

**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/2017-07
09/08/2017**

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 junio de 2017, el Índice Costero El Niño (ICEN) basado en ERSST indicó una condición climática Neutra (-0.11°C) al igual que el ICENOI ($+0.04^{\circ}\text{C}$), estimado con datos de OISSTv2. Los valores temporales del ICEN (ICENTmp) y el ICENOI (ICENOItmp) coinciden en mostrar condiciones Neutras para los meses de julio y agosto. Según el ICEN y el ICENOI, el evento El Niño costero habrían terminado en los meses de abril y mayo, respectivamente.

Para el Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI) de la NOAA en junio, así como los estimados para julio y agosto, continuaron indicando condiciones neutras.

Según los modelos numéricos de NMME, inicializados en el mes de agosto, para el mes de setiembre cinco de los siete modelos, predicen condiciones Neutras en el Pacífico oriental, mientras que los otros dos modelos indican condiciones Cálidas Débiles. Para los meses desde octubre hasta febrero 2018, los siete modelos indican condiciones Neutras.

Para el Pacífico central, los siete modelos de NMME indican condiciones Neutras hasta finales de año, para los meses de enero y febrero de 2018, 6 de 7 modelos indican condiciones neutras y un modelo indica condición fría débil. Estos pronósticos son, en promedio, menos cálidos que los del mes anterior. Se consideran 4 modelos con condiciones iniciales de julio donde también indican, en promedio, condiciones neutras hasta finales de año.

Los resultados de los modelos lineales, así como las proyecciones teóricas de la evolución de la onda Kelvin, indican que el núcleo de la onda Kelvin fría, actualmente observada, llegaría al extremo oriental a fines de agosto e inicio de setiembre.

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 el Comité 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; actualizados hasta el mes de julio de 2017 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 junio de 2017. Los valores se muestran en la Tabla 1.

Año	Mes	ICEN (°C)	Condiciones
2017	Marzo	1.11	Cálida Moderada
2017	Abril	0.91	Cálida Débil
2017	Mayo	0.39	Neutra
2017	Junio	-0.11	Neutra

Tabla 1. Valores recientes del ICEN (ERSST v3b).
(Descarga: <http://www.met.igp.gob.pe/datos/icen.txt>)

Para los meses más recientes se generan versiones preliminares y temporales de este índice (ICENTmp) combinando ERSST con otras fuentes.

Año	Mes	ICENTmp	Condiciones	Fuente
2017	Julio	-0.16	Neutra	2017/06-07: ERSST; 2017/08: NMME
2017	Agosto	-0.14	Neutra	2017/07: ERSST; 2017/08-09: NMME

Tabla 2. Estimados preliminares del ICEN (ICENTmp)

Según los valores del ICENTmp, se estima que en julio y agosto de 2017 las condiciones serían Neutras. El ICENTmp de julio será confirmado cuando se disponga del valor de ERSST para el mes de agosto de 2017.

Como se indicó en el informe del mes de febrero (ver Anexo 1 en el Informe Técnico El Niño-IGP 2017-02), los datos de ERSST v3b para la región Niño 1+2 habrían subestimado las temperaturas del verano que pasó. Por este motivo, también se estimó el ICENOI, que se obtuvo de la misma forma que el ICEN pero usando los datos mensuales de OISST.v2 y las climatologías de ERSST v3b (<http://www.met.igp.gob.pe/datos/climNino12.txt>). Los valores resultantes se muestran en la tabla 3.

Año	Mes	ICENOI (°C)	Condiciones
2017	Marzo	1.57	Cálida Moderada
2017	Abril	1.24	Cálida Moderada
2017	Mayo	0.52	Cálida Débil

2017	Junio	0.04	Neutra
------	-------	-------------	--------

Tabla 3. Valores recientes del ICENOI (OISST.v2).

Igualmente se generaron las versiones preliminares y temporales de este índice (ICENItmp), combinando los datos de OISSTv2 con otras fuentes.

Año	Mes	<i>ICENOI</i> _{tmp}	Condiciones	Fuente
2017	Julio	-0.14	Neutra	2017/06-07: OISSTv2; 2017/08: NMME
2017	Agosto	-0.09	Neutra	2017/07: OISSTv2; 2017/08-09: NMME

Tabla 4. Estimados preliminares del ICENOI (ICENItmp)

Los valores del ICENItmp estimados para julio y agosto de 2017 corresponden a condiciones Neutras. El ICENItmp de julio será confirmado cuando se disponga del valor de OISST.v2 para el mes de agosto de 2017.

Según el ICEN, el evento El Niño costero habría culminado en el mes de abril, mientras que según el ICENOI sería el mes de mayo.

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 junio de 2017, es de + 0.27°C, correspondiente a condiciones Neutras¹.

Año	Mes	ONI (°C)	Categoría
2017	Marzo	0.15	Neutra
2017	Abril	0.39	Neutra
2017	Mayo	0.48	Neutra
2017	Junio	0.27	Neutra

Tabla 5. 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 pueden haber discrepancias para los meses anteriores)

Los valores estimados (ONItmp), combinando observaciones y pronósticos, indican condiciones Neutras para los meses de julio y agosto 2017 (Tabla 6).

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).

Año	Mes	ONImtp	Condiciones	Fuente
2017	Julio	0.10	Neutra	2017/06-07: ERSST; 2017/08- NIMME
2017	Agosto	-0.01	Neutra	2017/07: ERSST; 2017/08-09: NIMME

Tabla 6. Estimados preliminares del ONI (ONImtp)

Diagnóstico del Pacífico Ecuatorial

En el Pacífico central las anomalías de la TSM diaria (IR, MW, OSTIA) continuaron en el rango neutral, manteniéndose cerca al valor de $+0.2^{\circ}\text{C}$ (ver Figura 5a). Según los datos satelitales, en la región Niño 1+2, la anomalía de la TSM se presentó negativa en promedio, mostrando anomalías máximas cercanas a $+0.3^{\circ}\text{C}$, $+0.1^{\circ}\text{C}$ y $+0.2^{\circ}\text{C}$ según los productos de MW, OSTIA, e IR, respectivamente (Figura 5b).

El esfuerzo de viento zonal mensual en el Pacífico central (160°E - 160°W ; 5°S - 5°N) continuó con anomalía del este en julio (Figura 3), siendo de mayor magnitud que el mes anterior. En la segunda y tercera semana del mes de julio, en el Pacífico ecuatorial (entre 180° y 160°W) se presentaron ligeras anomalías de vientos del este, (Figura 10). La actividad convectiva en el Pacífico ecuatorial se extendió de la zona occidental hacia el central (alrededor de 180°), reemplazando las anomalías secas en esta región (Figuras 1 y 2). El contenido de calor oceánico ecuatorial, así como la inclinación de la termoclina continuaron presentándose alrededor de lo normal. (Figura 4).

Las corrientes zonales calculadas por GODAS en el Pacífico Ecuatorial, durante el mes de julio, mostraron anomalías negativas (corrientes hacia el oeste) en la parte superior del océano ($<80\text{m}$ en tres zonas: 1) 140° y 160°E , 2) 170° y 140°W y 3) al este de 110°W (ver Figura 16). Esto podría deberse a la presencia de una onda Kelvin fría durante este mes, según los datos de ARGO+TAO, corrientes zonales de OSCAR y modelos lineales. La señal de la onda Kelvin en el producto de DUACS (nivel del mar) es débil (Figura 8). Esta onda se habría formado como consecuencia de pulsos de viento del este a mediados del mes de julio y uno incipiente a inicios de agosto.

Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

Para las próximas semanas, el modelo GFS predice ligeras anomalías de viento del este en el Pacífico ecuatorial (Figura 9), mientras que el modelo CFS predice anomalías de viento del este en el Pacífico ecuatorial.

Los resultados de los modelos lineales, así como las proyecciones teóricas de la evolución de la onda Kelvin, indican que el núcleo de la onda Kelvin fría, actualmente observada en la profundidad de la termoclina y, en menor magnitud, en el nivel del mar, llegaría al extremo oriental a fines de agosto e inicios de setiembre (ver Figura 6 y 7). Asimismo, de cumplirse el pronóstico del GFS (ver Figura 9), relacionado a pulsos de viento del este en el Pacífico Central durante el mes de agosto, se tendría, entonces, la presencia de más ondas Kelvin frías, las que arribarían a partir del mes de setiembre. En lo que respecta a las ondas Kelvin producidas por reflexión de las ondas Rossby en el extremo occidental, según los datos de altimetría satelital, no se observa la presencia de ondas Kelvin cálidas/frías de magnitud relevante que puedan alcanzar la costa americana (Figura 8).

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los pronósticos de los modelos climáticos de NMME (CFSv2, NASA_GEOS5, FLOR, CM2.1, NCAR_CCM4, CMC1 y CMC2) con condiciones iniciales de agosto, indican en promedio condiciones neutras hasta el mes de febrero 2018. Para el mes de setiembre, 5 de 7 modelos indican condiciones neutras, 2 modelos (CMC1 y CMC2) pronostican condiciones cálidas débiles; para los meses desde octubre hasta febrero de 2018, los 7 modelos indican condiciones neutras. (Fig. 11 y Tabla 7). En contraste con los pronósticos del mes anterior, estos son menores y en algunos meses indican anomalías negativas.

Para el Pacífico central (Niño 3.4), según los modelos de NMME inicializados en agosto, los 7 modelos indican condiciones neutras hasta finales de año, en algunos meses los pronósticos indican condiciones negativas, para los meses de enero y febrero de 2018, 6 de 7 modelos indican condiciones neutras y el modelo NCAR_CCM4 indica condición fría débil (Tabla 8 y Fig. 12). Considerando 4 modelos (JMA, UKMO, ECMWF y POAMA), inicializado en julio, indica condiciones neutras hasta finales de año (Fig. 12).

En general, los pronósticos de los modelos han reducido sustancialmente la probabilidad de condiciones cálidas tanto costeras como en el Pacífico central ecuatorial. El patrón espacial de TSM y de precipitación pronosticado se asemeja al de La Niña, incluyendo mayor lluvia en los Andes y Amazonía (Fig.14). Estos son bastante similares a los pronósticos inicializados en agosto de 2016 aunque con un menor enfriamiento en el Pacífico central y menor calentamiento en el Pacífico sudeste (frente a norte de Chile). entre neutras y Se recuerda que ninguno de los pronósticos realizados hace un año previeron la posibilidad de El Niño costero 2017, por lo que podrían estar subestimando esta probabilidad nuevamente. Lo anterior indica que no se puede descartar que se pueda repetir un evento como El Niño 2017 aunque probablemente sería más débil.

Modelo	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM
CFS2		-0.37	-0.24	-0.25	-0.31	-0.28	-0.19	-0.06
CMC1		0.15	0.47	0.33	0.15	-0.02	-0.05	-0.06
CMC2		0.12	0.47	0.40	0.23	0.14	0.11	0.14
GFDL		-0.25	-0.08	-0.13	-0.22	-0.33	-0.33	-0.18

NASA		0.00	0.33	0.37	0.35	0.28	0.21	0.22
GFDL_FLOR		-0.40	-0.33	-0.35	-0.41	-0.34	-0.21	-0.01
NCAR_CCS M4		-0.38	-0.18	-0.04	-0.05	-0.13	-0.19	-0.20
NMME		-0.16	0.06	0.05	-0.04	-0.10	-0.09	-0.02
ONItmp	-0.16							

Tabla 7. Pronósticos del ICEN con diferentes modelos climáticos con condiciones iniciales de agosto de 2017

Modelo	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM
CFS2		-0.27	-0.11	-0.12	-0.15	-0.19	-0.16	-0.03
CMC1		-0.03	0.17	0.10	0.01	-0.05	-0.02	0.07
CMC2		-0.04	0.18	0.22	0.29	0.36	0.37	0.35
GFDL		-0.42	-0.44	-0.54	-0.52	-0.43	-0.22	-0.01
NASA		-0.39	-0.29	-0.21	-0.09	0.02	0.11	0.21
GFDL_FLOR		-0.30	-0.18	-0.08	-0.02	0.03	0.11	0.24
NCAR_CCS M4		-0.06	0.13	-0.14	-0.36	-0.49	-0.56	-0.54
NMME		-0.22	-0.08	-0.11	-0.12	-0.11	-0.05	0.04
ICENtmp	0.10							

Tabla 8. Pronósticos del ONI con diferentes modelos climáticos con condiciones iniciales de agosto de 2017

Pronóstico decadal

Los modelos continúan pronosticando anomalías de TSM positivas en el Pacífico noreste (presentes desde el 2014), consistente con los pronósticos de Thoma et al (2015) y Meehl et al (2016). El calentamiento en el Pacífico sudeste subtropical observado desde el año 2015 hasta la fecha continúa en los pronósticos de los modelos NMME, aunque más débiles.

- 1.
2. El esfuerzo de viento zonal en el Pacífico central muestra anomalías negativas, por lo cual no puede estar forzado por el PDO actualmente. Estas persistentes anomalías (desde mediados de 2016) no parecen responder a la dinámica de ENOS y podrían reflejar algún otro forzante externo.

Conclusiones:

1. El ICEN para junio de 2017 fue de -0.11 (Neutra) y el ICENtmp para julio y agosto de 2017 es -0.16 y -0.14 (Neutro). Usando OI mensual para el cálculo (ICENOI), los valores correspondientes son 0.04 (Neutra), y los temporales -0.14 y -0.09 (Neutro).
2. En el Pacífico central, el ONI de marzo (MJJ) y el estimado para junio correspondieron a condiciones Neutras. La ATSM en la región Niño 3.4, durante este febrero, ha fluctuado alrededor de los $+0.2^{\circ}\text{C}$.
3. Según TAO y NCEP/NCAR reanalysis, el viento zonal ecuatorial presentó anomalías predominantemente del este.
4. La mayor actividad convectiva en el Pacífico ecuatorial en julio se extendió de la zona occidental hacia el central (alrededor de 180°), reemplazando las anomalías secas en esta región.
5. El contenido de calor oceánico y la inclinación de la termoclina ecuatorial se presentaron con valores alrededor de su normal.
6. Las corrientes zonales calculadas por GODAS en el Pacífico Ecuatorial, durante el mes de julio, mostraron anomalías negativas (corrientes hacia el oeste) en la parte superior del océano ($<80\text{m}$) en tres zonas: 1) 140° y 160°E , 2) 170° y 140°W ; y 3) al este de 110°W .
7. Para las próximas semanas, el modelo CFS predice anomalías de viento del oeste en el Pacífico oriental-central, mientras que el GFS predice predominancia de ligeras anomalías de viento del este en el Pacífico ecuatorial.
8. Los resultados de los modelos lineales, así como las proyecciones teóricas de la evolución de la onda Kelvin, indican que el núcleo de la onda Kelvin fría, actualmente observada, llegaría al extremo oriental a fines de agosto e inicios de setiembre.
9. De cumplirse el pronóstico del GFS, relacionado a pulsos de viento del este en el Pacífico Central durante el mes de agosto, se tendría, entonces, la presencia de ondas Kelvin frías que arribarían a partir del mes de setiembre.
10. Según los datos de altimetría satelital, no se observa la presencia de ondas Kelvin cálidas/frías de magnitud relevante, producidas por una aparente reflexión de ondas Rossby cálidas/frías en el extremo occidental, que puedan alcanzar la costa americana.
11. En general, los pronósticos de los modelos han reducido sustancialmente la probabilidad de condiciones cálidas tanto costeras como en el Pacífico central ecuatorial. El patrón espacial de TSM y de precipitación pronosticado se asemeja al de La Niña, bastante similar a los pronósticos inicializados en agosto de 2016 aunque no tan marcado, particularmente con un menor calentamiento en el Pacífico sudeste (frente a norte de Chile). Esto indica que no se puede descartar que se pueda repetir un evento similar aunque probablemente más débil que El Niño costero de 2017.
12. Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), Para los meses de **setiembre 5 de 7** modelos de NMME indica condiciones **Neutras**, **dos modelos** pronostican condiciones **cálidas débiles**;

- para los meses desde octubre hasta febrero, **los 7 modelos** indica condiciones **Neutras**, en contraste con los pronósticos del mes anterior, estos índices son menores y en algunos meses los modelos indican anomalías negativas. En promedio los pronósticos son neutros hasta febrero de 2018.
13. Para el Pacífico central (Región Niño 3.4), **los 7 modelos** indican condiciones **Neutras** hasta finales de año, en algunos meses los pronósticos indican condiciones negativas.
 14. Los modelos continúan pronosticando anomalías de TSM positivas en el Pacífico noreste (presentes desde el 2014), consistente con los pronósticos de Thoma et al (2015) y Meehl et al (2016). El calentamiento en el Pacífico sudeste subtropical observado desde el año 2015 hasta la fecha continúa en los pronósticos de los modelos NMME, aunque más débiles.
 15. El esfuerzo de viento zonal en el Pacífico central muestra anomalías negativas, por lo cual no puede estar forzado por el PDO actualmente. Estas persistentes anomalías (desde mediados de 2016) no parecen responder a la dinámica de ENOS y podrían reflejar algún otro forzante externo.

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*.
- 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
- **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.

- **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://www.met.igp.gob.pe/elniño/>

Equipo

Ken Takahashi, Ph.D. (responsable)
Kobi Mosquera, Dr.
Jorge Reupo, 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

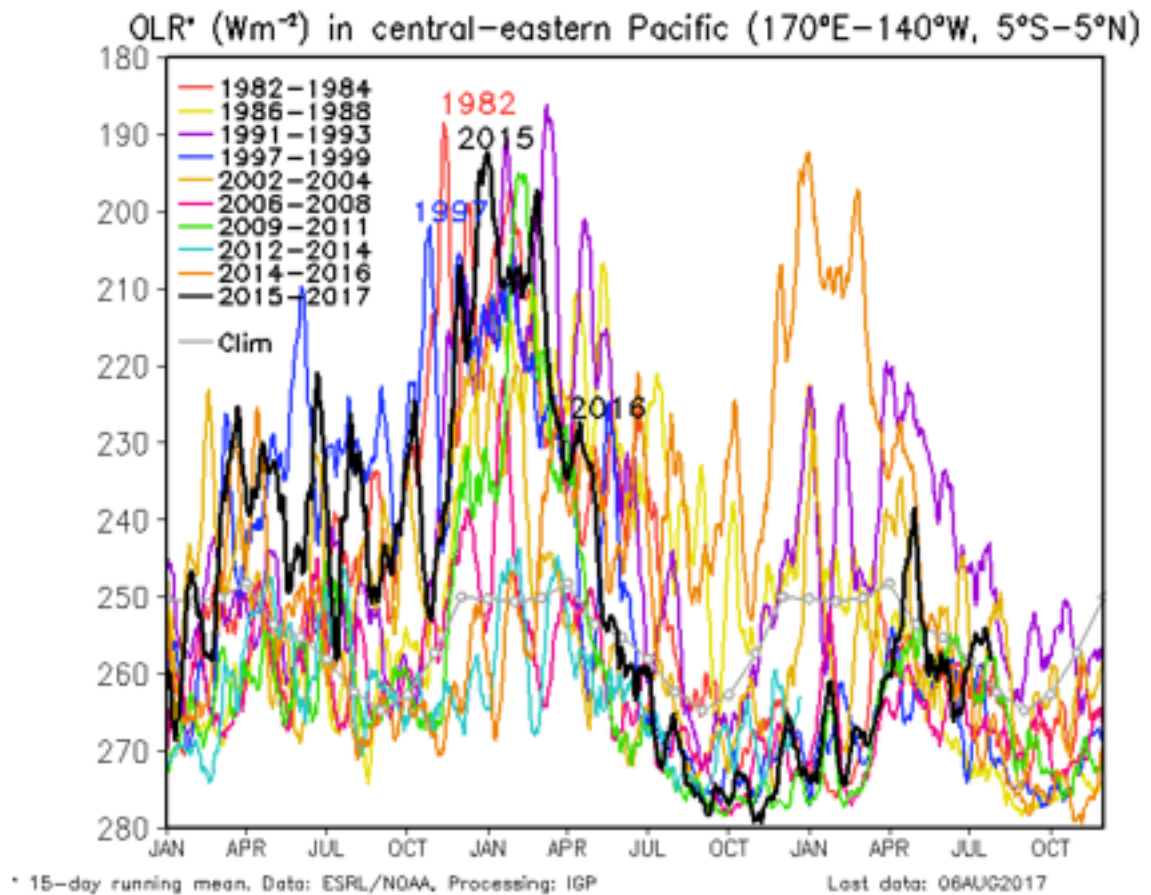


Figura 1. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental (170°-140°W y 5°S-5°N) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración: IGP

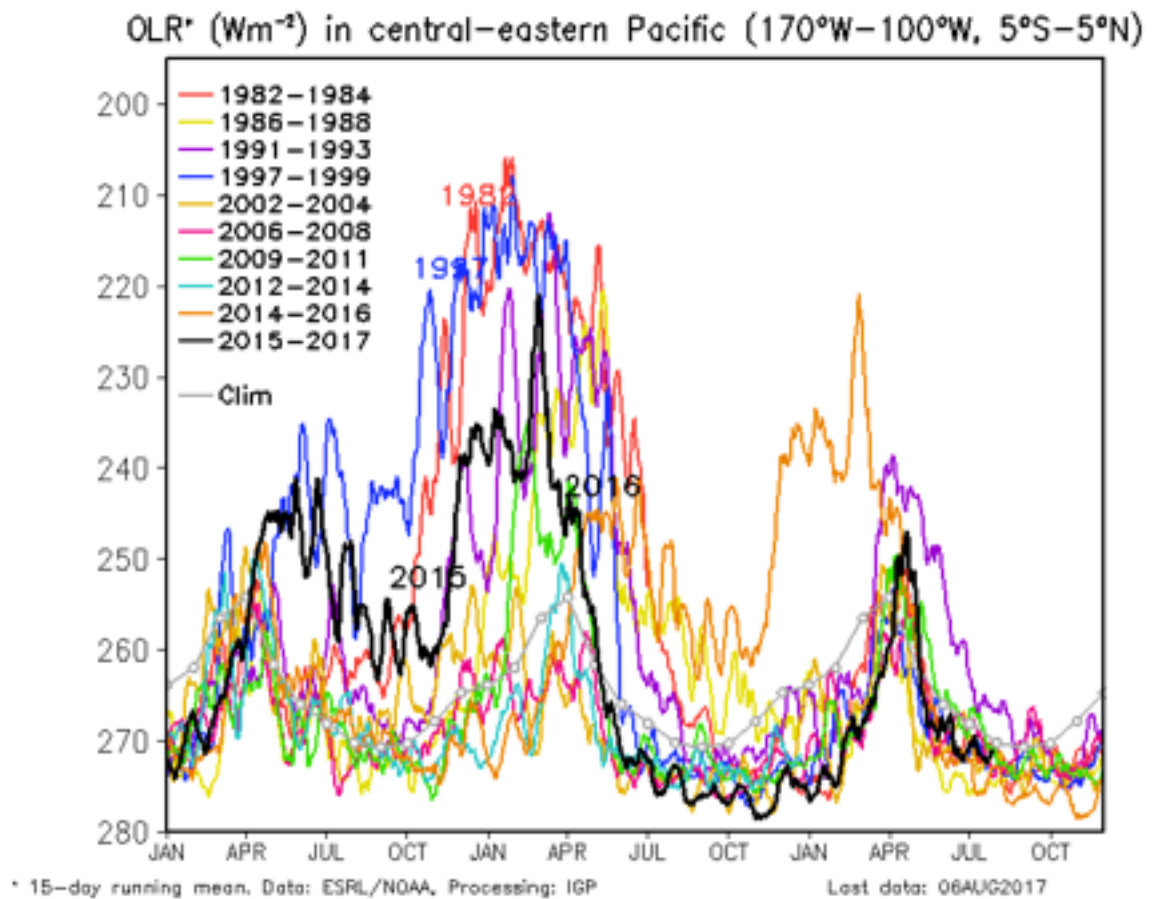


Figura 2. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental (170°-100°W y 5°S-5°N) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración: IGP

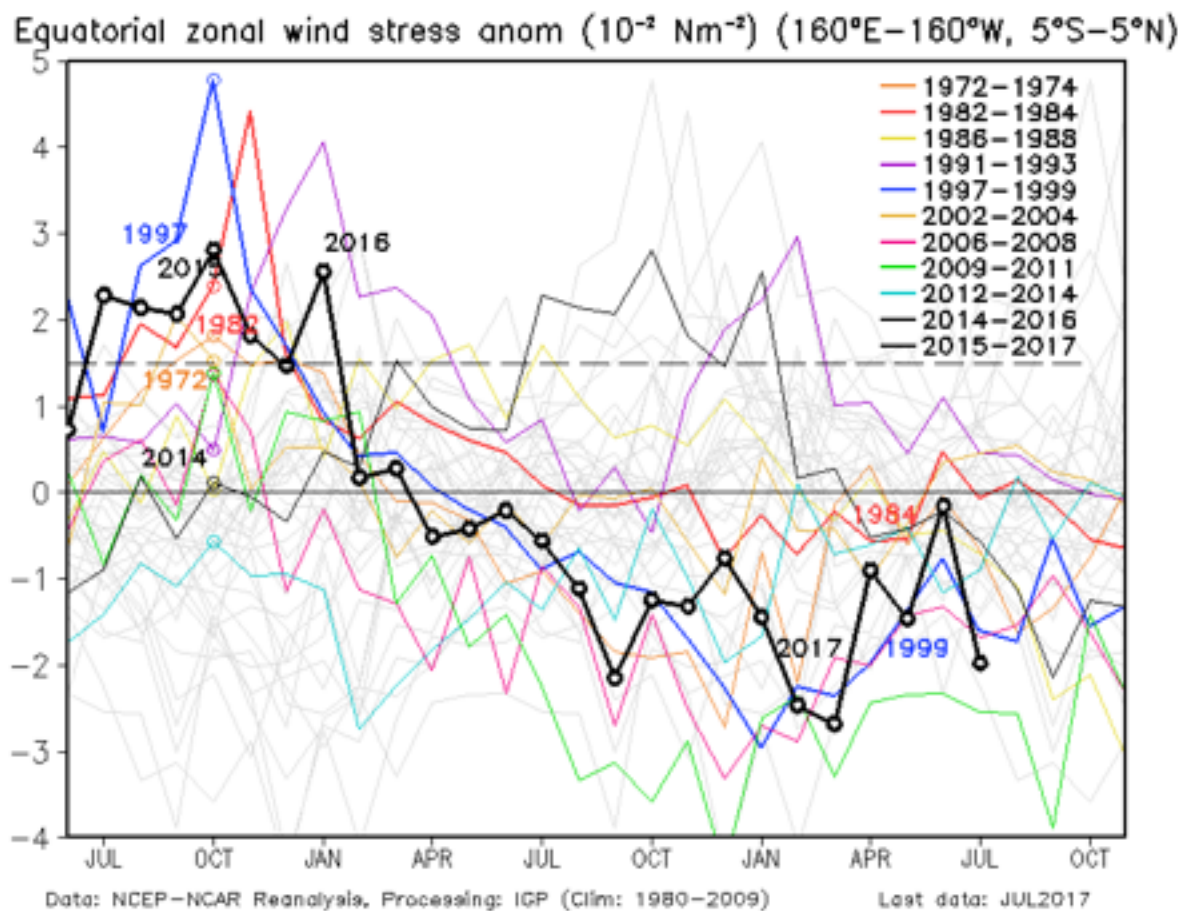


Figura 3. Promedio de la anomalía del esfuerzo de viento zonal en el Pacífico Ecuatorial ($160^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$ y $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) obtenido de los datos del reanálisis de NCEP-NCAR. Elaboración: IGP

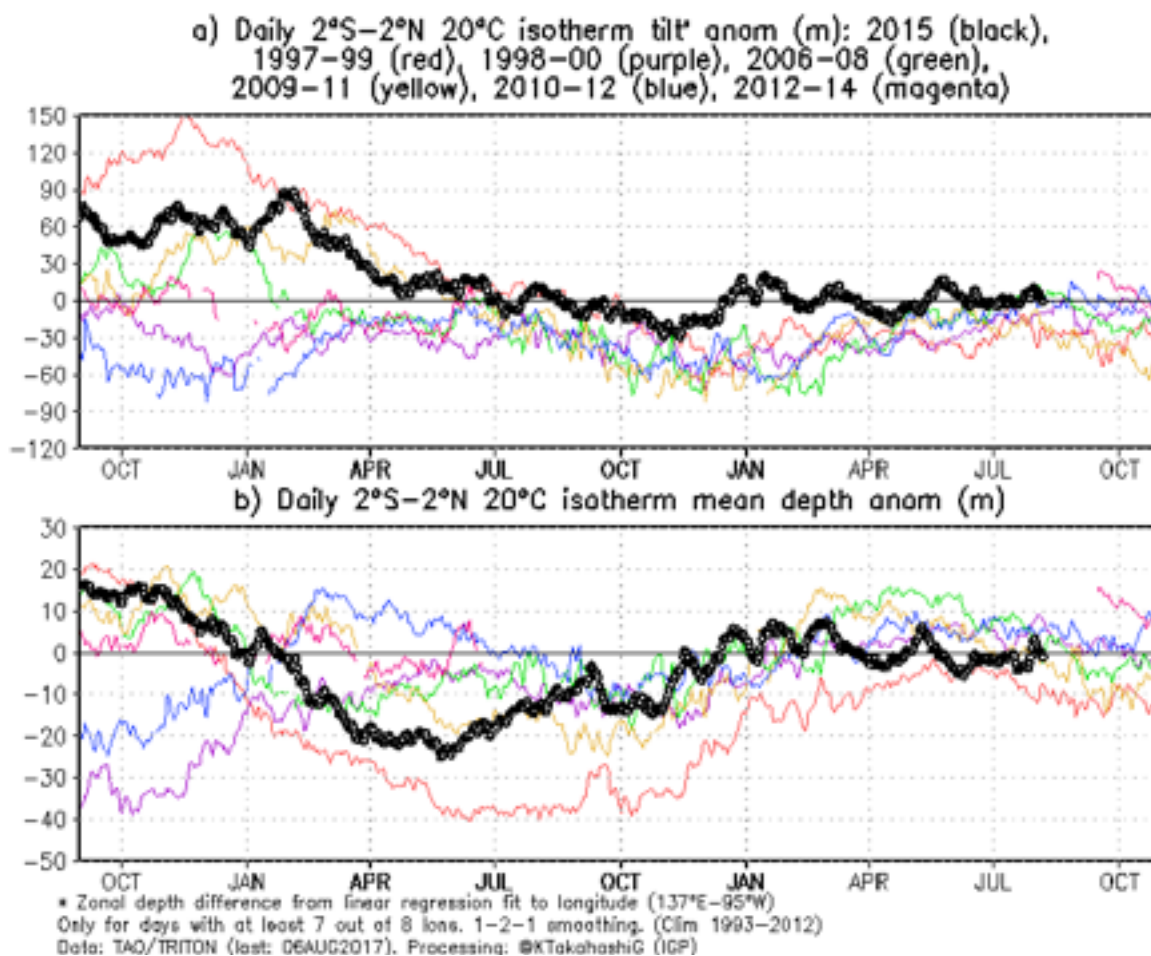


Figura 4 a) Inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. **b)** Contenido de calor en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. A diferencia de informes anteriores, se excluyen las boyas TRITON (Pacífico occidental) que ya no está operativas. Elaboración: IGP

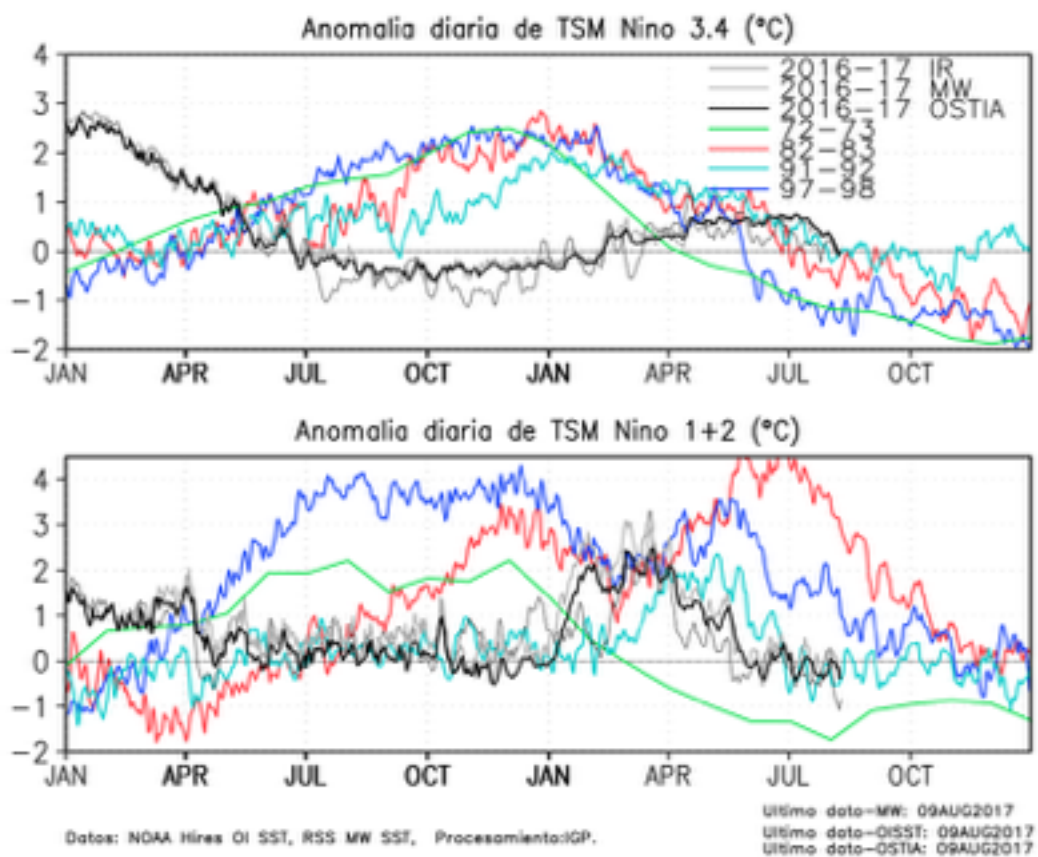


Figura .5 Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del 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

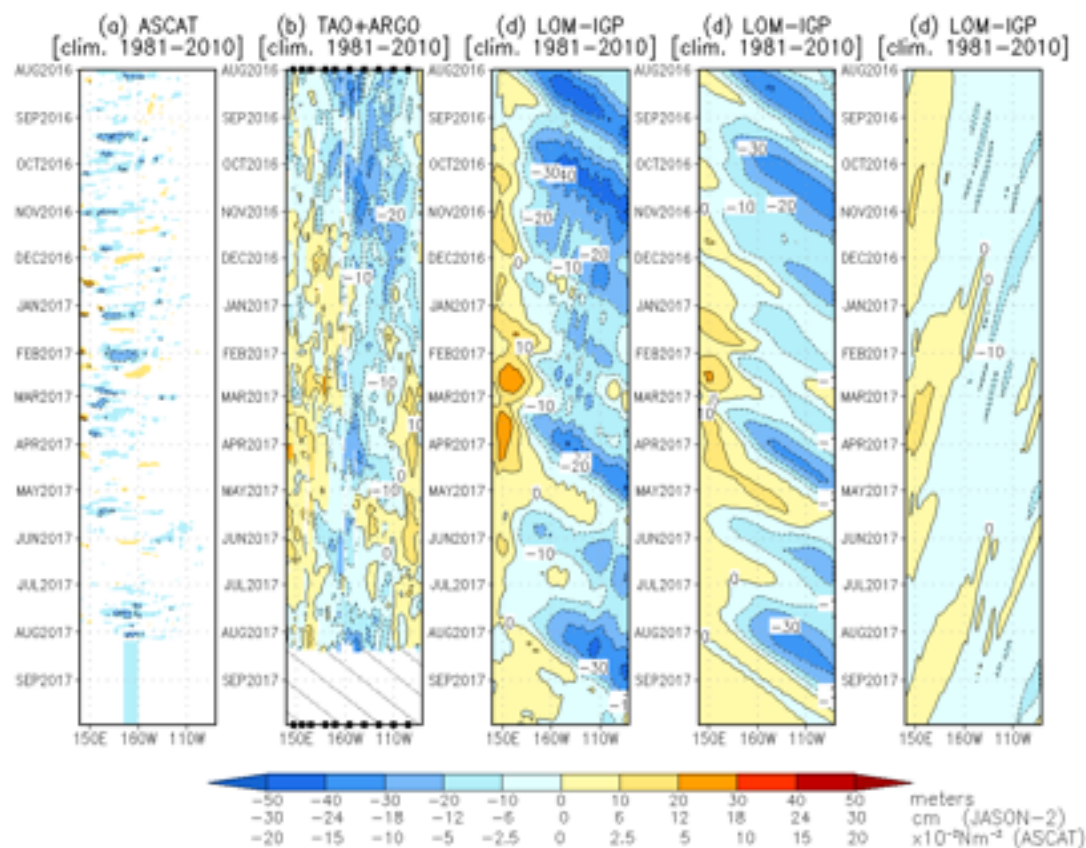


Figura 6. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO y los derivados de ARGO (b) , diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y finalmente diagrama de la onda Rossby, calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, 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)

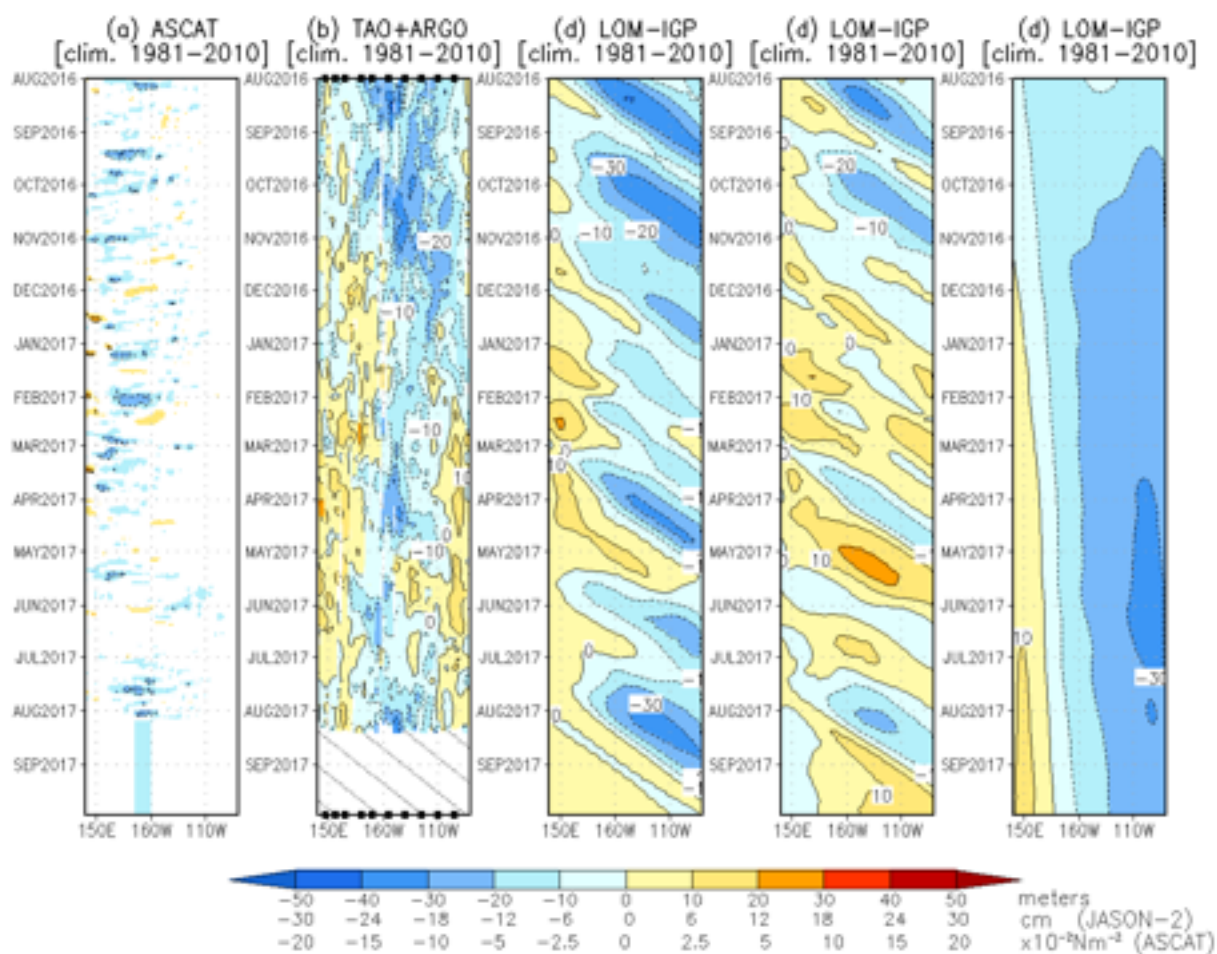


Figura 7. De izquierda a derecha: diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (primer panel); anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C de TAO y los derivados de ARGO (segundo panel); onda Kelvin (tercer panel), onda 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 ASCAT. Las líneas diagonales representan la trayectoria que tendría la onda Kelvin si tuviera una velocidad de 2.6 m/s. (Elaboración: IGP)

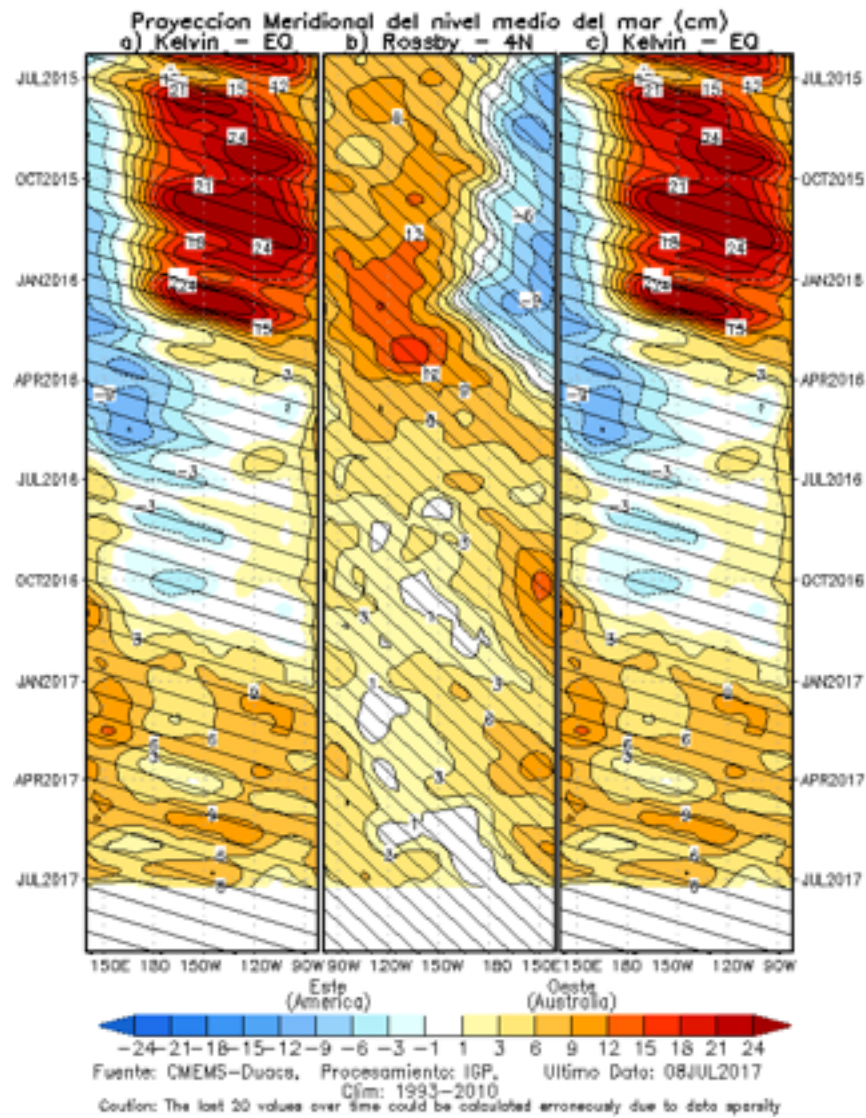


Figura 8. Proyección meridional del nivel medio del mar (cm), a) onda Kelvin en el Ecuador, b) onda Rossby en 4°N, y c) onda Kelvin en el ecuador.

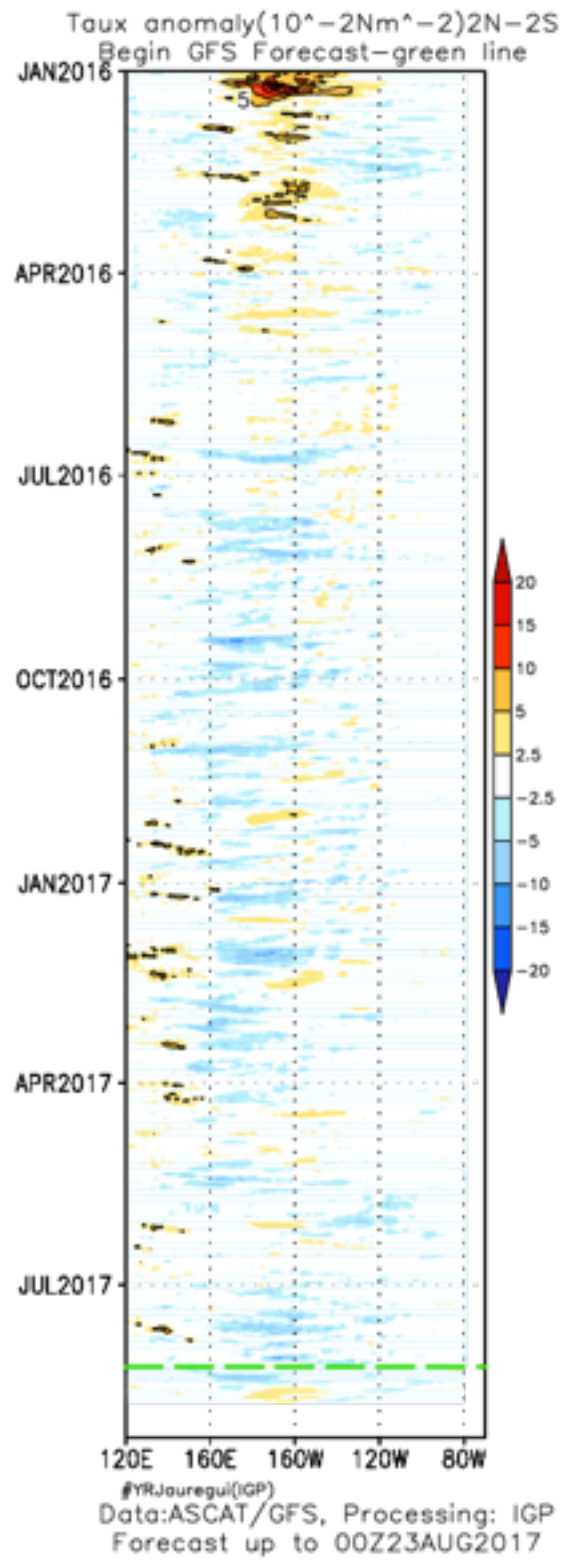


Figura 9: Pronóstico de vientos del modelo GFS en el Pacífico ecuatorial (2°N - 2°S), hasta el 23 de agosto 2017.

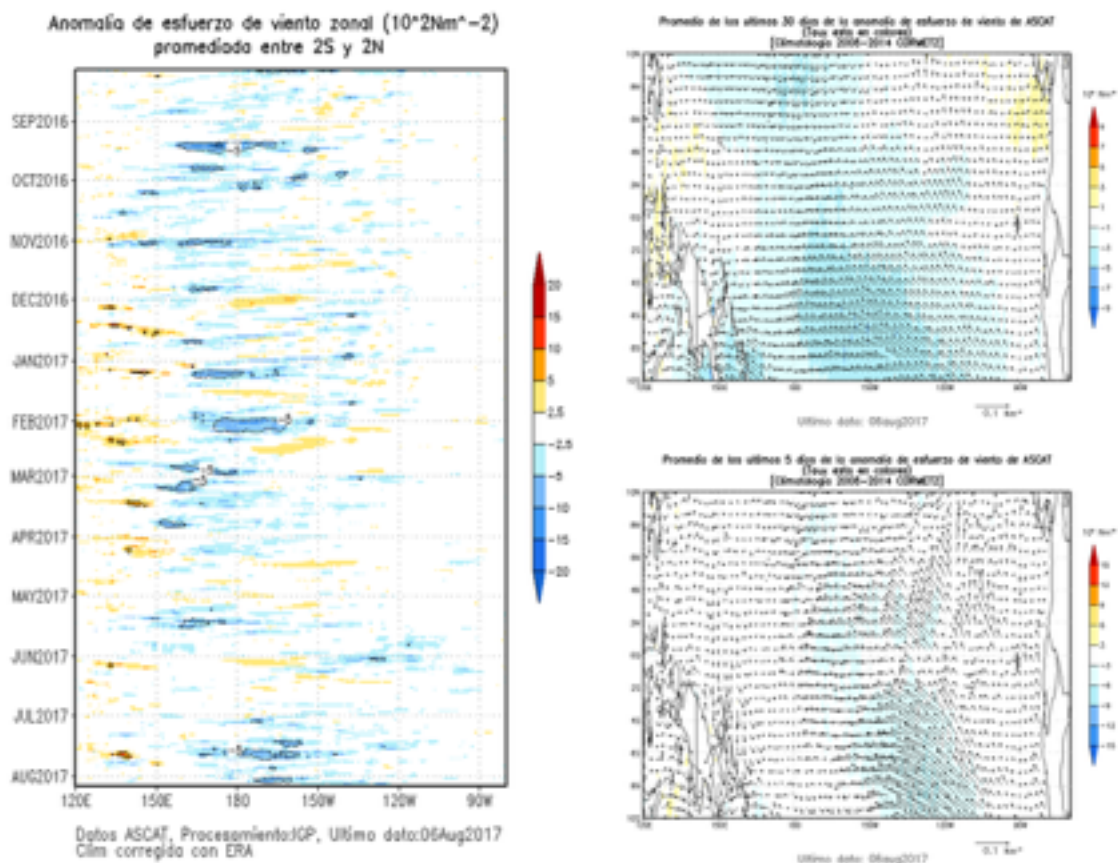


Figura 10. Izquierda: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT. Derecha (superior): Mapa del promedio de 30 días. Derecha (inferior): Mapa del promedio de 5 días, hasta el 06 de agosto de 2017, incluyendo los vectores de esfuerzo zonal. (Elaboración: IGP)

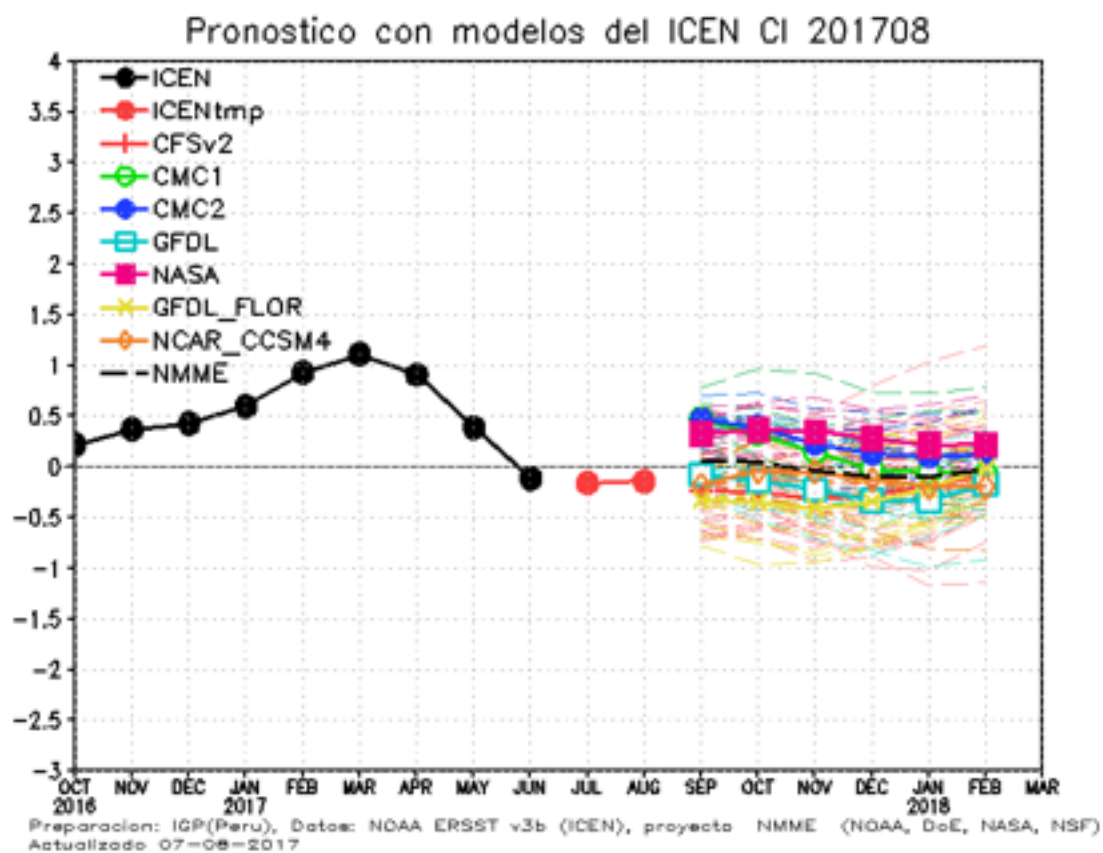


Figura 11. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y su valor temporal (ICENTmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 tienen como condición inicial el mes de agosto de 2017. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).

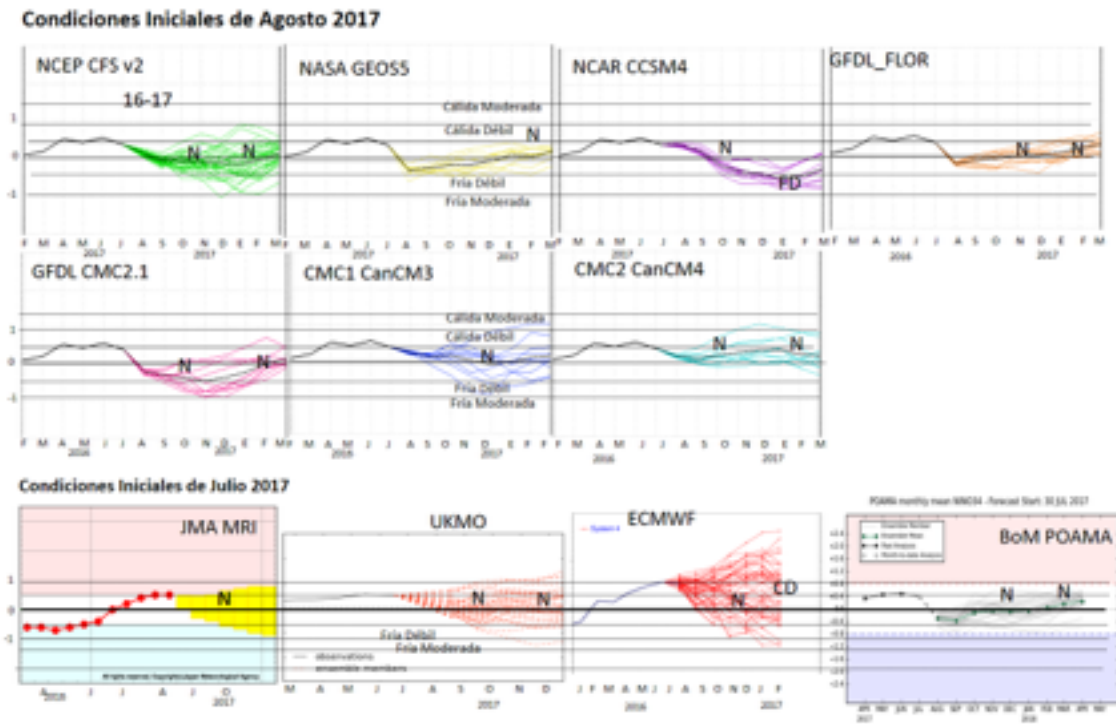


Figura 12. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME y otros.

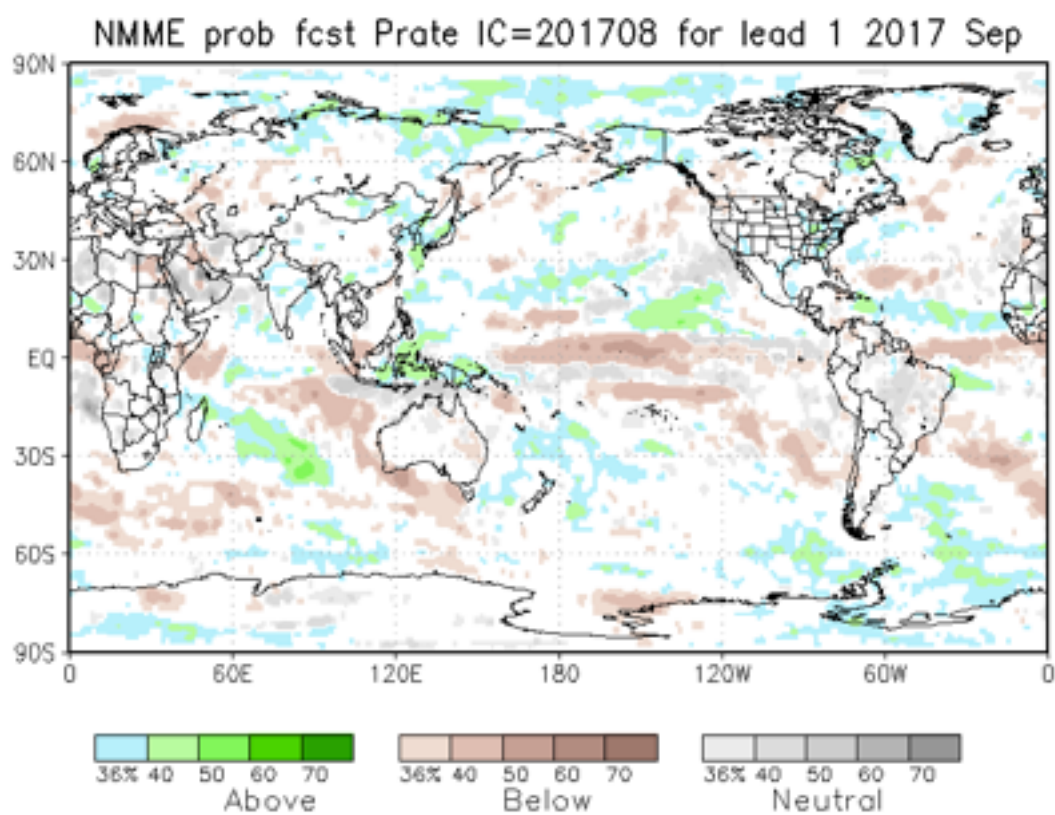


Figura 13. Pronósticos probabilísticos de precipitación (calibrados) para setiembre 2017 por modelos de NMME inicializados en agosto 2017. (Fuente: NOAA).

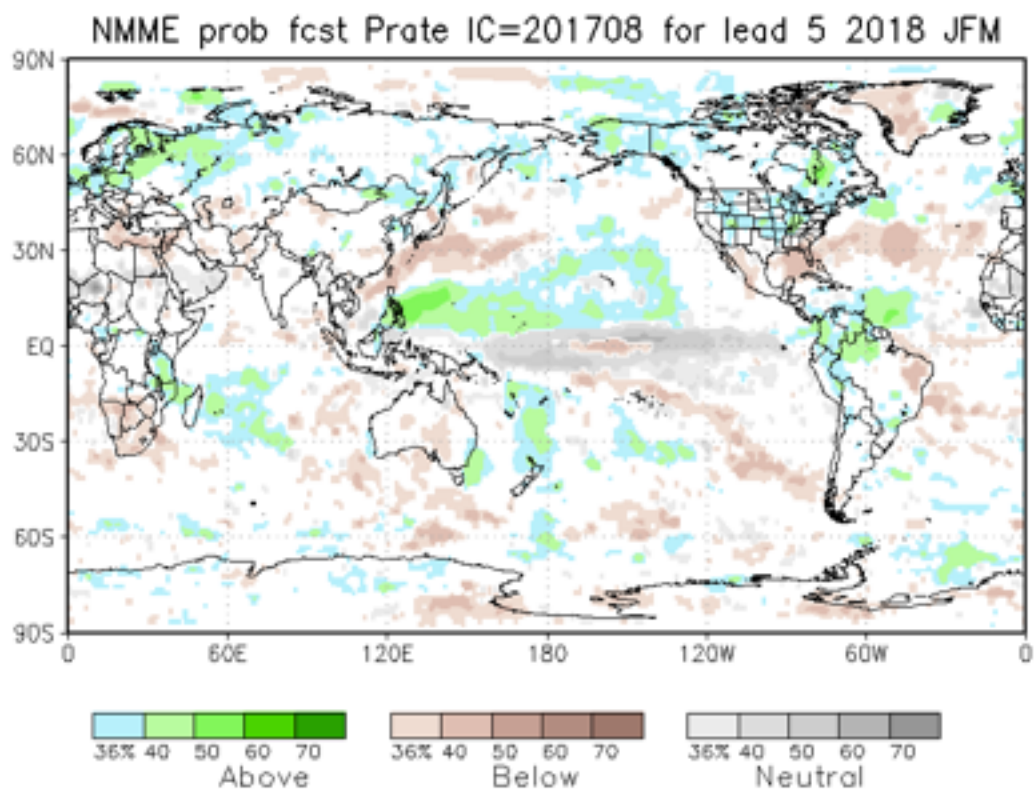


Figura 14. Similar a la Fig. 13 pero para el trimestre enero-marzo 2018 (Fuente: NOAA).

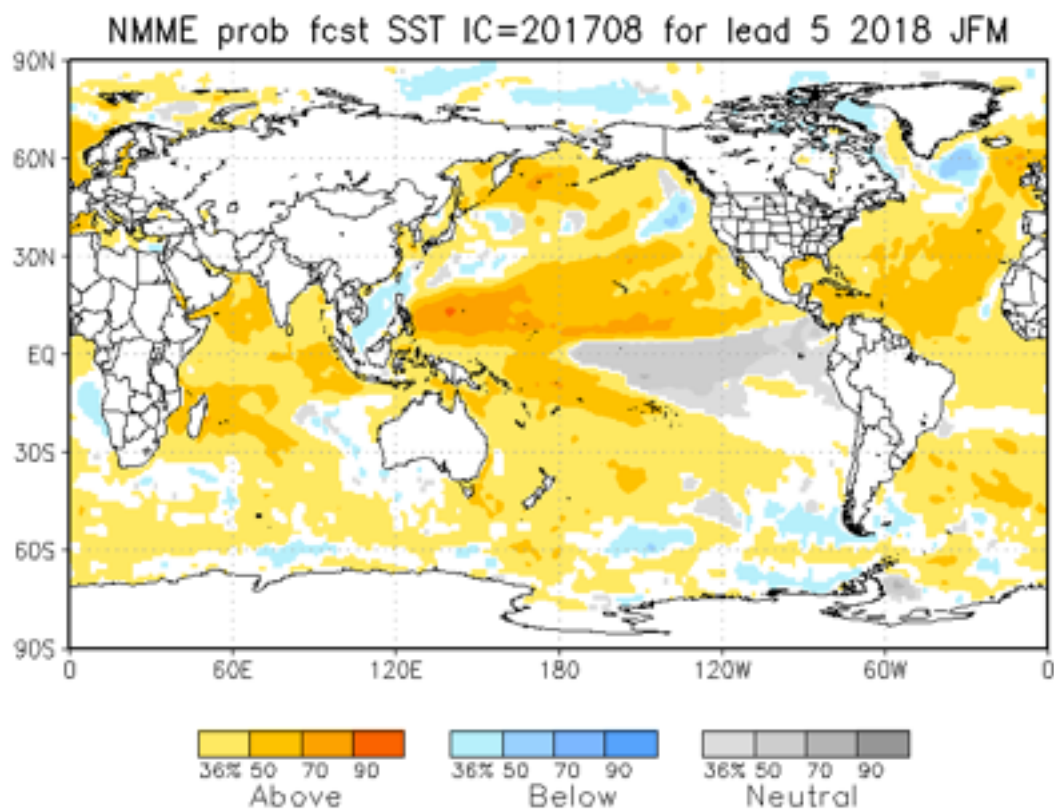


Figura 15. Pronósticos probabilísticos de temperatura superficial del mar (calibrados) para el trimestre enero-marzo 2018 por modelos de NMME inicializados en agosto 2017. (Fuente: NOAA).

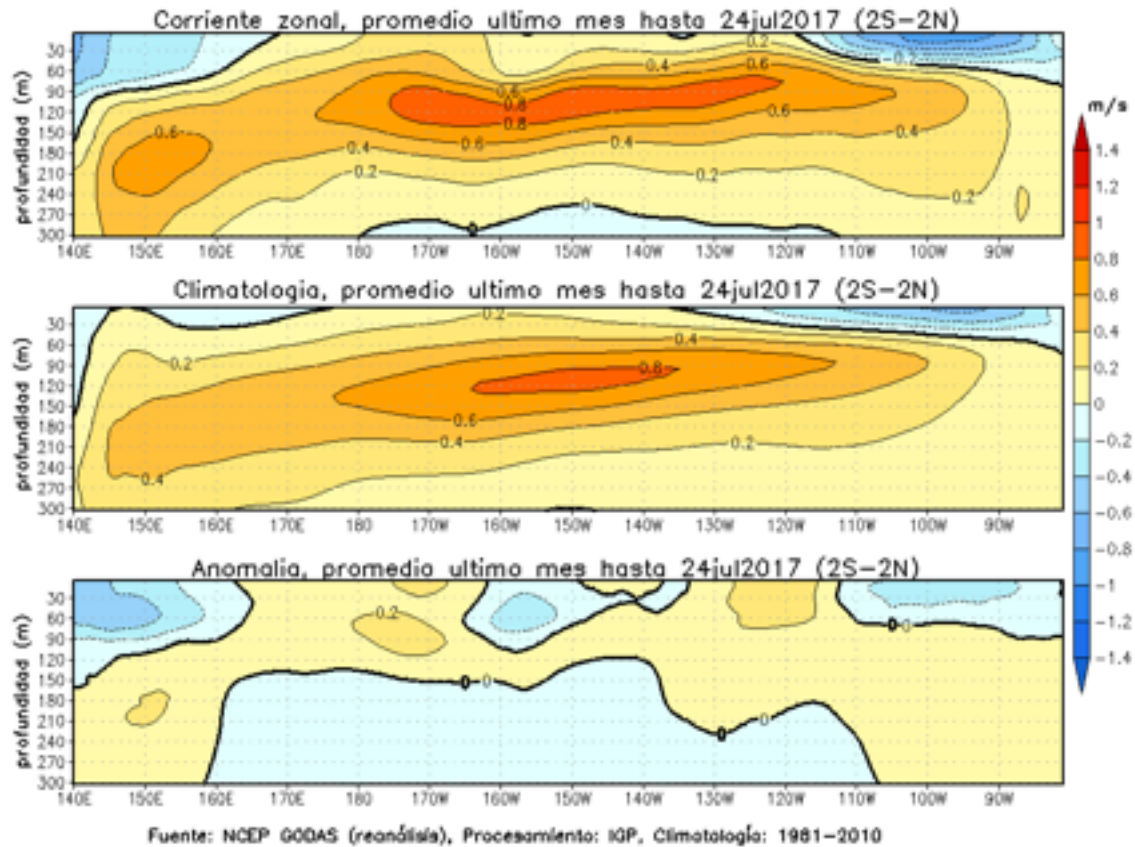


Figura 16. Promedio de los últimos 30 días de las corrientes zonales obtenidas del reanalysis GODAS (*Global Ocean Data Assimilation System*: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/GODAS/>) a lo largo de la franja ecuatorial. Arriba se muestra el total; al medio, la climatología; y abajo la anomalía.

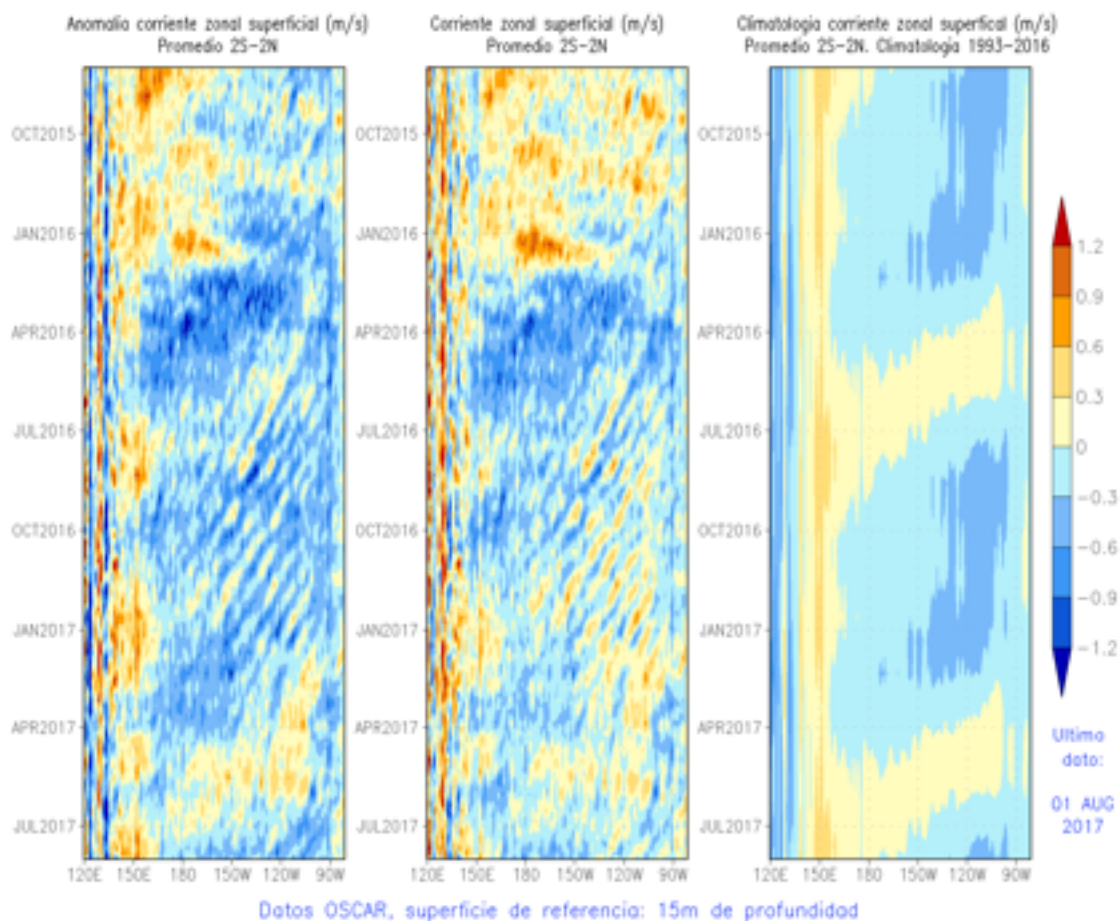


Figura 17. Diagramas longitud versus tiempo de las corrientes zonales a lo largo de la franja ecuatorial (2°S-2°N) obtenido del producto OSCAR (*Ocean Surface Current Analyses Real-time*: http://www.esr.org/oscar_index.html). De izquierda a derecha se gráfica: la anomalía, el total y la climatología de las corrientes zonales.