

**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 Nº PpR/EI Niño-IGP/2017-09
11/10/2017**

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 agosto de 2017, según el valor del Índice Costero El Niño (ICEN), las condiciones climáticas fueron Neutras, tanto con la información de la base de datos de ERSST (ICEN = $-0,75^{\circ}\text{C}$) como de OISSTv2 (ICENOI = $-0,84^{\circ}\text{C}$), aunque con una tendencia hacia condiciones frías. Sin embargo, los valores temporales del ICEN (ICENtmp) y el ICENOI (ICENOItmp) coinciden en indicar condiciones Neutras para los meses de setiembre y octubre. En lo que respecta al Pacífico Central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI) de la NOAA indica que agosto tuvo condiciones del tipo Neutra. Por otro lado, los índices temporales estimados para setiembre y octubre señalan condiciones Frías Débiles.

En lo que resta del año 2017, según el análisis de los modelos oceánicos utilizados y los datos observados, se espera que la temperatura superficial del mar (TSM) se presente entre alrededor de lo normal a ligeramente más frías en el litoral peruano hasta finales de año. Sin embargo, de arribar e impactar las ondas Kelvin frías en la costa, estas anomalías frías se podrían intensificar.

Para el pronóstico a largo plazo, los siete modelos numéricos de NMME, los cuales se inicializaron con información del mes de octubre, predicen, en promedio, condiciones del tipo Neutra en el Pacífico oriental hasta el mes de abril de 2018, con anomalías negativas en todos sus pronósticos. De esta manera, para el periodo diciembre 2017-marzo 2018, todos los modelos proyectan condiciones neutras en el Pacífico oriental.

Para el mes de noviembre en el Pacífico Central, 2 de 7 modelos de NMME indican condiciones Frías Moderadas, 4 modelos indican Frías Débiles, y un modelo predice condición Neutral. En promedio, los modelos de NMME indican condiciones frías débiles hasta el mes de febrero de 2018. Para el periodo diciembre 2017-marzo 2018, los pronósticos de los modelos han incrementado sustancialmente la probabilidad de condiciones La Niña en el Pacífico central ecuatorial, de 43% (condición inicial de setiembre) a 64% (condición inicial de octubre).

Si bien lo anterior indica pocas probabilidades de que se pueda repetir un evento similar a El Niño costero de 2017, no se puede descartar un escenario de lluvias en el norte como el observado durante La Niña 2008 en el Pacífico central.

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; actualizados hasta el mes de setiembre 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 agosto de 2017. Los valores se muestran en la Tabla 1. El valor de agosto corresponde a condiciones Neutras, aunque con el valor de la TSM por debajo de su promedio.

Año	Mes	ICEN (°C)	Condiciones
2017	Mayo	0.39	Neutra
2017	Junio	-0.11	Neutra
2017	Julio	-0.49	Neutra
2017	Agosto	-0.75	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	Setiembre	-0.74	Neutra	2017/08-09: ERSST; 2017/10: NMME
2017	Octubre	-0.55	Neutra	2017/09: ERSST; 2017/10-11: NMME

Tabla 2. Estimados preliminares del ICEN (ICENtmp)

Según los valores del ICENtmp, se estima que en los meses de setiembre y octubre de 2017 las condiciones serían Neutras, aunque con anomalías negativas de TSM. El ICEN de setiembre será confirmado cuando se disponga del valor de ERSST para el mes de octubre del año en curso.

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 (<http://www.met.igp.gob.pe/datos/climNino12.txt>), se muestran en la tabla 3.

Año	Mes	ICENOI (°C)	Condiciones
2017	Mayo	0.52	Cálida Débil
2017	Junio	0.04	Neutra
2017	Julio	-0.47	Neutra
2017	Agosto	-0.84	Neutra

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

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

Año	Mes	ICENOItmp	Condiciones	Fuente
2017	Setiembre	-0.69	Neutra	2017/08-09: OISSTv2; 2017/10: NMME
2017	Octubre	-0.50	Neutra	2017/09: OISSTv2; 2017/10-11: NMME

Tabla 4. Estimados preliminares del ICENOI (ICENOItmp)

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

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 agosto de 2017, es de $-0,15^{\circ}\text{C}$, correspondiente a condiciones Neutras¹.

Año	Mes	ONI (°C)	Categoría
2017	Mayo	0.48	Neutra
2017	Junio	0.27	Neutra
2017	Julio	-0.10	Neutra
2017	Agosto	-0.15	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)

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).

Los valores estimados (ONItmp), combinando observaciones y pronósticos, indican condiciones Frías Débiles para los meses de setiembre y octubre 2017 (Tabla 6).

Año	Mes	ONItmp	Condiciones	Fuente
2017	Setiembre	-0.63	Neutra	2017/08-09: ERSST; 2017/10: NMME
2017	Octubre	-0.60	Neutra	2017/09: ERSST; 2017/10-11: NMME

Tabla 6. Estimados preliminares del ONI (ONItmp)

Recientemente, la versión 5 de ERSST ha sido puesto operacional y el ONI está siendo calculada por el CPC con estos datos. Si bien no hay indicaciones de que la versión 3b vaya a ser descontinuada, esta posibilidad debe considerarse al decidir qué datos se seguirán utilizando para el cálculo del ICEN. Esta nueva versión presenta variaciones espacio-temporales más realistas que la versión 4, particularmente con una mejor representación de las variaciones a escalas pequeñas (Huang et al, 2017).

Se ha realizado un análisis preliminar del uso de ERSST v5 para el cálculo del ICEN en comparación con ERSST v3b y OI SST v2. Los resultados más resaltantes es que el ICEN estimado con ERSST v5 en general se acerca al estimado con el ERSSTv3 en RT que el OI. La excepción es que el ERSSTv5 representó El Niño costero 2017 en forma similar al OI, sustancialmente más cálido que ERSSTv3b. Por otro lado, el ICEN estimado con los datos de OISSTv2 sobrestima las condiciones frías relativo a ERSST v3b y v5, llevando a una sobrestimación de la magnitud de los eventos La Niña costera. Por lo anterior, ERSST v5 se presenta ventajoso a los otros dos productos en que 1) es consistente con el registro histórico del ICEN original producido con ERSST v3b, 2) es realista para la representación de El Niño costero 2017, 3) tiene menos riesgo que ERSST v3b de ser descontinuada, por lo cual se recomienda considerar su uso a futuro para el cálculo del ICEN.

Diagnóstico del Pacífico Ecuatorial

Según los datos satelitales (IR, MW, OSTIA), en el Pacífico central las anomalías de la TSM diaria continuaron en el rango neutral, manteniéndose cerca al valor de -0.5°C (ver Figura 5a). Para la región Niño 1+2, la anomalía de la TSM también indica anomalías negativas, con un promedio de -0.7°C , siguiendo una tendencia negativa a partir de los primeros días de octubre (Figura 5b).

En setiembre, el esfuerzo de viento zonal mensual en el Pacífico central (160°E - 160°W ; 5°S - 5°N) continuó con anomalía del este (Figura 3), siendo bastante mayor en magnitud que el mes anterior; las máximas anomalías negativas se observaron en la segunda y cuarta semana del mes, (Figura 10). La actividad convectiva en el Pacífico ecuatorial central-oriental, continuó inferior a su climatología (Figuras 1 y 2) y el patrón anómalo de convección ecuatorial siguió indicando un desplazamiento hacia el Pacífico occidental, consistente con condiciones atmosféricas tipo La Niña. El contenido de calor oceánico mostró anomalías negativas, y la inclinación de la termoclina ecuatorial se presentó con valores cerca de su normal aunque ligeramente negativos (Figura 4).

Las corrientes zonales calculadas por GODAS en el Pacífico Ecuatorial, durante el mes de setiembre, continuaron mostrando anomalías negativas (corrientes hacia el oeste) en la parte superior del océano,

principalmente al oeste de 170°E y entre 170°W y 100°. Esto podría deberse a la presencia de ondas Kelvin frías según los datos de la profundidad de la termoclina del producto ARGO+TAO y modelos lineales. La actividad de las ondas Kelvin frías, la cual se viene observando desde el mes de julio del presente año, ha continuado durante el mes de setiembre como consecuencia de dos pulsos de viento intenso del este, los cuales se localizaron al oeste de 160°W. La presencia de estas onda también se observan en los datos de nivel del mar de DUACS.

En los datos de la profundidad de la termoclina (producto ARGO+TAO) se han observado anomalías positivas concentradas en la zona Occidental, las cuales podrían deberse a la reflexión de las ondas Rossby ecuatoriales como ondas Kelvin cálidas.

Es importante señalar que el modelo de ondas, por el momento, está sobreestimando la anomalías negativas de la profundidad de la termoclina en el extremo oriental cuando es forzado con ASCAT y, en menor medida, con NCEP.

Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

Según los pronósticos de los modelos GFS y CFS, se espera que en las siguientes semanas se produzcan anomalías de viento del este en gran parte de la región del Pacífico Ecuatorial. Si esto se diera, entonces se esperaría que parte de esa energía se transmita como onda Kelvin fría que contribuiría a mantener (e incluso intensificar) la anomalía negativa de la profundidad de la termoclina, principalmente en el Pacífico Oriental, en los siguientes dos meses.

Basado en los datos de la descomposición meridional de ondas largas, usando el producto de altimetría DUACS, existe una señal de onda Rossby cálida en el extremo occidental que puede reflejarse como onda Kelvin cálida y aminorar las anomalías negativas en el Pacífico central.

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los pronósticos de los 7 modelos climáticos de NMME (CFSv2, NASA_GEOS5, FLOR, CM2.1, NCAR_CCM4, CMC1 y CMC2) con condiciones iniciales de octubre, indican en promedio condiciones neutras hasta el mes de abril 2018, (Fig. 11 y Tabla 7). En contraste con los pronósticos del mes anterior, estos son menores e indican anomalías negativas, incluso el CFSv2 espera condiciones frías débiles para los meses de diciembre y enero.

Para el Pacífico central (Niño 3.4), según los modelos de NMME inicializados en octubre, 2 de 7 modelos indican condiciones frías moderadas, 4 modelos indican frías débiles, y 1 modelo condición neutra. Para el mes de diciembre 2 de 7 modelos indican condición fría moderada y 5 modelos fría débil. El pronóstico de los modelos de NMME para el verano 2018 (DEFM) indica La Niña de magnitud débil (Tabla 8 y Fig. 12). Considerando los modelos JMA MRI, UKMO, ECMWF y POAMA, inicializado en setiembre, también indica condiciones frías débiles para el verano 2018 (Fig.12).

Utilizando los pronósticos de los 10 primeros miembros de los ensembles de cada uno de los ocho modelos (con el error promedio retrospectivo 1982-2010 removido) se ha realizado un cálculo objetivo de las probabilidades contando el porcentaje de las 80 corridas que corresponden a cada una de las categorías pronosticadas para el verano. Este cálculo se ha realizado para los pronósticos previos, empezando en agosto 2017. Según este cálculo, los pronósticos de los modelos climáticos presentan alta confianza en condiciones neutras en la costa (Tabla 9) pero han incrementado sustancialmente la

probabilidad de condiciones La Niña en el Pacífico central ecuatorial para el verano 2017-2018 (Tabla 10), de 8% en agosto, a 43% en setiembre, a 64% en cond. ini. octubre. El patrón espacial proyectado de TSM y de precipitación pronosticado es típico de La Niña, con ausencia de calentamiento en el Pacífico sudeste (frente a norte de Chile) y en la costa de Perú como en el 2016. Asimismo, no se prevé mayor lluvia en la banda sur de la ZCIT en el verano/otoño de 2018 como en los pronósticos del 2016. Esto indica pocas probabilidades de que se pueda repetir un evento similar a El Niño costero de 2017, aunque no se puede descartar un escenario de lluvias en el norte como el de La Niña 2008.

Modelo	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM
CFS2		-0.80	-0.98	-1.03	-1.05	-0.91	-0.74	-0.59
CMC1		-0.48	-0.27	-0.16	-0.16	-0.17	-0.15	-0.02
CMC2		-0.45	-0.25	-0.18	-0.26	-0.26	-0.21	-0.03
GFDL		-0.43	-0.18	-0.14	-0.26	-0.28	-0.16	0.16
NASA		-0.49	-0.36	-0.44	-0.51	-0.50	-0.36	-0.17
GFDL_FLOR		-0.51	-0.41	-0.47	-0.47	-0.39	-0.19	-0.06
NCAR_CCSM4		-0.74	-0.61	-0.40	-0.30	-0.28	-0.33	-0.33
NMME		-0.56	-0.44	-0.40	-0.43	-0.40	-0.31	-0.15
ICENtmp	-0.74							

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

Modelo	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM
CFS2		-0.61	-1.01	-1.10	-1.19	-1.02	-0.74	-0.48
CMC1		-0.44	-0.52	-0.61	-0.53	-0.36	-0.15	0.05
CMC2		-0.51	-0.66	-0.81	-0.75	-0.55	-0.27	-0.03
GFDL		-0.91	-1.21	-1.24	-1.01	-0.63	-0.22	0.15
NASA		-0.74	-0.95	-1.02	-0.99	-0.90	-0.75	-0.53
GFDL_FLOR		-0.77	-0.89	-0.78	-0.61	-0.46	-0.26	-0.05
NCAR_CCSM4		-0.23	-0.32	-0.66	-0.97	-1.01	-0.82	-0.52
NMME		-0.60	-0.79	-0.89	-0.86	-0.70	-0.46	-0.20
ONItmp	0.63							

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

Costero	Agosto 2017	Setiembre 2017	Octubre 2017
La Niña fuerte	0%	0%	0%
La Niña moderada	0%	0%	0%
La Niña débil	0%	0%	0%
Neutro	86%	100%	100%
El Niño débil	14%	0%	0%
El Niño moderado	0%	0%	0%
El Niño fuerte	0%	0%	0%
El Niño extraordinario	0%	0%	0%

Tabla 9. Pronósticos probabilísticos para la región costera para el verano diciembre 2017-marzo 2018 según los modelos NMME

Pacífico central	Agosto 2017	Setiembre 2017	Octubre 2017
La Niña muy fuerte	0%	0%	0%
La Niña fuerte	0%	0%	0%
La Niña moderada	0%	0%	0%
La Niña débil	8%	43%	64%
Neutro	81%	57%	36%
El Niño débil	10%	0%	0%
El Niño moderado	1%	0%	0%
El Niño fuerte	0%	0%	0%
El Niño muy fuerte	0%	0%	0%

Tabla 10. Pronósticos probabilísticos para el Pacífico central para el verano diciembre 2017-marzo 2018 según los modelos NMME

El pronóstico probabilístico del ENFEN iniciado en el año 2015 tiene la característica de ser verificable en forma objetiva. El índice "Ranked Probability Score" permite comparar la bondad de diferentes pronósticos probabilísticos y un análisis preliminar del desempeño de los pronósticos oficiales del ENFEN para el verano realizados entre agosto y noviembre de los años 2015 y 2016 comparando con los pronósticos basados en los modelos NMME descritos arriba muestra que el desempeño fue similar. Tanto el ENFEN como los modelos tuvieron buen desempeño en 2015 para el evento El Niño "global" y malo en 2016 para El Niño costero, lo cual refleja la diferente naturaleza de esos dos eventos. Por otro lado, en ambos años, el desempeño de NMME fue ligeramente mejor. Se espera, sin embargo, que el mayor conocimiento científico desarrollado por el ENFEN puede llevarlo a tener una mejor performance que los modelos, particularmente para eventos como El Niño costero. Por lo pronto se recomienda tomar los resultados de NMME como punto de partida para la estimación oficial del ENFEN.

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 ya no se observa en los pronósticos de los modelos de NMME.

El esfuerzo de viento zonal en el Pacífico central muestra mayores 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 asociado a otra cuenca oceánica.

Conclusiones:

1. **El ICEN para agosto de 2017** fue de **-0.75 (Neutra)** y el ICENtmp para setiembre y octubre de 2017 es -0.74 y -0.55 (Neutro). Usando OI mensual para el cálculo (**ICENOI**), los valores correspondientes son **-0.84 (Neutra)**, y los temporales -0.69 y -0.50 (Neutro). El ICEN calculado con la nueva versión **ERSSTv5** para agosto es **-0.47** y los temporales para setiembre y octubre es -0.56.
2. En el Pacífico central, el ONI de agosto (JAS) correspondieron a condiciones Neutras, y el estimado para setiembre es fría débil. La ATSM en la región Niño 3.4, continuó negativa, aunque acercándose a cero hacia finales de setiembre.
3. En setiembre, según TAO y NCEP/NCAR reanalysis, el viento zonal ecuatorial presentó anomalías reforzadas del este en el Pacífico central-occidental. Débiles anomalías del oeste en el Pacífico oriental pueden haber contribuido a una normalización temporal en las regiones Niño 3.4 y Niño 3.
4. El patrón anómalo de convección ecuatorial sigue indicando desplazamiento hacia el Pacífico occidental, consistente con condiciones tipo La Niña.
5. La inclinación de la termoclina ecuatorial se presentó cerca de su normal. Durante el mes de setiembre la descarga ha resultado en anomalías negativas de contenido de calor.
6. Durante el mes de setiembre se observaron dos (2) pulsos de viento del Este intensos, localizados al oeste de 160°W. Estos dos pulsos de viento forman parte de un conjunto de pulsos de viento del este que se se vienen observando desde el mes de julio del presente año.
7. Los pulsos de viento contribuyeron a mantener la presencia de ondas Kelvin frías en el Pacífico ecuatorial, tal como se observa en los datos de anomalía de la profundidad de la termoclina y resultados de modelos numéricos. La presencia de estas ondas también se observan en los datos de nivel del mar de DUACS y, aparentemente, en las corrientes de GODAS.
8. Las anomalías positivas de la profundidad de la termoclina en el extremo occidental se podrían deber, en parte, a la reflexión de las ondas Rossby como ondas Kelvin cálidas.
9. Hay que indicar que el modelo de ondas, por el momento, está sobreestimando las anomalías negativas de la profundidad de la termoclina en el extremo oriental cuando es forzado con ASCAT y, en menor medida, con NCEP.

10. Para las próximas semanas, el modelo GFS y el CFS predicen anomalías de viento del este en gran parte del Pacífico Ecuatorial. De darse este escenario, estos vientos podrían proyectarse en ondas Kelvin frías que contribuirían a mantener (e incluso disminuir) la anomalía negativa de la profundidad de la termoclina, principalmente en el Pacífico Oriental, en los siguientes dos meses.
11. Según la descomposición meridional de ondas largas, usando el producto DUACS, existe una señal de onda Rossby cálida en el extremo occidental que puede reflejarse como onda Kelvin cálida y aminorar las anomalías negativas en el Pacífico central.
12. Los pronósticos de los modelos han incrementado sustancialmente la probabilidad de condiciones La Niña en el Pacífico central ecuatorial, de 43% (cond. inic. setiembre) a 64% (cond. ini. octubre). El patrón espacial proyectado de TSM y de precipitación pronosticado es típico de La Niña, con ausencia de calentamiento en el Pacífico sudeste (frente a norte de Chile) y en la costa de Perú como en el 2016. Asimismo, no se prevé mayor lluvia en la banda sur de la ZCIT en el verano/otoño de 2018 como en los pronósticos del 2016. Esto indica pocas probabilidades de que se pueda repetir un evento similar a El Niño costero de 2017, aunque no se puede descartar un escenario de lluvias en el norte como el de La Niña 2008.
13. Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los 7 modelos de NMME indica condiciones Neutras hasta abril de 2018; en contraste con los pronósticos del mes anterior, estos índices son menores y la mayoría de los modelos indican anomalías negativas, según el CFSv2 se espera condiciones frías débiles para los meses de diciembre y enero.
14. Para el Pacífico central (Región Niño 3.4), para el mes de noviembre 2 de 7 modelos de NMME indican condiciones frías Moderadas, 4 modelos frías débiles y 1 condición Neutra. Para el mes de diciembre, 2 de 7 modelos indican condiciones Frías Moderadas y 5 modelos indican condiciones frías débiles. El pronóstico de los modelos de NMME para el verano (DEFM) indica La Niña de magnitud Débil
15. Se recomienda considerar la nueva base de datos ERSST v5 para el cálculo del ICEN ya que 1) es consistente con el registro histórico del ICEN original producido con ERSST v3b, 2) es realista para la representación de El Niño costero 2017, 3) tiene menos riesgo que ERSST v3b de ser discontinuado.
16. Se recomienda usar la nueva metodología para los pronósticos probabilísticos para el verano basado en los modelos NMME como punto de partida para los pronósticos oficiales del ENFEN.

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 Peru. *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
- **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.**, 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://www.met.igp.gob.pe/elnino/>

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

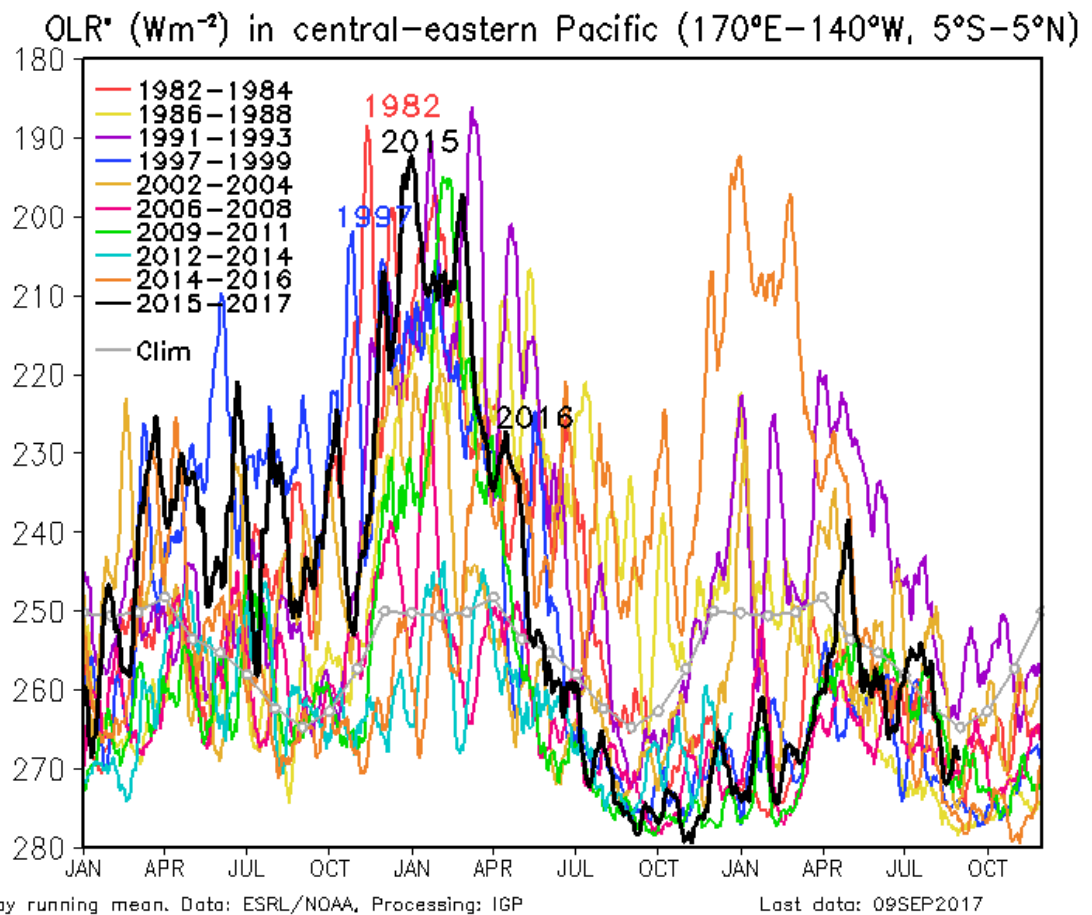


Figura 1. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental ($170^{\circ}-140^{\circ}W$ y $5^{\circ}S-5^{\circ}N$) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración: IGP

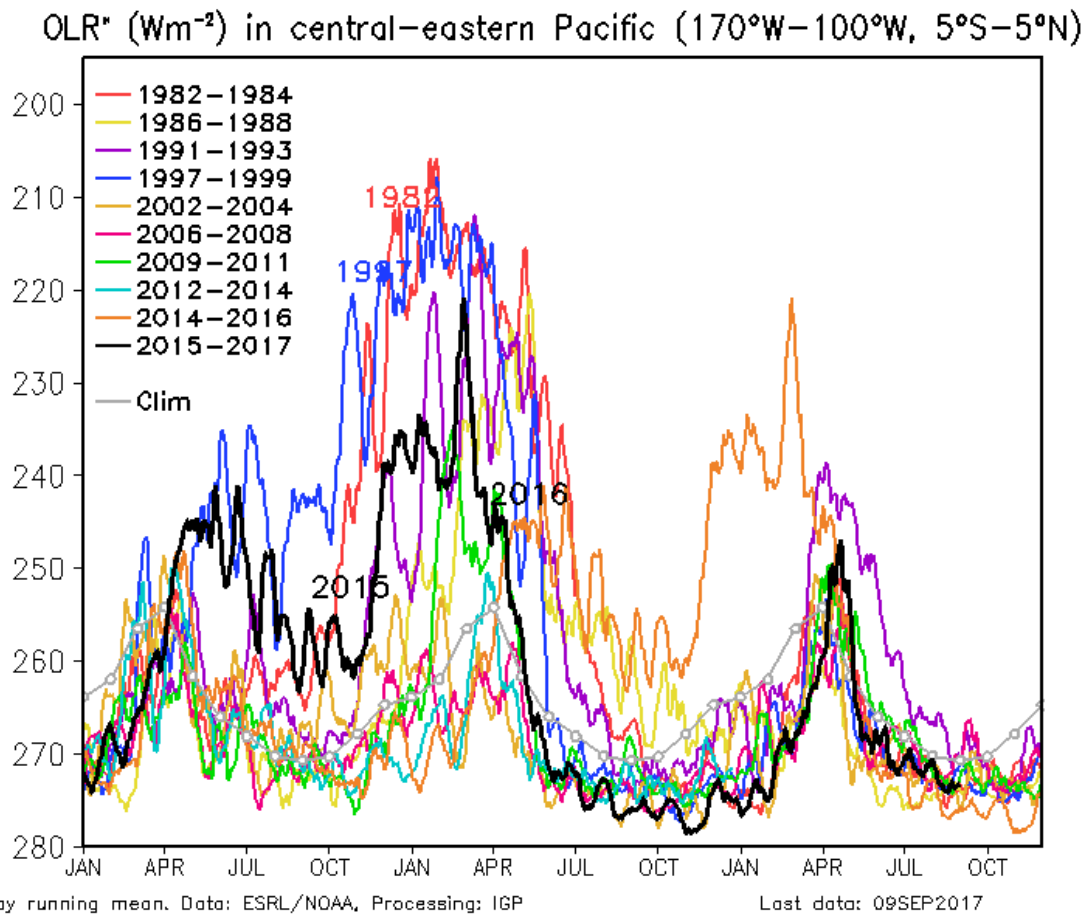


Figura 2. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental ($170^{\circ}-100^{\circ}\text{W}$ y $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración: IGP

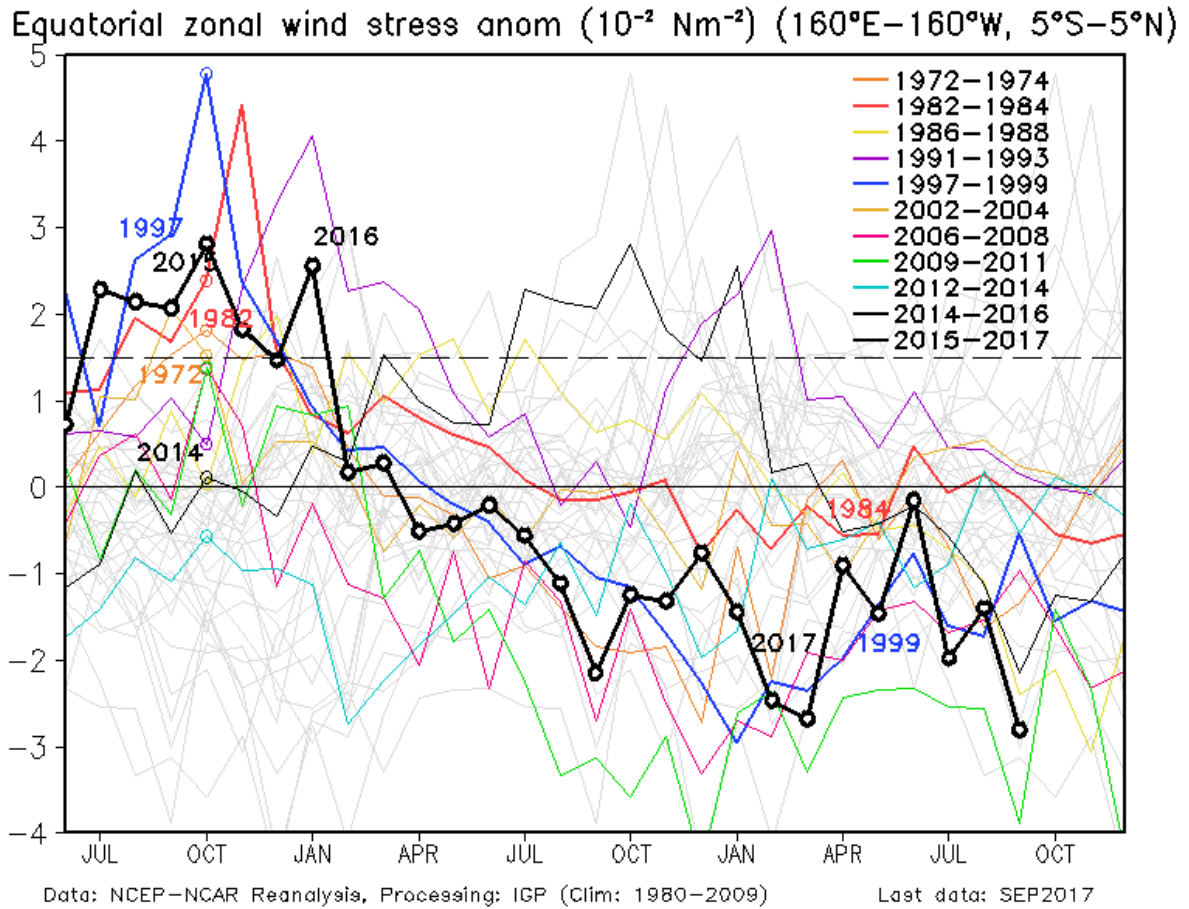


Figura 3. Promedio de la anomalía del esfuerzo de viento zonal en el Pacífico Ecuatorial ($160^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$ y $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) obtenido de los datos del reanálisis de NCEP-NCAR. Elaboración: IGP

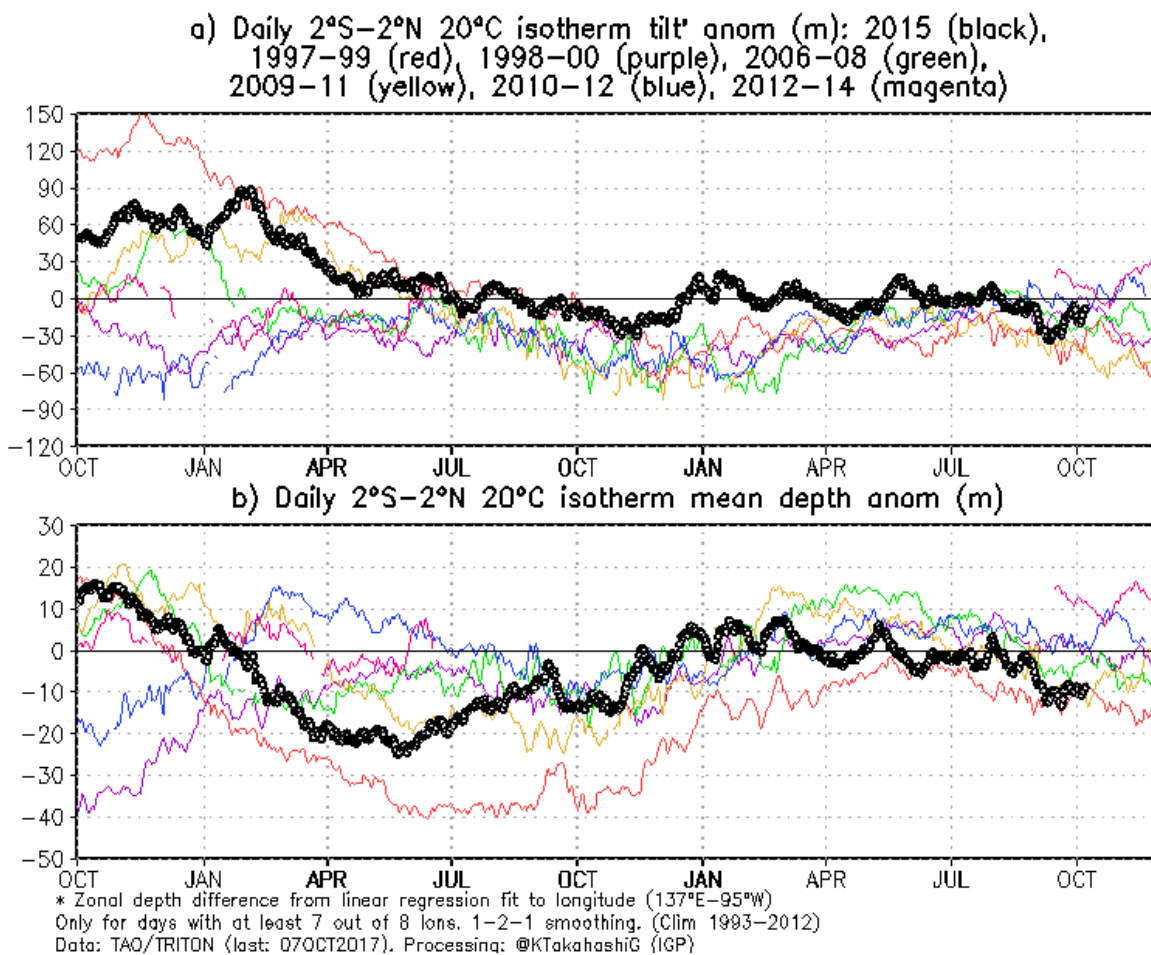


Figura 4 a) Inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. **b)** Contenido de calor en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. A diferencia de informes anteriores, se excluyen las boyas TRITON (Pacífico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

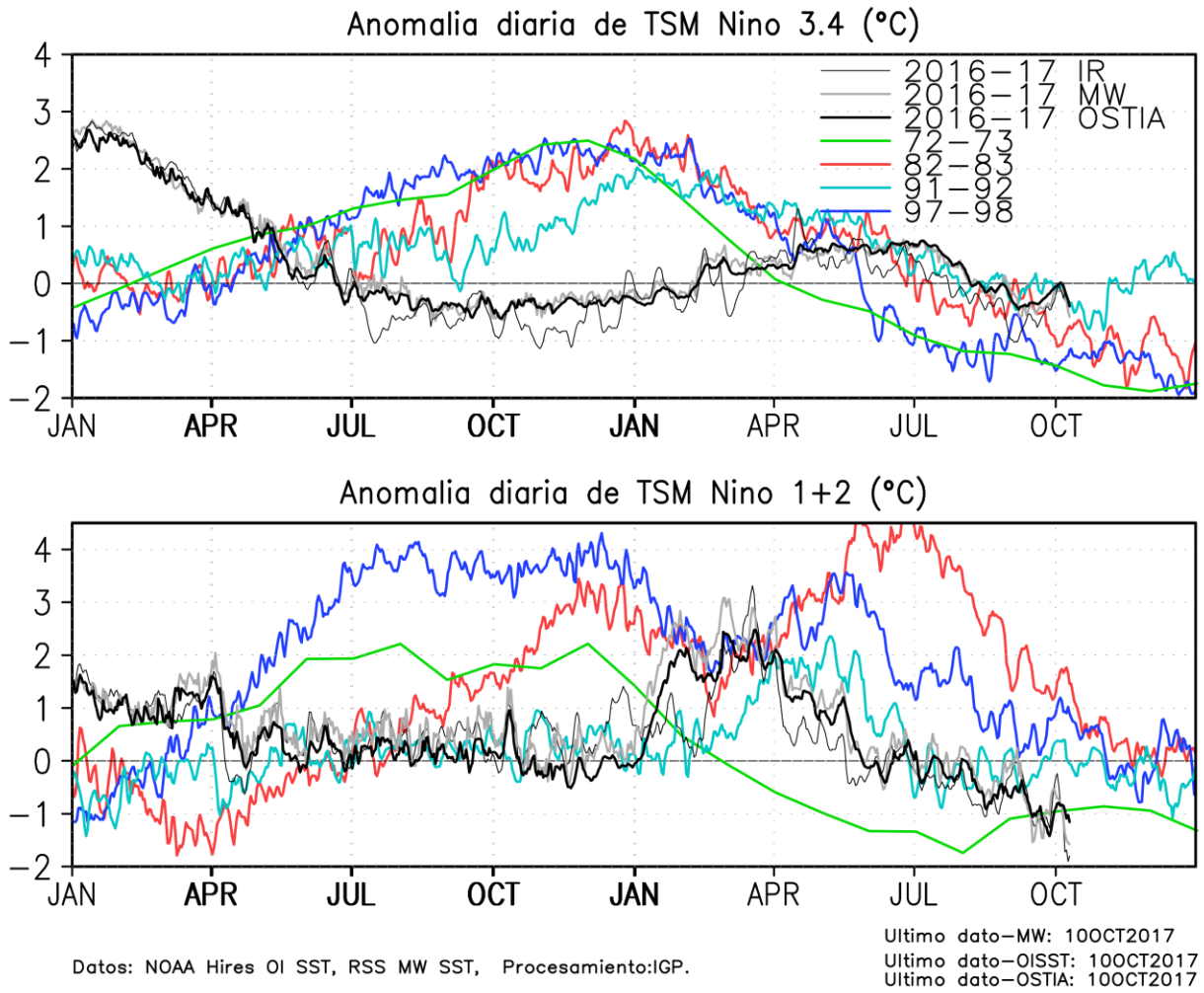


Figura .5 Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del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

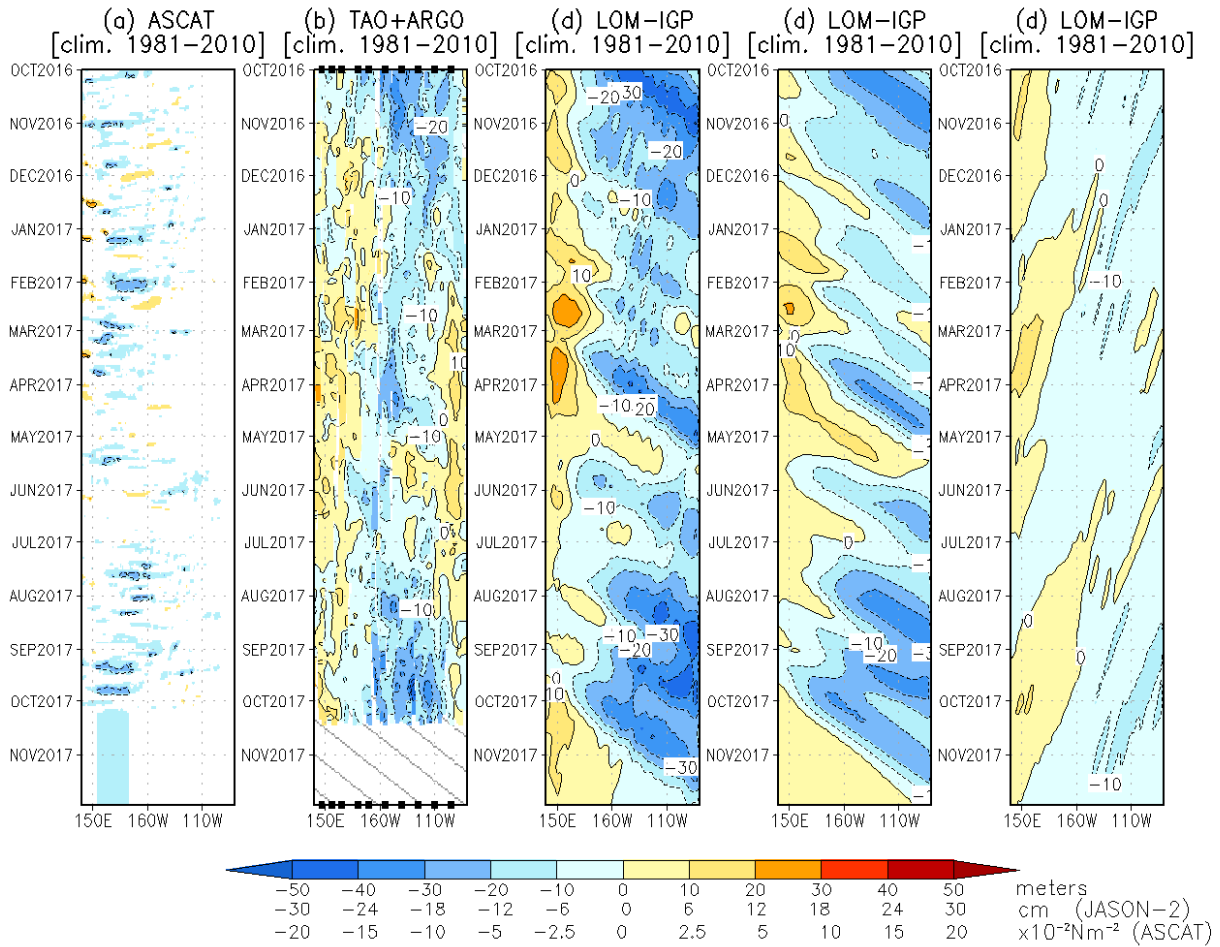


Figura 6. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO y los derivados de ARG0 (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y 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)

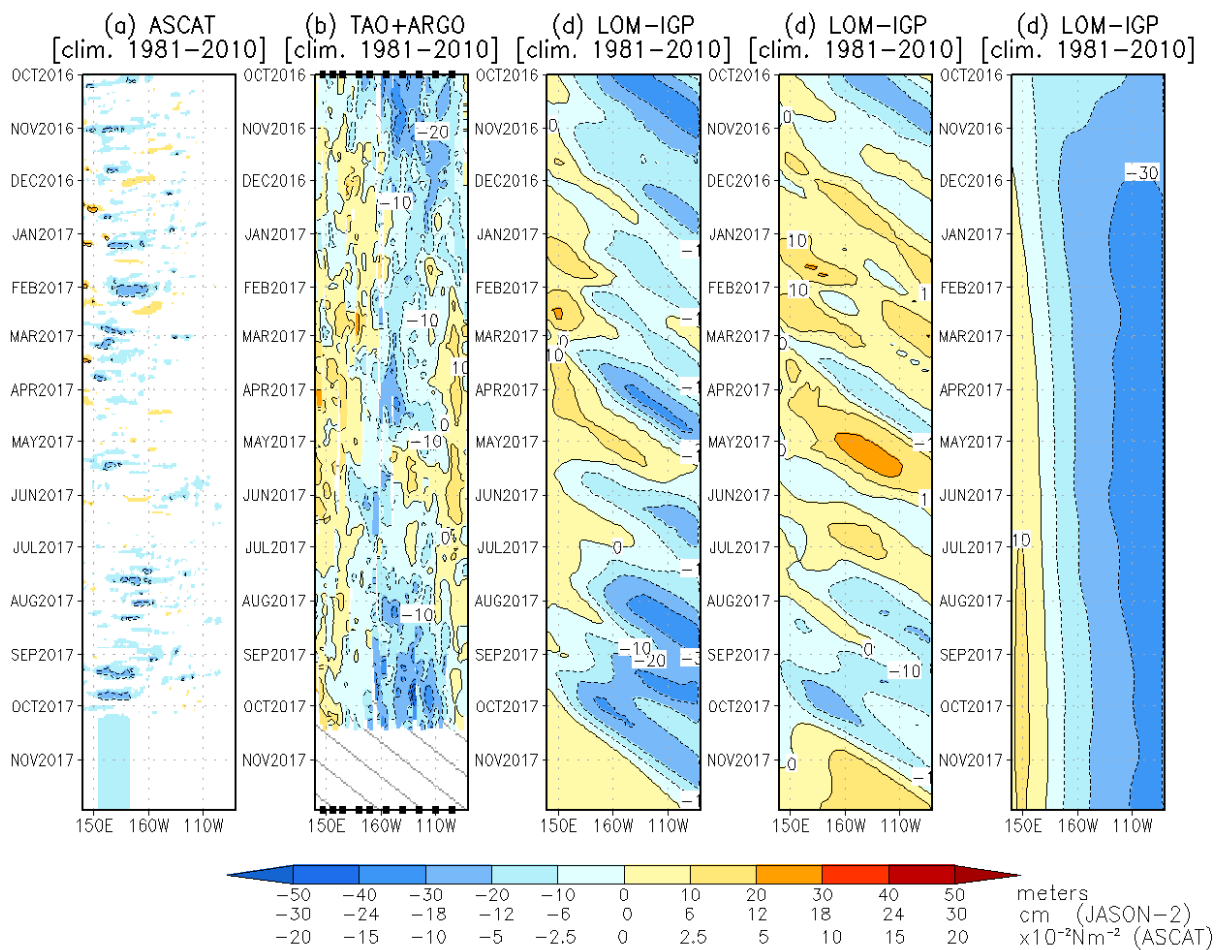


Figura 7. De izquierda a derecha: diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (primer panel); anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C de TAO y los derivados de ARGO (segundo panel); onda Kelvin (tercer panel), onda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

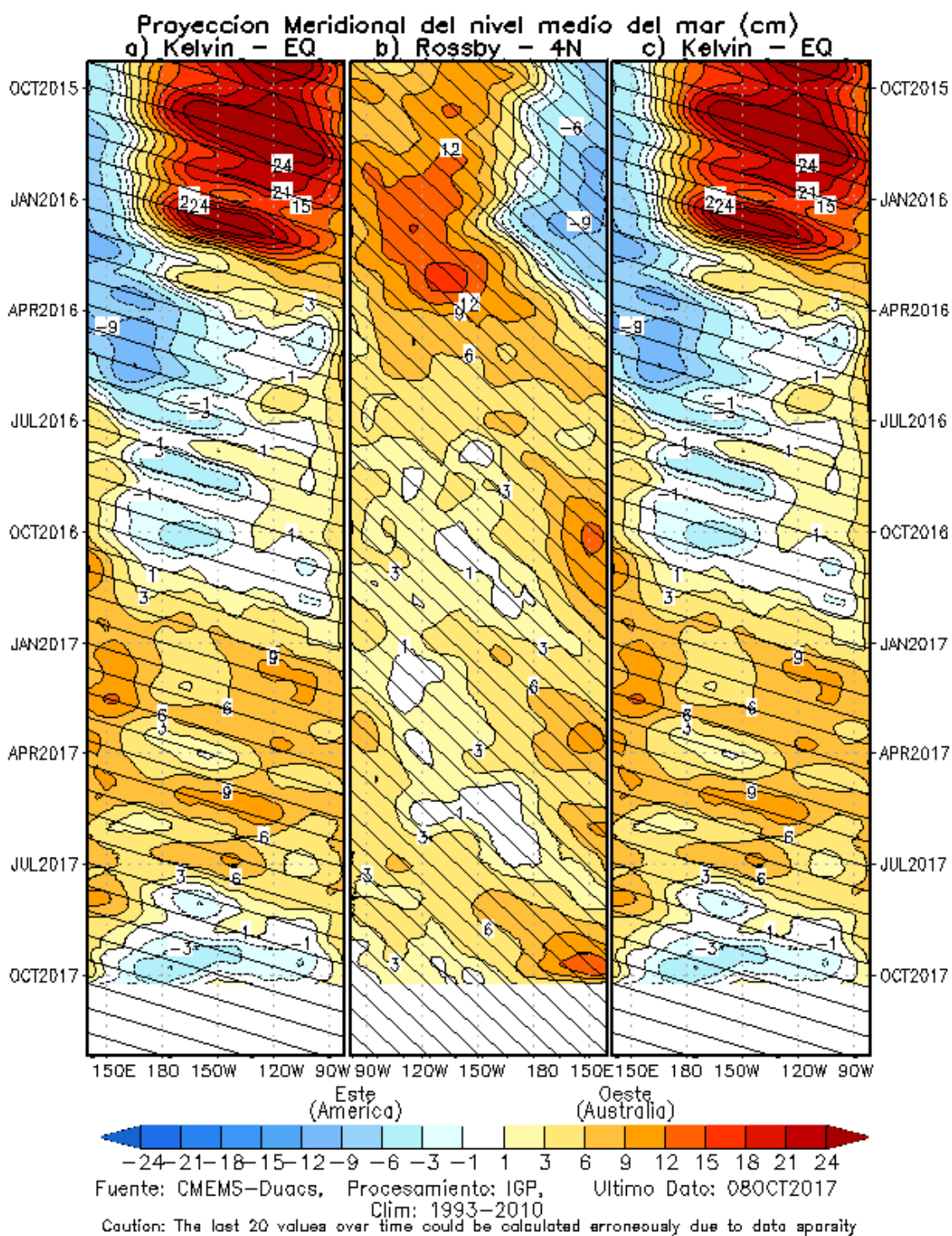


Figura 8. Proyección meridional del nivel medio del mar (cm), a) onda Kelvin en el Ecuador, b) onda Rossby en 4°N, y c) onda Kelvin en el ecuador.

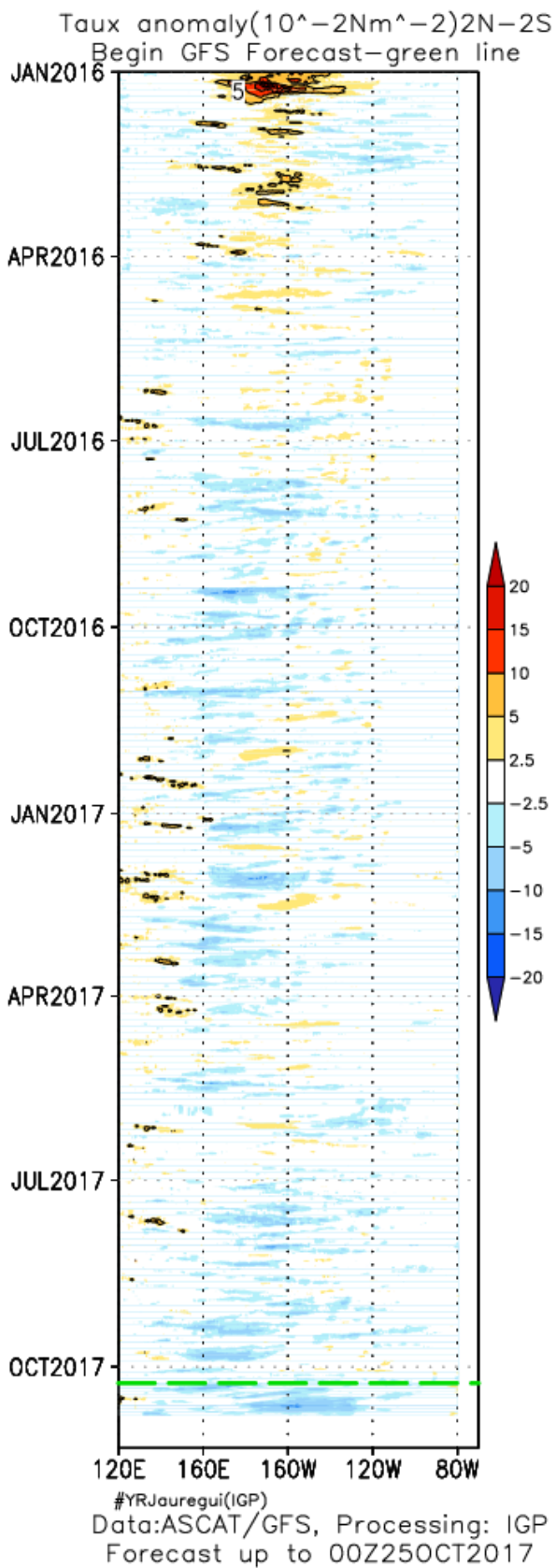


Figura 9: Pronóstico de vientos del modelo GFS en el Pacifico ecuatorial (2°N-2°S), hasta el 25 de octubre 2017. 20

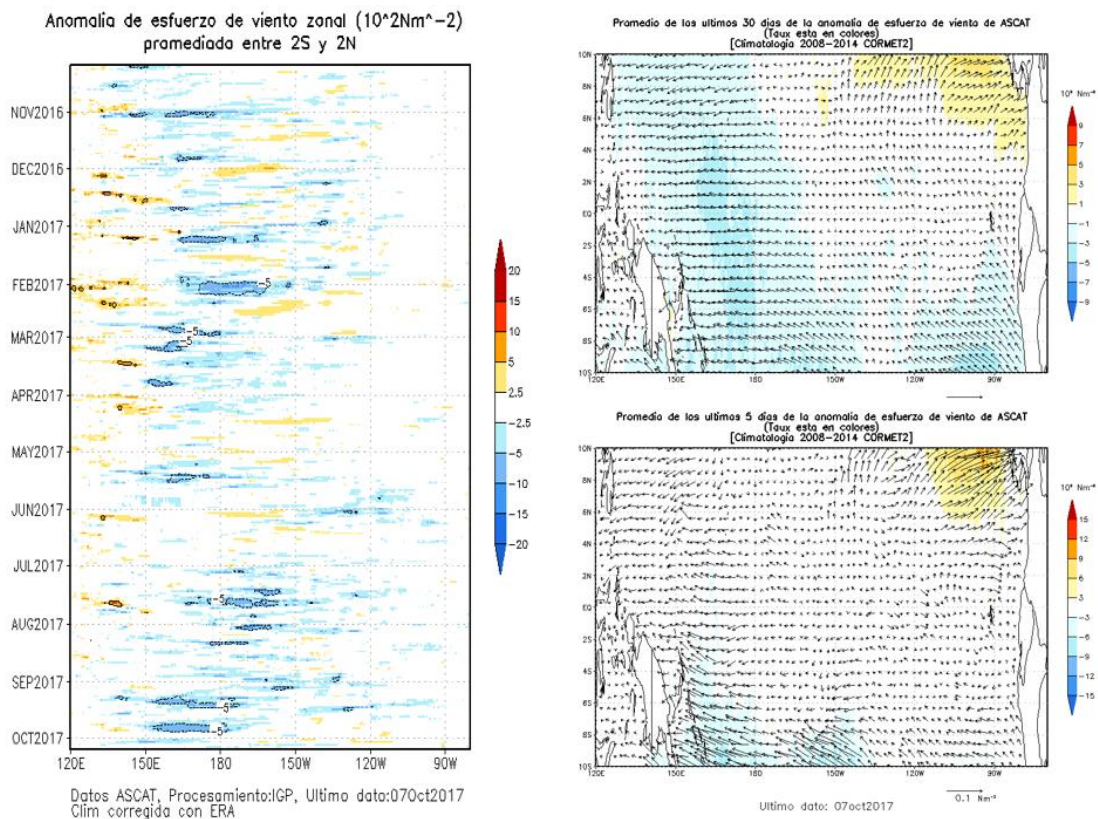


Figura 10. Izquierda: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT. Derecha (superior): Mapa del promedio de 30 días. Derecha (inferior): Mapa del promedio de 5 días, hasta el 07 de octubre de 2017, incluyendo los vectores de esfuerzo zonal. (Elaboración: IGP)

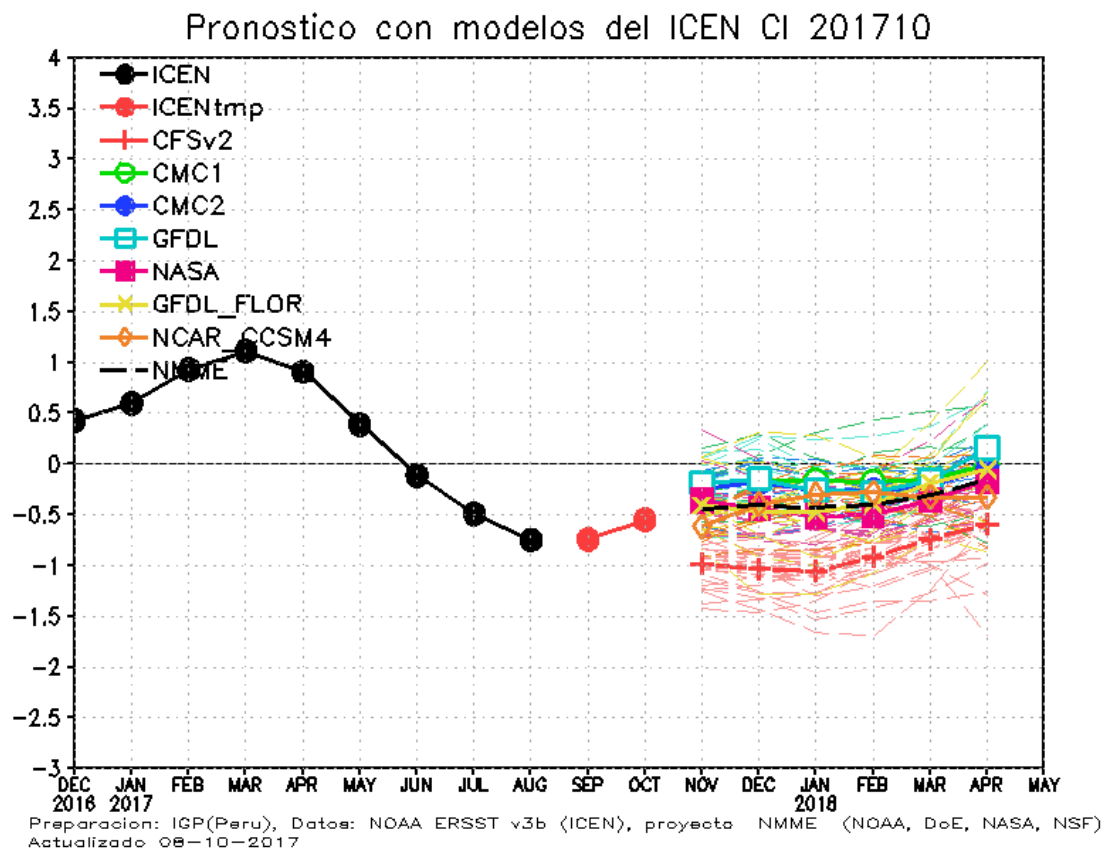
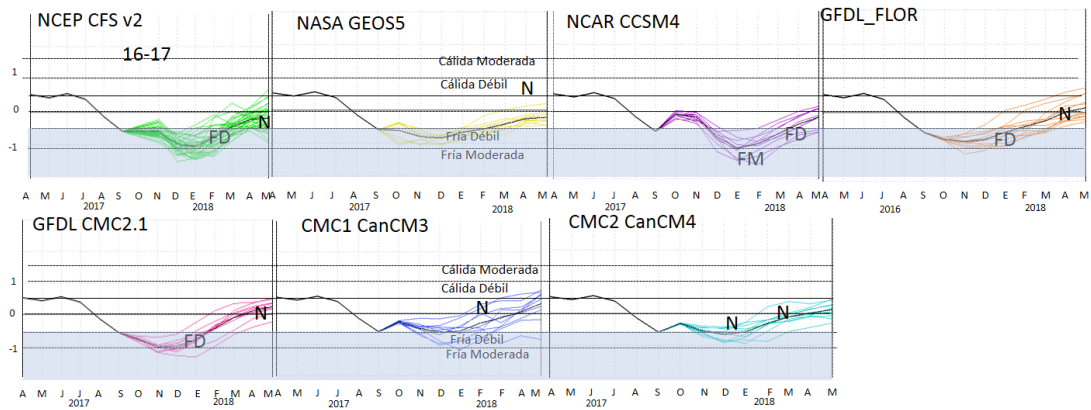


Figura 11. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos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

Condiciones Iniciales de Octubre 2017



Condiciones Iniciales de Set 2017

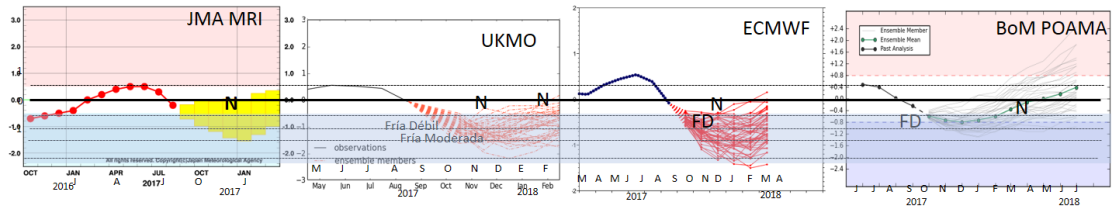


Figura 12. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME y otros.

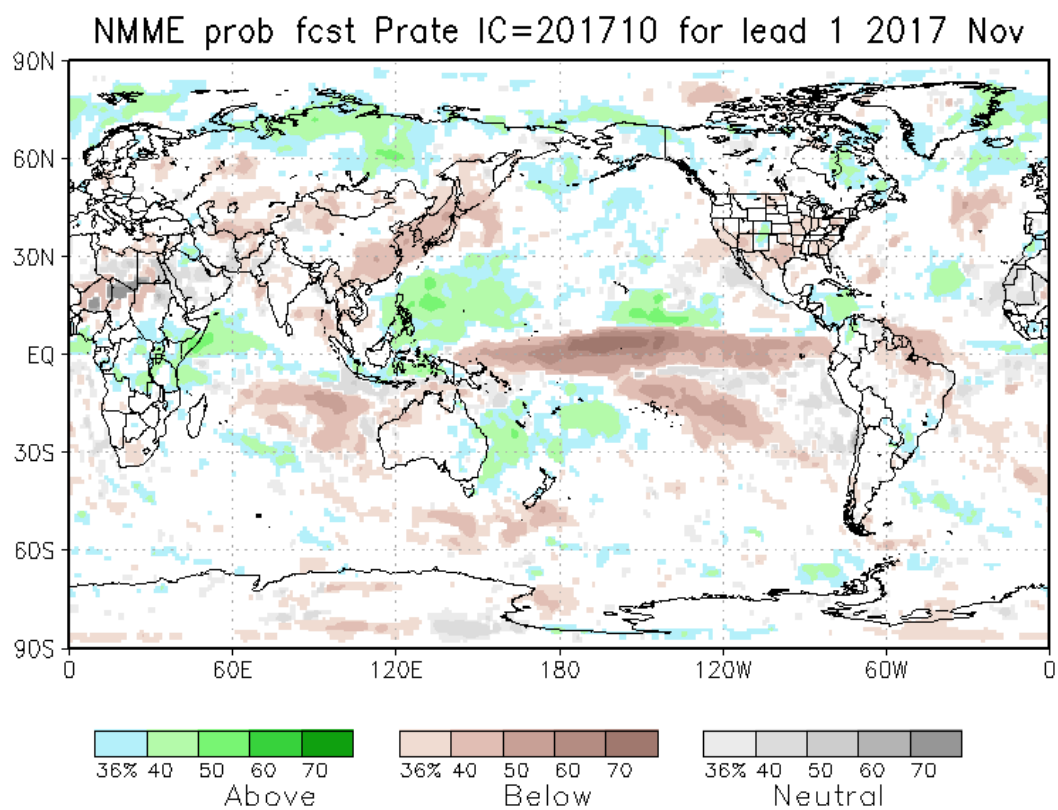


Figura 13. Pronósticos probabilísticos de precipitación (calibrados) para noviembre 2017 por modelos de NMME inicializados en octubre 2017. (Fuente: NOAA).

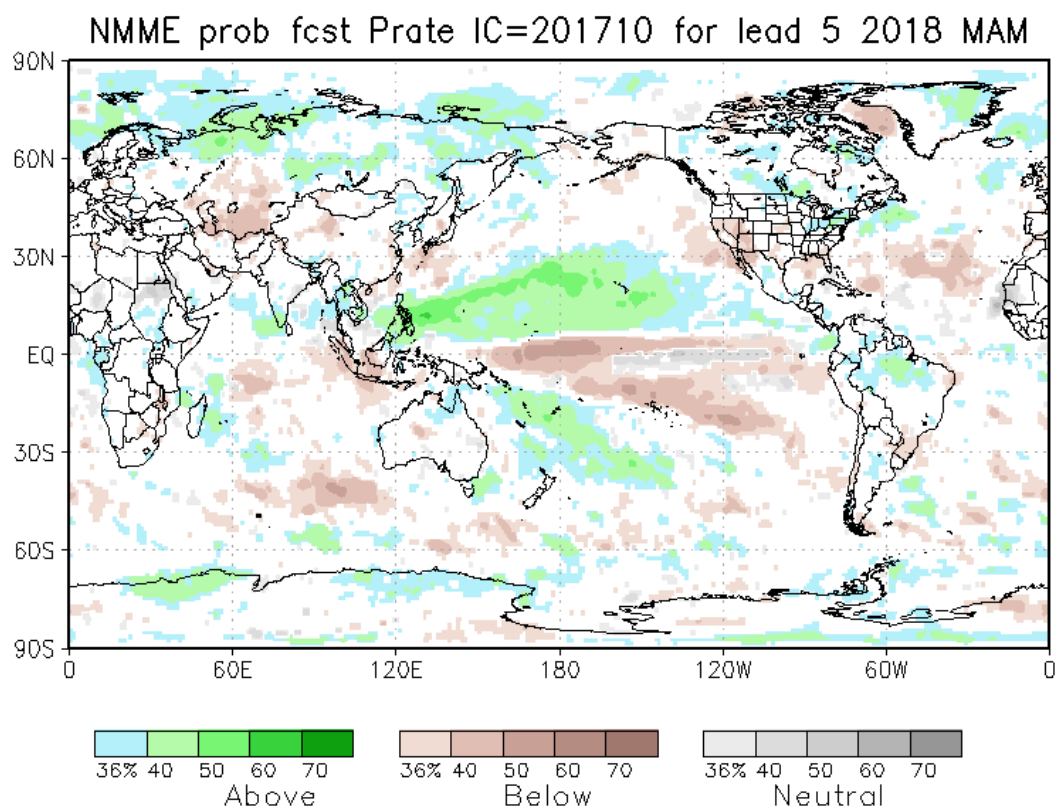


Figura 14. Similar a la Fig. 13 pero para el trimestre marzo-mayo 2018 (Fuente: NOAA).

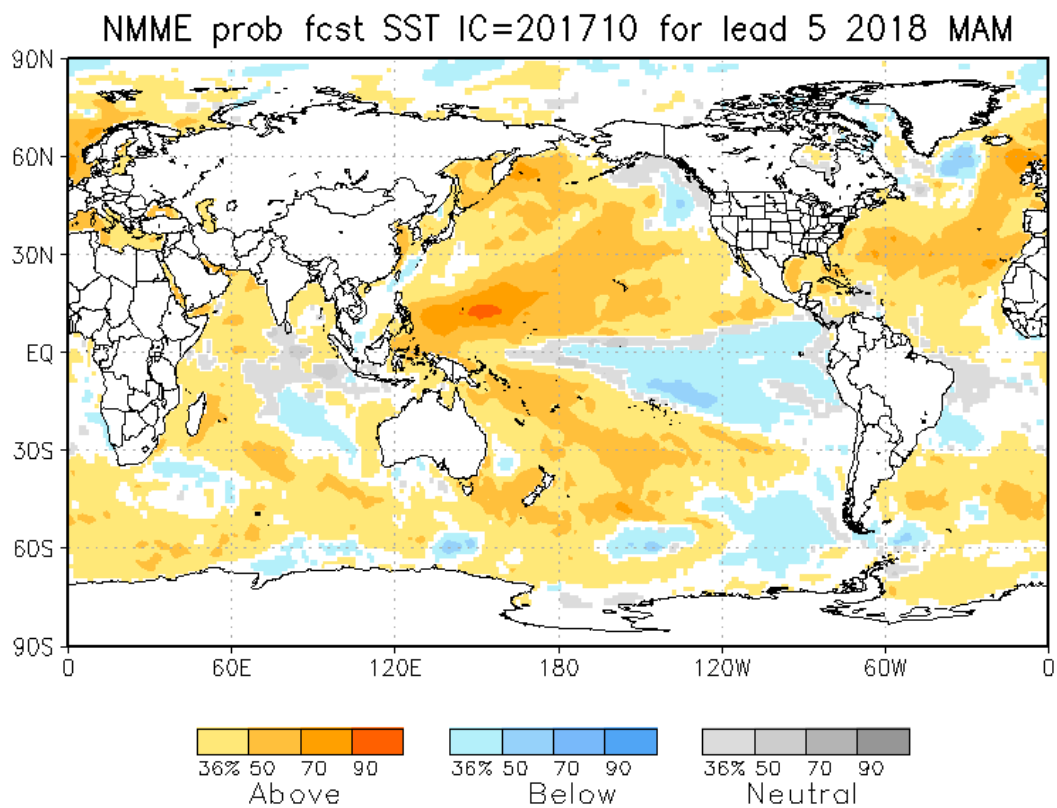


Figura 15. Pronósticos probabilísticos de temperatura superficial del mar (calibrados) para el trimestre marzo-mayo 2018 por modelos de NMME inicializados en octubre 2017. (Fuente: NOAA).

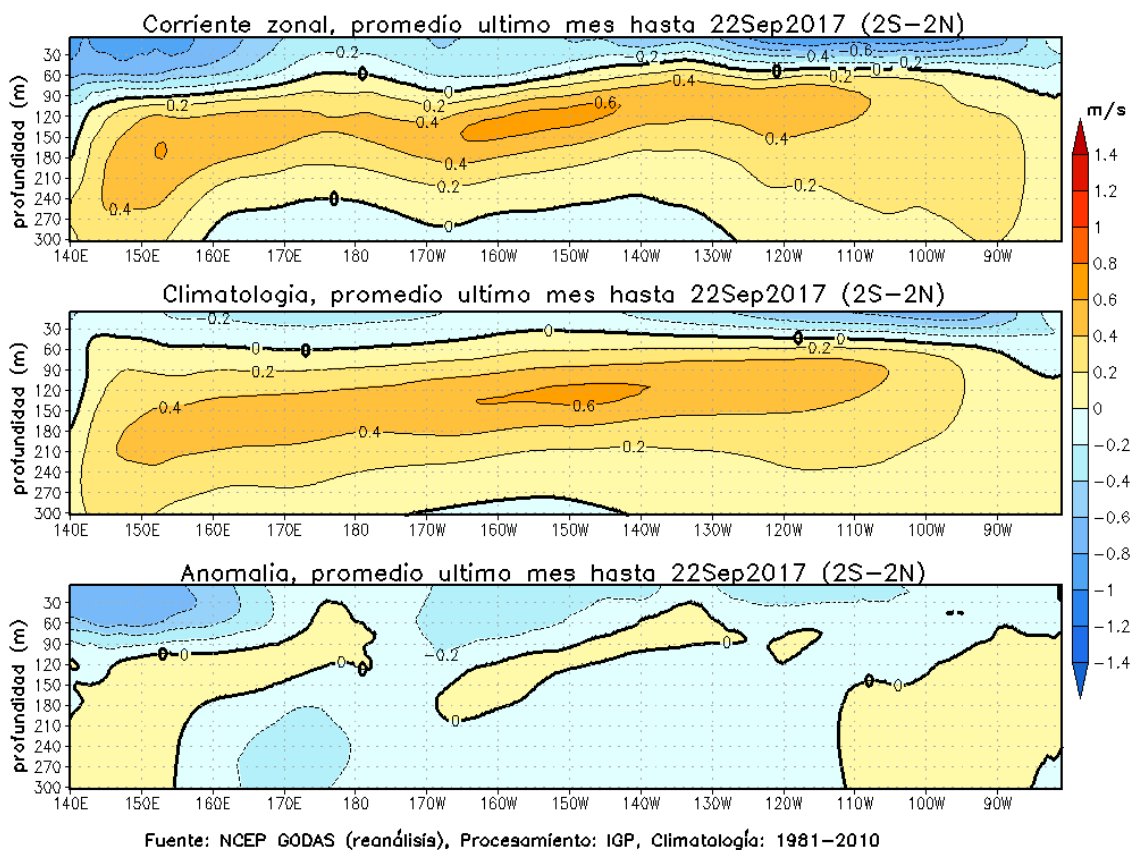


Figura 16. Promedio de los últimos 30 días de las corrientes zonales obtenidas del *reanalysis* GODAS (*Global Ocean Data Assimilation System*: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/GODAS/>) a lo largo de la franja ecuatorial. Arriba se muestra el total; al medio, la climatología; y abajo la anomalía.

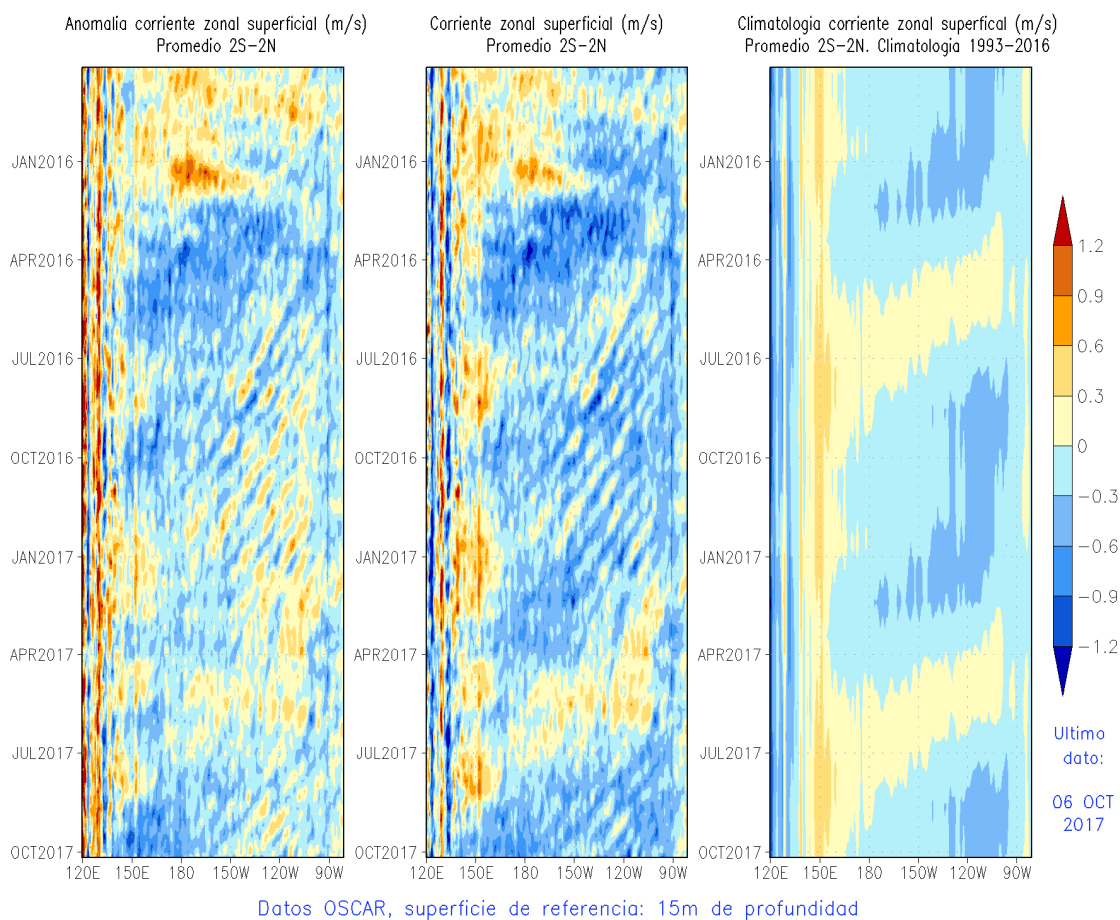


Figura 17. Diagramas longitud versus tiempo de las corrientes zonales a lo largo de la franja ecuatorial (2°S-2°N) obtenido del producto OSCAR (*Ocean Surface Current Analyses Real-time*: http://www.esr.org/oscar_index.html). De izquierda a derecha se gráfica: la anomalía, el total y la climatología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