

**PP 068 "Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencia por Desastres" Producto:  
"Entidades informadas en forma permanente y con pronóstico de la ocurrencia del  
Fenómeno El Niño"**

**Actividad: "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la  
ocurrencia del Fenómeno El Niño"**

**Instituto Geofísico del Perú**

**INFORME TÉCNICO Nº PpR/EI Niño-IGP/2015-09  
06/10/2015**

**Advertencia:** El presente informe sirve como insumo para el Comité 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**

Según el Índice Costero El Niño (ICEN), las condiciones climáticas de la costa peruana fueron cálidas fuertes (2.15°C) para el mes de agosto, manteniéndose la presencia de El Niño Costero, el cual ha alcanzado una magnitud de Cálida Fuerte. El valor preliminar del ICEN para el mes de setiembre y octubre también indica condición Cálida Fuerte. El pronóstico de la temperatura superficial del mar de los modelos numéricos internacionales para la región del Pacífico oriental, con condiciones iniciales del mes de setiembre, indican en promedio que los estados climáticos se ubicarían en el rango de fuertes, tanto en noviembre como en diciembre. Estos mismos resultados numéricos predicen que para el Pacífico central las condiciones serían Cálidas Muy Fuertes en esos meses.

En la segunda quincena de setiembre se desarrolló una anomalía de viento del oeste entre 160°E y 160°W, aproximadamente, la que se ha proyectado como onda cálida Kelvin en el nivel del mar y en la termoclina. La presencia de anomalías de vientos entre 180 y 140°W, que se ha presentado a fines de setiembre e inicio de octubre, podría fortalecer esta onda, la cual debe arribar al extremo oriental del Pacífico en el mes de noviembre.

### **Introducción**

Empezando el año 2014, 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 "Entidades informadas en forma permanente y con pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", en el cual el IGP contribuye con la actividad denominada "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño". El presente informe técnico es generado en el marco de esta actividad, el cual es entregado al IMARPE, como coordinador del producto, 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 2015 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 2015. Los valores se muestran en la Tabla 1.

Año	Mes	ICEN (°C)	Condiciones costeras del Mes
2015	Mayo	<b>1.36</b>	Cálida Moderada
2015	Junio	<b>1.96</b>	Cálida Fuerte
2015	Julio	<b>2.15</b>	Cálida Fuerte
2015	Agosto	<b>2.15</b>	Cálida Fuerte

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

Según los valores del ICEN, **se confirma que la condición climática para agosto de 2015 es de CÁLIDA FUERTE**. Se recuerda que, de manera operacional, para declarar El Niño o La Niña en la costa las condiciones costeras deben ser cálidas o frías por al menos 3 meses consecutivos (ENFEN, 2012). **Por lo tanto, actualmente se está desarrollando EL NIÑO COSTERO, que, con la información del ICEN de agosto, ha alcanzado una MAGNITUD FUERTE (ver Tabla 1).**

Para los meses más recientes se generan versiones preliminares y temporales de este índice (ICENtmp) combinando ERSST con otras fuentes. Estos valores sirven como una referencia.

Año	Mes	ICENtmp	Condiciones costeras del mes	Fuente
2015	Setiembre	1.93	Cálida Fuerte	2015/08-09: ERSST; 2015/10: NMME
2015	Octubre	1.93	Cálida Fuerte	2015/09:ERSTT; 2015/10-11:NMME

Tabla 2. Estimados preliminares del ICEN (ICENtmp)

Según estos valores del ICENtmp, se estima que en setiembre y octubre de 2015 las condiciones sean CÁLIDAS FUERTES. El ICENtmp de setiembre será confirmado cuando se disponga del valor de ERSST para el mes de octubre de 2015, esto permitirá calcular el valor del ICEN para el mes de setiembre de 2015.

## Diagnóstico del Pacífico Ecuatorial

Frente al actual desarrollo del fenómeno El Niño en el océano Pacífico Ecuatorial, el IGP ha elaborado nuevos productos (índices) que permiten la monitorización de las condiciones oceánicas y atmosféricas en regiones claves del Pacífico, los cuales son comparados con otros eventos El Niño. Estos índices, que tiene carácter referencial, son:

1) La actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental (170°-100°W y 5°S-5°N) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Este índice permite identificar si la zona de convección profunda, que normalmente se encuentra localizada en la región occidental, se ha desplazado hacia la región central y oriental (ver Figura 1), escenario que normalmente ocurre como consecuencia de la presencia de un evento El Niño.

2) Promedio de la anomalía del esfuerzo de viento zonal en el Pacífico Ecuatorial (160°E-160°W y 5°S-5°N) obtenido de los datos del reanálisis de NCEP-NCAR. Este índice se viene utilizando desde el año 2014 y está basado en el trabajo de Takahashi y Dewitte (2015) en donde; usando los resultados de un modelo numérico acoplado y observaciones, se establece que el valor de este índice en el mes de agosto sería un potencial predictor de un evento El Niño extraordinario (ver Figura 2). Se debe considerar que este predictor solo ha sido puesto a prueba desde el año 2014, en que sirvió como uno de los factores para descartar un El Niño extraordinario ese año, pero aún es muy pronto para realizar una validación con datos independientes. Un factor de incertidumbre es que la fase decadal fría de los últimos 15 años podría reducir su efectividad.

3) Inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S (ver Figura 3.a). En un estado promedio, la profundidad de la termoclina es más profunda en el oeste que en el este, esto es equivalente a decir que la inclinación de la termoclina es negativa (usando valores absolutos para la profundidad). En un evento El Niño, la termoclina está menos inclinada (menos negativa) e incluso podría ser horizontal, como sucedió en el evento El Niño 1997/1998. Por lo tanto, este índice es una manera de diagnosticar el desarrollo e intensidad de El Niño en el océano.

4) Contenido de calor en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S (ver Figura 3.b). Básicamente el contenido de calor se relaciona al promedio espacial de la profundidad de la termoclina ecuatorial. Antes de eventos El Niño, se espera que el contenido de calor sea superior al climatológico, es decir, que la profundidad de la termoclina esté más profunda de lo normal. Por otro lado, el tiempo de antelación proporcionado por este índice como un predictor de El Niño era de seis o nueve meses de antelación antes del año 2000, pero entre el año 2000 y 2010, este se redujo a tres meses (McPhaden, 2012). Por otro lado contenido, un mayor contenido de calor parece ser una condición necesaria mas no suficiente para un evento El Niño extraordinario (Takahashi y Dewitte, 2015).

5) Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C en la zona de 95°W en base a: i) la información de las boyas de TAO en 95°W y entre 2°S y 2°N; y ii) los flotadores de ARGO entre 100°-90°W y 2°S-2°N (Figura 4). Como se indicó en el punto 3 de esta sección, el desarrollo de un Niño está relacionado a la profundización de la termoclina en el extremo oriental. Una forma de hacer un seguimiento de esto es a través de la anomalía de la profundidad de la termoclina alrededor en el punto 95°W (entre 2°S y 2°N).

El Pacífico Ecuatorial muestra un claro desarrollo de el fenómeno El Niño. En el mes de setiembre, el Pacífico central ecuatorial continúa mostrando un acoplamiento del océano y atmósfera de gran escala pero con menor intensidad. Las ATSM en Niño 3.4 son similares a las de 1997, mientras que en Niño 3

estas se encuentran ligeramente por debajo de 1997 pero sobre 1982. En la región Niño 1+2 la ATSM está bastante por debajo de 1997, pero sobre 1972 y 1982. Las anomalías de viento del oeste en el Pacífico central (160°E-160°W; 5°S-5°N) continúan por encima del año 82 pero por debajo del 97. Finalmente, la convección en el Pacífico central-oriental sigue activa pero con una tendencia decreciente, llegando por debajo del nivel de 82 y 97. En resumen, a pesar de que en agosto el viento del oeste en el Pacífico central excedió el umbral para El Niño extraordinario, la termoclina en el Pacífico oriental (110W, 95W) no muestra señal de una fuerte profundización como en 1982 o 1997. Posiblemente la fase fría en el Pacífico (vientos alisios del SE fuertes) han impedido que esto ocurra.

### **Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones**

Actualmente el IGP cuenta con datos observacionales alternativos para el monitoreo de las ondas ecuatoriales, estos son adicionales a los datos de TAO (Takahashi et al., 2014). En particular, se han producido diagramas longitud-tiempo (Hovmöller) de las anomalías de nivel del mar calculadas de JASON-2 (Mosquera et al., 2014), de la profundidad de la isoterma de 20°C calculada de Argo (Aparco et al., 2014), y esfuerzo de viento zonal. Asimismo, el IGP cuenta con un modelo oceánico lineal (Mosquera, 2009; 2014 y Mosquera et al. 2011) que permite el monitoreo y predicción de la onda Kelvin. Este modelo usa tanto una profundidad referencial de la termoclina uniforme (LOM1) como variable (LOM2). Ambas configuraciones fueron forzadas usando anomalías de vientos superficiales obtenidas de ASCAT hasta el 03 de octubre de 2015 (ver Figura 5, 6, 7 y 8). Este modelo es luego corrido en modo de pronóstico con las anomalías de viento i) igualadas a cero (LOM1a y LOM2a), e ii) iguales al promedio de los últimos 30 días (LOM1b y LOM2b).

En el presente mes, los productos de ARGO (Figura 9c), JASON-2 (Figura 9d) y del modelo lineal (Figura 9e) muestran que la onda Kelvin cálida, que se formó por un pulso de viento del oeste alrededor de la línea internacional de cambio de fecha en la primera semana de setiembre, no ha sido observado en los datos. El modelo de onda, forzado con vientos calculados de ASCAT, indica que, al parecer, esta onda no ha sido intensa como las dos anteriores. En la segunda quincena de setiembre se desarrolló otra anomalía de vientos del oeste entre 160°E y 160°W, aproximadamente, la que se ha proyectado en una onda Kelvin cálida como lo muestra el modelo lineal (Figura 9e), el cual fue forzado con ASCAT. A la fecha, los datos observacionales in situ (ARGO) y remotos (JASON-2) muestran el inicio de la señal de la onda en la profundidad de la termoclina y en el nivel del mar, respectivamente. La presencia de anomalías de viento del oeste entre la línea de cambio de fecha y 140°W, que se han presentado a fines de setiembre e inicios de octubre, podrían fortalecer esta onda cálida. Esta última debería arribar al extremo oriental del Pacífico en el mes de noviembre y contribuiría en mantener; e incluso incrementar, si es fortalecida por los vientos del oeste; el actual calentamiento en la costa peruana.

### **Pronóstico estacional con modelos climáticos**

Para el mes de noviembre, los pronósticos de la anomalía de la TSM en el Pacífico oriental (Niño 1+2, ICEN) indican condiciones, principalmente, “cálida fuerte” (5 de 8 modelos) y condiciones moderadas (3 de 8 modelos). Para el verano (diciembre 2015-marzo 2016) 1 de 7 modelos indican condiciones fuertes y 7 de 8 modelos condiciones moderadas. (Ver Tabla 3 y Figura 11). Por otro lado, en el Pacífico central (Niño 3.4) los modelos indican que las condiciones estarán en el rango de “cálida muy fuerte” para los meses de noviembre y diciembre, (ver Figura 12); las condiciones “cálidas muy fuerte” continuarían para los trimestre Octubre-Noviembre-Diciembre y Enero-Febrero-marzo 2016 (Ver figuras

13 y 14).

Modelo	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA
CFS2	1.73	1.61	1.56	1.54	1.55	1.57	1.49
CMC1	1.49	1.33	1.28	1.26	1.24	1.13	0.98
CMC2	1.74	1.63	1.59	1.80	2.04	2.12	2.05
GFDL	1.80	2.05	2.36	2.37	2.04	1.59	1.27
NASA	1.81	1.85	1.93	2.03	2.06	1.94	1.81
GFDL_FLOR	1.76	1.83	2.02	1.93	1.71	1.45	1.38
NCAR_CCSD4	1.90	1.94	1.98	1.91	1.75	1.51	1.17
NMME	1.75	1.75	1.82	1.83	1.77	1.62	1.45
ECMWF			1.60	1.60	1.40	1.30	
<b>ICENtmp</b>	<b>1.93</b>						

Tabla 3. Pronósticos del ICEN con diferentes modelos climáticos con condiciones iniciales de setiembre 2015

Modelo	Inicio	Extremo	Final	Magnitud
CFS2	abr-15	ago-15	No disponible	Moderado
CMC1	abr-15	ago-15	No disponible	Moderado
CMC2	abr-15	feb-16	No disponible	Fuerte
GFDL	abr-15	dic-15	No disponible	Fuerte
NASA	abr-15	ene-16	No disponible	Fuerte
GFDL_FLOR	abr-15	nov-15	No disponible	Fuerte
NCAR_CCSD4	abr-15	nov-15	No disponible	Fuerte
<b>NMME (prom)</b>	<b>abr-15</b>	<b>dic-15</b>	<b>No disponible</b>	<b>Fuerte</b>
ECMWF	abr-15	oct-15	No disponible	Moderado
<b>OBSERVADO</b>	<b>abril</b>	<b>julio</b>	<b>No disponible</b>	<b>Moderado</b>

Tabla 4. Pronósticos de evento El Niño en la costa según modelos climáticos con condiciones iniciales de setiembre de 2015.

### Conclusiones:

1. El ICEN para agosto de 2015 fue de 2.15 (Cálida fuerte), lo que indica que el Niño costero que se inició en el mes de abril ha alcanzado la magnitud de Fuerte. Asimismo, el ICENtmp para setiembre y octubre de 2015 es de 1.93, correspondiente a condiciones cálidas fuertes.
2. El desarrollo de la onda Kelvin cálida, que se formó por un pulso de viento del oeste alrededor de la línea internacional del cambio de fecha en la primera semana de setiembre, no ha sido clara en los datos observacionales (in situ y remotos). El modelo de ondas, forzado con vientos calculados de ASCAT, indica que no ha sido tan intensa como las dos anteriores.
3. En la segunda quincena de setiembre se desarrolló otra anomalía de vientos del oeste entre 160°E y 160°W, aproximadamente, la que se ha proyectado en una onda Kelvin cálida como lo muestra el modelo lineal, el cual fue forzado con ASCAT. A la fecha, los datos observacionales in situ (ARGO) y remotos (JASON-2) muestran el inicio de la señal de la onda en la profundidad de la termoclina y en el nivel del mar, respectivamente. La presencia de anomalías de viento del oeste entre la línea de cambio de fecha y 140°W, que se han presentado a fines de setiembre e inicios de octubre, podrían fortalecer esta onda cálida. Esta última debe arribar al extremo oriental del Pacífico en el mes de noviembre y contribuiría en mantener; e incluso incrementar, si es fortalecida por los vientos del oeste; el actual calentamiento en la costa peruana.
4. Para el Pacífico oriental (Niño 1+2), la mayoría de modelos (5 de 8) inicializados en setiembre indican que El Niño costero en marcha tendría magnitud fuerte (3 de 8 indica moderado). El pico habría sido en julio. Para el verano 2015-2016, todos los modelos predicen menores anomalías de TSM (condiciones moderadas 7 de 8 modelos y condición fuerte 1 de 8 modelos). Sin embargo, se conoce que los modelos tienden a subestimar las anomalías positivas en esta región, particularmente las asociadas a El Niño extraordinario.
5. Para el Pacífico central (Niño 3.4), todos los modelos que han sido considerados, y que fueron inicializados en setiembre, indican que El Niño alcanzaría una magnitud muy fuerte hasta fines de 2015 para luego decaer a lo largo de los primeros meses de 2016.
6. En el mes de setiembre, el Pacífico central ecuatorial continúa mostrando un acoplamiento del océano y atmósfera de gran escala pero con menor intensidad.
7. Las anomalías de viento del oeste en el Pacífico central (160°E-160°W; 5°S-5°N) continúan por encima del año 82 pero por debajo del 97.
8. La convección en el Pacífico central-oriental sigue activa pero con una tendencia decreciente, llegando por debajo del nivel de 82 y 97.
9. A pesar de que en **agosto** el viento del oeste en el Pacífico central excedió el umbral para El Niño extraordinario, la termoclina en el Pacífico oriental (110W, 95W) no muestra señal de una fuerte profundización como en 1982 o 1997. Posiblemente esto esté asociado a la continuación de la fase fría en el Pacífico (vientos alisios del SE fuertes).

## Referencias

- 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.
- Barnston, A., Tippett, M., L'Heureux, M., Li, S., DeWitt, D., 2012: Skill of Real-Time Seasonal ENSO Model Predictions during 2002-11: Is Our Capability Increasing? *Bull. Amer. Met. Soc.*, 93, 5, 631-351.
- ENFEN 2012: Definición operacional de los eventos "El Niño" y "La Niña" y sus magnitudes en la costa del Peru. *Nota Técnica ENFEN*.
- Lagos, P., Silva, Y., Nickl, E. y Mosquera, K., 2008: El Niño – related precipitation variability in Perú, *Advances in Geosciences*, 14, 231-237.
- Lavado, W. y Espinoza, J. C., 2014: Entendiendo los impactos de diferentes tipos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Marzo, 1, 3, 4-7.
- Machuca, R., 2014. Cálculo de daños económicos potenciales en viviendas por inundaciones durante la ocurrencia del fenómeno El Niño: caso norte peruano. Tesis para optar el título profesional de Economía. Universidad Nacional del Callao.
- Machuca, R., Takahashi, K., y Martínez, A. G., 2014: Impactos económicos de El Niño costero en el sector vivienda a causa de inundaciones en la costa norte del Perú, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Diciembre, 1, 12, 4-8.
- McPhaden, M. J., 2012: A 21st Century Shift in the Relationship between ENSO SST and Warm Water Volume Anomalies. *Geophys. Res. Lett.*, 39, L09706, doi:10.1029/2012GL051826.
- Mosquera, K., 2009: Variabilidad Intra-estacional de la Onda de Kelvin Ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación Numérica y datos observados. Tesis para optar el grado de Magíster en Física - Mención Geofísica en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Mosquera, K. 2014: Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico, Boletín mensual "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 1, No1, enero.
- Mosquera, K., D. Pareja y K. Takahashi, 2014: Altimetría Satelital para el monitoreo de la onda Kelvin ecuatorial en el Océano Pacífico, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Abril, 1, 4.
- Mosquera, K., B. Dewitte y P. Lagos, 2011: 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*, 5, 9, p. 55.

- Mosquera, K., D. Pareja y K. Takahashi, 2014: Altimetría Satelital para el monitoreo de la onda Kelvin ecuatorial en el Océano Pacífico, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Abril, 1, 4.
- Reupo, J., 2011: Evaluación y desarrollo de metodologías para el pronóstico estacional de anomalías de la temperatura en el mar peruano asociadas al Fenómeno El Niño y otros. *Compendio de trabajos de investigación realizado por estudiantes*. Vol. 12. Instituto Geofísico del Perú.
- 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., 2014: Variedades de El Niño, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Febrero, 1, 2, 4-7.
- Takahashi, K., K. Mosquera, D. Pareja, J. Reupo y J. Aparco, 2014: Monitoreo del Pacífico ecuatorial, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Marzo, 1, 3, 8-10.
- Takahashi, K., y Dewitte, B., Strong and moderate nonlinear El Niño regimes, *Climate Dynamics*, doi:10.1007/s00382-015-2665-3

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.  
Berlín Segura, Lic.

## **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

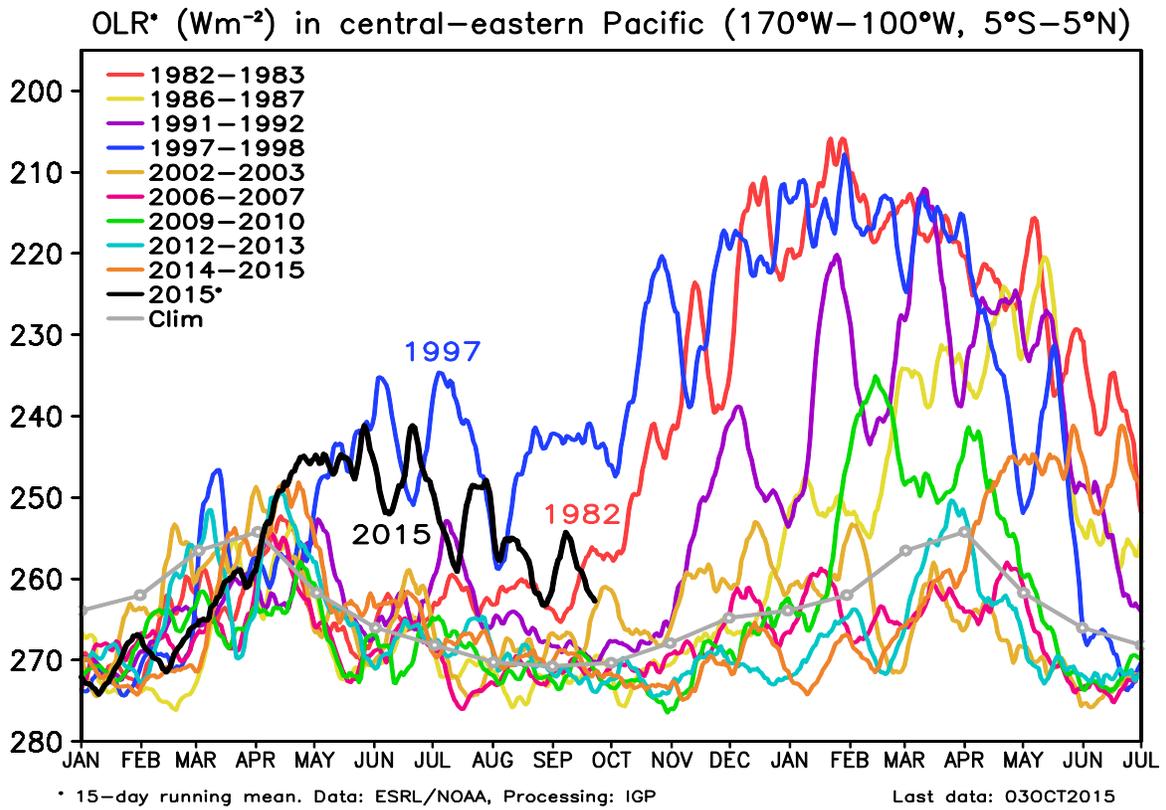
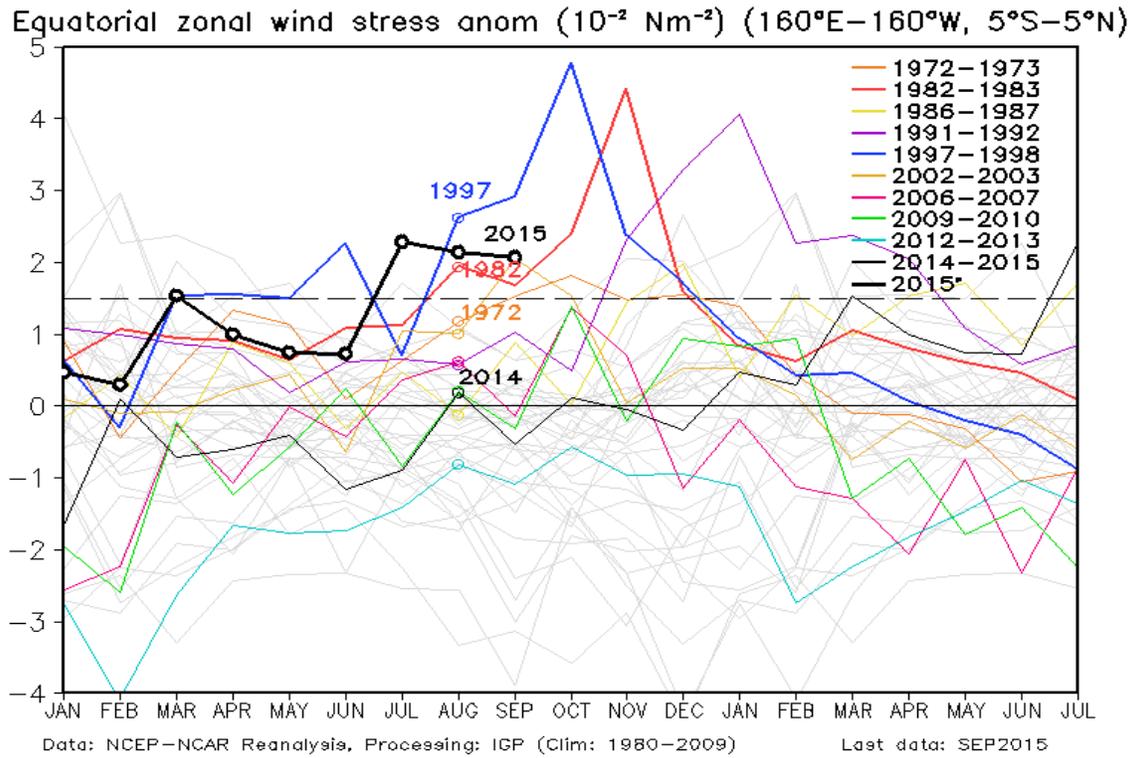
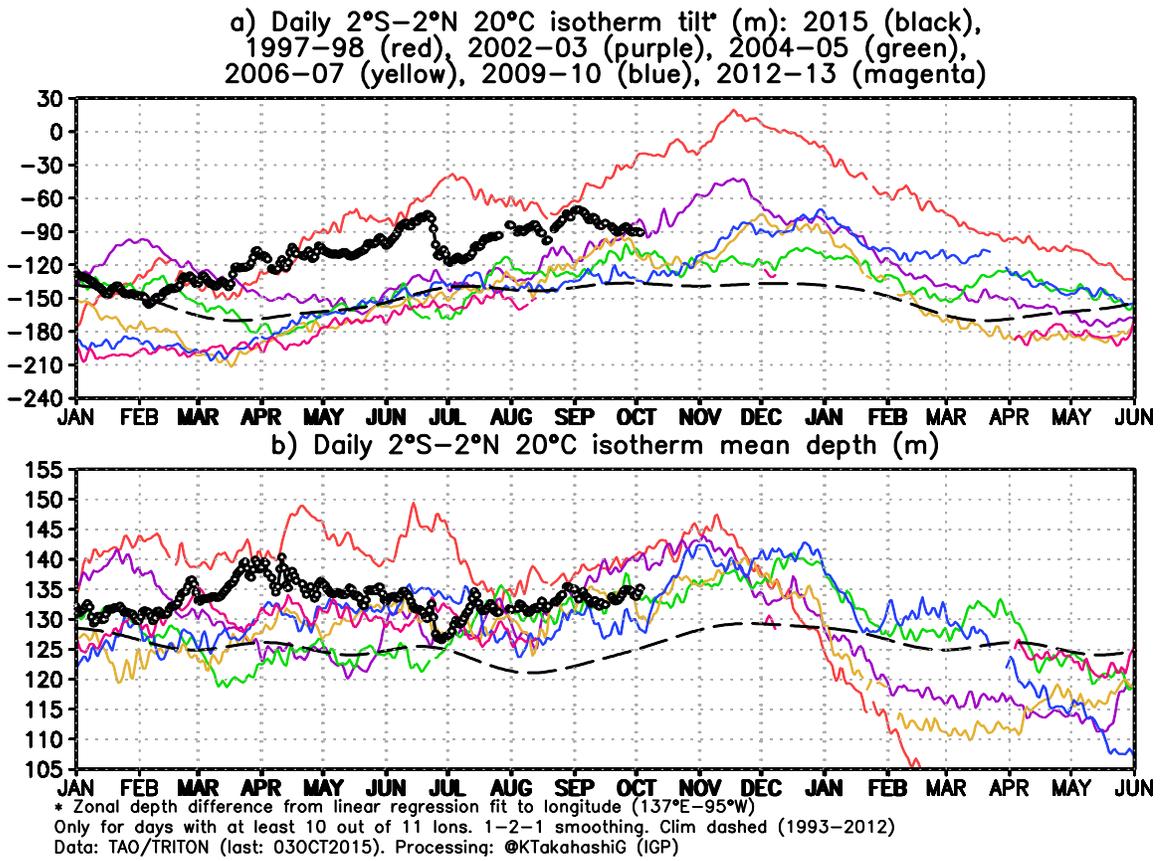


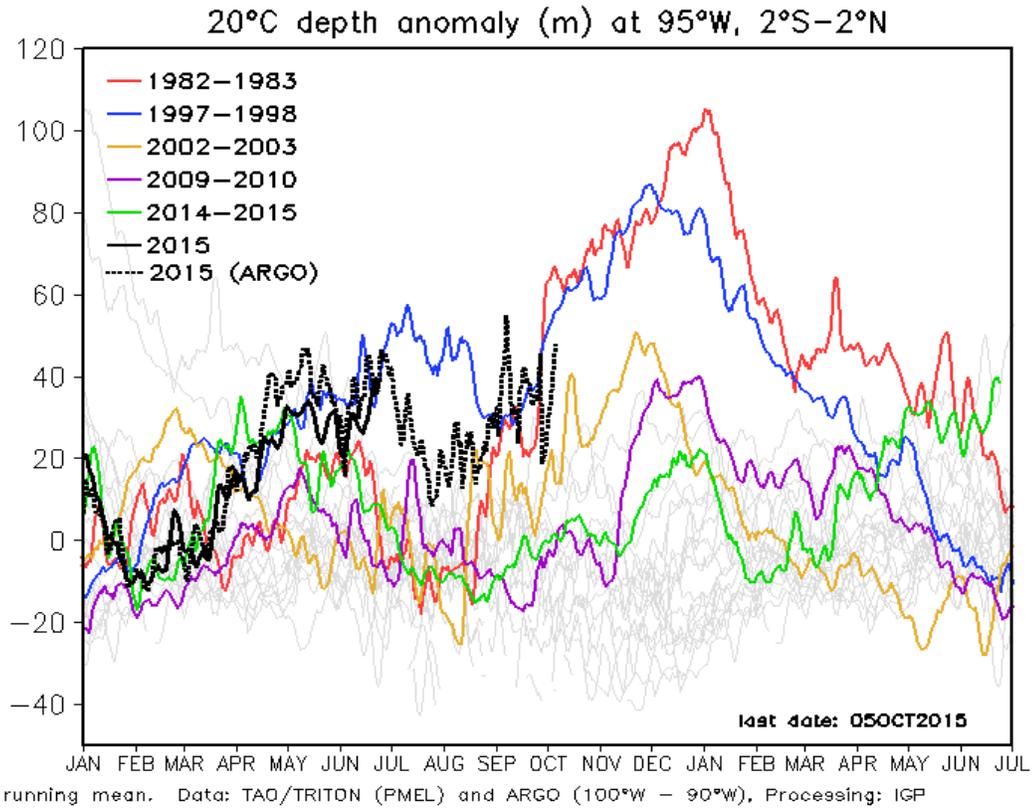
Figura 1. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental ( $170^{\circ}-100^{\circ}W$  y  $5^{\circ}S-5^{\circ}N$ ) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración: IGP



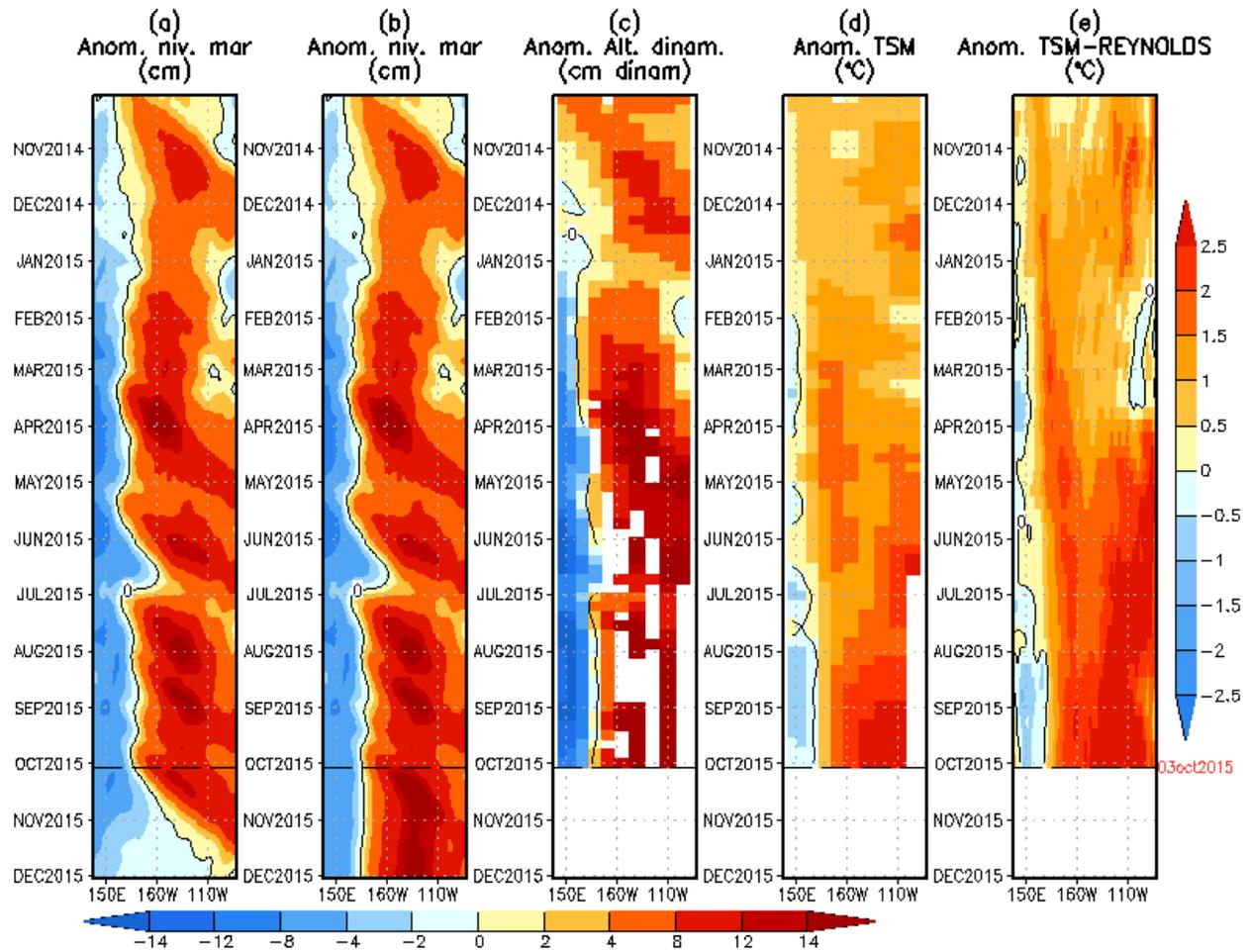
**Figura 2.** Promedio de la anomalía del esfuerzo de viento zonal en el Pacífico Ecuatorial ( $160^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$  y  $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$ ) obtenido de los datos del reanálisis de NCEP-NCAR. Elaboración: IGP

**Figura 3**  
**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.  
 Elaboración: IGP





**Figura 4.** Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C en la zona de 95°W en base a: i) la información de las boyas de TAO en 95°W y entre 2°S y 2°N; y ii) los flotadores de ARGO entre 100°-90°W y 2°S-2°N. Elaboración: IGP



**Figura 5.** Anomalías (a y b) del nivel medio del mar simulado con LOM1 (termoclina uniforme), (c) de la altura dinámica (TAO), (d) y (e) de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente, en la región ecuatorial (2°S y 2°N). En (a) y (b) la línea cortada en color negro, indica el momento en que el modelo empieza a utilizar el esfuerzo de viento igual a cero (LOM1a) y persistida (LOM1b), respectivamente, para la predicción (ver fecha en color rojo a la derecha). La escala de (a), (b) y (c) se ubica abajo en forma horizontal, mientras que la escala de (d) y (e) está a la derecha (Fuente: IGP, ASCAT, climatología: 2008-2013).

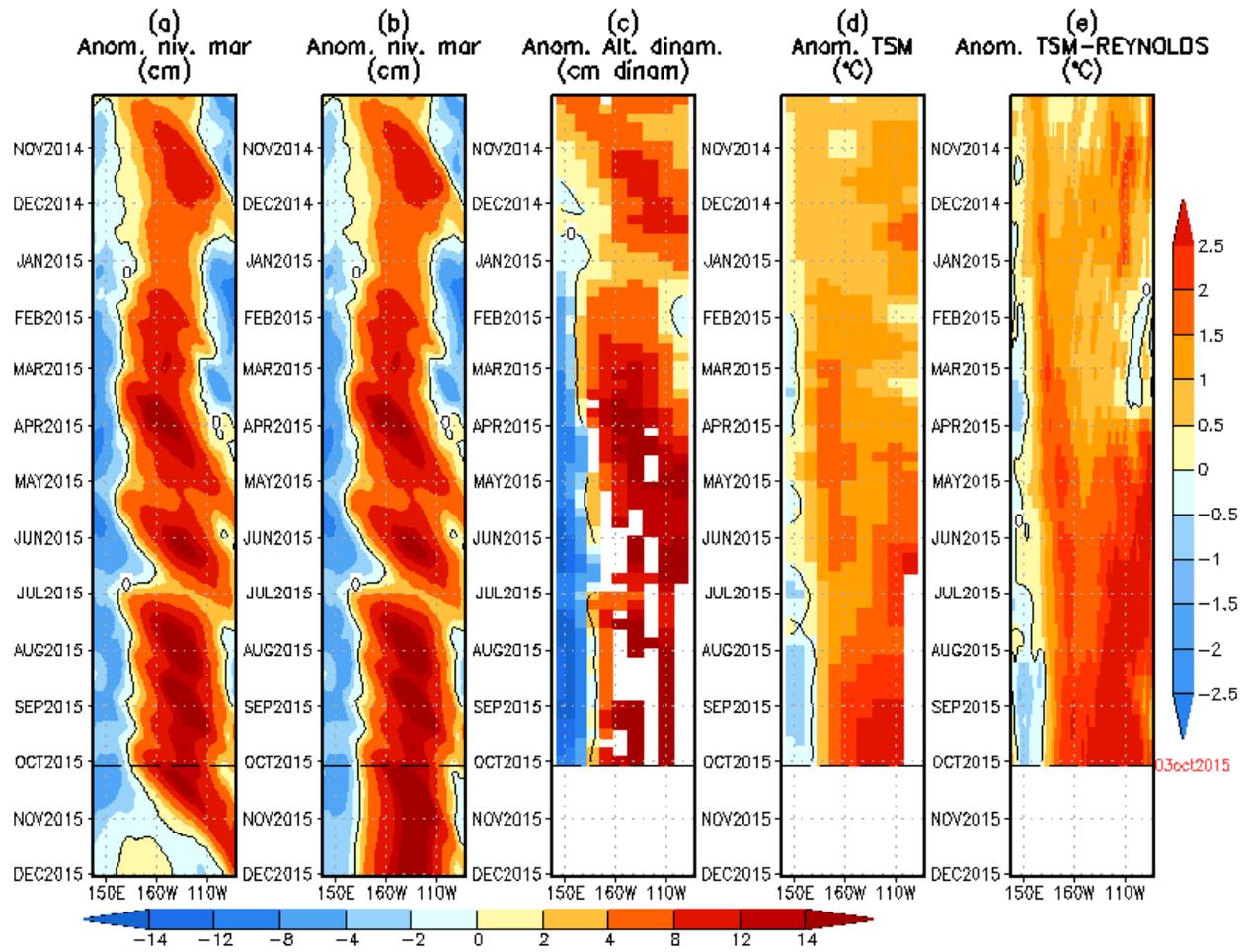
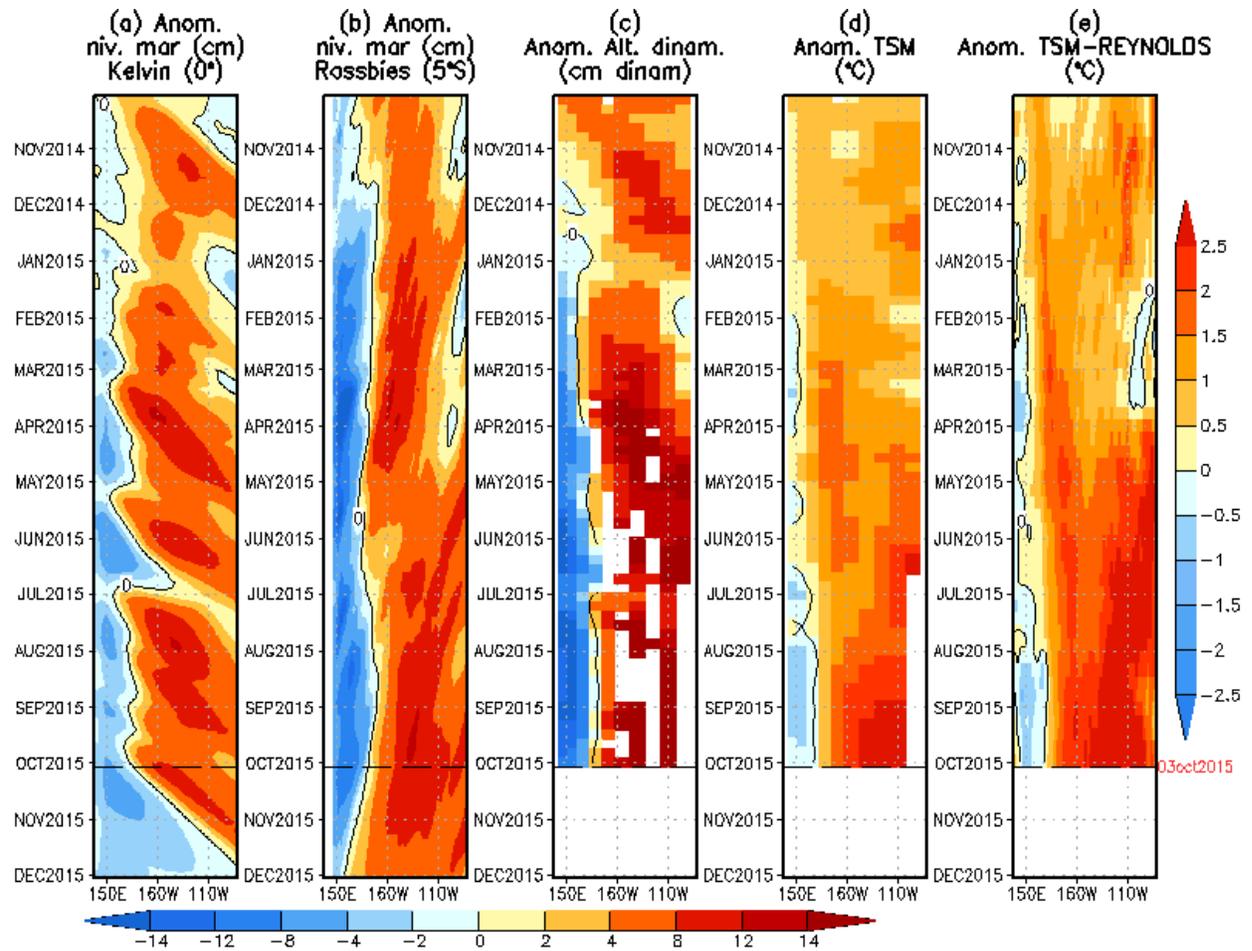


Figura 6. Similar a la Fig. 5 pero para LOM2 (termoclina variable).



**Figura 7.** (a) Contribución de la Onda Kelvin al nivel del mar y (b) Contribución de la onda Rossby al nivel del mar en 5°N obtenida de LOM1a. (c) anomalía de la altura dinámica (TAO), (d) y (e) anomalía de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente en la región ecuatorial (Fuente: IGP, ASCAT, climatología: 2008-2013).

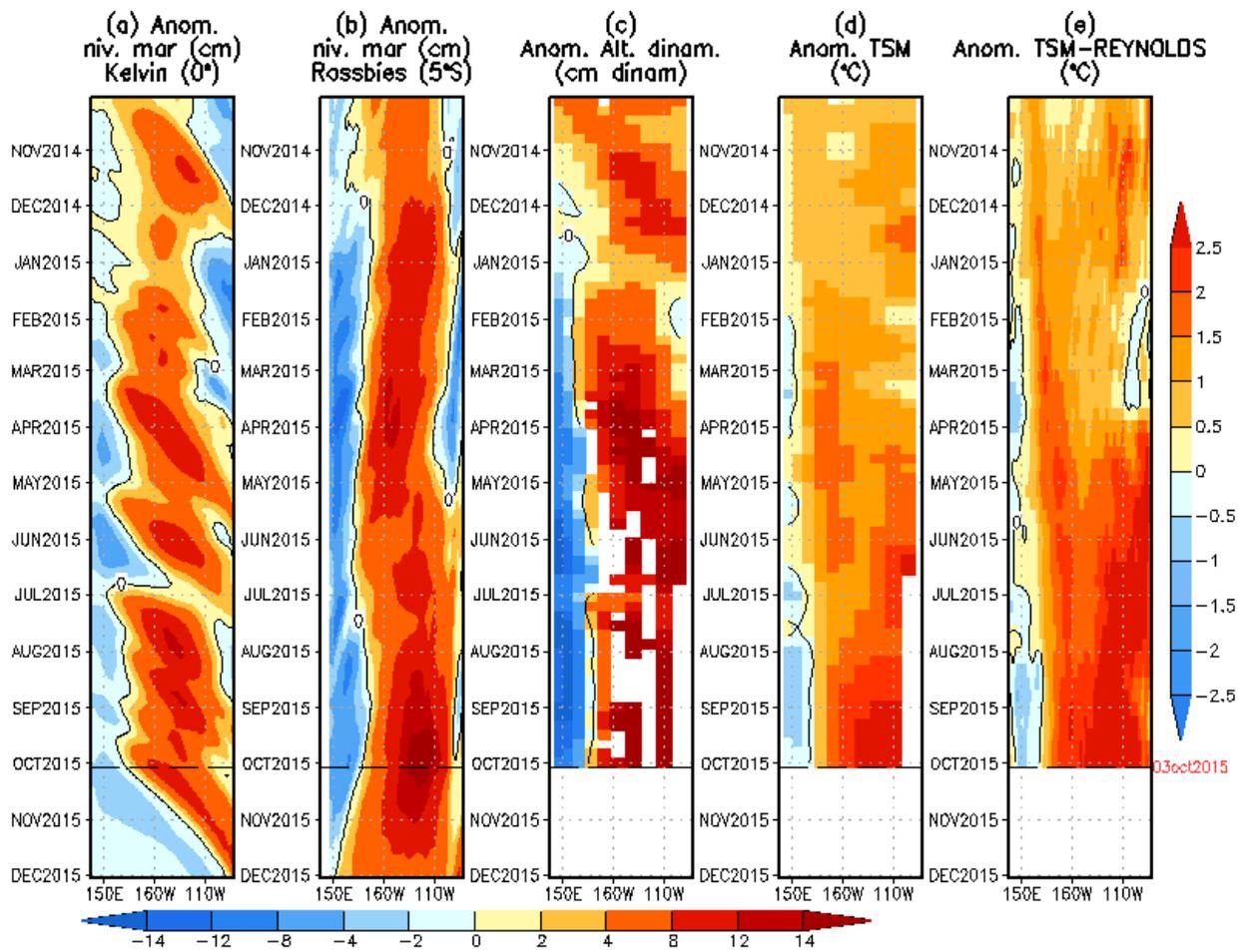
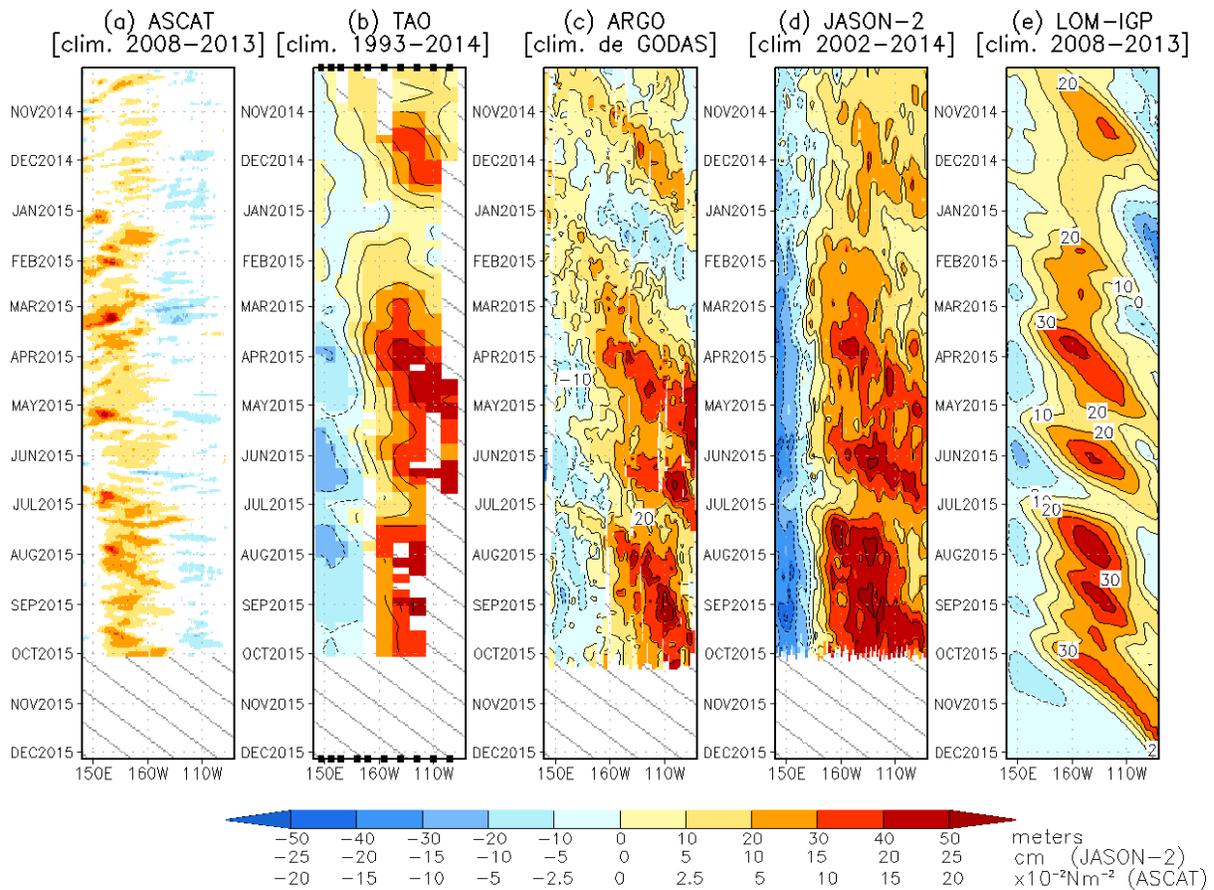
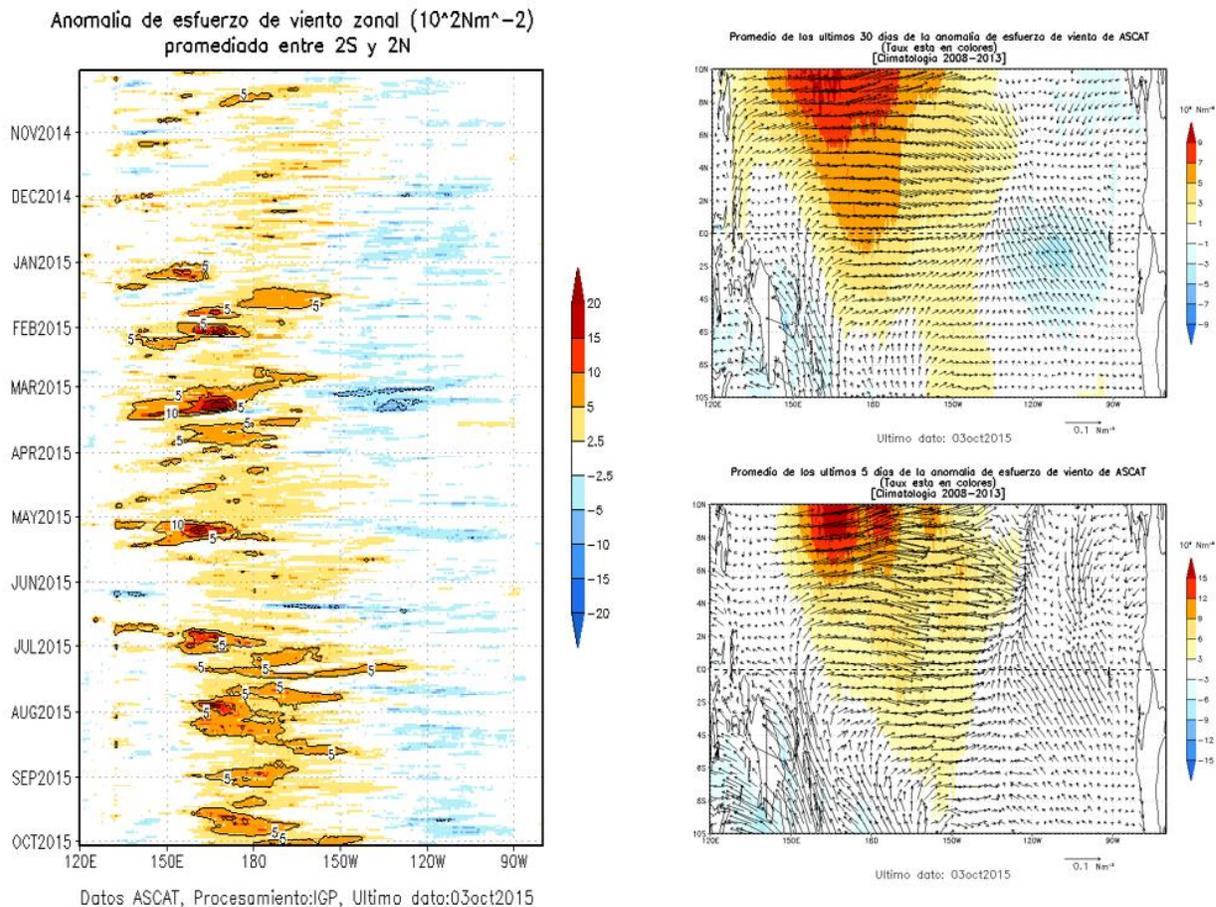


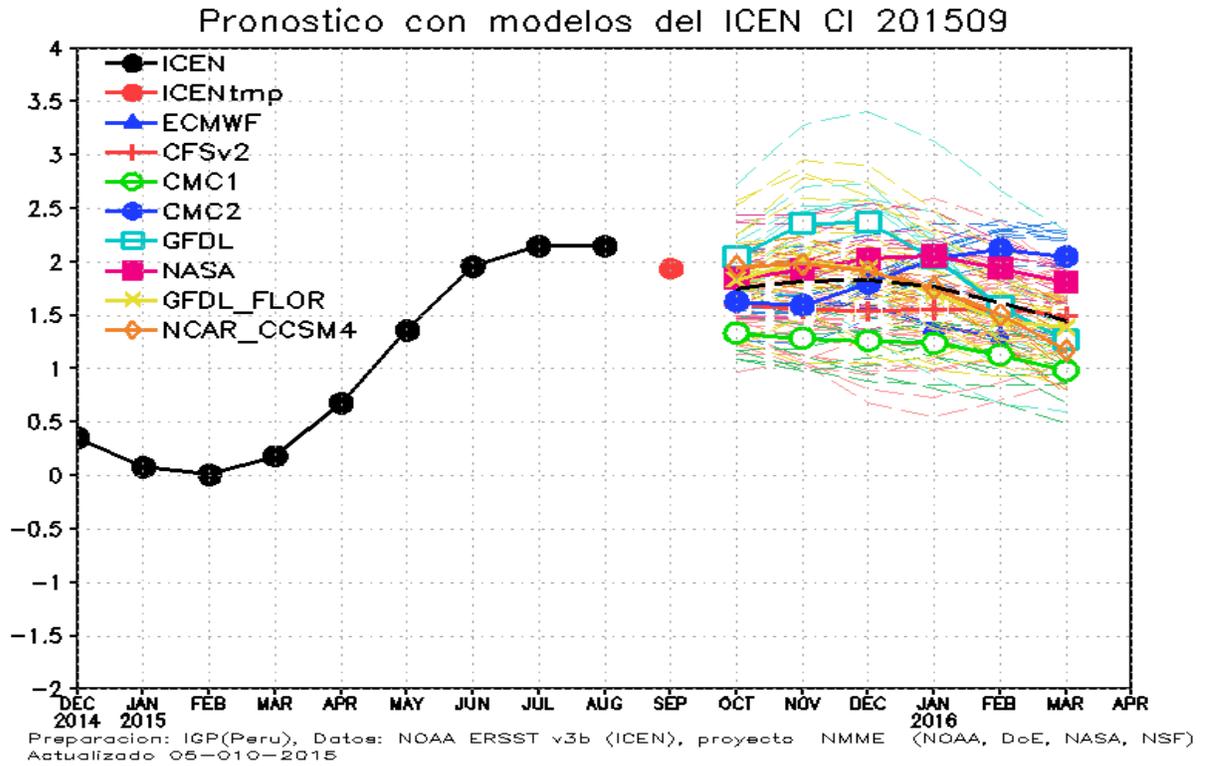
Figura 8. (a) Igual que la Figura 7, pero para LOM2a.



**Figura 9.** 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 (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra la anomalía de la profundidad de la termoclina calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, y  $\tau_{\text{aux}}=0$  para el pronóstico). Las líneas diagonales representan una propagación hacia el este con velocidad de 2.6 m/s. (Elaboración: IGP)

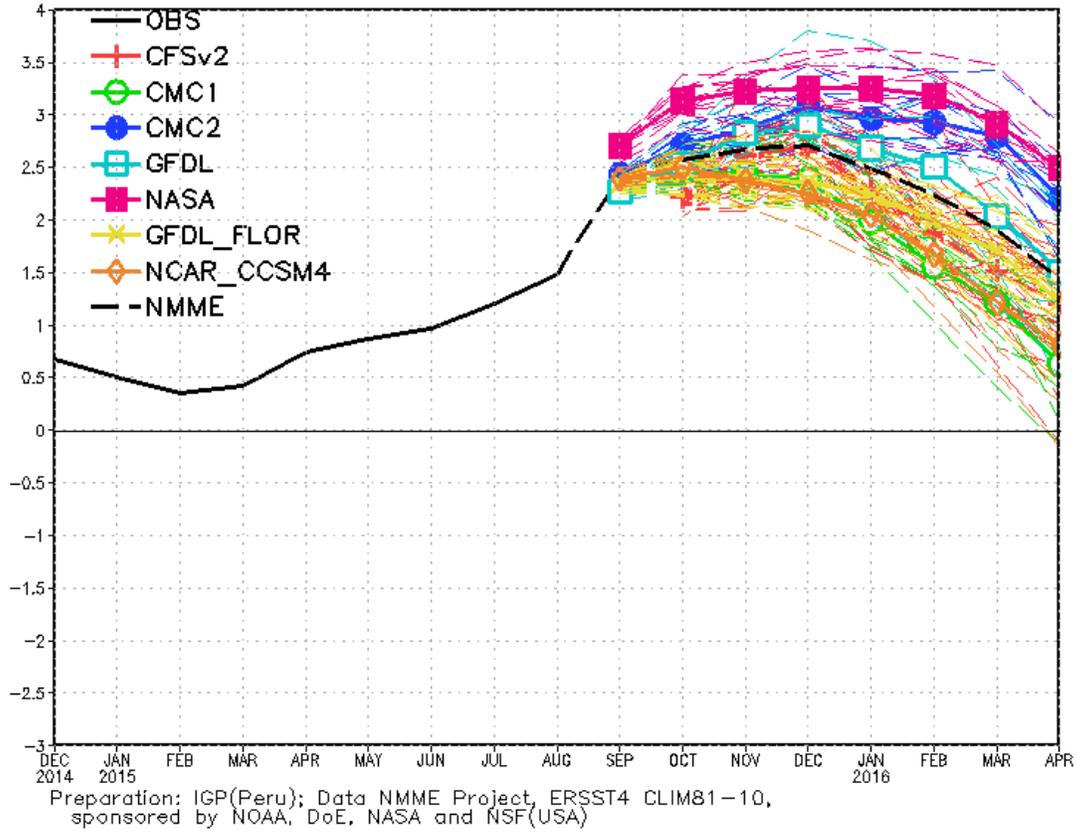


**Figura 10.** Izquierda: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT. Derecha (superior): Mapa del promedio de 30 días. Derecha (inferior): Mapa del promedio de 5 días, hasta el 03 de octubre del 2015, incluyendo los vectores de esfuerzo zonal. (Elaboración: IGP)

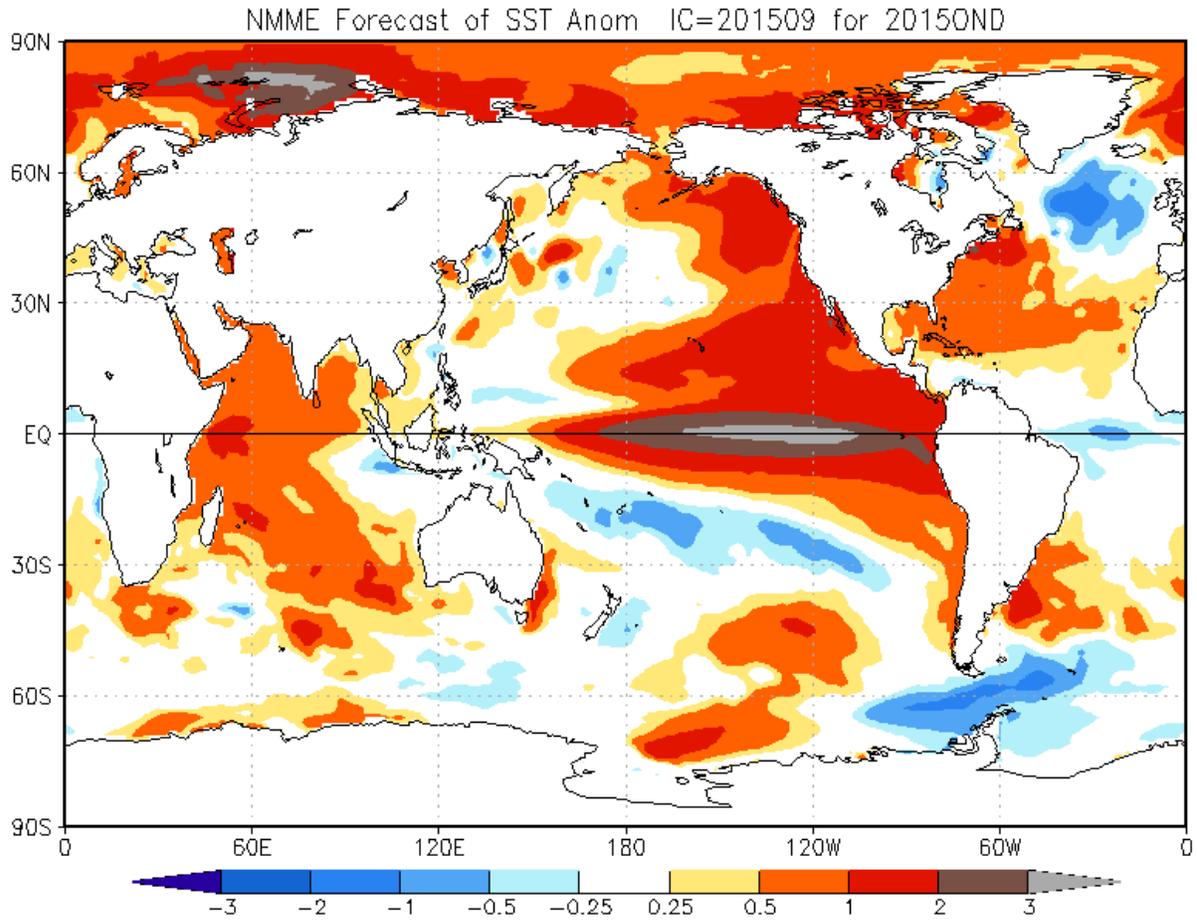


**Figura 11.** Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y sus valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden a los miembros de los "ensembles". Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA GFDL\_FLOR y NCAR\_CCISM4 tienen como condición inicial el mes de setiembre de 2015. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de setiembre 2015. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF).

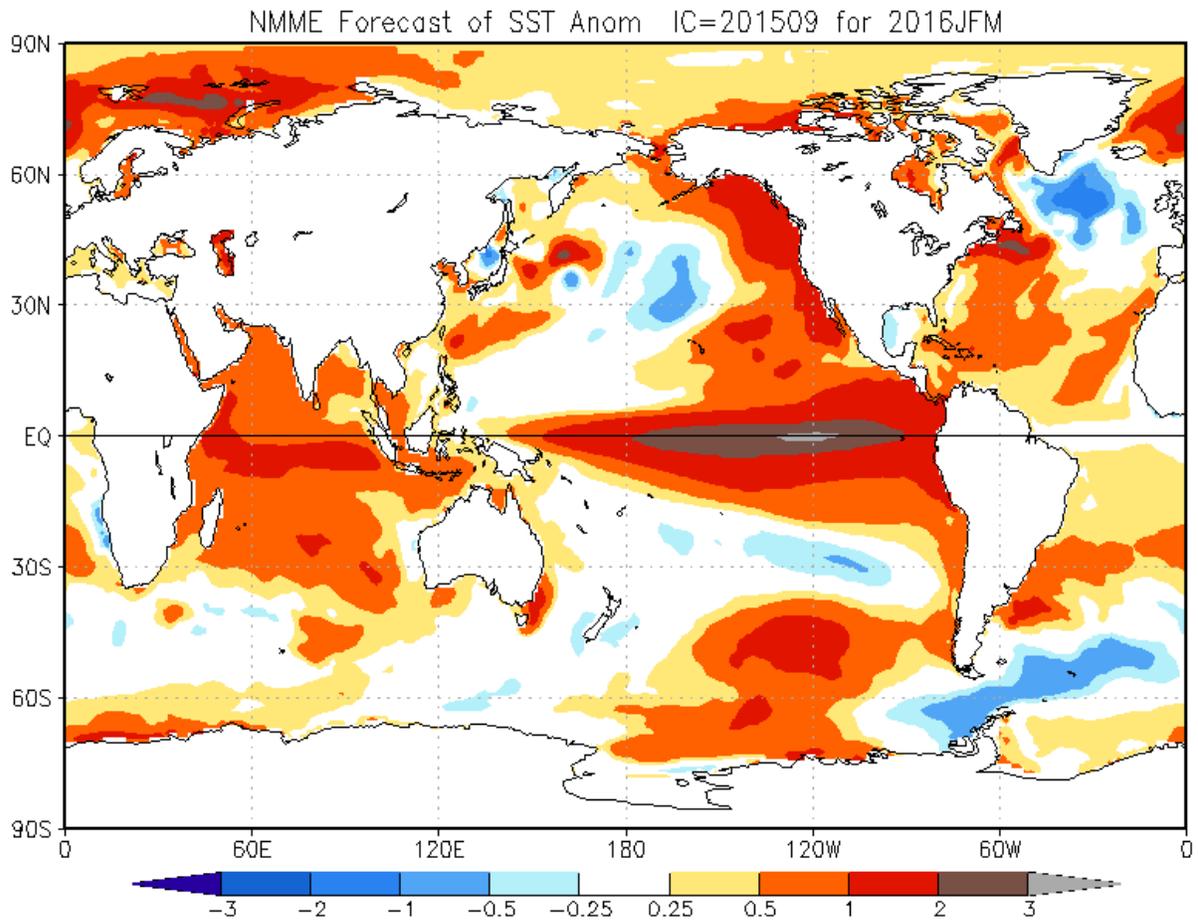
NMME Forecast for Niño 3.4 IC=201509



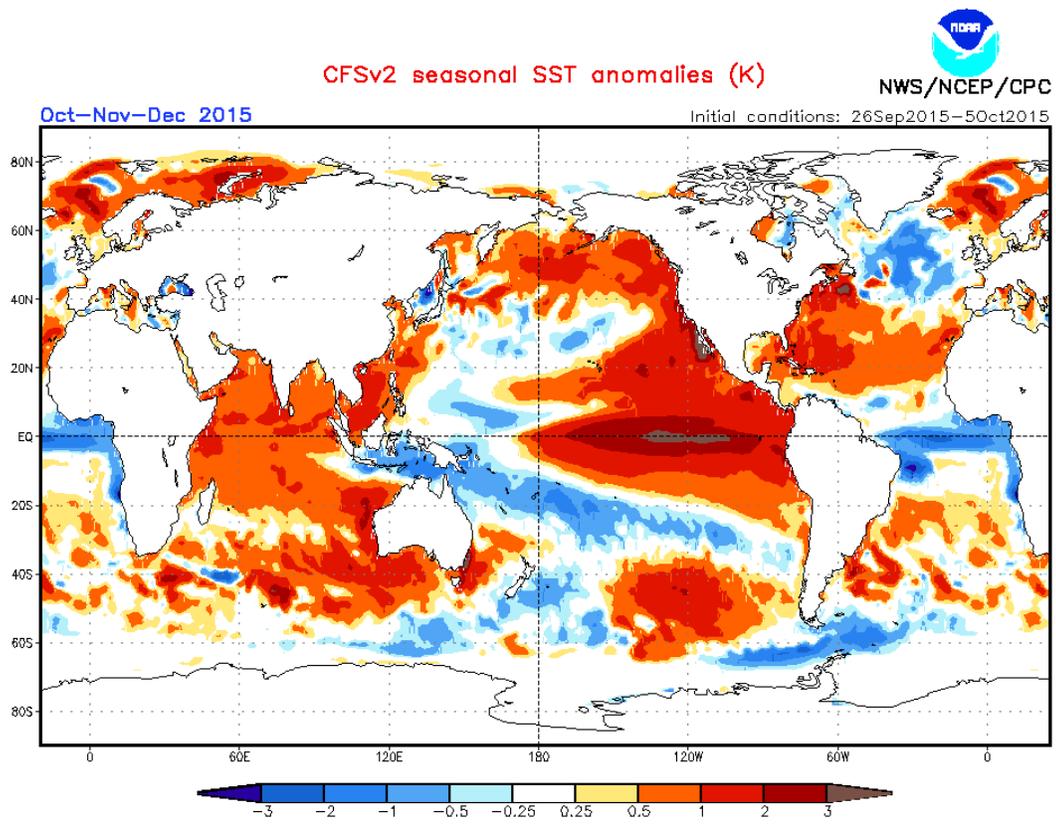
**Figura 12.** Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)



**Figura 13.** Pronóstico de la anomalía de temperatura superficial del mar promediada sobre los modelos del proyecto NMME (NCEP CFS2, CanCM3 CMC1 y 2, GFDL CM2.2, NASA, GFDL\_FLOR y NCAR\_CCSM4 para el trimestre octubre-diciembre de 2015 con condiciones iniciales de setiembre de 2015. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)



**Figura 14.** Similar a la Fig.13, pero para el trimestre enero – marzo de 2016.



**Figura 15.** Pronósticos numéricos de anomalía de TSM para el periodo octubre - diciembre 2015 por el modelo CFSv2 con condiciones iniciales entre el 26 de setiembre y 05 de octubre de 2015. (Fuente: NOAA).