

**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/2014-09  
06/10/2014**

**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 frente a la costa peruana son cálidas moderadas para el mes de agosto de 2014. Este resultado indica que el evento El Niño costero ha pasado de una magnitud débil a moderada. Sin embargo se observa que existe una tendencia hacia la normalización.

Los productos observacionales indican que la onda Kelvin cálida, pronosticada para llegar en setiembre, se ha atrasado y debilitado. A pesar de esto no se esperan mayores impactos en la TSM a lo largo de la costa peruana.

## **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 Niño1+2, actualizados hasta setiembre de 2014 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 2014. Los valores hasta esa fecha son:

Año	Mes	ICEN	Condiciones costeras del mes
2014	Mayo	<b>0.47</b>	Cálida Débil
2014	Junio	<b>1.03</b>	Cálida Moderada
2014	Julio	<b>1.19</b>	Cálida Moderada
2014	Agosto	<b>1.02</b>	Cálida Moderada

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

El **ICEN del mes de agosto de 2014 indica que la condición cálida para este mes clasifica como 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 tres meses consecutivos, respectivamente (ENFEN, 2012). Por lo tanto, con los últimos tres valores del ICEN (junio, julio y agosto) se establece formalmente la presencia de un evento **EL NIÑO COSTERO DE MAGNITUD MODERADA**.

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
2014	Setiembre	0.78	Cálida Débil	2014/08-2014/09:ERSST; 2014/10: NMME

Tabla 2. Estimados preliminares del ICEN

Según el valor de ICENtmp, se espera que el valor del ICEN de setiembre de 2014 alcance una magnitud dentro del rango de cálida débil, esto será confirmado cuando se disponga del valor de ERSST para el mes de octubre 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 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 (Fig. 10; Mosquera et al., 2014), de la profundidad de la isoterma de 20°C calculada de Argo (Fig. 11; Aparco et al., 2014), y esfuerzo de viento zonal. Tanto los datos in situ (TAO y Argo) como remotos (JASON-2) indican que el arribo de la onda Kelvin se ha atrasado y debilitado, por lo que no se espera mayores impactos en la TSM a lo largo de la costa peruana.

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 obtenidas del NCEP-CDAS hasta el 24 de setiembre 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). El mismo procedimiento es

En general, los modelos lineales, forzados con NCEP y ASCAT, indican que la onda Kelvin ya debe haber alcanzado la costa sudamericana.

### Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para los próximos tres meses, los pronósticos de la ATSM en el Pacífico oriental (Niño 1+2, ICEN) por los 8 modelos numéricos de las agencias internacionales analizados con condiciones iniciales del mes setiembre, indican, en promedio, condiciones cálidas débiles en el mes de (ASO) y, en los siguientes meses (SON y OND) cinco modelos numéricos muestran condiciones cálidas débiles. Por lo tanto, los modelos numéricos, en promedio, pronostican una condición El Niño, 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.

Para **finales del año**, los escenarios en el **Pacífico oriental** (Niño 1+2, ICEN) de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones **principalmente débiles (8 de 9 modelos)**. Para DEF y EFM de 2015 se mantiene la misma condición, es decir, 8 de 9 modelos indican condiciones débiles.

Para finales del año 2014, los escenarios en el Pacífico central de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones cálidas, principalmente condiciones débiles.

Modelo	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA
CFS2		0.61	0.27	0.3	0.45	0.49	0.54	0.55
CMC1		0.74	0.6	0.51	0.41	0.41	0.48	0.55
CMC2		0.73	0.49	0.38	0.36	0.43	0.5	0.57
GFDL		0.56	0.32	0.4	0.45	0.53	0.54	0.46
NASA		0.78	0.65	0.6	0.66	0.65	0.64	0.57
NCAR		0.83	0.62	0.43	0.47	0.59	0.68	0.62
GFDL_FLOR		0.47	0.22	0.3	0.49	0.58	0.63	0.73
NCAR_CCSM4		0.9	0.93	1.11	1.24	1.23	1.13	1.04
NMME		0.70	0.51	0.50	0.57	0.61	0.64	0.64
ECMWF		-	-	0.5	0.5	0.6	0.7	-
ICENTmp	-	0.78						

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

<b>Modelo</b>	<b>Pronóstico</b>	<b>Inicio</b>	<b>Extremo</b>	<b>Final</b>
<b>CFS2</b>	EN moderado	may-14	sep-14	sep-14
<b>CMC1</b>	EN moderado	may-14	sep-14	mar-15
<b>CMC2</b>	EN moderado	may-14	sep-14	oct-14
<b>GFDL</b>	EN moderado	may-14	sep-14	sep-14
<b>NASA</b>	EN moderado	may-14	sep-14	mar-15
<b>NCAR</b>	EN moderado	may-14	sep-14	mar-15
<b>GFDL_FLOR</b>	EN moderado	may-14	sep-14	sep-14
<b>NCAR_CCSM4</b>	EN moderado	may-14	dic-14	mar-15
<b>NMME (prom)</b>	<b>El Niño moderado</b>	<b>may-14</b>	<b>sep-14</b>	<b>mar-15</b>
<b>ECMWF</b>	EN	-	feb-15	feb-15

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

## Conclusiones

1. **El ICEN para el mes de agosto es de 1.02°C (cálida moderada), con este valor el evento Niño costero pasó de un evento débil a moderado;** mientras que el ICEN tmp para el mes de setiembre es de 0.78°C, lo cual está en el rango de cálida débil.. En general, los valores de ICEN muestran una tendencia a condiciones débiles y neutras.
2. Para los **próximos tres meses**, los pronósticos de la ATSM en el **Pacífico oriental** (Niño 1+2, ICEN) por los ocho modelos numéricos de las agencias internacionales analizados con condiciones iniciales de setiembre indican condiciones **entre neutrales (3 de 8 modelos) y cálidas débiles (5 de 8 modelos) para SON; neutrales (3 de 9 modelos) y cálidas débiles (5 de 9 modelos) para OND; y cálidas débiles (6 de 9 modelos) NDE.**
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.**
4. Para **finales del año**, los escenarios en el **Pacífico oriental** (Niño 1+2, ICEN) de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones **principalmente débiles (8 de 9 modelos).** Para enero y febrero de 2015 se mantiene la misma condición, es decir, 8 de 9 modelos indican condiciones débiles.
5. Para **finales del año 2014**, los escenarios en el **Pacífico central** de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones **cálidas**, principalmente **débil.**
6. **Los productos observacionales a lo largo de la línea ecuatorial y el modelo lineal indican que existe actividad de la onda Kelvin cálida.** La onda Kelvin se ha atrasado y debilitado, por lo que no se espera mayores impactos en la TSM a lo largo de la costa peruana.

## 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.

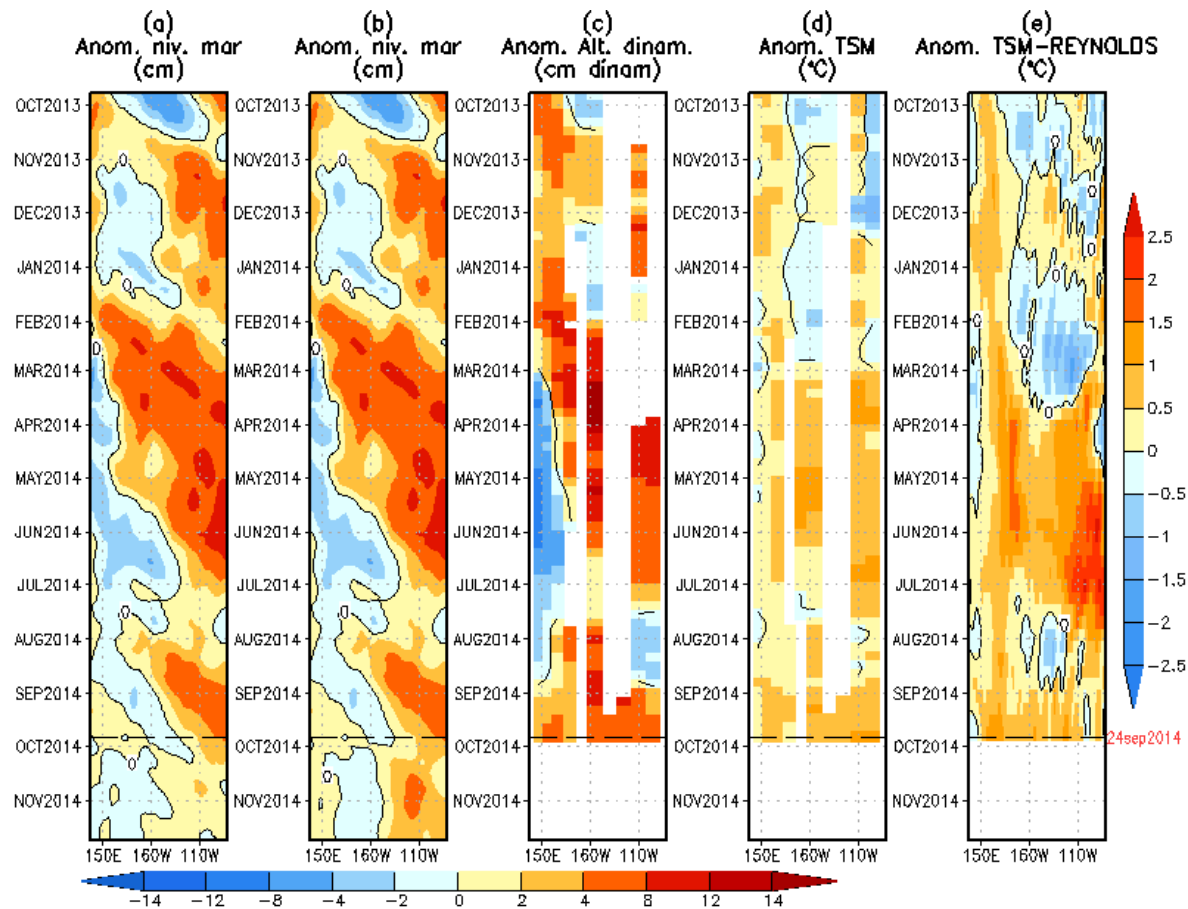


Figura 1. Anomalías (a y b) del nivel medio del mar simulado con LOM1 (termoclina uniforme), (c) de la altura dinámica (TAO), (d y e) de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente, en la región ecuatorial (2°S y 2°N). En (a) y (b) la línea cortada en color negro,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



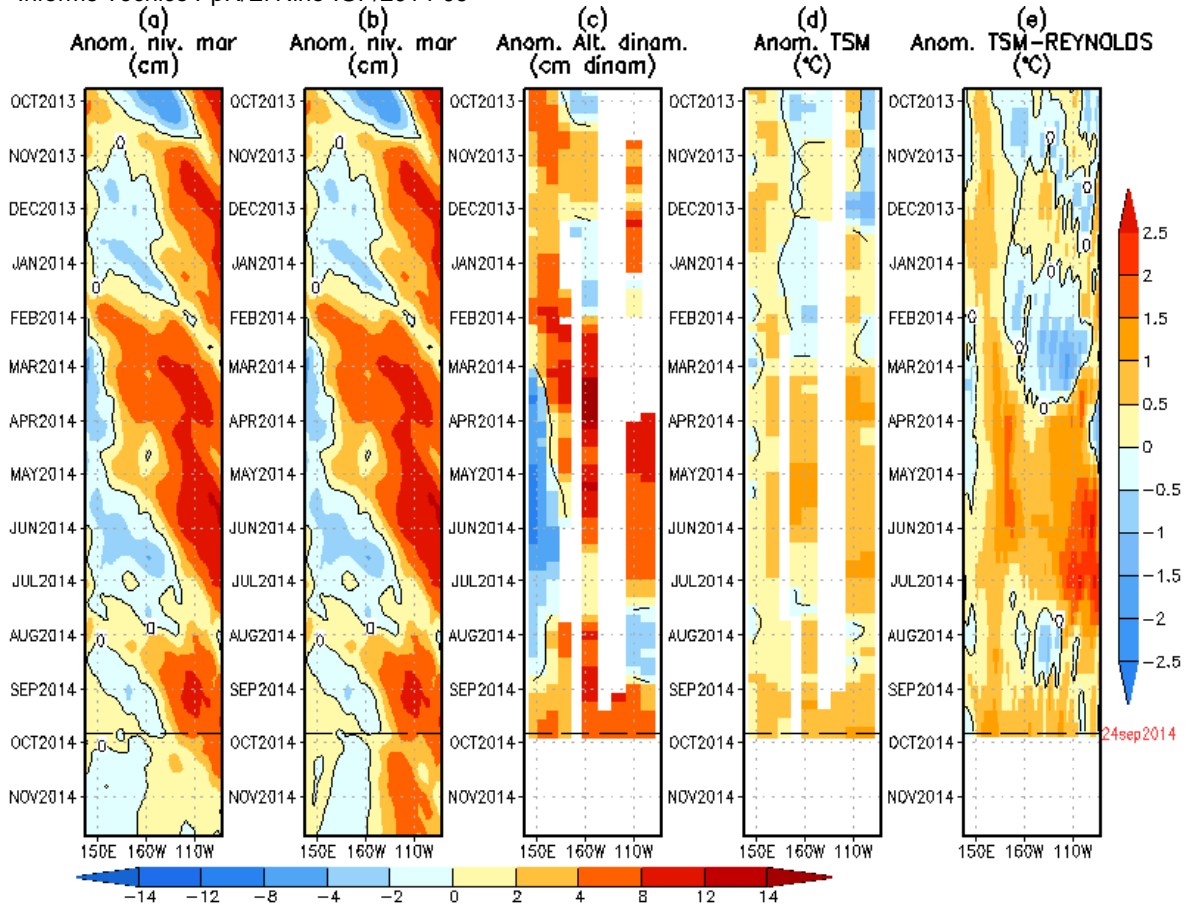


Figura 2. Similar a la Fig. 1 pero para LOM2 (termoclina variable).

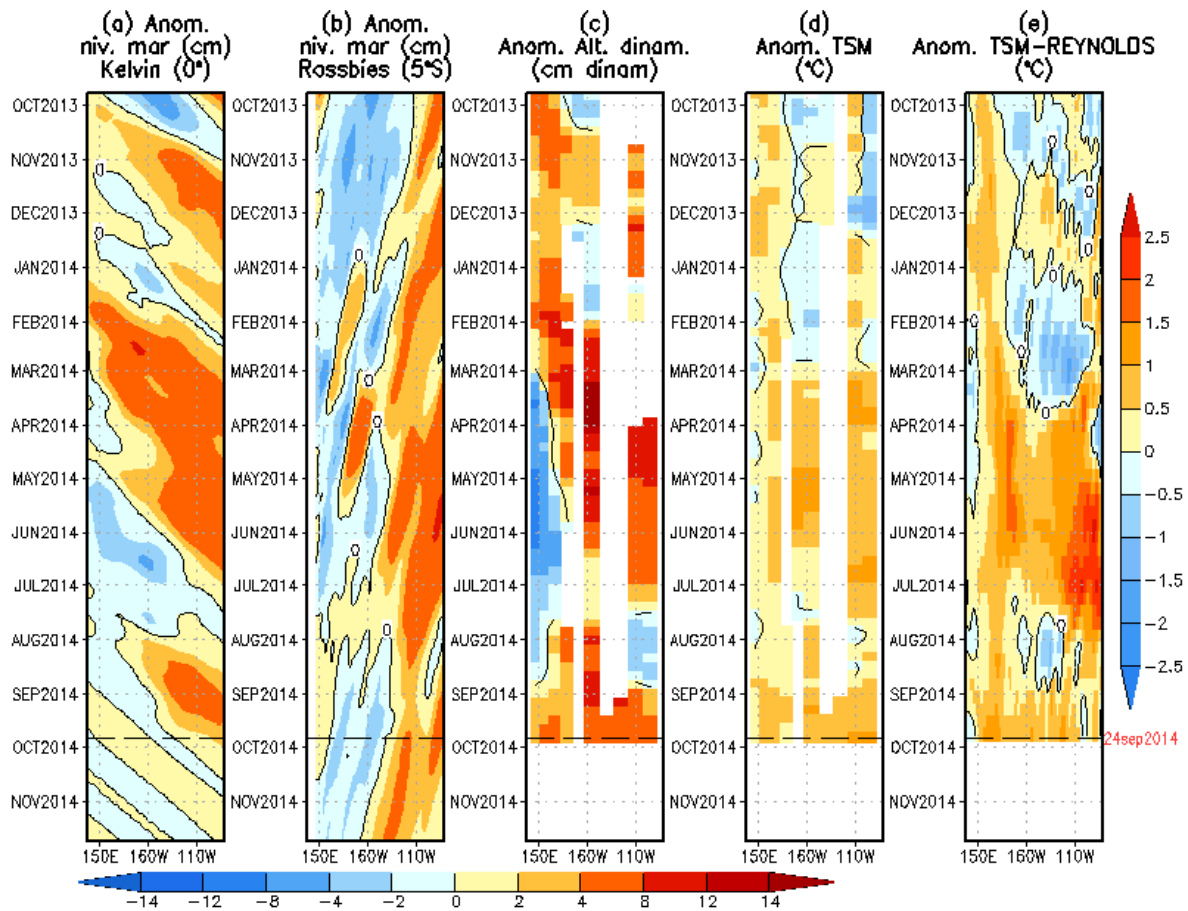


Figura 3. (a) Contribución de la Onda Kelvin al nivel del mar y (b) Contribución de la onda Rossby al nivel del mar en 5°N obtenida de LOM1a. (c) anomalía de la altura dinámica (TAO), (d) y (e) anomalía de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente en la región ecuatorial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

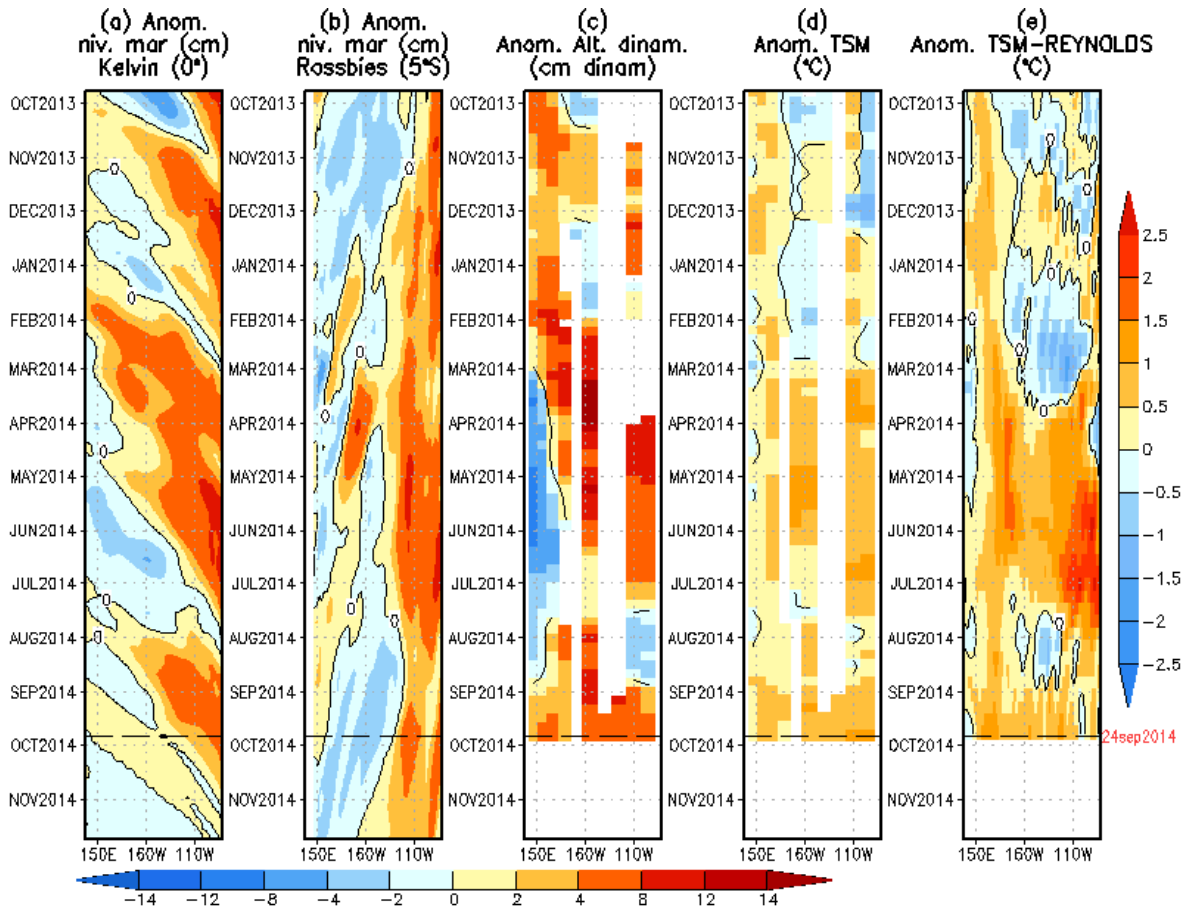


Figura 4. (a) Igual que la Figura 3, pero para LOM2a.

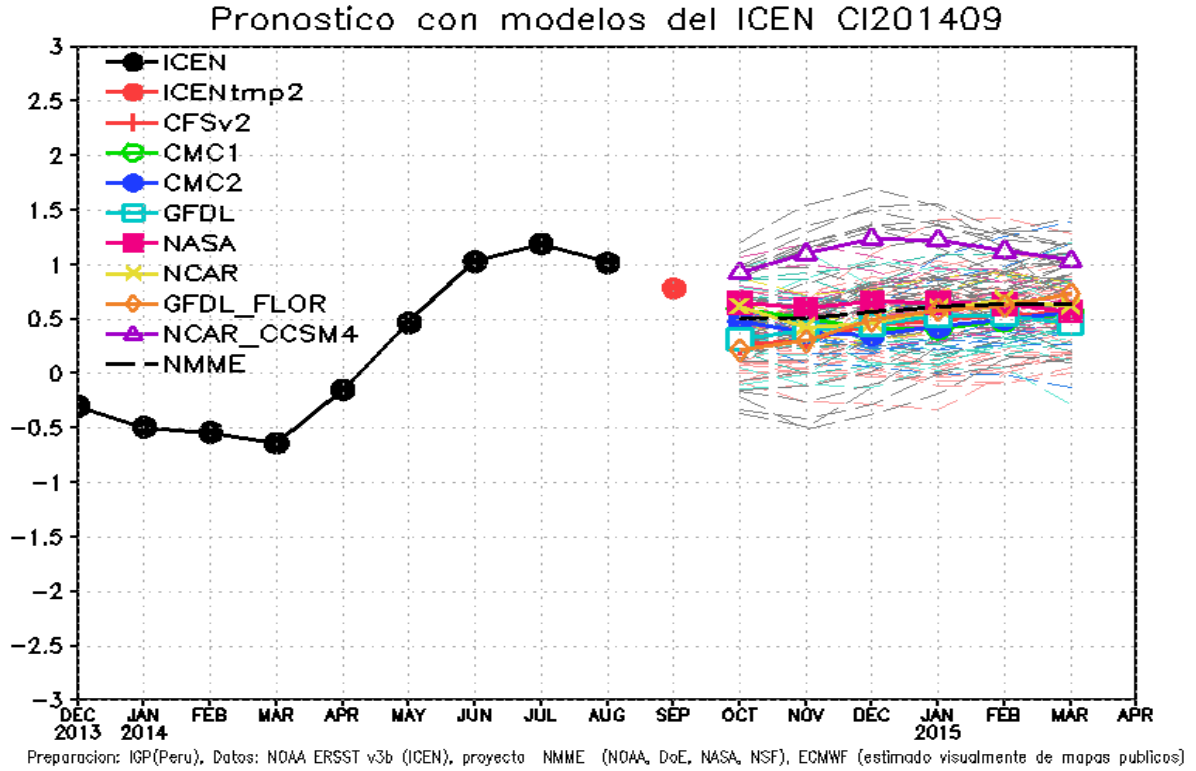


Figura 5. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y sus valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden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

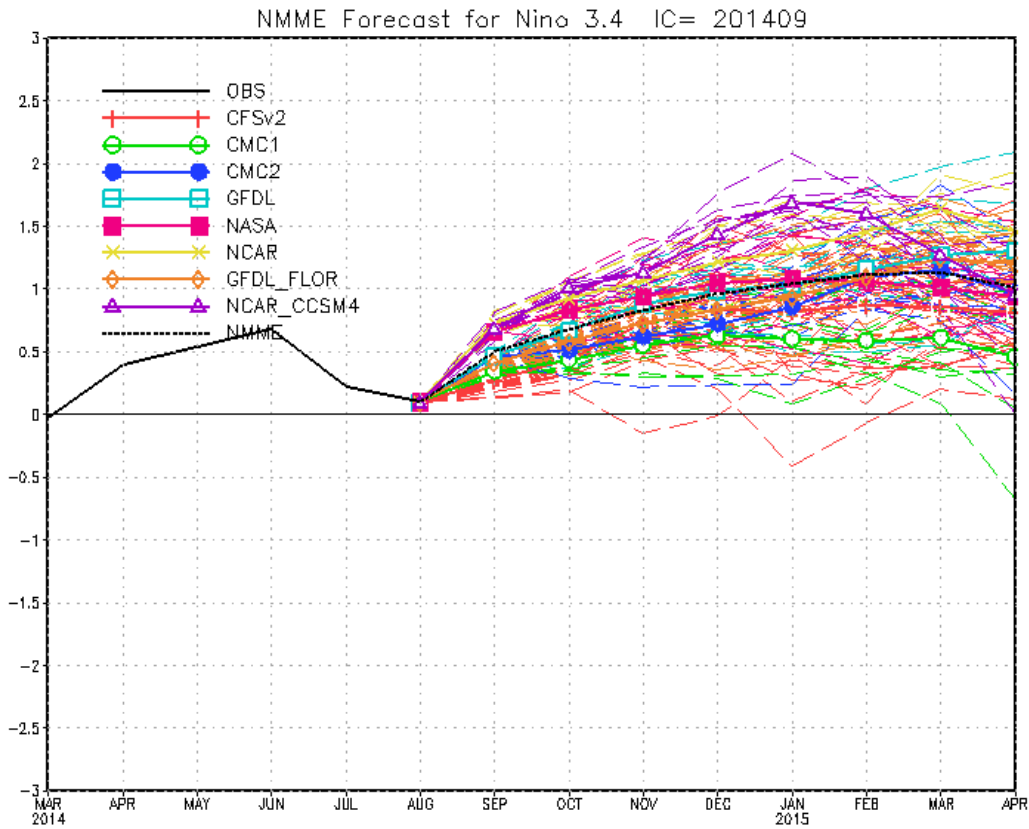


Figura 6. Similar a Fig. 5 pero para el índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

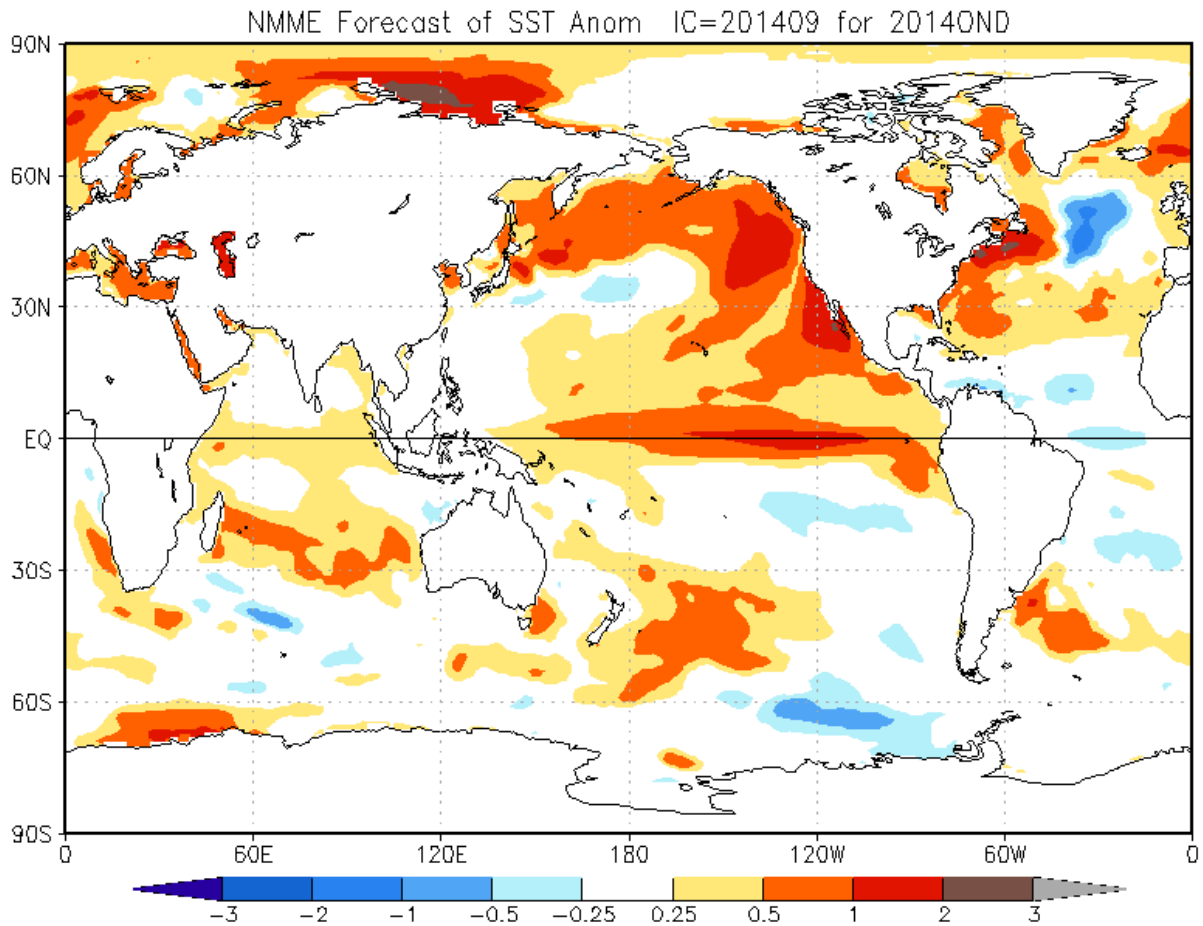


Figura 7. Pronóstico de la anomalía de temperatura superficial del mar promediada sobre los modelos del proyecto NMME (NCEP CFS2, CanCM3 CMC1 y 2, GFDL CM2.2, NASA GEOS5, NCAR CCSM3.0, CCSM3.0, GFDL\_FLOR y NCAR\_CCSM4 para el trimestre - octubre diciembre de 2014 con condiciones iniciales de setiembre de 2014. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

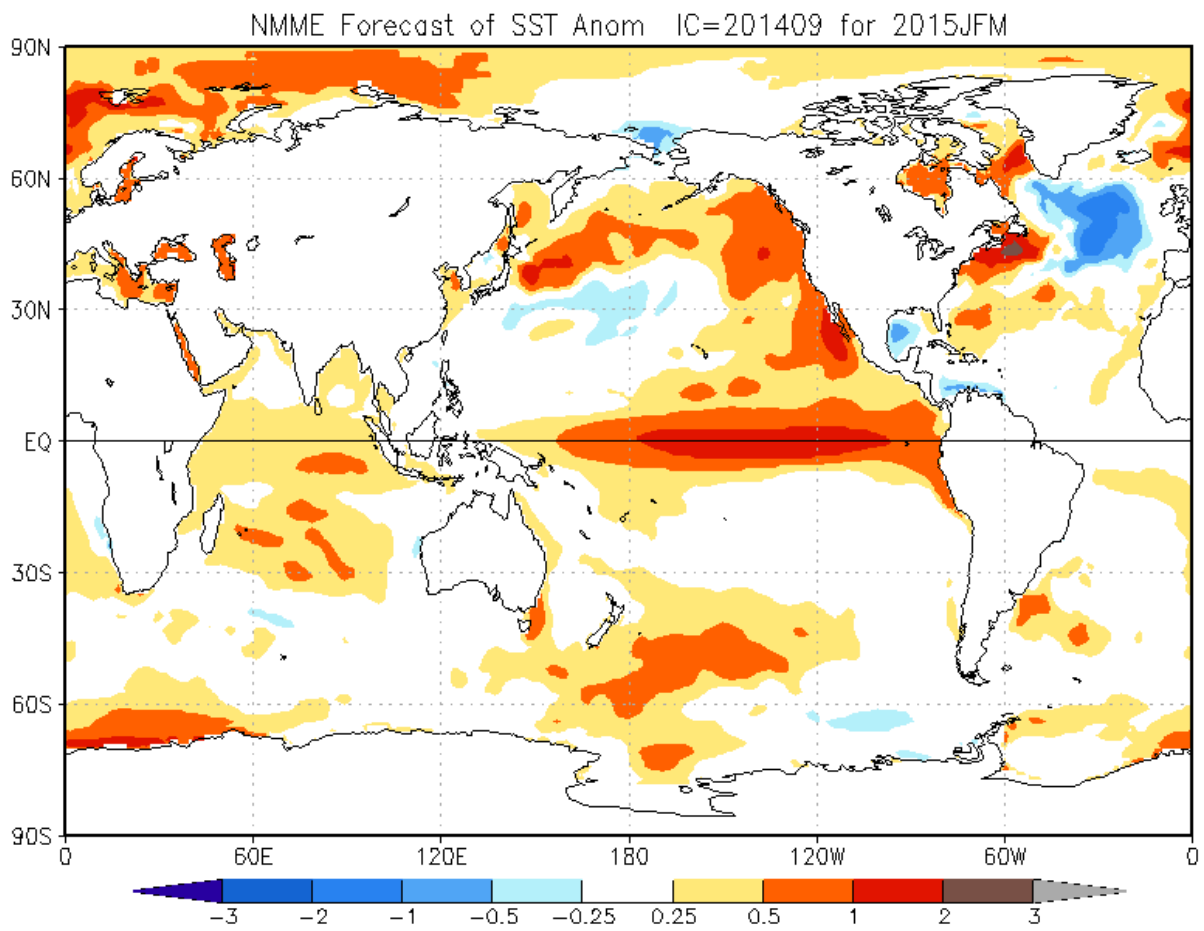


Figura 8. Similar a la Fig.7, pero para el trimestre enero – marzo de 2015.

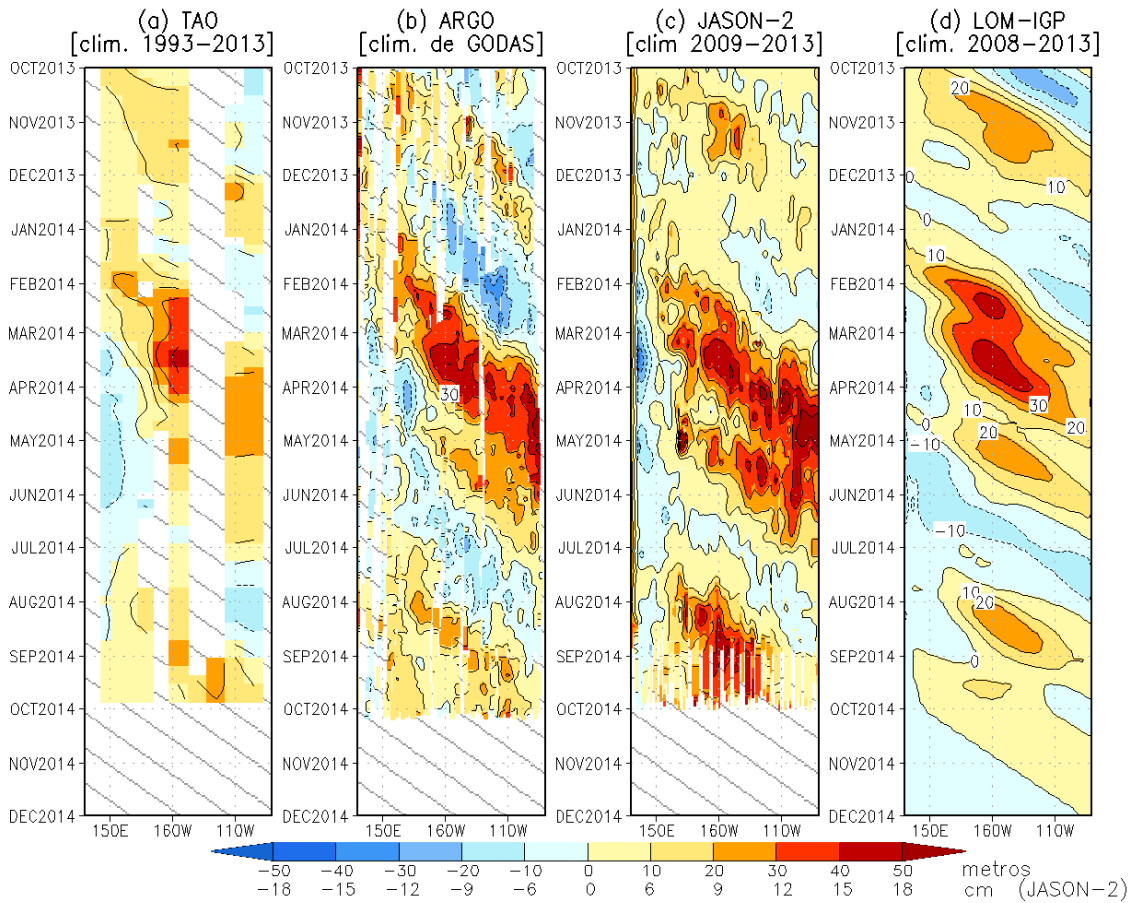


Figura 9. Diagrama longitud-tiempo a lo largo de la línea ecuatorial de la anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C (a, b y d) y del nivel del mar (c). Los datos son de a) las boyas TAO/TRITON, b) los derivadores Argo, c) el altímetro satelital JASON-2, y d) el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, 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)**

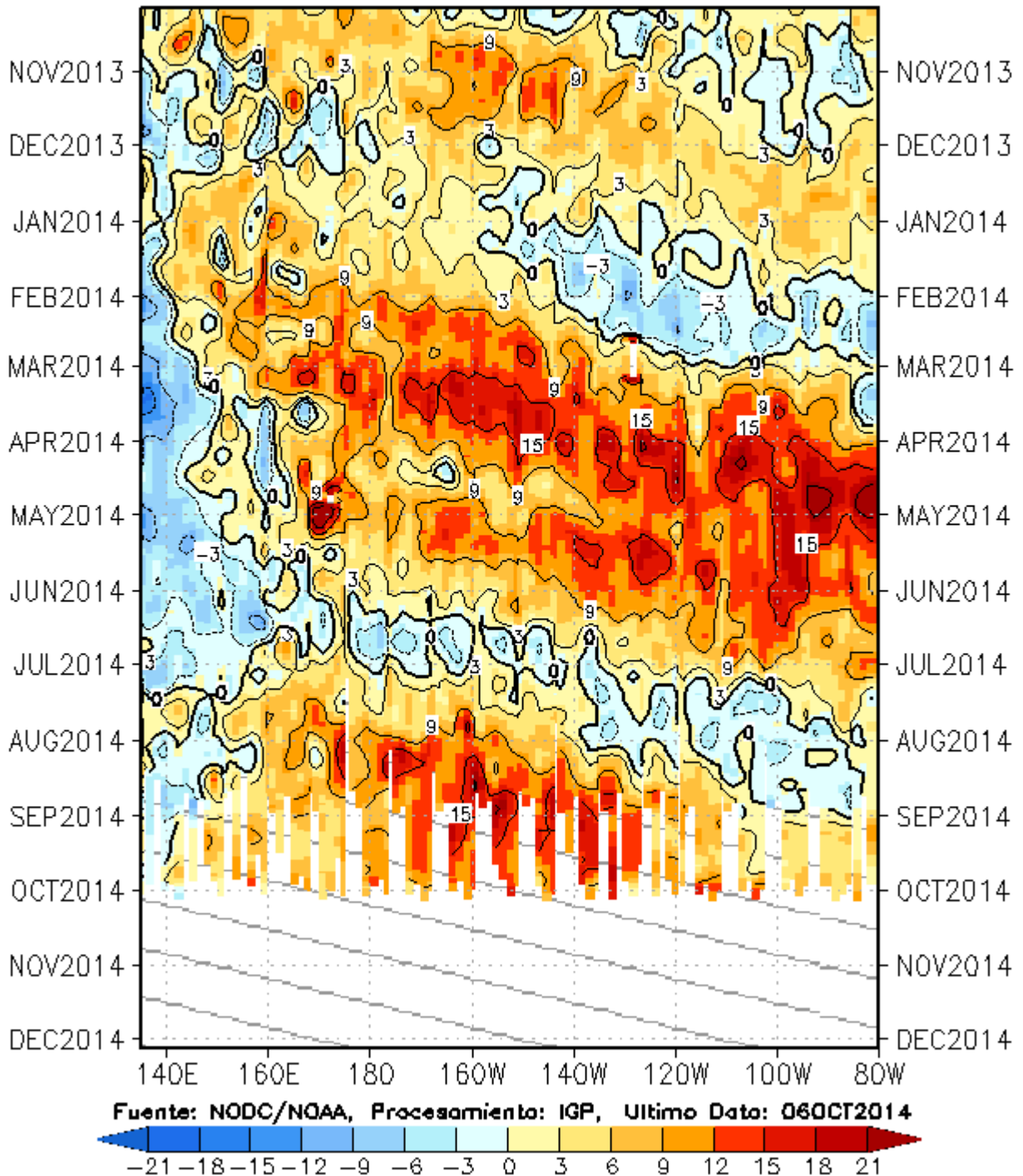


Figura 10. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del nivel del mar ecuatorial (cm) por el altímetro satelital JASON-2. Las líneas diagonales representan una propagación hacia el este con velocidad de  $2.6 \text{ m/s}$ . (Elaboración: IGP)

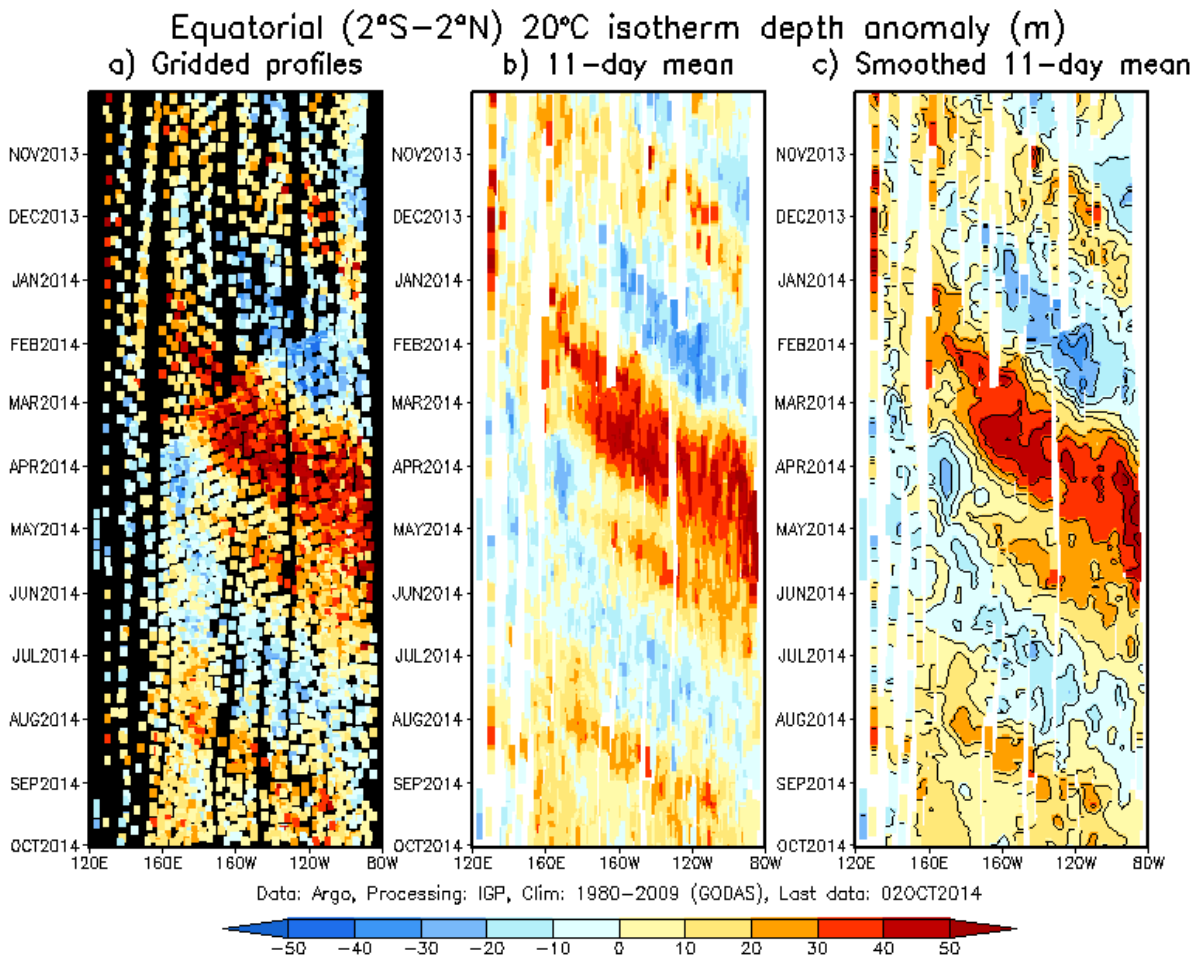


Figura 11. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de la profundidad de la isoterma de  $20^{\circ}\text{C}$  ecuatorial de derivadores Argo. a) Perfiles individuales grillados, b) media móvil de 11 días, c) versión suavizada de b). (Elaboración: IGP)

### Anomalía de esfuerzo de viento (ASCAT)

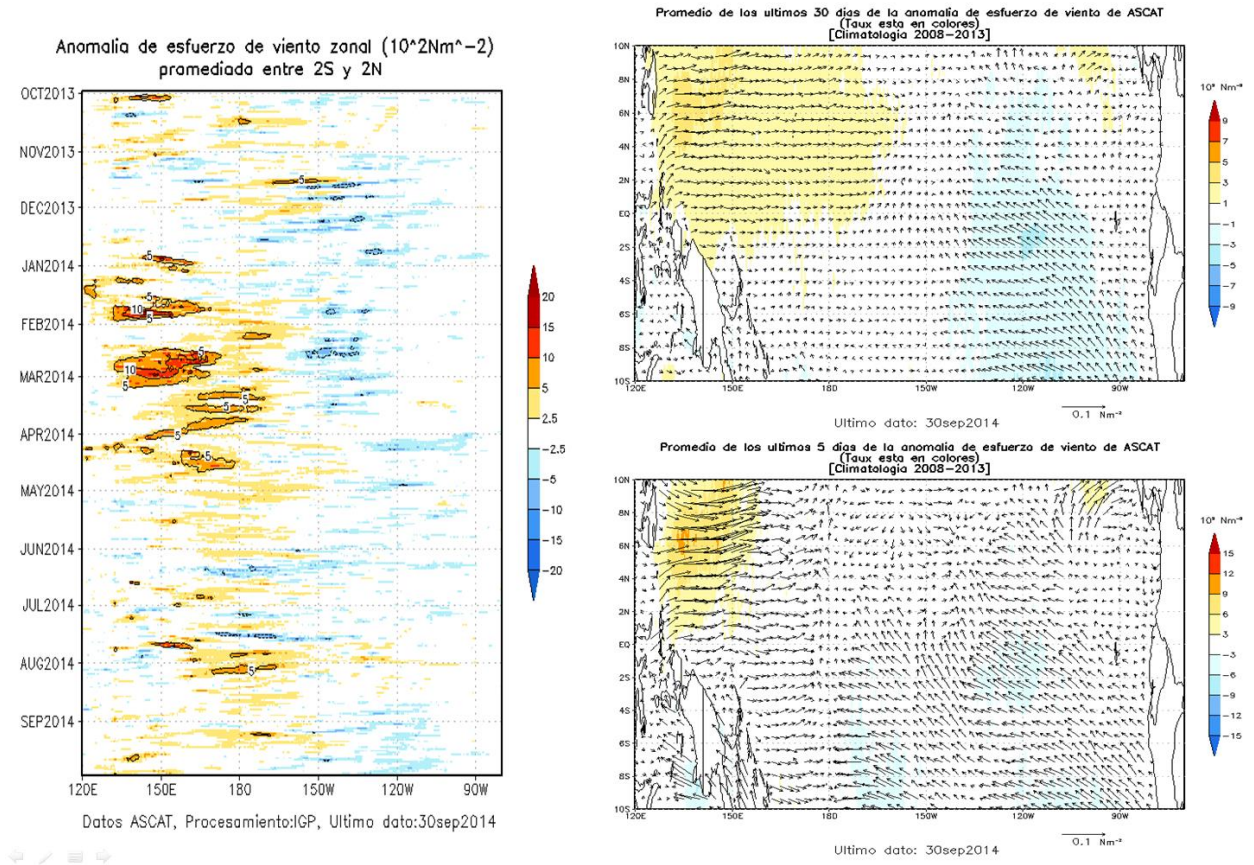


Figura 12. Izquierda: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT. Derecha (superior): Mapa del promedio de 30 días. Derecha (inferior): Mapa del promedio de 5 días, hasta el 30 de setiembre de 2014, incluyendo los vectores de esfuerzo zonal. (Elaboración: IGP)