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/2020-12

20/01/2021

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

Según el valor del Índice Costero El Niño (ICEN) para noviembre (–0.83°C) presenta una condición climática neutra, las mismas condiciones se observan con los valores temporales del ICEN (ICENtmp) para los meses de diciembre y enero de 2021. Por otro lado, para el Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) para el mes de noviembre (–1.32°C) y los valores temporales del ONI para diciembre y enero de 2021 muestran condiciones frías moderadas

El paquete de ondas de Kelvin, formado por los pulsos de vientos de inicios de setiembre y posiblemente reforzado por los pulsos de vientos de inicios de octubre; según la data observada in situ y satelital, continuó afectando la costa peruana, aunque con menor magnitud a la de noviembre. La onda de Kelvin cálida, formada por la reflexión de una onda Rossby, según los modelos numéricos ya habría llegado a la costa peruana durante el mes de diciembre. Una onda de Kelvin fría, desarrollada entre la quincena de noviembre e inicios de diciembre, sigue su desplazamiento hacia la costa peruana, la cual mantendría las anomalías negativas de la TSM hasta inicios de marzo, aunque dentro del rango normal.

Las predicciones numéricas de los siete modelos climáticos de NMME, inicializados con la información oceánica y atmosférica del mes de enero de 2021, continúan indicando, en promedio y hasta julio de 2021, valores por debajo de su normal, pero sin llegar al rango de las condiciones frías débiles frente a la costa peruana. En el Pacífico central, según los valores observados, se mantiene el desarrollo del evento La Niña y, conforme a los valores pronosticados por los modelos de NMME, duraría hasta el mes de mayo con su máximo intensidad en enero de 2021.

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 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 es generado en el marco de esta actividad, el cual es entregado al IMARPE, como coordinador de la actividad y presidencia de la comisión multisectorial del ENFEN, para ser utilizado como insumo en la evaluación periódica que dicha comisión realiza. El informe técnico generado posteriormente por la comisión multisectorial del ENFEN será la información oficial sobre el monitoreo y pronóstico del fenómeno El Niño y asociados en el Perú.

Índice Costero El Niño

Utilizando la versión 5 de la información reconstruida extendida de la temperatura superficial del mar (ERSSTv5), se calculó el ICEN para el mes de noviembre, 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 se caracterizan por cambiar ligeramente su valor en el transcurso de los siguientes meses. Es por esta razón que 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
2020	Agosto	-1.14	Fría Débil
2020	Setiembre	-1.00	Neutra
2020	Octubre	-0.95	Neutra
2020	Noviembre	-0.83	Neutra

Para los siguientes dos meses se generan versiones preliminares y temporales del ICEN (ICENtmp), los cuales se calculan del promedio de los pronósticos de la anomalía de la TSM de NMME de un mes y dos meses, tanto para el primer y segundo ICENtmp, respectivamente. Los resultados se aprecian en la Tabla 2.

Tabla 2. ICEN temporales (ICENtmp) y sus categorías para diciembre y enero de 2021.

Año	Mes	ICENtmp	Categoría
2020	Diciembre	-0.92	Neutro
2021	Enero	-0.94	Neutro

Según los valores del ICENtmp, para el mes de diciembre y enero de 2021 se esperarían condiciones neutras. Estos resultados serían confirmados en los siguientes meses.

Índice Oceánico Niño (ONI)

Por otro lado, para el Pacífico central (Niño 3.4), el ONI (*Ocean Niño Index* en inglés; http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/oni.ascii.txt) del mes de noviembre de 2020, actualizado por la NOAA, es de –1.32 °C, lo cual corresponde a una condición fría moderada[1].

Tabla 3. Valores recientes del ONI. Descarga: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/oni.ascii.txt (se trabaja solo con los últimos datos en tiempo real, por lo que puede haber discrepancias para los meses anteriores)

Índice Oceánico Niño			
Año	Mes	ONI (°C)	Categoría
2020	Agosto	–0.59	Fría débil
2020	Setiembre	–0.95	Fría débil
2020	Octubre	–1.21	Fría Moderada
2020	Noviembre	–1.32	Fría Moderada

Los valores estimados del ONI (ONItmp) de diciembre y de enero de 2021, combinando observaciones y pronósticos de NMME, indican condiciones frías moderadas (ver Tabla 4).

Tabla 4. Estimados preliminares del ONI (ONItmp)

Índice Oceánico Niño temporales			
Año	Mes	ONItmp (°C)	Categoría
2020	Diciembre	–1.17	Fría Moderada
2021	Enero	–1.08	Fría Moderada

Diagnóstico del Pacífico Ecuatorial

En el mes de diciembre, de acuerdo a los datos observados diarios (IR, MW y OSTIA) en las regiones Niño 3.4 y Niño 1+2, las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) fueron negativas; alcanzando las condiciones frías moderadas en el Pacifico central y entre neutras y frías débiles en la región Niño 1+2. Las anomalías negativas oscilaron entre –1.1 °C y –0.8°C en la región Niño 3.4 (Figura 1a). En lo que respecta a la región Niño 1+2, esta osciló entre –1.2 °C y –0.3 °C (Figura1b).

Según los datos de las boyas de TAO a lo largo del Pacífico ecuatorial, se desarrollaron leves anomalías positivas del viento en la zona central oriental(Figura 2a). Con respecto a la anomalía de la TSM, aún se mantienen los valores negativos en la mayor parte de la región central-oriental del Pacífico (Figura 2b). Finalmente, en cuanto a la profundidad de la isoterma de 20°C, esta mantiene anomalías negativas (positivas) al este (oeste) de 160°W (Figura 2c).

[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).

Conforme a la información diaria del esfuerzo de viento zonal ecuatorial del producto ASCAT, se observaron, principalmente, pulsos de viento del este, siendo los más intensos en la tercera y cuarta semana del mes en las regiones 165°E-1170°W y 160°E-170°W, respectivamente (ver Figura 3). Según la información de los datos de TAO, la inclinación de la termoclina se mantiene ligeramente más inclinada de lo normal, mientras que el contenido de calor se ubica cerca de sus valores normales (ver Figura 5). En lo relacionado a la profundidad de la isoterma de 20 °C, en la boya ubicada en la región oriental (95°W), se observaron anomalías negativas de –18 m, en promedio (Figura 6).

La información de OLR (relacionada con la actividad convectiva) en el mes de diciembre en la región occidental (170°E-140°W, 5°S-5°N), así como en la región oriental (170°W-100°W, 5°S-5°N), continúa indicando valores superiores a su climatología, lo cual está relacionado a una deficiencia de precipitación. Esta información se puede apreciar en las Figura 7 y 8, respectivamente.

Según la información de los flotadores ARGO, de la altimetría satelital (Figura4), y modelos numéricos (Figura 9 y 10) la onda de Kelvin cálida, formada como consecuencia de la reflexión de una onda de Rossby cálida en la zona occidental del Pacífico, ya habría llegado a las costas peruanas en el mes de diciembre, sin embargo, con la data observada no es tan clara el arribo. El paquete de ondas de Kelvin, desarrollada por los pulsos de viento entre la quincena de noviembre e inicios de diciembre (Figura 3), sigue su desplazamiento hacia la costa peruana, esto según la data satelital (Figura 4) y de los modelos de ondas (Figuras 9 y 10). A esto se suma otro grupo de ondas de Kelvin frías que se habrían formado por los pulsos de viento del este durante el mes de diciembre e inicios de enero y que estuvo localizado alrededor de la línea de cambio de fecha (ver Figura 9, 10 y 12).

Ondas de Kelvin a lo largo de la costa peruana

Sin el promedio del último año, la información de DUACS a lo largo de la costa peruana y para el mes de diciembre muestra anomalías negativas y positivas del nivel del mar producto del paso de la onda Kelvin fría principalmente y , a fines de diciembre e inicios de enero, el aparente paso de la onda de Kelvin cálida (Figura 11b).

Según la información del flotador ARGO (No. 3901231), el cual se localizó durante diciembre entre 82° y 81.8°W y 6° y 4.5°S, y alrededor de las 50 mn frente a la costa norte del Perú, se observaron anomalías negativas que alcanzaron principalmente dentro de los 200 m de profundidad, concentrándose los mayores valores negativos entre los 100 y 50 m de profundidad (ver Figura 12). Utilizando la climatología de IMARPE se logra observar una anomalía positiva entre los 500 y 600 metros de profundidad a fines de diciembre e inicios de enero (Figura 12c). Esta anomalía positiva podría ser producto del paso de la onda de Kelvin cálida que se describió en el párrafo anterior y que también fue simulada por el modelo oceánico multimodal (ver panel inferior de la Figura 13).

Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

Se espera el arribo de ondas de Kelvin cálidas y frías a la costa peruana, de la cuales, por lo pronto, las más intensas serían las ondas frías (aunque no tanto como las de noviembre-diciembre) hasta inicios de marzo (ver Figura 13), la cuales mantendrían las anomalías de la TSM negativas, aunque dentro del rango normal, hasta inicios de marzo de 2021.

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para la región Niño 1+2, según los siete modelos climáticos de NMME (CFSv2, CanCM4i, GEM_NEMO, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4), con condiciones iniciales del mes de enero de 2021, se desarrollarían anomalías negativas mayores a –1 °C entre los meses de enero y julio de 2021, no obstante, estos valores estarían dentro del rango normal y las anomalías serían mayores para los meses de junio y julio (ver Tabla 5 y Fig. 14).

Para el Pacifico central (región Niño 3.4), según los mismos modelos climáticos mencionados en el párrafo anterior, se esperan condiciones frías moderadas en el mes de enero de 2021, frías débiles de febrero a mayo, y finalmente condiciones neutras para junio y julio . Por lo tanto, según estos pronósticos, se espera que el evento La Niña del Pacifico central, iniciado en agosto, se extienda hasta mayo de 2021 (ver Tabla 6 y Fig. 15).

Tabla 5. Pronósticos del ICEN con diferentes modelos climáticos utilizando condiciones iniciales de enero de 2021.

Modelo	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA
CFS2		-1.06	-0.96	-0.65	-0.28	0.02	0.24	0.29
CanCM4i		-0.73	-0.57	-0.42	-0.39	-0.30	-0.19	-0.20
GEM_NEMO		-0.74	-0.59	-0.36	-0.19	0.09	0.36	0.32
GFDL		-0.91	-0.90	-0.76	-0.44	0.06	0.35	0.50
NASA		-1.12	-1.73	-2.27	-2.43	-2.05	-1.46	-0.91
GFDL_FLOR		-0.79	-0.66	-0.35	0.19	0.69	1.01	1.03
NCAR_CCSM4		-1.20	-1.28	-1.16	-1.14	-1.06	-1.03	-1.13
NMME		-0.94	-0.95	-0.85	-0.67	-0.36	-0.11	-0.01
ICENtmp	-0.92							

Tabla 6. Pronósticos del ONI con diferentes modelos climáticos utilizando condiciones iniciales de enero de 2021.

Modelo	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA
CFS2		-0.97	-0.77	-0.57	-0.42	-0.35	-0.35	-0.38
CanCM4i		-0.99	-0.80	-0.68	-0.61	-0.54	-0.40	-0.33
GEM_NEMO		-1.07	-0.94	-0.76	-0.64	-0.59	-0.59	-0.59
GFDL		-0.80	-0.45	-0.05	0.30	0.61	0.71	0.62
NASA		-1.72	-2.19	-2.38	-2.20	-1.81	-1.35	-0.98
GFDL_FLOR		-0.87	-0.62	-0.39	-0.14	0.14	0.45	0.77
NCAR_CCSM4		-1.12	-1.12	-1.12	-1.04	-0.97	-0.98	-1.08
NMME		-1.08	-0.98	-0.85	-0.68	-0.50	-0.36	-0.28
ONItmp	-1.17							

Conclusiones:

1. El ICEN para el mes de noviembre fue –0.83 (condición neutra) y los valores temporales para diciembre y enero de 2021 son condiciones neutras –0.92 y –0.94 , respectivamente.

2. En el Pacífico central, el ONI de noviembre (OND) es –1.32, el cual corresponde a condiciones frías moderadas. Los ONI-tmp para los meses de diciembre (–1.17) y enero de 2021 (–1.08) corresponden a condiciones frías moderadas.

3. La información de OLR, relacionada con la actividad convectiva, en las regiones (170°E-140°W, 5°S-5°N) y (170°W-100°W, 5°S-5°N) continúa mostrando valores superiores a su climatología, es decir, existe una deficiencia de precipitación en dichas regiones.

4. Hasta la fecha, en la región del Pacífico ecuatorial, se han desarrollado leves anomalías positivas del viento en la zona central-oriental. La ATSM aún se mantiene con valores negativos en la mayor parte de esta región, mientras que la profundidad de la isoterma de 20°C mantiene anomalías negativas (positivas) al este (oeste) de 160°W.

5. Basado en los datos de TAO, la termoclina se mantiene ligeramente más inclinada de lo normal mientras que el contenido de calor se ubica cerca de sus valores normales.

6. El paquete de ondas de Kelvin frías, formado por el pulso de viento de inicios de setiembre y posiblemente reforzada por los pulsos de viento de inicios de octubre; según la data observada *in situ* y satelital, continuó afectando la costa peruana, aunque con menor magnitud a la de

noviembre.

7. La onda de Kelvin cálida, que se habría formado como consecuencia de la reflexión de una onda de Rossby cálida en la zona occidental del Pacífico, según los modelos numéricos ya habrían iniciado su llegada a la costa peruana durante el mes de diciembre, aunque con la data observada esto no es tan claro.

8. El paquete de ondas de Kelvin frías, desarrollado entre la quincena de noviembre e inicios de diciembre, sigue su desplazamiento hacia la costa peruana. A esto se suma otro grupo de ondas Kelvin frías que se habrían formado por los pulsos de viento del este durante el mes de diciembre y alrededor de la línea de cambio de fecha.

9. Se espera que las ondas Kelvin frías continúen afectando la costa peruana hasta inicios de marzo del 2021. Esto debe contribuir a mantener la TSM con valores negativos, aunque dentro del rango normal.

10. Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME con condiciones iniciales de enero 2021, indican en promedio condiciones NEUTRAS entre los meses de enero y julio de 2021, sin embargo, sus anomalías son negativas, siendo menos frías en relación de la secuencia mensual.

11. Para el Pacífico central (Región Niño 3.4), los modelos de NMME indica la condición sería fría moderada para el mes de enero y condiciones frías débiles de los meses de febrero a mayo, finalizando con condiciones neutras para los meses de junio y julio.

Bibliografía

- **Aparco J., K. Mosquera y K. Takahashi**, 2014: Flotadores Argo para el cálculo de la anomalía de la profundidad de la termoclina ecuatorial (Aplicación Operacional), Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, mayo, 1, 5.
- Cravatte, S., W. S. Kessler, N. Smith, S. E. Wijffels, Ando, K., Cronin, M., Farrar, T., Guilyardi, E., Kumar, A., Lee, T., Roemmich, D., Serra, Y, Sprintall, J., Strutton, P., Sutton, A., **Takahashi, K**. y Wittenberg, A., 2016: First Report of TPOS 2020. GOOS-215, 200 pp. [http://tpos2020.org/first-report]
- DiNezio, P., 2016: Desafíos en la predicción de La Niña, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, 3 (9), 4-8.
- **ENFEN 2012**: Definición operacional de los eventos "El Niño" y "La Niña" y sus magnitudes en la costa del Perú. *Nota Técnica ENFEN.*
- **ENFEN 2015**: Pronóstico probabilístico de la magnitud de El Niño costero en el verano 2015-2016. *Nota Técnica ENFEN 02-2015.*
- Huang, B.,Thorne, P.W, Banzon, V. F., Boyer, T., Chepurin, G., Lawrimore, J. H., Menne, M. J., Smith, T. M., Vose, R. S., Zhang, H.-M., 2017: Extended Reconstructed Sea Surface Temperature version 5 (ERSSTv5): Upgrades, validations, and intercomparisons, *J. Climate*, doi: 10.1175/JCLI-D-16-0836.1
- Kug, J.-S., Jin, F.-F., An, S.-I., 2009: Two types of El Niño events: Cold tongue El Niño and warm pool El Niño. *J. Climate* 22, 6, 1499–1515, doi:10.1175/2008JCLI2624.1.
- 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, 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,

1, 8-9.

- **Sulca, J., Takahashi, K., Espinoza, J.C.,** Vuille, M. and Lavado-Casimiro, W., 2017: Impacts of different ENSO flavors and tropical Pacific convection variability (ITCZ, SPCZ) on austral summer rainfall in South America, with a focus on Peru. Int. J. Climatol. Doi:10.1002/joc.5185
- **Takahashi, K.**, 2017: Verificación de los pronósticos probabilísticos de El Niño y La Niña costeros. Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, 4 (8), 8-9.
- **Takahashi, K., 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.

Figuras

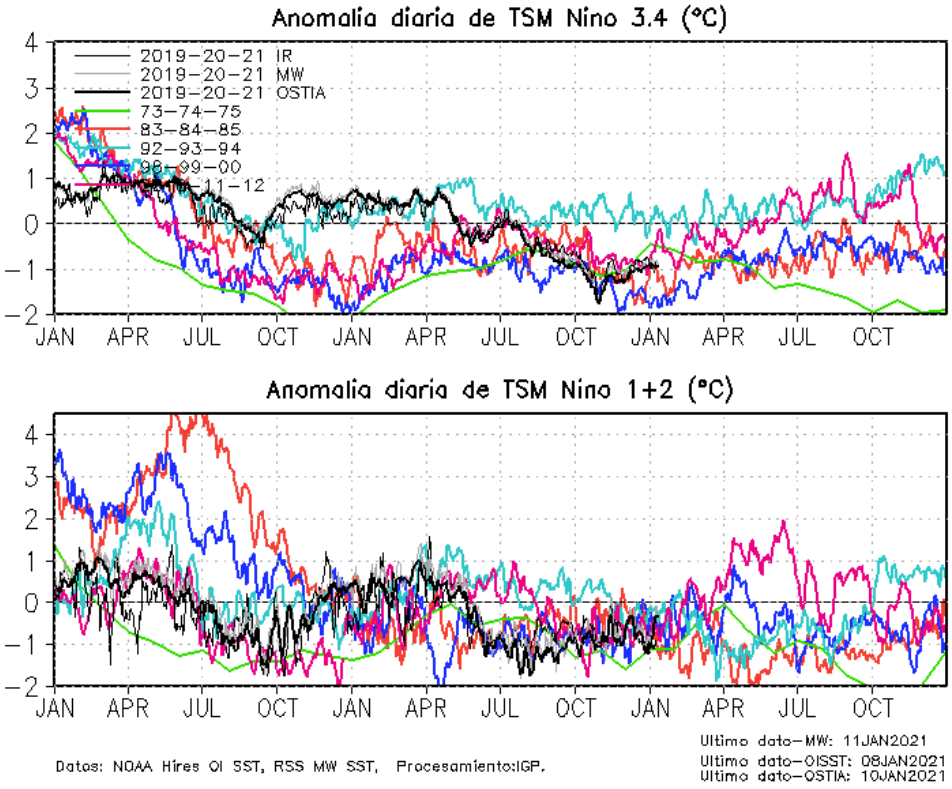

Figura 1. Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del producto OSTIA, respectivamente. Las líneas de color verde, rojo, celeste, azul y magenta indican la evolución de la anomalía de la TSM para los años 1973-1975, 1983-1985, 1992-1994, 1998-2000 y 2010-2012.

Elaboración: IGP

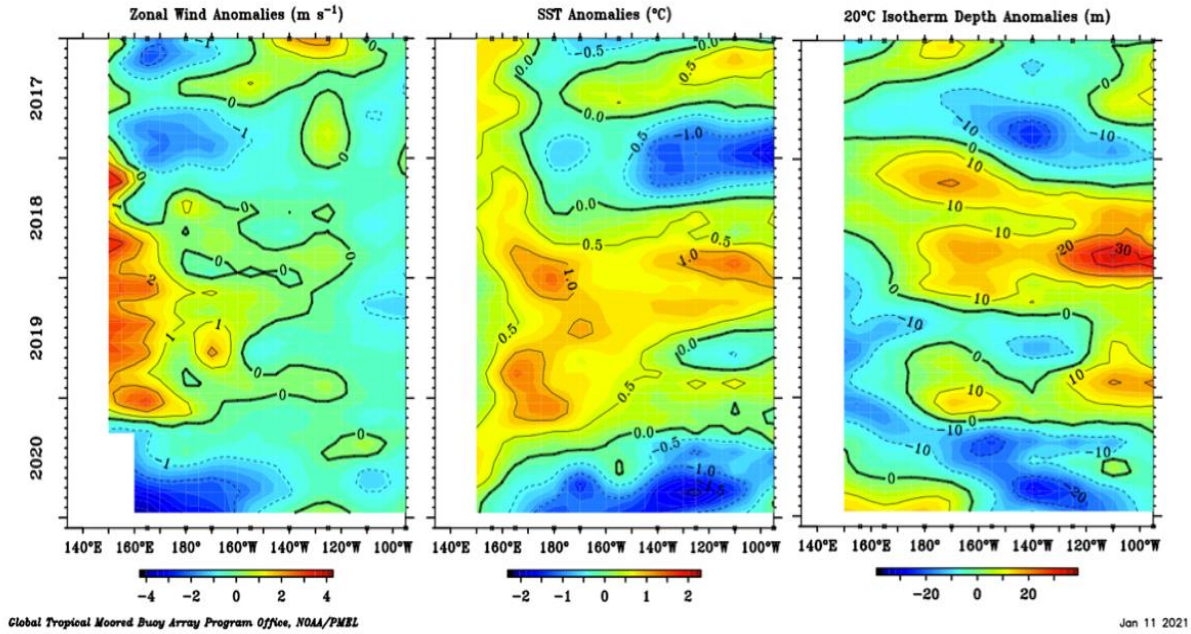

Figura 2. Promedio mensual de la anomalía de: (a) el viento zonal, (b) la profundidad de la isoterma de 20°C (termoclina) y (c) la tempera superficial del mar; a lo largo de la franja ecuatorial del Pacífico (2°S-1°N). Esta imagen se elaboró de otras que se obtienen del proyecto TAO: www.pmel.noaa.gov/tao.

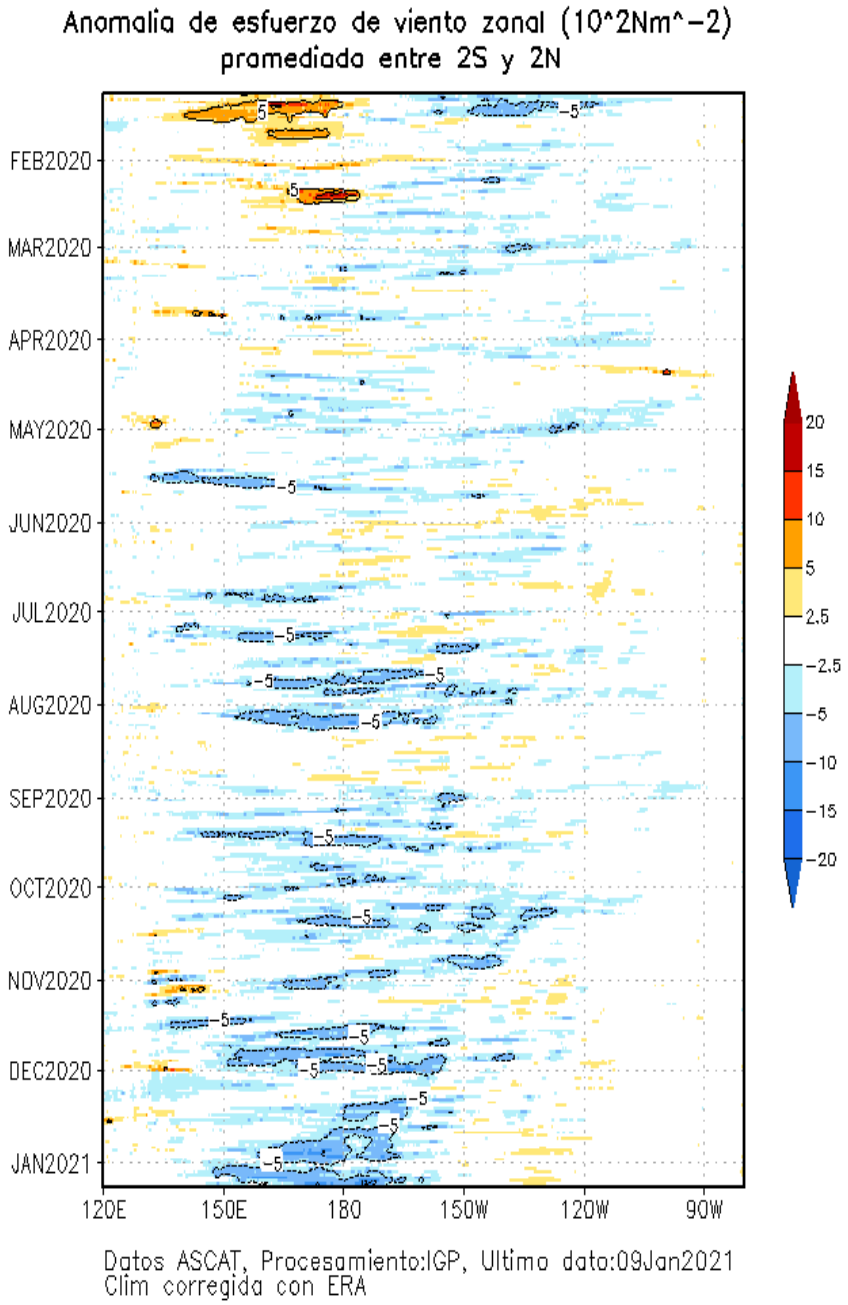

Figura 3. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del producto ASCAT hasta el 09 de enero 2021. Elaboración: IGP

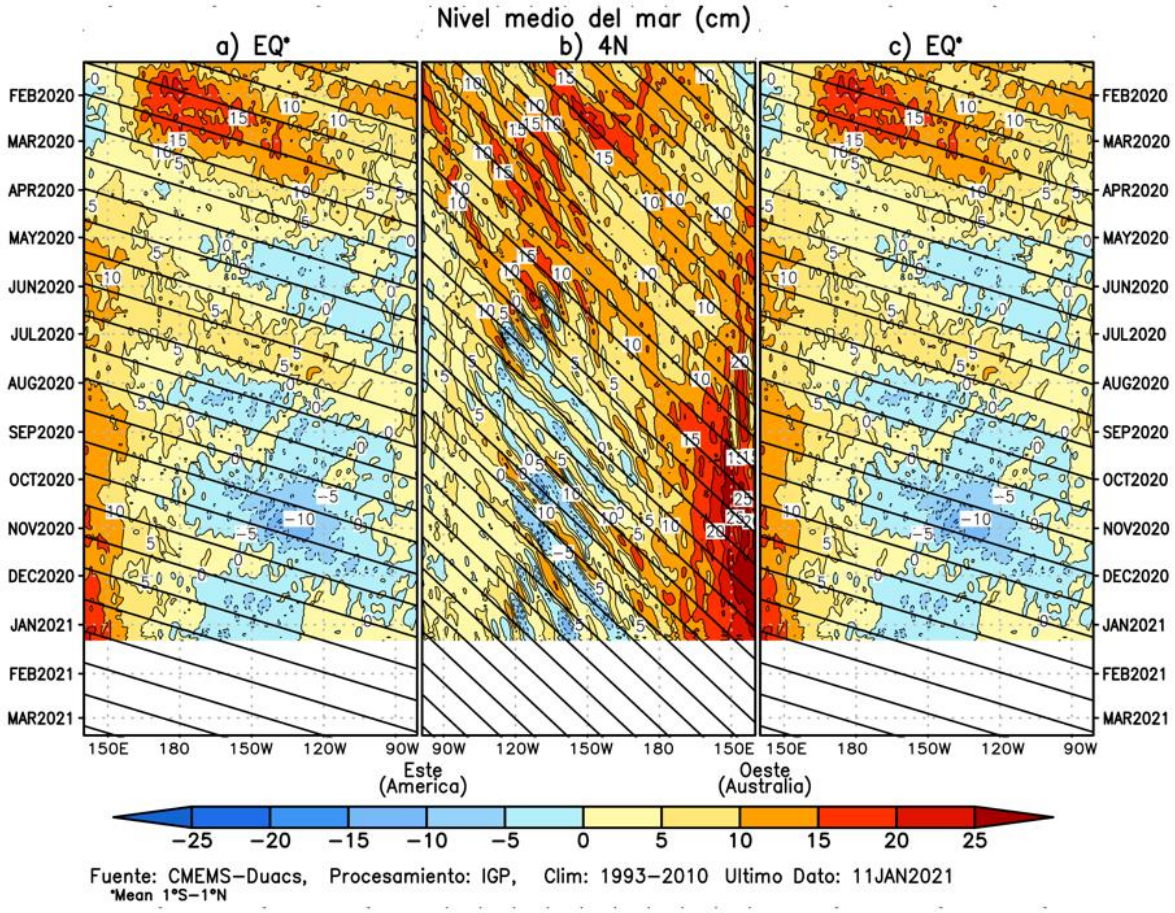

Figura 4. Diagramas longitud- tiempo de la anomalía del nivel medio del mar en el Pacifico usando el producto DUACS. Las figuras (a) y (c) son las mismas y representan la información a lo largo de la línea ecuatorial, mientras que (b) a lo largo de 4°N, pero con el eje zonal de Este a Oeste. Las líneas 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

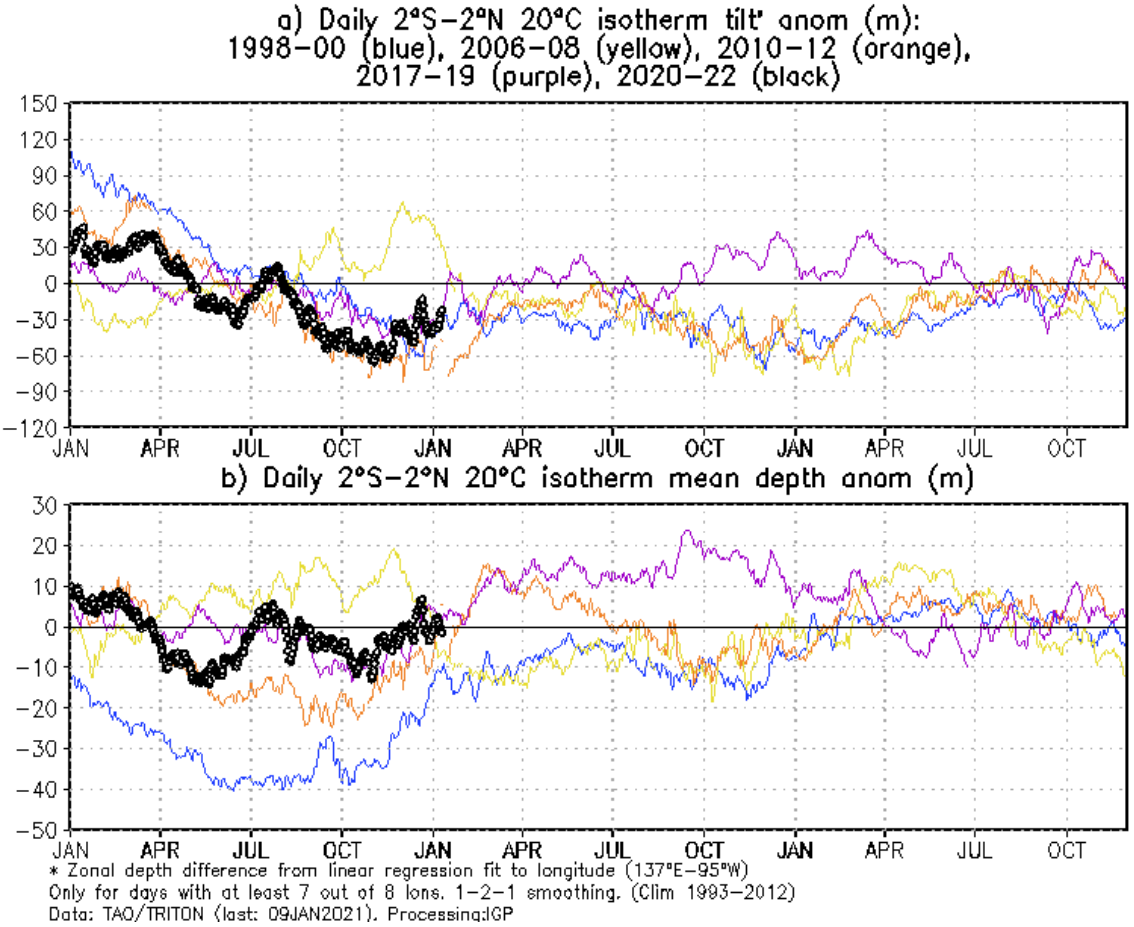

Figura 5. a) Inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de ARGO entre 2°N y 2°S. b) Contenido de calor en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. A diferencia de informes anteriores. Elaboración: IGP

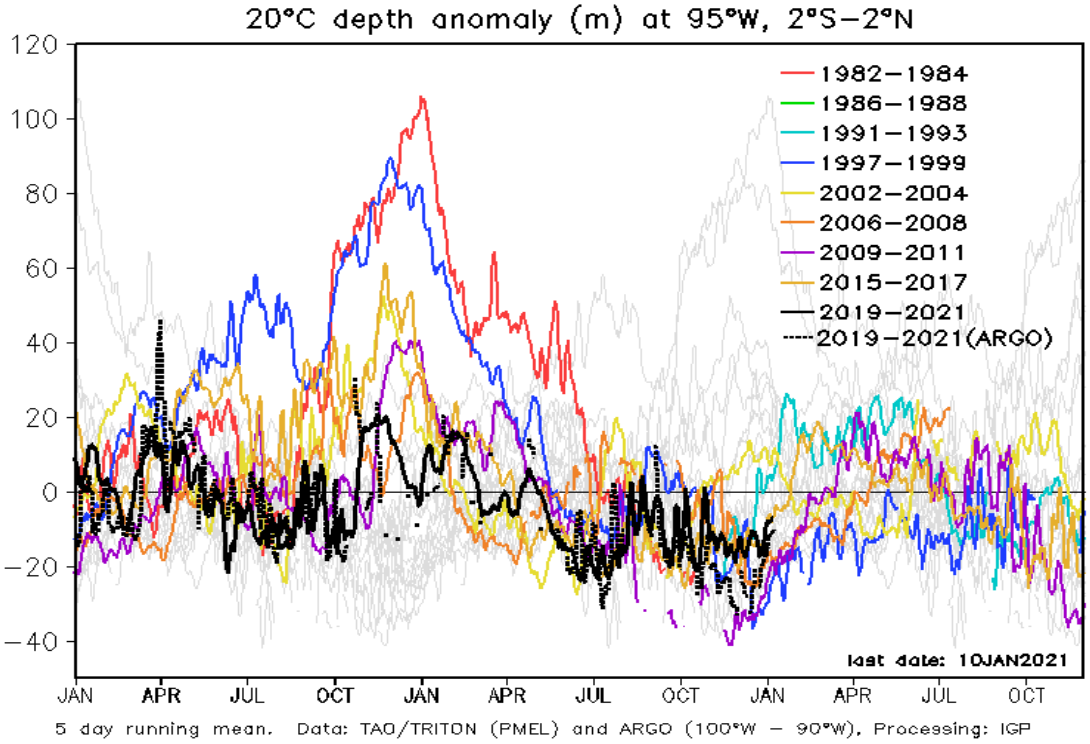

Figura 6. Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C (m) en 95° W ,2°S-2°N, con datos de ARGO y TAO. Elaboración: IGP

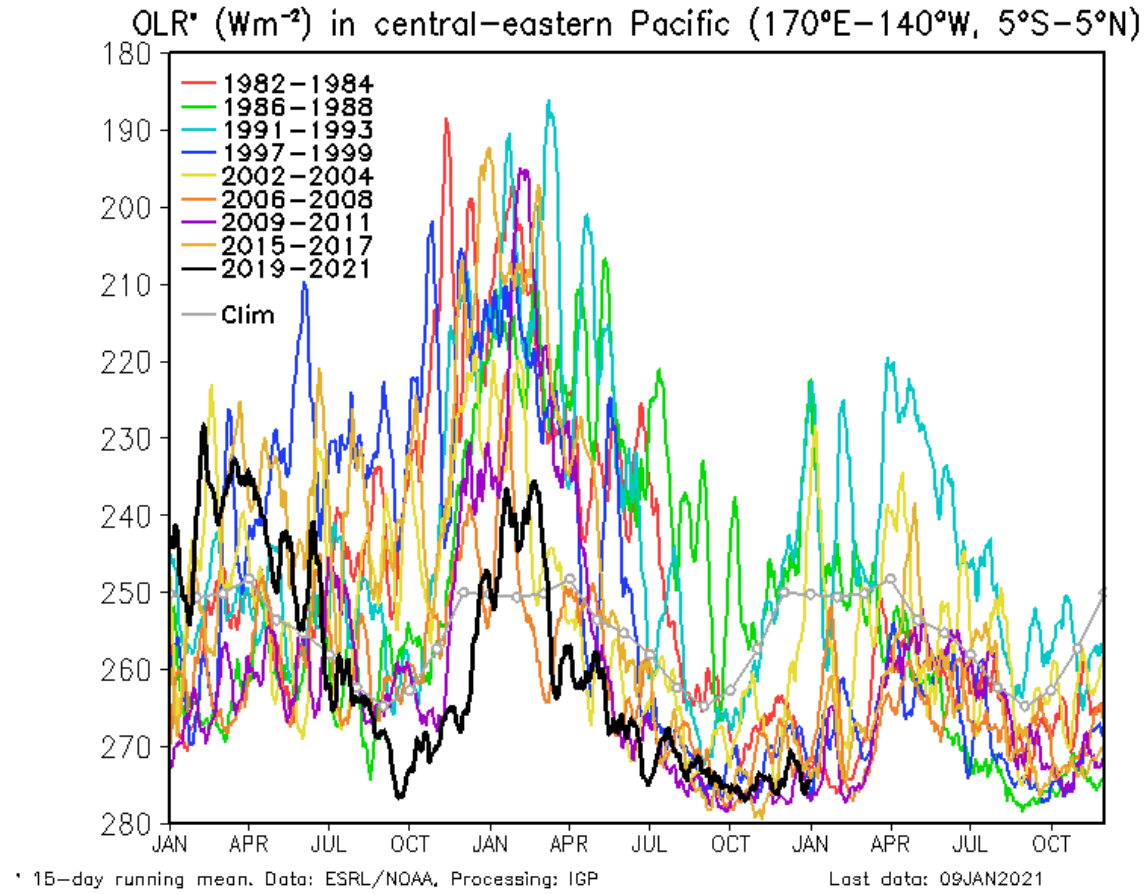

Figura 7. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental (170°E-140°W y 5°S-5°N) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración IGP

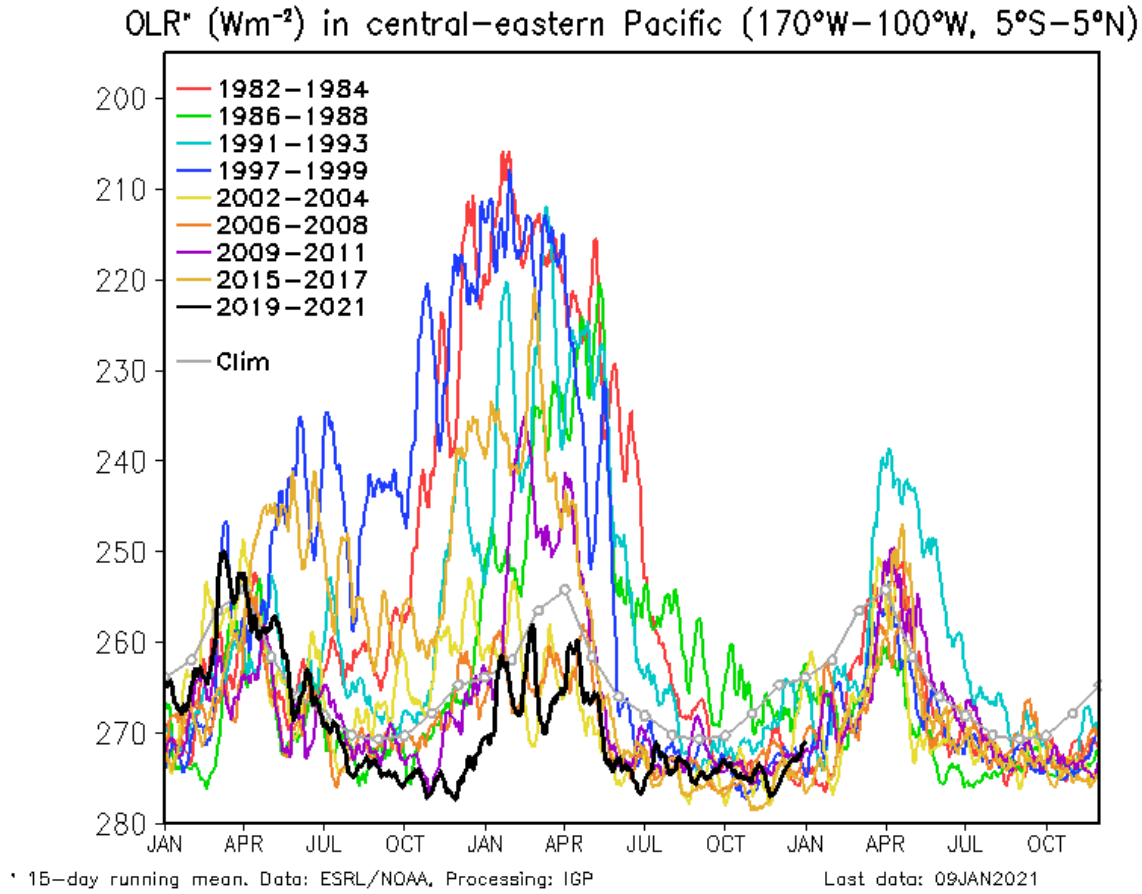

Figura 8. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental (170°W-100°W y 5°S-5°N) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración IGP

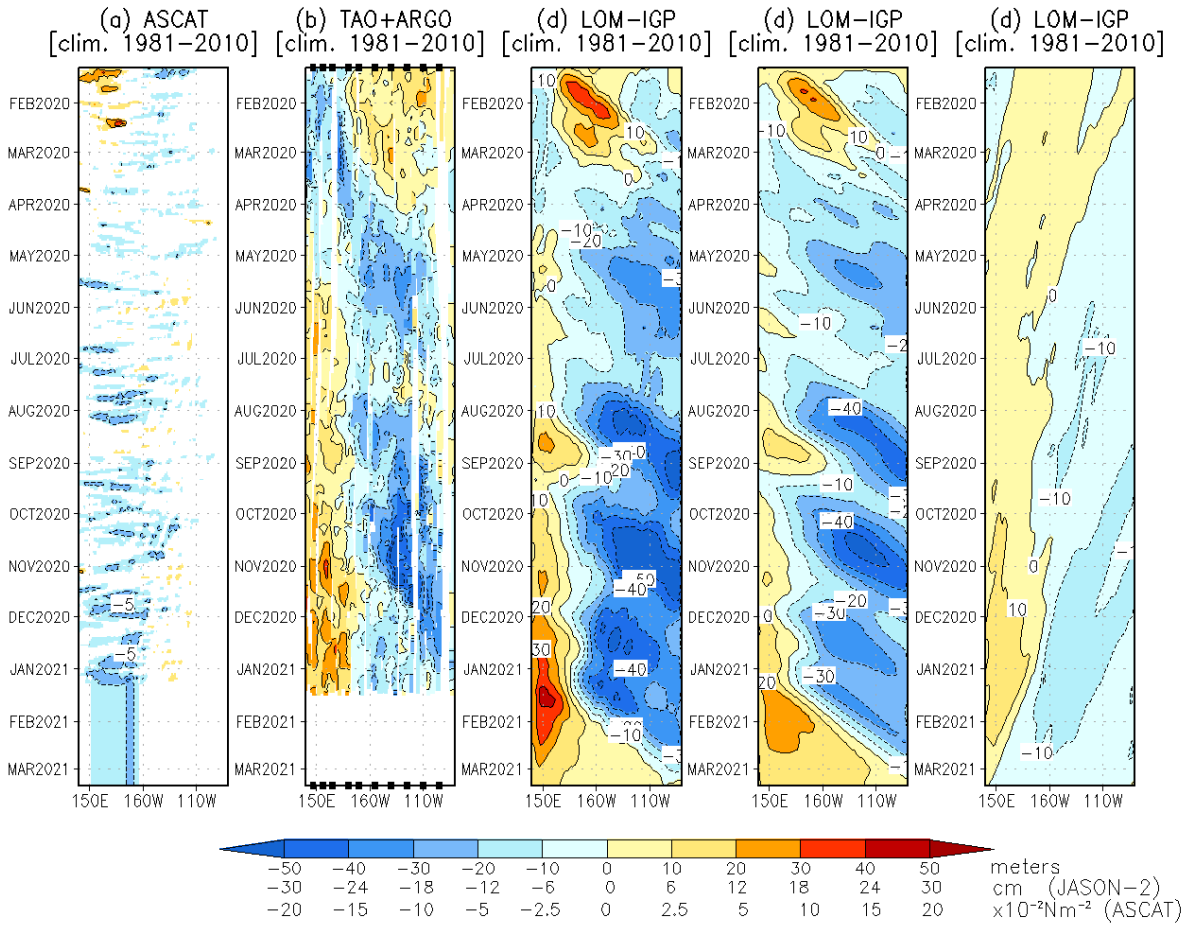

Figura 9. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de ASCSAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO y los derivados de ARGO (b), diagrama de la onda de Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda de Kelvin (d) y finalmente diagrama de la onda de Rossby, calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, y tau=0 para el pronóstico). Las líneas diagonales representan la trayectoria de una onda de Kelvin si tuviera una velocidad de 2.6 m/s. Elaboración: IGP

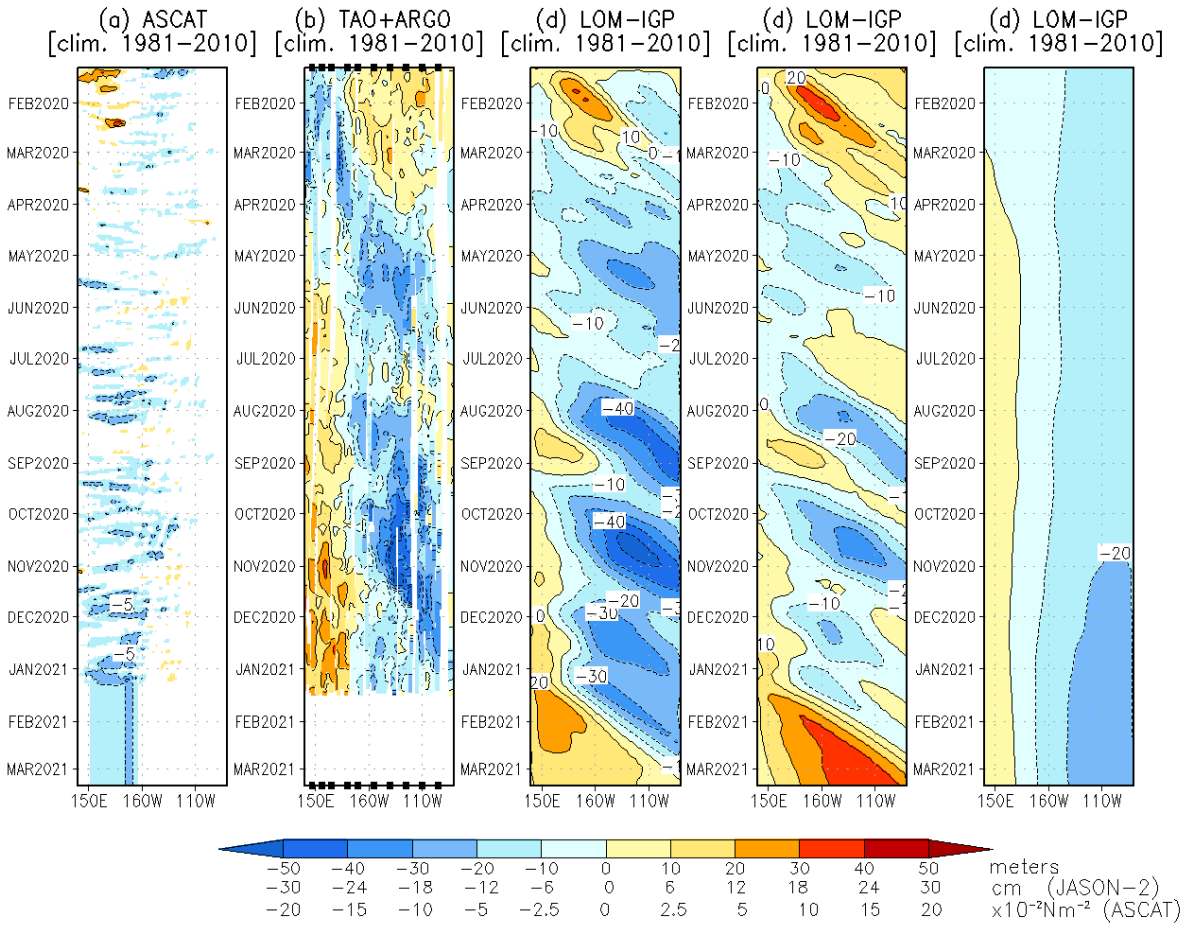

Figura 10. De izquierda a derecha: diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de ASCAT (primer panel); anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C de TAO y los derivados de ARGO (segundo panel); onda de Kelvin (tercer panel), onda de Kelvin intraestacional (cuarto panel), Onda de Kelvin interanual multiplicado por un factor de dos (quinto panel). Las tres figuras de la derecha son resultados numéricos de un modelo oceánico lineal, forzado con información de vientos de ASCAT. Las líneas diagonales representan la trayectoria que tendría la onda de Kelvin si tuviera una velocidad de 2.6 m/s. Elaboración: IGP

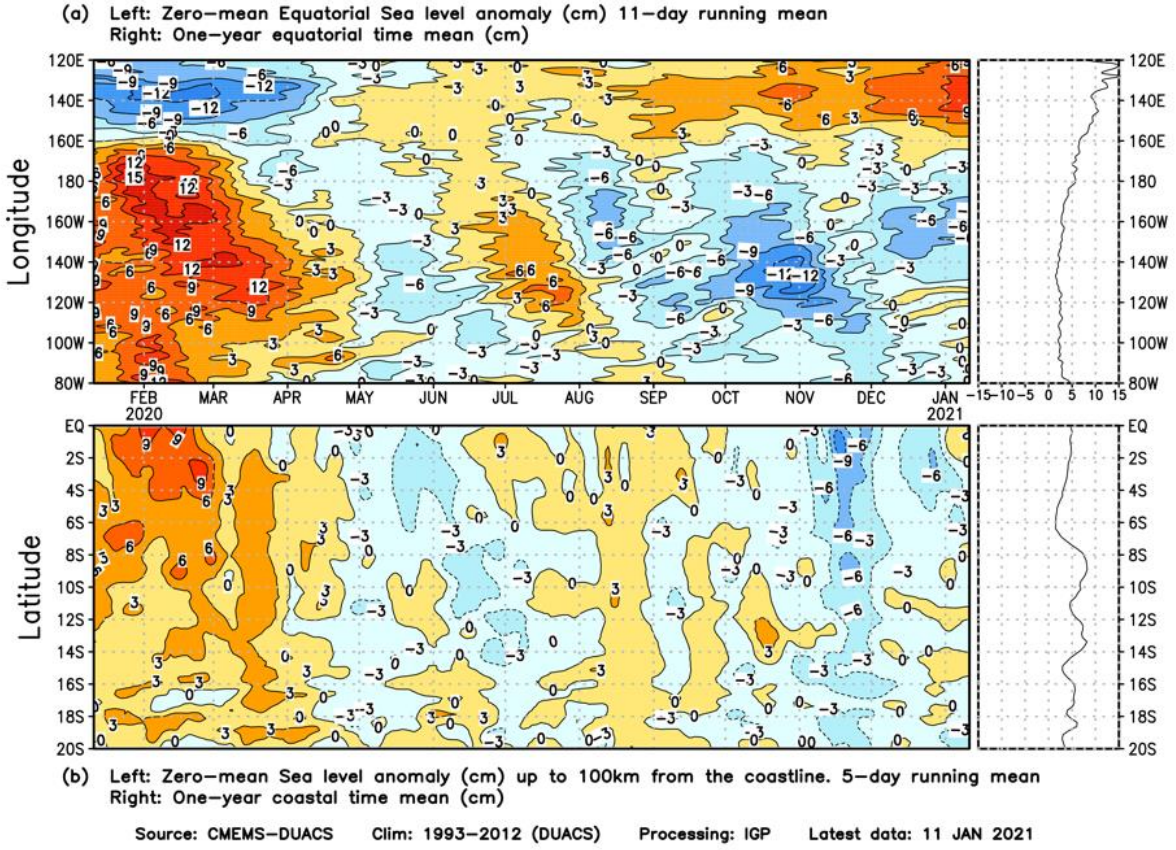

Figura 11. Anomalía centrada del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial (Figura superior izquierda) y a lo largo de la costa peruana (Figura inferior izquierda). A la derecha se muestra el promedio de los últimos 365 días en la franja ecuatorial (superior) y a lo largo de la costa (inferior), que fueron sustraídos a las figuras de la izquierda, respectivamente. Las unidades están en centímetros.

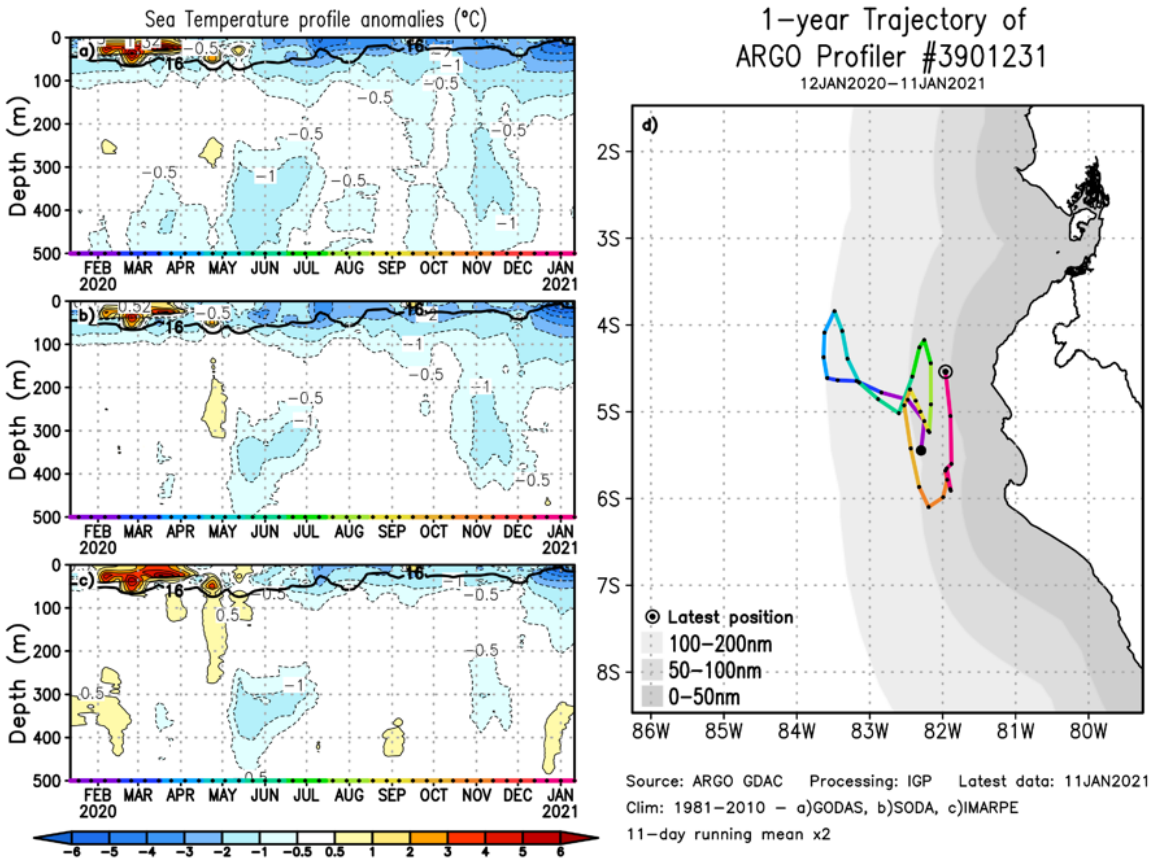

Figura 13. A la izquierda se aprecia la anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad calculada de los datos del flotador ARGO No. 3901231. Esta anomalía se calcula en base a la climatología (1981-2010) de: (a) GODAS, (b) SODA e (c) IMARPE. A la derecha se aprecia la trayectoria del flotador en el último año. Cada color indica un periodo de aproximadamente 30 días, en donde el círculo abierto indica la última posición del flotador.

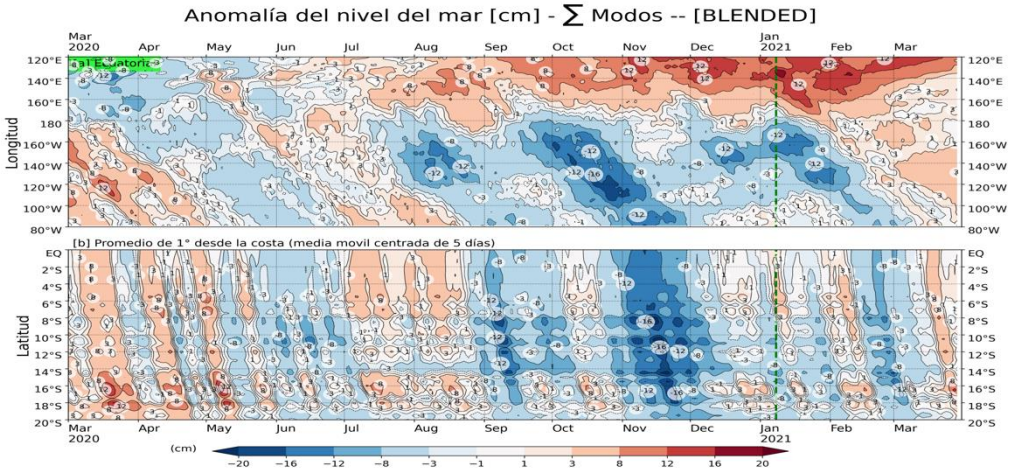

Figura 13. Simulación numérica de la anomalía del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial del océano Pacífico (panel superior) y a lo largo de la costa peruana (panel inferior). Esta simulación se realizó con el modelo oceánico multimodal forzado con el producto de vientos denominado *Blended*.

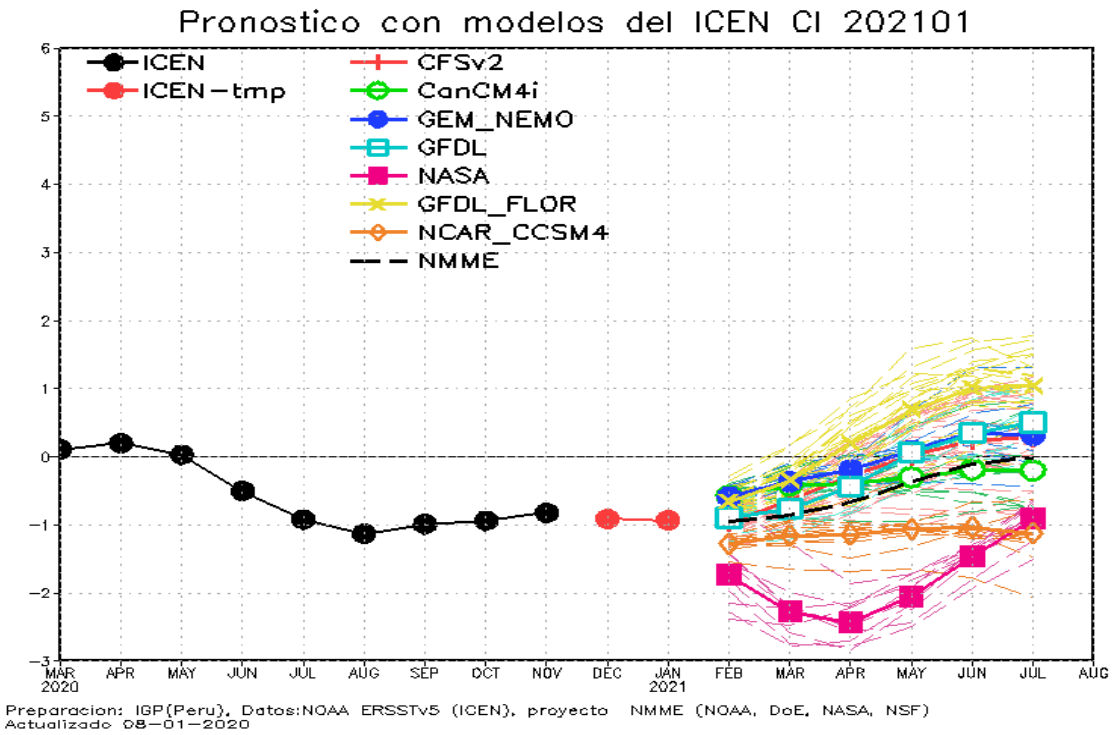

Figura 14. Índice Costero El Niño (ICEN negro con círculos llenos, fuente ERSSTv5) y sus valores temporales (ICENv5tmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos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

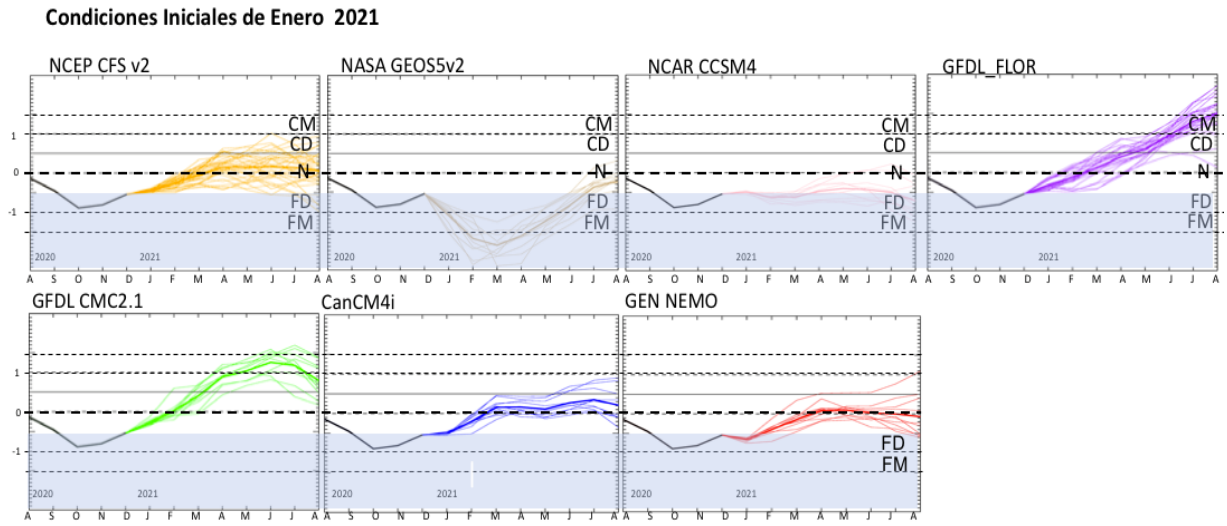

Figura 15. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME y otros.