

**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/2019-05
13/06/2019**

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

Según los valores del Índice Costero El Niño (ICEN), basado tanto en los datos de ERSSTv3b (ICENv3), OISSTv2 (ICENOI) y ERSSTv5 (ICENv5), indicaron una condición climática Neutra para el mes de abril, con valores de 0.38, 0.16 y 0.34°C respectivamente. Los valores temporales del ICEN (ICENTmp), de las tres fuentes de datos, para los meses de mayo y junio, coinciden en señalar condiciones Neutras. En lo que respecta al Pacífico Central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI) de la NOAA indica que en abril de 2019 se mantuvo la condición Cálida Débil (0.76°C) y, según la información de los valores temporales, se espera que continúe así, al menos, hasta el mes de junio.

En base al análisis de los datos y resultados de los modelos numéricos, la señal de la onda Kelvin fría en la profundidad de la termoclina disminuyó al acercarse a la costa americana durante el mes de mayo. Debido al pulso de viento del oeste en la región occidental del Pacífico, el cual se formó durante el mes de mayo, una onda Kelvin cálida fue proyectada y se encuentra ubicada entre 160 y 140°W. Si bien es de magnitud débil, no se descarta que arribe a la costa sudamericana a partir del mes de julio.

Según el promedio de los siete modelos numéricos climáticos de NMME, inicializados con condiciones del mes de junio de 2019, para el periodo que va de junio a diciembre en el Pacífico oriental se esperan condiciones Neutras, mientras que en el Pacífico central ecuatorial, se esperarían condiciones Cálidas Débiles.

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 para el Estudio 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 los datos de Temperatura Superficial del Mar (TSM), promediados sobre la región Niño1+2 y actualizados hasta el mes de mayo de 2019 del producto ERSST v3b, generados por el *Climate Prediction Center (CPC)* de la *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, EEUU)*; se ha calculado el Índice Costero El Niño (ICEN; ENFEN 2012) hasta el mes de abril de 2019 y cuyos valores se muestran en la Tabla 1 (columnas 3 y 4), en donde el valor para el mes de abril corresponde a una condición Neutra. Los valores del ICEN, usando ERSST v3b, se pueden obtener del siguiente link: <http://www.met.igp.gob.pe/datos/icen.txt>.

Los valores del ICENOI, calculado de la misma forma que el ICEN pero usando los datos mensuales de OISST v2 y las climatologías de ERSST v3b, las cuales se pueden obtener del siguiente link: <http://www.met.igp.gob.pe/datos/climNino12.txt>, se muestran en la columna 5 y 6 de la Tabla 1. Estos indican, como el ICENV3, condiciones Neutras para el mes de abril.

Otra fuente de datos para calcular el ICEN es la de ERSSTv5 (ICENV5), la cual es generada por el *Climate Prediction Center (CPC)* de la *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, EEUU)*, <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/ersst5.nino.mth.81-10.ascii>). Los valores de este ICEN se muestran en la columna 7 y 8 de la Tabla 1. Al igual que el ICENV3 e ICENOI, el ICENV5 indica condiciones Neutras para el mes de abril.

Hay que señalar que para calcular el ICEN actual; tanto para ICENV3, 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 esto que pueden existir pequeñas discrepancias en el cálculo del ICEN para los meses anteriores cuando se use la data actualizada.

Valores del Índice Costero El Niño							
Año	Mes	ICENV3	Categoría	ICENOI	Categoría	ICENV5	Categoría
2019	Enero	0.65	Cálida Débil	0.43	Cálida Débil	0.87	Cálida Débil
2019	Febrero	0.34	Neutra	0.36	Neutra	0.54	Cálida Débil
2019	Marzo	0.25	Neutra	0.26	Neutra	0.41	Cálida Débil
2019	Abril	0.38	Neutra	0.16	Neutra	0.34	Neutra

Tabla 1. Valores recientes del ICEN obtenidos de ERSST v3b (columna 3 y 4), OISST.v2 (columnas 5 y 6) y ERSST v5 (columnas 7 y 8).

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.

Valores del Índice Costero El Niño temporales (ICENTmp)							
Año	Mes	ICENV3	Categoría	ICENOI	Categoría	ICENV5	Categoría
2019	Mayo	0.38	Neutra	0.07	Neutra	0.33	Neutra
2019	Junio	0.27	Neutra	0.11	Neutra	0.25	Neutra

Tabla 2. ICEN temporales (ICENTmp) para mayo y junio son obtenidos de ERSST v3b (columna 3 y 4), OISST.v2 (columnas 5 y 6) y ERSST v5 (columnas 7 y 8). El ICENTmp para mayo (junio) se calcula usando la información del promedio de los valores pronosticados de ATSM de junio (junio y julio) de NMME.

Según los valores del primer y segundo ICENtmp se estima que en los meses de mayo y junio de 2019, para las tres fuentes de datos, las condiciones serían del tipo Neutral. 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 2019, es de 0.76 °C, correspondiente a una condición Cálida Débil¹.

Índice Oceánico Niño			
Año	Mes	ONI (°C)	Categoría
2019	Enero	0.79	Cálida Débil
2019	Febrero	0.84	Cálida Débil
2019	Marzo	0.82	Cálida Débil
2019	Abril	0.76	Cálida Débil

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)

Los valores estimados (ONItmp), combinando observaciones y pronósticos de NMME de junio y julio, indican condición Cálida Débil para los meses de mayo y junio de 2019 (ver Tabla 4).

Índice Oceánico Niño temporales			
Año	Mes	ONItmp (°C)	Categoría
2019	Mayo	0.77	Cálida Débil
2019	Junio	0.82	Cálida Débil

Tabla 4. Estimados preliminares del ONI (ONItmp)

Diagnóstico del Pacífico Ecuatorial

Para el mes de mayo, según los datos observados (IR, MW, OSTIA), la ATSM diaria en la región Niño 3.4 continuó dentro de las condiciones cálidas débiles, manteniéndose en el orden de 1.0 a 0.8 °C (ver Figura 1a). Para la región Niño 1+2, la ATSM indicó valores entre 0.1° a 0.8 °C, sin embargo, las anomalías positivas descendieron en los primeros días de junio. (Figura 1b).

Según la información de las boyas instaladas a lo largo del Pacífico Ecuatorial del proyecto TAO, el promedio mensual de las anomalías del viento zonal en el Pacífico ecuatorial continúan mostrando un dipolo de anomalías positivas y negativas) al oeste y este de 130°W (Figura 2). En lo relacionado a la anomalía de la profundidad de la termoclina, ésta muestra principalmente valores negativos y solo una pequeña anomalía positiva en el extremo oriental. En lo que respecta a la ATSM, aún se observan valores positivos con un núcleo localizado entre la línea de cambio de fecha y los 160°W (ver Figura 2).

Viendo en más detalle, en la primera y segunda semana de mayo, según la WindSAT (Figura 3), se observaron anomalías positivas del esfuerzo de viento en el Pacífico oeste entre 140°E

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).

y 180°, las cuales se proyectaron en una onda Kelvin cálida que, en la actualidad, ya se observa en la franja ecuatorial (Figura 4 y 9). Por otro lado, se observaron ligeras anomalías negativas entre 130-105°W en la segunda semana de mayo y entre la línea de cambio de fecha y 120°W en la primera semana de junio (Figura 3).

Basado en los datos de TAO, la inclinación de la termoclina ecuatorial muestra una leve inclinación a lo normal, mientras que el contenido de calor, en las últimas semanas indica valores alrededor de su normal (ver Figura 5). En los últimos días de mayo e inicio de junio se observa la isoterma de 20°C con anomalías negativas, es decir más somera (95°W, 2°S-2°N) (Figura 6). La información de OLR (relacionada con la actividad convectiva) en la zona (170°E – 140°W, 5°S-5°N) se mostró por debajo de su climatología, y en la región (170°W – 100°W, 5°S-5°N) se mostraron próximo a su normal (Figura 7 y 8).

La información de altimetría del producto DUACS (Figura 4) y los resultados de los modelos numéricos (Figura 9 y 10) indican que la señal de la onda Kelvin fría, formada por el pulso de viento de inicios de mayo disminuyó su intensidad al acercarse a la costa sudamericana.

Ondas Kelvin a lo largo de la costa peruana

Según la información de DUACS (basado en altimetría satelital), a inicios de mayo y junio se observaron anomalías negativas a lo largo de la costa peruana. Las anomalías de junio pudieron deberse al paso de la onda Kelvin fría indicada párrafos arriba y el informe anterior. Según la información del flotador ARGO (No. 3901231), el cual se localizó durante mayo e inicios de junio entre 84 – 82.5°W y 4-6°S (frente a la costa norte del Perú), las anomalías negativas se observan por encima de los 50 metros, mientras que por debajo se desarrolló un núcleo positivo hasta los 300 metros (Figura 12).

Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

Las proyecciones teóricas sobre los datos observados sugieren que se espera el arribo de una onda Kelvin cálida a la costa americana a partir del mes de julio. A pesar de su aparente señal débil, no se descarta que al acercarse a la costa americana, debido a la profundidad de la termoclina es esta región, se observe una intensificación de su señal. (ver Figura 9 y 10).

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), según los 7 modelos climáticos de NMME (CFSv2, GFDL_CMC2.1, GFDL_FLOR, NASA_GEOSv2, NCAR_CCM4, CMC1 y CMC2) con condiciones iniciales del mes de junio de 2019, indica en promedio condiciones Neutras entre los meses de julio y diciembre. Los modelos CMC1, CMC2 y GFDL, indican condiciones cálidas débiles para los meses de junio y julio (ver Tabla 5 y Fig. 13).

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), según los modelos de NMME inicializados con información del mes de junio, el promedio de los 7 modelos indica condiciones Cálidas Débiles de julio a diciembre del año en curso (ver Tabla 6 y Fig. 14).

Tabla 5. Pronósticos del ICEN con diferentes modelos climáticos utilizando condiciones iniciales de junio de 2019.

Modelo	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
CFS2		0.05	-0.19	-0.16	-0.10	0.04	0.20	0.29
CMC1		0.47	0.45	0.39	0.31	0.23	0.24	0.31
CMC2		0.61	0.64	0.53	0.35	0.28	0.33	0.44
GFDL		0.52	0.45	0.37	0.26	0.26	0.36	0.44
NASA		-0.01	-0.26	-0.30	-0.29	-0.34	-0.36	-0.38
GFDL_FLOR		0.13	-0.01	0.11	0.31	0.67	1.05	1.26
NCAR_CCSM4		0.11	0.02	0.22	0.32	0.37	0.37	0.34
NMME		0.27	0.16	0.17	0.17	0.22	0.31	0.39
ICENtmp	0.38							

Tabla 6. Pronósticos del ONI con diferentes modelos climáticos usando condiciones iniciales de junio de 2019.

	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
CFS2		0.83	0.90	0.87	0.84	0.83	0.85	0.85
CMC1		0.80	0.75	0.58	0.45	0.42	0.43	0.47
CMC2		0.91	1.01	0.94	0.80	0.70	0.71	0.79
GFDL		1.00	1.10	1.04	0.98	1.04	1.10	1.08
NASA		0.53	0.32	0.17	0.13	0.17	0.14	0.06
GFDL_FLOR		0.77	0.79	0.76	0.80	0.89	1.03	1.20
NCAR_CCSM4		0.86	0.78	0.61	0.48	0.51	0.56	0.62
NMME		0.81	0.81	0.71	0.64	0.65	0.69	0.72
ONItmp	0.77							

Conclusiones:

1. El ICEN (SSTOI) para abril de 2019 fue de 0.16 (Condición Neutra), los ICENtmp para mayo y junio son 0.07 y 0.11, respectivamente, estando también en condiciones Neutras. Usando ERSSTv3 mensual para el cálculo (ICEN), los valores correspondientes son 0.38 (Neutro), y los temporales para mayo y junio son Neutro, 0.38 y 0.27 respectivamente. El ICEN calculado con la versión 5 de ERSST para abril es 0.34 (Neutro) y los temporales están dentro del rango de Neutro para los meses de mayo y junio, 0.33 y 0.25 respectivamente.
2. En el Pacífico central, el ONI de abril (MAM) es 0.76 y corresponde a condiciones Cálida Débil y el estimado para mayo y junio también sería de condición Cálida Débil.
3. La información de OLR (relacionada con la actividad convectiva) en las regiones (170°E – 140°W, 5°S-5°N) se mostró ligeramente por debajo de su climatología y (170°W – 100°W, 5°S-5°N) indica valores cercanos a su normal.
4. Según la información de TAO, en el mes mayo, se mantienen los vientos del este (oeste) al este (oeste) de 130°W. Los vientos del oeste se han observado muy intensos, esto debido a la presencia de pulsos de viento en dicha región. Aún se mantienen las anomalías positivas de la TSM en el Pacífico Central con un máximo entre 170°E a 160°W.

5. Durante el mes de mayo, según la información de TAO, se desarrolló un pulso de viento del oeste con un máximo valor entre 150 a 170°E. Según la data de esfuerzo de viento zonal de WINDSAT, en dicha zona se desarrollaron tres pulsos de viento durante el mes de mayo.
6. Basado en los datos de TAO, la profundidad de la termoclina ecuatorial muestra una leve inclinación a lo normal, mientras que el contenido de calor, en las últimas semana indica valores alrededor de lo normal.
7. Según la información hasta el primero de mayo del flotador ARGO No.3901231, ubicado frente de Piura y Tumbes, se puede observar una anomalía negativa en los primeros 50 metros de profundidad, mientras que por debajo de este nivel se observa anomalías positivas hasta 300 metros de profundidad.
8. La señal de la onda Kelvin fría en la termoclina disminuyó al acercarse a la costa americana durante el mes de mayo.
9. El desarrollo de un pulso de viento en el extremo occidental durante el mes de mayo se proyectó en una onda Kelvin cálida que debe arribar a la costa americana a partir del mes de julio. A pesar de su aparente señal débil, no se descarta que al acercarse a la costa americana, debido a la poca profundidad de la termoclina en esa región, se observe una intensificación de su señal.
10. Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME con condiciones iniciales de junio en promedio indican condiciones NEUTRAS entre los meses de julio y diciembre .
11. Para el Pacífico central (Región Niño 3.4), el promedio de los modelos de NMME indican condiciones Cálidas Débiles de julio a diciembre. Esto es consecuencia del desarrollo de El Niño en el Pacífico Central.

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.

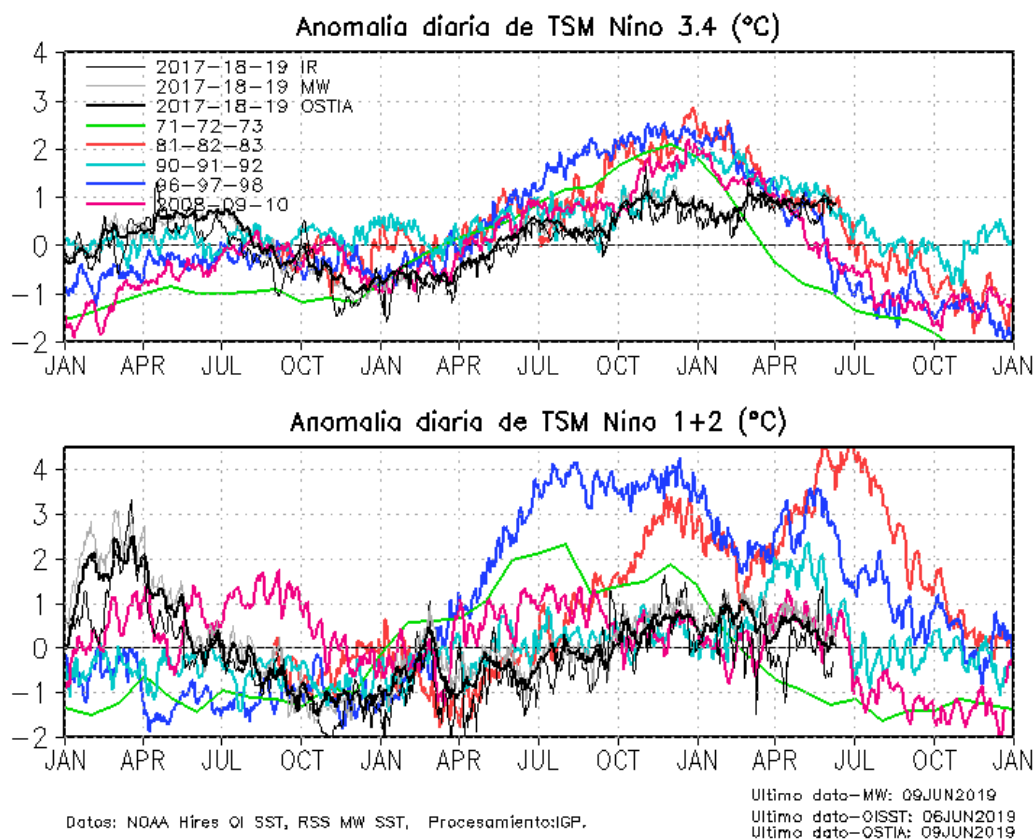


Figura 1. Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (guesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del producto OSTIA, respectivamente. Las líneas de color rojo, azul, celeste y verde indican la evolución de la anomalía de la TSM para los años de Niña costera 1985, 2007, 2010 y 1988. Elaboración: IGP.

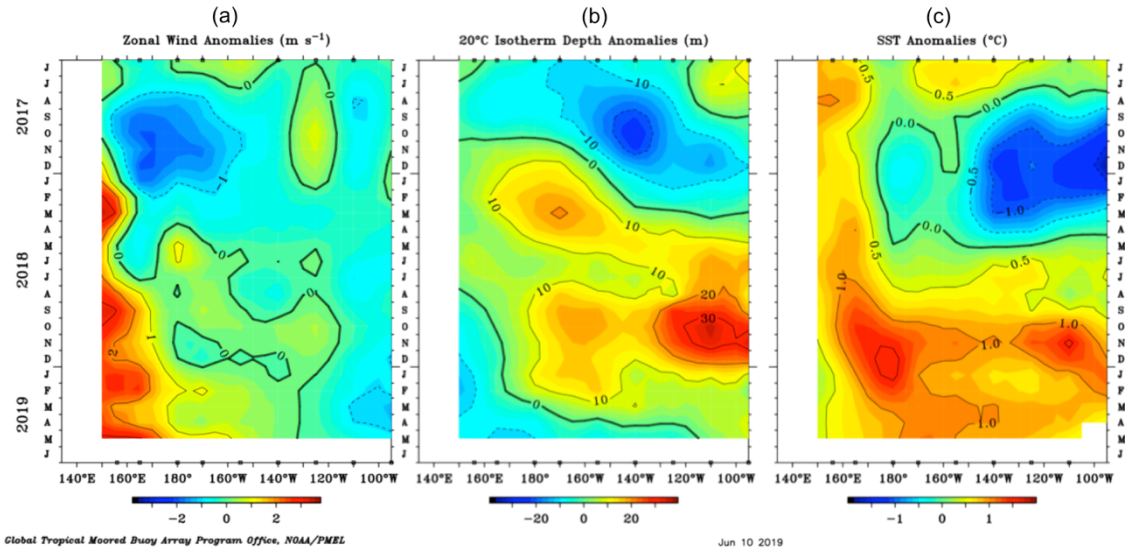


Figura 2. Promedio mensual de la anomalía de: (a) el viento zonal, (b) la profundidad de la isoterma de 20°C (termoclina) y (c) la temperatura superficial del mar; a lo largo de la franja ecuatorial del Pacífico (2°S-1°N) . Esta imagen se elaboró de otras que se obtiene del proyecto TAO: www.pmel.noaa.gov/tao.

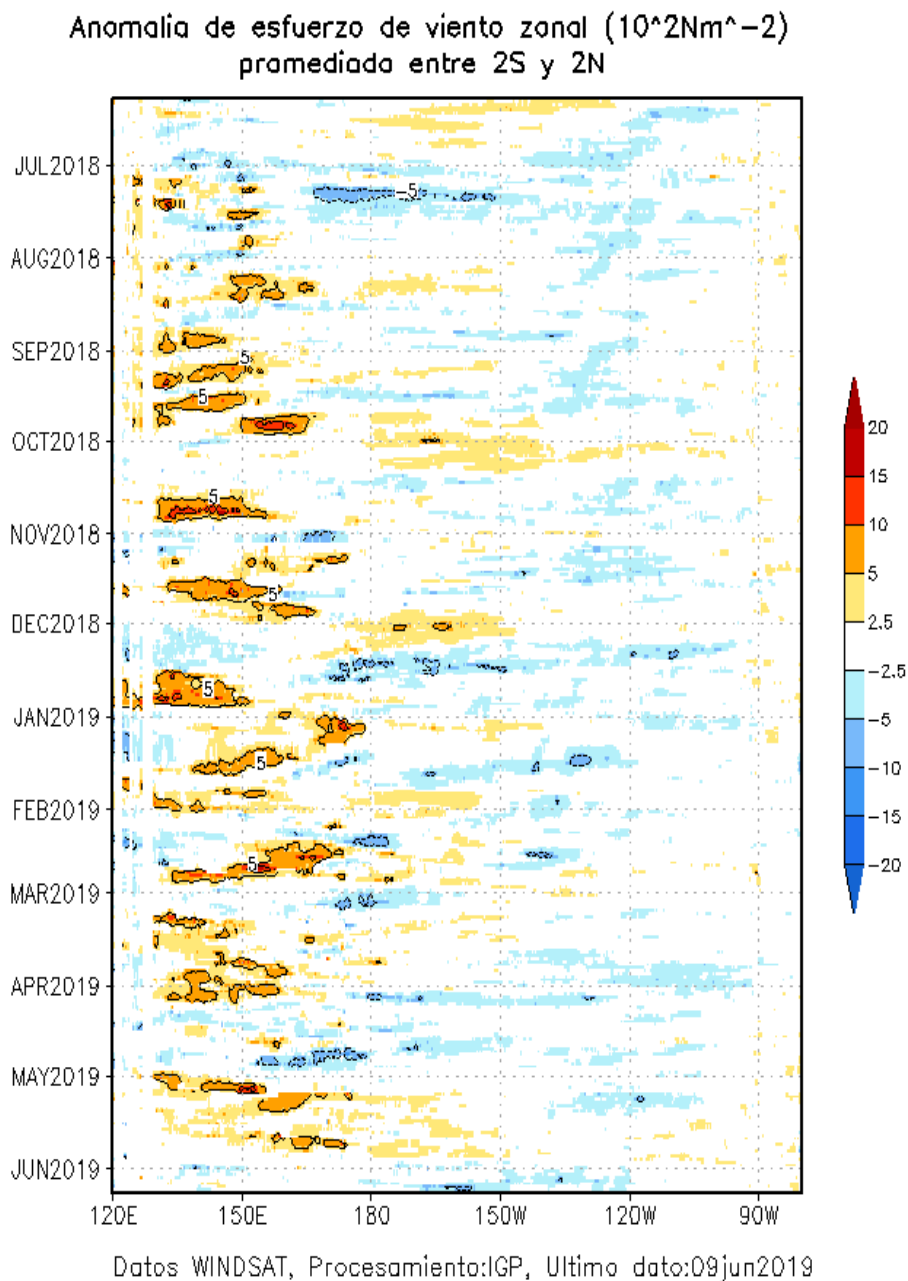


Figura 3. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del producto WINDSAT hasta el 09 de junio de 2019. Elaboración: IGP.

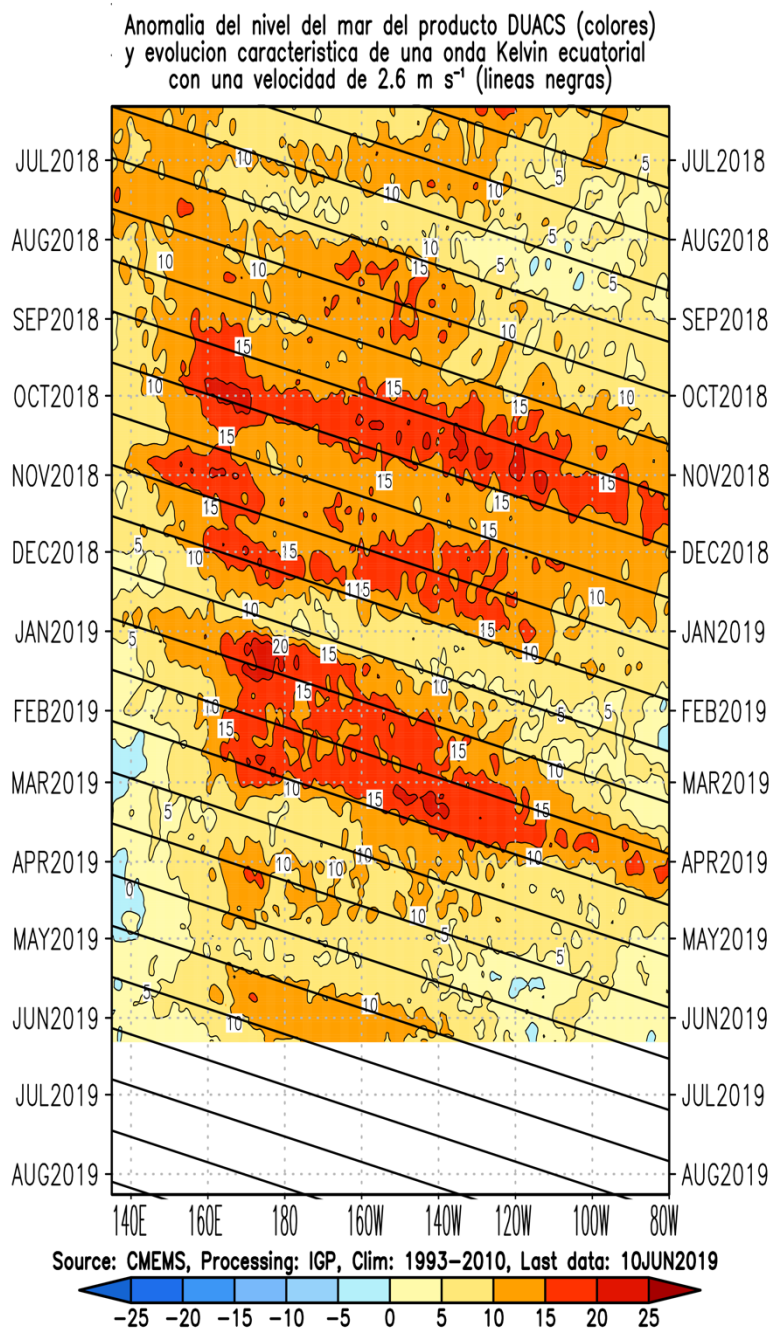


Figura 4. Anomalía del nivel medio del mar en el Pacífico ecuatorial usando el producto DUACS. Las líneas diagonales indican la trayectoria teórica de la onda Kelvin si tuviera una velocidad aproximada de 2.6 m/s . Elaboración IGP.

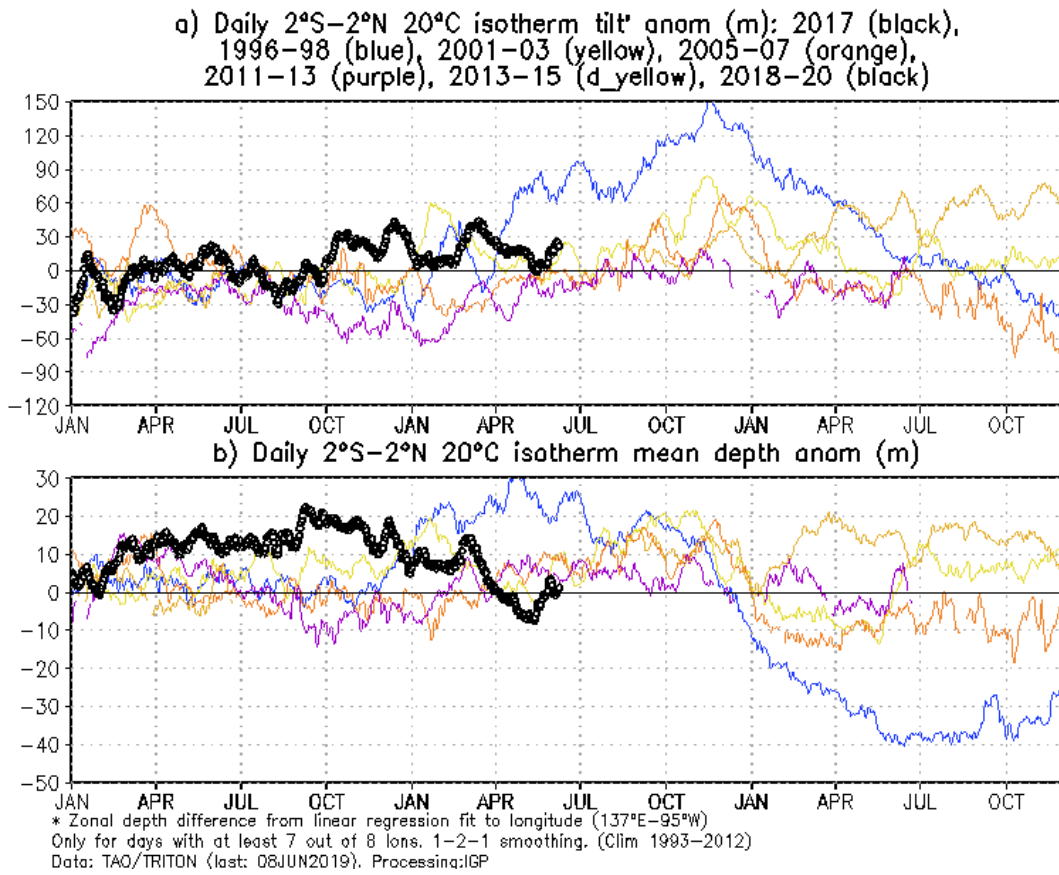


Figura 5 a) Inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de ARGO entre 2°N y 2°S. **b)** Contenido de calor en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. A diferencia de informes anteriores. Elaboración: IGP.

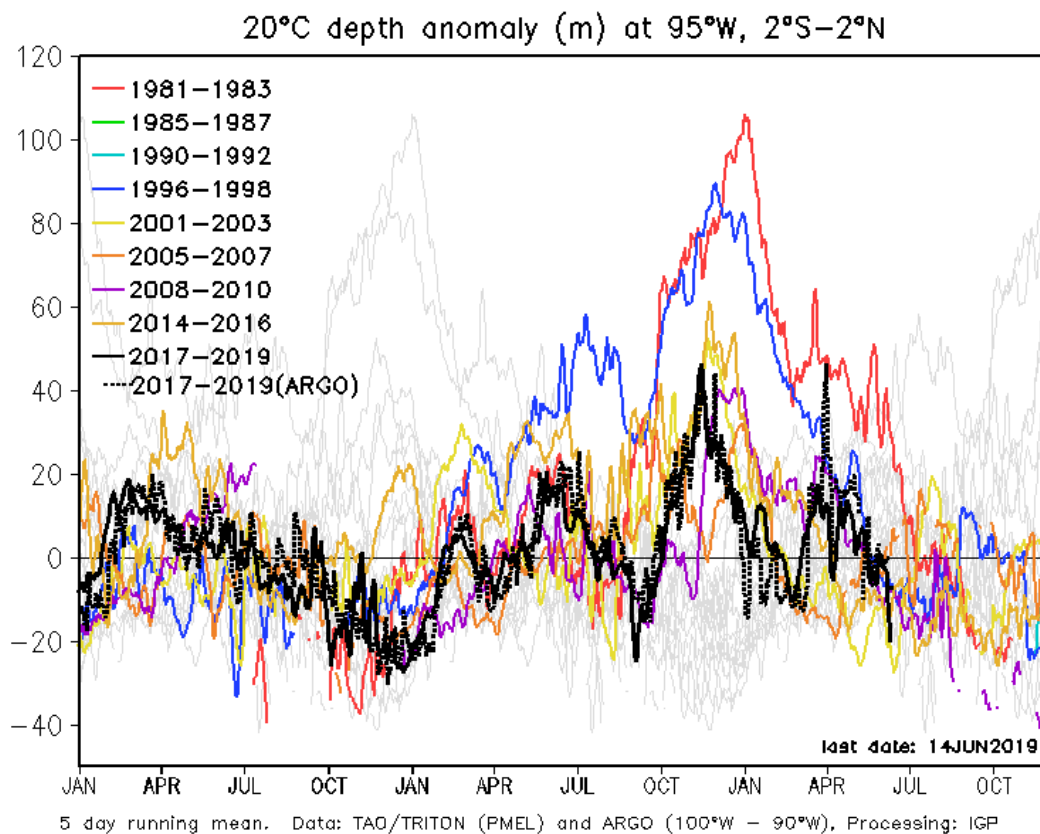


Figura 6. Anomalia de la profundidad de la isoterma de 20 °C (m) en 95° W ,2°S-2°N, con datos de ARGO y TAO. Elaboración: IGP.

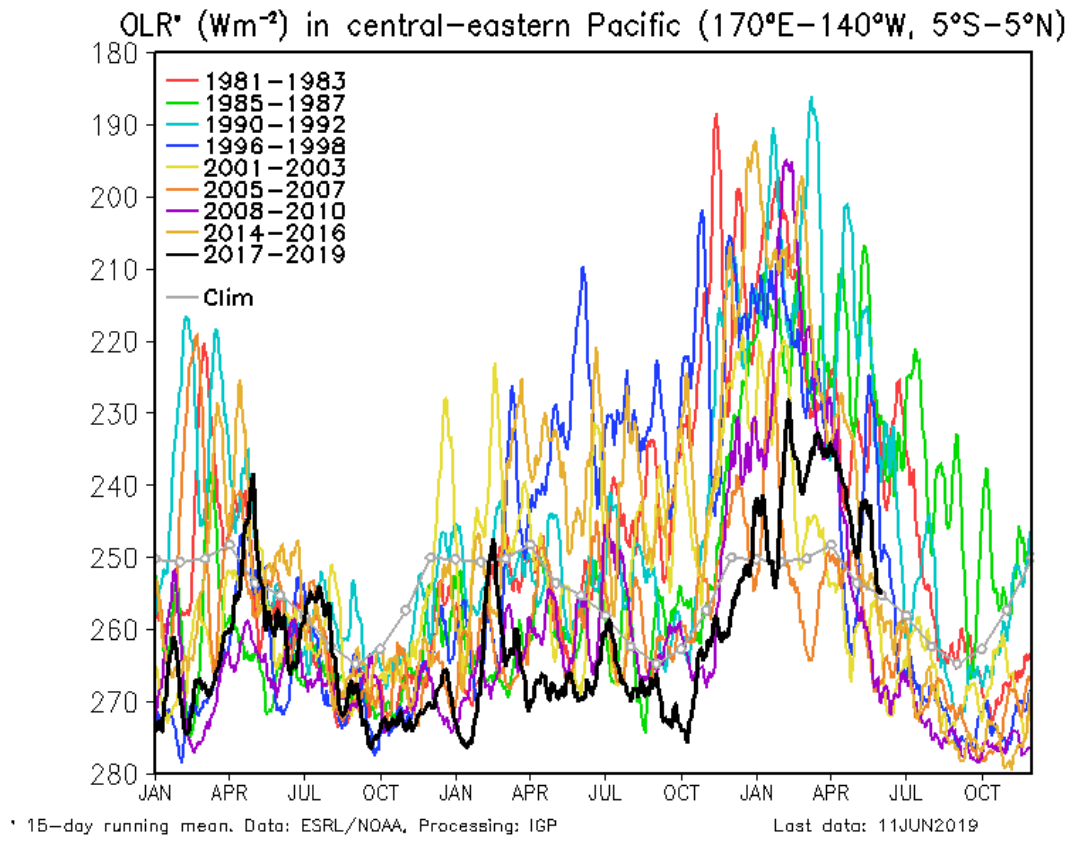


Figura 7. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental ($170^{\circ}-140^{\circ}W$ y $5^{\circ}S-5^{\circ}N$) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración IGP

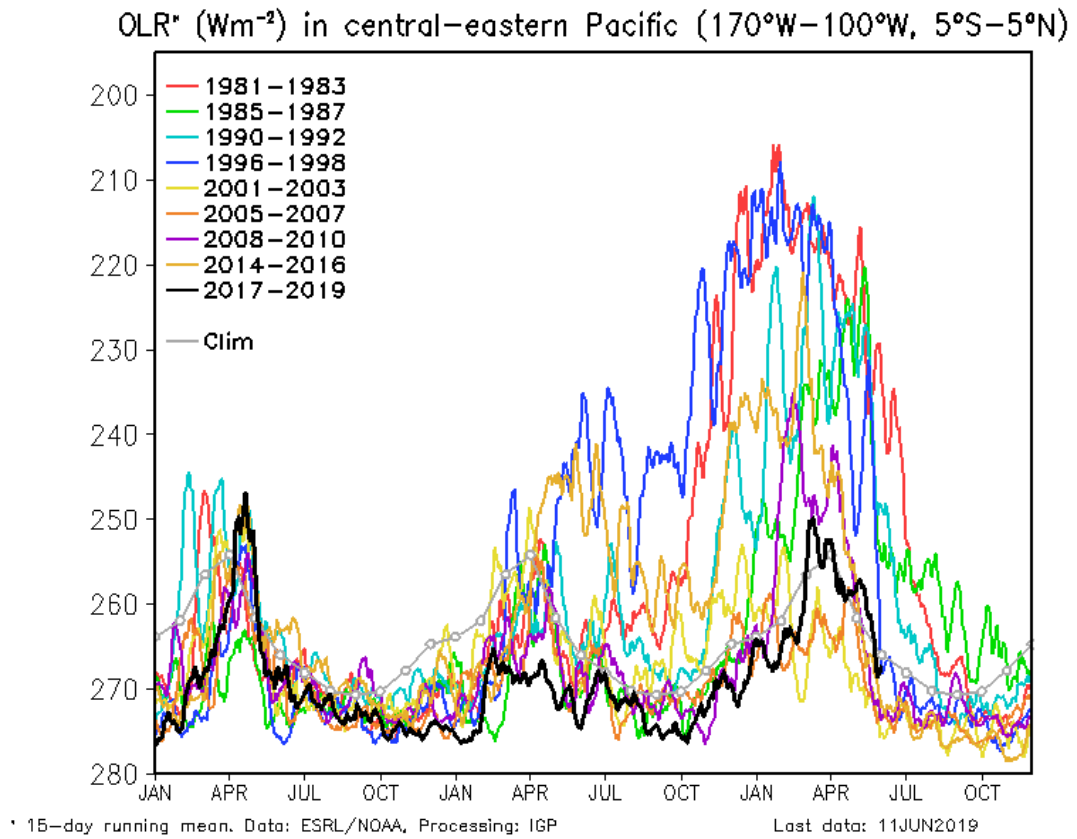


Figura 8. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental ($170^{\circ}\text{W}-100^{\circ}\text{W}$ y $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración IGP.

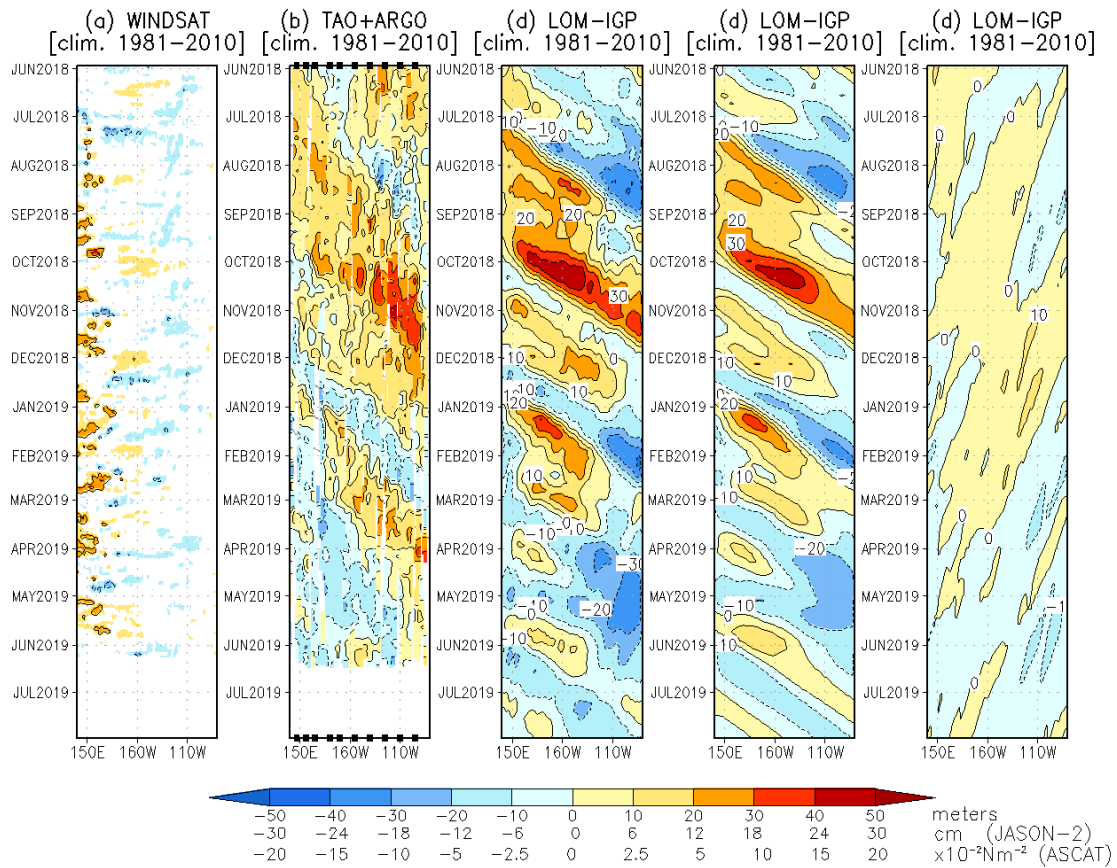


Figura 9. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINDSAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO y los derivados de ARGO (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y finalmente diagrama 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.

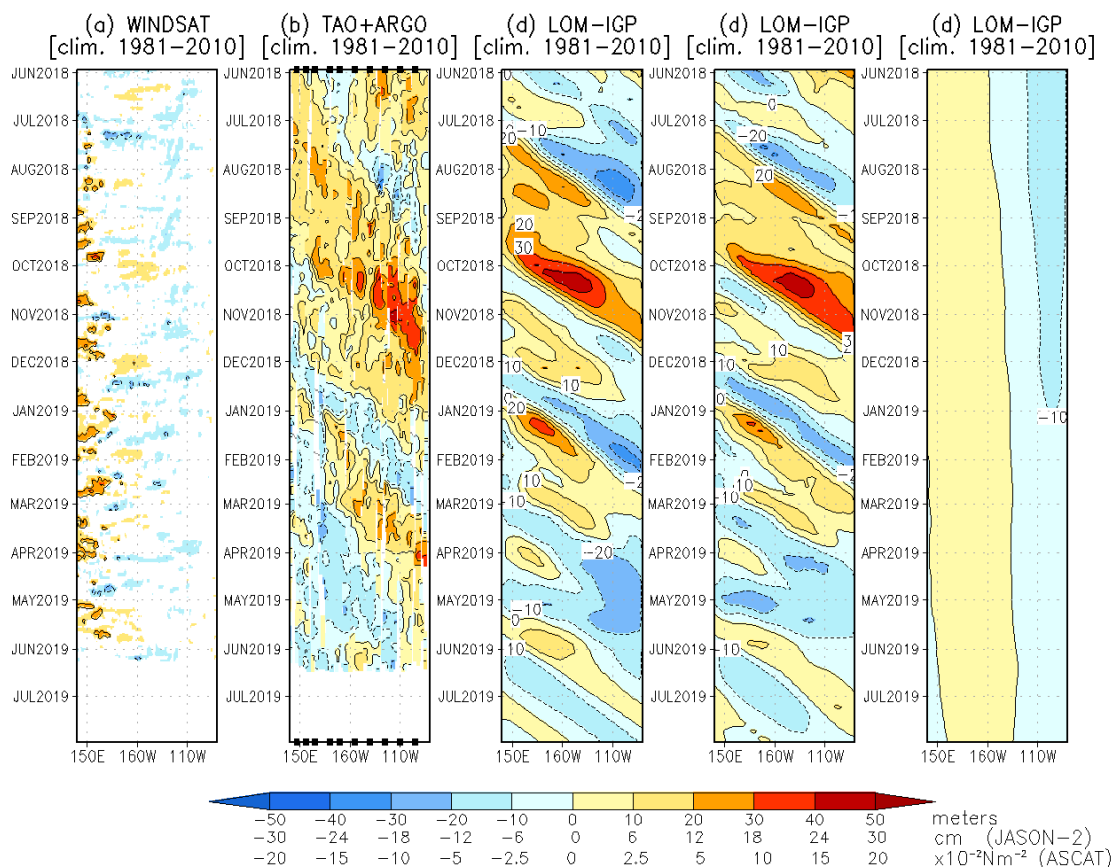


Figura 10. De izquierda a derecha: diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINDSAT (primer panel); anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C de TAO y los derivados de ARGO (segundo panel); onda Kelvin (tercer panel), onda Kelvin intraestacional (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.

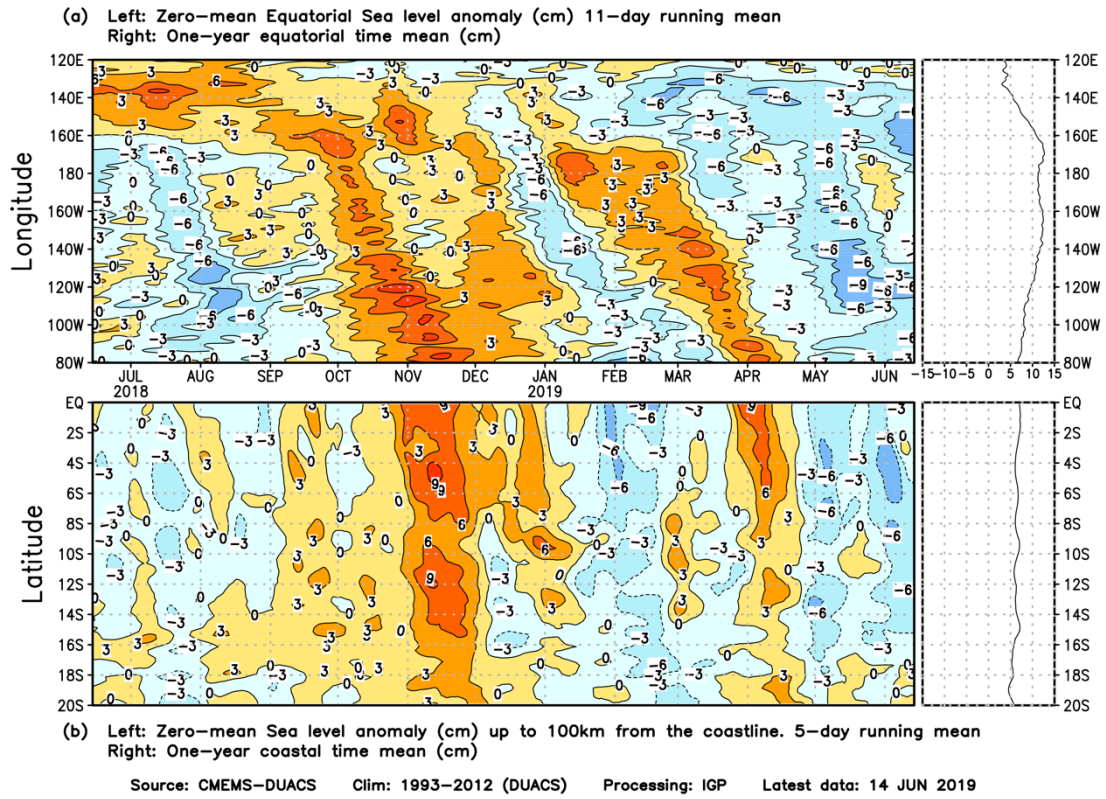


Figura 11. Anomalía centrada del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial (Figura superior izquierda) y a lo largo de la costa peruana (Figura inferior izquierda). A la derecha se muestra el promedio de los últimos 365 días en la franja ecuatorial (superior) y a lo largo de la costa (inferior),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

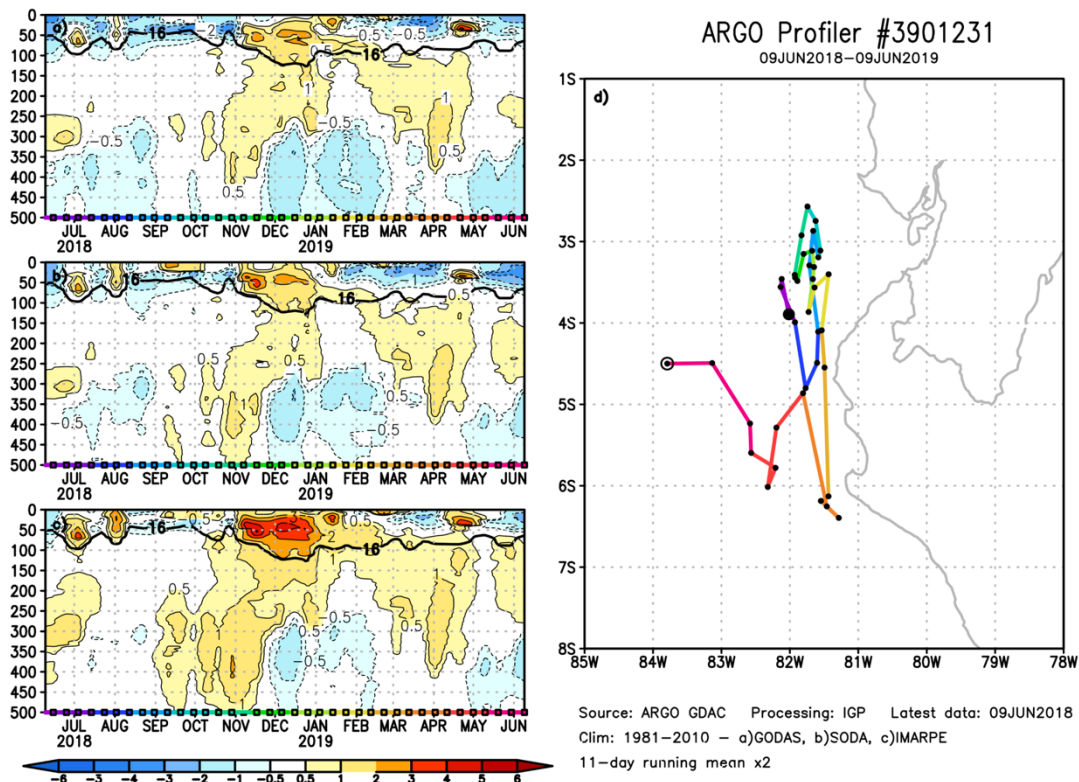


Figura 12. A la izquierda se aprecia la anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad calculada de los datos del flotador ARGO No. 3901231. Esta anomalía se calcula en base a la climatología (1981-2010) de: (a) GODAS, (b) SODA e (c) IMARPE. A la derecha se aprecia la trayectoria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

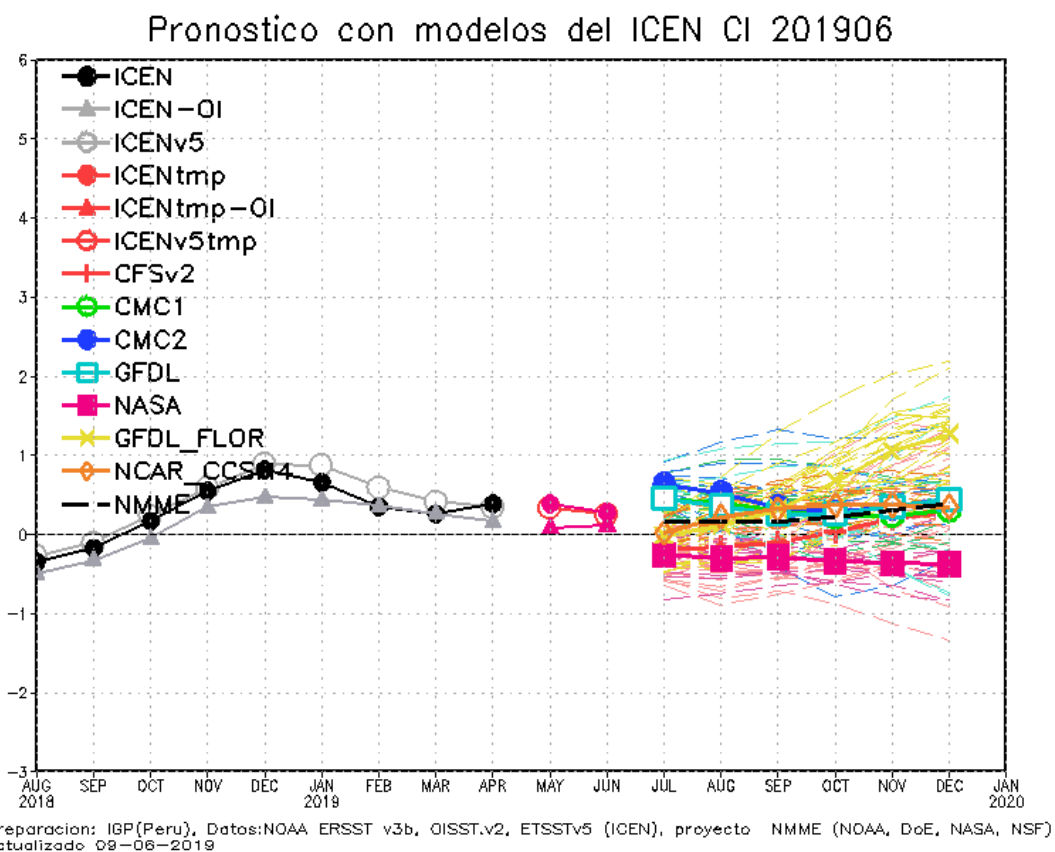


Figura 13. Índice Costero El Niño (ICEN negro con círculos llenos, fuente ERSSTv3; ICEN gris con triángulos, fuente OISSTv2; ICEN gris con círculos, fuente ERSSTv5) y sus valores temporales (ICENtmp, rojo con círculo lleno, ICENtmp-OI, rojo con triángulos llenos, ICENv5tmp, rojo con círculo). Además, 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, CMC1, CMC2, GFDL, NASA_GEOS5v2 GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 tienen como condición inicial el mes de junio de 2019. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).

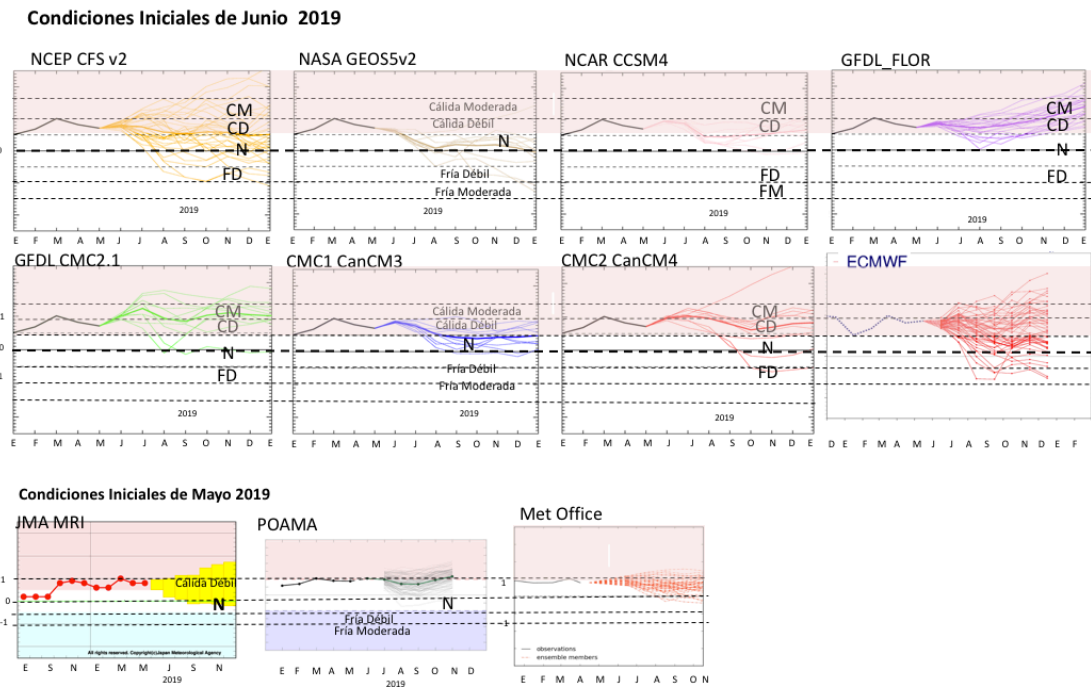


Figura 14. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME y otros.