

**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/2017-10  
10/11/2017**

**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 setiembre de 2017 el valor del Índice Costero El Niño (ICEN), basado en ERSST, indicó la condición climática Neutra (-0.98), mientras que el valor del ICENOI con datos de OISSTv2 correspondió a una condición climática Fría Moderada (-1.28). Los valores temporales del ICEN (ICENtmp) y el ICENOI (ICENOItmp) para el mes de octubre indican condiciones Fría débil y Fría Moderada, respectivamente, y para el mes de noviembre ambas coinciden en mostrar condiciones Frías Débiles. En lo que respecta al Pacífico Central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI) de la NOAA indica que setiembre tuvo condiciones Neutras; los índices temporales estimados para octubre y noviembre indican condiciones Frías Débiles.

Según el análisis de los modelos oceánicos utilizados y los datos observados, se espera que la temperatura superficial del mar (TSM) en el litoral peruano se presente entre alrededor de lo normal a ligeramente más fríos hasta finales de año y en los primeros meses del año 2018.

Para el pronóstico a largo plazo, los siete modelos numéricos de NMME, inicializados con condiciones del mes de noviembre, predicen en promedio, a pesar de mostrar anomalías ligeramente negativas, condiciones del tipo Neutral en el Pacífico oriental hasta el mes de mayo de 2018.

Para los meses de diciembre y enero en el Pacífico Central, 2 de 7 modelos de NMME indican condiciones Frías Moderadas, y 5 modelos indican Frías Débiles. En promedio, los modelos de NMME muestran condiciones frías débiles hasta el mes de marzo 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 64% (condición inicial de octubre) a 85% (condición inicial de noviembre).

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 en el verano de 2008 durante La Niña 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 octubre 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 setiembre de 2017. Los valores se muestran en la Tabla 1. El valor de setiembre corresponde a condiciones Neutras, aunque con el valor de la TSM por debajo de su promedio.

Año	Mes	ICEN (°C)	Condiciones
2017	Junio	-0.11	Neutra
2017	Julio	-0.49	Neutra
2017	Agosto	-0.75	Neutra
2017	Setiembre	-0.98	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	Octubre	-1.01	Fría Débil	2017/09-10: ERSST; 2017/11: NMME
2017	Noviembre	-1.04	Fría Débil	2017/10: ERSST; 2017/11-12: NMME

Tabla 2. Estimados preliminares del ICEN (ICENtmp)

Según los valores del ICENtmp, se estima que en los meses de octubre y noviembre de 2017 las condiciones serían Frías Débiles. El ICEN de octubre será confirmado cuando se disponga del valor de ERSST para el mes de noviembre 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	Junio	<b>0.04</b>	Neutra
2017	Julio	<b>-0.47</b>	Neutra
2017	Agosto	<b>-0.84</b>	Neutra
2017	Setiembre	<b>-1.28</b>	Fría Moderada

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	ICENotmp	Condiciones	Fuente
2017	Octubre	-1.31	Fría Moderada	2017/09-10: OISSTv2; 2017/11: NMME
2017	Noviembre	-1.20	Fría Débil	2017/10: OISSTv2; 2017/11-12: NMME

Tabla 4. Estimados preliminares del ICENOI (ICENotmp)

Los valores del ICENotmp estimados para octubre y noviembre de 2017 corresponden a condiciones Frías Moderadas y Frías Débiles respectivamente. El ICENOI de octubre será confirmado cuando se disponga del valor de OISST v2 para el mes de noviembre 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 setiembre de 2017, es de  $-0,42^{\circ}\text{C}$ , correspondiente a condiciones Neutras<sup>1</sup>.

Año	Mes	ONI (°C)	Categoría
2017	Junio	<b>0.27</b>	Neutra
2017	Julio	<b>-0.10</b>	Neutra
2017	Agosto	<b>-0.15</b>	Neutra
2017	Setiembre	<b>-0.42</b>	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 Frías Débiles para los meses de octubre y noviembre 2017 (Tabla 6).

<sup>1</sup> Los umbrales para establecer la categoría de condiciones cálidas o frías débiles, moderadas, fuertes, y muy fuertes usando el ONI son  $\pm 0.50$ ,  $\pm 1.00$ ,  $\pm 1.50$ , y  $\pm 2.00$ , respectivamente (Nota Técnica ENFEN, 02-2015).

Año	Mes	ONItmp	Condiciones	Fuente
2017	Octubre	-0.58	Fría Débil	2017/09-10: ERSST; 2017/11: NMME
2017	Noviembre	-0.76	Fría Débil	2017/10: ERSST; 2017/11-12: NMME

Tabla 6. Estimados preliminares del ONI (ONItmp)

### Diagnóstico del Pacífico Ecuatorial

Según los datos (IR, MW, OSTIA), en el Pacífico central las anomalías de la TSM diaria continuaron en el rango neutral, manteniéndose cerca al valor de  $-0.5^{\circ}\text{C}$  (ver Figura 5a). Para la región Niño 1+2, la anomalía de la TSM también indica anomalías negativas, con un promedio de  $-1.4^{\circ}\text{C}$ , siguiendo una tendencia negativa a partir de los últimos días de octubre (Figura 5b).

En octubre, el esfuerzo de viento zonal mensual en el Pacífico central ( $160^{\circ}\text{E}$ - $160^{\circ}\text{W}$ ;  $5^{\circ}\text{S}$ - $5^{\circ}\text{N}$ ) continuó con anomalía del este (Figura 3), siendo de menor magnitud que el mes anterior; las máximas anomalías negativas se observaron en la segunda y tercera 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 continúa mostrando 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 octubre, continuaron mostrando anomalías negativas (corrientes hacia el oeste) en la parte superior del océano, principalmente al oeste de  $170^{\circ}\text{E}$  y entre  $165^{\circ}\text{W}$  y  $100^{\circ}$ . 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, originadas por dos pulsos de vientos del Este relativamente intensos, los cuales se localizaron al oeste de  $150^{\circ}\text{W}$ .

### 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, entre  $160^{\circ}\text{E}$  y  $160^{\circ}\text{W}$  en la franja del Pacífico Ecuatorial. Si esto se diera, entonces se esperaría que parte de esa energía se transmita como onda Kelvin fría que contribuiría en mantener (e incluso disminuir más) la anomalía negativa de la profundidad de la termoclina, principalmente en el Pacífico Oriental, en los siguientes dos meses.

La onda Kelvin cálida observada en la zona occidental del Pacífico, que se habría formado por la reflexión de una onda Rossby cálida en la frontera occidental, podría contribuir a aminorar las anomalías negativas de la profundidad de la termoclina en el Pacífico central.

### Pronóstico estacional con modelos climáticos

Según los 7 modelos climáticos de NMME (CFSv2, NASA\_GEOS5, FLOR, CM2.1, NCAR\_CCM4, CMC1 y CMC2), con condiciones iniciales de noviembre para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), indican en promedio condiciones neutras hasta el mes de mayo de 2018, (Fig. 11 y Tabla 7). En contraste con los pronósticos del mes anterior, estos son menores e indican anomalías negativas. Además, los modelos CFSv2 y NCAR\_CCS indican condiciones Niña moderada y Niñas débil entre los meses de noviembre-febrero y noviembre-enero, respectivamente.

Para el Pacífico central (Niño 3.4), según los modelos de NMME, inicializados en noviembre, para los meses de diciembre y enero de 2018, 2 de 7 modelos indican condiciones frías moderadas, 5 modelos indican frías débiles. Para el mes de febrero los 7 modelos indican condiciones frías débiles. El pronóstico promedio de los modelos de NMME y el modelo BoM POAMA indican la presencia de La Niña de magnitud débil para el verano 2017/18 (Tabla 8 y Fig. 12). Considerando los modelos JMA MRI, UKMO, y ECMWF, inicializado en octubre, también indican La Niña débil para el mismo periodo (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 octubre, a 85% con condiciones iniciales de diciembre. 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 sucedido en febrero del año 2008, fecha en la cual se desarrollaba un evento La Niña en el Pacífico Central.

Modelo	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ
CFS2		-1.31	-1.43	-1.40	-1.27	-1.00	-0.72	-0.42
CMC1		-0.83	-0.55	-0.48	-0.46	-0.41	-0.30	-0.13
CMC2		-0.82	-0.55	-0.41	-0.41	-0.48	-0.50	-0.45
GFDL		-1.06	-0.97	-0.81	-0.63	-0.37	-0.19	0.18
NASA		-0.79	-0.53	-0.49	-0.41	-0.26	-0.05	0.27
GFDL_FLOR		-1.06	-0.90	-0.70	-0.60	-0.49	-0.43	-0.23
NCAR_CCSM4		-1.53	-1.48	-1.14	-0.85	-0.64	-0.42	-0.13
NMME		-1.06	-0.92	-0.78	-0.66	-0.52	-0.37	-0.13
ICENtmp	-1.01							

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

Modelo	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ
CFS2		-0.64	-0.94	-0.98	-0.97	-0.80	-0.53	-0.32
CMC1		-0.71	-0.84	-0.83	-0.61	-0.33	-0.09	0.15

CMC2		-0.75	-0.94	-0.99	-0.93	-0.78	-0.62	-0.39
GFDL		-0.90	-1.15	-1.10	-0.84	-0.52	-0.23	0.08
NASA		-0.98	-1.15	-1.03	-0.85	-0.66	-0.46	-0.22
GFDL_FLOR		-0.78	-0.96	-0.96	-0.84	-0.62	-0.36	-0.08
NCAR_CCSM4		-0.49	-0.66	-0.86	-0.90	-0.67	-0.35	-0.13
NMME		-0.75	-0.95	-0.96	-0.85	-0.63	-0.38	-0.13
ONItmp	-0.58							

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

Costero	Agosto 2017	Setiembre 2017	Octubre 2017	Noviembre 2017
La Niña fuerte	0%	0%	0%	1%
La Niña moderada	0%	0%	0%	0%
La Niña débil	0%	0%	0%	1%
Neutro	86%	100%	100%	98%
El Niño débil	14%	0%	0%	0%
El Niño moderado	0%	0%	0%	0%
El Niño fuerte	0%	0%	0%	0%
El Niño extraordinario	0%	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	Noviembre 2017
La Niña muy fuerte	0%	0%	0%	0%
La Niña fuerte	0%	0%	0%	0%
La Niña moderada	0%	0%	0%	0%
La Niña débil	8%	43%	64%	85%
Neutro	81%	57%	36%	15%
El Niño débil	10%	0%	0%	0%
El Niño moderado	1%	0%	0%	0%
El Niño fuerte	0%	0%	0%	0%
El Niño muy fuerte	0%	0%	0%	0%

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

## Conclusiones:

1. **El ICEN para setiembre** de 2017 fue de **-0.98 (Neutra)** y el **ICENtmp para octubre y noviembre** de 2017 es **-1.01 y -1.04 (Niña Débil)**. Usando OI mensual para el cálculo (**ICENOI**), los valores correspondientes son **-1.28 (Fría Moderada)**, y los temporales **-1.31 (Fría Moderada)** y **-1.20 (Fría Débil)**. El ICEN calculado con la **versión 5** de ERSST para setiembre es **-0.66 (Neutro)** y los temporales para **octubre y Noviembre son -0.89 y -0.90 (Neutro)**, respectivamente.
2. En el Pacífico central, el ONI de setiembre (ASO) correspondieron a condiciones **Neutras**, y el estimado para **octubre** sería el de condiciones **Fría Débil**. La ATSM en la región Niño 3.4, fue, en promedio, -0.5.
3. En octubre, según TAO, el viento zonal ecuatorial presentó anomalías del este en el Pacífico central-occidental (al oeste de 160°W).
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 ligeramente inclinada, similares a las de octubre del año pasado. En relación a la descarga, esta ha resultado con en anomalías negativas de contenido de calor.
6. Durante el mes de octubre, según los datos de ASCAT y NCEP, se observaron dos pulsos de viento del Este relativamente intensos, los cuales se localizaron al oeste de 150°W, aproximadamente. Estas anomalías negativas forman parte de un conjunto de pulsos de viento del este que se vienen observando desde el mes de julio del presente año.
7. Estos pulsos 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. Las presencias de estas ondas también se observan en los datos de nivel del mar de DUACS y 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, tal como lo muestran los modelos oceánicos lineales y la descomposición de modos meridionales usando DUACS.
9. Hay que indicar que el modelo de ondas, por el momento, está sobreestimando la anomalía negativa 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, entre 160°E y 160°W, en la franja 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. La onda Kelvin cálida que se observa en el Pacífico Occidental podría contribuir a 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 64% (condiciones iniciales de octubre) a 85% (condiciones. Iniciales de noviembre). 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 tal como se mostró en los pronósticos del año 2016 para este mes. Esto indica pocas probabilidades de que se pueda repetir un evento similar a El Niño costero del año 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 mayo de 2018; en contraste con los pronósticos del mes anterior, estos índices son menores para el verano, según los modelos CFSv2 y NCAR\_CCS se espera condiciones Niña moderadas y Niñas débiles entre los meses (Nov-Feb) y (Nov-Ene) respectivamente.
14. Para el Pacífico central (Región Niño 3.4), **para los meses de diciembre y enero 2 de 7 modelos de NMME indican condiciones frías Modeladas, 5 modelos frías débiles. Para el mes de febrero los 7 modelos** indican condiciones Frías Débiles. El pronóstico de los modelos de NMME y el modelo BoM POAMA indican La Niña de magnitud Débil para el verano (DEFM) 2017/18.

## Bibliografía

- **Aparco J., K. Mosquera y K. Takahashi**, 2014: Flotadores Argo para el cálculo de la anomalía de la profundidad de la termoclina ecuatorial (Aplicación Operacional), Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño",

- Instituto Geofísico del Perú, Mayo, 1, 5.
- Cravatte, S., W. S. Kessler, N. Smith, S. E. Wijffels, Ando, K., Cronin, M., Farrar, T., Guilyardi, E., Kumar, A., Lee, T., Roemmich, D., Serra, Y., Sprintall, J., Strutton, P., Sutton, A., **Takahashi, K.** y Wittenberg, A., 2016: First Report of TPOS 2020. GOOS-215, 200 pp. [<http://tpos2020.org/first-report>]
  - DiNezio, P., 2016: Desafíos en la predicción de La Niña, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, 3 (9), 4-8.
  - **ENFEN 2012**: Definición operacional de los eventos "El Niño" y "La Niña" y sus magnitudes en la costa del Perú. *Nota Técnica ENFEN*.
  - **ENFEN 2015**: Pronóstico probabilístico de la magnitud de El Niño costero en el verano 2015-2016. *Nota Técnica ENFEN 02-2015*.
  - Huang, B., Thorne, P.W, Banzon, V. F., Boyer, T., Chepurin, G., Lawrimore, J. H., Menne, M. J., Smith, T. M., Vose, R. S., Zhang, H.-M., 2017: Extended Reconstructed Sea Surface Temperature version 5 (ERSSTv5): Upgrades, validations, and intercomparisons, *J. Climate*, doi: [10.1175/JCLI-D-16-0836.1](https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0836.1)
  - Kug, J.-S., Jin, F.-F., An, S.-I., 2009: Two types of El Niño events: Cold tongue El Niño and warm pool El Niño. *J. Climate* 22, 6, 1499–1515, doi:10.1175/2008JCLI2624.1.
  - Lavado-Casimiro, W., **Espinoza, J. C.**, 2014: Impactos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú (1965-2007), *Revista Brasileira de Meteorologia*, 29 (2), 171-182.
  - Meehl G, Hu A, Teng H, 2016: Initialized decadal prediction for transition to positive phase of the Interdecadal Pacific Oscillation. *Nature Communications*, doi: 10.1038/ncomms11718
  - **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/elniño/>

**Equipo**

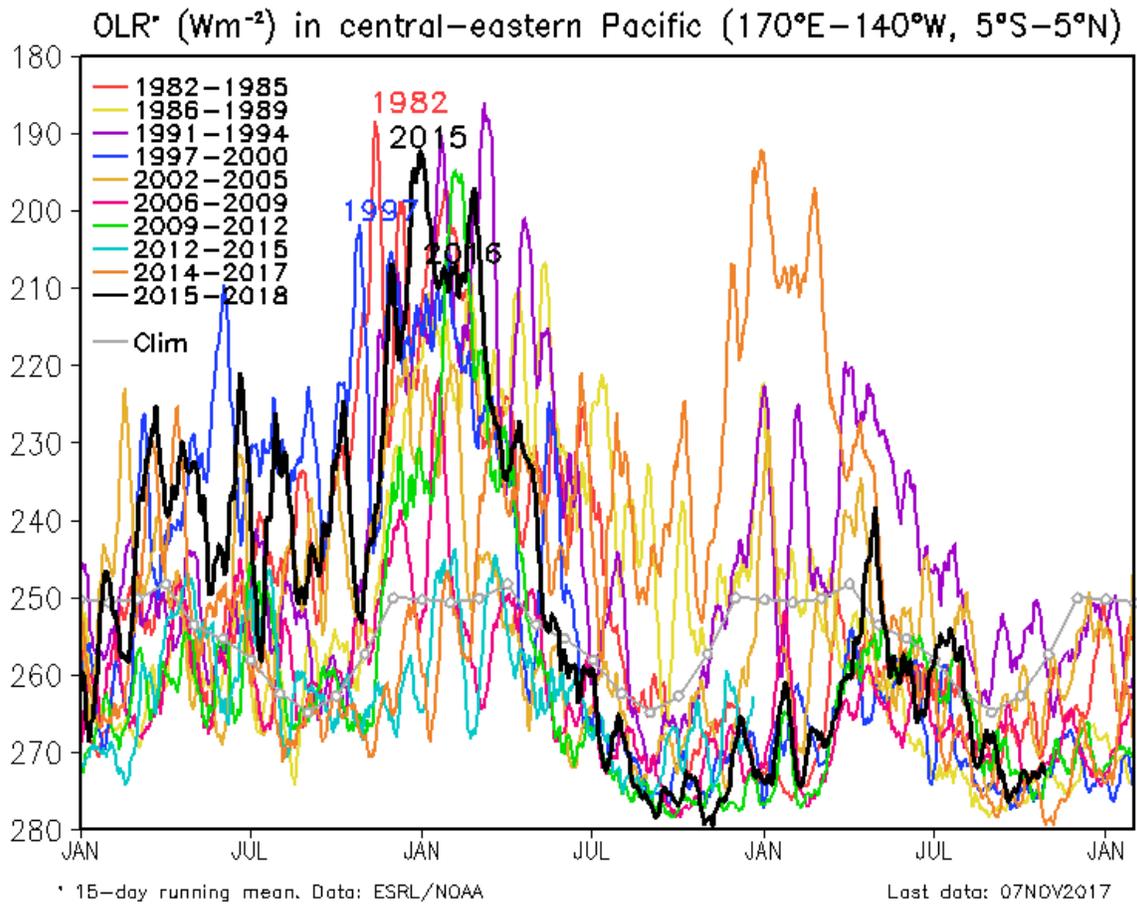
Kobi Mosquera, Dr. (responsable)

Jorge Reupo, Bach.

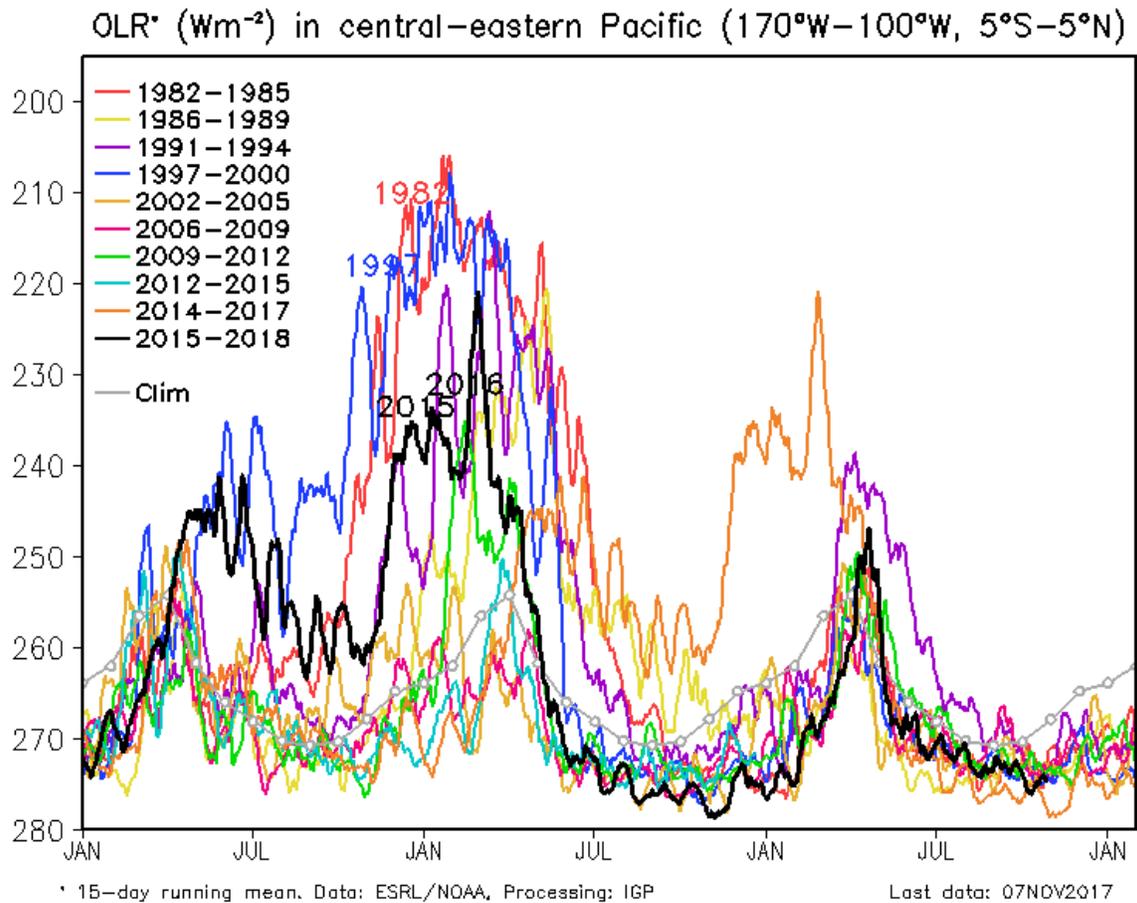
**Agradecimientos**

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.

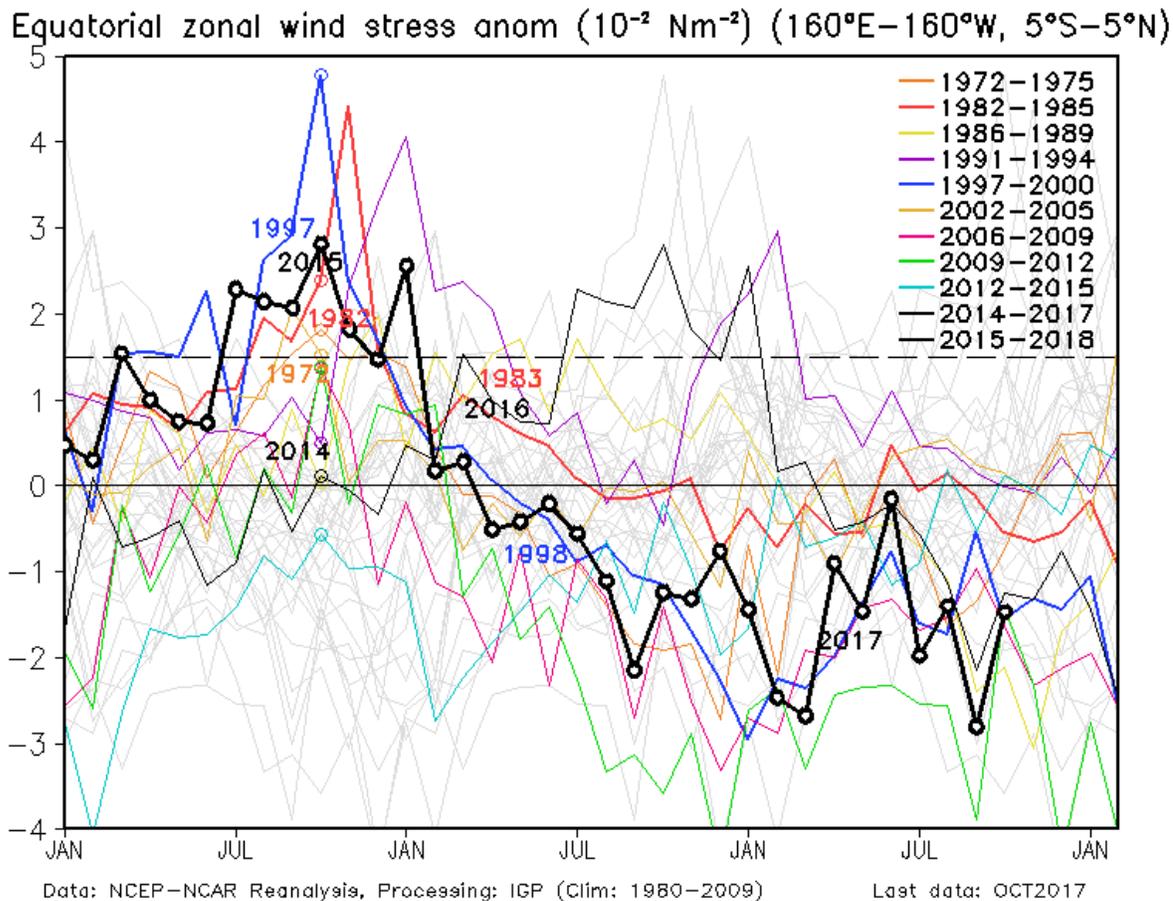
**Figuras**



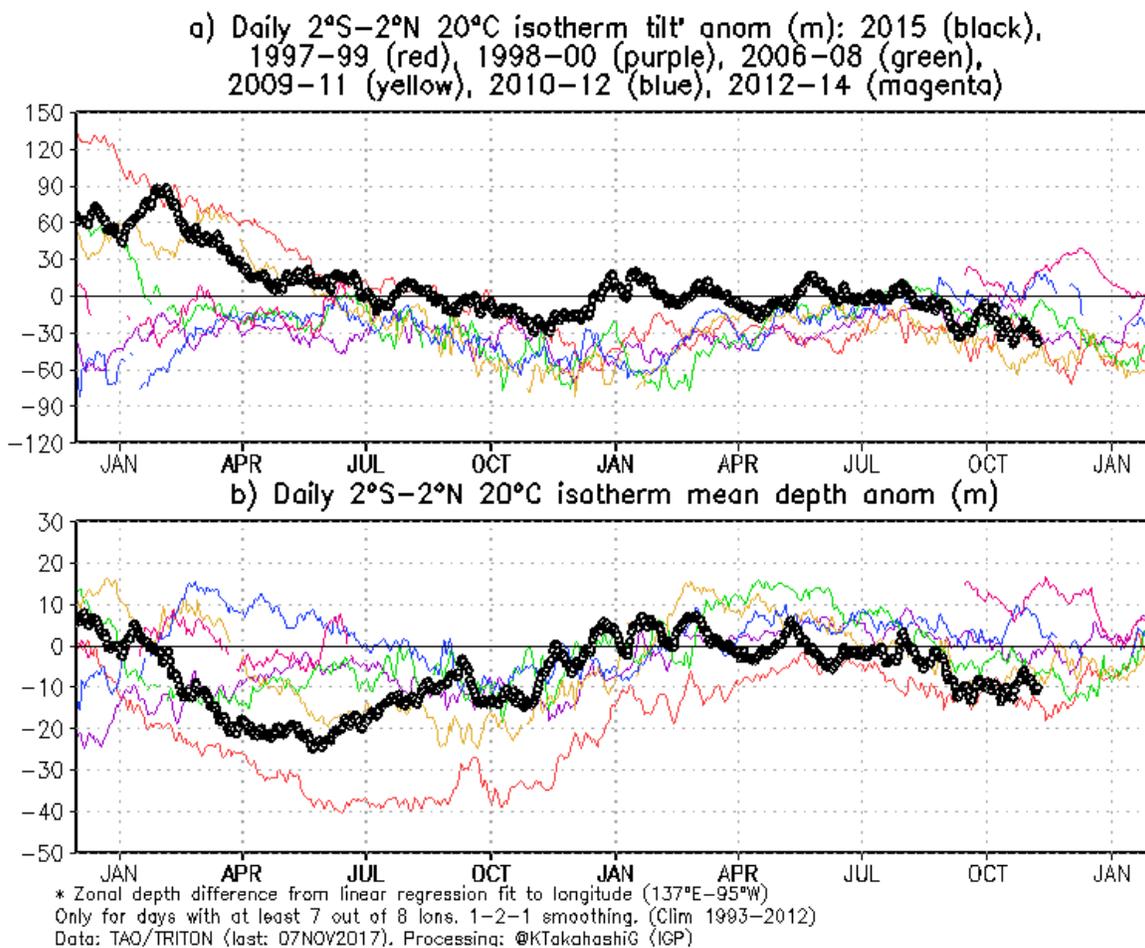
**Figura 1.** Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental ( $170^{\circ}-140^{\circ}W$  y  $5^{\circ}S-5^{\circ}N$ ) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración: IGP



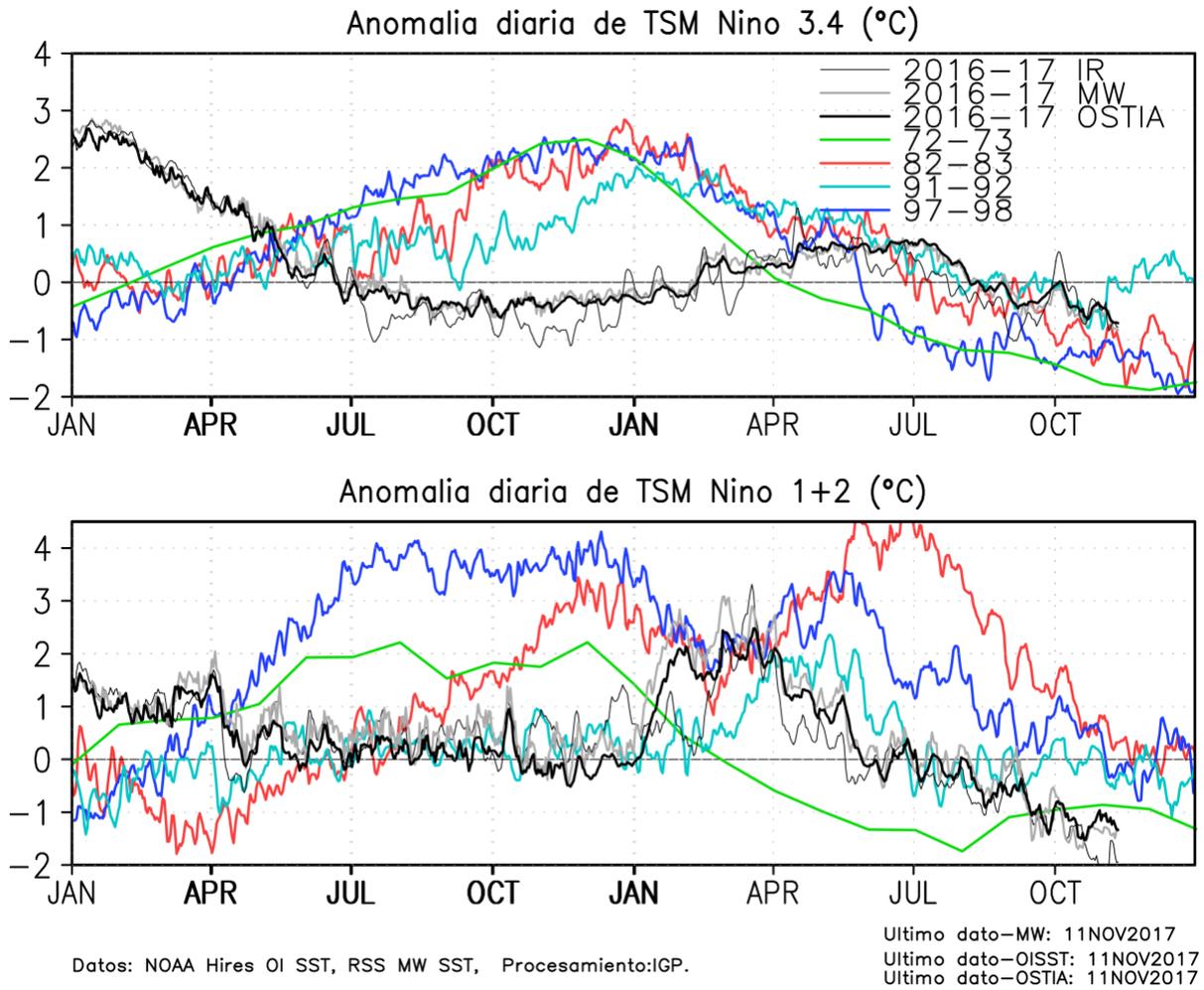
**Figura 2.** Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental ( $170^{\circ}-100^{\circ}\text{W}$  y  $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$ ) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración: IGP



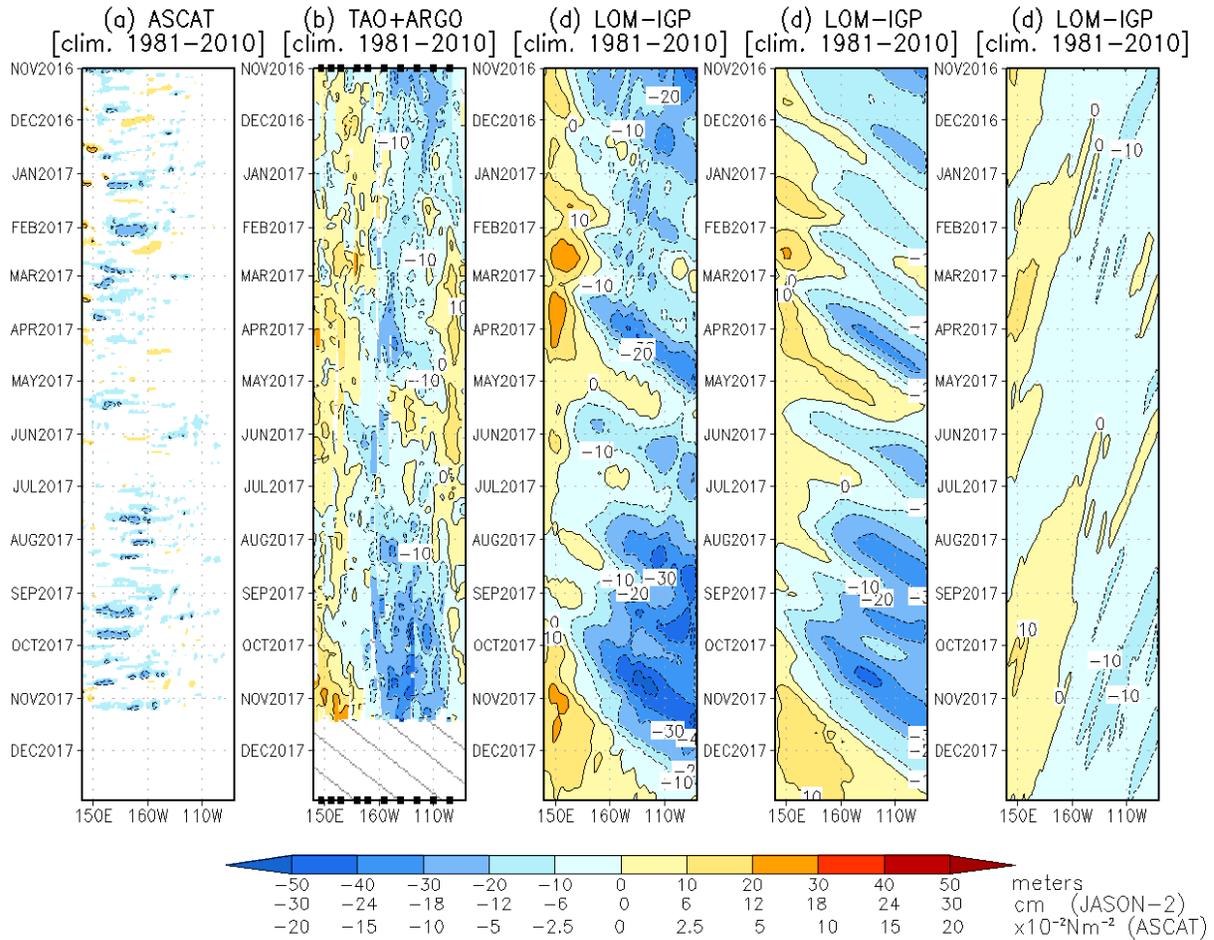
**Figura 3.** Promedio de la anomalía del esfuerzo de viento zonal en el Pacífico Ecuatorial ( $160^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$  y  $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$ ) obtenido de los datos del reanálisis de NCEP-NCAR. Elaboración: IGP



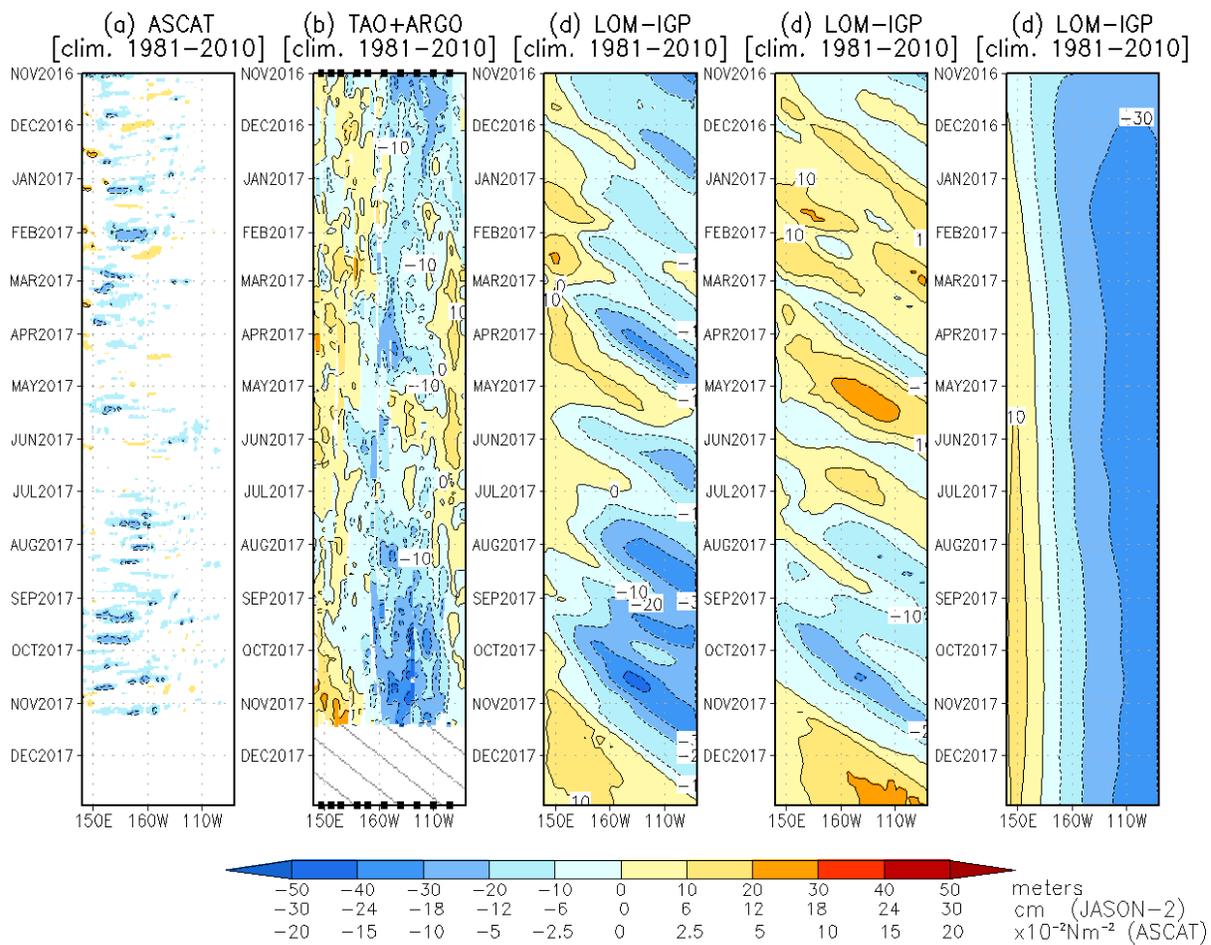
**Figura 4 a)** Inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. **b)** Contenido de calor en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. A diferencia de informes anteriores, se excluyen las boyas TRITON (Pacífico 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 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 Rosbby, 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)

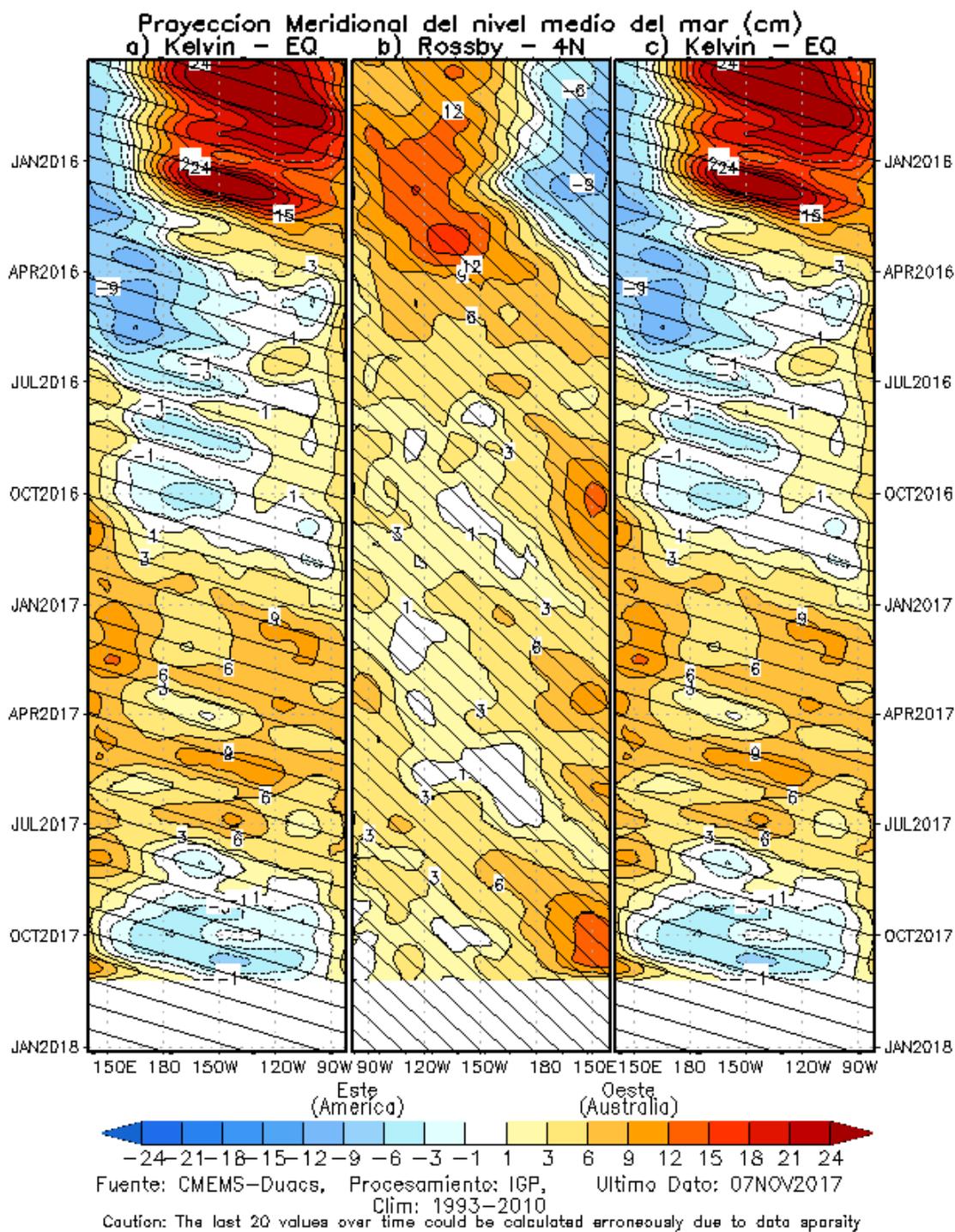


Figura 8. Proyección meridional del nivel medio del mar (cm), a) onda Kelvin en el Ecuador, b) onda Rossby en 4°N, y c) onda Kelvin en el ecuador.

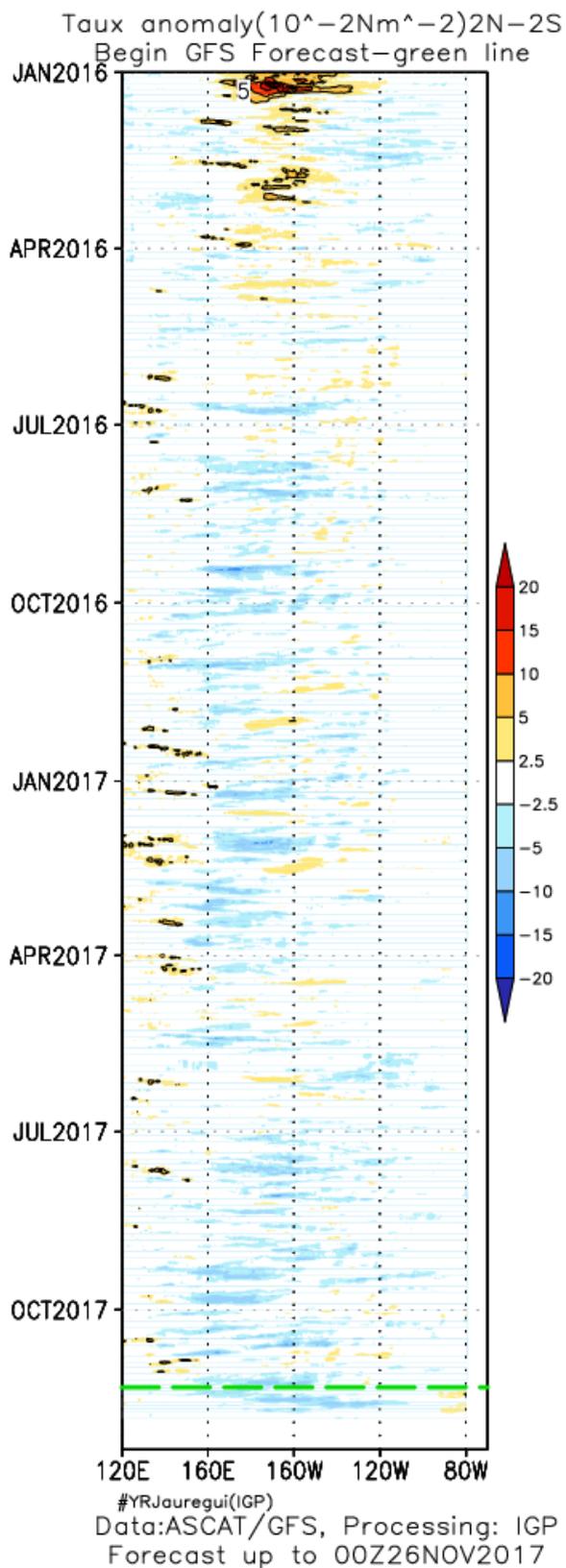
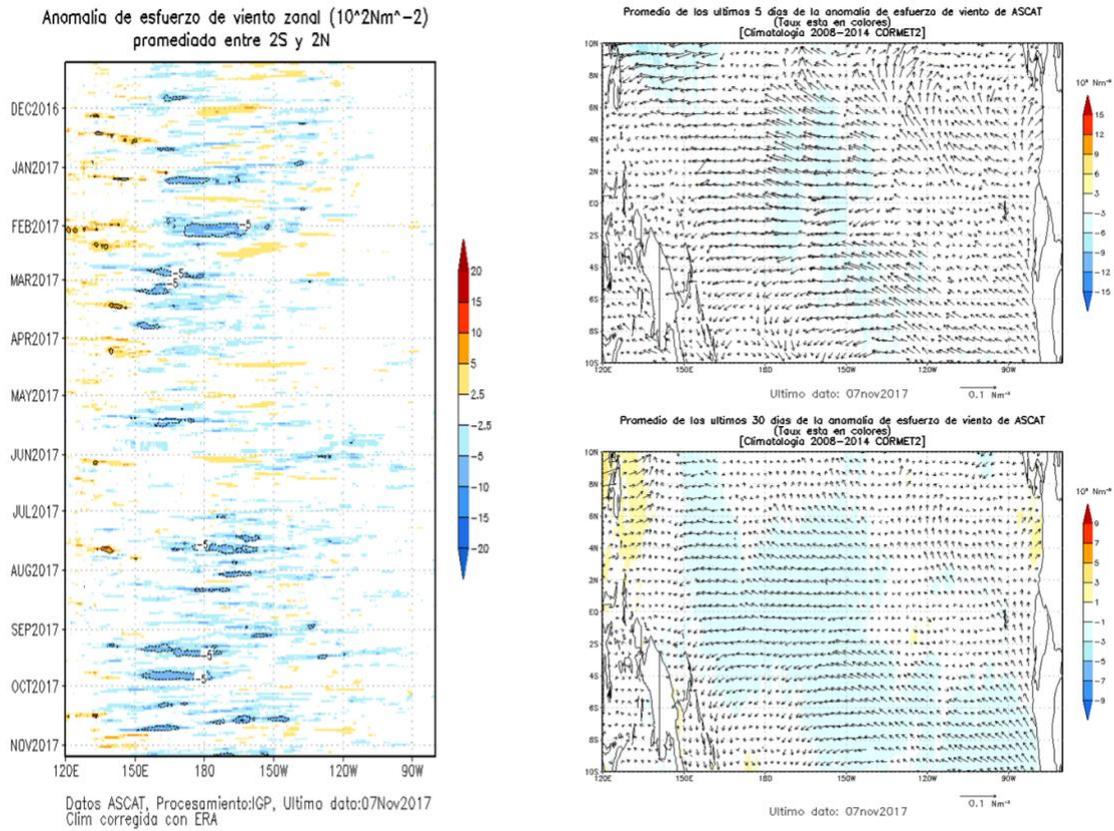
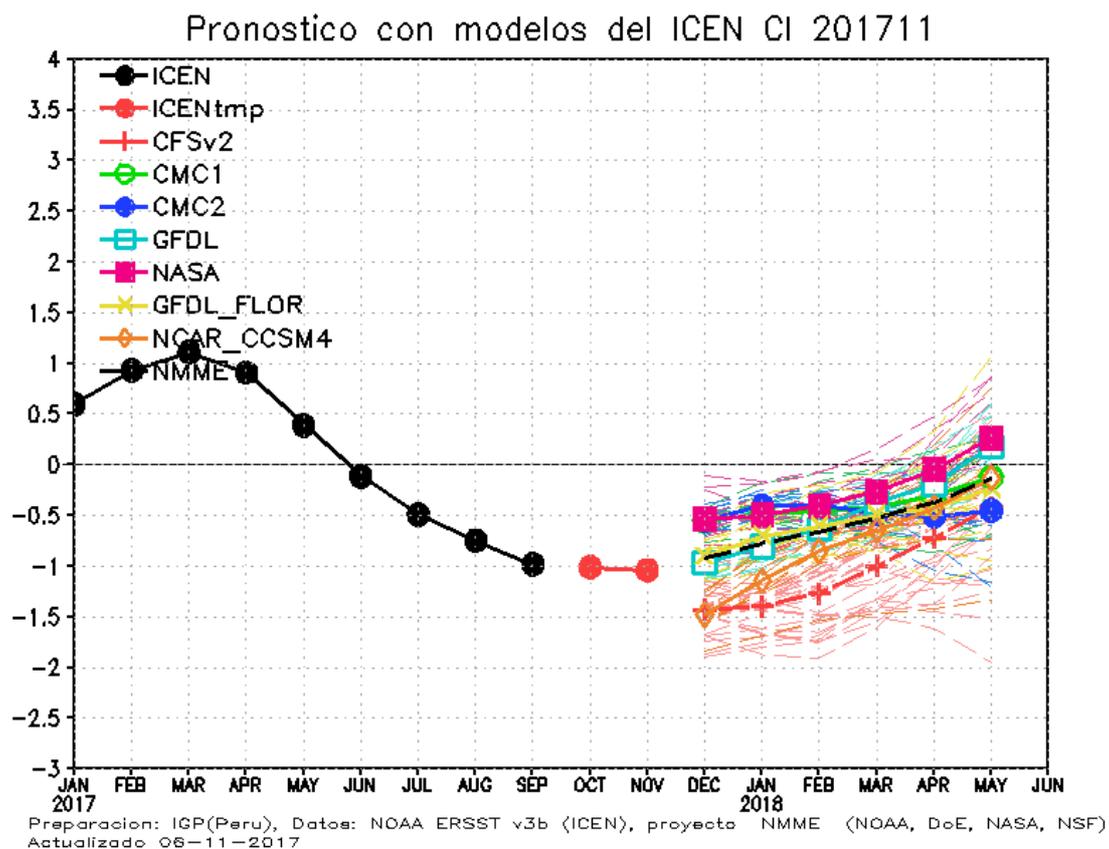


Figura 9: Pronóstico de vientos del modelo GFS en el Pacifico ecuatorial (2°N-2°S), hasta el 26 de noviembre 2017.

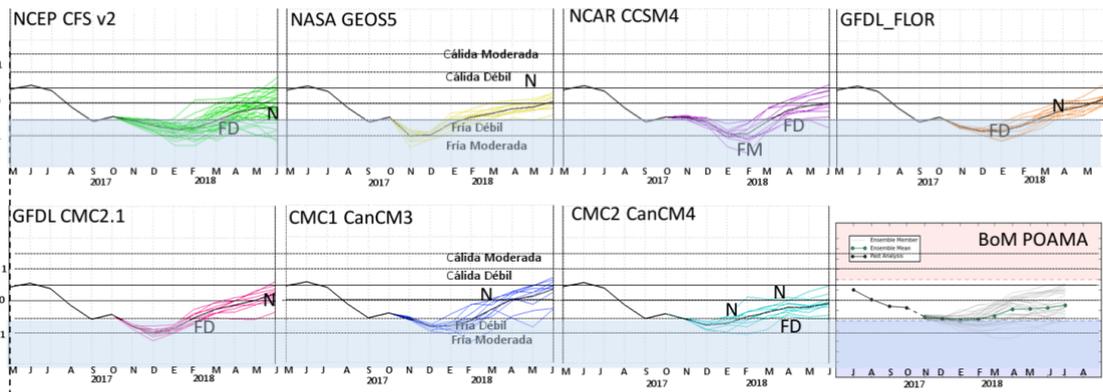


**Figura 10.** Izquierda: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT. Derecha (superior): Mapa del promedio de 30 días. Derecha (inferior): Mapa del promedio de 5 días, hasta el 07 de noviembre de 2017, incluyendo los vectores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

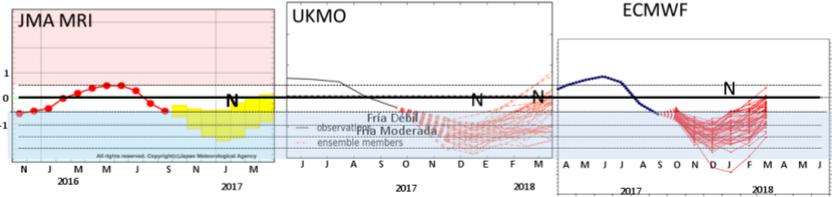


**Figura 11.** Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, GFDL\_FLOR y NCAR\_CCISM4 tienen como condición inicial el mes de noviembre de 2017. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).

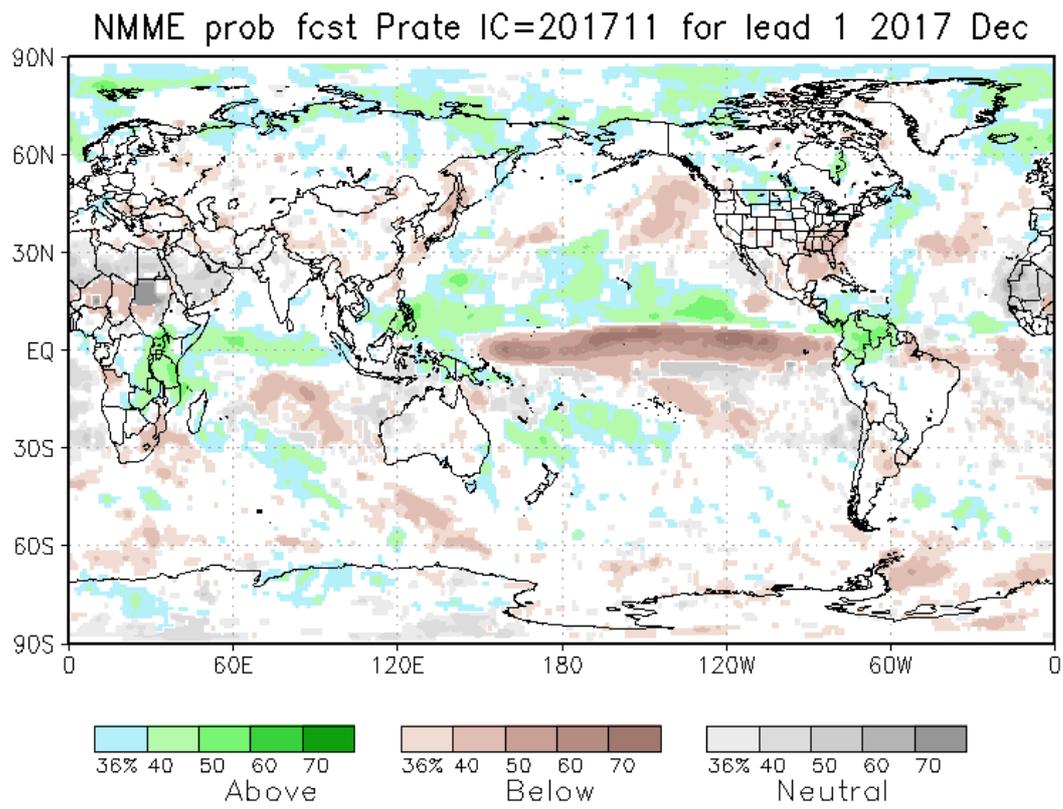
**Condiciones Iniciales de Noviembre 2017**



**Condiciones Iniciales de Octubre 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 diciembre 2017 por modelos de NMME inicializados en noviembre 2017. (Fuente: NOAA).

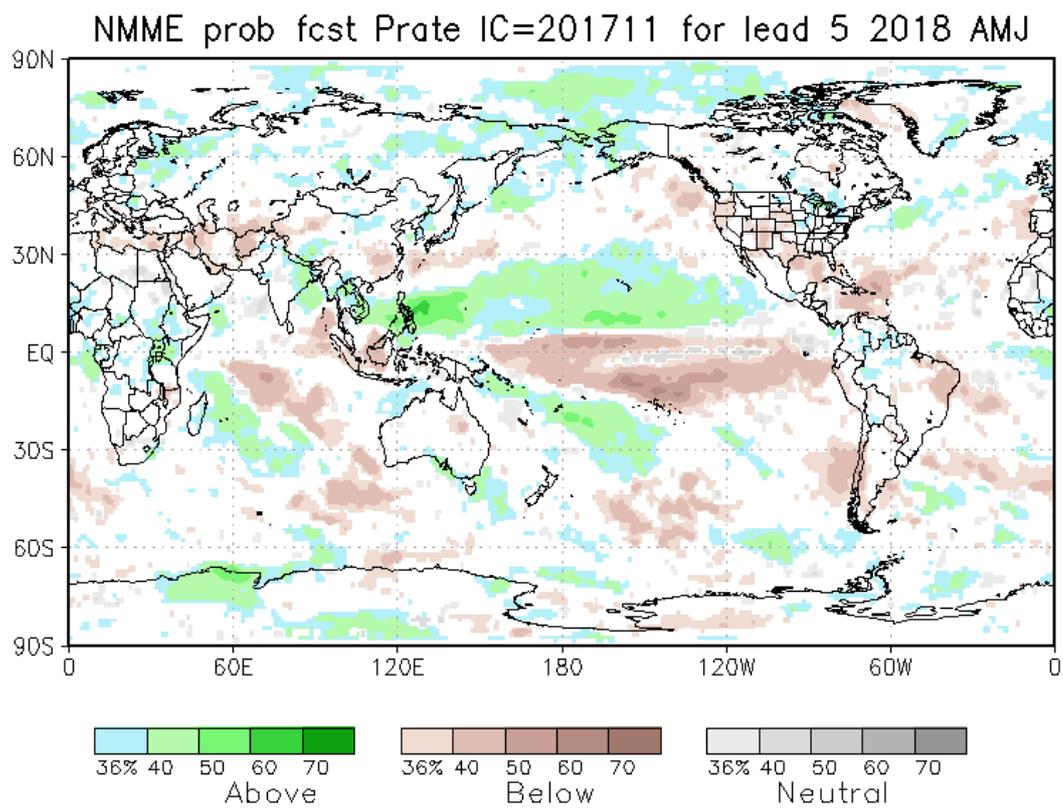
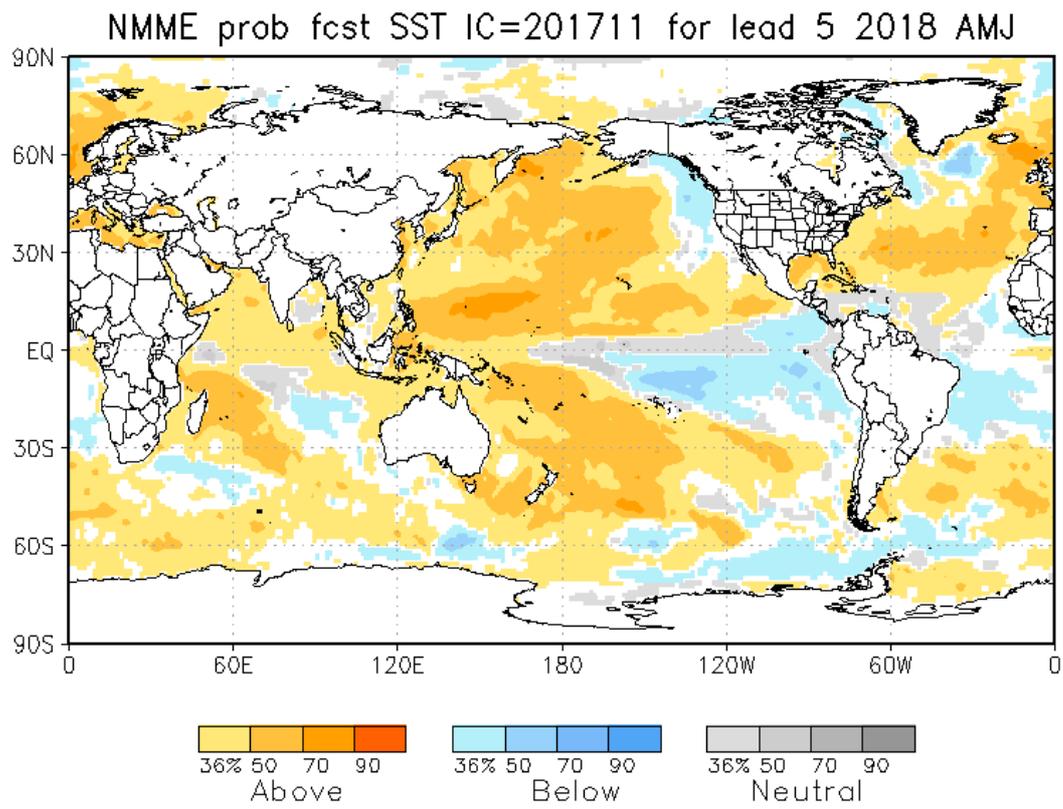


Figura 14. Similar a la Fig. 13 pero para el trimestre abril-junio 2018 (Fuente: NOAA).



**Figura 15.** Pronósticos probabilísticos de temperatura superficial del mar (calibrados) para el trimestre abril-junio 2018 por modelos de NMME inicializados en noviembre 2017. (Fuente: NOAA).

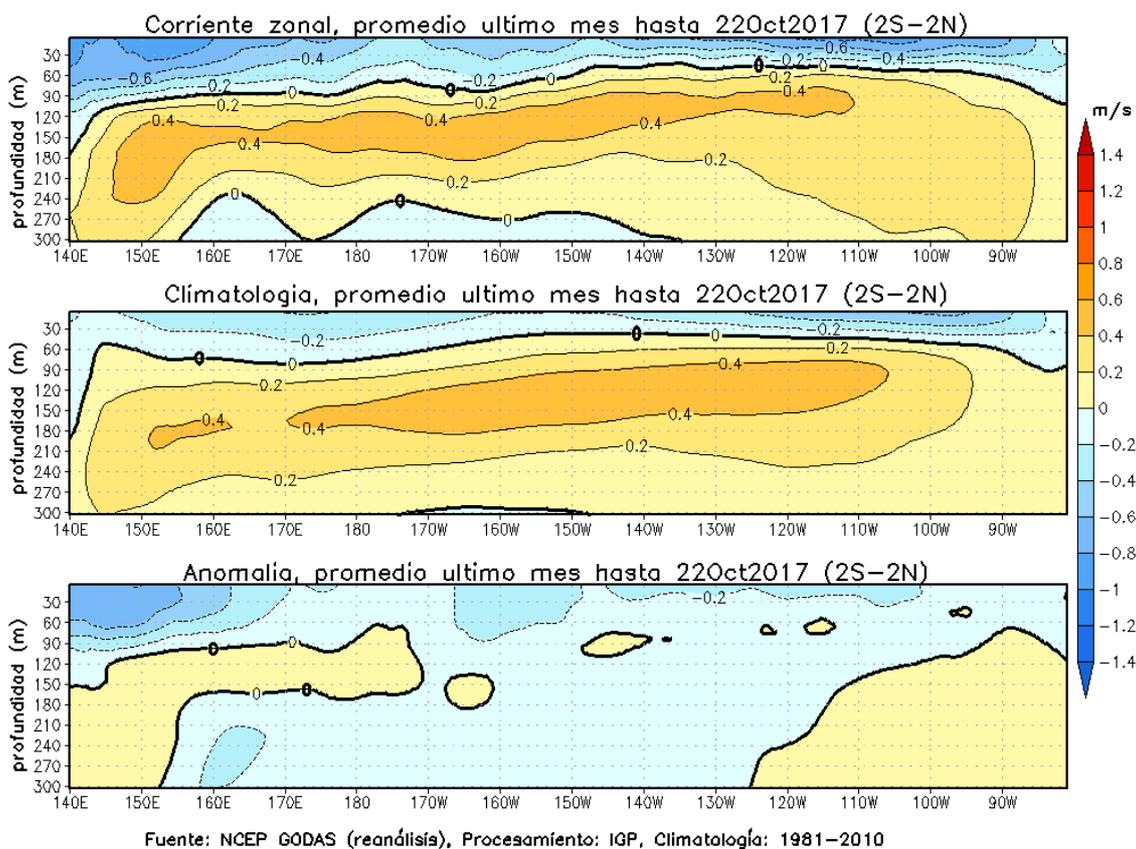


Figura 16. Promedio de los últimos 30 días de las corrientes zonales obtenidas del *reanalysis* GODAS (*Global Ocean Data Assimilation System*: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/GODAS/>) a lo largo de la franja ecuatorial. Arriba se muestra el total; al medio, la climatología; y abajo la anomalía.

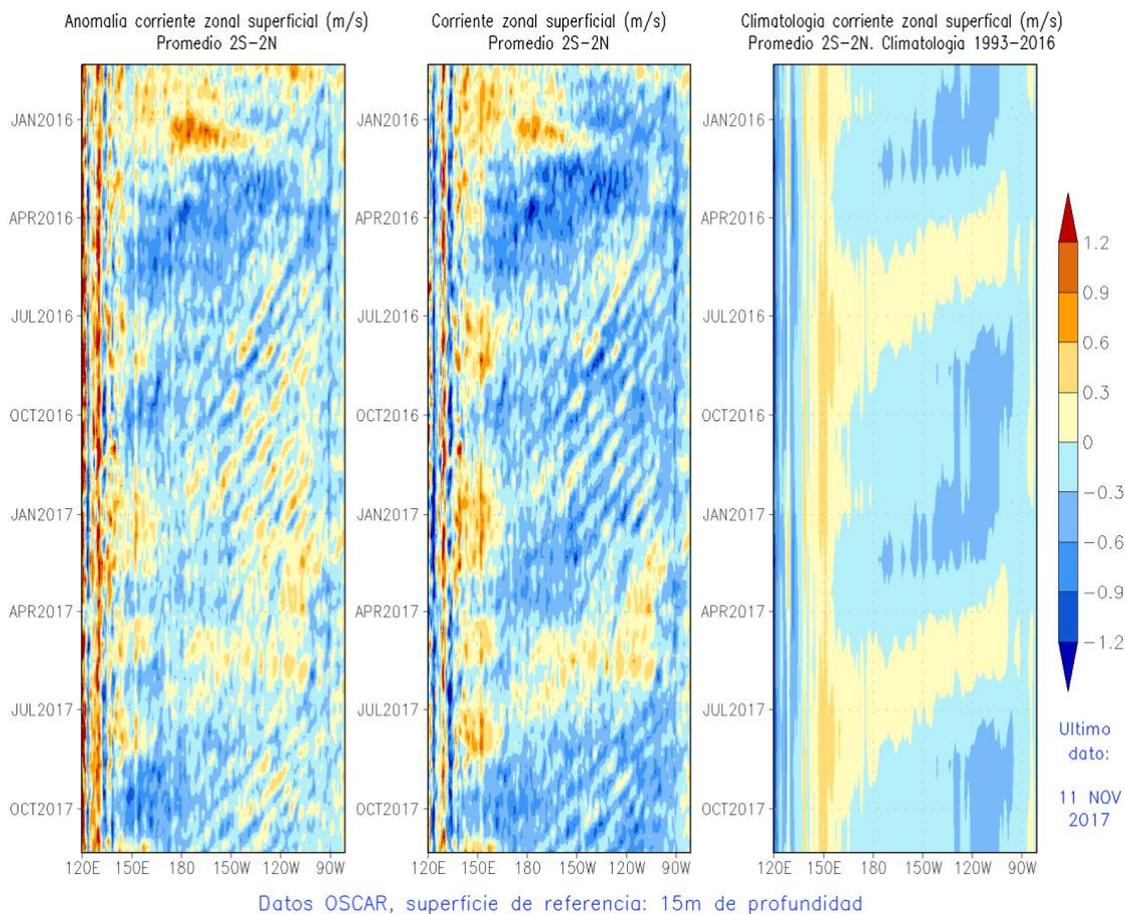


Figura 17. Diagramas longitud versus tiempo de las corrientes zonales a lo largo de la franja ecuatorial (2°S-2°N) obtenido del producto OSCAR (*Ocean Surface Current Analyses Real-time*: [http://www.esr.org/oscar\\_index.html](http://www.esr.org/oscar_index.html)). De izquierda a derecha se gráfica: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