA, indica el valor de -0.35°C , el que corresponde a una condición neutra¹.

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	Marzo	-0.85	Fría débil
2021	Abril	-0.67	Fría débil
2021	Mayo	-0.47	Neutra
2021	Junio	-0.35	Neutra

Los valores estimados del ONI (ONItmp) de julio y agosto, combinando datos observados y pronósticos de NMME, indican una condición neutra y fría débil, respectivamente (ver Tabla 4).

Tabla 4. Estimados preliminares del ONI (ONItmp)

Índice Oceánico Niño temporales			
Año	Mes	ONItmp ($^{\circ}\text{C}$)	Categoría
2021	Julio	-0.37	Neutra
2021	Agosto	-0.50	Fría débil

Diagnóstico del Pacífico ecuatorial

En el mes de julio, las anomalías diarias de la TSM en la región Niño 3.4 estuvieron dentro del rango neutral aunque con una tendencia negativa; mientras que en la región Niño 1+2 se observaron anomalías positivas (Figura 1a y 1b).

Conforme a la información mensual de las boyas de TAO a lo largo del Pacífico ecuatorial, se observó una ligera intensificación de los vientos alisios, principalmente en la zona occidental (Figura 2a). Con respecto a la anomalía de la TSM, esta mostró valores, en promedio, neutrales en la mayor parte de la región central, mientras que en los extremos occidental y oriental se observaron anomalías positivas (Figura 2b). Finalmente, en cuanto a la profundidad de la isoterma de 20°C , se han observado anomalías positivas en la zona occidental y oriental (Figura 2c).

Según la información diaria del esfuerzo de viento zonal ecuatorial del producto ASCAT, durante julio se presentaron principalmente pulsos de viento del este en el Pacífico central y occidental (150°E - 130°W) 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 Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

De acuerdo a la información diaria de los datos de TAO, la inclinación de la termoclina (Figura 5a) y el contenido de calor (Figura 5b) se mantienen dentro de su rango normal. 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), mostró valores menores a su normal (Figura 6).

En el mes de julio, 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 oriental (170°W-100°W, 5°S-5°N), muestra, en promedio, valores mayores a su climatología. Ver Figura 7 (zona occidental) y 8 (zona oriental).

Según la información de ARGO, se observó la presencia de dos ondas de Kelvin, cálida y fría, en la zona oriental y central del Pacífico, respectivamente (Figura 9a y b). La onda fría se habría intensificado por la presencia de pulsos de viento del este que se desarrollaron durante julio. Asimismo, se observa en la zona occidental la presencia de una nueva onda de Kelvin cálida que sería el resultado de la reflexión de una onda de Rossby cálida (Figura 4).

Ondas de Kelvin a lo largo de la costa peruana

Sin el promedio de los últimos 365 días, la información de DUACS a lo largo de la costa peruana en la primera semana de julio muestra anomalías negativas del nivel del mar que serían el resultado del paso de la onda de Kelvin fría que inició su llegada a fines de junio. Luego se observa el ascenso de esta variable desde la segunda semana de julio como consecuencia del paso de una onda de Kelvin cálida (Figura 11b). El paso de esta onda cálida también se observó en el flotador ARGO (No. 3901808), el cual se localizó entre las longitudes 81.2° y 80.7°W y entre las latitudes 8.8° y 7.8°S, y alrededor de las 110 millas náuticas frente a la costa norte del Perú. Las anomalías fueron positivas y se extendieron hasta los 300 m de profundidad desde, aproximadamente, la tercera semana de julio (Figura 12).

Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

Según los resultados de los modelos de ondas, que han sido forzados por productos de viento de ASCAT y *blended*, indican que la onda de Kelvin fría extendería su impacto en la zona oriental incluso hasta setiembre, lo cual afectaría la costa peruana. La nueva onda de Kelvin cálida, según el resultado de los modelos de ondas, arribaría a la costa americana a partir de fines de setiembre o inicios de octubre (Figura 9, 10 y 13).

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para la región Niño 1+2, los resultados de seis modelos climáticos de NMME (CFSv2, CanCM4i, GEM_NEMO, NASA, GFDL_SPEAR² y NCAR_CCSM4), con condiciones iniciales de agosto y con una proyección a marzo de 2022, muestran valores negativos, pero en el rango normal y con una tendencia más fría para finales de año (ver Tabla 5 y Figura 14).

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

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
 “Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

Tabla 5. Pronósticos del ICEN con diferentes modelos climáticos usando condiciones iniciales de agosto.

Modelo	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA
CFS2		-0.01	0.04	0.04	-0.05	-0.13	-0.17	-0.15	-0.08
CanCM4i		0.12	0.19	0.03	-0.12	-0.29	-0.34	-0.30	-0.18
GEM_NEMO		-0.04	-0.17	-0.50	-0.69	-0.76	-0.70	-0.59	-0.54
NASA		-0.24	-0.33	-0.46	-0.57	-0.76	-0.80	-0.69	-0.45
GFDL_SPEARE		-0.26	-0.45	-0.62	-0.59	-0.53	-0.40	-0.22	-0.07
NCAR_CCSM4		-0.01	0.00	-0.04	-0.20	-0.34	-0.44	-0.33	-0.15
NMME		-0.07	-0.12	-0.26	-0.37	-0.47	-0.48	-0.38	-0.25
ICENtmp	-0.10								

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), según los resultados de los mismos modelos mencionados en el párrafo anterior, a partir de agosto se esperarían condiciones frías hasta, por lo menos, marzo de 2022. Con estos resultados se pronostica el desarrollo de un evento La Niña en el Pacífico central el que se extendería se extendería, por lo pronto, hasta marzo de 2022 y tendría una magnitud moderada (ver Tabla 6 y Figura 15).

Tabla 6. Pronósticos del ONI con diferentes modelos climáticos usando condiciones iniciales de agosto.

Modelo	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA
CFS2		-0.28	-0.40	-0.57	-0.73	-0.73	-0.66	-0.54	-0.33
CanCM4i		-0.42	-0.49	-0.61	-0.75	-0.85	-0.80	-0.64	-0.42
GEM_NEMO		-0.45	-0.57	-0.70	-0.90	-1.02	-1.03	-0.95	-0.85
GFDL_SPEARE		-1.02	-1.73	-2.26	-2.43	-2.28	-1.95	-1.62	-1.27
NASA		-0.34	-0.42	-0.59	-0.81	-0.92	-0.81	-0.55	-0.58
NCAR_CCSM4		-0.51	-0.76	-0.98	-1.20	-1.23	-1.09	-0.84	-0.53
NMME		-0.50	-0.73	-0.95	-1.14	-1.17	-1.06	-0.86	-0.66
ONItmp	-0.37								

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

Conclusiones:

Según el ICEN de junio y sus temporales de julio y agosto, las condiciones frente a la costa norte y centro del Perú se mantienen dentro del rango normal y seguirían así en los siguientes dos meses. Por otro lado, según el ONI y sus temporales, en el Pacífico central, inicialmente en condiciones neutras, muestra una tendencia hacia las condiciones frías en los siguientes dos meses.

En el Pacífico ecuatorial se ha incrementado ligeramente la intensidad de los alisios, principalmente en la zona occidental. En el caso de la temperatura superficial del mar (TSM) y la profundidad de la termoclina las anomalías fueron positivas en los extremos occidental y oriental, mientras que en la zona central fueron anomalías negativas. En relación al contenido de calor y la inclinación de la termoclina, estas variables se mantienen dentro de sus valores normales.

En relación a la actividad de ondas de Kelvin oceánicas, según la información *in situ* y satelital, se observó en julio el paso de dos ondas, una fría y otra cálida —en esa secuencia—, a lo largo de la costa peruana. Estas disminuyeron y luego incrementaron el nivel del mar, así como provocaron cambios en la temperatura subsuperficial frente a la costa norte del Perú. Según los resultados de los modelos de ondas, en la siguiente semana se espera el arribo de una nueva onda Kelvin fría que extendería su señal hasta fines de setiembre. Luego de esta onda fría, se espera el arribo de una onda Kelvin cálida. Es posible que el arribo de estas ondas produzca, a lo largo de la costa peruana, disminución e incremento del nivel del mar, así como cambios en la temperatura del mar, aunque dentro de sus rangos normales.

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, valores negativos de las anomalías de la TSM pero dentro del rango normal hasta, por lo pronto, marzo de 2022. Estos mismos modelos pronostican que en el Pacífico central se tendrían condiciones frías desde agosto hasta marzo de 2022, con niveles de moderada y débil en el verano 2021-2022. Según estos resultados, se predice el desarrollo de un nuevo evento La Niña, de una magnitud moderada, que se iniciaría en agosto y se extendería —por lo pronto— hasta marzo de 2022. De desarrollarse un evento La Niña en el Pacífico central, sería probable, basado en las evidencias científicas, un escenario de deficiencia de lluvias en los Andes del centro y sur del Perú en el mes noviembre, mientras que para el verano un escenario de lluvias por encima de lo normal en la misma región.

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

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 Magister en Física - Mención Geofísica en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- **Mosquera, K., B. Dewitte y P. Lagos**, 2010: Variabilidad Intra-estacional de la onda de Kelvin ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): simulación numérica y datos observados. *Magistri et Doctores*, Revista de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Año 5, No9, julio-diciembre de 2010, p. 55.
- **Mosquera, K.**, 2014: Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Enero, 1, 4-7
- **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", Instituto Geofísico del Perú, Enero, 1, 8-9.

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

- **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, pág. 13-20.

Nota: Los Boletines Técnicos del IGP citados se pueden encontrar en:
<http://intranet.igp.gob.pe/productonino/>

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 Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

Figuras

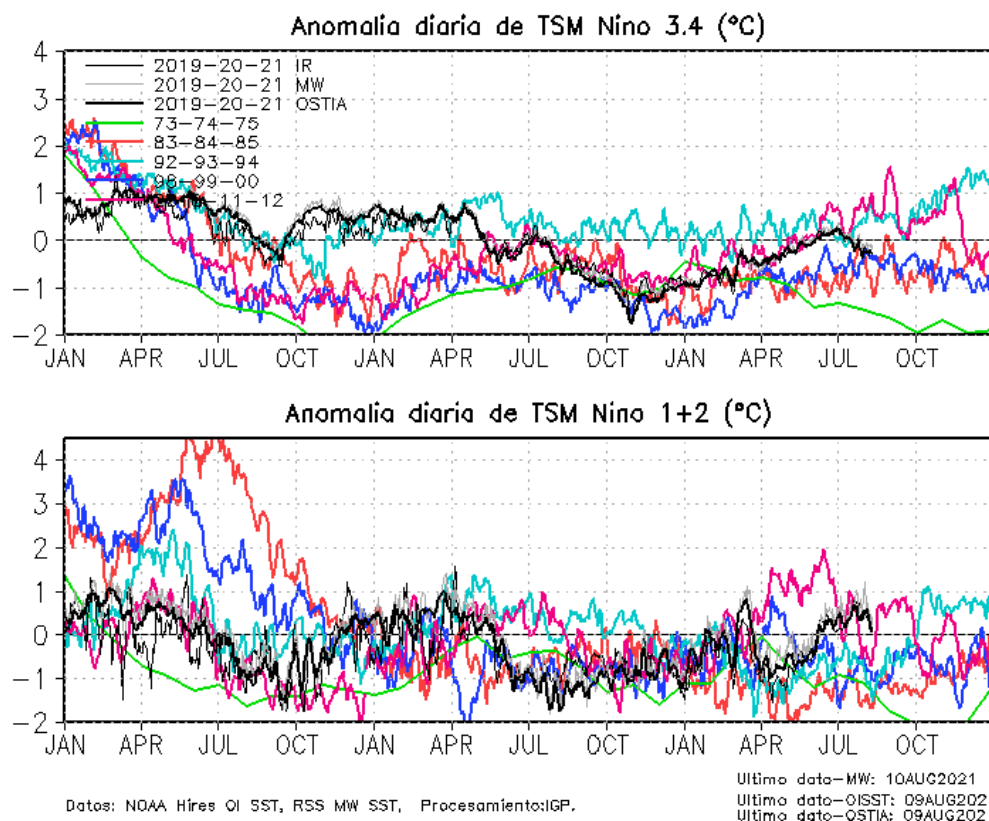


Figura 1. Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del 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 Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

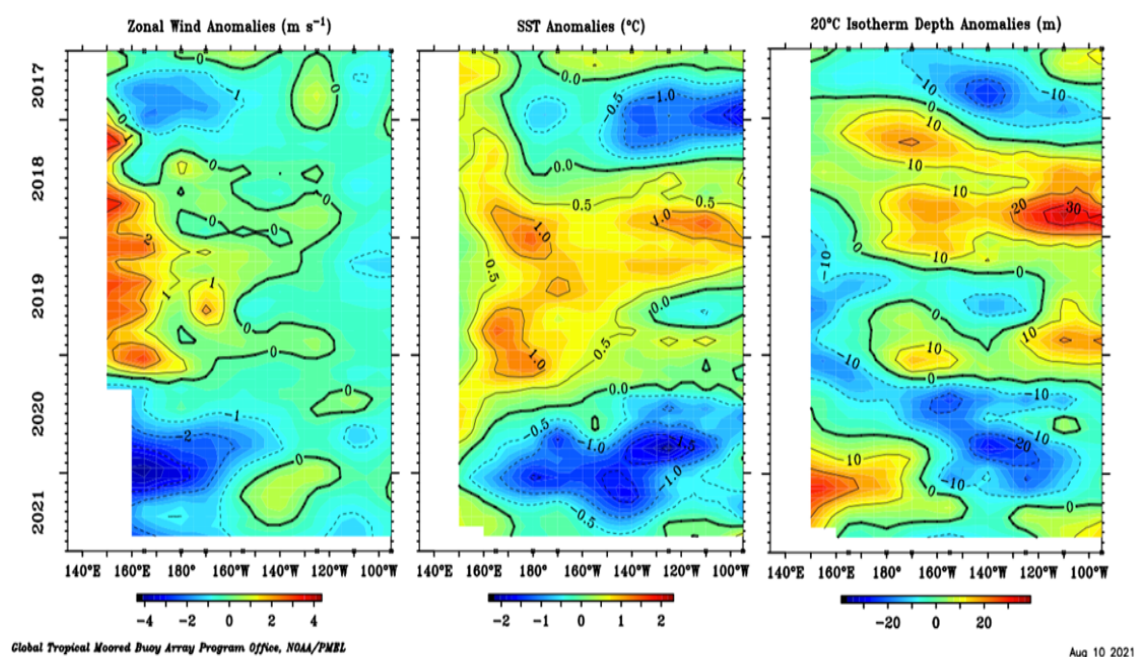
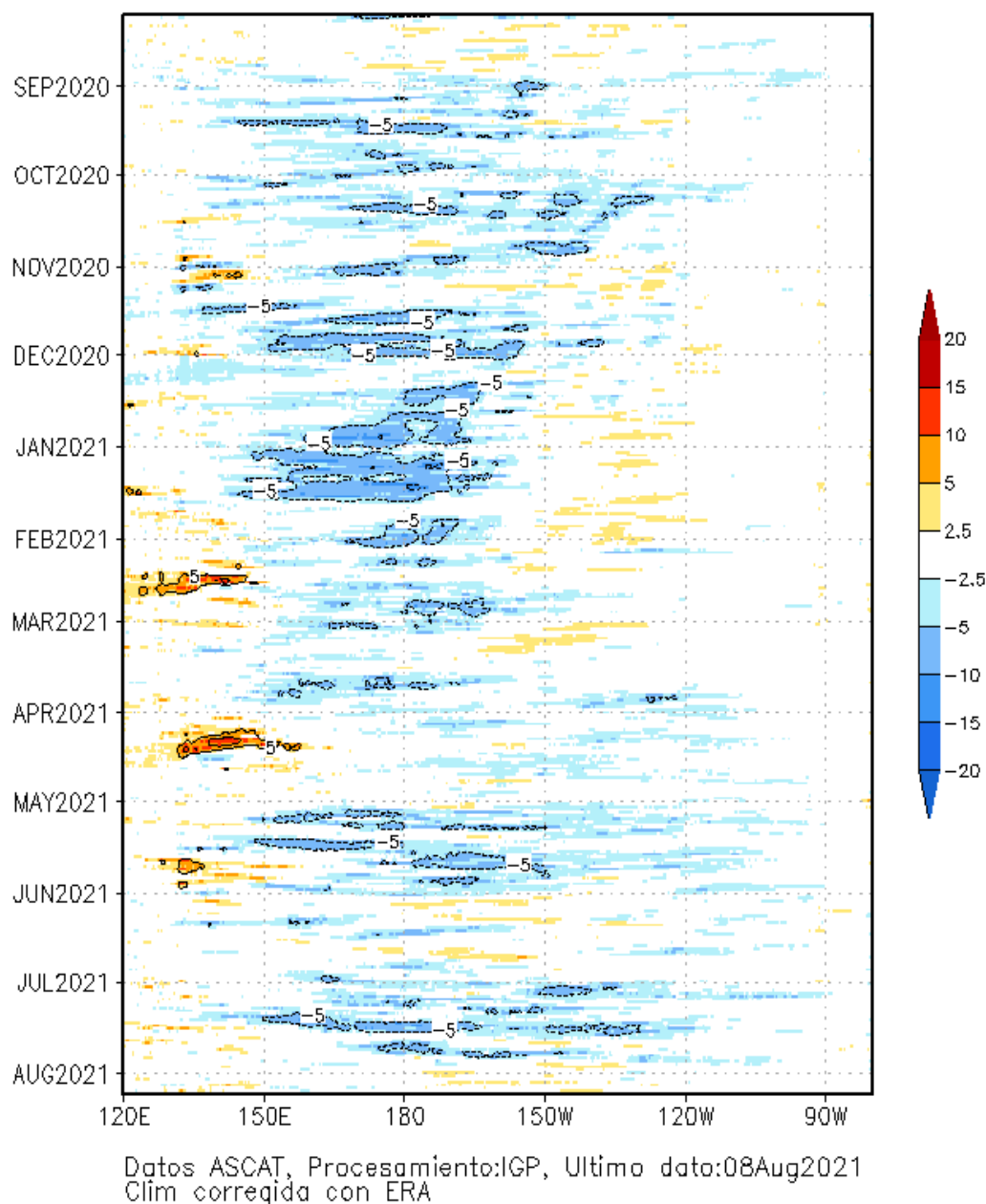


Figura 2. Promedio mensual de la anomalía del viento zonal (a), de la profundidad de la isoterma de 20 °C (b) y de la temperatura superficial del mar (c) a lo largo de la franja ecuatorial del Pacífico (2°S-2°N). Esta imagen se elaboró de otras que se obtienen del proyecto TAO: www.pmel.noaa.gov/tao.

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

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



Datos ASCAT, Procesamiento:IGP, Ultimo dato:08Aug2021
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 08 de agosto de 2021. Elaborado por el IGP.

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

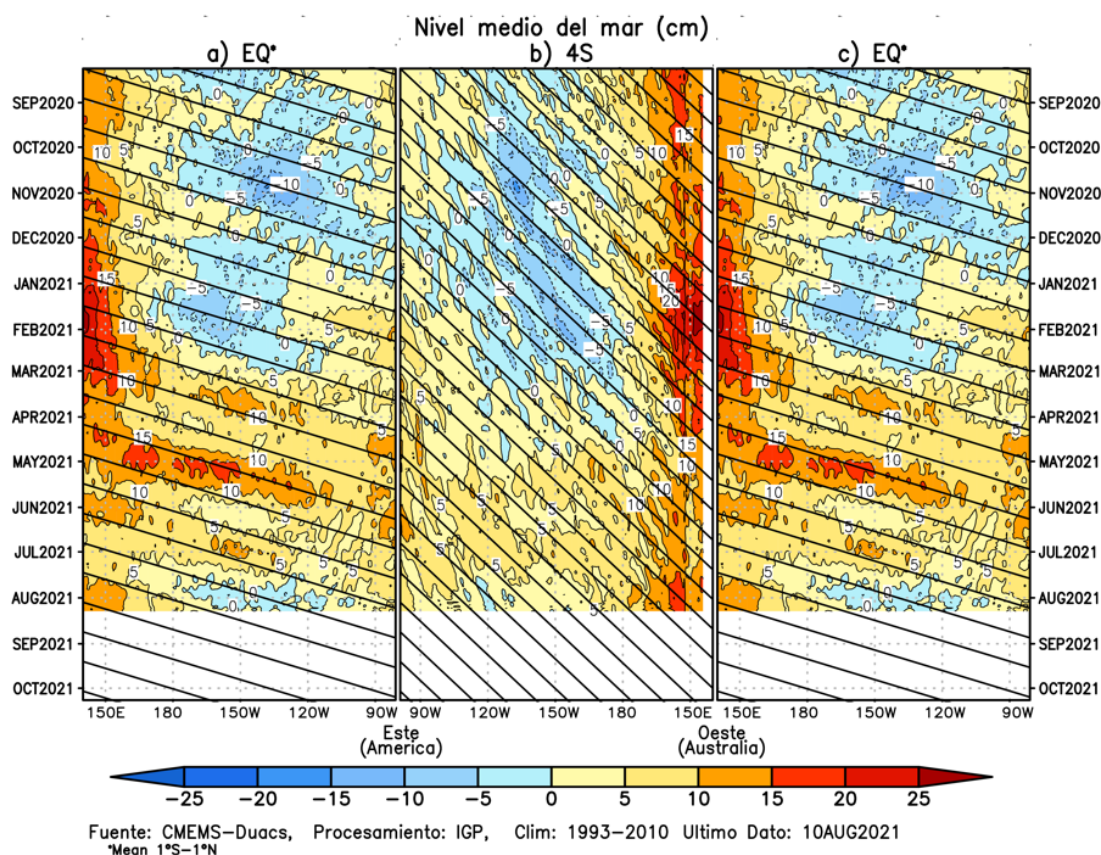


Figura 4. Diagramas longitud-tiempo de la anomalía del nivel medio del mar en el Pacífico ecuatorial usando el producto DUACS. Los paneles (a) y (c) son los mismos y representan la información a lo largo de la línea ecuatorial; mientras que (b), a lo largo de 4°S, pero con el eje zonal de este a oeste. 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 Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

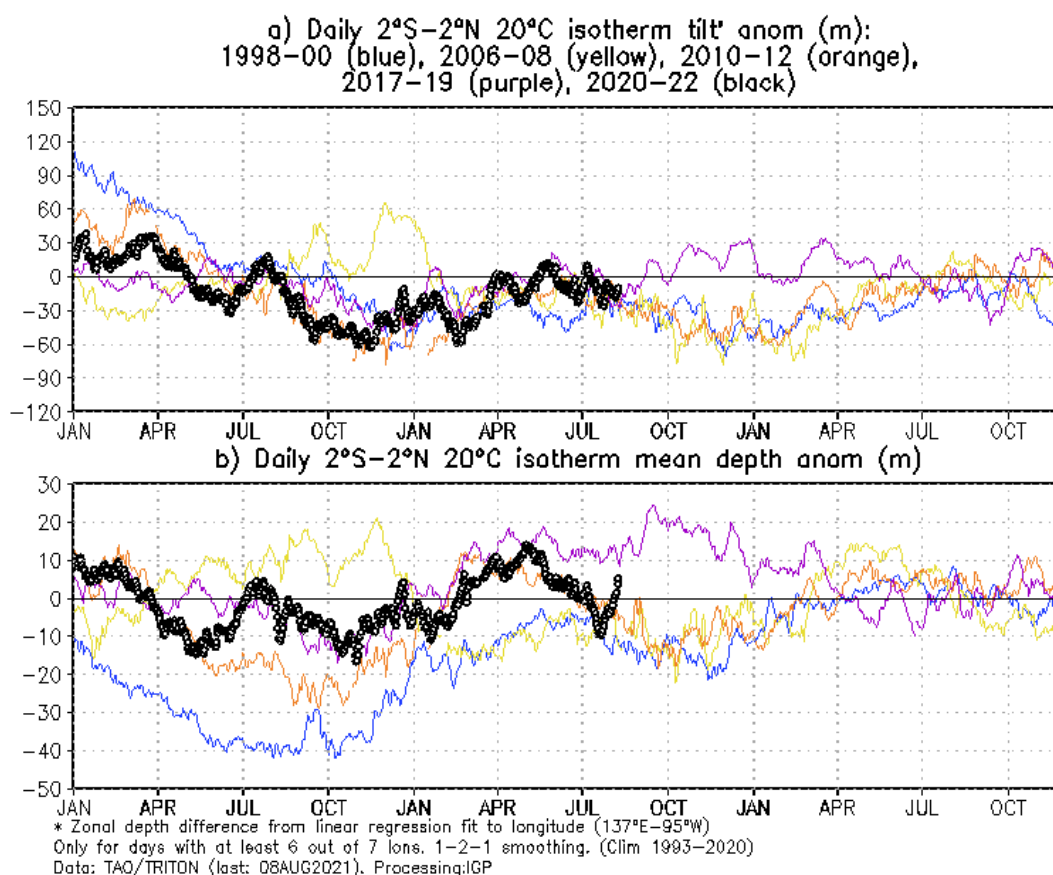


Figura 5. a) Inclínación de la termoclina y **b)** contenido de calor en el Pacífico ecuatorial (2°N y 2°S). La data usada para este cálculo proviene de las boyas TAO. Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
 “Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

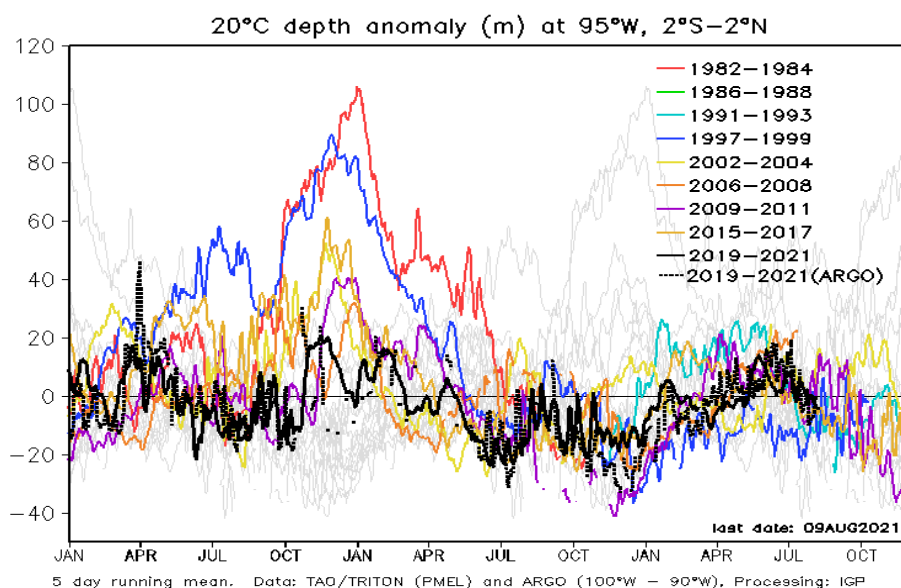


Figura 6. Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C (m) en 95°W y promediada entre 2°S y 2°N, con datos de ARGO (línea negra cortada) y TAO (línea negra continua). Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
 “Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

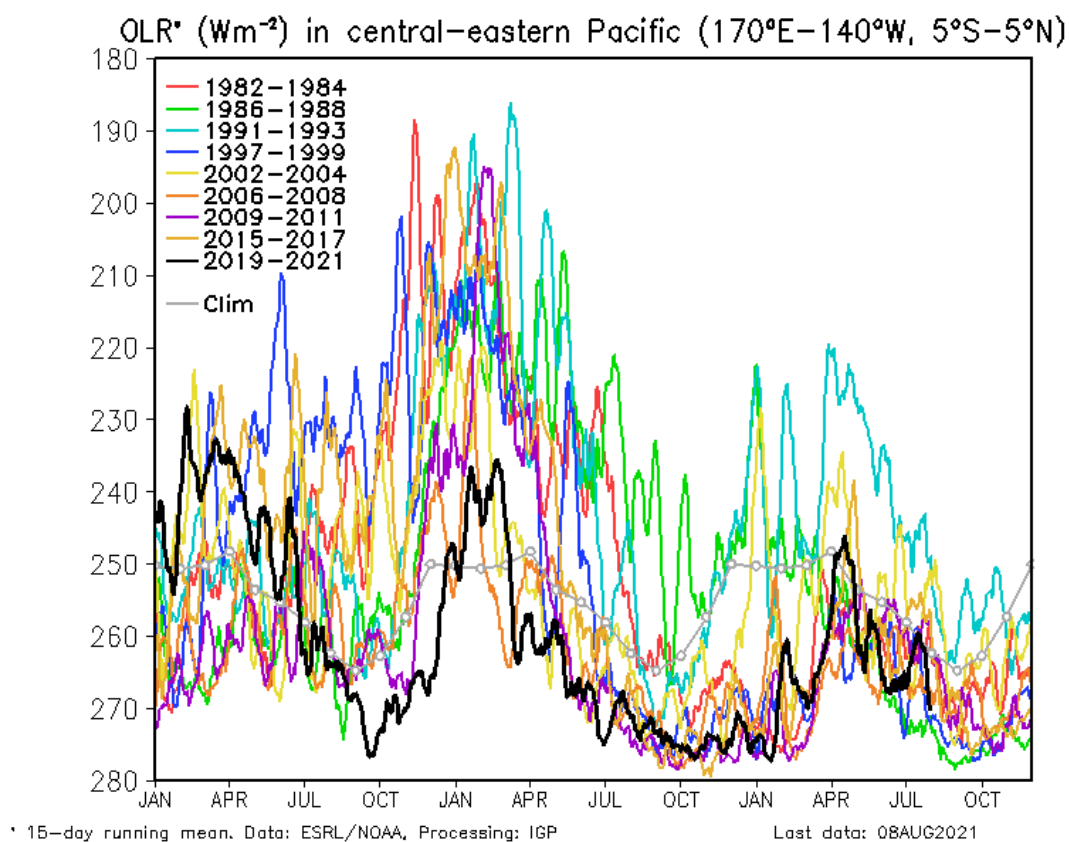


Figura 7. Actividad convectiva en el Pacífico central oriental ($170^{\circ}\text{E}-140^{\circ}\text{W}$ y $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) en base a la información de OLR. Elaborado por el IGP.

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
 "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

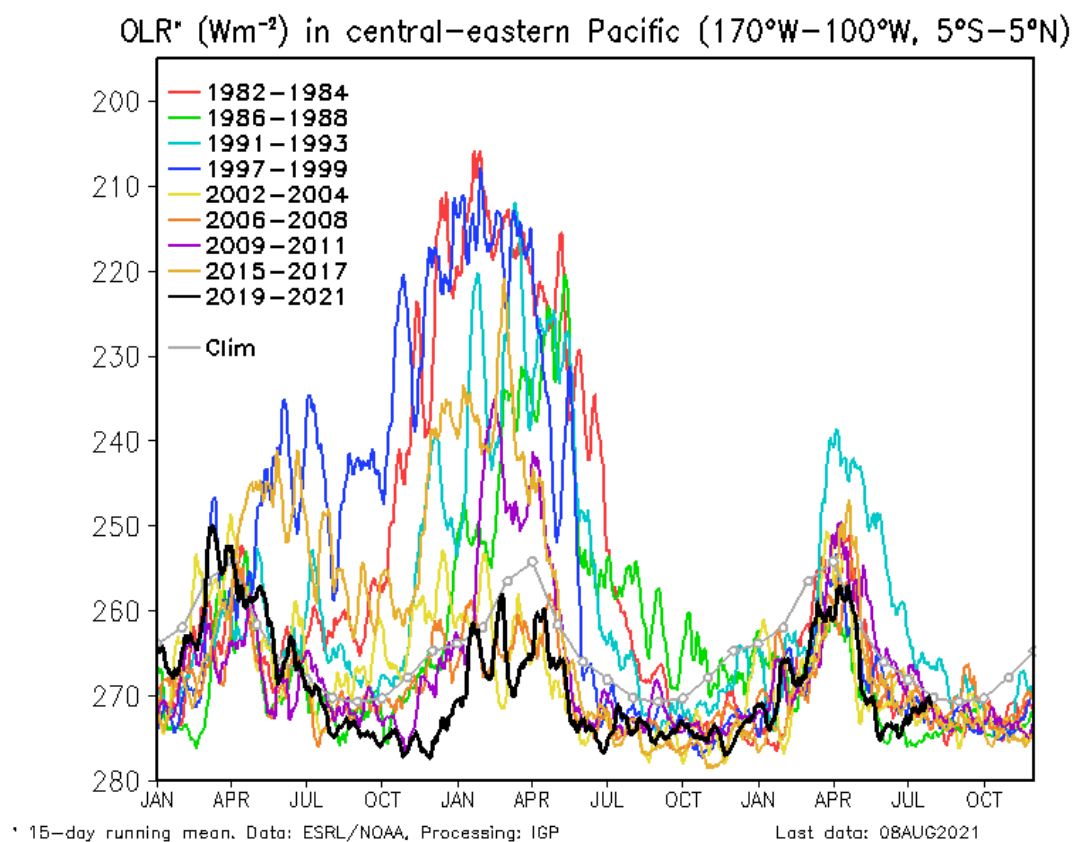


Figura 8. Actividad convectiva en el Pacífico central oriental (170°W – 100°W y 5°S – 5°N) en base a la información de OLR. Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
 “Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

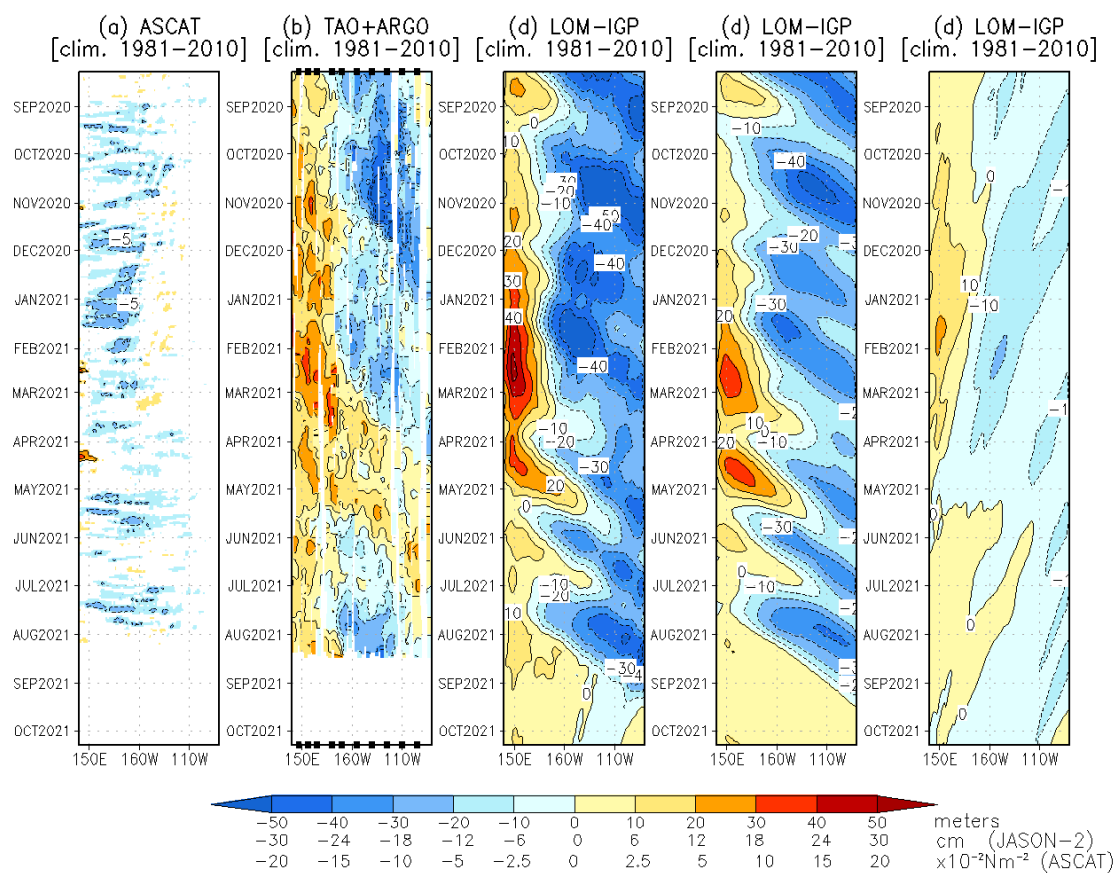


Figura 9. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de ASCAT (primer panel), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C obtenido de los datos de las boyas de TAO y de los flotadores de ARGO (segundo panel), diagrama de la onda de Kelvin y 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 Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

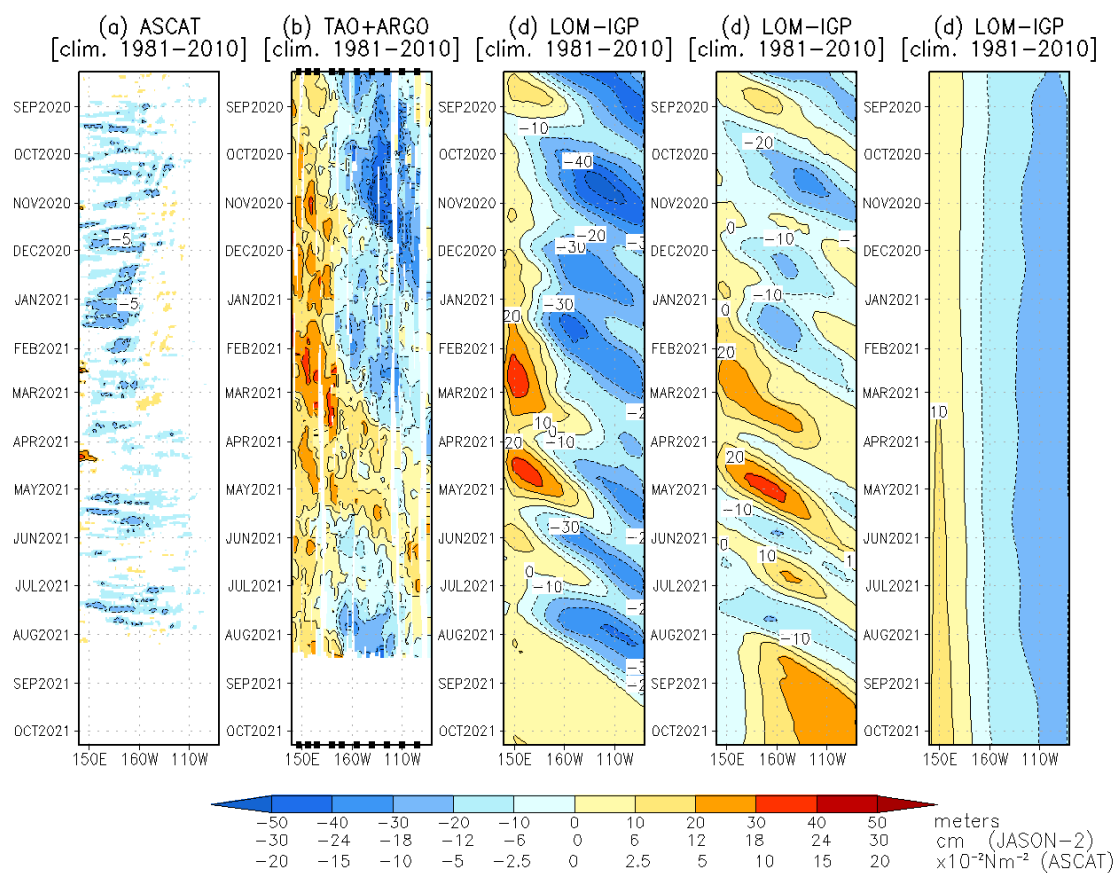


Figura 10. De izquierda a derecha: diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de ASCAT (primer panel); anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C obtenido de los datos de las boyas de TAO y de los flotadores de ARGO (segundo panel); onda de 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 Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

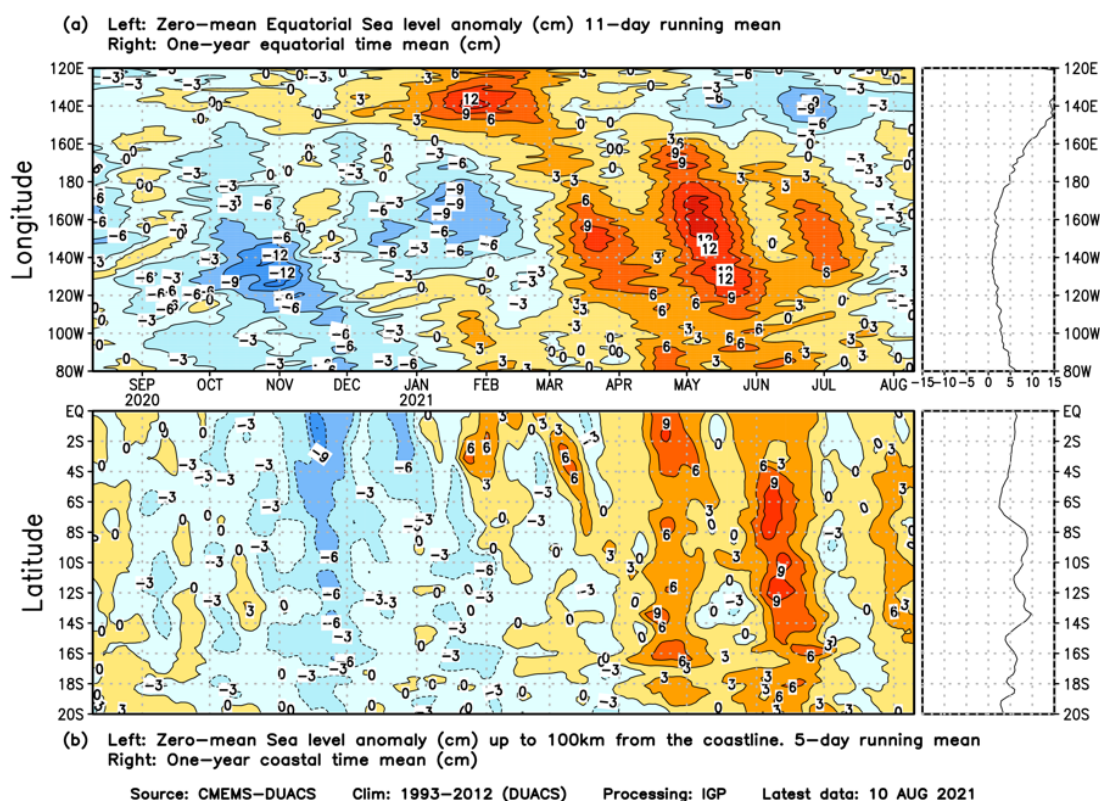


Figura 11. Anomalía centrada del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial (Figura superior-izquierda) y a lo largo de la costa peruana (Figura inferior-izquierda). A la derecha se muestra el promedio de los últimos 365 días en la franja ecuatorial (superior) y a lo largo de la costa (inferior), 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 Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

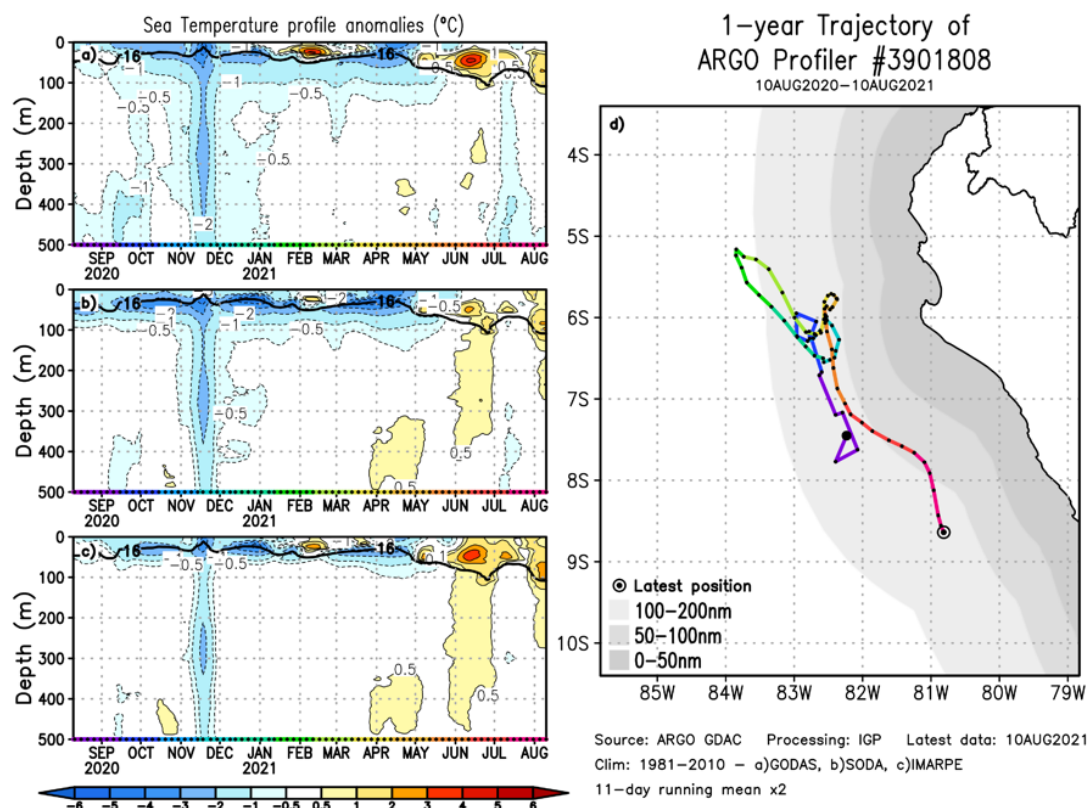


Figura 12. A la izquierda se aprecia la anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad, calculada de los datos del flotador ARGO No. 3901808. Esta anomalía se calcula en base a la climatología (1981-2010) de: (a) GODAS, (b) SODA e (c) IMARPE. A la derecha se aprecia la trayectoria 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 Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

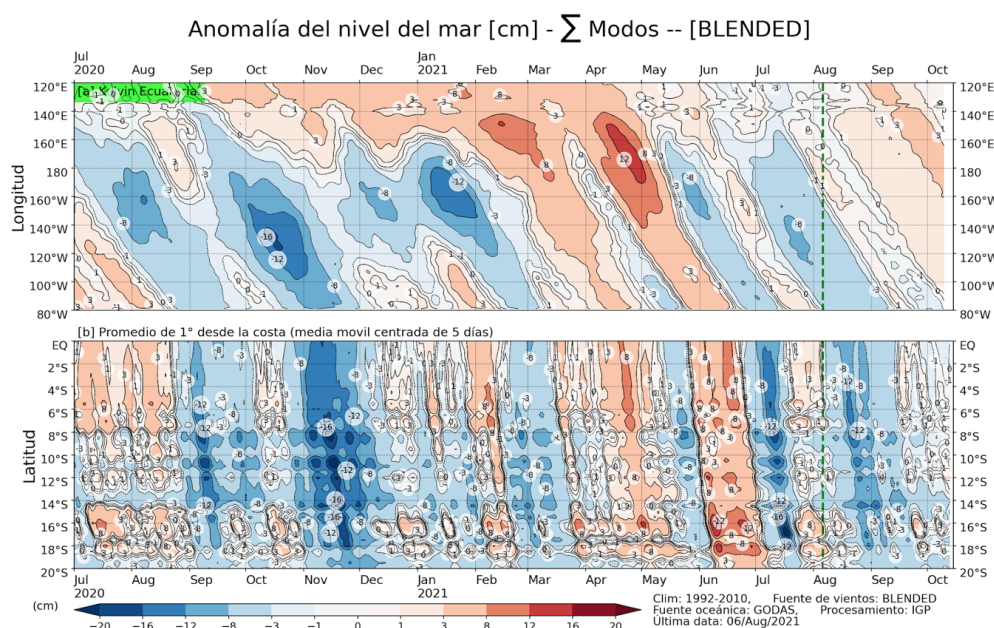


Figura 13. Simulación numérica de la anomalía del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial del océano Pacífico (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Esta simulación se realizó con el modelo oceánico multimodal forzado con el producto de vientos denominado *Blended*. Elaborado por el IGP.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
 “Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

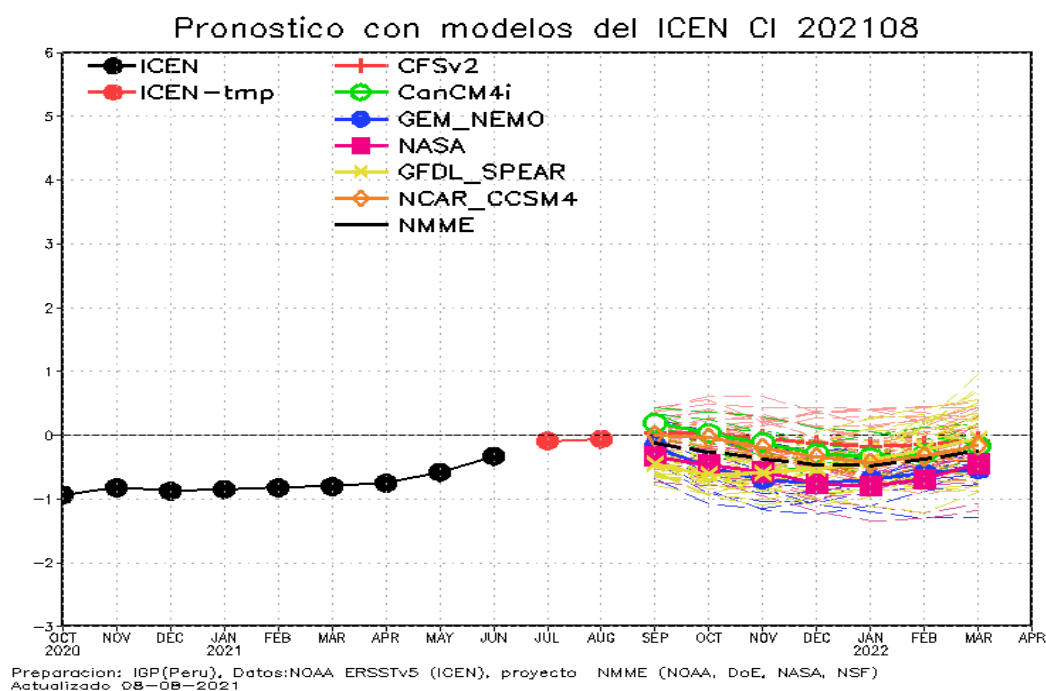


Figura 14. Índice Costero El Niño (ICEN, línea negra con círculos llenos, fuente ERSSTv5) y sus valores temporales (ICENv5tmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CanCM4i, GEM_NEMO, NASA, GFDL_SPEAR y NCAR_CCSM4 tienen como condición inicial de agosto de 2021. Fuente: IGP, NOAA, NMME.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”
 “Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

Condiciones Iniciales de Agosto 2021

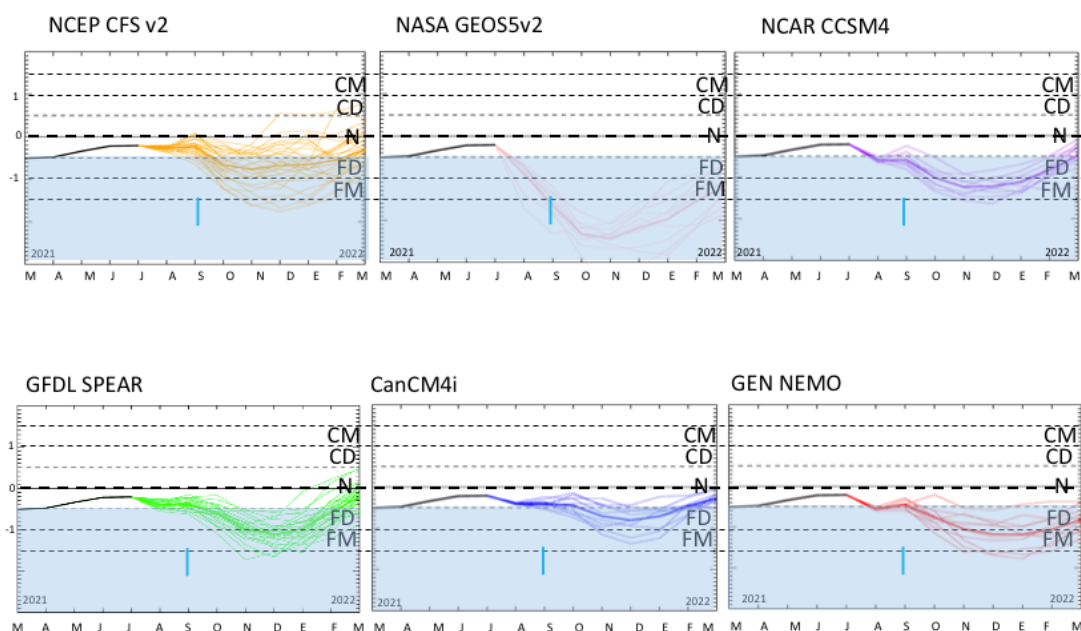


Figura 15. Índice Niño 3.4 mensual observado (líneas de color plomo) y pronosticado por los modelos de NMME (líneas de distintos colores). Fuente: NMME.