

**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 N° PpR/EI Niño-IGP/2014-07  
05/08/2014**

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

Con el valor del ICEN para el mes de junio, el cual alcanzó 1.03°C (condición cálida moderada), la costa peruana estaría pasando por un evento El Niño de magnitud débil, ya que es poco probable que el ICEN de julio esté en el rango neutral.

Los productos observacionales a lo largo de la línea ecuatorial indican la clara presencia de dos ondas Kelvin consecutivas: una fría y otra cálida. La onda fría debe arribar alrededor de la primera quincena de agosto, mientras que la onda cálida alcanzaría el extremo este en la segunda quincena de agosto. El modelo lineal, forzado con ASCAT, también indica la presencia de estas dos ondas pero con un adelanto en el tiempo de llegada de la onda fría.

### **Introducción**

Empezando en 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 participa 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 promediados sobre la región Niño 1+2, actualizados hasta julio de 2014, inclusive, del producto ERSST v3b generados por el Climate Prediction Center (CPC) de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, EEUU), se ha calculado el Índice Costero El Niño (ICEN; ENFEN 2012) hasta el mes de junio de 2014. Los valores recientes hasta esa fecha son:

Año	Mes	ICEN	Condiciones costeras del Mes
2014	Marzo	-0.64	Neutro
2014	Abril	-0.15	Neutro
2014	Mayo	0.47	Cálida Débil
2014	Junio	1.03	Cálida Moderada

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

Según los valores del ICEN, **se confirma que las condiciones climáticas hasta Junio de 2014 en la costa peruana se clasifican como CÁLIDA MODERADA**. Se recuerda que para declarar El Niño o La Niña en la costa, las condiciones costeras del mes deben ser cálidas o frías por al menos 3 meses consecutivos, respectivamente (ENFEN, 2012). Sin embargo, si el valor de Niño 1+2 de ERSST para agosto es mayor que  $-1.32^{\circ}\text{C}$ , lo cual es bastante probable, el ICEN de julio sería cálido y se verificaría que habríamos estado en un evento El Niño costero débil este invierno.

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

Año	Mes	ICENtmp	Condiciones costeras del mes	Fuente
2014	Julio	1.26	Cálida Moderada	2014/06-2014/07: ERSST; 2014/08:NMME

Tabla 2. Estimados preliminares del ICEN

Según estos valores del ICENtmp, se estima que hasta julio de 2014 lo más probable es que estas condición clasifique como CÁLIDA MODERADA. Esto será confirmado cuando se disponga del valor de ERSST para el mes de agosto de 2014.

#### **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 adicional 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 (Fig. 10, 11; Mosquera et al., 2014), de la profundidad de la isoterma de  $20^{\circ}\text{C}$  calculadas de Argo ( Fig. 10, 12; Aparco et al., 2014), y esfuerzo de viento zonal (Fig. 13). Tanto los datos in situ (TAO y Argo) y remotos (JASON-2) indican la clara presencia de dos ondas Kelvin consecutivas: una fría y otra cálida. Considerando una velocidad aproximada de 2.6 m/s (Mosquera et al., 2014), la onda fría debe arribar alrededor de la primera quincena de agosto. Mientras que la onda cálida alcanzaría el extremo Este en la segunda quincena de agosto. El modelo lineal, forzado con ASCAT, también indica la presencia de estas dos ondas pero un adelanto en el tiempo de llegada de la onda fría.

Los modelos oceánicos lineales del IGP (Mosquera, 2009, 2011, 2014) con la profundidad referencial de la termoclina uniforme (LOM1) y profundidad variable (LOM2) fueron forzados con anomalías de vientos superficiales obtenidos del NCEP-CDAS hasta el 01 de agosto de 2014. Este modelo es luego

corrido en modo de pronóstico con las anomalías de viento i) igualadas a cero (LOM1a y LOM2a), y ii) iguales al promedio de los últimos 30 días (LOM1b y LOM2b).

Los modelos lineales, forzado con NCEP y ASCAT, indican la presencia de estas dos ondas: una fría y otra cálida. Considerando una velocidad aproximada de 2.6 m/s, la onda fría debe arribar alrededor de la primera quincena de agosto. Mientras que la onda cálida alcanzaría el extremo Este en la segunda quincena de agosto (Figs.1ab, 2ab, 3a y 4a).

### Pronóstico estacional del ICEN con modelos climáticos

Para los próximos tres meses, los pronósticos de la ATSM en el Pacífico oriental (Niño 1+2, ICEN) por los nueve modelos numéricos de las agencias internacionales analizados con condiciones iniciales de julio indican, en promedio, condiciones cálidas moderadas en los próximos dos meses (JJA y JAS) y débil en el siguiente (ASO). Por lo tanto, los nueve modelos, en promedio, pronostican una condición El Niño moderado, que persistiría al menos en lo que resta del invierno, con un máximo calentamiento en julio pasado.

Para los próximos tres meses, los pronósticos de la ATSM en el Pacífico central (Niño 3.4) por los modelos numéricos de las agencias internacionales continúan indicando una tendencia hacia condiciones cálidas débiles, aunque con magnitudes ligeramente menores que el pronóstico del mes anterior (IRI).

Para finales del año, los escenarios en el Pacífico oriental (Niño 1+2, ICEN) de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones entre neutras (3 de 9 modelos) y cálidas débiles (5 de 9), con solo un modelo indicando condiciones moderadas. Para enero 2015, 6 de los 8 modelos con datos indican que las condiciones serían cálidas débiles ese mes, mientras que los otros 2 modelos indican condiciones neutras.

Para finales del año 2014, los escenarios en el Pacífico central de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones cálidas (75% de los modelos), principalmente entre débil y moderada. Cabe mencionar que la magnitud pronosticada del calentamiento es ligeramente menor que la del mes anterior.

Modelo	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF
CFS2	0.91	0.35	0.26	0.09	0.08	0.22	0.42
CMC1	1.43	1.27	0.88	0.61	0.5	0.46	0.5
CMC2	1.55	1.41	0.92	0.51	0.31	0.3	0.33
GFDL	1.23	1.07	0.76	0.24	-0.2	-0.38	-0.27
NASA	1.43	1.26	0.95	0.66	0.6	0.61	0.69
NCAR	1.66	1.62	1.26	0.98	0.83	0.7	0.58
GFDL_FLOR	1.42	1.34	1.2	0.98	0.97	0.97	0.88
NCAR_CCISM4	1.14	1.05	1.03	1.05	1.1	1.08	0.97
NMME	1.35	1.17	0.91	0.64	0.52	0.50	0.51
ECMWF		0.7	0.6	0.5	0.7		-
ICENtmp2	1.26						

Tabla 3. Pronósticos del ICEN con diferentes modelos climáticos con condiciones iniciales de julio 2014

<b>Modelo</b>	<b>Pronóstico</b>	<b>Inicio</b>	<b>Extremo</b>	<b>Final</b>
<b>CFS2</b>	EN moderado	may-14	jul-14	jul-14
<b>CMC1</b>	EN moderado	may-14	jul-14	ene-15
<b>CMC2</b>	EN moderado	may-14	jul-14	set-14
<b>GFDL</b>	EN moderado	may-14	jul-14	ene-15
<b>NASA</b>	EN moderado	may-14	jul-14	ene-15
<b>NCAR</b>	EN moderado	may-14	jul-14	ene-15
<b>GFDL_FLOR</b>	EN moderado	may-14	jul-14	ene-15
<b>NCAR_CCISM4</b>	EN moderado	may-14	jul-14	ene-15
<b>NMME (prom)</b>	<b>El Niño moderado</b>	<b>may-14</b>	<b>jul-14</b>	<b>ene-15</b>
<b>ECMWF</b>	EN	-	Ago-14	-

Tabla 4. Pronósticos de evento El Niño/La Niña en la costa según modelos climáticos con condiciones iniciales de julio 2014

## Conclusiones

1. El ICEN para el mes de junio es  $1.03^{\circ}\text{C}$ , lo cual pertenece al rango de cálida moderada, rango que se había previsto con el ICEN preliminar de la última reunión. A menos que el valor mensual de Niño 1+2 para el mes de agosto sea inferior a  $-1.32^{\circ}\text{C}$  (que parece muy improbable), el ICEN de julio seguiría en el rango cálido y se confirmaría que este invierno habríamos tenido la presencia un evento El Niño de magnitud débil (al menos) en la costa peruana. Esto se podrá confirmar según la evolución de las condiciones en agosto.
2. Para los próximos tres meses, los pronósticos de la ATSM en el Pacífico oriental (Niño 1+2, ICEN) por los nueve modelos numéricos de las agencias internacionales analizados con condiciones iniciales de julio indican, en promedio, condiciones cálidas moderadas en los próximos dos meses (JJA y JAS) y débil en el siguiente (ASO). Por lo tanto, los nueve modelos, en promedio, pronostican una condición El Niño moderado, que persistiría al menos en lo que resta del invierno, con un máximo calentamiento en julio pasado.
3. Para los próximos tres meses, los pronósticos de la ATSM en el Pacífico central (Niño 3.4) por los modelos numéricos de las agencias internacionales continúan indicando una tendencia hacia condiciones cálidas débiles, aunque con magnitudes ligeramente menores que el pronóstico del mes anterior (IRI).
4. Para finales del año, los escenarios en el Pacífico oriental (Niño 1+2, ICEN) de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones entre neutras (3 de 9 modelos) y cálidas débiles (5 de 9), con solo un modelo indicando condiciones moderadas. Para enero 2015, 6 de los 8 modelos con datos indican que las condiciones serían cálidas débiles ese mes, mientras que los otros 2 modelos indican condiciones neutras.
5. Para finales del año 2014, los escenarios en el Pacífico central de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones cálidas (75% de los modelos), principalmente entre débil y moderada. Cabe mencionar que la magnitud pronosticada del calentamiento es ligeramente menor que la del mes anterior.
6. Los productos observacionales a lo largo de la línea ecuatorial indican la clara presencia de dos ondas Kelvin consecutivas: una fría y otra cálida. Considerando una velocidad aproximada de  $2.6\text{ m/s}$ , la onda fría debe arribar a la costa alrededor de la primera quincena de agosto, aunque parece ya estar contribuyendo al enfriamiento del Pacífico ecuatorial oriental. Mientras que la onda cálida alcanzaría el extremo Este en la segunda quincena de agosto. El modelo lineal, forzado con ASCAT, también indica la presencia de estas dos ondas pero un adelanto en el tiempo de llegada de la onda fría.

## 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*.
- 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.
- 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.

## Equipo

Ken Takahashi, Ph.D. (responsable)  
Kobi Mosquera, Ph. D. (c)  
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.

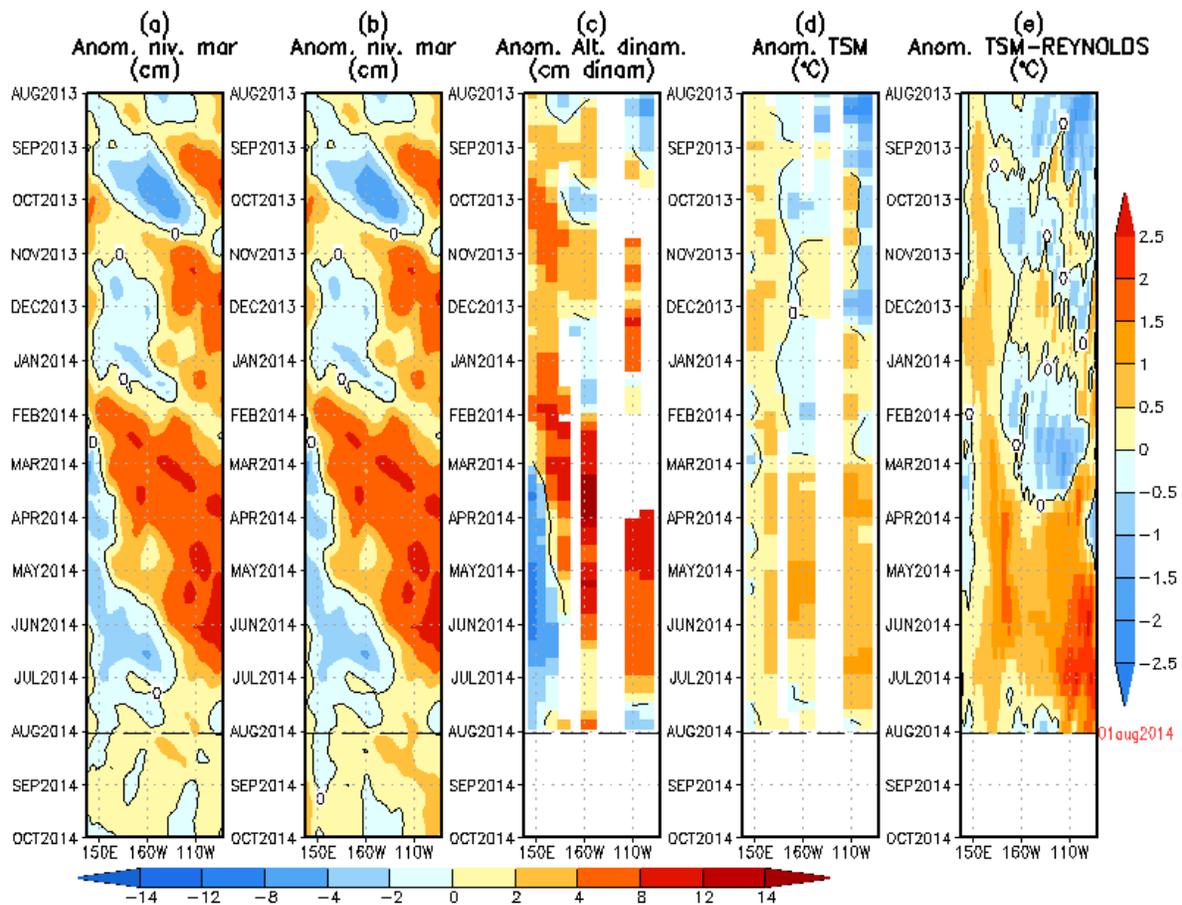


Figura 1. Anomalías (a y b) del nivel medio del mar simulado con LOM1 (termoclina uniforme), (c) de la altura dinámica (TAO), (d y e) de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente, en la región ecuatorial (2°S y 2°N). En (a) y (b) la línea cortada en color negro, 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, NOAA PMEL, climatología: 2000-2013).

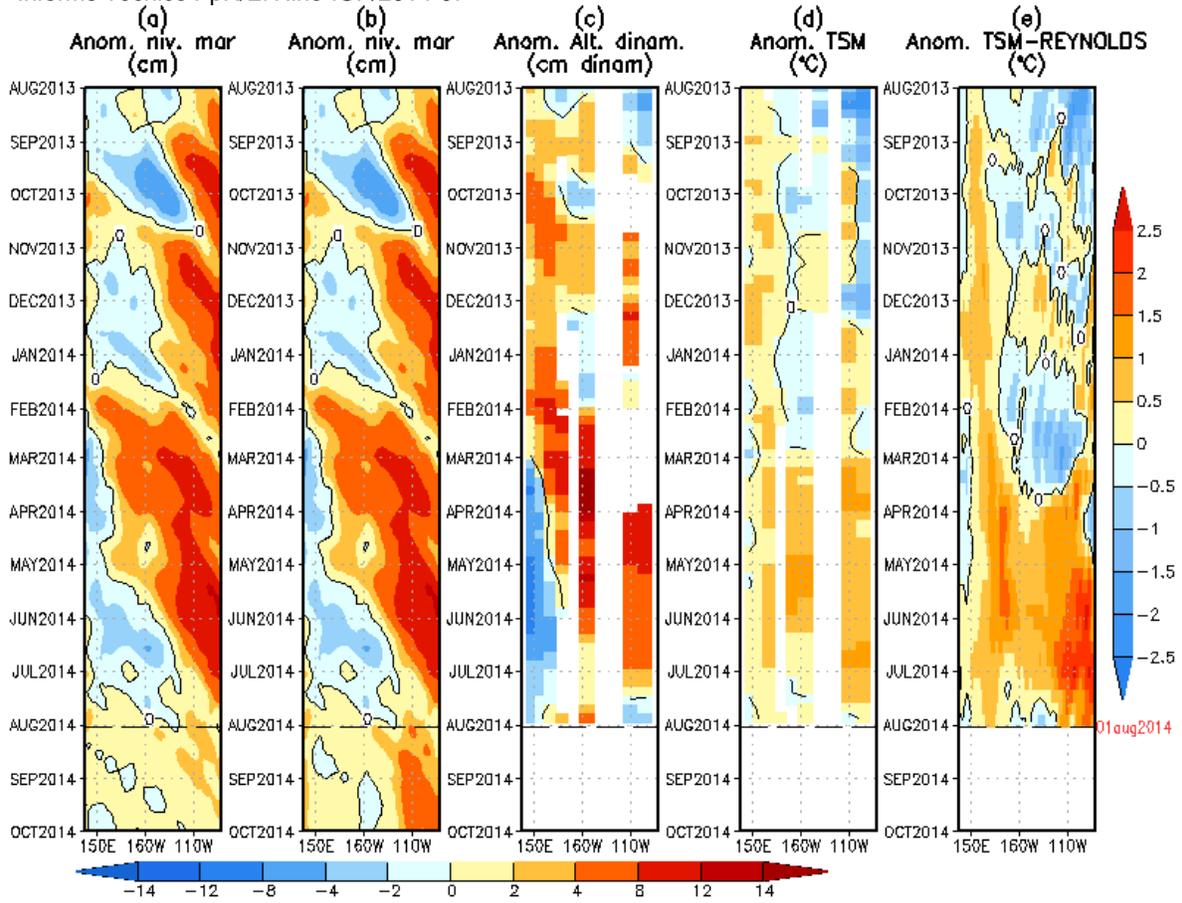


Figura 2. Similar a la Fig. 1 pero para LOM2 (termoclina variable).

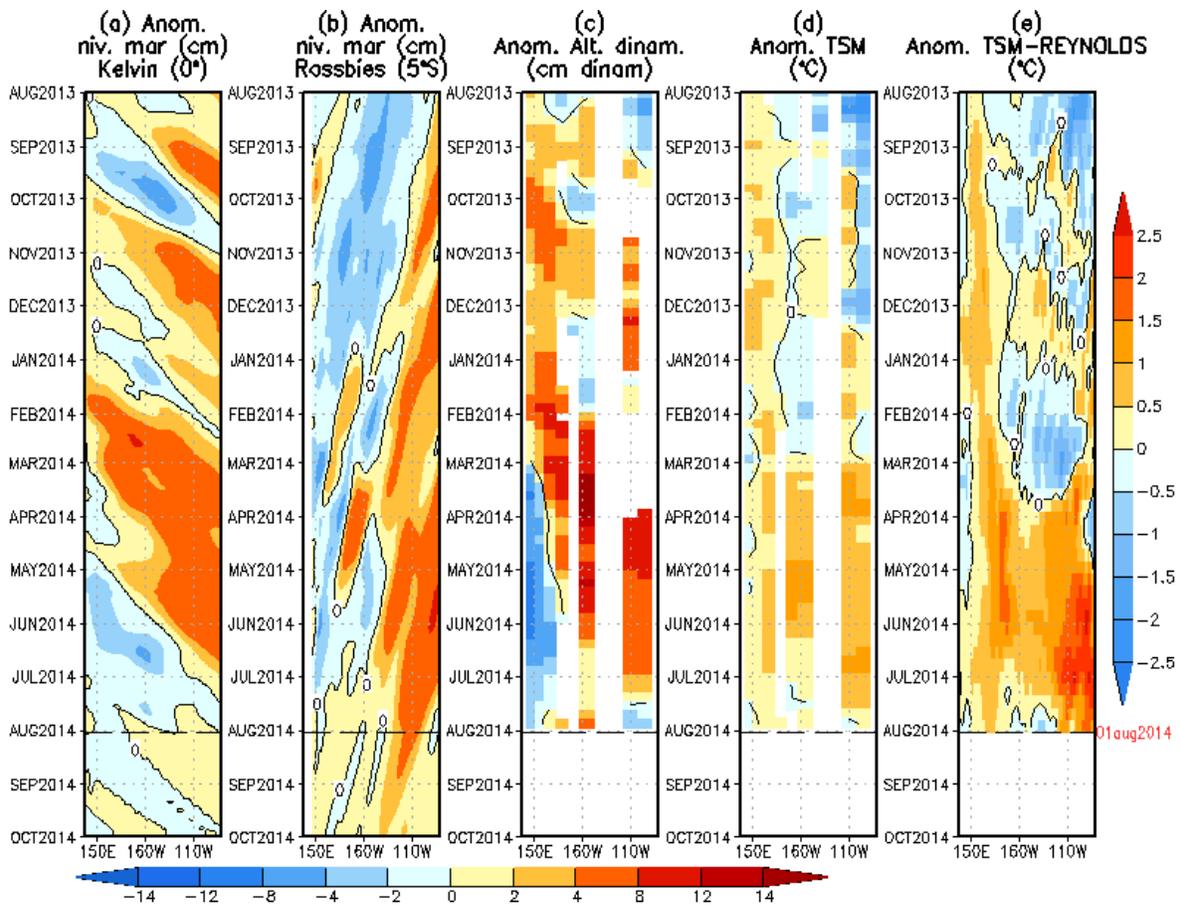


Figura 3. (a) Contribución de la Onda Kelvin al nivel del mar y (b) Contribución de la onda Rossby al nivel del mar en 5°N obtenida de LOM1a. (c) anomalía de la altura dinámica (TAO), (d) y (e) anomalía de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente en la región ecuatorial (Fuente: IGP, NOAA PMEL, climatología: 2000-2013).

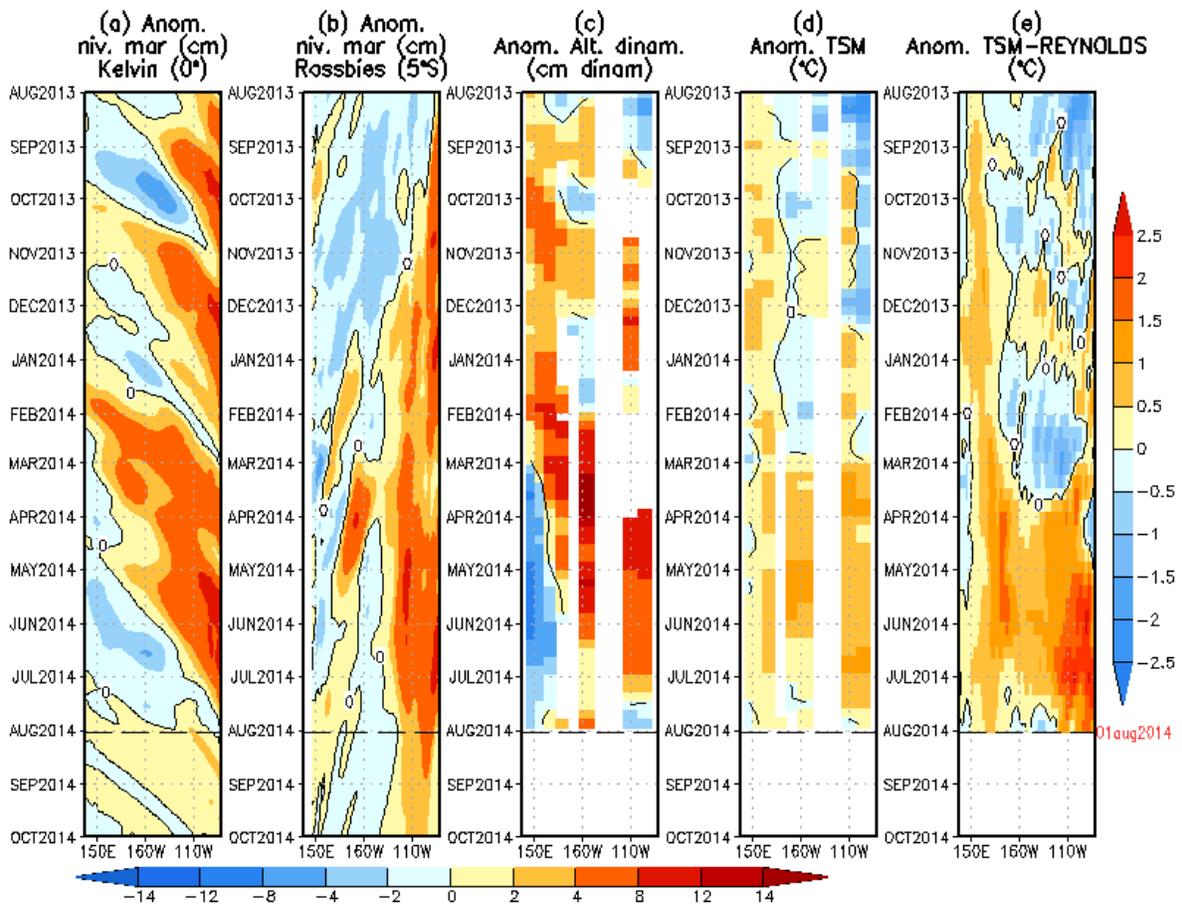


Figura 4. (a) Igual que la Figura 3, pero para LOM2a.

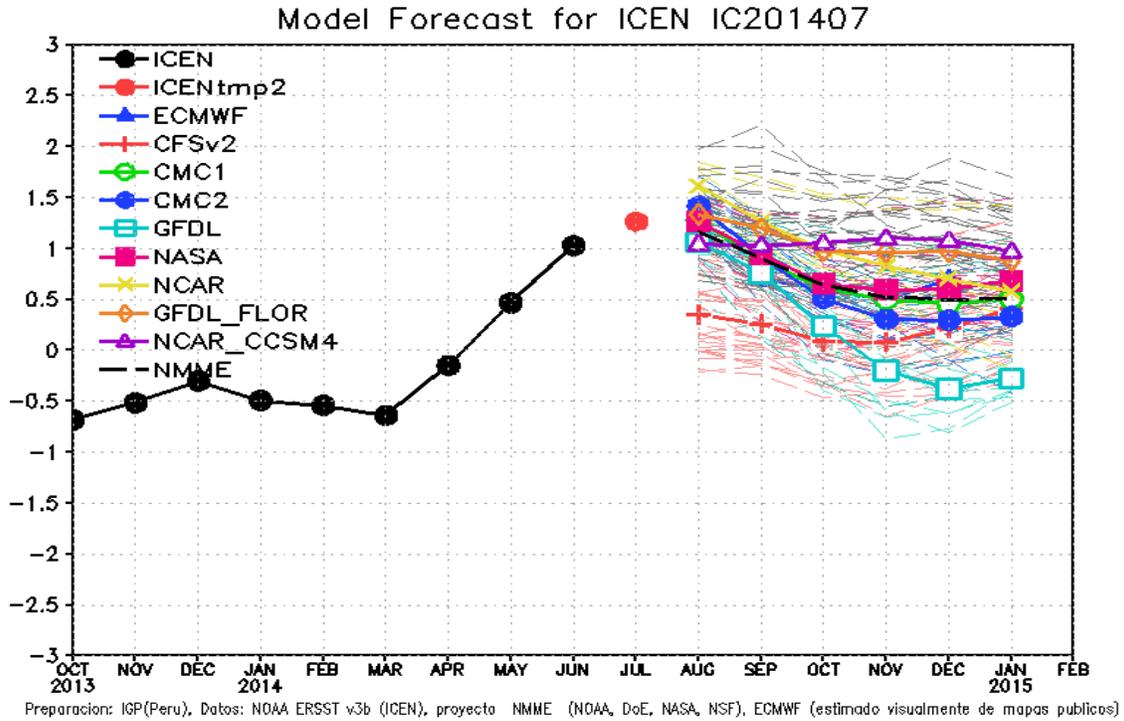


Figura 5. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y sus valores temporales (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden a los miembros de los "ensembles". Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, GFDL\_FLOR y NCAR\_CCSM4 tienen como condición inicial el mes de julio de 2014. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de junio de 2014. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF).

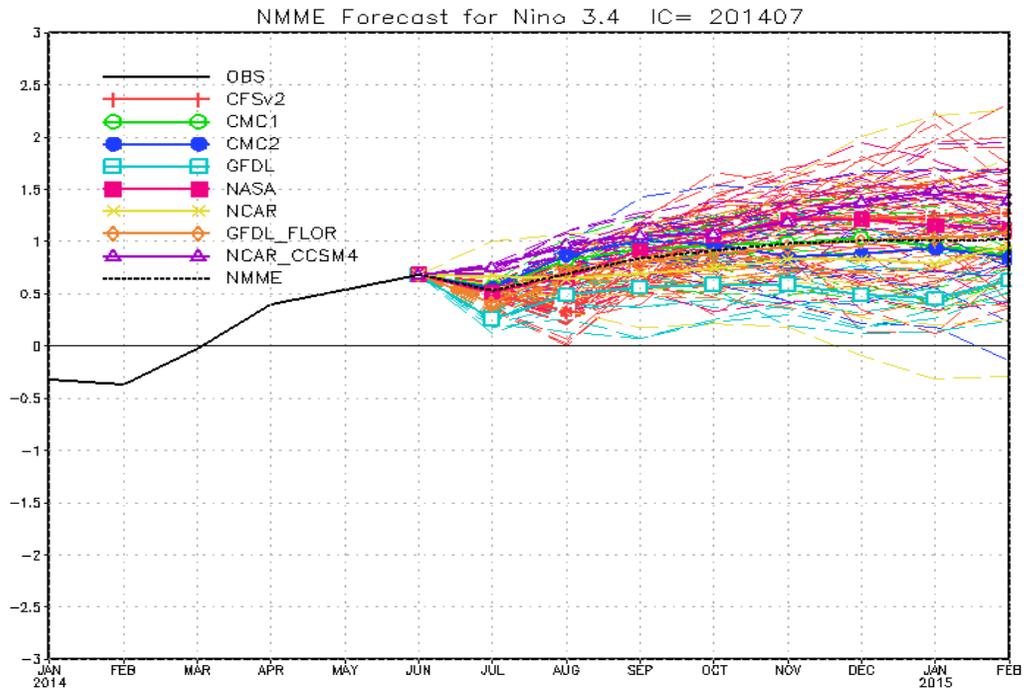


Figura 6. Similar a Fig. 6 pero para el índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

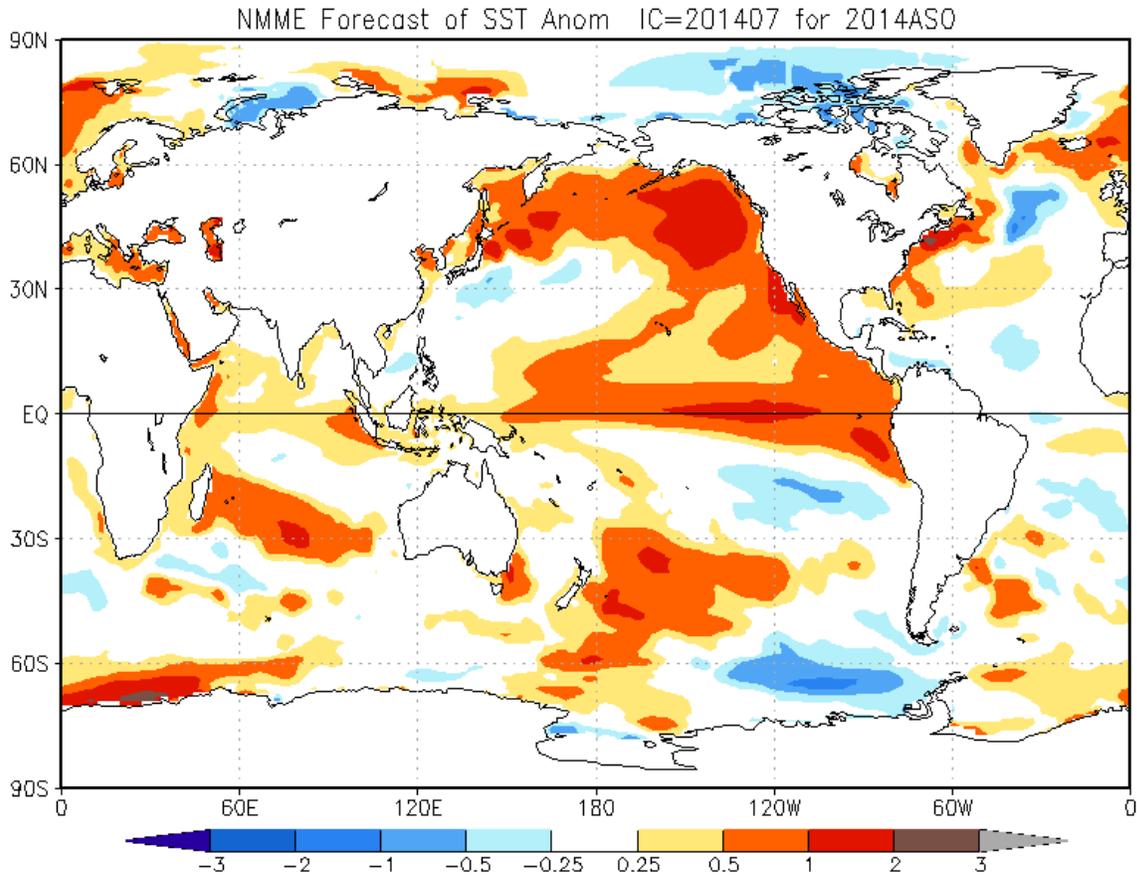


Figura 7. Pronóstico de la anomalía de temperatura superficial del mar promediada sobre los modelos del proyecto NMME (NCEP CFS2, CanCM3 CMC1 y 2, GFDL CM2.2, NASA GEOS5, NCAR CCSM3.0, CCSM3.0, GFDL\_FLOR y NCAR\_CCOSM4 para el trimestre agosto-octubre de 2014 con condiciones iniciales de julio de 2014. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

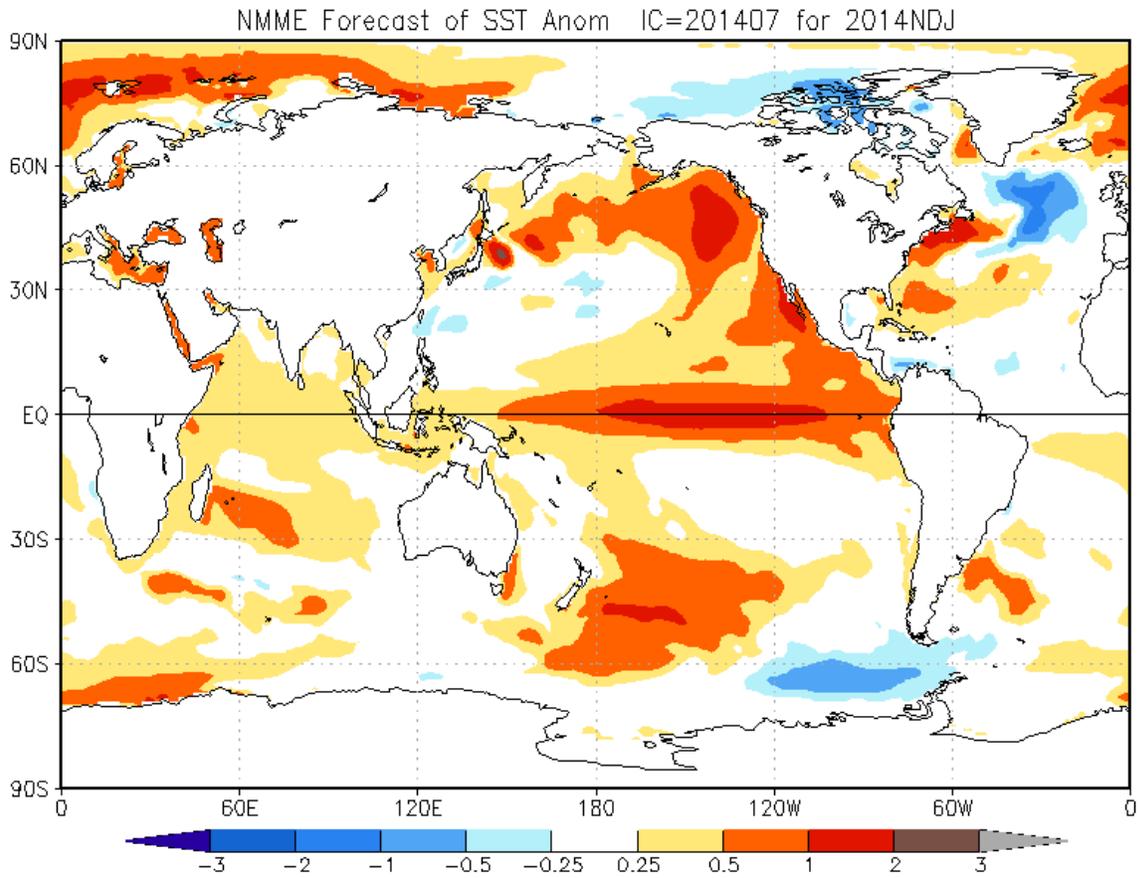


Figura 8. Similar a la Fig.7, pero para el trimestre noviembre 2014- enero de 2015.

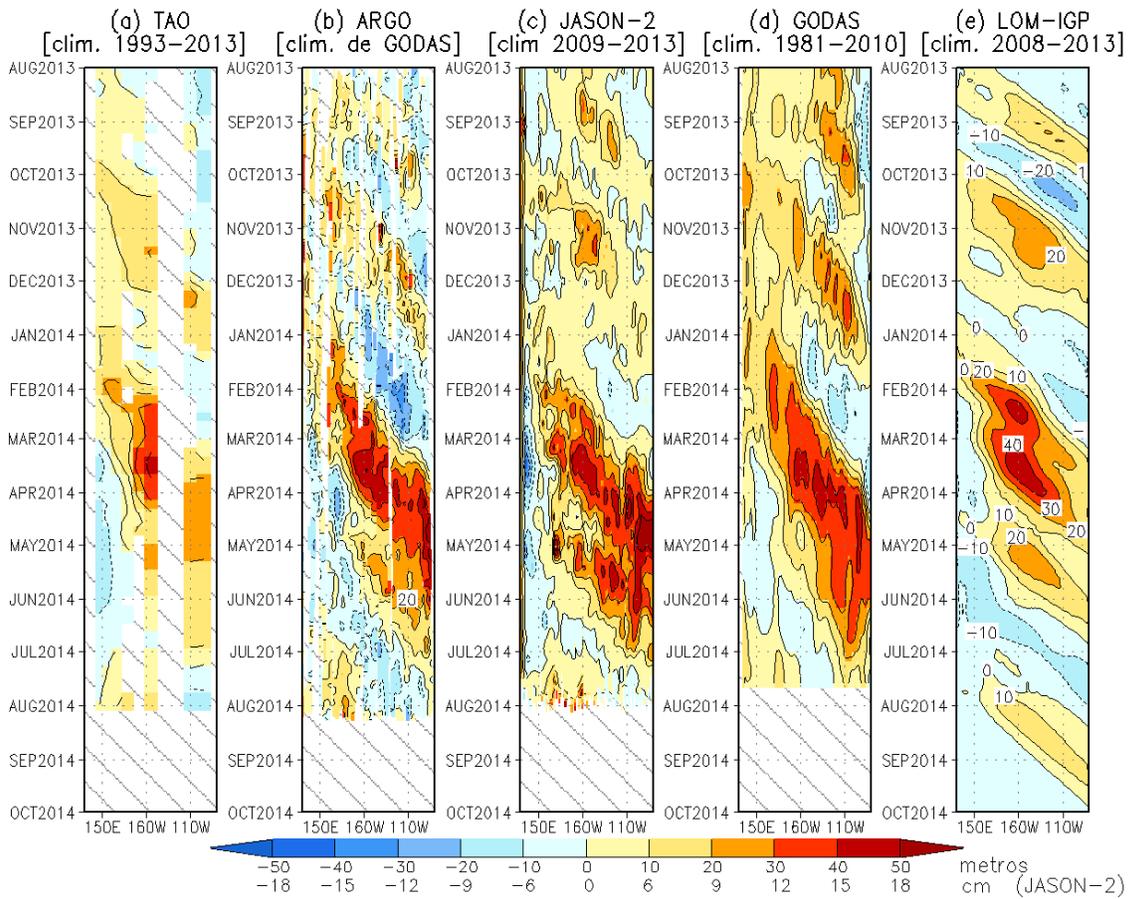


Figura 10. Diagrama longitud-tiempo a lo largo de la línea ecuatorial de la anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C (a, b, d y e) y del nivel del mar (c). Los datos son de a) las boyas TAO/TRITON, b) los derivadores Argo, c) el altímetro satelital JASON-2, d) el sistema de asimilación de datos GODAS, y e) 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)

**Anomalia del nivel del mar de JASON 2 (colores)  
y evolución características de una onda Kelvin ecuatorial  
con una velocidad de  $2.6 \text{ m s}^{-1}$  (líneas grises)**

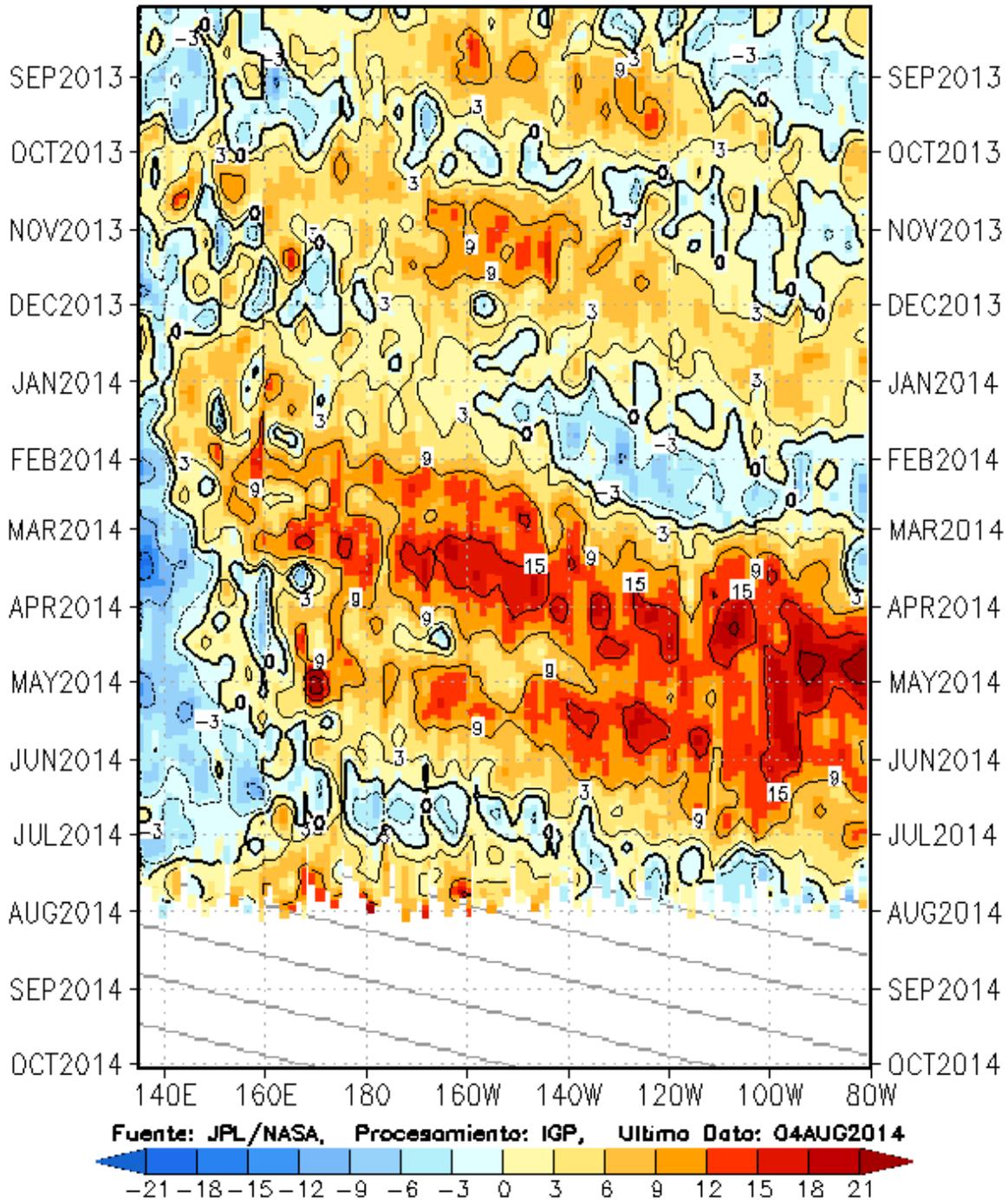


Figura 11. Diagrama longitudin-tempo de las anomalías del nivel del mar ecuatorial (cm) por el altímetro satelital JASON-2. Las líneas diagonales representan una propagación hacia el este con velocidad de  $2.6 \text{ m/s}$ . (Elaboración: IGP)

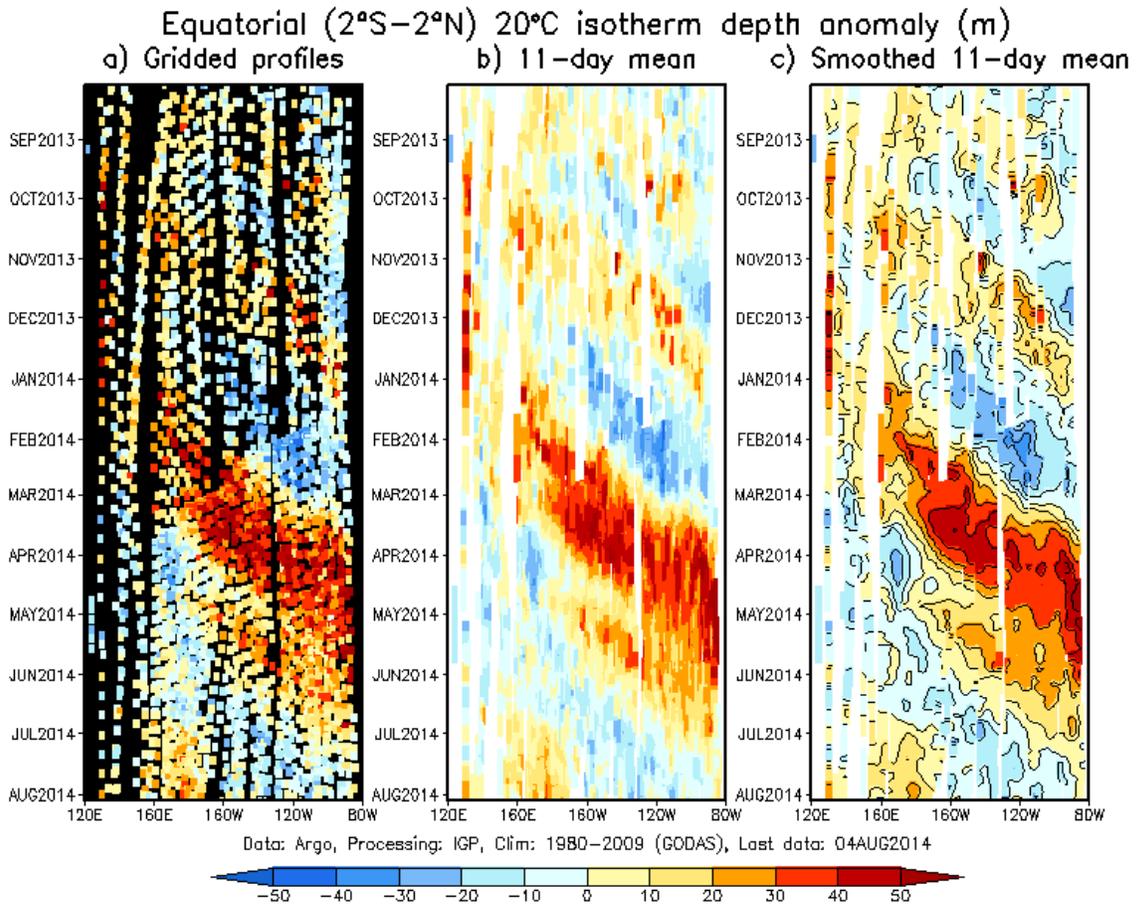
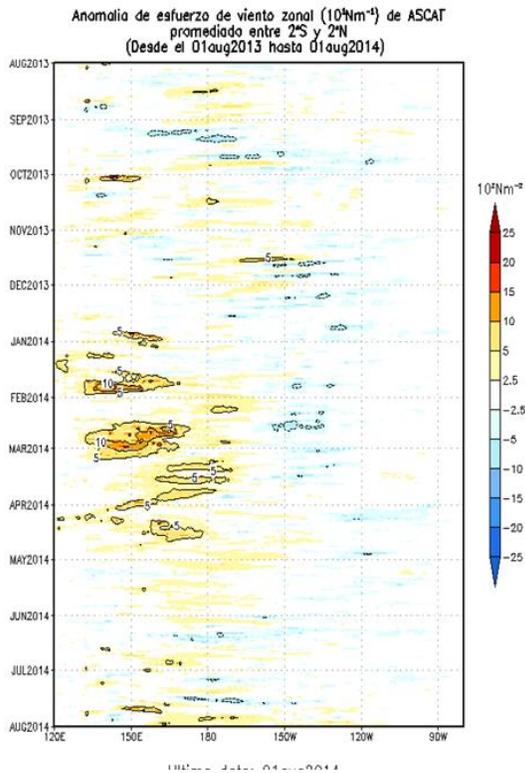


Figura 12. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de la profundidad de la isoterma de  $20^{\circ}\text{C}$  ecuatorial de derivadores Argo. a) Perfiles individuales grillados, b) media móvil de 11 días, c) versión suavizada de b). (Elaboración: IGP)



### Anomalia de esfuerzo de viento (ASCAT)

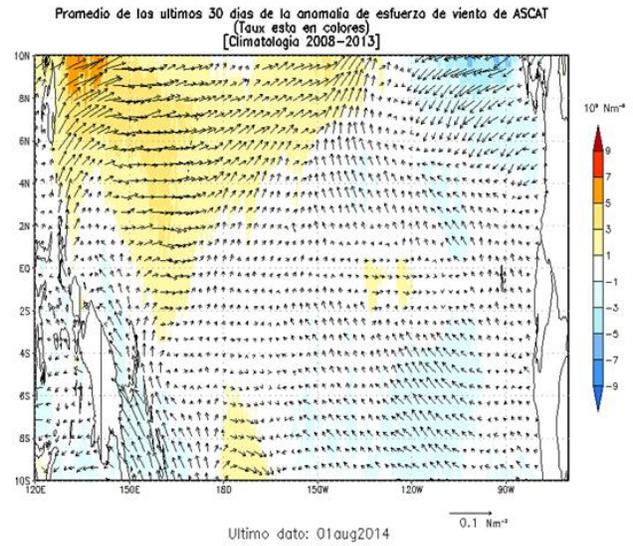


Figura 13. Izquierda: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT. Derecha: Mapa del promedio de 30 días, hasta el 01 de agosto de 2014, incluyendo los vectores de esfuerzo zonal. (Elaboración: IGP)

