

**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/2017-06
12/07/2017**

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 mayo de 2017, el Índice Costero El Niño (ICEN) basado en ERSST indicó una condición climática Neutra (+0.39°C) mientras que el valor del ICENOI correspondió a una condición climática Cálida Débil (+0.52°C). Los valores temporales del ICEN (ICENtmp) y el ICENOI (ICENOItmp) coinciden en mostrar condiciones Neutras para los meses de junio y julio, respectivamente. Según el ICEN basado en ERSST, el evento El Niño costero habría terminado en el mes de abril, pero según el ICENOI estimado, el evento habría terminado en mayo.

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

Para los meses de agosto y setiembre, cinco de los siete modelos numéricos internacionales de NMME, inicializados en el mes de julio, predicen condiciones Neutras en el Pacífico oriental, mientras que los otros dos indican condiciones costeras Cálidas Débiles. Para el mes de octubre, seis modelos indican condiciones Neutras y solo uno indica condición Cálida Débil.

Para el Pacífico central, cuatro de siete modelos de NMME indican condiciones Neutras y tres modelos indican condiciones Cálidas Débiles en el mes de agosto. Para el mes de setiembre, cinco de siete modelos indican condiciones Neutras, y dos de siete indican condiciones Cálidas Débiles. Estos pronósticos son, en promedio, menos cálidos que los del mes anterior.

La onda Kelvin cálida observada a inicios de junio habría influido en las corrientes zonales superficiales en la franja ecuatorial. Según de la profundidad de la termoclina, la onda Kelvin fría formada por un pulso de anomalía de viento ecuatorial del este en 180° en la quincena de mayo habría disminuido en magnitud, de manera que no habría afectado las anomalías positivas de la misma variable en el extremo 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 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 junio 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 mayo de 2017. Los valores se muestran en la Tabla 1.

Año	Mes	ICEN (°C)	Condiciones
2017	Febrero	0.93	Cálida Débil
2017	Marzo	1.11	Cálida Moderada
2017	Abril	0.91	Cálida Débil
2017	Mayo	0.39	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	Junio	0.13	Neutra	2017/05-06: ERSST; 2017/07: NMME
2017	Julio	0.10	Neutra	2017/06: ERSST; 2017/07-08: NMME

Tabla 2. Estimados preliminares del ICEN (ICENtmp)

Según los valores del ICENtmp, se estima que en junio y julio de 2017 las condiciones serían Neutras. El ICENtmp de junio será confirmado cuando se disponga del valor de ERSST para el mes de julio 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 igual 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	Febrero	1.60	Cálida Moderada
2017	Marzo	1.57	Cálida Moderada
2017	Abril	1.24	Cálida Moderada
2017	Mayo	0.52	Cálida Débil

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

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

Año	Mes	ICENOItmp	Condiciones	Fuente
2017	Junio	0.23	Neutra	2017/05-06: OISSTv2; 2017/07: NMME
2017	Julio	0.07	Neutra	2017/06: OISSTv2; 2017/07-08: NMME

Tabla 4. Estimados preliminares del ICENOI (ICENOItmp)

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

Según el ICEN, el evento El Niño costero habría culminado en el mes de abril, mientras que según el ICENOI y el ICENOItmp, este habría terminado en 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 mayo de 2017, es de +0.48°C, correspondiente a condiciones Neutras¹.

Año	Mes	ONI (°C)	Categoría
2017	Febrero	-0.12	Neutra
2017	Marzo	0.15	Neutra
2017	Abril	0.39	Neutra

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).

2017	Mayo	0.48	Neutra
------	------	-------------	--------

Tabla 5. Valores recientes del ONI.

(Descarga: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/oni.ascii.txt>)

Los valores estimados (ONItmp), combinando observaciones y pronósticos, indican condiciones Neutras para los meses de junio y julio 2017 (Tabla 4). Considerando los valores del ONItmp, la máxima anomalía en el Pacífico central se habría presentado entre mayo (+0.48°C) y junio (+0.49°C), para luego disminuir ligeramente en julio, sin llegar a cruzar el umbral de condiciones cálidas.

Año	Mes	ONItmp	Condiciones	Fuente
2017	Junio	0.49	Neutra	2017/05-06: ERSST; 2017/07: NMME
2017	Julio	0.45	Neutra	2017/06: ERSST; 2017/07- 08:NMME

Tabla 6. Estimados preliminares del ONI (ONItmp)

Diagnóstico del Pacífico Ecuatorial

Las anomalías de la TSM diaria (IR, MW, OSTIA) en la región Niño 3.4 continuaron en condiciones neutras, manteniéndose cerca al valor de +0.5°C (ver Figura 5a), según los datos satelitales, en la región Niño 1+2, la anomalía de la TSM se mantuvo positiva en promedio, mostrando anomalías máximas cercanas a +0.3°C, +0.2°C y +0.2°C según los productos de MW, OSTIA, e IR, respectivamente. Sin embargo, los tres productos mostraron anomalías negativas en la segunda semana y últimos días de junio (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 mayo (Figura 3), siendo de menor magnitud que el mes anterior y próximo a su normal. En la primera semana del mes de junio, en el Pacífico occidental ecuatorial (entre 180° y 160°W) se presentaron ligeras anomalías de vientos del oeste, también se presentaron vientos del este (entre 140°W y 120°) (Figura 10). La actividad convectiva en el Pacífico central ecuatorial se presentó alrededor de lo normal (Figuras 1 y 2), aunque ligeramente reducida. El contenido de calor oceánico ecuatorial, así como la inclinación de la termoclina continuaron presentándose alrededor de lo normal, aunque la termoclina continúa en promedio anómalamente profunda/somera en el Pacífico oriental/central. (Figura 4).

Las corrientes zonales en el Pacífico Ecuatorial, durante el mes de junio, mostraron anomalías positivas (corrientes hacia el este) en la parte superior del océano (<60m) entre 120° y 110°W (ver Figura 16). Esto podría deberse a la presencia de una onda Kelvin cálida durante este mes, según los datos de altimetría (DUACS, Figura 8) y corrientes zonales de OSCAR (ver Figura 17). Por otro lado, la onda Kelvin fría, formada por un pulso de anomalía de viento ecuatorial del este alrededor de 180° en la quincena de mayo, según la información de la profundidad de la termoclina, habría disminuido en magnitud y no habría afectado las anomalías positivas de la misma variable en el extremo oriental (ver panel "b" de la Figura 6 o 7).

Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

Para las primeras semanas de julio, el modelo GFS predice predominancia de ligeras anomalías de viento del este en el Pacífico ecuatorial (Figura 9), mientras que el modelo CFS predice fluctuaciones alrededor de lo normal.

Durante el mes de junio no se han observado pulsos de viento de una magnitud notable como para formar una onda Kelvin con suficiente energía para alcanzar la costa americana en las siguientes semanas y/o meses. Los resultados de los modelos oceánicos lineales forzado con ASCAT y NCEP muestran actividad de ondas Kelvin cálidas y frías de magnitud poco relevantes para las siguientes semanas y meses (ver Figura 6 y 7). La actividad de ondas ecuatoriales Rossby cálidas en el extremo occidental del océano Pacífico se ha reducido, por lo que no se espera la presencia de ondas Kelvin reflejadas, de magnitud relevante, en los siguientes meses (ver Figura 8).

En la actualidad se ha desarrollado un pulso de viento del este al oeste de la línea de cambio de fecha (180°) aunque, por el momento, los modelos lineales no muestran el desarrollo de una Kelvin fría de magnitud notable (ver Figura 6 o 7).

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 julio, para los meses de agosto y setiembre 5 de 7 modelos indican condiciones neutras, 2 modelos pronostican condiciones cálidas débiles; para el mes de octubre, 6 modelos indican condiciones neutras y 1 modelo condiciones cálidas débiles. (Fig. 11 y Tabla 7). En contraste con los pronósticos del mes anterior, estos son menos cálidos y en algunos meses indican anomalías negativas. El promedio de los modelos indica condiciones neutras hasta el mes de enero de 2018.

Para el Pacífico central (Niño 3.4), según los modelos de NMME inicializados en julio, para el mes de agosto, 4 de 7 modelos indican condiciones neutras y 3 modelos pronostican condiciones cálidas débiles; para el mes de setiembre, 5 de 7 modelos indican condiciones neutras y 2 modelos indican condiciones cálidas débiles (Tabla 8 y Fig. 12). El modelo POAMA, también inicializado en julio, indica condiciones neutras para estos meses, sin embargo, sus anomalías son negativas.

En general, los pronósticos de los modelos han reducido sustancialmente la probabilidad de condiciones cálidas tanto costeras como en el Pacífico central ecuatorial. El CFS v2 es el modelo que más fuertemente ha reducido la probabilidad de El Niño. Esto está asociado al patrón de convección ecuatorial proyectado, con aumento en el Pacífico occidental y reducción en el central, lo cual se asemeja más a un patrón La Niña (Fig. 13), así que los modelos no prevén la activación del proceso de retroalimentación de Bjerknes que permitiría que se desarrolle la fase cálida de El Niño-Oscilación Sur, sino que quizás lo contrario. Si bien el pronóstico promedio de NMME es predominantemente cálido hasta el verano 2017-2018 en el Pacífico ecuatorial, las máximas anomalías se prevén en el extremo occidental (150°E-180°), más al oeste que el evento El Niño de "piscina cálida" ("warm pool El Niño"; Kug et al 2009), lo cual hace que dinámicamente el efecto sobre los vientos ecuatoriales y la convección (Fig. 14) sean más similares a los de La Niña que a El Niño. Más aún, el modelo CFS v2 predice anomalías negativas de TSM en el Pacífico ecuatorial central y oriental. En este escenario, si bien las condiciones formalmente podrían ser neutras, se podría esperar potencialmente mayores lluvias en los Andes y Amazonía este verano (Fig. 14).

Resultados preliminares de un estudio en desarrollo sobre El Niño costero (Takahashi et al, 2017) indican que eventos como el de este año 2017, así como el de 1925 (Takahashi & Martínez, 2017),

ocurren en asociación con condiciones tipo La Niña en el Pacífico central. Por otro lado, también parece ser necesario contar con sustanciales anomalías cálidas de TSM en el Pacífico sudeste, entre los 25°S y 15°S para el desarrollo de estos eventos, pero los modelos predicen débiles anomalías cálidas en esta región (Fig. 15), a diferencia de lo observado en el 2016. Así que por lo pronto no parece probable que se den las condiciones para un evento El Niño costero como el ocurrido a inicios del 2017, pero se debe seguir monitoreando esta situación.

Modelo	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF
CFS2		-0.01	-0.05	-0.07	-0.09	-0.10	-0.13	-0.12
CMC1		0.43	0.68	0.63	0.47	0.28	0.24	0.31
CMC2		0.40	0.57	0.50	0.39	0.36	0.45	0.54
GFDL		-0.21	-0.30	-0.31	-0.24	-0.25	-0.19	-0.16
NASA		0.16	0.26	0.30	0.30	0.31	0.36	0.46
GFDL_FLOR		-0.08	-0.21	-0.20	-0.14	-0.08	-0.16	-0.12
NCAR_CCSM4		-0.05	0.05	0.27	0.36	0.32	0.19	0.12
NMME		0.09	0.14	0.16	0.15	0.12	0.11	0.15
ONItmp	0.13							

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

Modelo	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF
CFS2		0.37	0.29	0.29	0.23	0.12	-0.04	-0.12
CMC1		0.59	0.67	0.71	0.81	0.87	0.82	0.73
CMC2		0.64	0.75	0.78	0.85	0.96	1.07	1.12
GFDL		0.18	0.01	-0.09	-0.08	-0.05	-0.01	-0.01
NASA		0.38	0.40	0.47	0.62	0.70	0.73	0.71
GFDL_FLOR		0.26	0.19	0.22	0.24	0.25	0.29	0.31
NCAR_CCSM4		0.68	0.69	0.49	0.26	0.12	0.04	0.00
NMME		0.44	0.43	0.41	0.42	0.42	0.41	0.39
ICENTmp	0.49							

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

Pronóstico decadal

Continúa la anomalía cálida de TSM en el Pacífico sudeste subtropical observada desde el año 2015, aunque esta se ha reducido de $+0.9^{\circ}\text{C}$ en mayo a $+0.4^{\circ}\text{C}$ en junio. Por otro lado, el índice de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) continúa positivo, siendo ya 40 meses consecutivos desde enero del 2014 con valores mensuales positivos, el periodo más largo desde al menos el año 1900. Esto es consistente con los pronósticos de Thoma et al (2015) y Meehl et al (2016) y los pronósticos de los modelos NMME recientes de que las anomalías cálidas en el Pacífico noreste persistirían, aunque esto ya no es tan claro para el Pacífico sudeste (Fig. 14).

La fase cálida decadal podría favorecer el desarrollo futuro (2017 o después) de El Niño en el Pacífico oriental: la anomalía cálida en el Pacífico SE puede contribuir a calentamiento al sur de Perú. Por otro lado, el calentamiento en el Pacífico central podría reducir las lluvias en los Andes.

Conclusiones:

1. **El ICEN para mayo** de 2017 fue de **0.39 (Neutra)** y el **ICENtmp para junio y julio** de 2017 es **0.13 y 0.10 (Neutro)**. Usando OI mensual para el cálculo (**ICENOI**), los valores correspondientes son **0.52 (Cálida Débil)**, y los temporales 0.23 y 0.07 (Neutro).
2. En el Pacífico central, el ONI de mayo (AMJ) y el estimado para junio correspondieron a condiciones Neutras. La ATSM en la región Niño 3.4, durante junio, ha fluctuado alrededor de los $+0.5^{\circ}\text{C}$.
3. Según TAO y NCEP/NCAR reanalysis, el viento zonal ecuatorial presentó cerca de lo normal, con ligeras anomalías del oeste alrededor de 130° y del este alrededor de 180° .
4. La actividad convectiva en el Pacífico ecuatorial en junio, después de un debilitamiento en mayo, volvió a mostrar un patrón parecido al de La Niña, con anomalías secas alrededor de 180° y húmedas en el Pacífico occidental.
5. El contenido de calor oceánico y la inclinación de la termoclina ecuatorial se presentaron con valores alrededor de su normal, aunque la termoclina continúa en promedio anómalamente profunda/somera en el Pacífico oriental/central.
6. Las corrientes zonales en el Pacífico Ecuatorial, durante el mes de junio, mostraron anomalías positivas (corrientes hacia el este) en la parte superior del océano ($<60\text{m}$) entre 120 y 110°W . Esto podría deberse a la presencia de una onda Kelvin cálida durante este mes, según los datos de altimetría (DUACS) y corrientes zonales de OSCAR.
7. La onda Kelvin fría, formada por un pulso de viento en 180° en la quincena de mayo, según la información de la profundidad de la termoclina, habría disminuido en magnitud a un nivel que no habría afectado las anomalías positivas de la misma variable en el extremo oriental.
8. Para las próximas semanas, el modelo CFS predice fluctuaciones alrededor de lo normal, mientras que el GFS predice predominancia de ligeras anomalías de viento del este en el Pacífico ecuatorial.
9. Los resultados de los modelos oceánicos lineales forzado con ASCAT y NCEP muestran actividad de ondas Kelvin cálidas y frías de magnitud poco relevantes para las siguientes semanas y meses.
10. En el mes de junio no se han observado pulsos de viento de una magnitud suficiente para formar una onda Kelvin relevante y que pueda alcanzar la costa americana en las siguientes semanas y/o meses. Los resultados de los modelos oceánicos lineales forzado con ASCAT y NCEP muestran actividad de ondas Kelvin cálidas y frías de magnitud poco relevantes para las siguientes semanas y meses.
11. Según los datos de altimetría satelital, no se observa la presencia de ondas Kelvin cálidas de

magnitud relevante, producidas por una aparente reflexión de ondas Rossby cálidas en el extremo occidental, que puedan alcanzar la costa americana.

12. En la actualidad se ha desarrollado un pulso de viento del este al oeste de la línea de cambio de fecha (180°) aunque , por el momento, los modelos lineales no muestran el desarrollo de una Kelvin fría de magnitud importante.
13. En general, los pronósticos de los modelos han reducido sustancialmente la probabilidad de condiciones cálidas tanto costeras como en el Pacífico central ecuatorial.
14. Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), Para los meses **de agosto y setiembre, 5 de 7** modelos de NMME indica condiciones **Neutras, 2 modelos** pronostican condiciones **cálidas débiles**; para el mes de **octubre, 6 modelos** indica condiciones **Neutras y 1 modelo** condiciones **cálida débiles**, 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 fin de año.
15. Para el Pacífico central (Región Niño 3.4), para el mes de **agosto, 4 de 7** modelos indican condiciones **Neutras** y 3 modelos indican condiciones cálidas débiles; para el mes de **setiembre, 5 de 7** modelos indican condiciones **Neutras , y 2 de 7** modelos indican condiciones **Cálidas débiles**.
16. El patrón de TSM pronosticado para finales de 2017 e inicios de 2018 tiene el calentamiento tan desplazado al oeste que la convección atmosférica (y los vientos superficiales) se asemeja más a La Niña que a El Niño global. Por otro lado, este patrón se continúa observando desde el año 2016 y la termoclina ecuatorial continúa anómalamente somera/profunda en el Pacífico central/oriental. Además persisten anomalías cálidas en el Pacífico SE, lo cual también es pronosticado por los modelos.
17. Si bien los modelos no pronostican anomalías de TSM en la región costera, las condiciones pronosticadas por los modelos serían favorables para El Niño costero del tipo ocurrido recientemente en el 2017 con lluvias en la costa peruana (Takahashi et al, en preparación). Sin embargo, es muy pronto para poder evaluar esta posibilidad y su intensidad.
18. 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.
19. El calentamiento en el Pacífico noreste podría estar favoreciendo las condiciones cálidas en el Pacífico ecuatorial central-occidental.
20. La fase cálida decadal podría favorecer el desarrollo futuro (2018 o después) de El Niño ("costero" y global) en el Pacífico oriental: las anomalías cálidas en el Pacífico SE podrían contribuir a calentamiento al sur de Perú. Por otro lado, el calentamiento en el Pacífico central podría reducir las lluvias en los Andes.
21. El calentamiento global tiene una señal sustancial de más de +0.6°C desde el inicio de los años 1980s y este calentamiento se está acelerando desde el año 2015, posiblemente por la transición a la fase decadal cálida. Las definiciones basadas en umbrales de índices Niño probablemente se verán afectadas. Una recomendación es trabajar con anomalías a las que se les resta el promedio tropical.

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, K., 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

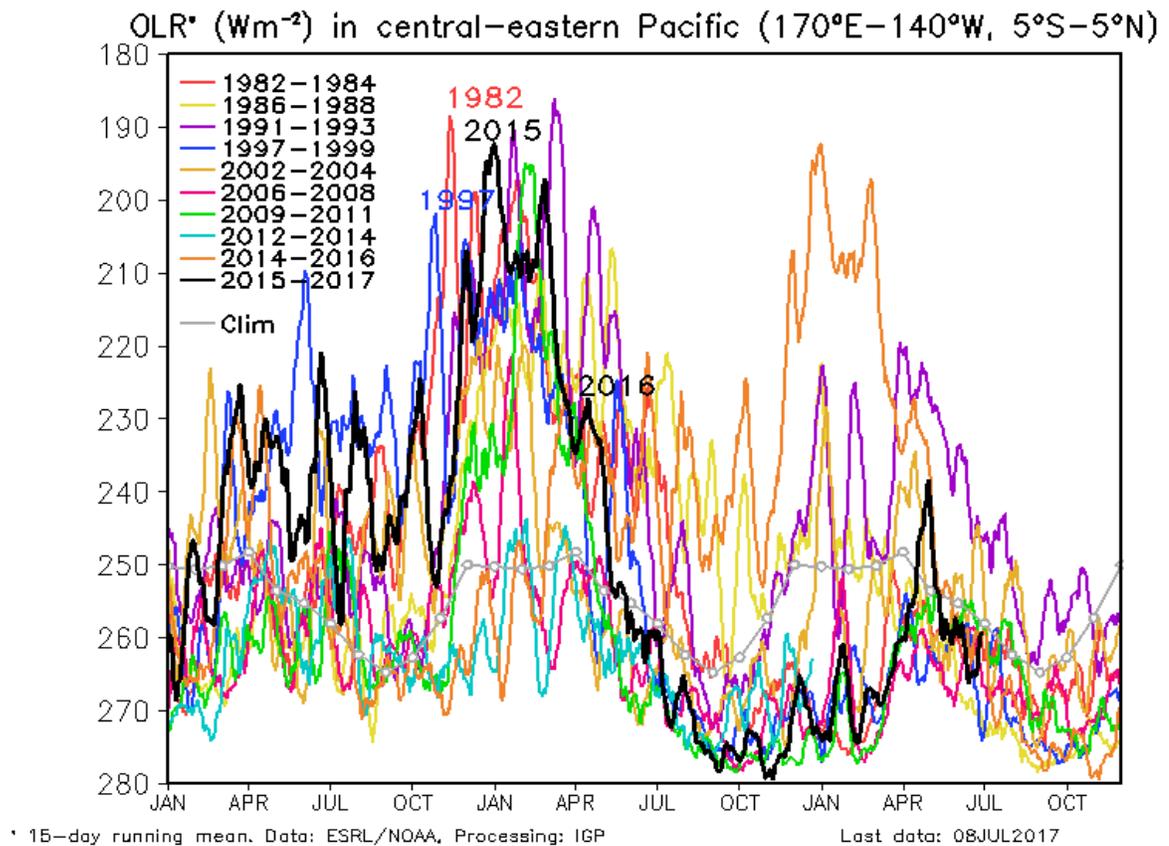


Figura 1. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental ($170^{\circ}-140^{\circ}W$ y $5^{\circ}S-5^{\circ}N$) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración: IGP

OLR* (Wm^{-2}) in central-eastern Pacific ($170^{\circ}\text{W}-100^{\circ}\text{W}$, $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$)

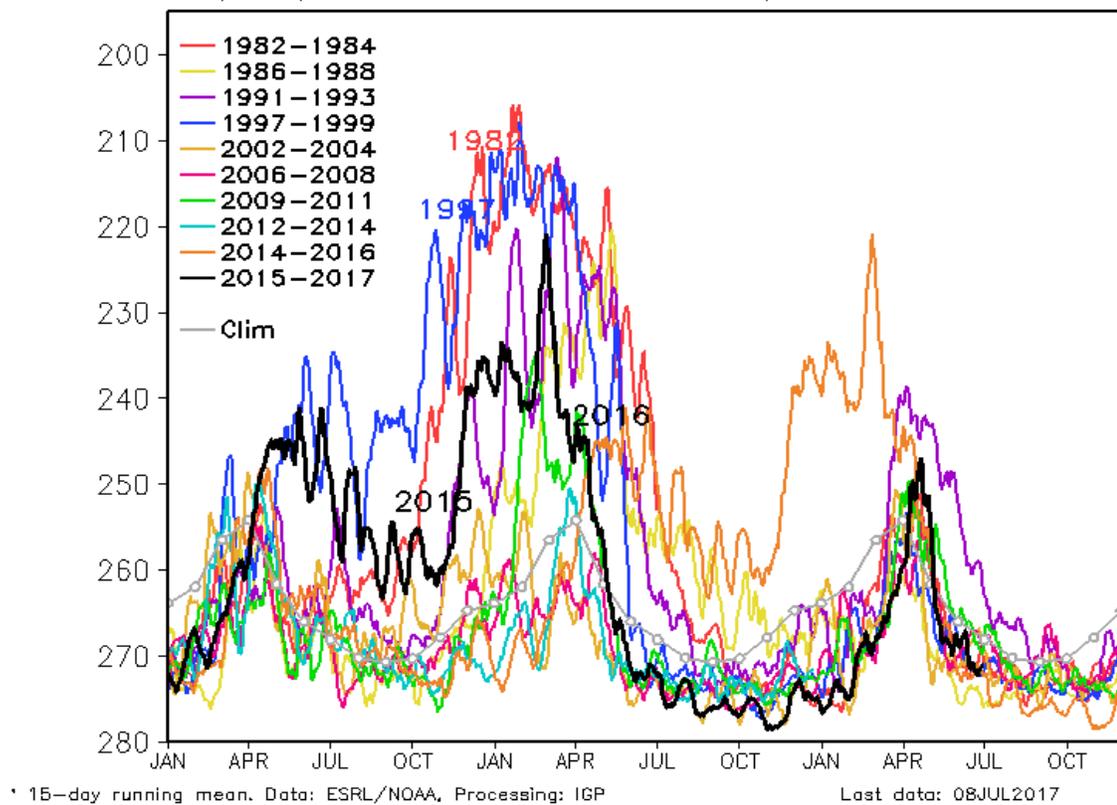


Figura 2. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental ($170^{\circ}-100^{\circ}\text{W}$ y $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración: IGP

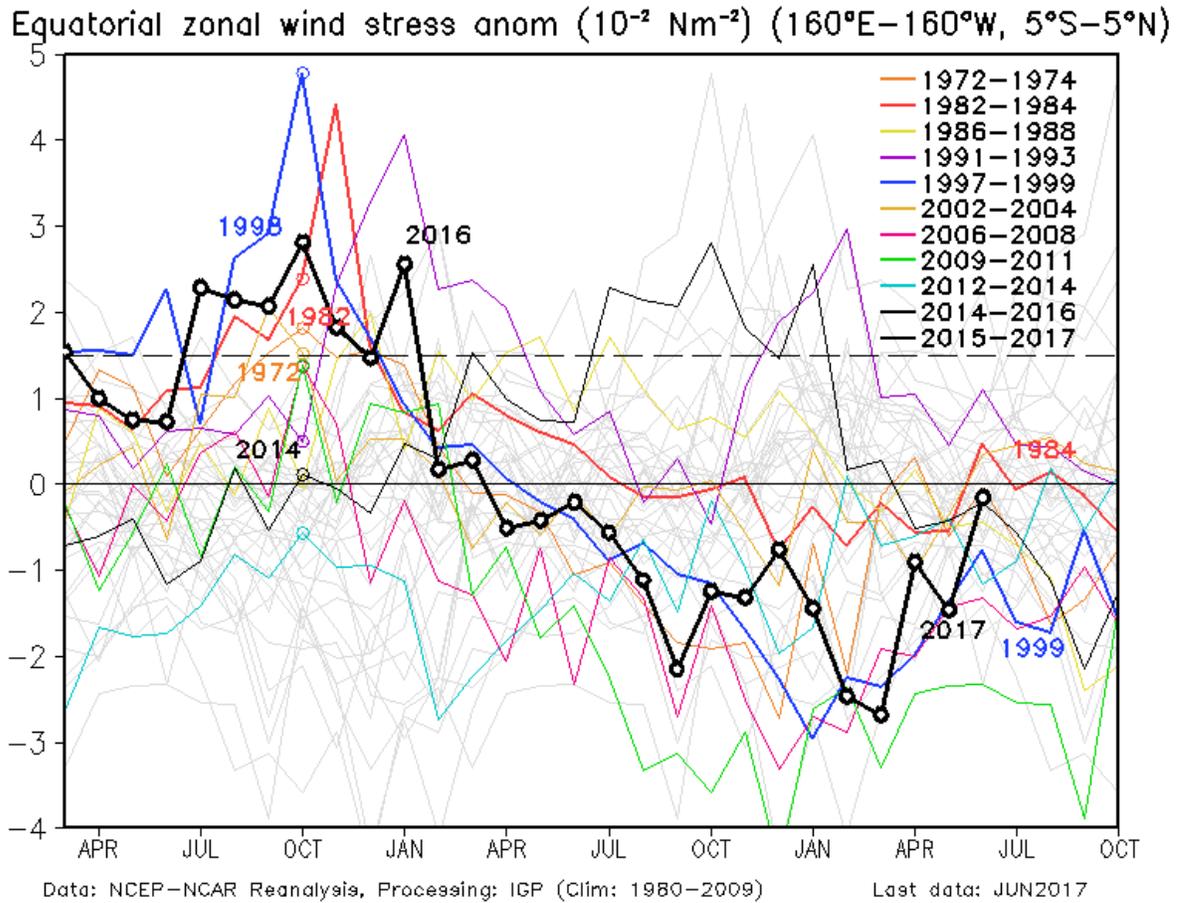


Figura 3. Promedio de la anomalía del esfuerzo de viento zonal en el Pacífico Ecuatorial ($160^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$ y $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) obtenido de los datos del reanálisis de NCEP-NCAR. Elaboración: IGP

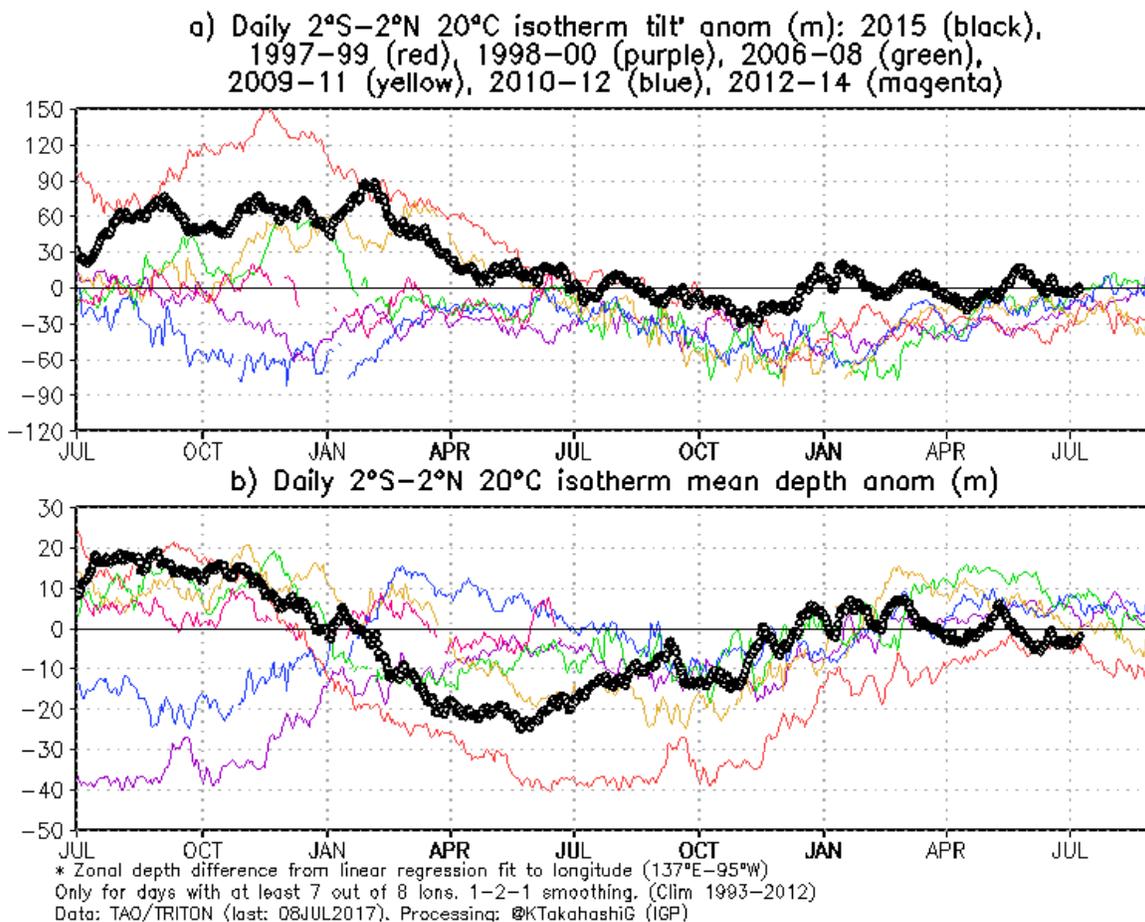


Figura 4 a) Inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. **b)** Contenido de calor en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. A diferencia de informes anteriores, se excluyen las boyas TRITON (Pacífico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

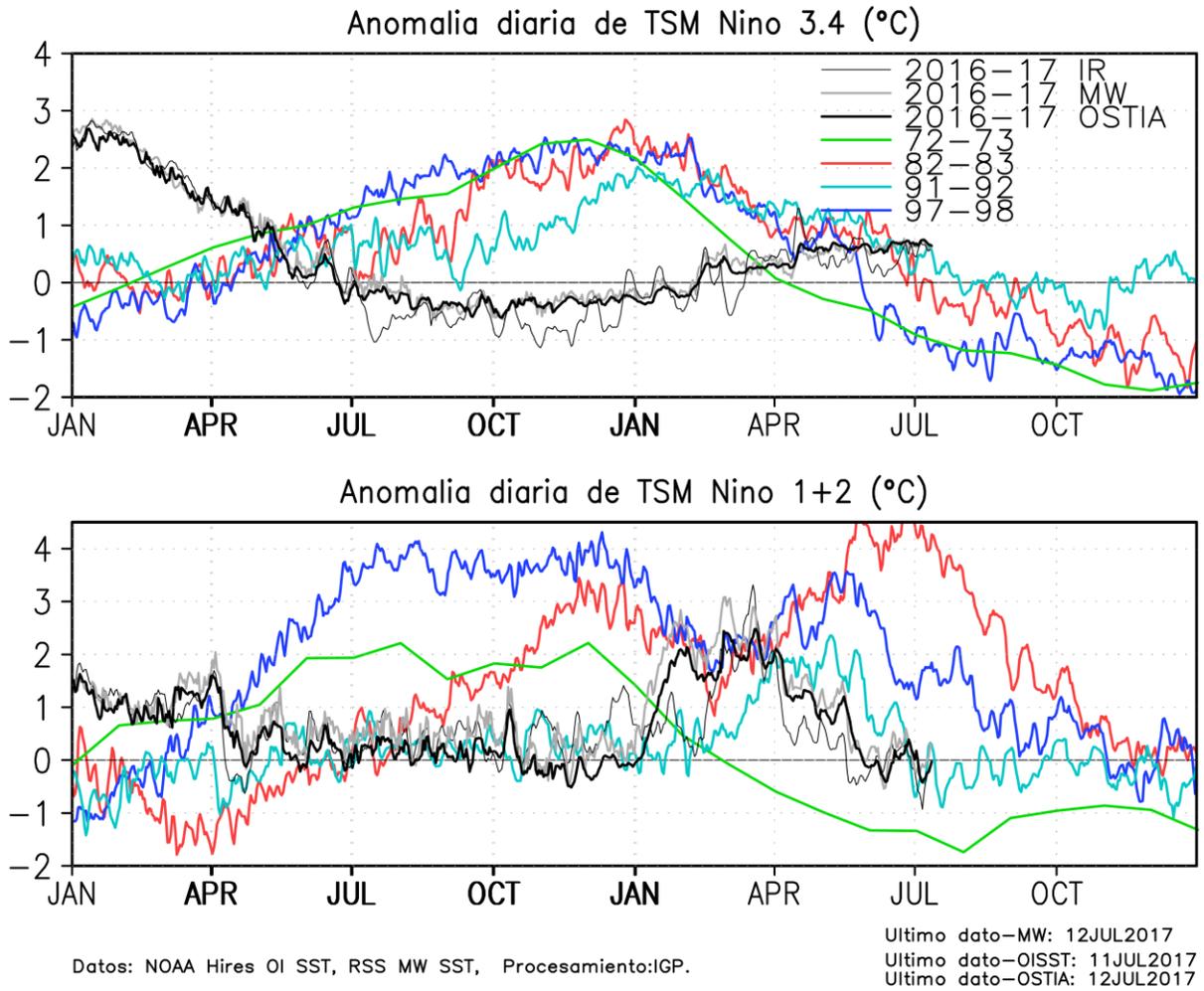


Figura .5 Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (guesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del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

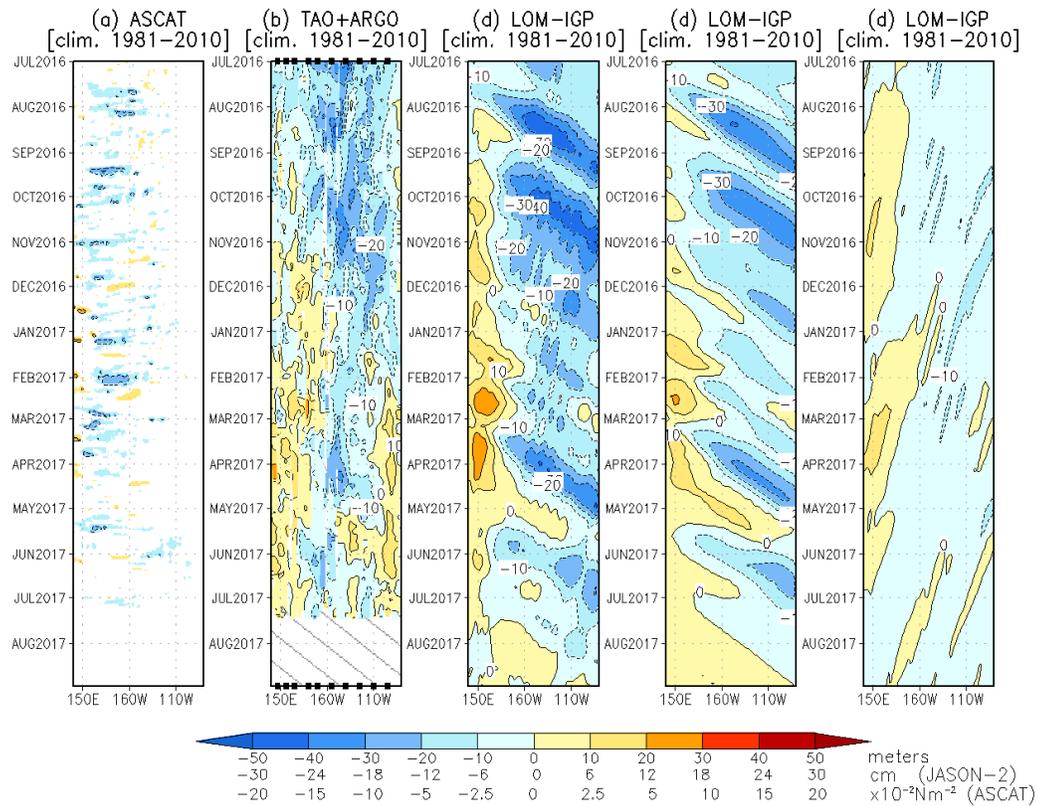


Figura 6. Diagrama longitudin-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO y los derivados de ARGO (b) , diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y finalmente diagrama de la onda Kelvin (e), 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)

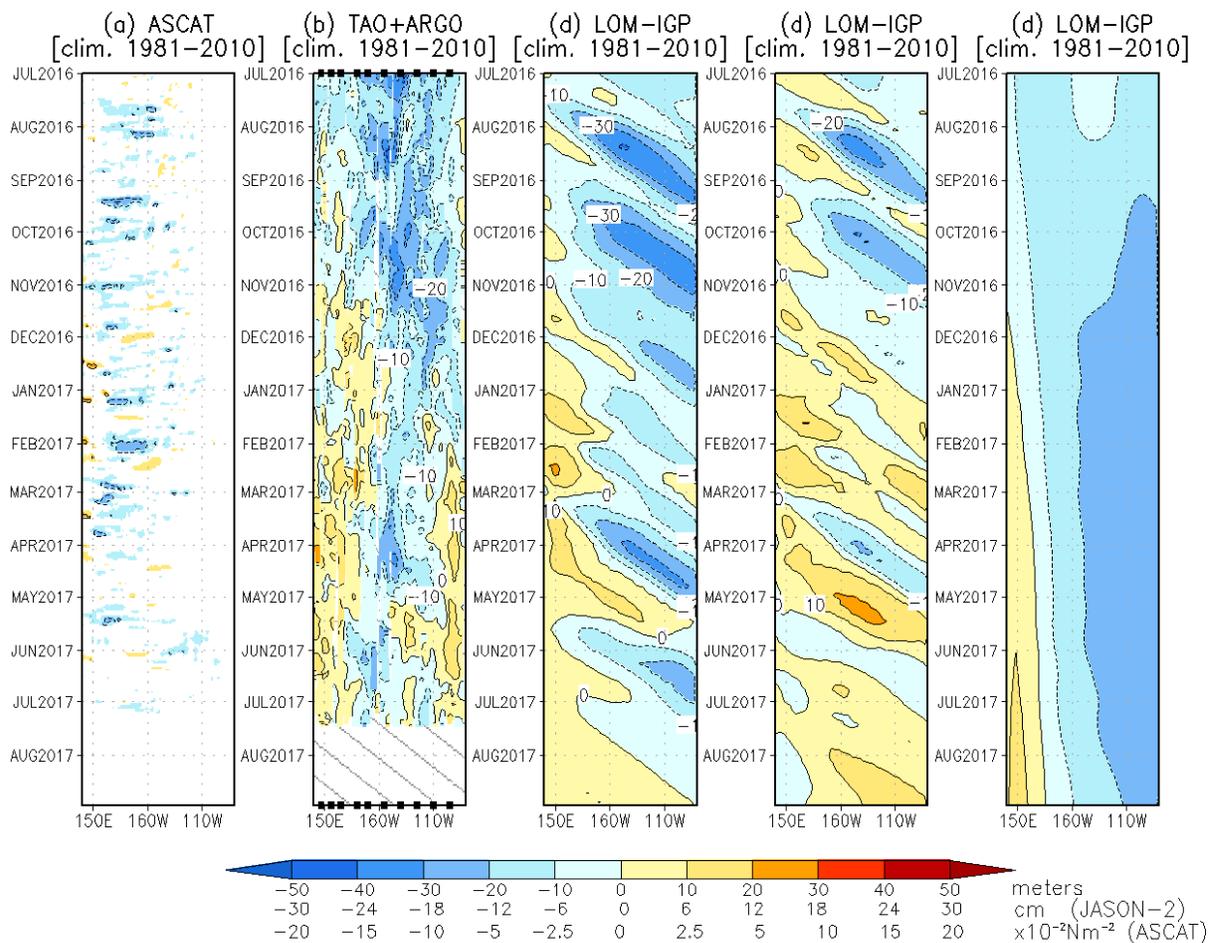


Figura 7. De izquierda a derecha: diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (primer panel); anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C de TAO y los derivados de ARGO (segundo panel); onda Kelvin (tercer panel), onda 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)

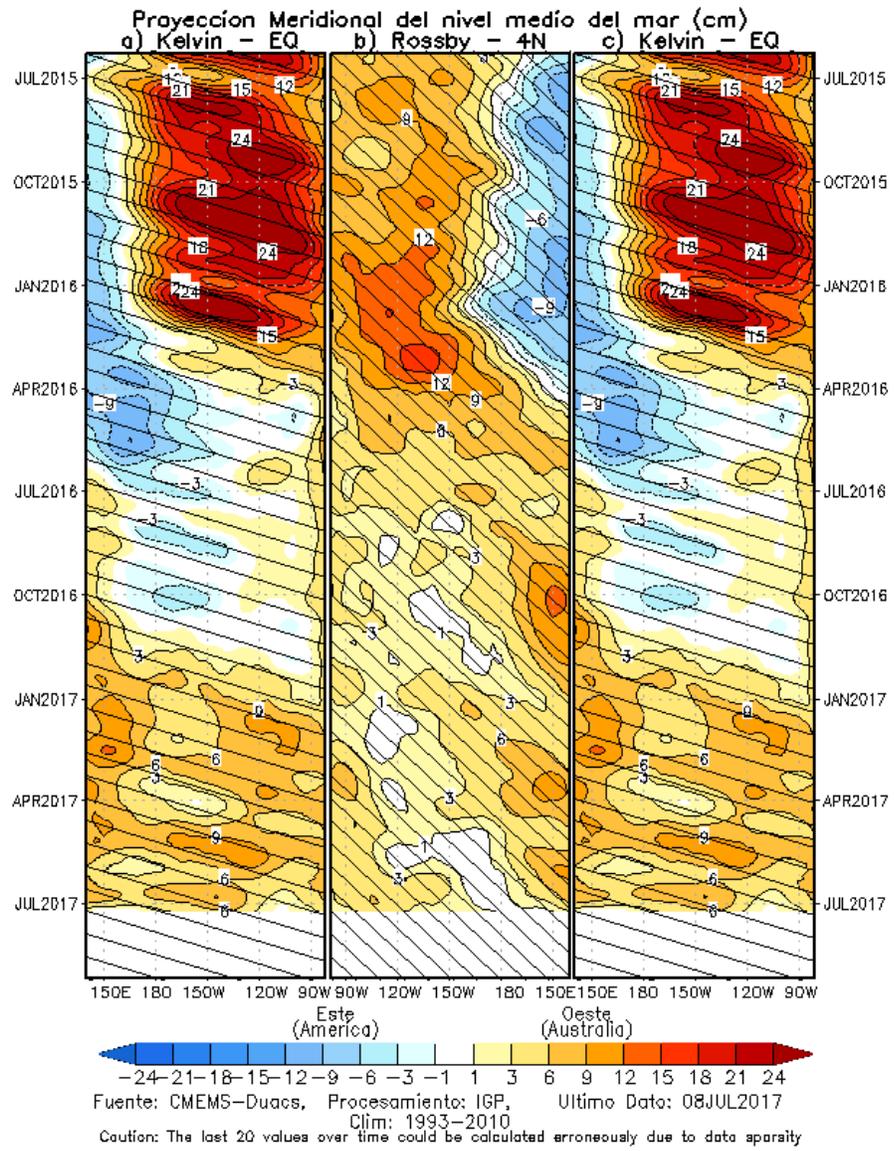


Figura 8. Proyección meridional del nivel medio del mar (cm), a) onda Kelvin en el Ecuador, b) onda Rossby en 4°N, y c) onda Kelvin en el ecuador.

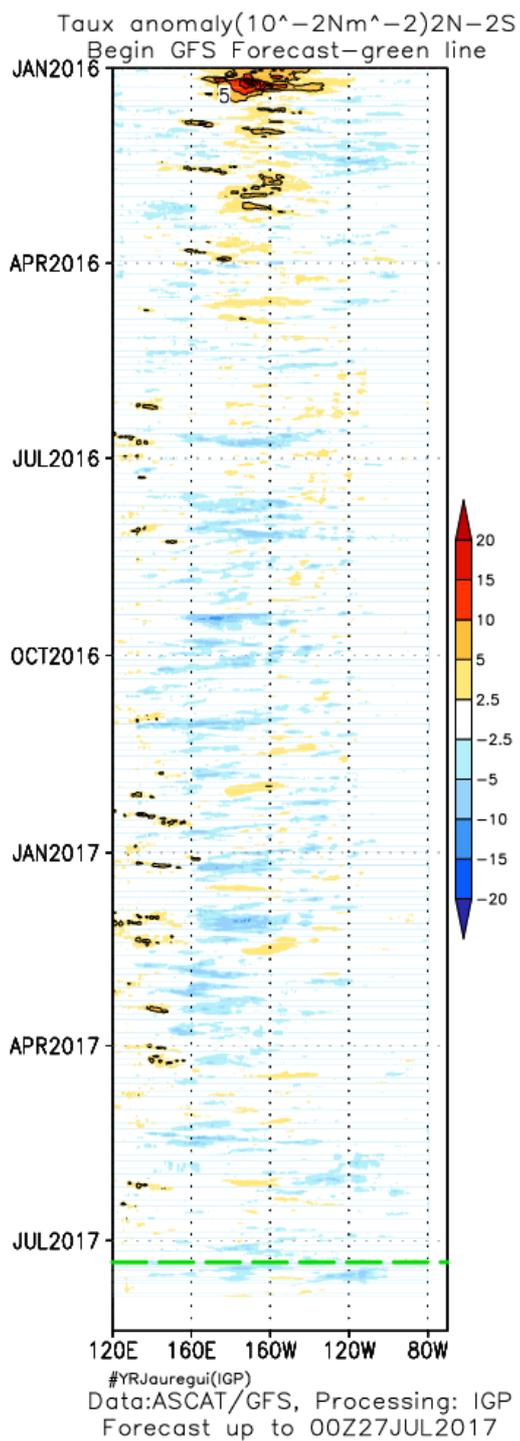


Figura 9: Pronóstico de vientos del modelo GFS en el Pacífico ecuatorial ($2^{\circ}\text{N}-2^{\circ}\text{S}$), hasta el 27 de julio 2017.

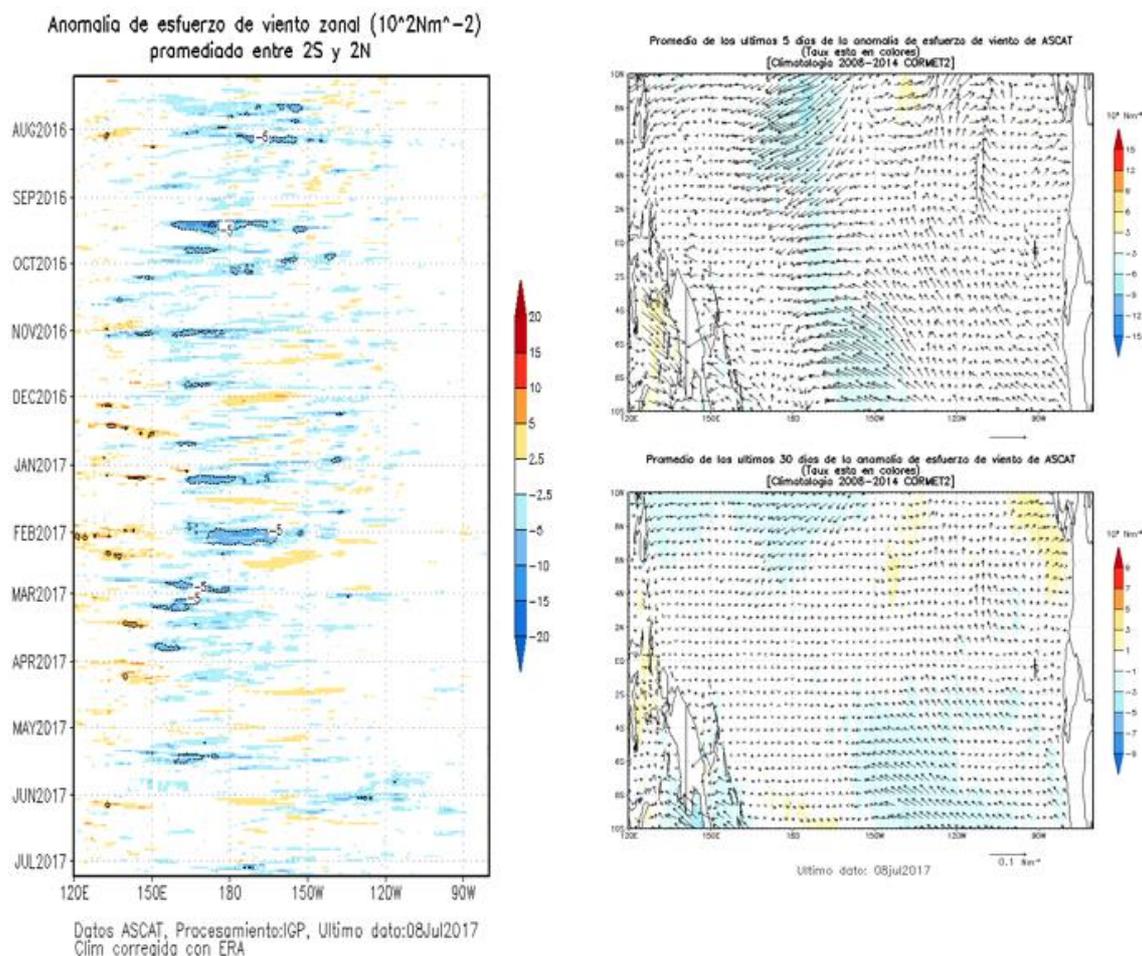


Figura 10. Izquierda: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT. Derecha (superior): Mapa del promedio de 30 días. Derecha (inferior): Mapa del promedio de 5 días, hasta el 08 de julio de 2017, incluyendo los vectores de esfuerzo zonal. (Elaboración: IGP)

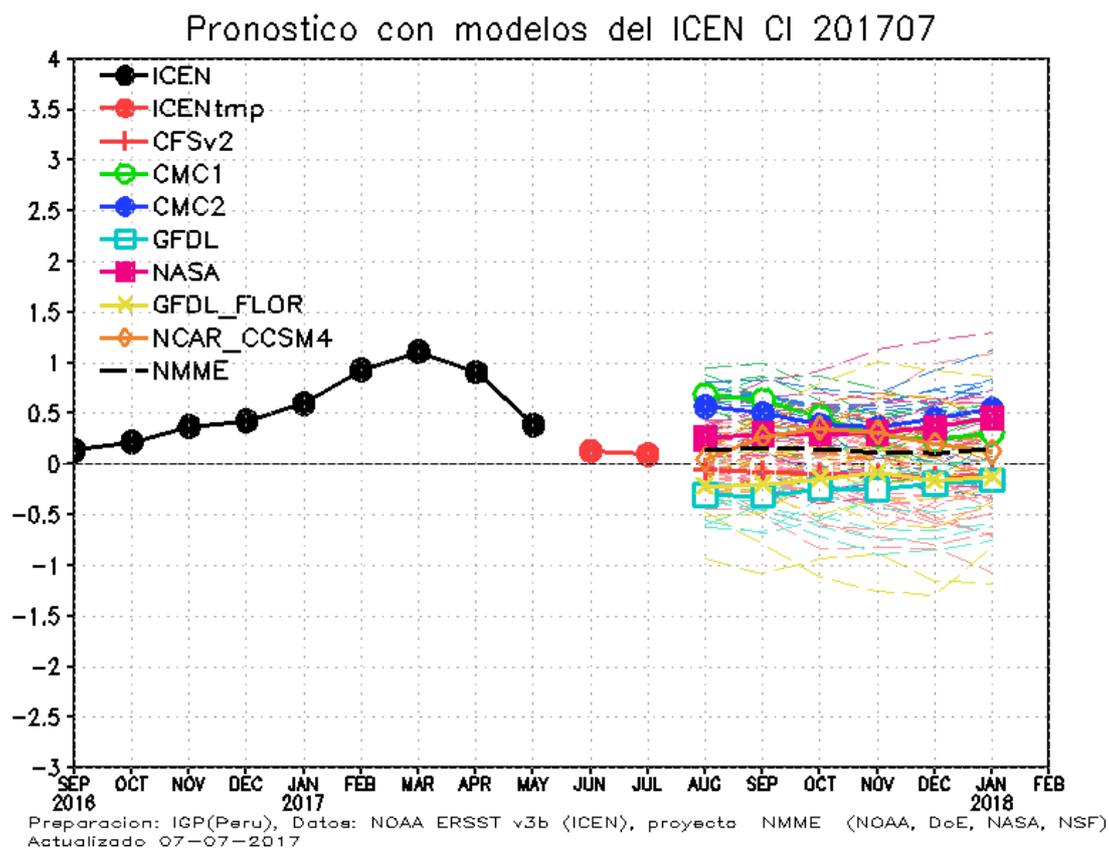
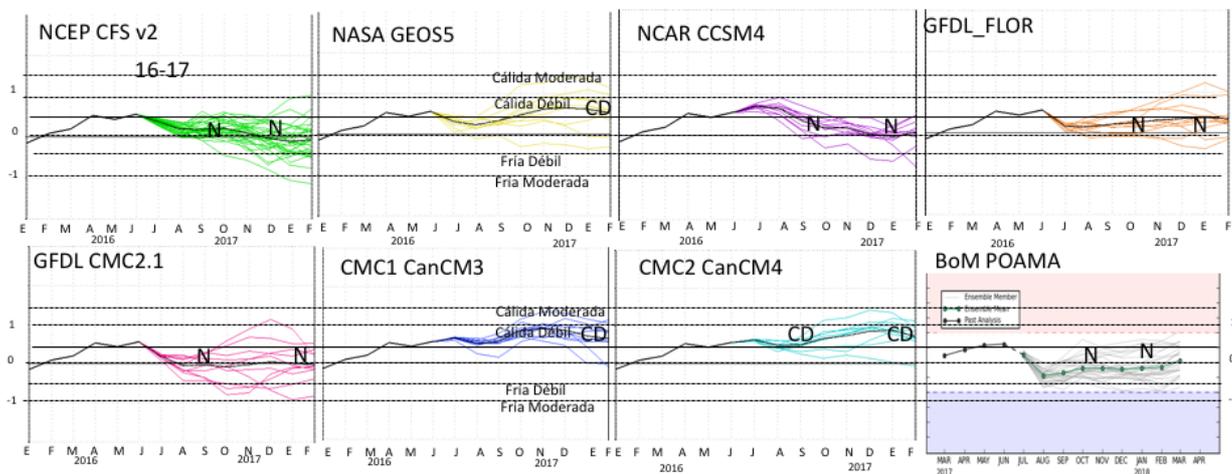


Figura 11. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCISM4 tienen como condición inicial el mes de julio de 2017. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).

Condiciones Iniciales de Julio 2017



Condiciones Iniciales de Junio 2017

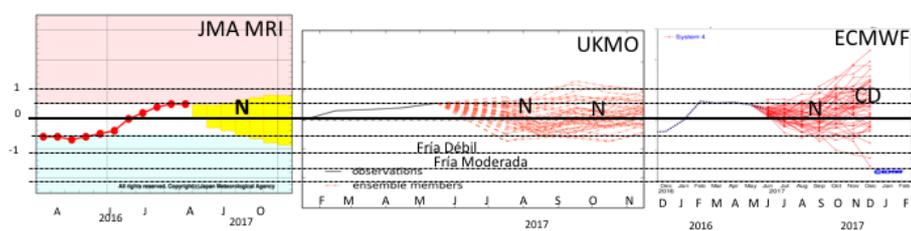


Figura 12. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME y otros.

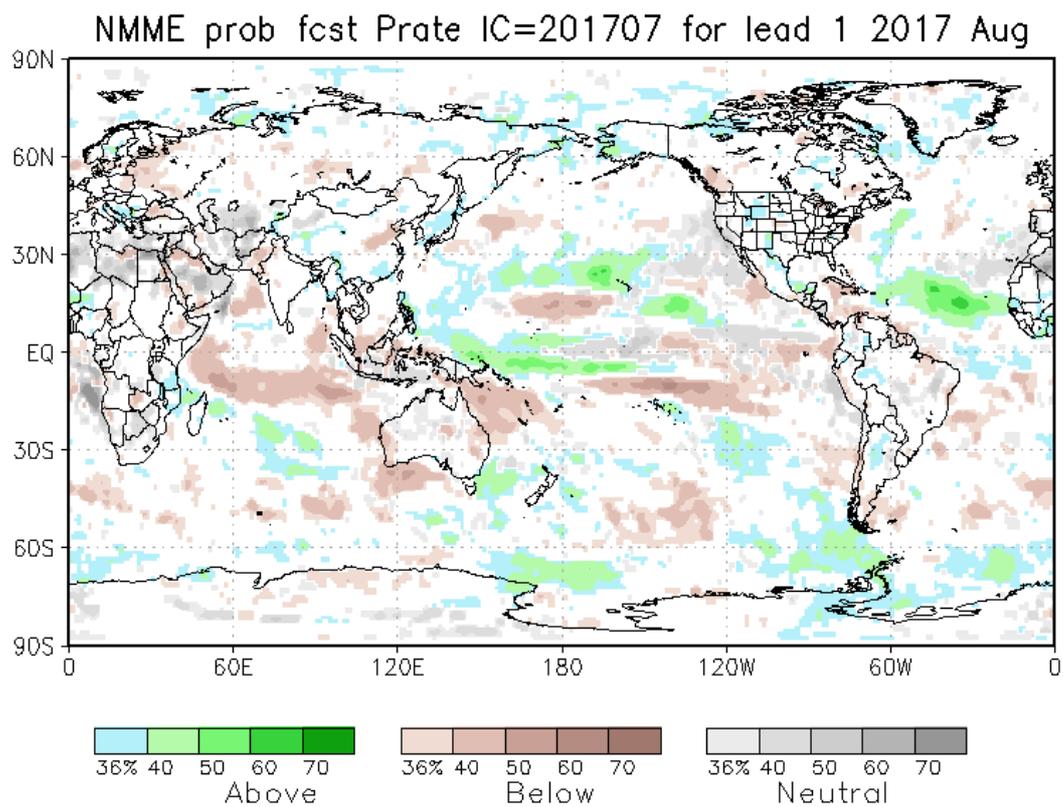


Figura 13. Pronósticos probabilísticos de precipitación (calibrados) para agosto 2017 por modelos de NMME inicializados en julio 2017. (Fuente: NOAA).

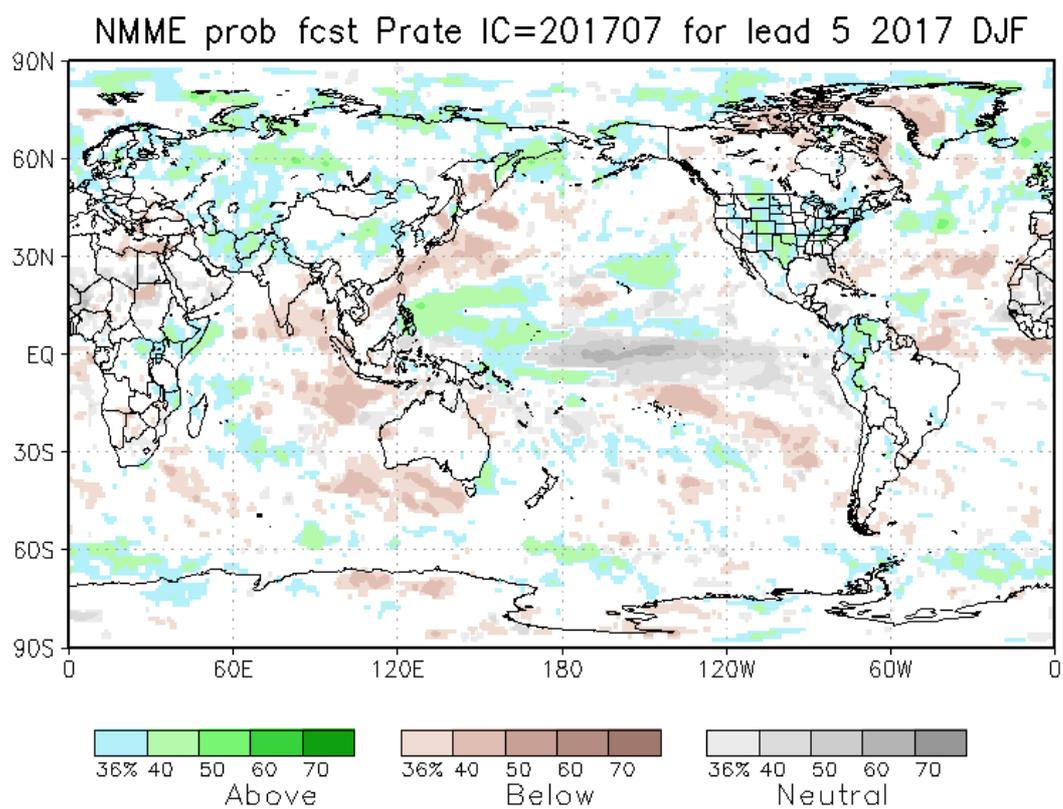


Figura 14. Similar a la Fig. 13 pero para el trimestre diciembre 2017-febrero 2018 (Fuente: NOAA).

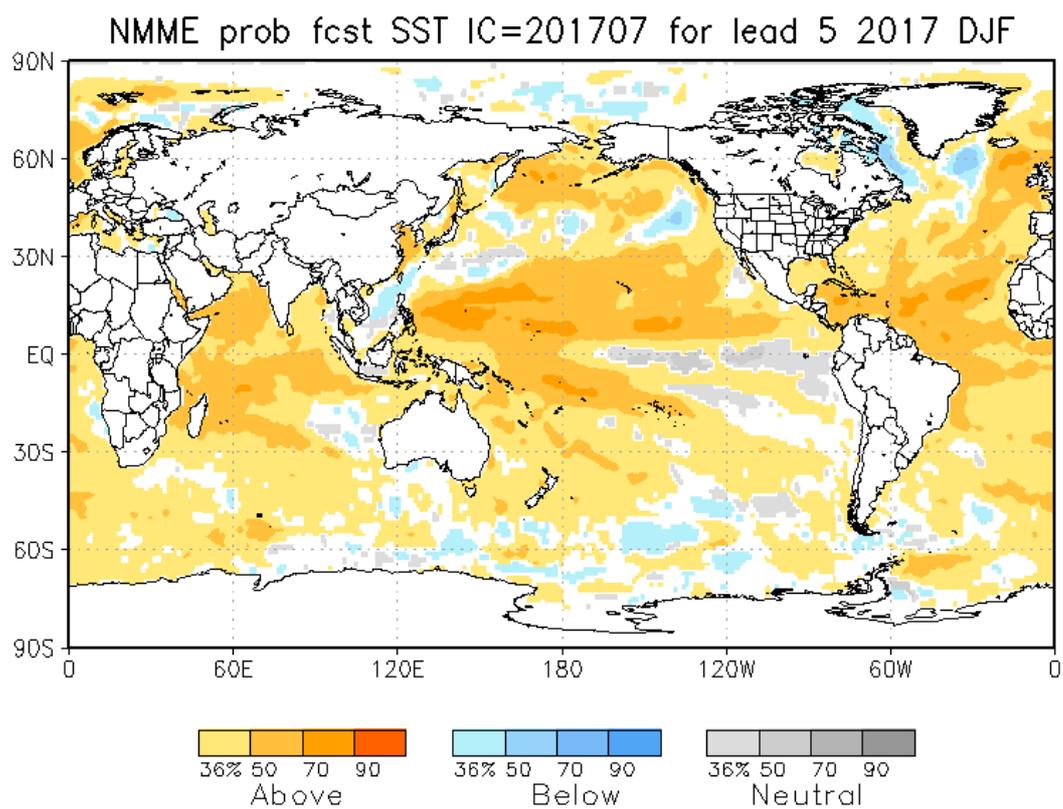


Figura 15. Pronósticos probabilísticos de temperatura superficial del mar (calibrados) para el trimestre diciembre 2017-febrero 2018 por modelos de NMME inicializados en julio 2017. (Fuente: NOAA).

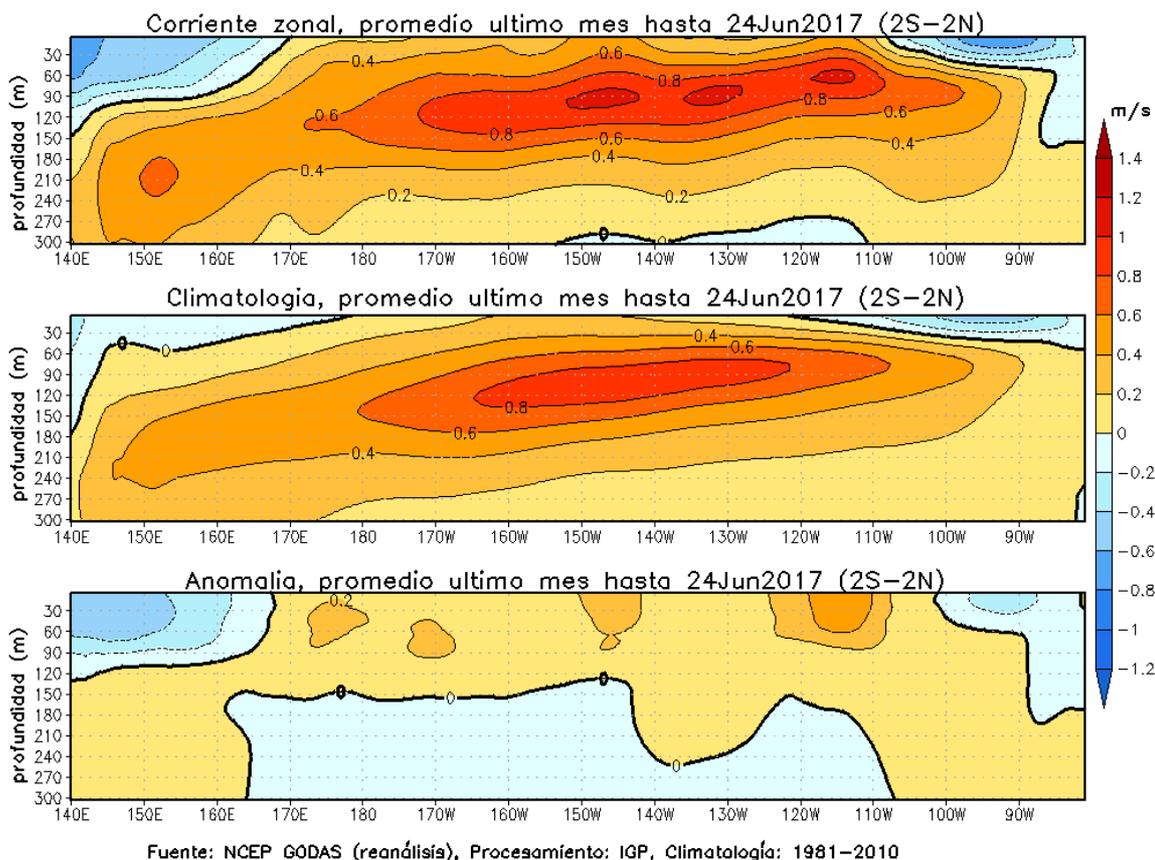


Figura 16. Promedio de los últimos 30 días de las corrientes zonales obtenidas del *reanalysis* GODAS (*Global Ocean Data Assimilation System*: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/GODAS/>) a lo largo de la franja ecuatorial. Arriba se muestra el total; al medio, la climatología; y abajo la anomalía.

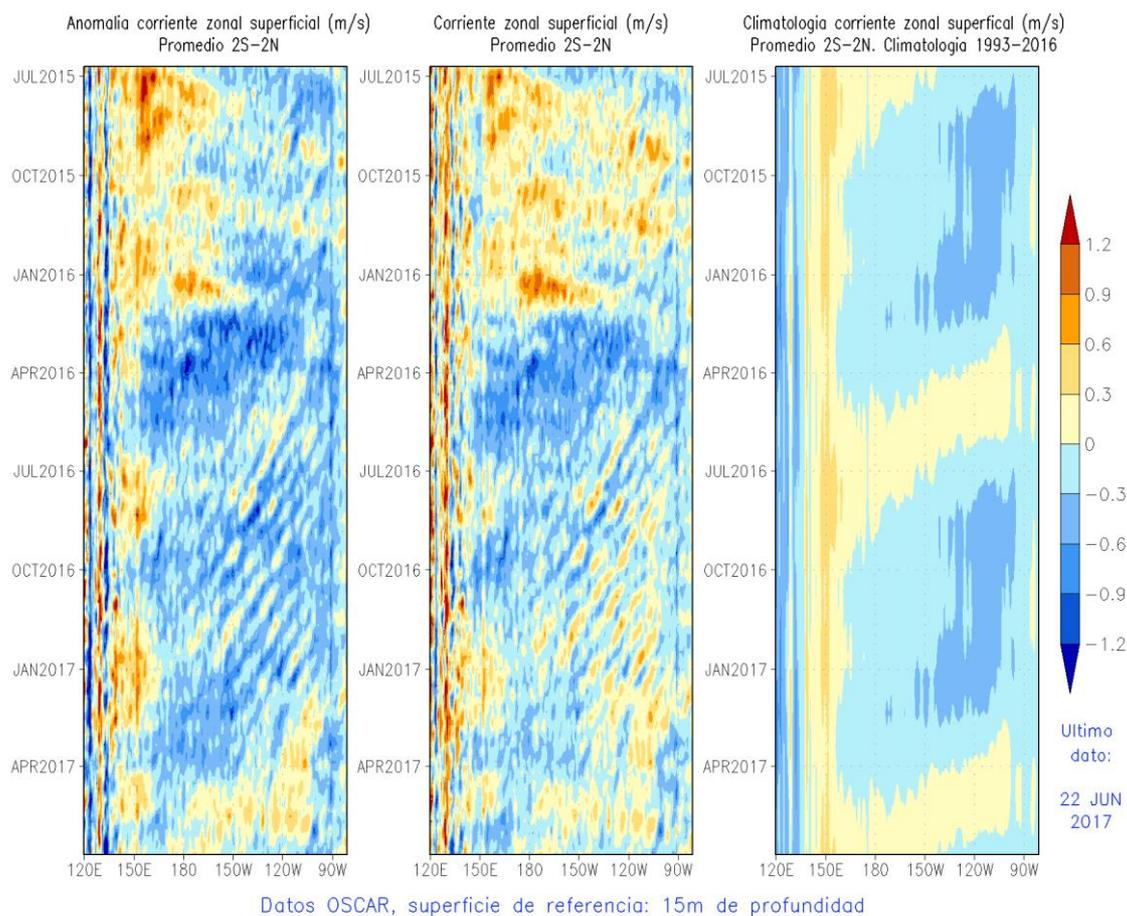


Figura 17. Diagramas longitud versus tiempo de las corrientes zonales a lo largo de la franja ecuatorial (2°S-2°N) obtenido del producto OSCAR (*Ocean Surface Current Analyses Real-time*: http://www.esr.org/oscar_index.html). De izquierda a derecha se grafica: la anomalía, el total y la climatología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