

**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/2019-08

11/09/2019

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

Para el mes de julio, según el Índice Costero El Niño (ICEN), basado tanto en los datos de ERSSTv3b (ICENV3), OISSTv2 (ICENOI) y ERSSTv5 (ICENV5), las condiciones climáticas frente a la costa peruana continúan siendo Neutras, con valores de -0.62, -0.63 y -0.54°C, respectivamente. Los valores temporales del ICEN (ICENtmp), de las tres fuentes de datos, para los meses de agosto y setiembre, coinciden en mantener las condiciones Neutras. En lo que respecta al Pacífico Central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) de la NOAA indica que en el mes de julio la condición es Neutra (0.32°C) y, según la información de los valores temporales, también se esperaría las mismas condiciones para los meses de agosto y setiembre.

En base a los datos de altimetría satelital (producto DUACS), la señal de la onda Kelvin cálida, indicada en el informe anterior, arribó a la costa peruana entre fines de agosto e inicios del mes de setiembre.. Según los modelos dinámicos una onda Kelvin fría, ubicada en 120°E, llegaría a la costa peruana a fines de setiembre e inicio de octubre, también se esperaría la llegada de una onda Kelvin cálida entre fines de octubre e inicio de noviembre.

Según el promedio de los siete modelos numéricos climáticos de NMME, inicializados con condiciones oceánicas y atmosféricas del mes de setiembre de 2019, coinciden en indicar condiciones Neutras para el periodo que va de setiembre a marzo de 2020, tanto para el Pacífico central como oriental,

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 agosto 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 julio de 2019 y cuyos valores se muestran en la Tabla 1 (columnas 3 y 4), en donde el valor para el mes de julio 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 julio.

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 julio.

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	Abril	0.38	Neutra	0.16	Neutra	0.34	Neutra
2019	Mayo	0.28	Neutra	-0.09	Neutra	0.25	Neutra
2019	Junio	-0.21	Neutra	-0.33	Neutra	-0.12	Neutra
2019	Julio	-0.62	Neutra	-0.63	Neutra	-0.54	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	Agosto	-0.71	Neutra	-0.65	Neutra	-0.64	Neutra
2019	Setiembre	-0.45	Neutra	-0.49	Neutra	-0.47	Neutra

Tabla 2. ICEN temporales (ICENtmp) para agosto y setiembre 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 agosto (setiembre) se calcula usando la información del promedio de los valores pronosticados de ATSM de setiembre (setiembre y octubre) de NMME.

Según los valores del primer y segundo ICENtmp se estima que en los meses de agosto y setiembre de 2019, para las tres fuentes de datos, las condiciones climáticas serían del rango 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 julio de 2019, es de 0.32 °C, correspondiente a una condición Neutra¹. Con este índice finaliza del evento El Niño en el Pacífico central, el cual fue de magnitud Cálida Débil y se desarrollo en el periodo de octubre de 2018 a junio de 2019.

Índice Oceánico Niño			
Año	Mes	ONI (°C)	Categoría
2019	Abril	0.76	Cálida Débil
2019	Mayo	0.66	Cálida Débil
2019	Junio	0.54	Cálida Débil
2019	Julio	0.32	Neutro

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 agosto y setiembre, indican condiciones Neutras. (ver Tabla 4).

Índice Oceánico Niño temporales			
Año	Mes	ONItmp (°C)	Categoría
2019	Agosto	0.20	Neutro
2019	Setiembre	0.11	Neutro

Tabla 4. Estimados preliminares del ONI (ONItmp)

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).

Diagnóstico del Pacífico Ecuatorial

Según los datos observados (IR, MW, OSTIA), las anomalías de la TSM diaria en la región Niño 3.4, para el mes de agosto indicaron condiciones neutras además se observaron anomalías negativas en la última semana del mes, (ver Figura 1a). Para la región Niño 1+2, la ATSM continuó mostrando anomalías negativas con valores que alcanzaron -1°C , sin embargo, en promedio, se mantuvieron en condiciones neutras. (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 160°W (Figura 2). La profundidad de la termoclina al oeste (este) de 120°W se muestra menos (más) profunda de lo normal. En lo que respecta a la ATSM, aún se observan valores negativos entre 120°W y 90°W .(ver Figura 2).

En las dos primeras semanas de agosto, según la información de WindSat, se observaron anomalías negativas entre 180° y 145°W , estas anomalías continuaron con menos intensidad en la tercera semana. En la cuarta semana del mes y en la primera semana del mes de setiembre se observan pequeños pulsos vientos del este entre 130°E y 165°E (ver Figura 3).

La profundidad de la termoclina al oeste (este) de 120°W se muestra más (menos) profunda de lo normal, la inclinación de la termoclina y el contenido de calor en la región ecuatorial se encuentran dentro de los rangos normales (ver Figura 5). La boya ubicada en la región oriental (95°W) indica que la profundidad de la isoterma de 20°C se encuentra con valores cercanos a su climatología (Figura 6).

La información de OLR (relacionada con la actividad convectiva) en la zona la zona A (170°E – 140°W , 5°S - 5°N) y B (170°W – 100°W , 5°S - 5°N) que se muestran en la Figura 7 y 8, respectivamente, continúa indicando valores cercanos a su climatología.

La información in situ y remota (Figura 4), y los resultados de los modelos numéricos (Figura 9 y 10) indican que la onda Kelvin cálida, mencionada en el informe anterior, arribó a la costa peruana en el mes de agosto. Esta misma información indica que una onda Kelvin fría se localiza en 120°W , mientras que otra, del tipo cálida, se localizaría entre 150°E y 160°W . Asimismo, en esta última región, pero en 4°N y 4°S , se observa una señal intensa de una onda Rossby cálida (ver Figura 4b).

Ondas Kelvin a lo largo de la costa peruana

Según la información de DUACS (basado en altimetría satelital), en la primera semana de agosto se observaron anomalías negativas débiles frente a la costa peruana. Desde la segunda semana de agosto hasta la actualidad se observa anomalías positivas, las cuales deben ser producto de la llegada de la onda Kelvin cálida. Según la información del flotador ARGO (No. 3901231), el cual se localizó durante julio e inicios de agosto entre 84.5 – 83.2°W y 3 - 4°S (a alrededor de 200 millas náuticas frente a la costa norte del Perú), las anomalías negativas se observan por encima de los 80 metros, mientras que por debajo se observa condiciones neutras hasta los 200 metros (Figura 12).

Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

La onda Kelvin fría ubicada alrededor de los 120°W, según los modelos numéricos y las proyecciones teóricas, arribaría a las costa peruana a fines de setiembre e inicios de octubre.

La onda Kelvin cálida, desarrollada por los pulsos de viento del mes de agosto, debería llegar a la costa americana a fines de octubre e inicios de noviembre. (ver Figura 9 y 10).

Se espera que la onda Rossby alcance la frontera occidental durante el mes de octubre y noviembre y se proyecte en una onda Kelvin cálida que podría llegar a la costa americana en enero. De proyectarse en el segundo modo baroclínico, es decir con una velocidad de 1.7 m/s, esta onda podría llegar en febrero.

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para el Pacífico oriental (región Niño 1+2), según los modelos climáticos de NMME (CFSv2, CanCM4i, GEM_NEMO, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4) con condiciones iniciales del mes de setiembre de 2019, indican en promedio condiciones Neutras entre los meses de setiembre y marzo de 2020 (ver Tabla 5 y Fig. 13).

Para el Pacífico central (región Niño 3.4), según los 7 modelos de NMME inicializados con información del mes de setiembre, indican en promedio condiciones Neutras de setiembre a marzo de 2020 (ver Tabla 6 y Fig. 14).

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

Modelo	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA
CFS2		-0.81	-0.49	0.05	0.19	0.14	0.05	0.00
CanCM4i		-0.32	-0.07	-0.03	0.07	0.22	0.36	0.45
GEM_NEMO		-0.58	-0.36	-0.15	0.02	0.08	0.01	-0.19
GFDL		-0.20	0.17	0.27	0.25	0.22	0.23	0.30
NASA		-0.65	-0.44	-0.28	-0.22	-0.29	-0.47	-0.63
GFDL_FLOR		-0.30	-0.09	-0.01	0.10	0.27	0.40	0.53
NCAR_CCSM4		-0.32	0.04	0.26	0.23	0.18	0.21	0.32
NMME		-0.45	-0.18	0.02	0.09	0.12	0.11	0.11
ICENtmp	-0.71							

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

	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA
CFS2		0.36	0.53	0.68	0.59	0.55	0.45	0.38
CanCM4i		0.05	0.05	0.18	0.30	0.49	0.62	0.65
GEM_NEMO		-0.09	-0.24	-0.29	-0.34	-0.35	-0.31	-0.24
GFDL		0.25	0.43	0.64	0.71	0.73	0.73	0.79
NASA		-0.20	-0.42	-0.50	-0.63	-0.71	-0.74	-0.71
GFDL_FLOR		0.22	0.30	0.37	0.41	0.50	0.65	0.81
NCAR_CCSM4		0.22	0.25	0.26	0.16	0.16	0.27	0.43
NMME		0.12	0.13	0.19	0.17	0.20	0.24	0.30
ONItmp	0.20							

Conclusiones:

1. El ICEN (SSTOI) para julio de 2019 fue de -0.63 (Neutro), los ICENtmp para agosto y setiembre son -0.65 y -0.49, respectivamente, siendo ambas condiciones Neutras. Usando ERSSTv3 mensual para el cálculo (ICEN), los valores correspondientes son -0.62 (Neutro), y los temporales para agosto y setiembre son Neutro, -0.71 y -0.45 respectivamente. El ICEN calculado con la versión 5 de ERSST para julio es -0.54 (Neutro) y los temporales también se encuentran en el rango de Neutro para los meses de agosto y setiembre, -0.64 y -0.47 respectivamente.
2. En el Pacífico central, el ONI de julio (JJA) es 0.32 y corresponde a condiciones Neutras y el estimado para agosto y setiembre corresponden a condiciones Neutras.
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) continua indicando valores alrededor a su climatología.
4. Según la información de TAO en la franja ecuatorial, en el mes agosto, se mantienen los vientos del este (oeste) al este (oeste) de 160°W. Los vientos del oeste se han observado muy intensos, esto debido a la presencia de pulsos de viento en dicha región. La profundidad de la termoclina al oeste (este) de 120°W se muestra, en promedio, menos (más) profunda de lo normal, aunque hay una se observa una anomalía positiva entre 180° y 160°W. Las anomalías de la TSM se mantienen positivas en la mayor parte de la franja ecuatorial, y el máximo valor observado se localiza en la zona Central, entre 180° a 160°W.
5. Durante el mes de agosto, según la información satelital y de reanalysis, se desarrolló un pulso de viento del este entre la línea de cambio de fecha y 150°W. La información in situ (TAO) así como del producto satelital WINDSAT, indican que en el parte occidental (150°E) se desarrollaron pulsos de viento del oeste.

6. Basado en los datos de TAO, la inclinación de la termoclina ecuatorial y el contenido de calor, durante agosto se encuentran alrededor de sus valores normales.
7. Según la información de los flotadores ARGO en la franja ecuatorial en la zona oriental desde el mes de agosto se siguen observando anomalías negativas desde la superficie hasta aproximadamente los 120 metros de profundidad.
8. Los flotadores frente a la región Piura, localizado entre 100 y 200 millas, muestran información dentro de sus valores normales.
9. La señal de la onda Kelvin cálida, indicada en el comunicado anterior, arribó a la costa peruana en agosto según la información de altimetría satelital (DUACS).
10. Aún se observa la señal de la onda Kelvin fría, la cual se localiza en 120°W.
11. En el Pacífico occidental (entre 150°E y 180°), según la información satelital, se observa una señal intensa de una onda Rossby cálida.
12. Se espera que la onda Kelvin fría arribe a la costa peruana a fines de setiembre e inicios de octubre con un impacto en la TSM y el nivel del mar.
13. Los pulsos de viento del oeste durante el mes de agosto se proyectaron en una onda Kelvin cálida que debe arribar a fines de octubre e inicios de noviembre.
14. Se espera que la onda Rossby alcance la frontera occidental durante el mes de octubre y noviembre y se proyecte en una onda Kelvin cálida que podría llegar a la costa americana en enero. De proyectarse en el segundo modo baroclínico, es decir con una velocidad de 1.7 m/s, esta onda podría llegar en febrero.
15. Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los modelos de NMME con condiciones iniciales de setiembre en promedio indican condiciones NEUTRAS entre los meses de octubre y marzo de 2020. Los modelos indican en promedio anomalías positivas a partir del mes de noviembre.
16. Para el Pacífico central (Región Niño 3.4), el promedio de los modelos de NMME indica condiciones Neutras entre los meses de octubre a marzo de 2020. El modelo CFSv2 indica condiciones cálidas débiles entre el periodo de meses de octubre y enero de 2020, mientras que el modelo GFDL lo hace para el periodo de noviembre a marzo de 2020.

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.

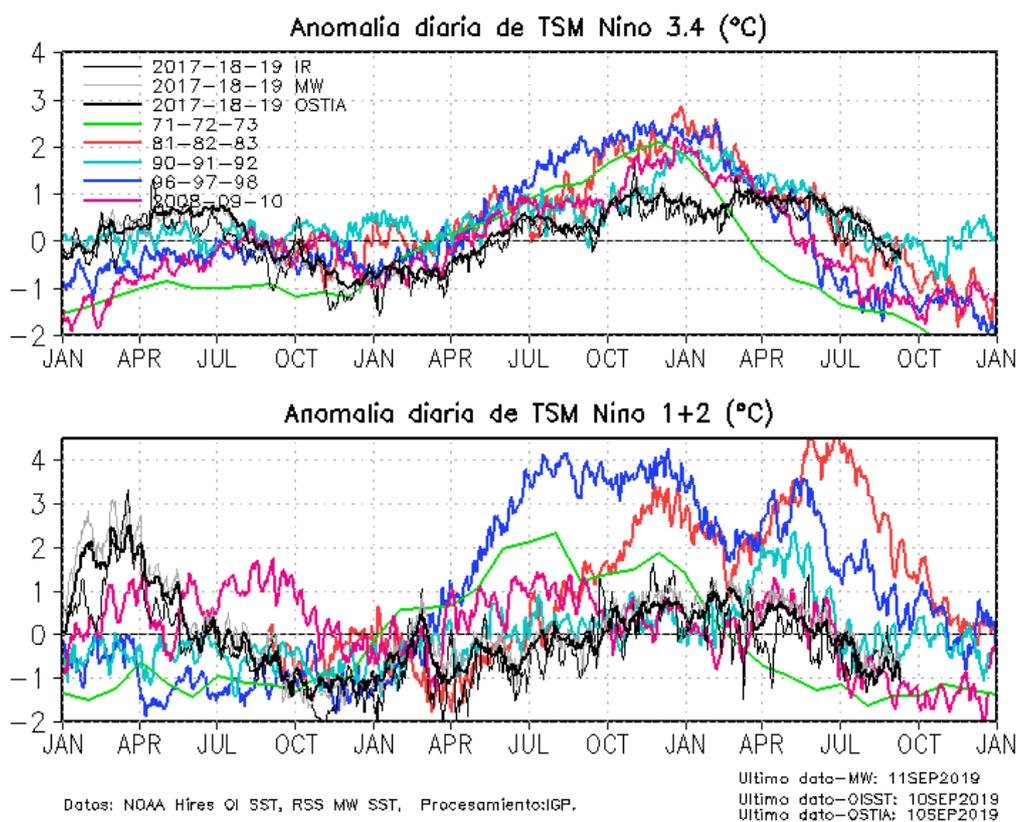


Figura 1. Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del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

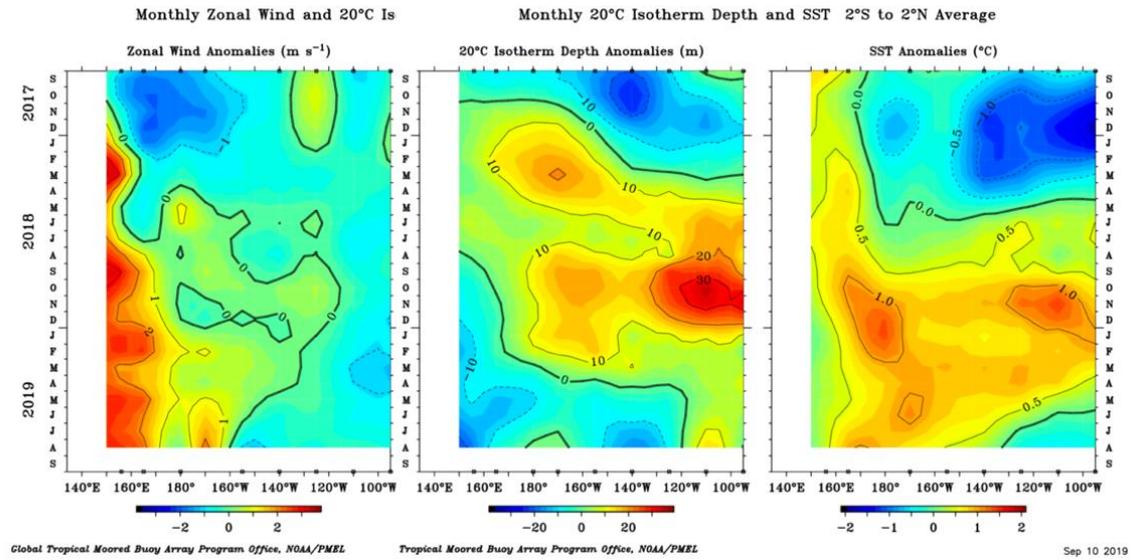


Figura 2. Promedio mensual de la anomalía de: (a) el viento zonal, (b) la profundidad de la isoterma de 20°C (termoclina) y (c) la temperatura superficial del mar; a lo largo de la franja ecuatorial del Pacífico (2°S-1°N) . Esta imagen se elaboró de otras que se obtienen del proyecto TAO: www.pmel.noaa.gov/tao.

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

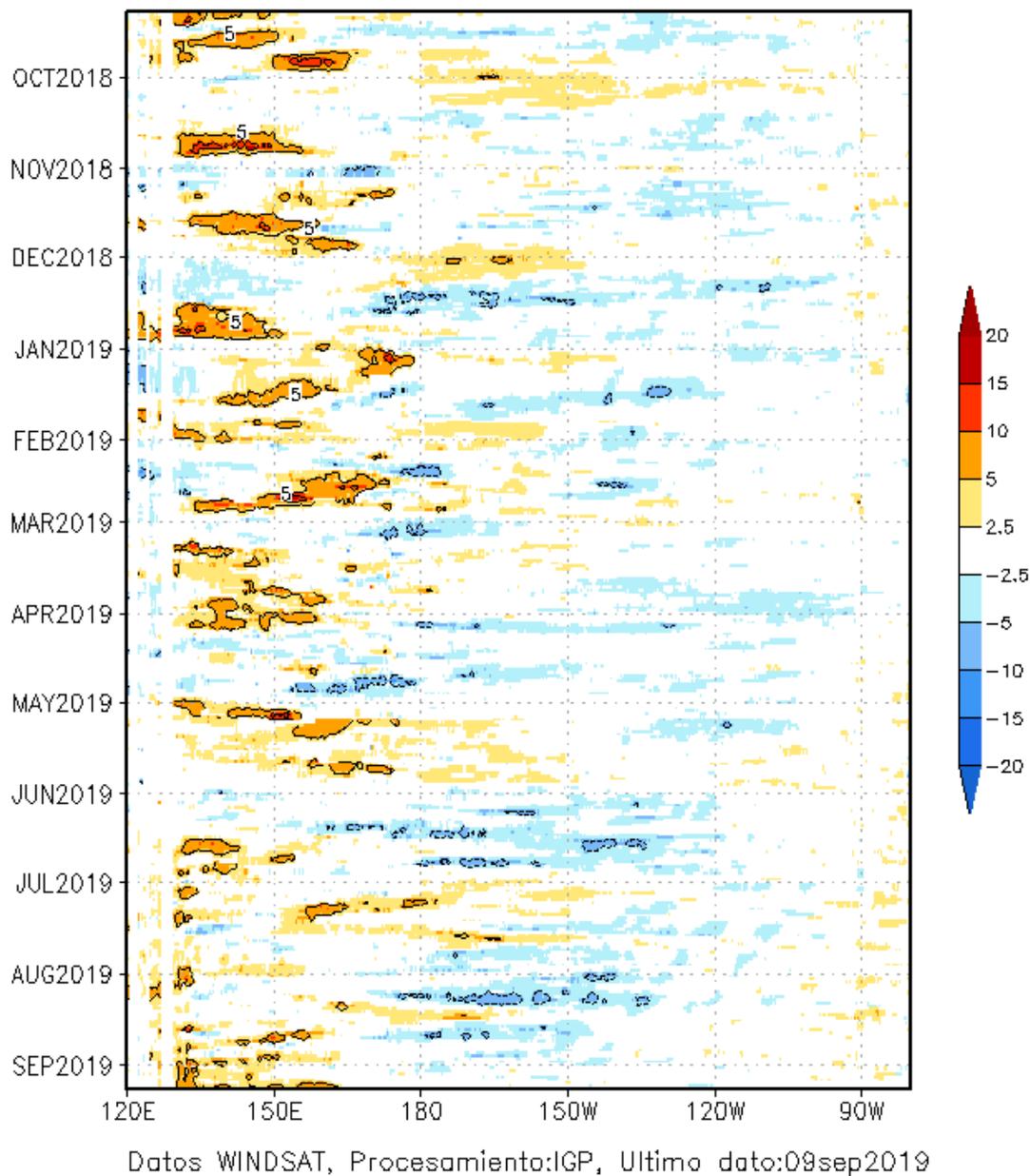


Figura 3. Diagrama longitudin-tiempo de las anomalías del esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del producto WINDSAT hasta el 09 de setiembre de 2019. Elaboración: IGP.

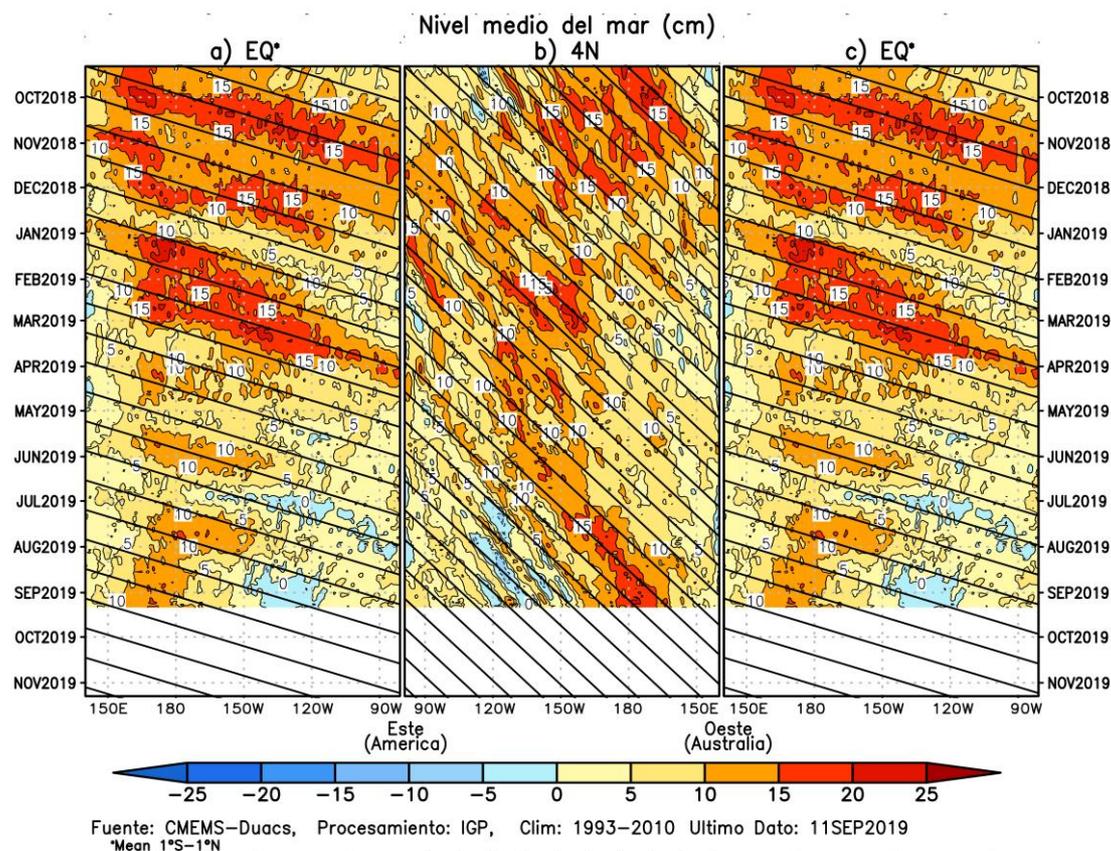


Figura 4. Diagramas longitud- tiempo de la anomalía del nivel medio del mar en el Pacífico usando el producto DUACS. Las figuras (a) y (c) son las mismas y representan la información a lo largo de la línea ecuatorial, mientras que (b) a lo largo de 4°N pero con el eje zonal de Este a Oeste. Las líneas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

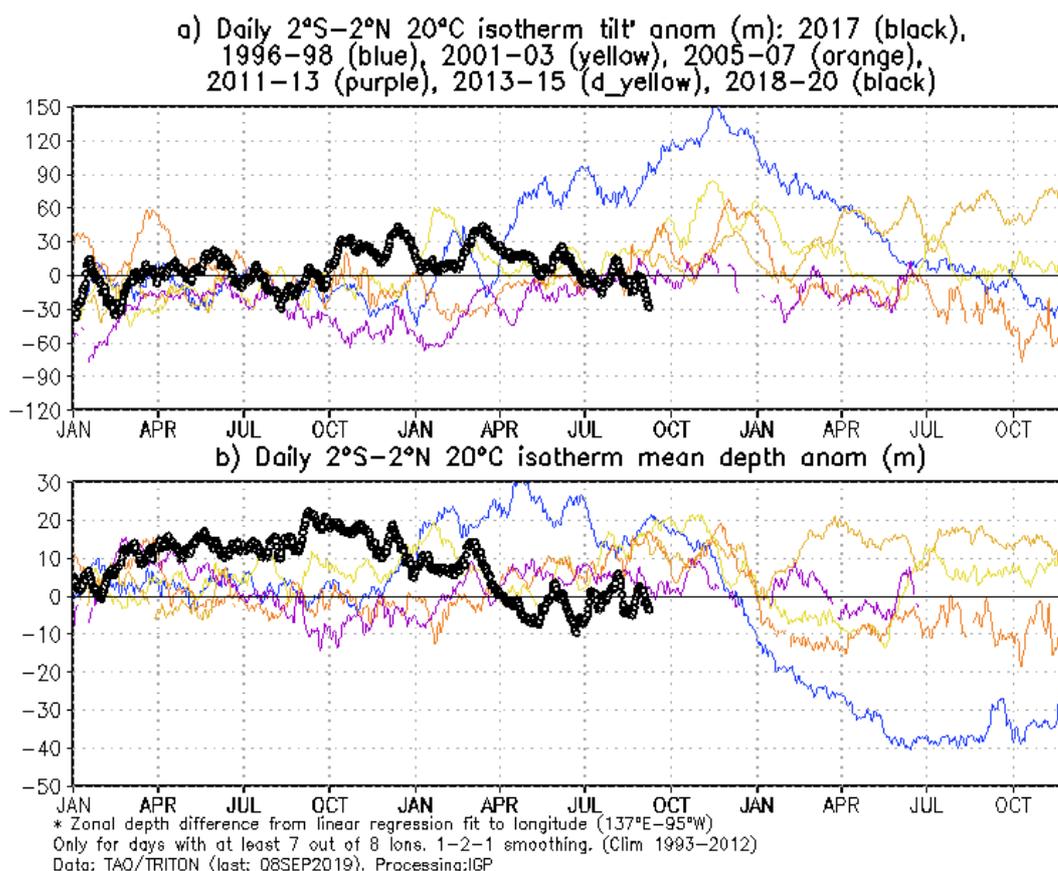


Figura 5 a) Inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de ARGO entre 2°N y 2°S. **b)** Contenido de calor en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. A diferencia de informes anteriores. Elaboración: IGP.

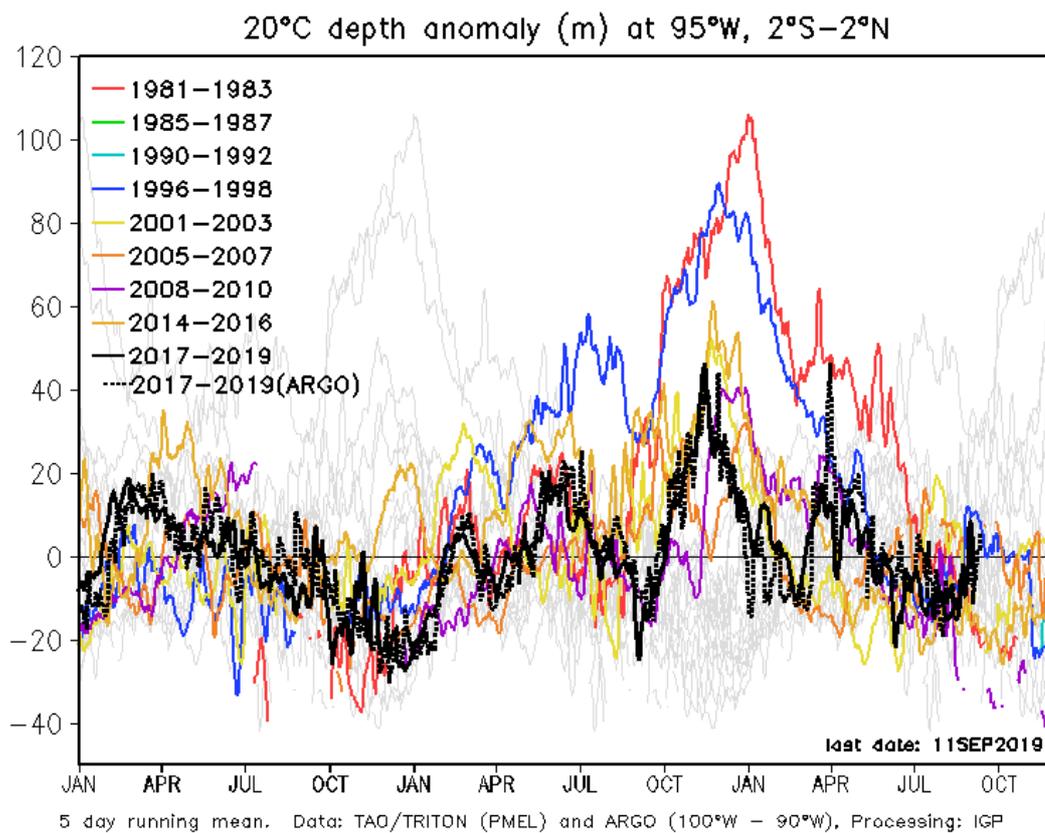


Figura 6. Anomalia de la profundidad de la isoterma de 20 °C (m) en 95° W ,2°S-2°N, con datos de ARGO y TAO. Elaboración: IGP.

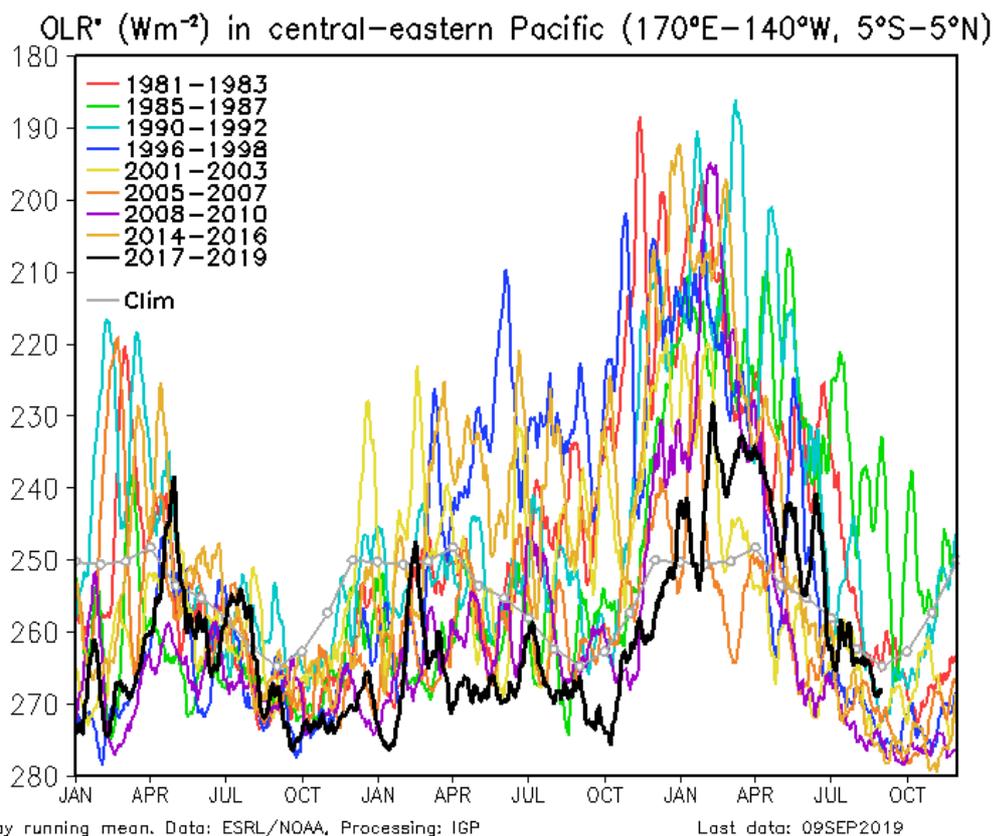


Figura 7. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental ($170^{\circ}E-140^{\circ}W$ y $5^{\circ}S-5^{\circ}N$) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración IGP

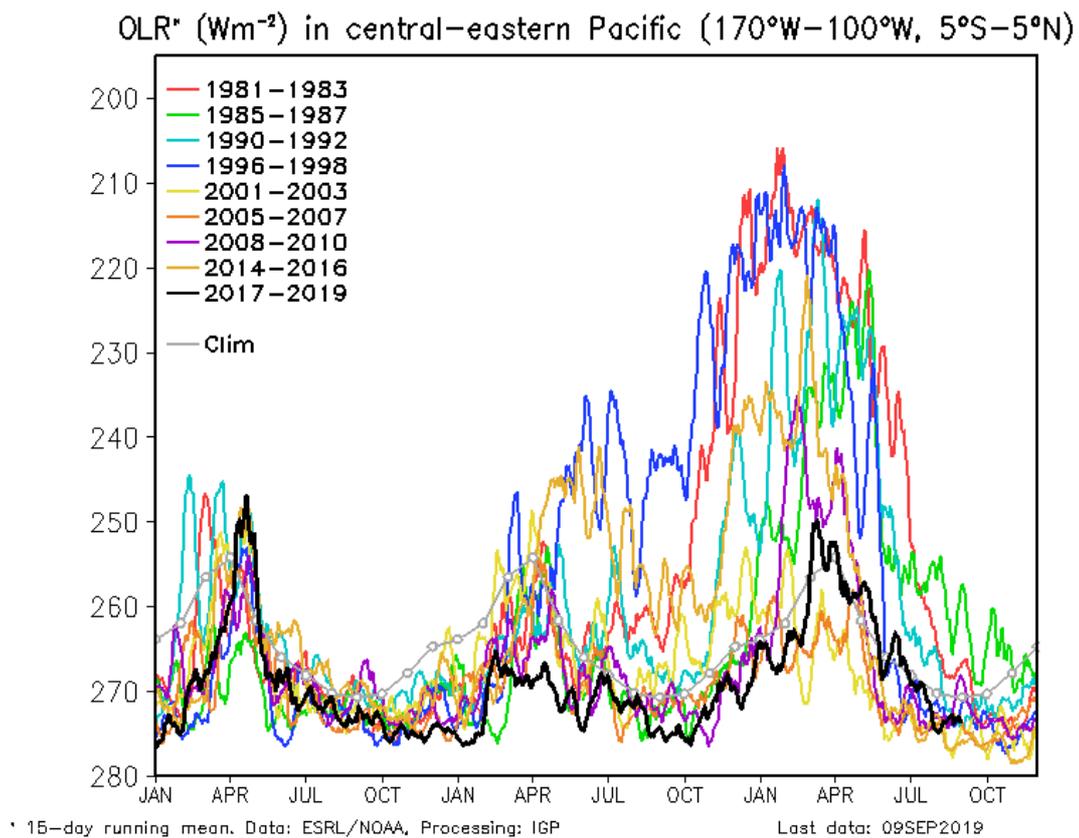


Figura 8. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental ($170^{\circ}W-100^{\circ}W$ y $5^{\circ}S-5^{\circ}N$) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración IGP.

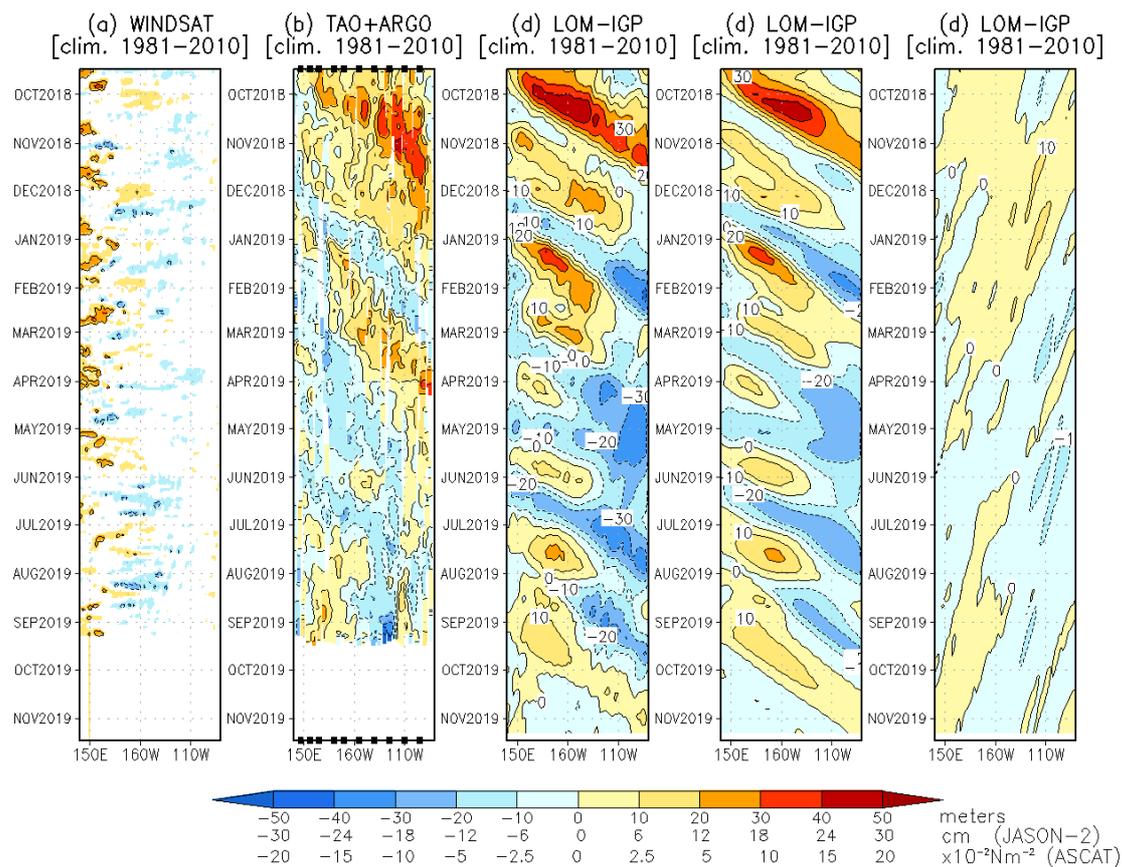


Figura 9. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINDSAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO y los derivados de ARGO (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y finalmente diagrama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

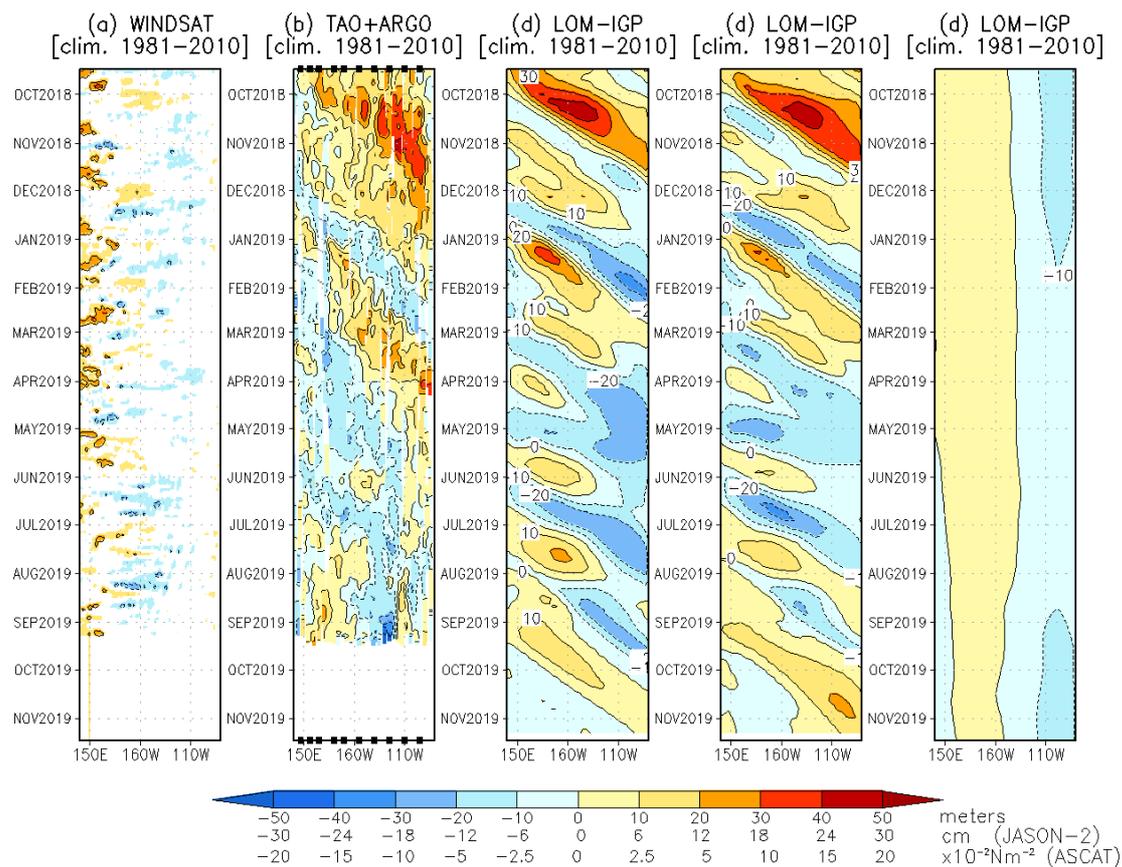


Figura 10. De izquierda a derecha: diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos de WINDSAT (primer panel); anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C de TAO y los derivados de ARG0 (segundo panel); onda Kelvin (tercer panel), onda Kelvin intraestacional (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.

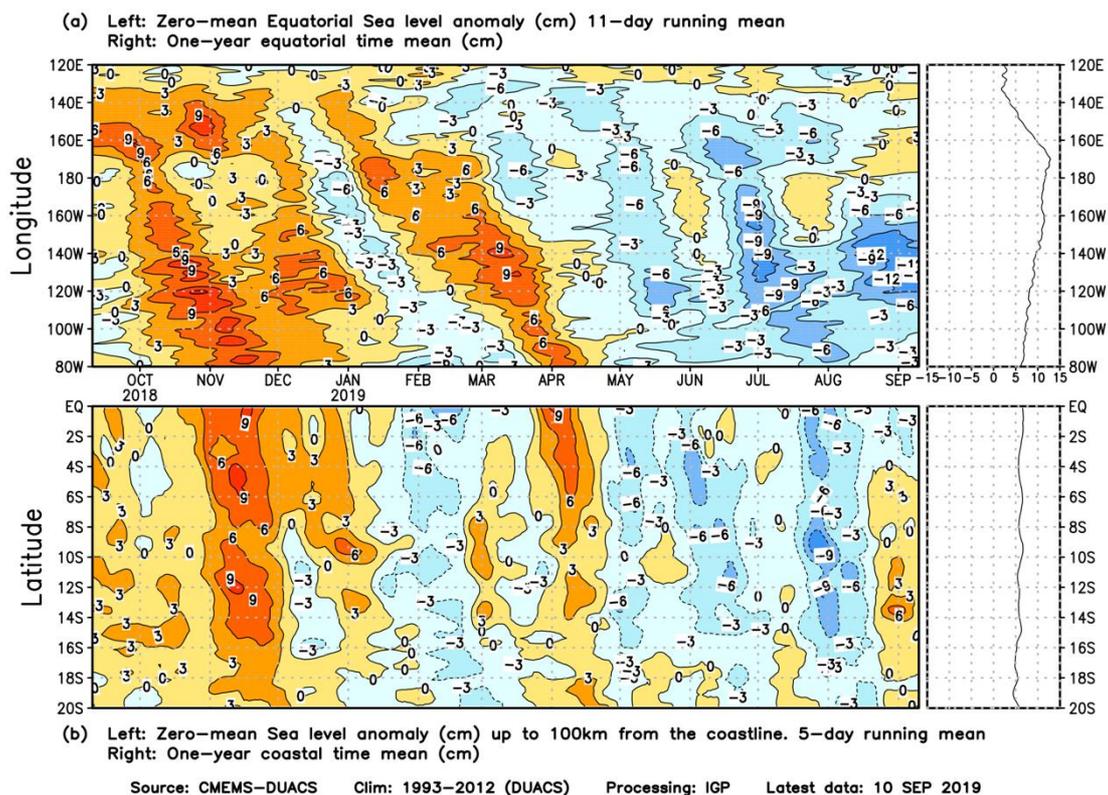


Figura 11. Anomalía centrada del nivel del mar a lo largo de la franja ecuatorial (Figura superior izquierda) y a lo largo de la costa peruana (Figura inferior izquierda). A la derecha se muestra el promedio de los últimos 365 días en la franja ecuatorial (superior) y a lo largo de la costa (inferior),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

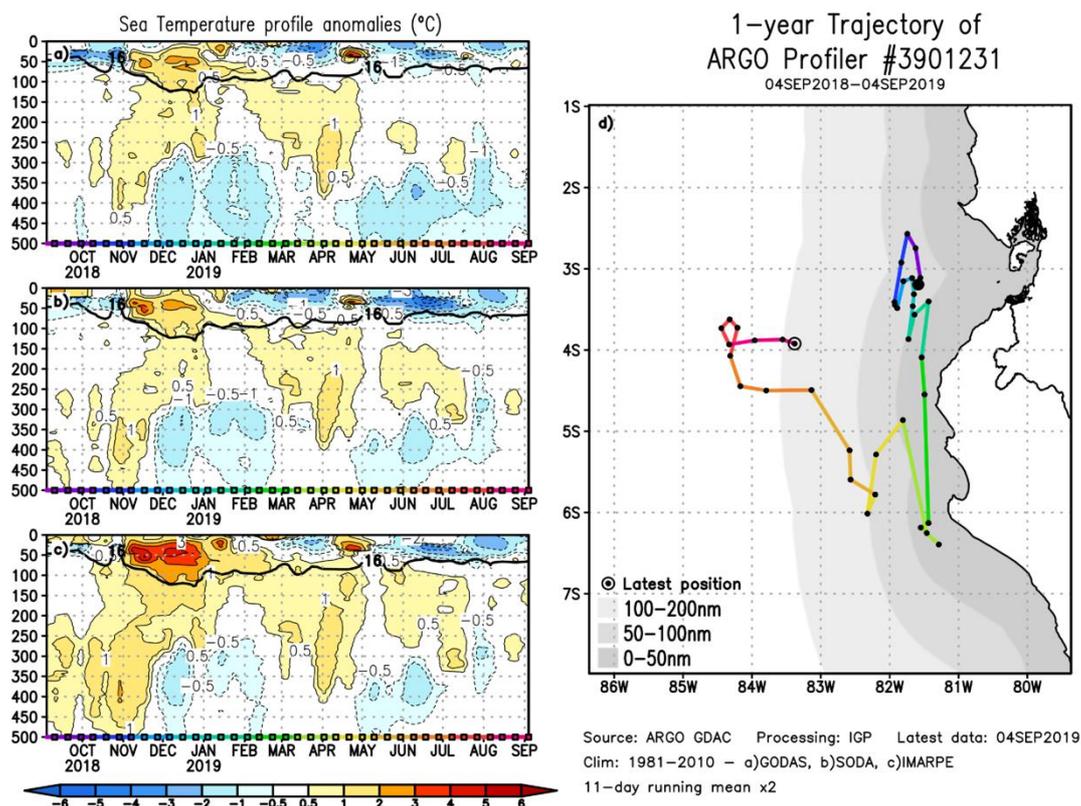


Figura 12. A la izquierda se aprecia la anomalía de la temperatura del mar hasta los 500 metros de profundidad calculada de los datos del flotador ARGO No. 3901231. Esta anomalía se calcula en base a la climatología (1981-2010) de: (a) GODAS, (b) SODA e (c) IMARPE. A la derecha se aprecia la trayectoria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

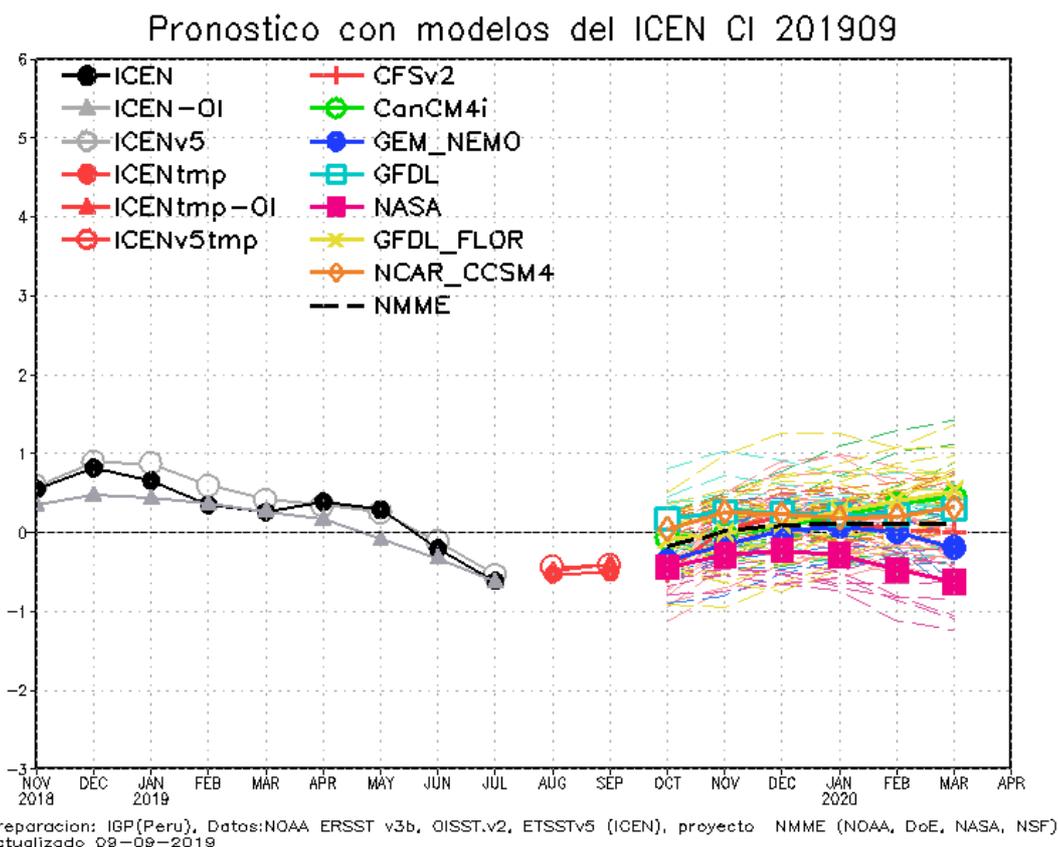


Figura 13. Índice Costero El Niño (ICEN negro con círculos llenos, fuente ERSSTv3; ICEN gris con triángulos, fuente OISSTv2; ICEN gris con círculos, fuente ERSSTv5) y sus valores temporales (ICENtmp, rojo con círculo lleno, ICENtmp-OI, rojo con triángulos llenos, ICENV5tmp, rojo con círculo). Además, 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, CanCM4i, GEM_NEMO, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 tienen como condición inicial el mes de setiembre de 2019. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).

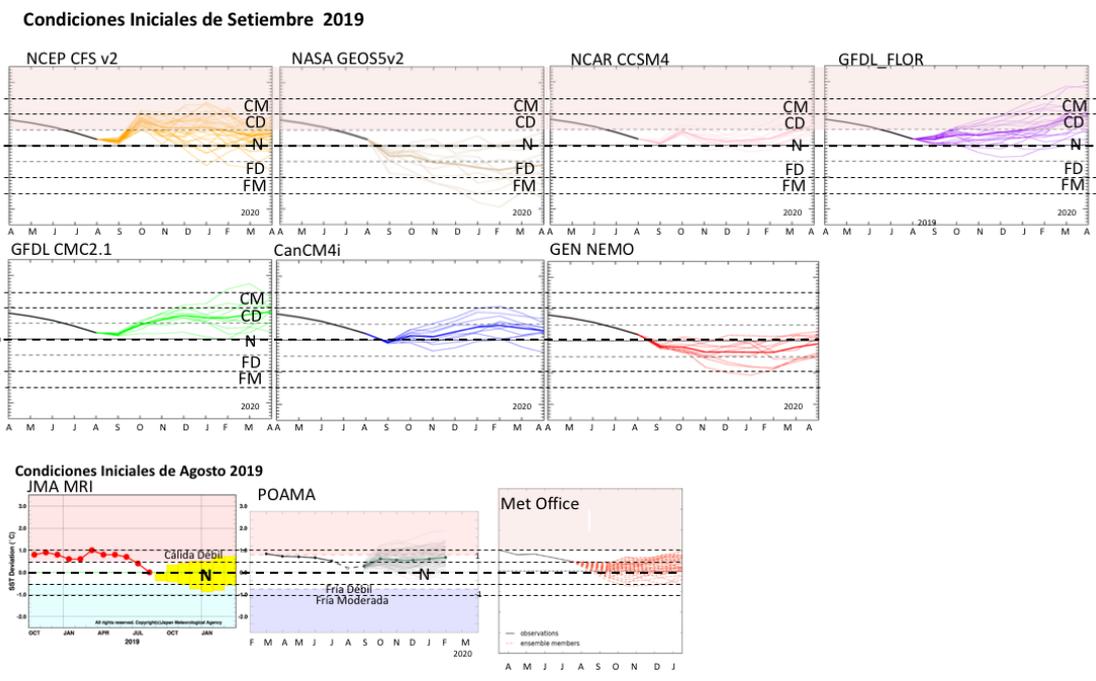


Figura 14. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME y otros.