

**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/EI Niño-IGP/2020-05 11/06/2020

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

Resumen

Para el mes de abril, según el valor del Índice Costero El Niño (ICEN), la condición climática frente a la costa norte y centro del Perú fue Neutral. Esto se basa tanto en los datos de ERSSTv5 (ICENV5) como de OISST (ICENOI), los cuales fueron de 0.19° y 0.33°C, respectivamente. Los valores temporales del ICEN (ICENTmp) de ERSSTv5 y de OISSTv2 para los meses de mayo y junio de 2020 coinciden también en indicar condiciones Neutras. Con respecto al Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés), para el mes de abril, muestra una condición Neutra (0.28°C), esta condición también se observa en los valores temporales para los meses de mayo y junio.

Durante el mes de mayo, según la información de altimetría satelital (producto DUACS) y de las boyas ARGO, se continúa observando la presencia de la onda Kelvin fría ecuatorial en la región oriental del Pacífico y se espera que siga impactando la costa peruana hasta el mes de julio. Según el promedio de las predicciones numéricas de los siete modelos climáticos de NMME, inicializados con información oceánica y atmosférica del mes de junio de 2020, se tendría un escenario ligeramente frío, tanto en el Pacífico central como oriental, siendo para la primera región (central) una condición fría débil a partir de julio de 2020, la cual está relacionada con el desarrollo de un evento La Niña, que se extendería hasta fines de este año.

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 del ENFEN, para ser utilizado como insumo en la evaluación periódica que realiza el ENFEN. El informe técnico generado posteriormente por el 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 información mensual de la interpolación óptima de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) de Reynolds y promediada sobre la región Niño 1+2, se calculó el ICEN (ICEOI) para el mes de abril, el cual indica una condición Neutra (ver Tabla 1). Asimismo, con la versión 5 de la información reconstruida extendida de la TSM (ERSSTv5), se calcula el ICENv5 para el mes de abril, el cual también indica una condición Neutra (ver Tabla 1).

Hay que señalar que para calcular el ICEN actual; tanto para ICENOI e ICENv5; se utilizan los datos que son denominados, en cada una de estas bases de datos, 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 obtenidos de OISST.v2 (columnas 3 y 4) y ERSST v5 (columnas 5 y 6).

Año	Mes	ICENOI	Categoría	ICENv5	Categoría
2020	Enero	0.10	Neutra	-0.16	Neutra
2020	Febrero	0.26	Neutra	-0.15	Neutra
2020	Marzo	0.47	Cálida Débil	0.10	Neutra
2020	Abril	0.33	Neutra	0.19	Neutra

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

Tabla 2. ICEN temporales (ICENtmp) para mayo y junio son obtenidos de OISST.v2 (columnas 3 y 4) y ERSST v5 (columnas 5 y 6). El ICENtmp para mayo (junio) se calcula usando la información del promedio de los valores pronosticados de ATSM de mayo (junio y julio) de NMME.

Año	Mes	ICENOI	Categoría	ICENv5	Categoría
2020	Mayo	-0.08	Neutra	0.01	Neutra
2020	Junio	-0.47	Neutra	-0.37	Neutra

Según los valores del ICENtmp de OI y de ERSSTv5 para los meses de mayo y junio se esperarían condiciones Neutras. Esto se confirmarán 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>), actualizado por la NOAA al mes de abril de 2020, es de 0.28°C, correspondiente a una condición Neutra¹.

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 ,

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	Enero	0.53	Cálida Débil
2020	Febrero	0.51	Cálida Débil
2020	Marzo	0.50	Cálida Débil
2020	Abril	0.28	Neutra

Los valores estimados del ONI (ONItmp) de mayo y junio de 2020, combinando observaciones y pronósticos de NMME, indican condiciones Neutras (ver Tabla 4).

Tabla 4. Estimados preliminares del ONI (ONItmp)

Índice Oceánico Niño temporales			
Año	Mes	ONItmp (°C)	Categoría
2020	Mayo	-0.04	Neutro
2020	Junio	-0.44	Neutro

Diagnóstico del Pacífico Ecuatorial

Según los datos observados de (IR, MW y OSTIA) las anomalías de la TSM diaria en la región Niño 3.4, en el mes de mayo registraron una reducción en sus valores que alcanzaron anomalías negativas, sin embargo, estas, en promedio, estuvieron dentro del rango neutral. El valor máximo de 0.1°C y mínimo de -0.5°C, se registraron en la primera y cuarta semana, respectivamente (Figura 1a). En lo que respecta a la región Niño 1+2, las anomalías se mostraron negativas a partir de la cuarta semana del mes, con un valor máximo de 0.4°C y otro mínimo de -0.4°C (Figura 1b), aunque en promedio se mantuvo una condición neutral,

Durante el mes de mayo, según la información de las boyas instaladas a lo largo del Pacífico Ecuatorial del proyecto TAO, se observó la persistencia de las anomalías negativas del viento en la región occidental, mientras que en la zona oriental se mantuvo una anomalía positiva pero débil (Figura 2a). Con respecto a la profundidad de la isoterma de 20°C, casi en todo el Pacífico ecuatorial se mostraron anomalías negativas (Figura 2b). Finalmente, en cuanto a la anomalía de la TSM, estas fueron principalmente negativas entre 160° y 110°W (Figura 2c).

Conforme a la información diaria del esfuerzo de viento zonal ecuatorial del producto WindSat, se observaron, durante la primera y segunda semana del mes, pequeños pulsos de viento del oeste entre 130° y 140°E, por otro lado, en la región central y oriental del Pacífico ecuatorial se observaron pequeños pulsos dispersos del este. En la tercera semana del mes se registró un pulso intenso del este entre 130° y 165°E, además de pequeños pulsos en la región central. Finalmente, en la cuarta semana se presentaron pequeños pulsos positivos en el Pacífico ecuatorial oriental (ver Figura 3). Según la información de los datos de TAO, la inclinación de la termoclina se encuentra alrededor de su valor normal, mientras que el contenido de calor

respectivamente (Nota Técnica ENFEN, 02-2015).

muestra una tendencia a su climatología (ver Figura 5). En la profundidad de la isoterma de 20°C en la boya ubicada en la región oriental (95°W) se observan anomalías negativas, siendo el valor de 20 m el más somero (Figura 6).

La información de OLR (relacionada con la actividad convectiva) en el mes de mayo en la región occidental (170°E – 140°W, 5°S-5°N) y en la región oriental (170°W – 100°W, 5°S-5°N) continúan indicando valores superiores a su climatología. Esta información se puede apreciar en las Figura 7 y 8, respectivamente.

Durante el mes de mayo, según la data de altimetría satelital y de las boyas ARGO, se continúa observando la presencia de la onda Kelvin fría a lo largo de la franja ecuatorial (Figura 2 y 9b), esta onda inició su arribo a la costa americana a finales del mes de marzo (Figura 11b).

Ondas Kelvin a lo largo de la costa peruana

A lo largo de la costa peruana, según la información de DUACS (basada en altimetría satelital), se continúan observando anomalías negativas al norte de 8°S, y al sur del mismo punto se observa anomalías positivas hasta los 14°S, después se vuelven a observar anomalías negativas hasta 15.8°S (Figura 11b). Según la información del flotador ARGO (No. 3901231), el cual se localizó durante mayo entre 83.5°–82.5°W y 4°-5°S (entre las 100 y 200 mn frente a la costa norte del Perú), se observan anomalías negativa en las 2 primera semanas del mes en los primeros 50 metros de profundidad, en la tercera semana se observa un nucleo positivo de alrededor de 0.5 °C hasta los 30 metros de profundidad, finalmente en la cuarta semana se observan anomalías negativas siendo más intensas entre los 20 y 50 metros de profundidad, para todo el mes se observan anomalías negativas entre los 150 y 500 metros de profundidad (ver Figura 12c).

Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

Se espera que la señal de la onda Kelvin fría continúe impactando la costa sudamericana por lo menos hasta el mes de julio. Es posible que la presencia de esta onda contribuya a una disminución del nivel del mar y, además, a una disminución de la temperatura del mar (ver figura 9 y 10).

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), según siete modelos climáticos integrantes de NMME (CFSv2, CanCM4i, GEM_NEMO, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4), con condiciones iniciales del mes de junio de 2020, se esperan en promedio condiciones Neutras entre los meses de junio a diciembre de 2020, sin embargo todos los modelos indican anomalías negativas en el mismo periodo. (ver Tabla 5 y Fig. 13).

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), según los mismos modelos climáticos mencionados en el párrafo anterior, se esperan condiciones frías débiles entre los meses de julio y diciembre, por lo tanto, esperaríamos un evento La Niña en Pacífico central en las estaciones de invierno y primavera. (ver Tabla 6).

Tabla 5. Pronósticos del ICEN con diferentes modelos climáticos utilizando condiciones iniciales de junio de 2020.

Modelo	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
CFS2		-0.36	-0.63	-0.55	-0.38	-0.32	-0.42	-0.45
CanCM4i		-0.15	-0.48	-0.65	-0.62	-0.48	-0.26	-0.09
GEM_NEMO		-0.34	-0.69	-0.71	-0.73	-0.68	-0.70	-0.62
GFDL		-0.45	-0.75	-0.58	-0.36	-0.17	-0.11	-0.09
NASA		-0.51	-0.93	-1.00	-0.89	-0.83	-0.80	-0.83
GFDL_FLOOR		-0.49	-0.87	-0.87	-0.72	-0.43	-0.13	0.08
NCAR_CCSM4		-0.31	-0.51	-0.34	-0.21	-0.21	-0.37	-0.50
NMME		-0.37	-0.69	-0.67	-0.56	-0.45	-0.40	-0.36
ICENtmp	0.01							

Tabla 6. Pronósticos del ONI con diferentes modelos climáticos utilizando condiciones iniciales de junio de 2020.

Modelo	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
CFS2		-0.29	-0.48	-0.66	-0.80	-0.89	-0.94	-0.95
CanCM4i		-0.43	-0.62	-0.67	-0.65	-0.63	-0.61	-0.53
GEM_NEMO		-0.27	-0.41	-0.50	-0.59	-0.65	-0.73	-0.78
GFDL		-0.73	-0.89	-0.62	-0.17	0.19	0.39	0.51
NASA		-0.44	-0.79	-0.97	-1.07	-1.14	-1.29	-1.43
GFDL_FLOOR		-0.66	-0.87	-0.77	-0.57	-0.47	-0.45	-0.39
NCAR_CCSM4		-0.24	-0.49	-0.74	-0.92	-0.97	-1.04	-1.09
NMME		-0.44	-0.65	-0.70	-0.68	-0.65	-0.67	-0.67
ONItmp	-0.04							

Conclusiones:

1. El ICEN estimado con los datos de OISST y ERSST para abril de 2020 fue de 0.33 y 0.19, respectivamente, lo que corresponde a condiciones Neutras. Estas mismas condiciones se observaron en los ICENtmp de mayo y junio de ambas bases de datos.
2. En el Pacífico central, el ONI de abril (MAM) es 0.28 y corresponde a una condición Neutra. Esta condición se mantiene para los valores estimados de mayo y junio.

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 indicando valores inferiores y a su climatología.
4. Se observó la persistencia de anomalías negativas del viento en la región occidental mientras que en la zona oriental se mantuvo una anomalía positiva débil. En relación a la profundidad de la isoterma de 20°C, casi todo el Pacífico ecuatorial mostró anomalías negativas y en la TSM principalmente una anomalía negativa entre 160 y 110°W.
5. Durante la quincena de mayo, según las fuentes de datos satelitales y de reanalysis, se desarrollaron principalmente pulsos de viento del este, los cuales se localizaron al oeste de 160°W.
6. Basado en los datos de TAO, la inclinación de la termoclina se encuentra alrededor de sus valores normales, mientras que el contenido de calor muestra una tendencia a la normalización.
7. Según la información de los flotadores ARGO en la zona oriental de la franja ecuatorial (100°W), en el mes de mayo, en promedio, se mantuvieron las temperaturas por debajo de lo normal en los primeros 150 metros de profundidad, y entre 300 y 500 metros de profundidad.
8. Durante el mes de mayo, y según la data de altimetría satelital y de las boyas ARGO, se continúa observando la presencia de onda Kelvin fría a lo largo de la franja ecuatorial
9. Se espera que la señal de la onda Kelvin fría continúe impactando la costa peruana por lo menos hasta el mes de julio. Es posible que esta contribuya a una disminución del nivel del mar y , en consecuencia, a una disminución de la temperatura del mar.
10. Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME con condiciones iniciales de junio 2020, indican en promedio condiciones Neutras entre los meses de junio a diciembre de 2020.
11. Para el Pacífico central (Región Niño 3.4), el promedio de los modelos de NMME indica condiciones frías débiles entre los meses de julio y diciembre. El modelo de NASA, indica condiciones entre frías moderadas entre los meses de setiembre y diciembre.

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, 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

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.

Agradecimientos

A la Dra. Emily Becker (NOAA) y al Dr. Ben Kirtman (RSMAS) por su apoyo con los datos del proyecto NMME, a la Dra. Michelle L'Heureux (NOAA CPC) por su apoyo con los datos de Niño 1+2 para el cálculo del ICEN.

Figuras

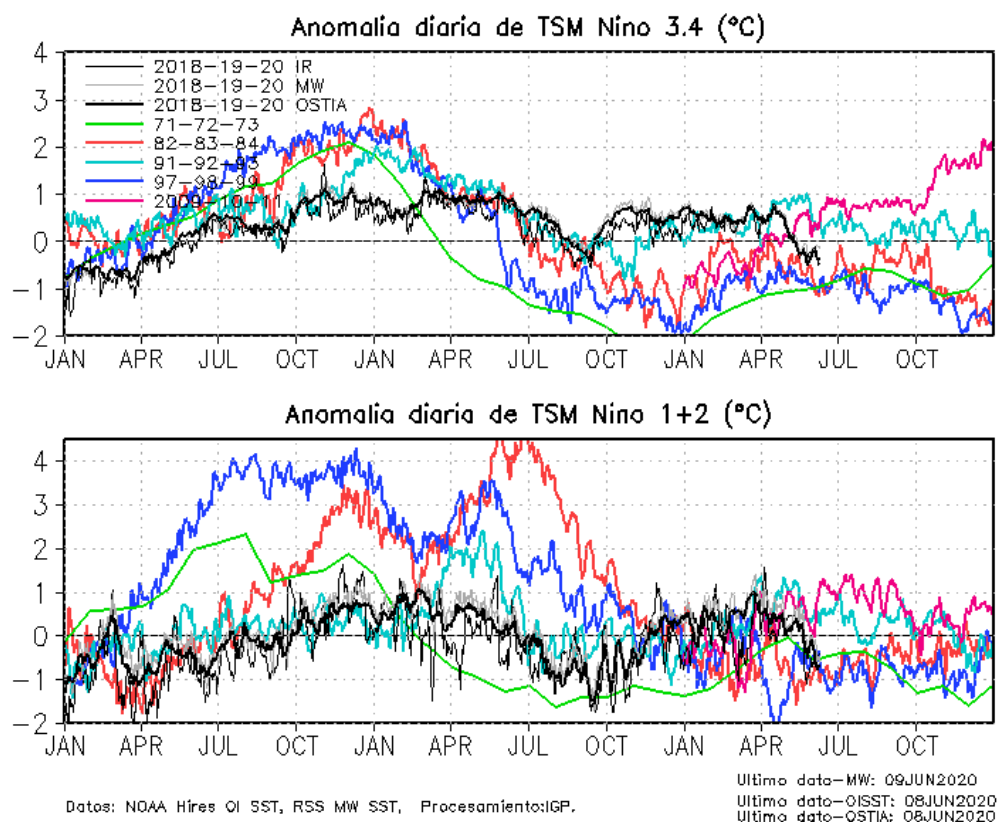


Figura 1. Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del producto OSTIA, respectivamente. Las líneas de color rojo, azul, celeste y verde indican la evolución de la anomalía de la TSM para los años El Niño 1982-1984, 1997-1999, 1991-1993 y 1971-1973. Elaboración: IGP.

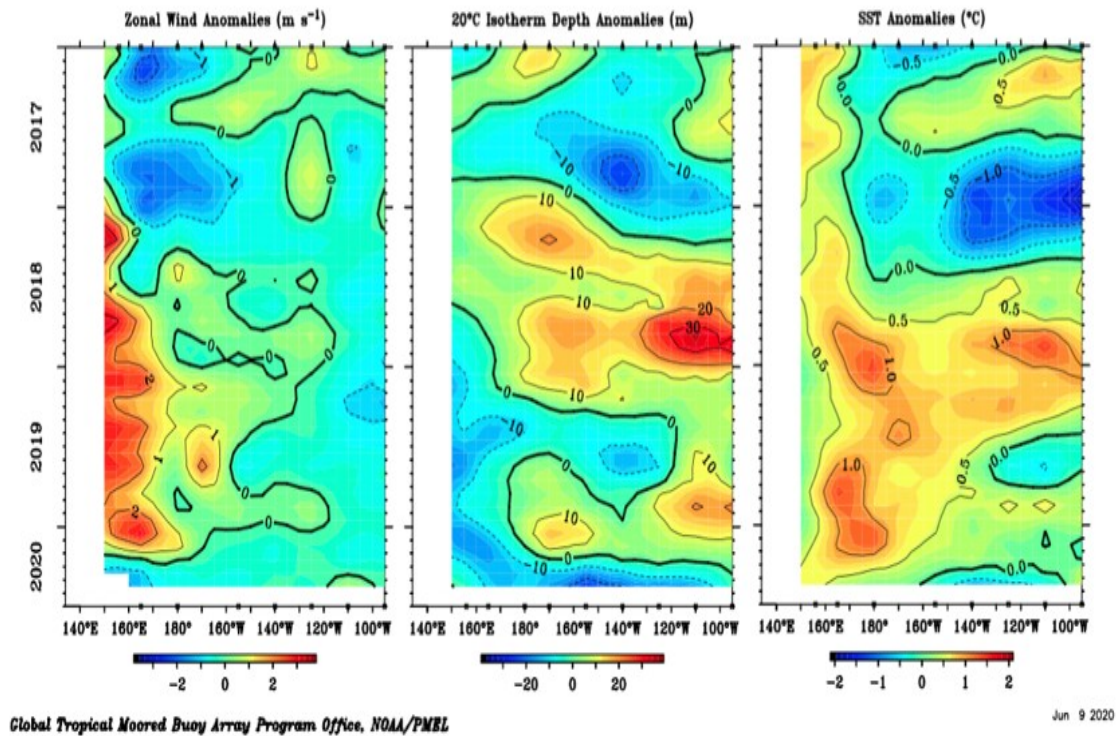


Figura 2. Promedio mensual de la anomalía de: (a) el viento zonal, (b) la profundidad de la isoterma de 20°C (termoclina) y (c) la temperatura superficial del mar; a lo largo de la franja ecuatorial del Pacífico (2°S-1°N). Esta imagen se elaboró de otras que se obtienen del proyecto TAO: www.pmel.noaa.gov/tao.

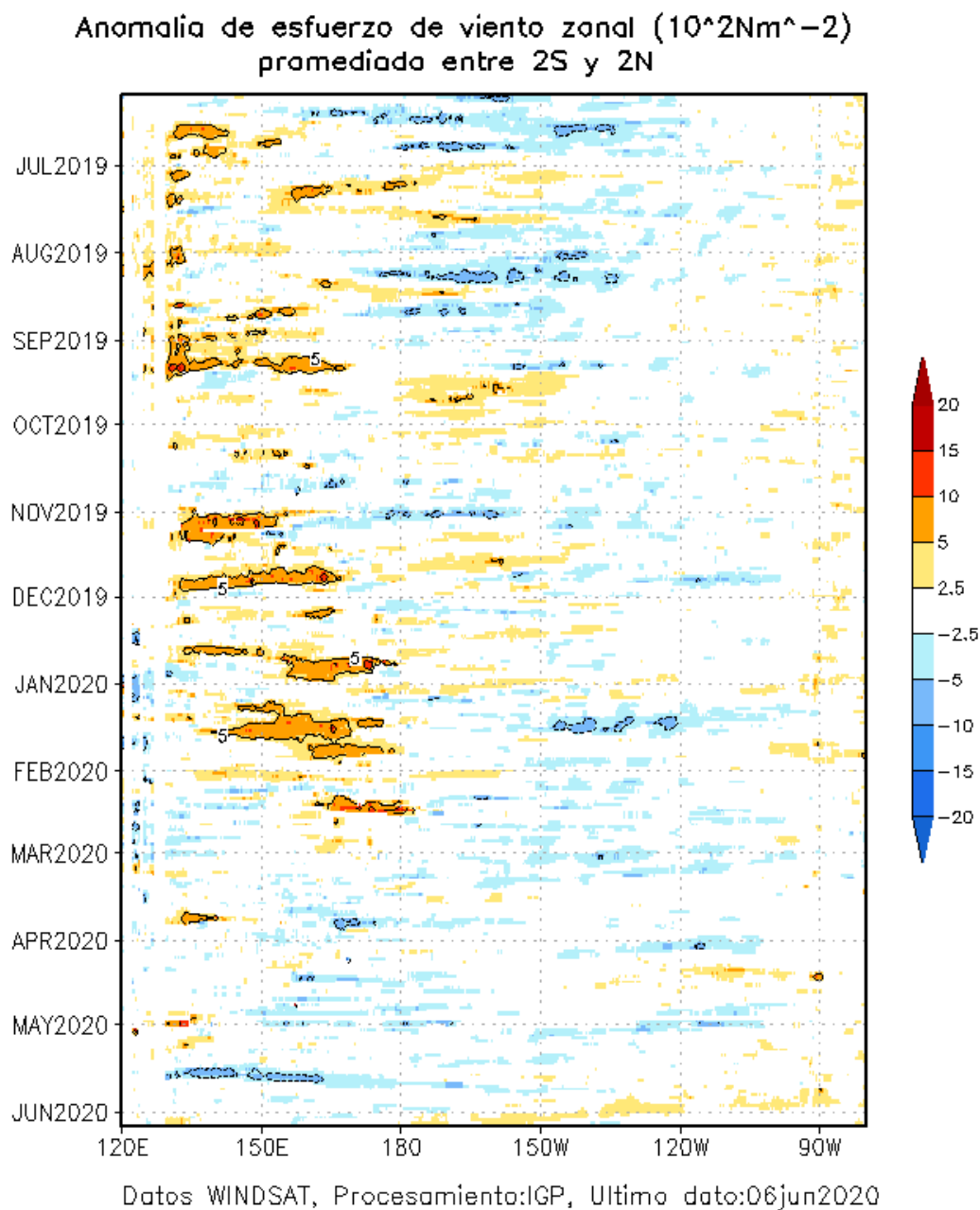


Figura 3. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del producto WINDSAT hasta el 06 de junio 2020. Elaboración: IGP.

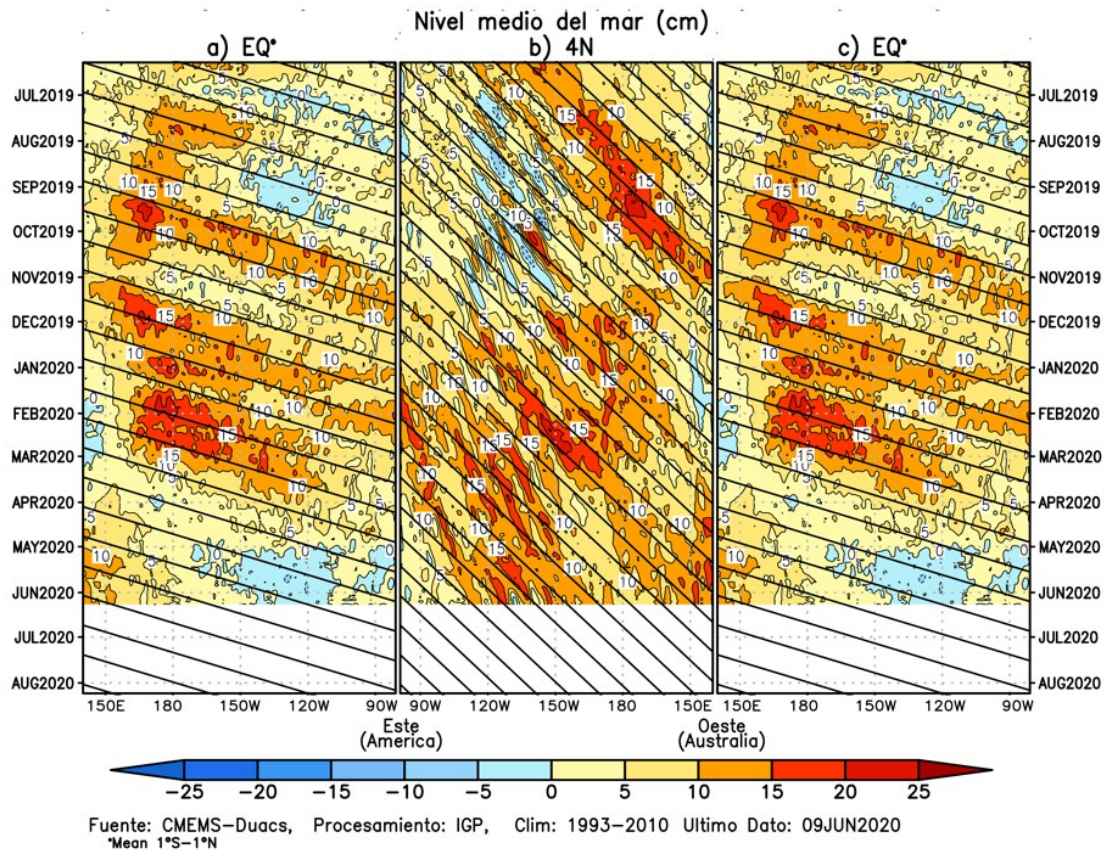


Figura 4. Diagramas longitudin- tiempo de la anomalía del nivel medio del mar en el Pacífico usando el producto DUACS. Las figuras (a) y (c) son las mismas y representan la información a lo largo de la línea ecuatorial, mientras que (b) a lo largo de 4°N pero con el eje zonal de Este a Oeste. Las líneas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

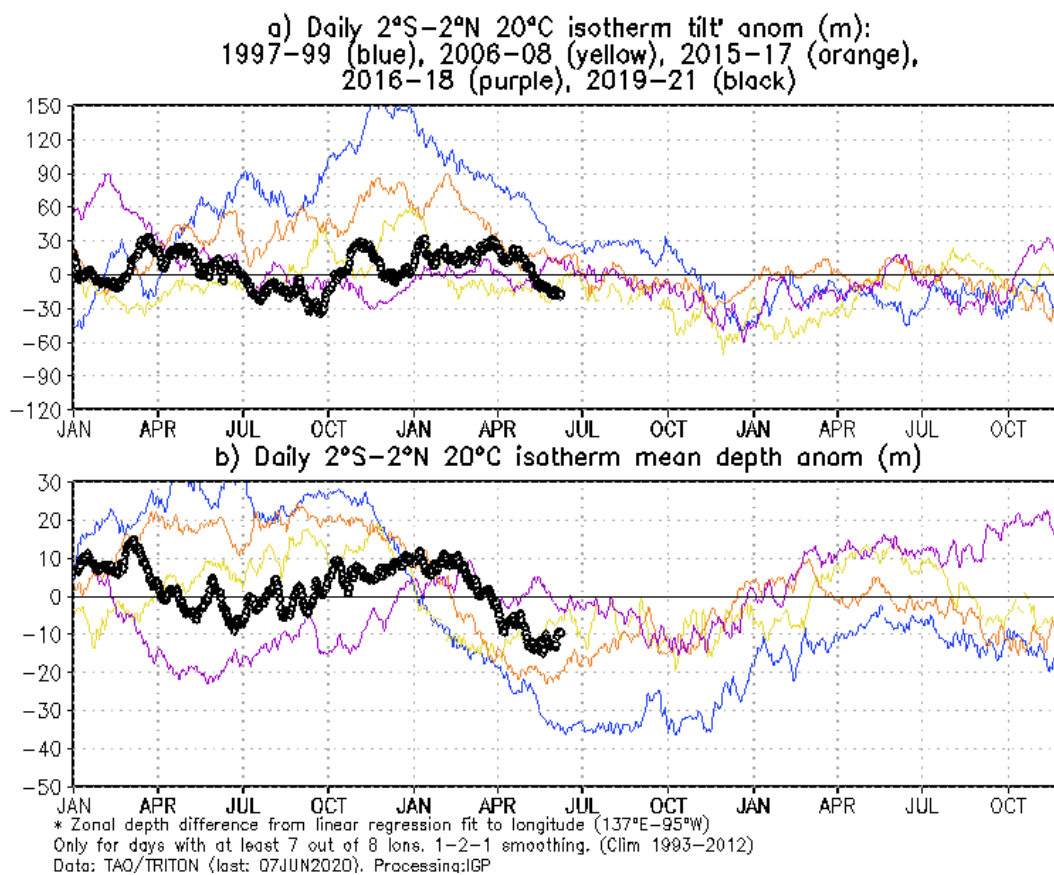


Figura 5 a) Inclínación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de ARGO entre 2°N y 2°S. **b)** Contenido de calor en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. A diferencia de informes anteriores. Elaboración: IGP.

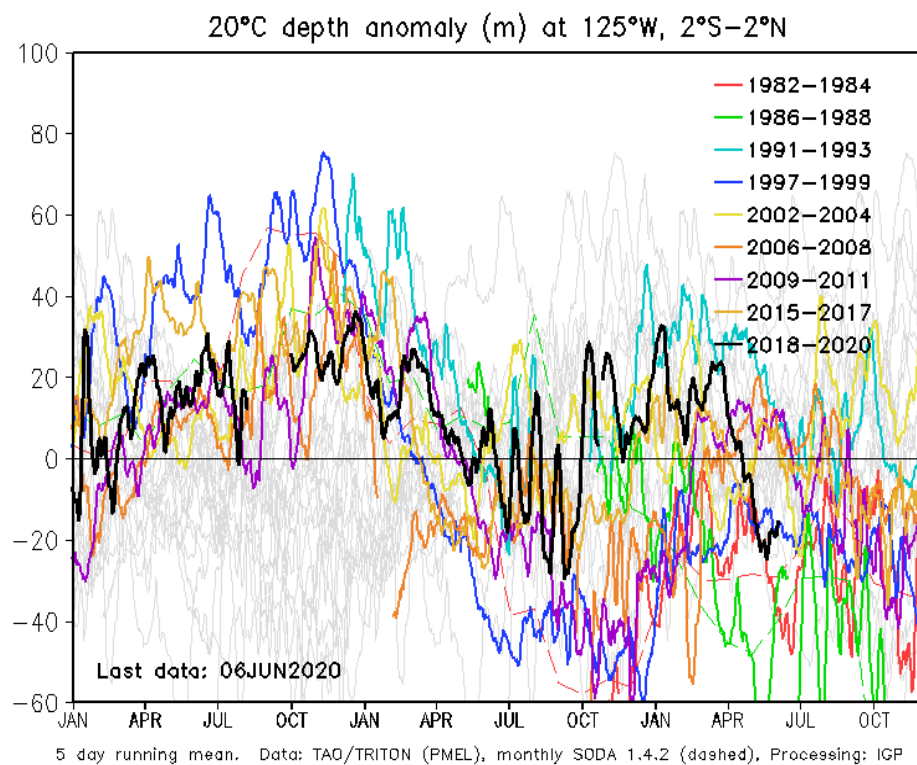


Figura 6. Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C (m) en 95° W ,2°S-2°N, con datos de ARGO y TAO. Elaboración: IGP.

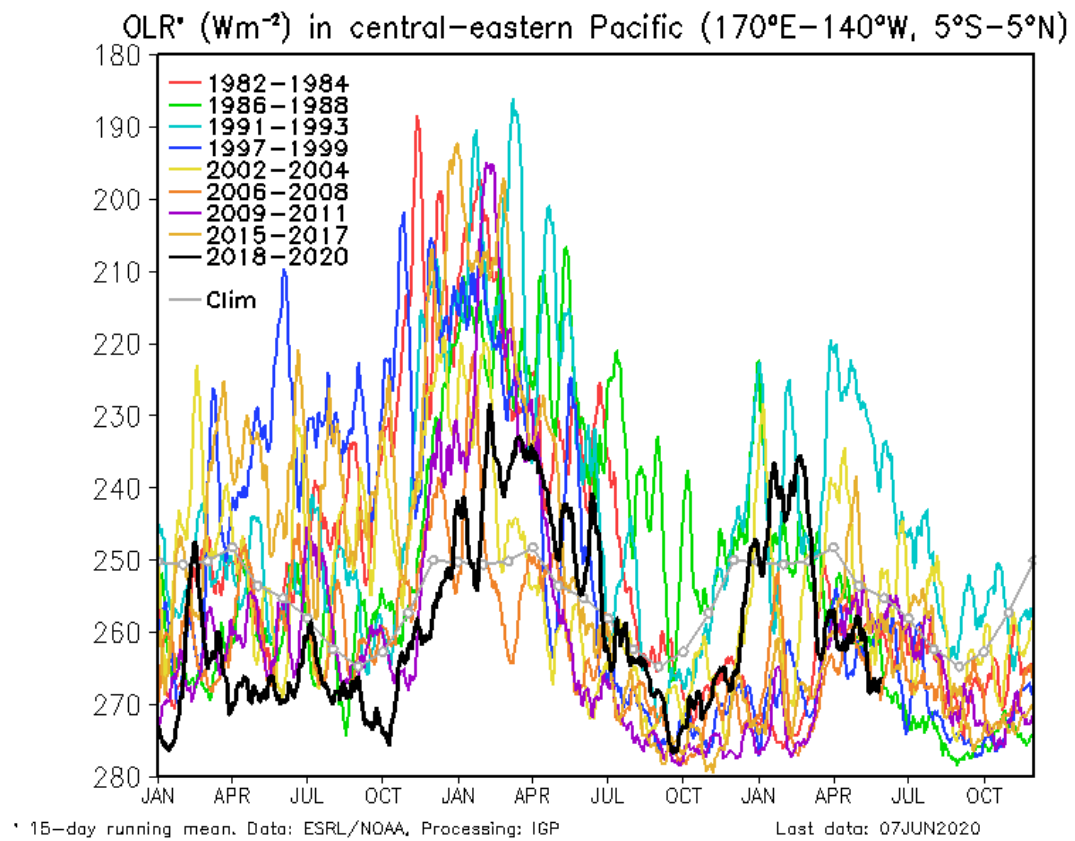


Figura 7. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental (170°E – 140°W y 5°S – 5°N) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración IGP

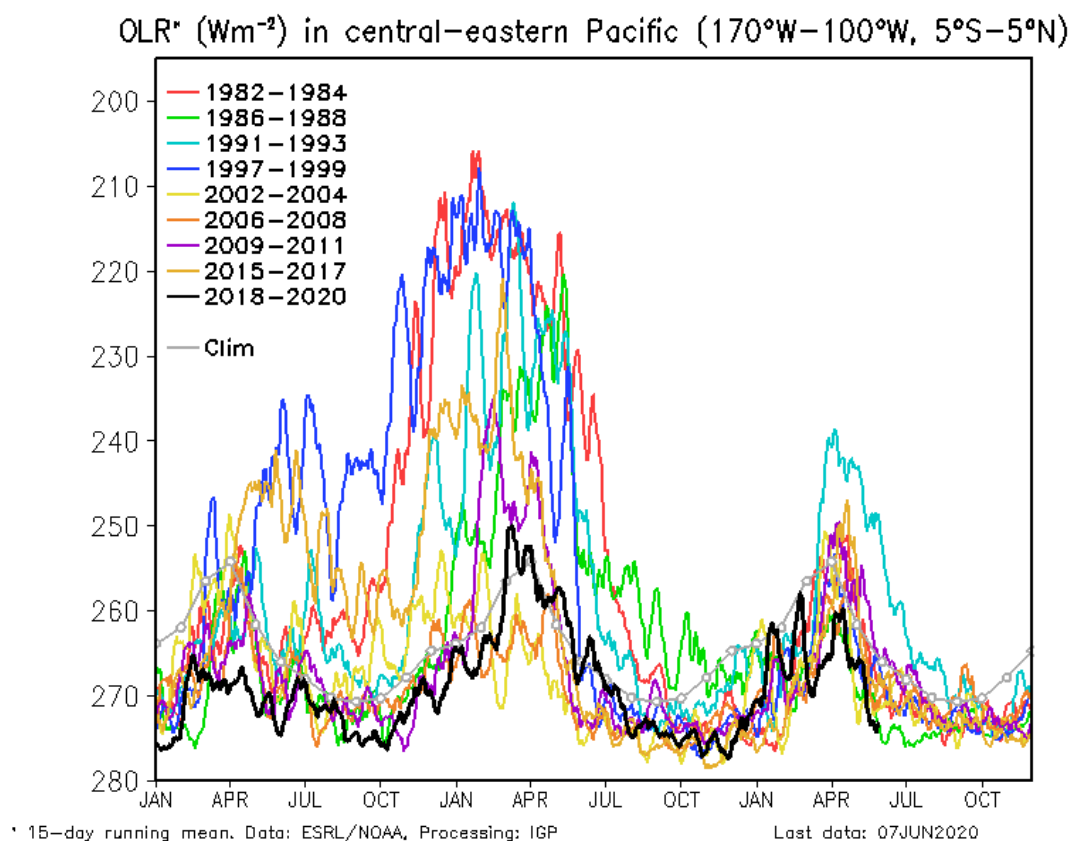


Figura 8. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental (170°W – 100°W y 5°S – 5°N) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración IGP.

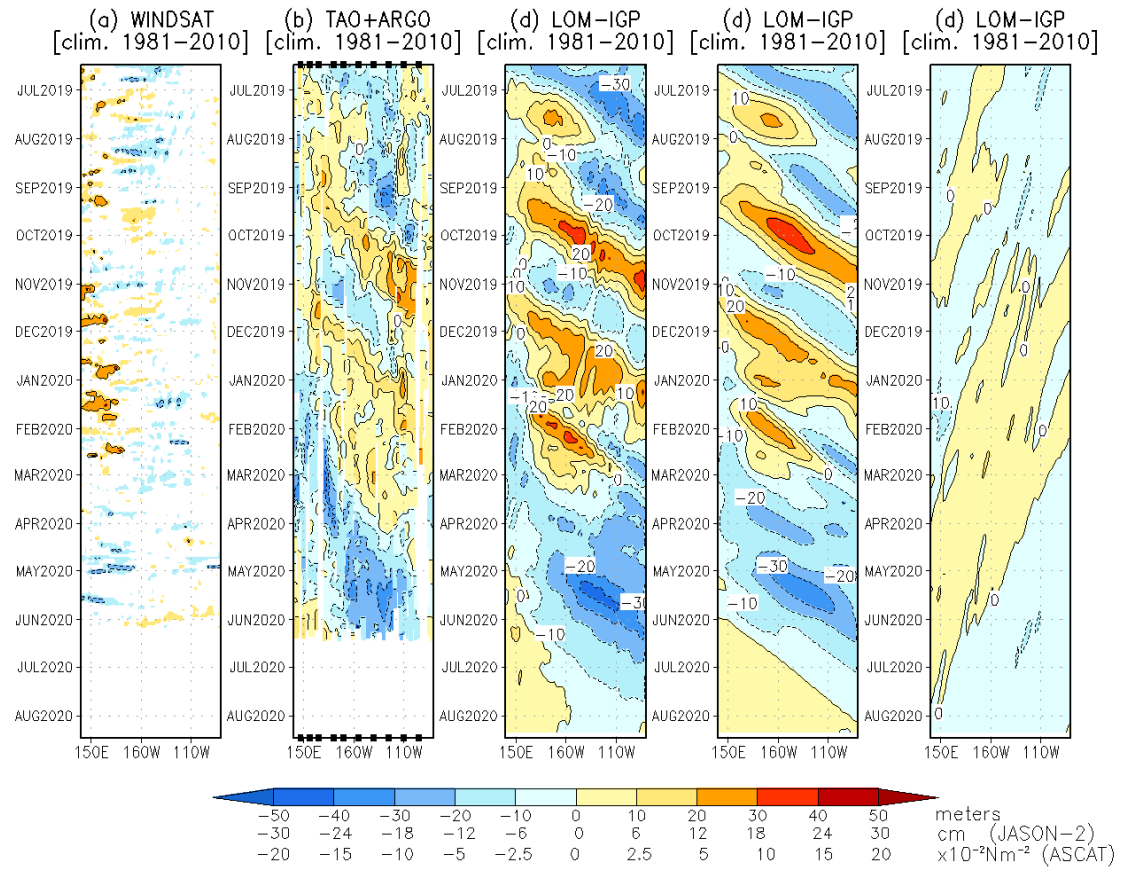


Figura 9. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINDSAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO y los derivados de ARGO (b) , diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y finalmente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

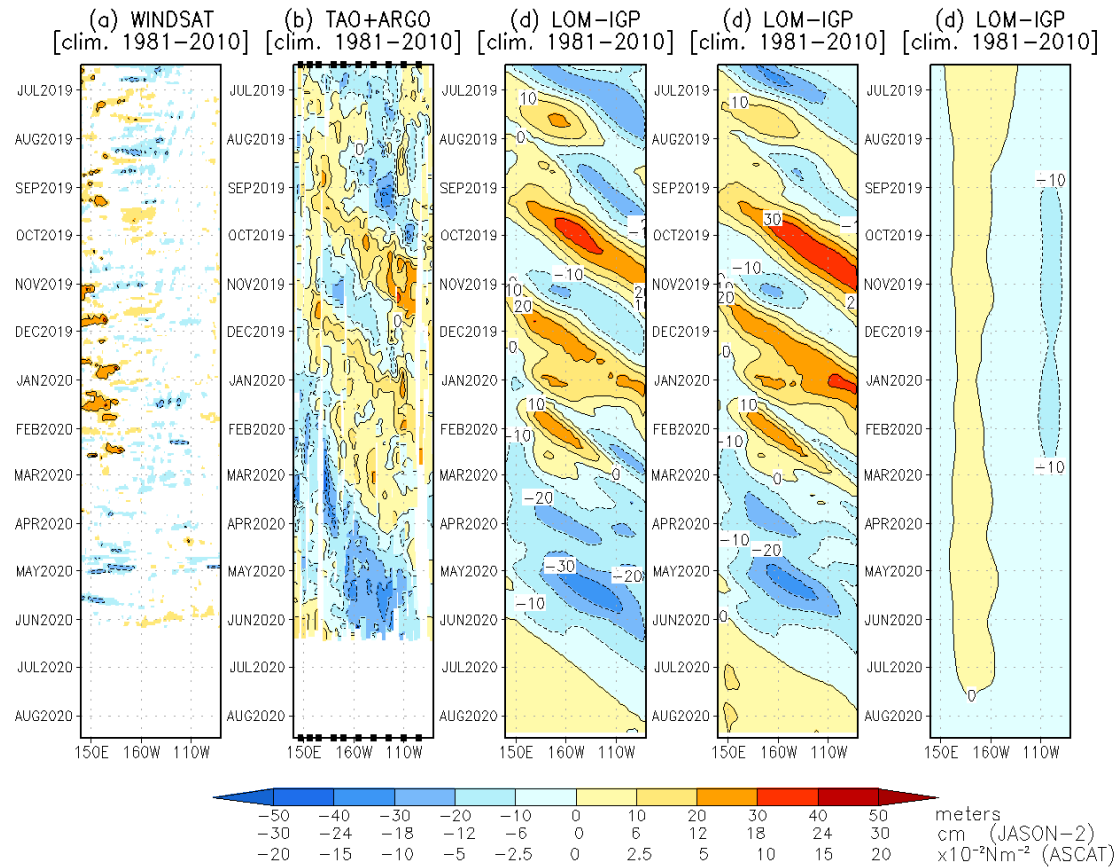


Figura 10. De izquierda a derecha: diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINDSAT (primer panel); anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C de TAO y los derivados de ARGO (segundo panel); onda Kelvin (tercer panel), onda Kelvin intraestacional (cuarto panel), Onda 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 WINDSAT. Las líneas diagonales representan la trayectoria que tendría la onda Kelvin si tuviera una velocidad de 2.6 m/s. Elaboración: IGP.

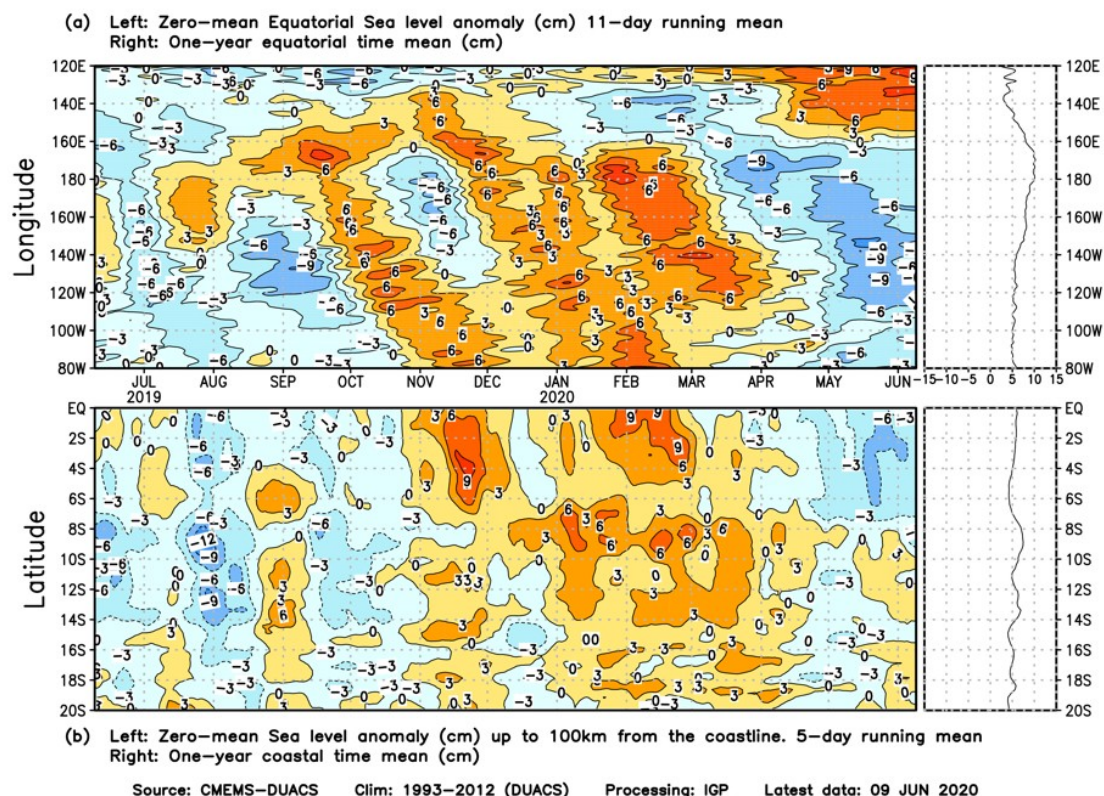


Figura 11. Anomalía centrada del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial (Figura superior izquierda) y a lo largo de la costa peruana (Figura inferior izquierda). A la derecha se muestra el promedio de los últimos 365 días en la franja ecuatorial (superior) y a lo largo de la costa (inferior),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

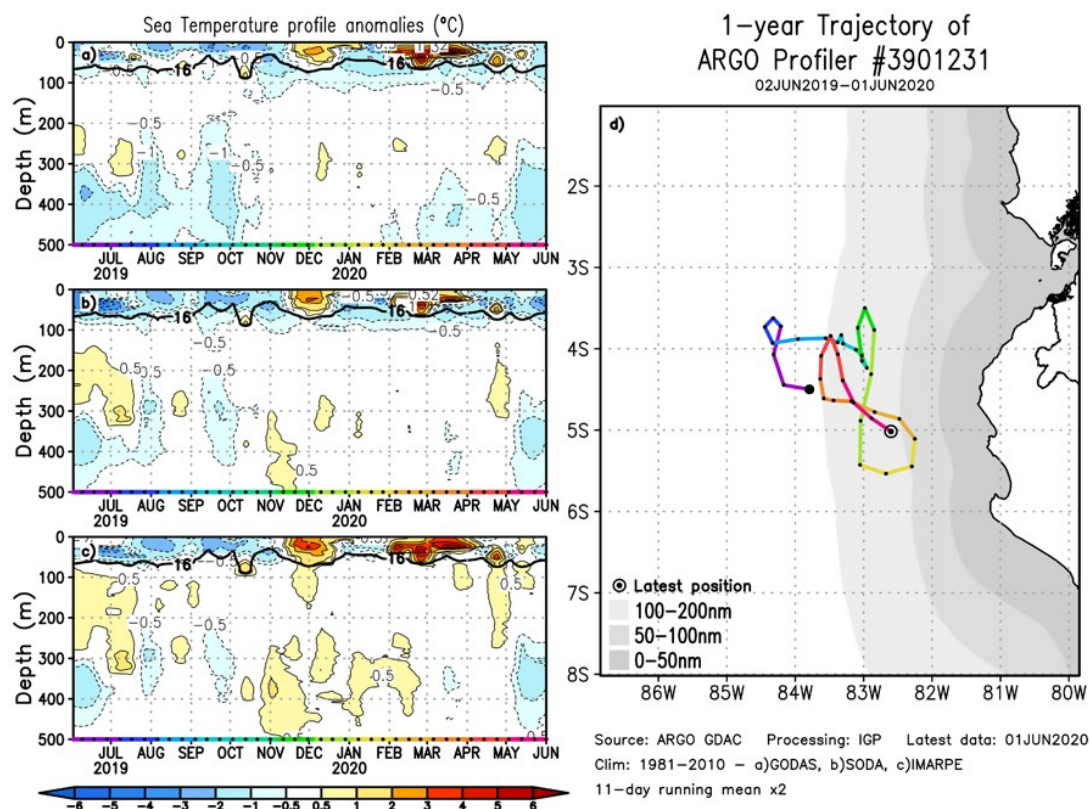


Figura 12. A la izquierda se aprecia la anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad calculada de los datos del flotador ARGO No. 3901231. Esta anomalía se calcula en base a la climatología (1981-2010) de: (a) GODAS, (b) SODA e (c) IMARPE. A la derecha se aprecia la trayectoria 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.

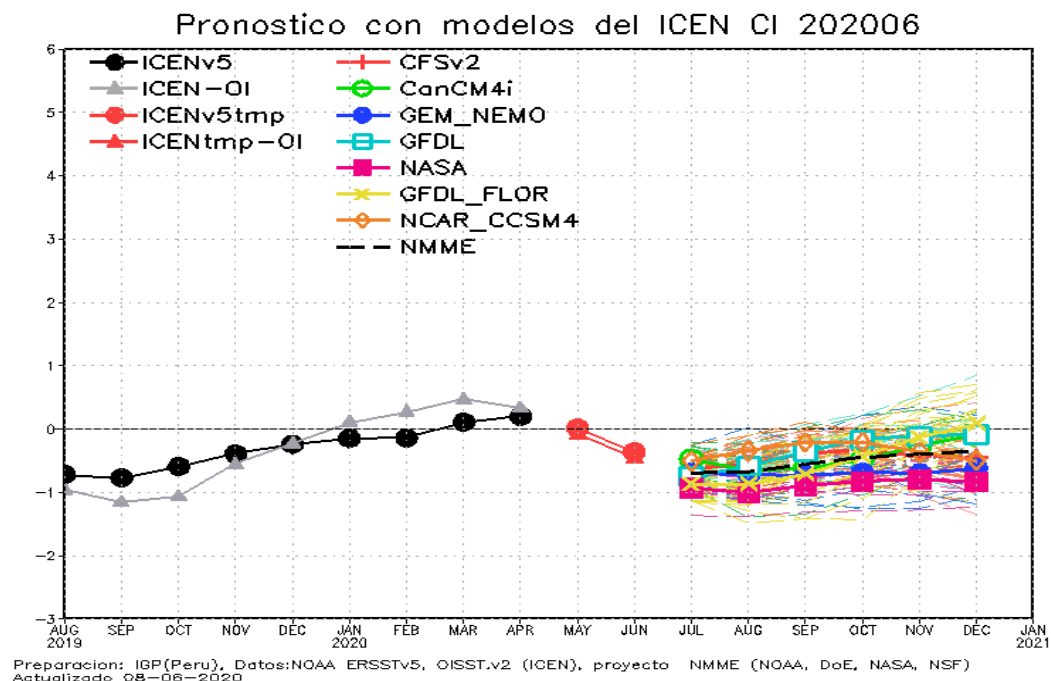


Figura 13. Índice Costero El Niño (ICEN negro con círculos llenos, fuente ERSSTv5; ICEN gris con triángulos, fuente OISSTv2) y sus valores temporales (ICENV5tmp, rojo con círculo lleno, ICENTmp-OI, rojo con triángulos llenos). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías 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 junio de 2020. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).

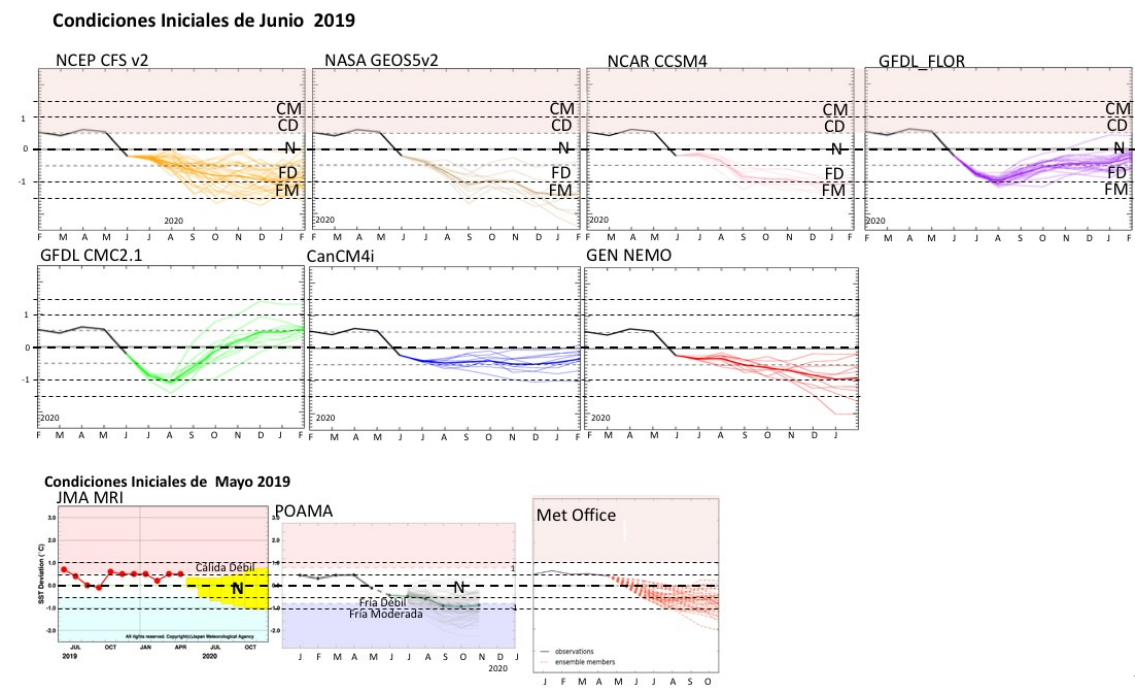


Figura 14. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME y otros.