

**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/2014-10  
06/11/2014**

**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 débiles para el mes de setiembre de 2014, las cuales se proyectarían hasta el verano del 2015, según los modelos numéricos. Estos mismos señalan, en el mismo periodo, que las condiciones en el Pacífico Central serán entre cálidas débiles y moderadas. Actualmente existe la presencia de una onda Kelvin cálida en el Pacífico ecuatorial central que debe arribar en el mes de diciembre.

## **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 octubre 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 setiembre de 2014. Los valores hasta esa fecha son:

Año	Mes	ICEN	Condiciones costeras del mes
2014	Junio	1.03	Cálida Moderada
2014	Julio	1.19	Cálida Moderada
2014	Agosto	1.02	Cálida Moderada
2014	Setiembre	0.69	Cálida Débil

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

**El ICEN del mes de setiembre de 2014 indica que la condición cálida para este mes clasifica como débil.** 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).

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

Año	Mes	ICEN <sub>tmp</sub>	Condiciones costeras del mes	Fuente
2014	Octubre	0.5	Cálida Débil	2014/09-2014/10:ERSST; 2014/11: NMME

Tabla 2. Estimados preliminares del ICEN

Según el valor de ICEN<sub>tmp</sub>, se espera que el valor del ICEN de octubre 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 noviembre 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 la presencia de una onda Kelvin que debe arribar en diciembre. Es necesario recalcar que esta perturbación se ha intensificado debido a una anomalía positiva de viento que se dio en la quincena de octubre. Actualmente la intensidad de esta onda es similar a la anterior (la que llegó recientemente).

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 de ASCAT hasta el 01 de noviembre 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).

En general, los modelos lineales, forzados con ASCAT, indican la llegada de una onda Kelvin a la costa sudamericana para el mes de diciembre..

### Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para los próximos meses, que incluye el verano 2015, los pronósticos de la ATSM en el Pacífico oriental (Niño 1+2, ICEN) pronostican principalmente condiciones cálidas débiles, lo que formalmente significa que el evento El Niño costero se extendería por cuatro meses más, sin cambios en su magnitud. Si bien algunos de los modelos indican un valores máximos para el trimestre de MAM 2015, los pronósticos para meses posteriores a enero tienen baja confiabilidad (Reupo y Takahashi, 2014).

Para los próximos 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 y entre cálidas y débiles para el verano de 2015.

Modelo	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM
CFS2		0.57	0.41	0.47	0.54	0.54	0.55	0.63
CMC1		0.51	0.41	0.46	0.57	0.6	0.65	0.62
CMC2		0.67	0.6	0.62	0.65	0.72	0.82	0.99
GFDL		0.61	0.47	0.5	0.57	0.63	0.59	0.58
NASA		0.7	0.64	0.64	0.63	0.61	0.5	0.5
NCAR		0.58	0.45	0.42	0.41	0.46	0.47	0.38
GFDL_FLOR		0.49	0.37	0.47	0.55	0.57	0.52	0.55
NCAR_CCSM4		0.51	0.43	0.51	0.67	0.79	0.88	0.94
NMME		0.58	0.44	0.49	0.57	0.61	0.57	0.60
ECMWF		-	-	0.5	0.5	0.5	0.7	-
ICENtmp	-	0.5						

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

Modelo	Inicio	Extremo	Final
CFS2	may-14	jul-14	abr-15
CMC1	may-14	jul-14	abr-15
CMC2	may-14	jul-14	abr-15
GFDL	may-14	jul-14	abr-15
NASA	may-14	jul-14	abr-15
NCAR	may-14	jul-14	abr-15
GFDL_FLOR	may-14	jul-14	nov-14
NCAR_CCSM4	may-14	-	abr-15
NMME (prom)	may-14	jul-14	abr-15
ECMWF	-	jul-14	mar-15

Tabla 4. Pronósticos de evento El Niño/La Niña en la costa según modelos climáticos con condiciones iniciales de octubre 2014. Los valores extremos no consideran los valores del 2015 por su baja confiabilidad (Reupo y Takahashi, 2014).

## Conclusiones

1. **El ICEN para el mes de setiembre es de 0.69 °C (cálida débil)**, ; mientras que el ICENtmp para el mes de octubre es de 0.5°C, lo cual está en el rango de cálida débil. **Se observa que el evento El Niño, de magnitud moderada, que ha afectado la costa peruana, viene disipándose lentamente.**
2. Para los **próximos tres meses**, los pronósticos de la ATSM en el **Pacífico oriental** (Niño 1+2, ICEN) de todos los modelos numéricos de las agencias internacionales analizados con condiciones iniciales de setiembre indican condiciones **cálidas débiles**.
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 **el verano del año 2015**, los escenarios en el **Pacífico oriental** (Niño 1+2, ICEN) de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones **principalmente débiles**.
5. Para **el verano del año 2015**, los escenarios en el **Pacífico central** de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones **cálidas (débil y moderada)**.
6. **Los productos observacionales a lo largo de la línea ecuatorial y el modelo lineal indican la presencia de una onda Kelvin cálida, la cual debe arribar durante el mes de diciembre. Esta perturbación se ha intensificado por una anomalía positiva de viento que se dio en la quincena de octubre.** Actualmente la intensidad de la onda es similar a la anterior (la que llegó recientemente).

## 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.
- 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., 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.

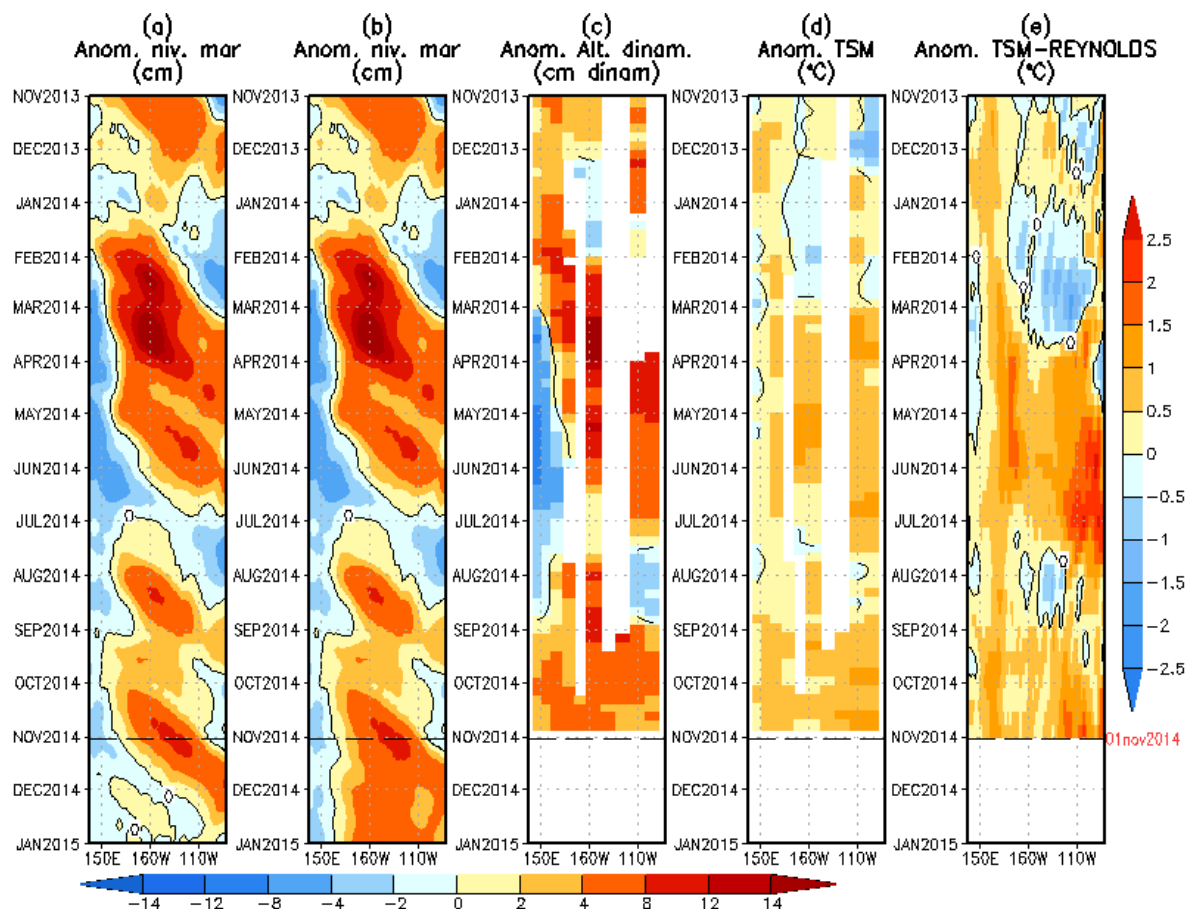


Figura 1. Anomalías (a y b) del nivel medio del mar simulado con LOM1 (termoclina uniforme), (c) de la altura dinámica (TAO), (d y e) de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente, en la región ecuatorial (2°S y 2°N). En (a) y (b) la línea cortada en color negro, 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, ASCAT, climatología: 2008-2013).

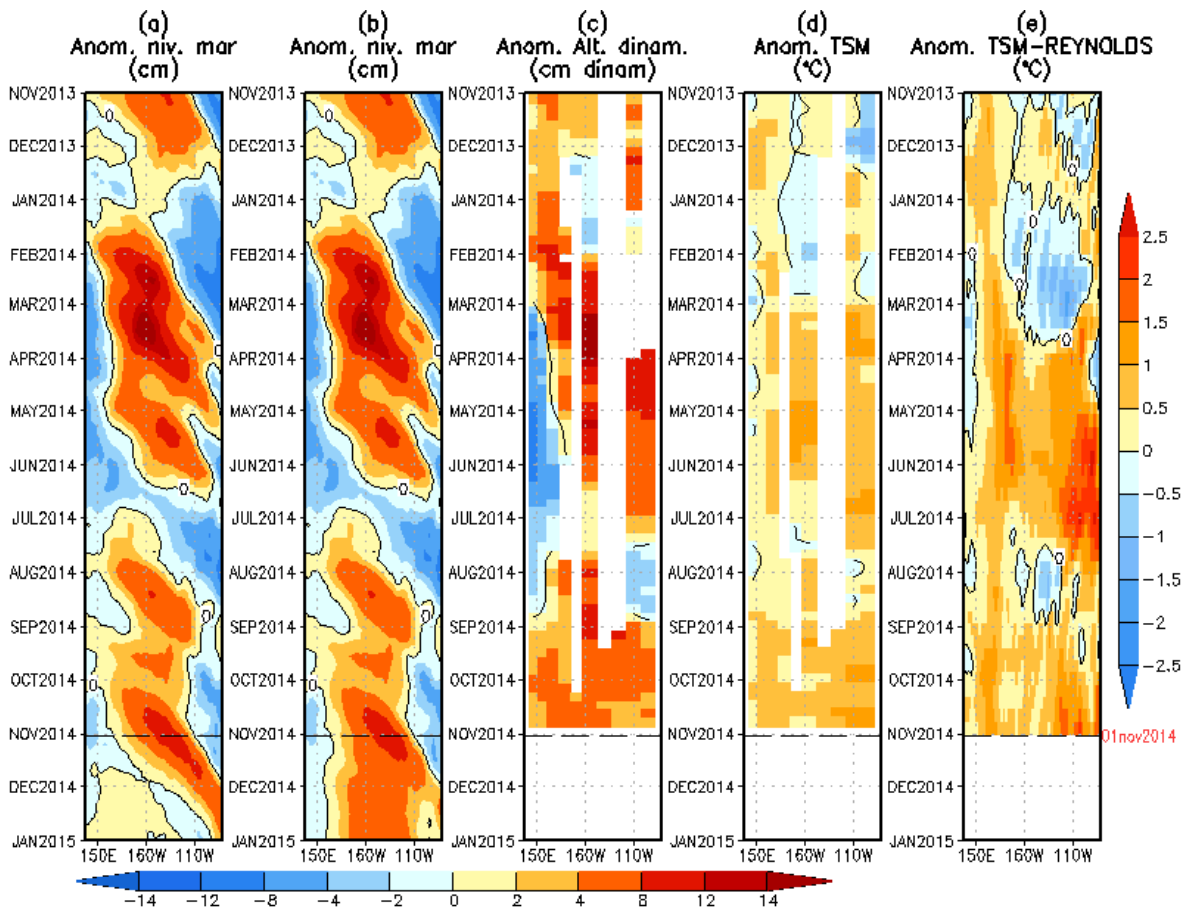


Figura 2. Similar a la Fig. 1 pero para LOM2 (termoclina variable).



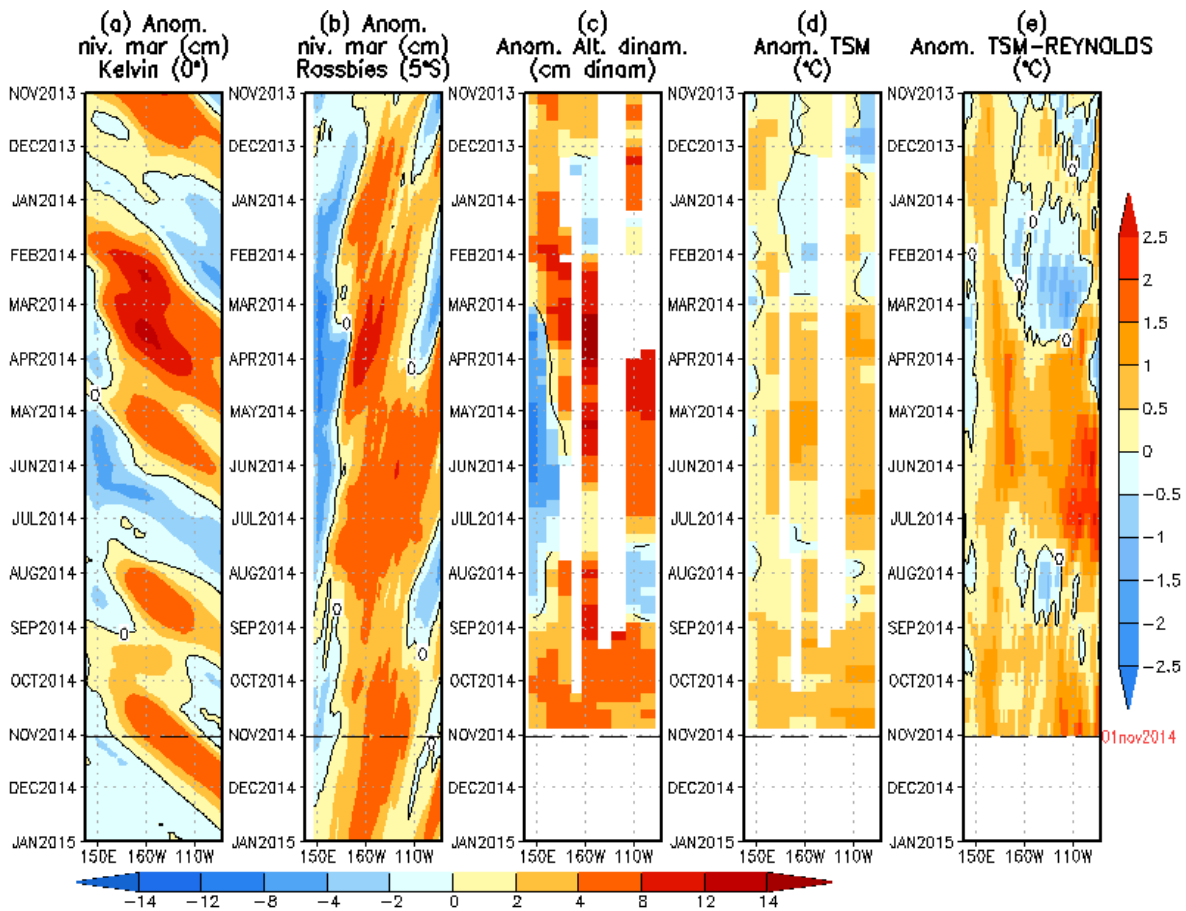


Figura 3. (a) Contribución de la Onda Kelvin al nivel del mar y (b) Contribución de la onda Rossby al nivel del mar en 5°N obtenida de LOM1a. (c) anomalía de la altura dinámica (TAO), (d) y (e) anomalía de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente en la región ecuatorial (Fuente: IGP, ASCAT, climatología: 2008-2013).

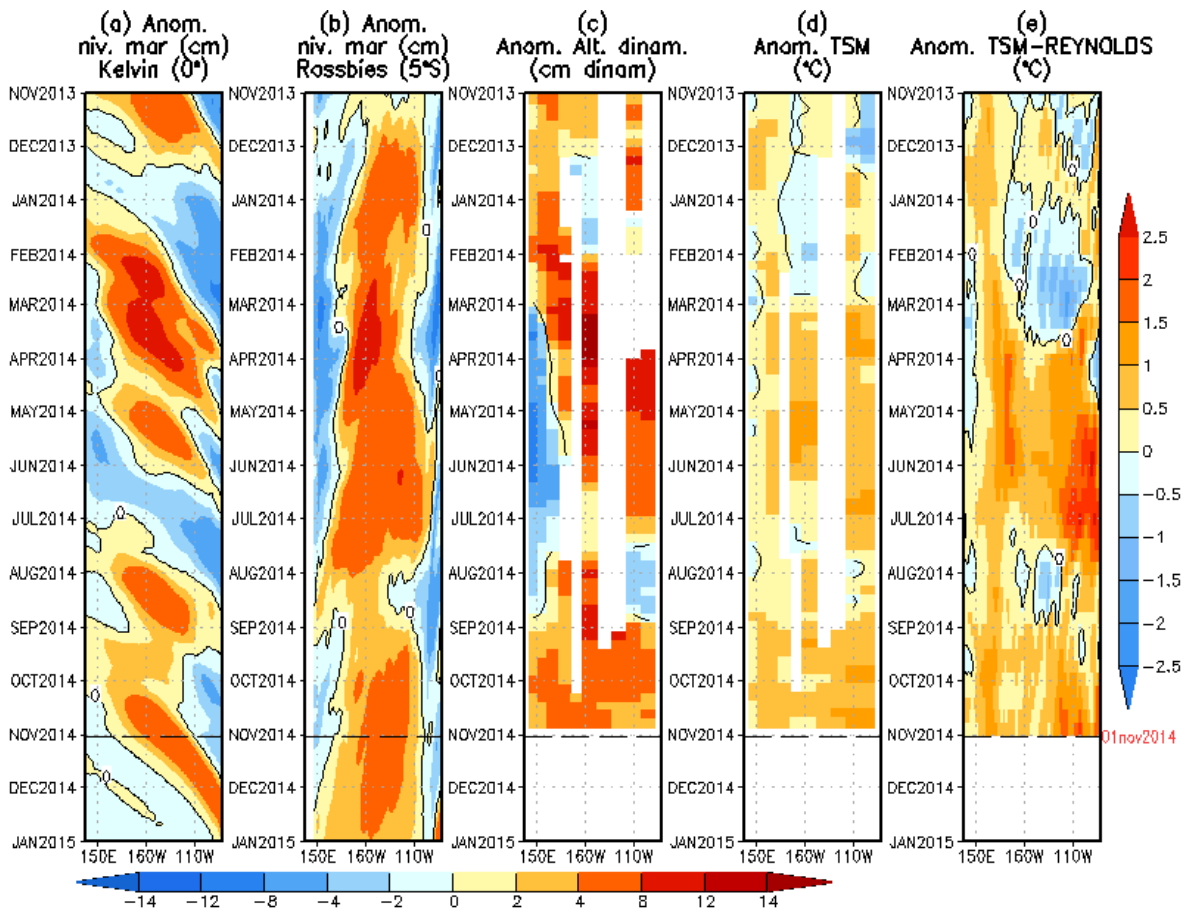


Figura 4. (a) Igual que la Figura 3, pero para LOM2a.

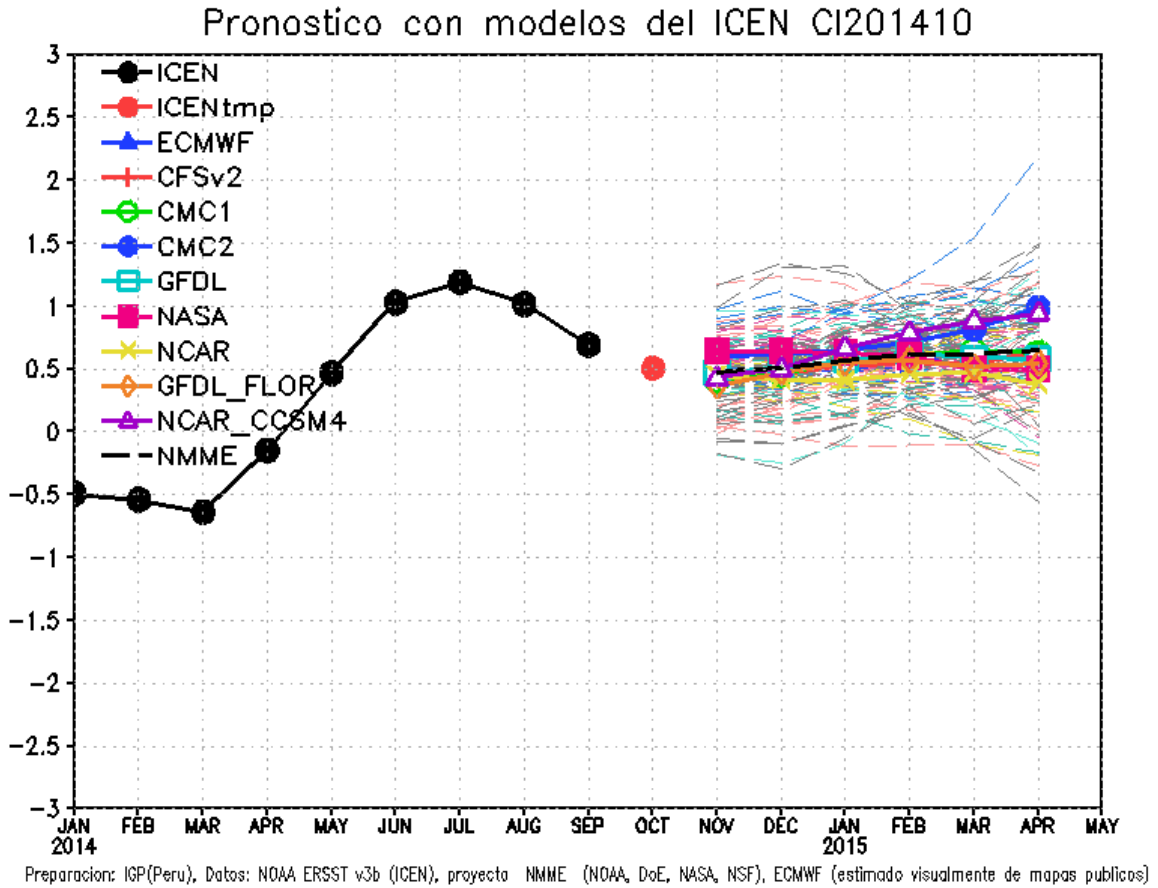


Figura 5. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y sus valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden 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 octubre de 2014. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de octubre de 2014. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF).

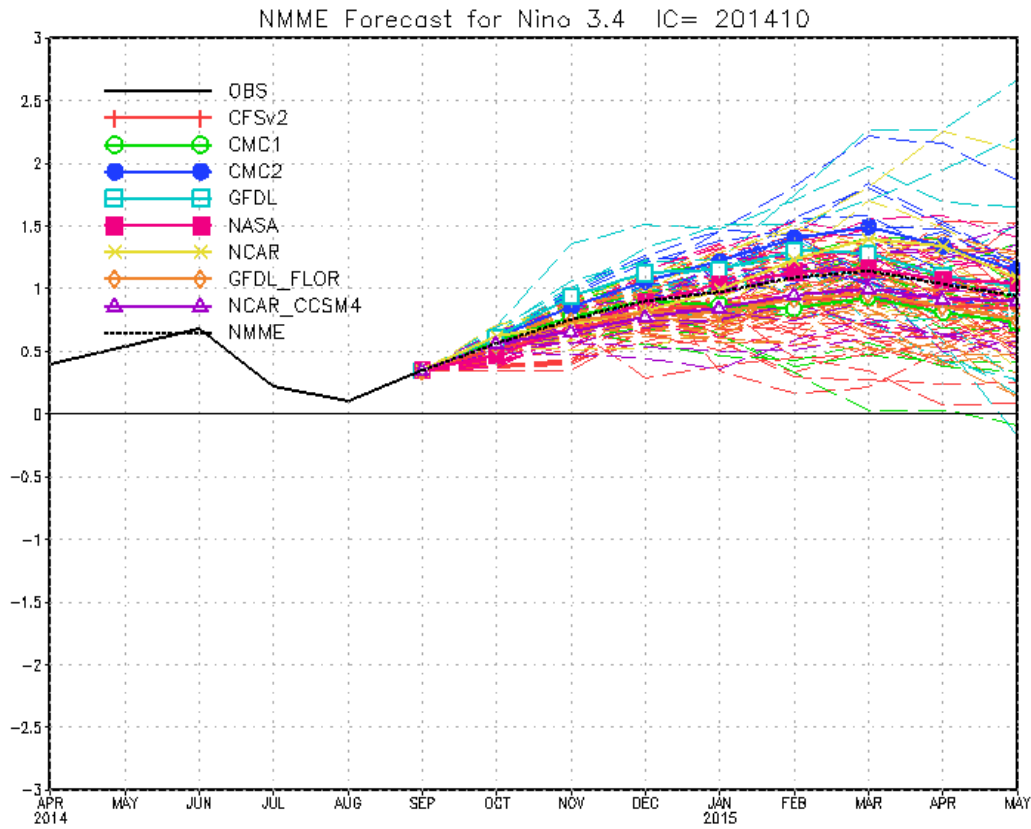


Figura 6. Similar a Fig. 5 pero para el índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

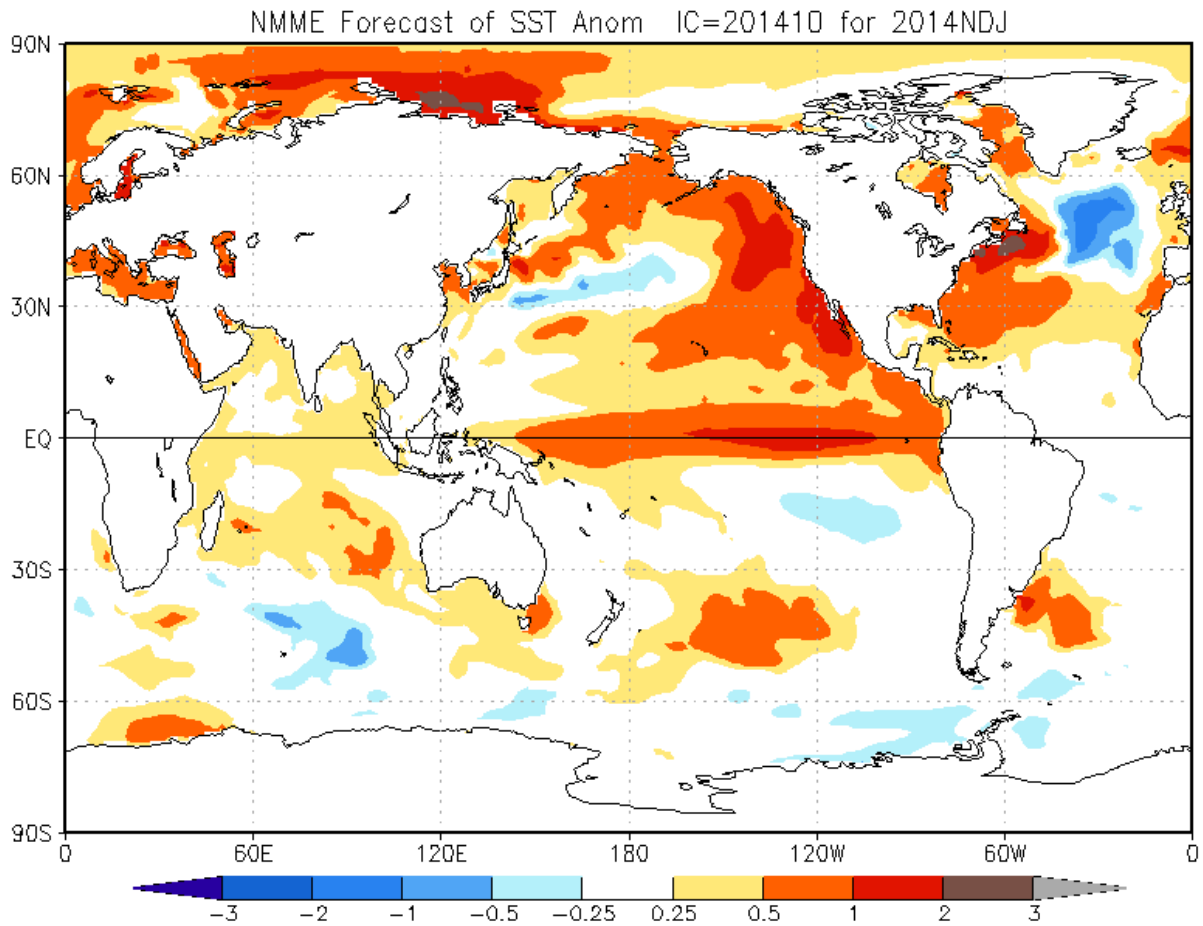


Figura 7. Pronóstico de la anomalía de temperatura superficial del mar promediada sobre los modelos del proyecto NMME (NCEP CFS2, CanCM3 CMC1 y 2, GFDL CM2.2, NASA GEOS5, NCAR CCSM3.0, CCSM3.0, GFDL\_FLOR y NCAR\_CCSM4 para el trimestre - noviembre enero de 2014/15 con condiciones iniciales de octubre de 2014. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

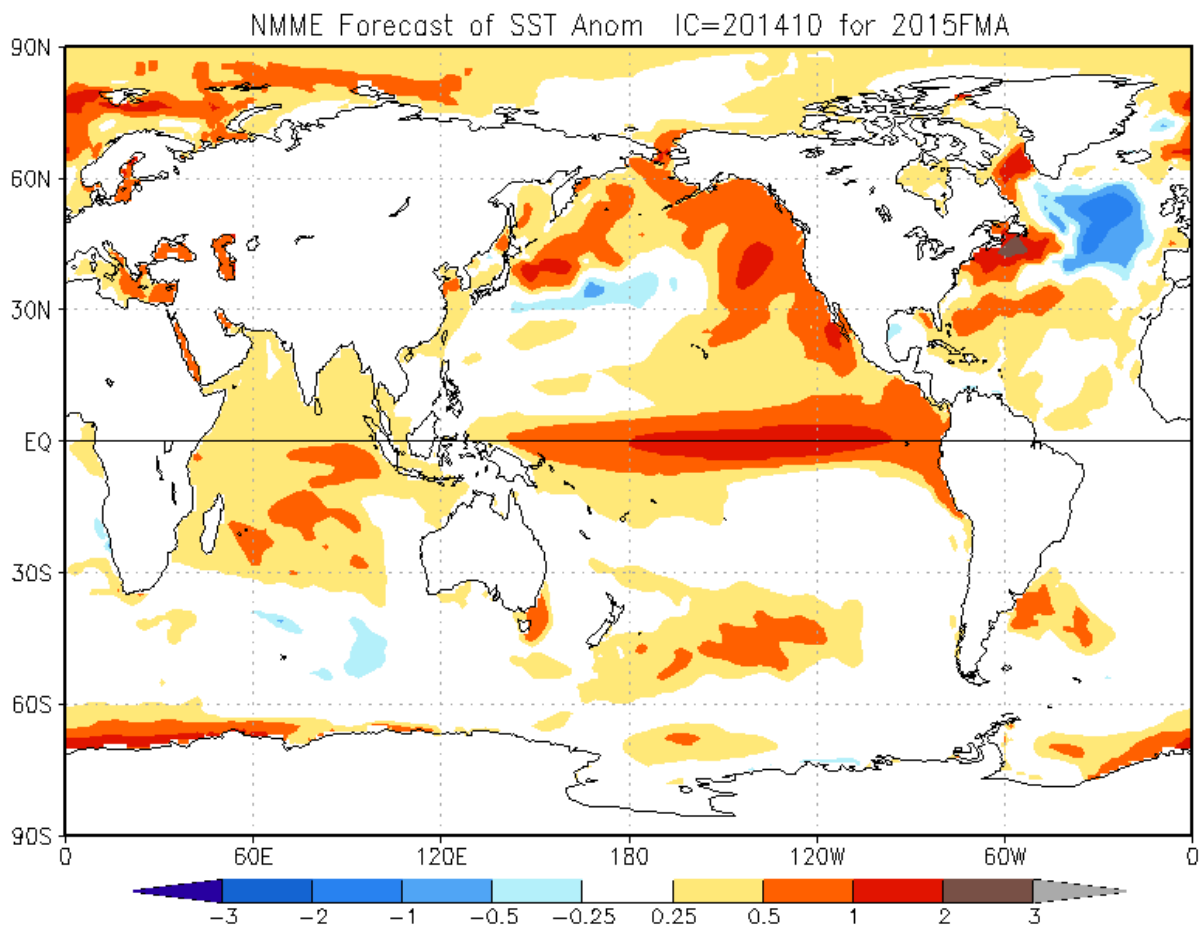


Figura 8. Similar a la Fig.7, pero para el trimestre febrero – abril de 2015.

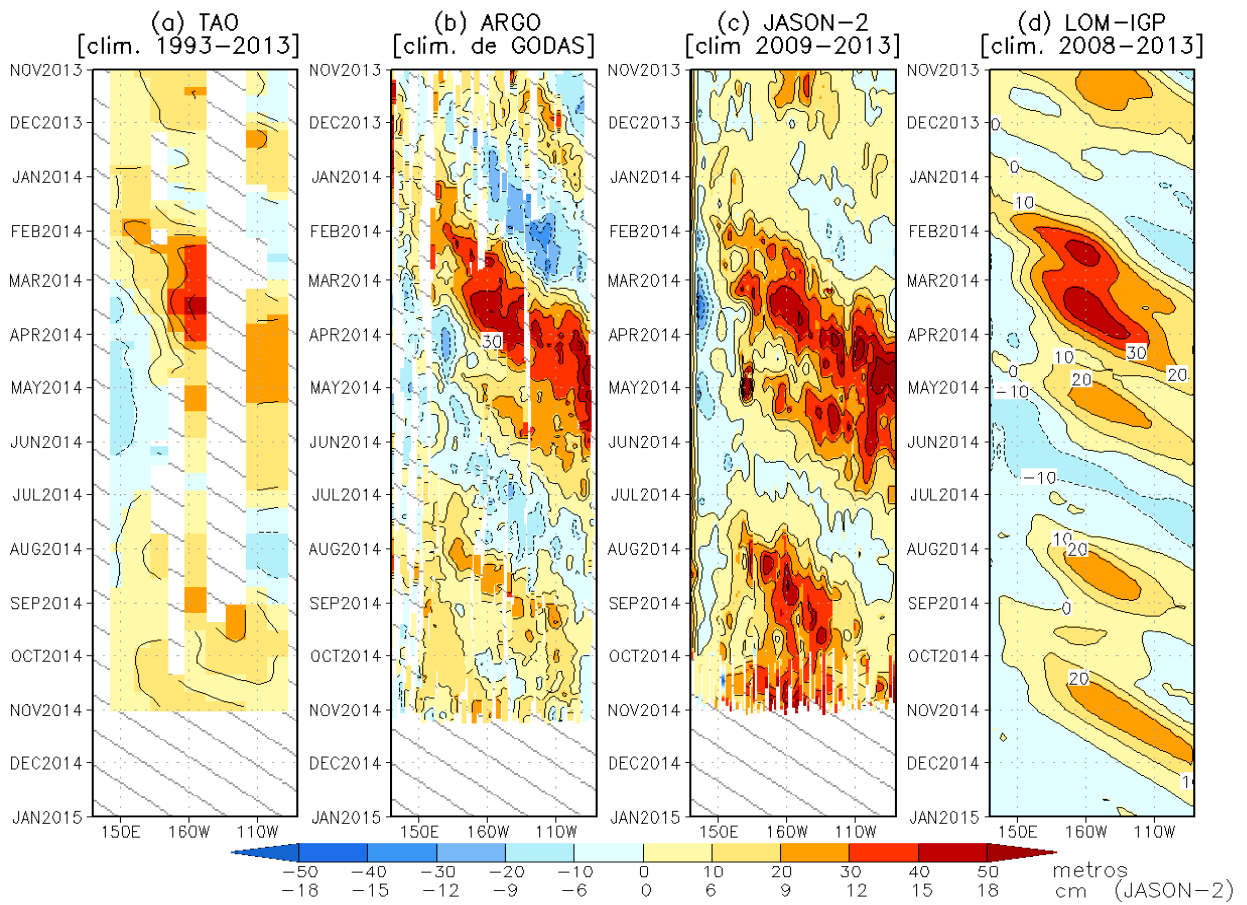


Figura 9. Diagrama longitud-tiempo a lo largo de la línea ecuatorial de la anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C (a, b y d) y del nivel del mar (c). Los datos son de a) las boyas TAO/TRITON, b) los derivadores Argo, c) el altímetro satelital JASON-2, y d) el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT,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

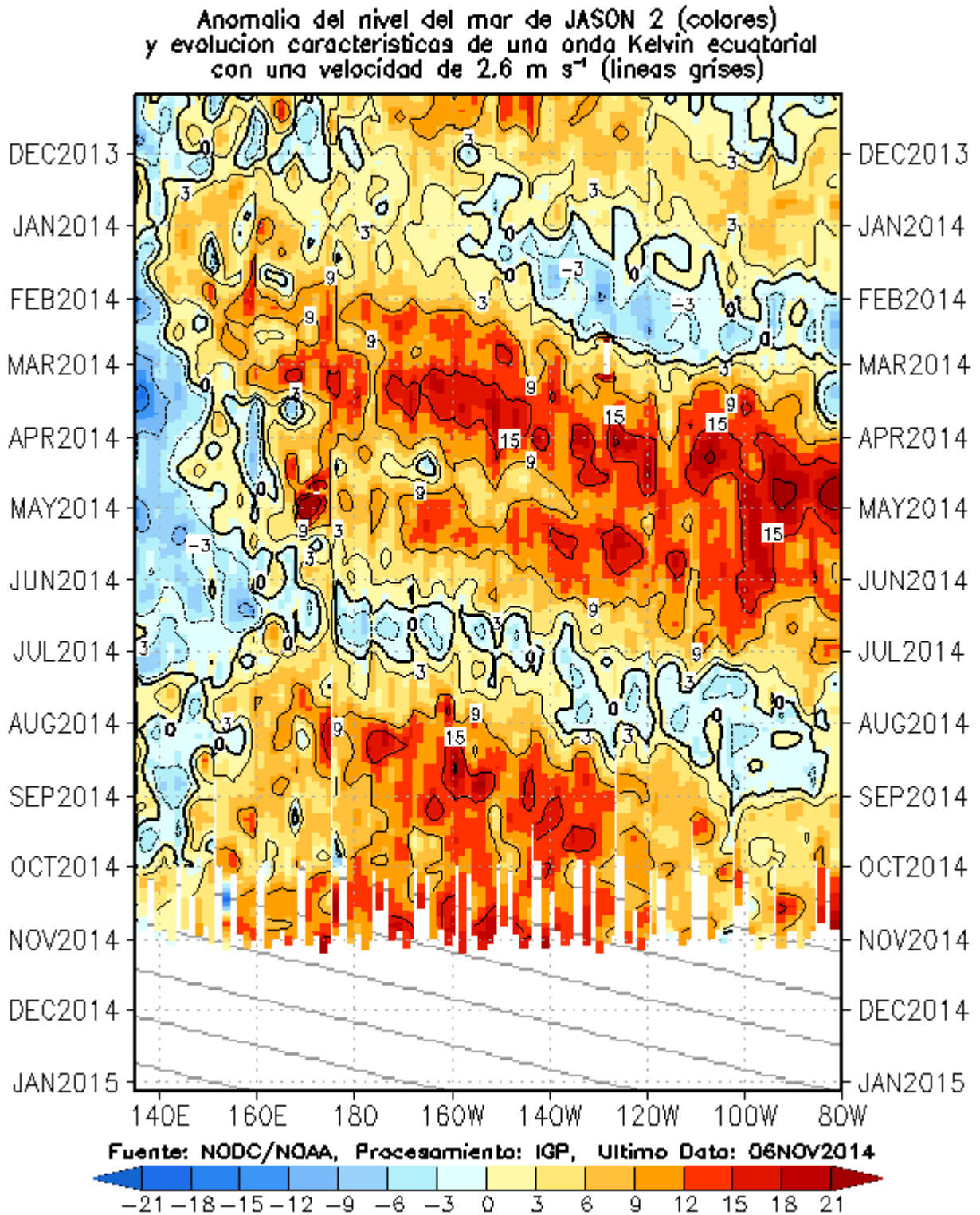


Figura 10. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del nivel del mar ecuatorial (cm) por el altímetro satelital JASON-2. Las líneas diagonales representan una propagación hacia el este con velocidad de 2.6 m/s. (Elaboración: IGP)



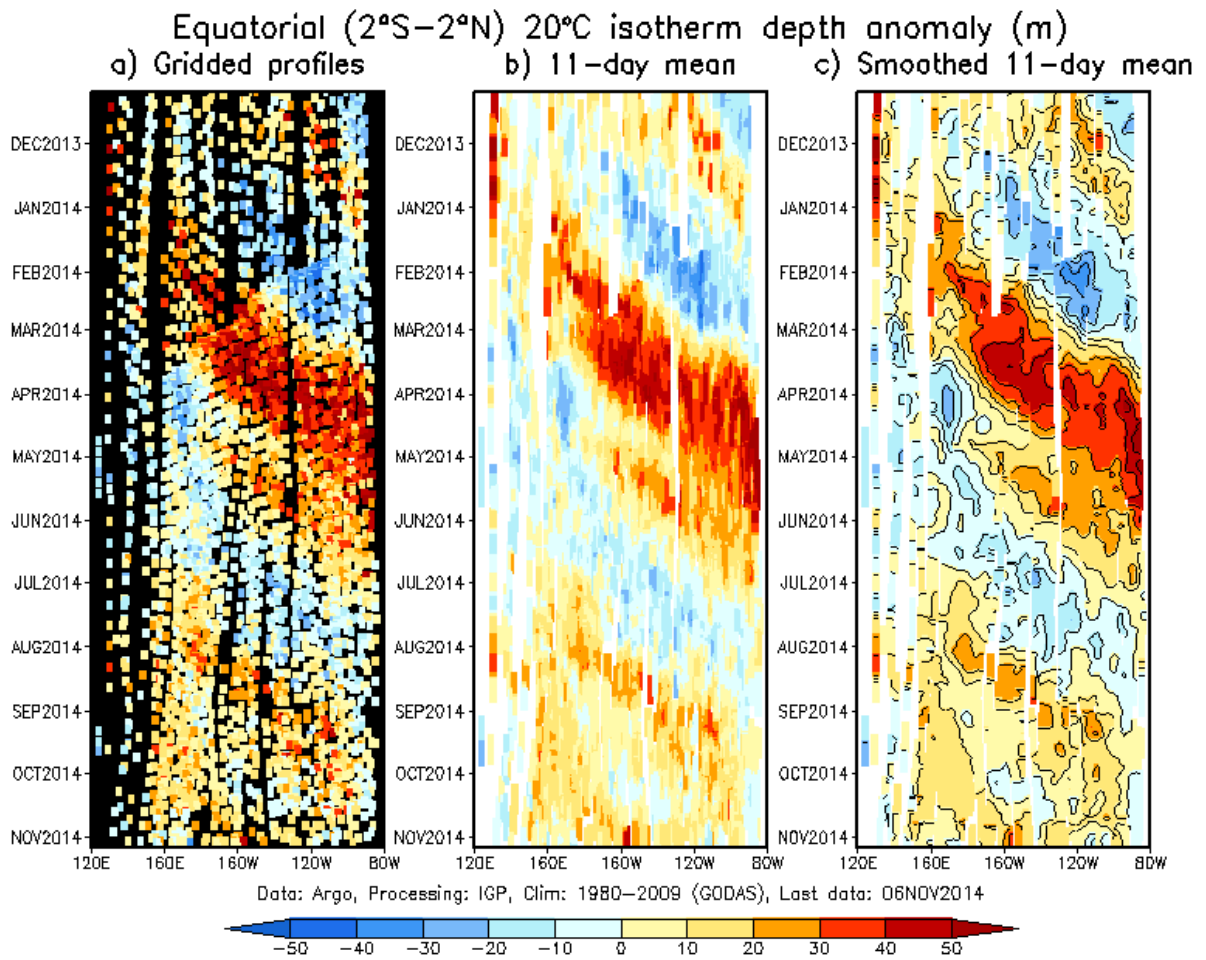


Figura 11. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de la profundidad de la isoterma de  $20^{\circ}\text{C}$  ecuatorial de derivadores Argo. a) Perfiles individuales grillados, b) media móvil de 11 días, c) versión suavizada de b). (Elaboración: IGP)

## Anomalia de esfuerzo de viento (ASCAT)

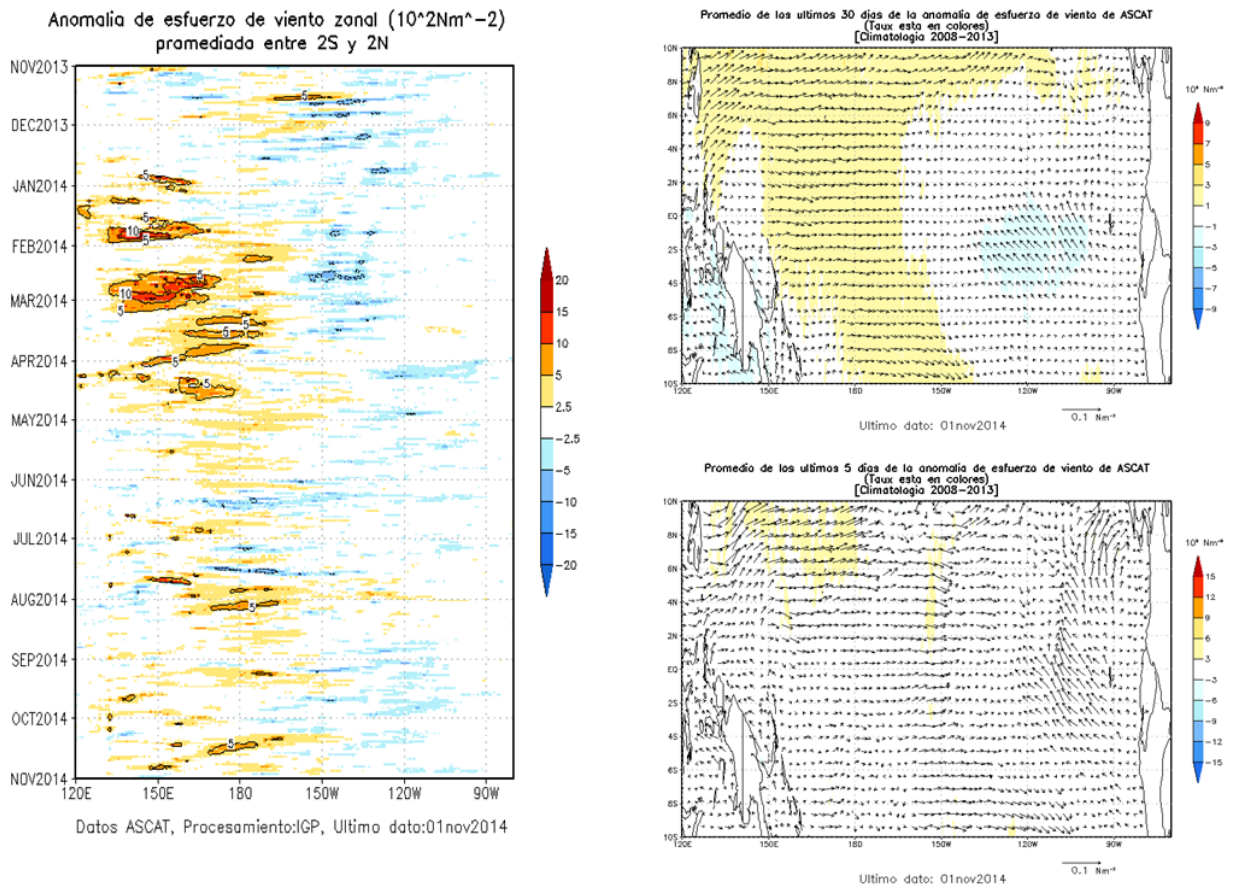


Figura 12. Izquierda: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT. Derecha (superior): Mapa del promedio de 30 días. Derecha (inferior): Mapa del promedio de 5 días, hasta el 01 de noviembre de 2014, incluyendo los vectores de esfuerzo zonal. (Elaboración: IGP)