

**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/2014-06  
02/07/2014**

**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**

Según el Índice Costero El Niño (ICEN), las condiciones climáticas en la costa fueron neutras hasta abril de 2014. Según el valor preliminar del ICEN para mayo y los pronósticos de los modelos climáticos, podríamos estar en la presencia de un evento El Niño en la costa peruana iniciado en mayo y cuya magnitud podría ser entre débil y moderada.

Los modelos oceánicos lineales y los productos in situ y remotos indican que la onda Kelvin, formada en abril en el Pacífico Central, habría impactado en el extremo Este en todo el mes de junio. A fines del mismo mes, en el extremo Oeste, se ha formado una anomalía positiva de vientos zonales que habría generado una onda Kelvin cálida, cuya intensidad aún es incierta ya que hay que esperar la formación completa de dicho patrón.

### **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 mayo 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 abril de 2014. Los valores recientes hasta esa fecha son:

Año	Mes	ICEN	Condiciones costeras del Mes
2014	Enero	<b>-0.49</b>	Neutro
2014	Febrero	<b>-0.54</b>	Neutro
2014	Marzo	<b>-0.64</b>	Neutro
2014	Abril	<b>-0.15</b>	Neutro

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 abril de 2014 en la costa peruana se clasifican como NEUTRAS**. 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), por lo que se puede afirmar que **no estamos actualmente ante un evento El Niño o La Niña en la costa**.

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	Mayo	0.49	Cálida Débil	2014/04-2014/05: ERSST; 2014/06: OI SST wkl
2014	Junio	1.08	Cálida Moderada	2014/05: ERSST; 2014/06: OI SST wkl; 2014/07: Pron. Modelos

Tabla 2. Estimados preliminares del ICEN

Según estos valores del ICENtmp, se estima que hasta junio de 2014 lo más probable es que estas condiciones clasifiquen como CÁLIDA DÉBIL y CÁLIDA MODERADA. Esto será confirmado cuando se disponga del valor de ERSST para el mes de junio de 2014 y se pueda contar con el valor de ICEN para el mes de mayo de 2014 (El valor actualizado del ICEN será incluido en una adenda al presente informe).

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

Se cuenta desde hace un mes 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°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) muestran que la onda Kelvin cálida, la cual se formó en abril, ya habría impactado la costa americana durante el mes de junio. Los datos de profundidad de isoterma de 20°C de GODAS (modelo numérico con asimilación de datos) no distinguen esta onda. Si bien no es claro la fuente del error, se recomienda en lo posible limitar el uso de datos de modelo para el monitoreo de lo pasado.

Los datos de anomalía de esfuerzo de viento de ASCAT (Fig. 13) muestra el inicio de la formación de un patrón positivo que estaría generando una onda Kelvin cálida (ver Figura 10 y 12). La magnitud de la onda dependerá de la formación final de la anomalía de del esfuerzo de viento.

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 28 de junio 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 indican que la tercera **onda Kelvin cálida ya alcanzó el continente americano** en el mes de junio. Además, se observa que **una débil onda Kelvin fría** se habría formado en el Pacífico Central, y que de continuar sin disipación, estaría arribando a fines de julio e inicios de agosto (Figs.1ab, 2ab, 3a y 4a). Los modelos lineales muestran una señal débil de la onda Kelvin cálida que se habría formado por la anomalía positiva de esfuerzos de viento en los últimos días de junio.

### **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 ocho modelos numéricos de las agencias internacionales analizados con condiciones iniciales de junio 2014 continúan indicando condiciones entre **cálida débil y moderada**. Los modelos pronostican condiciones **El Niño entre débil (1 de 9 modelos) y moderado (8 de 9) en la costa este invierno**. Según el ICEN preliminar, **este evento ya habría iniciado en mayo**. Los modelos proyectan un máximo calentamiento entre junio y julio y con una duración de al menos hasta el mes de agosto (5 de 7), un modelo indica que se extendería hasta setiembre y otro hasta diciembre.

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 indican una tendencia hacia condiciones entre **neutras a cálidas moderadas**.

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 y cálidas moderada**. Por la estacionalidad, estos pronósticos serán más confiables conforme nos alejemos de la estación de primavera.

Para **finales del año**, los escenarios en el **Pacífico central** de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones **cálidas entre débil y moderada**. Por la estacionalidad, estos pronósticos serán más confiables conforme dejemos la estación de

Modelo	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE
CFS2		0.97	0.91	0.77	0.48	0.3	0.3	0.46
CMC1		1.27	1.44	1.1	0.66	0.45	0.4	0.54
CMC2		1.45	1.62	1.19	0.79	0.62	0.57	0.57
GFDL		1.04	1.18	1.01	0.59	0.26	0.01	-0.03
NASA		1.22	1.37	0.98	0.55	0.29	0.3	0.46
NCAR		1.54	1.98	1.8	1.57	1.31	1.03	0.76
GFDL_FLOR		1.15	1.33	1.18	0.89	0.83	0.85	0.86
NCAR_CCSM4		1.14	1.43	1.4	1.43	1.47	1.57	1.49
NMME		1.22	1.41	1.18	0.87	0.69	0.63	0.64
ECMWF		-	-	1.3	1.1	0.8	0.7	-
ICENtmp	0.49	1.08						

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

Modelo	Pronóstico	Inicio	Extremo	Final
CFS2	EN débil	may-14	jun-14	sep-14
CMC1	EN moderado	may-14	jul-14	ago-14
CMC2	EN moderado	may-14	jul-14	ago-14
GFDL	EN moderado	may-14	jul-14	ago-14
NASA	EN moderado	may-14	jul-14	ago-14
NCAR	EN moderado	may-14	jul-14	nov-14
GFDL_FLOR	EN moderado	may-14	jul-14	ago-14
NCAR_CCSM4	EN moderado	may-14	jul-14	Al menos diciembre 2014
NMME (prom)	El Niño moderado	may-14	Junio-julio 2014	ago-14
ECMWF	EN moderado	-	ago-14	-

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

## Conclusiones

1. El ICEN para el mes de marzo (-0.64) y el de abril (-0.15) corresponden al rango **neutral**, pero el ICEN preliminar para mayo (0.49) corresponde a una condición **cálida débil**.
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 junio indican condiciones entre **cálida moderada y débil**. Los modelos pronostican condiciones **El Niño entre débil** (1 de 9 modelos) **y moderado** (8 de 9) **en la costa este invierno**. Según el ICEN preliminar, **este evento ya habría iniciado en mayo**. Los modelos proyectan un máximo calentamiento entre junio y julio y con una duración de al menos hasta el mes de agosto (5 de 8), un modelo indica que se extendería hasta setiembre y otro hasta diciembre.
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 indican una tendencia hacia condiciones entre **neutras a cálidas moderadas**.
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 y cálidas moderada**. Por la estacionalidad, estos pronósticos serán más confiables conforme nos alejemos de la estación de primavera.
5. Para **finales del año**, los escenarios en el **Pacífico central** de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones **cálidas entre débil y moderada**. Por la estacionalidad, estos pronósticos serán más confiables conforme dejemos la estación de primavera.
6. Los modelos lineales así como las proyecciones de los datos satelitales indican que la tercera **onda Kelvin cálida ha impactado el extremo Este del Pacífico ecuatorial en todo el mes de junio**.
7. Los modelos lineales y algunos productos indican la presencia de una débil onda Kelvin fría que, de continuar sin disipación, estaría arribando a fines de julio e inicios de agosto.
8. Se está formando un patrón de anomalía positiva de vientos zonales en el extremo Oeste del Pacífico que aparentemente estarían generando una onda Kelvin cálida, pero para determinar la intensidad es necesario esperar la formación completa de dicho patrón. Los modelos lineales pueden simular esta onda, pero es necesario esperar que termine de formarse el patrón atmosférico completamente.

## 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., Tippet, 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.

**Figuras**

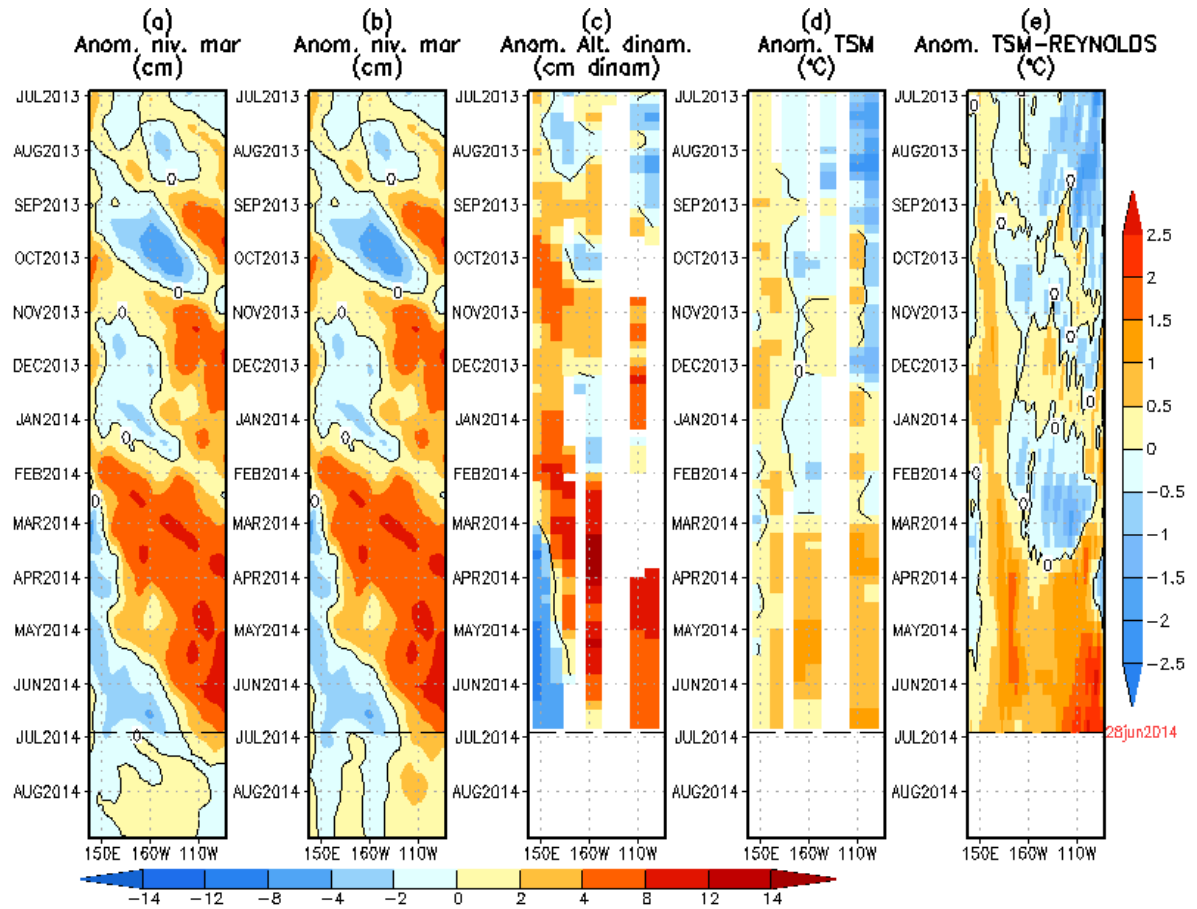


Figura 1. Anomalías (a y b) del nivel medio del mar simulado con LOM1 (termoclina uniforme), (c) de la altura dinámica (TAO), (d y e) de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente, en la región ecuatorial (2°S y 2°N). En (a) y (b) la línea cortada en color negro,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

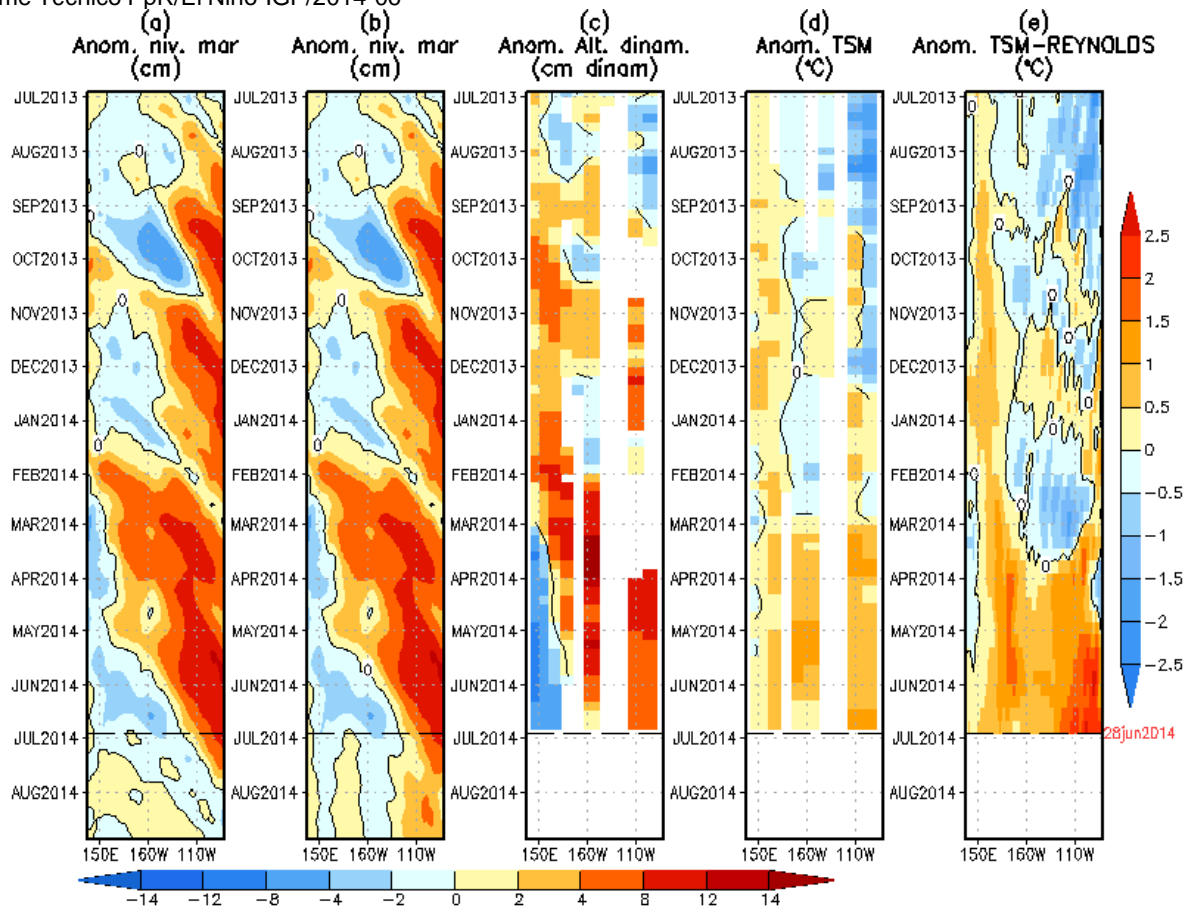


Figura 2. Similar a la Fig. 1 pero para LOM2 (termoclina variable).

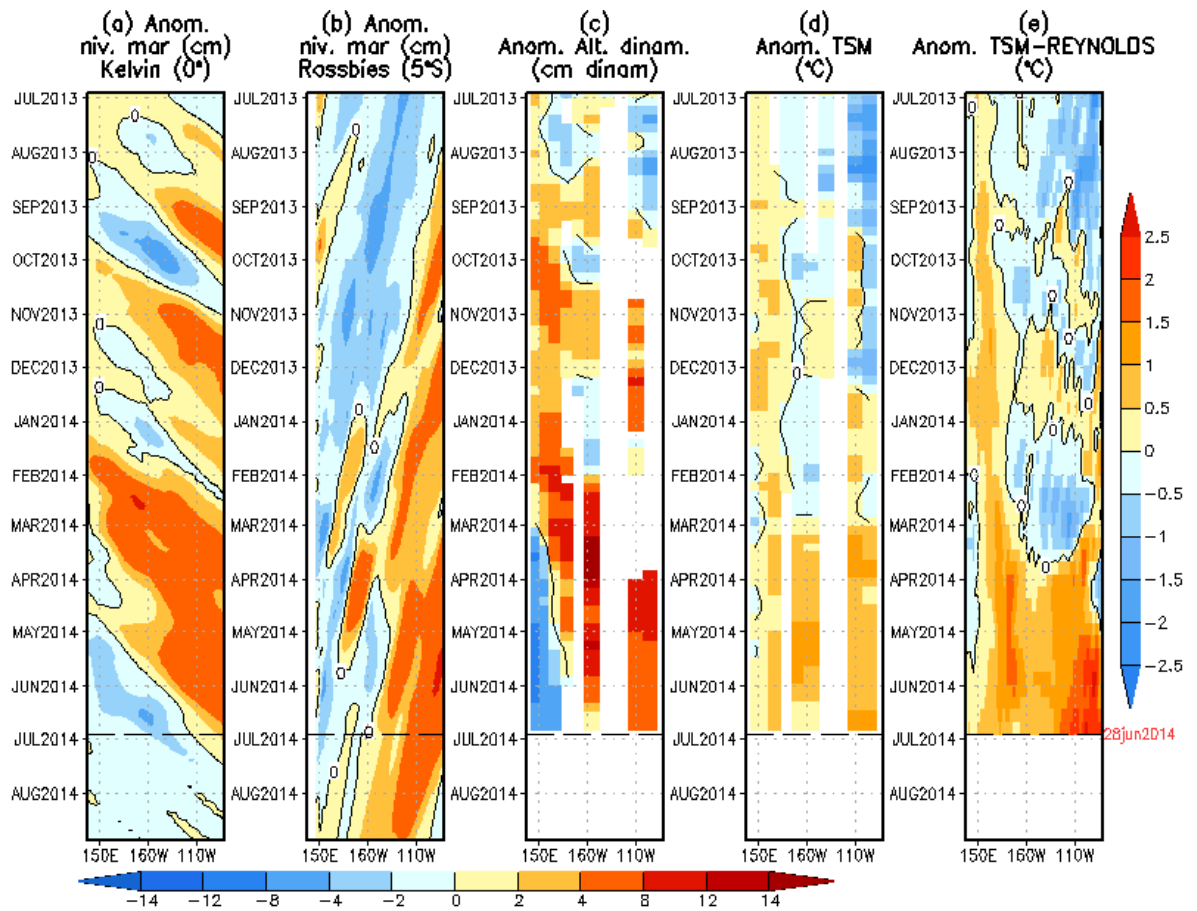


Figura 3. (a) Contribución de la Onda Kelvin al nivel del mar y (b) Contribución de la onda Rossby al nivel del mar en 5°N obtenida de LOM1a. (c) anomalía de la altura dinámica (TAO), (d) e) anomalía de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente en la región ecuatorial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

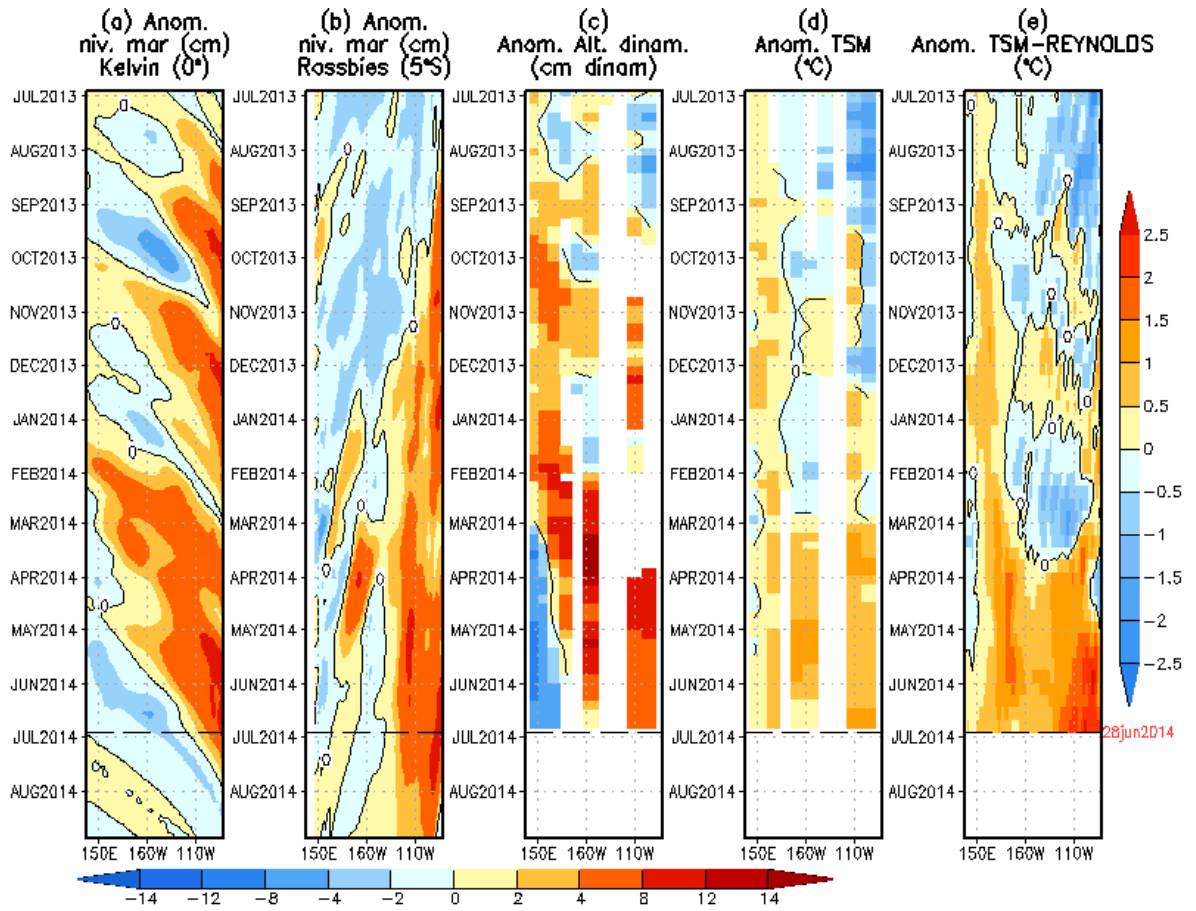


Figura 4. (a) Igual que la Figura 3, pero para LOM2a.

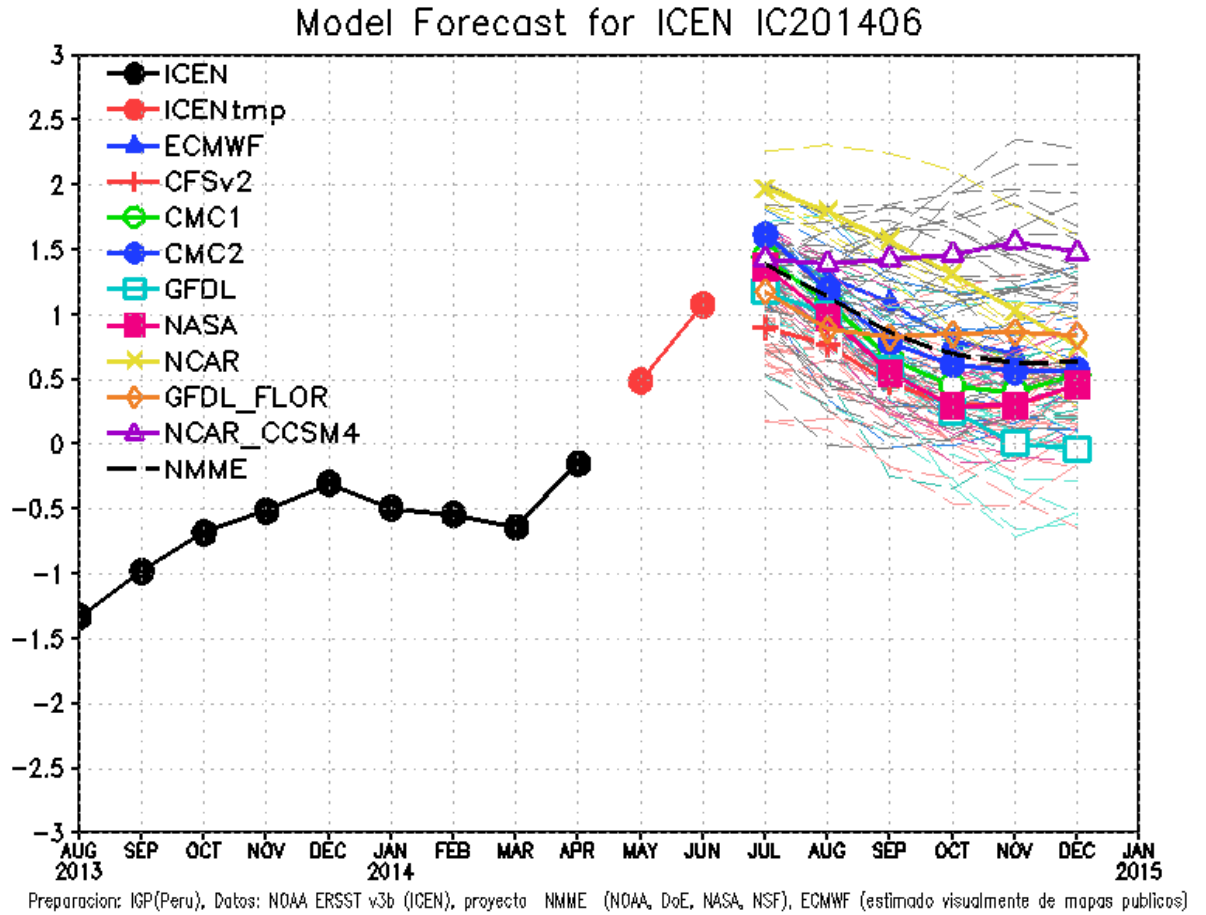


Figura 5. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y sus valores temporales (ICENtmp, rojo con círculos llenos). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas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

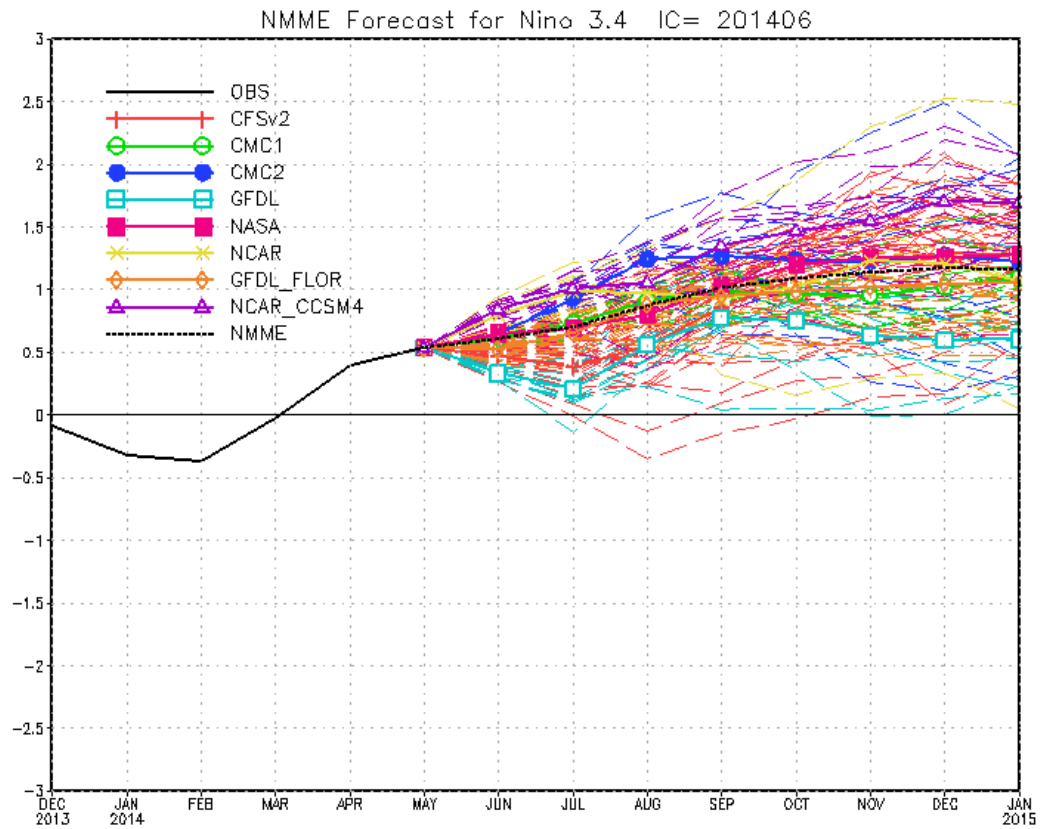


Figura 6. Similar a Fig. 6 pero para el índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

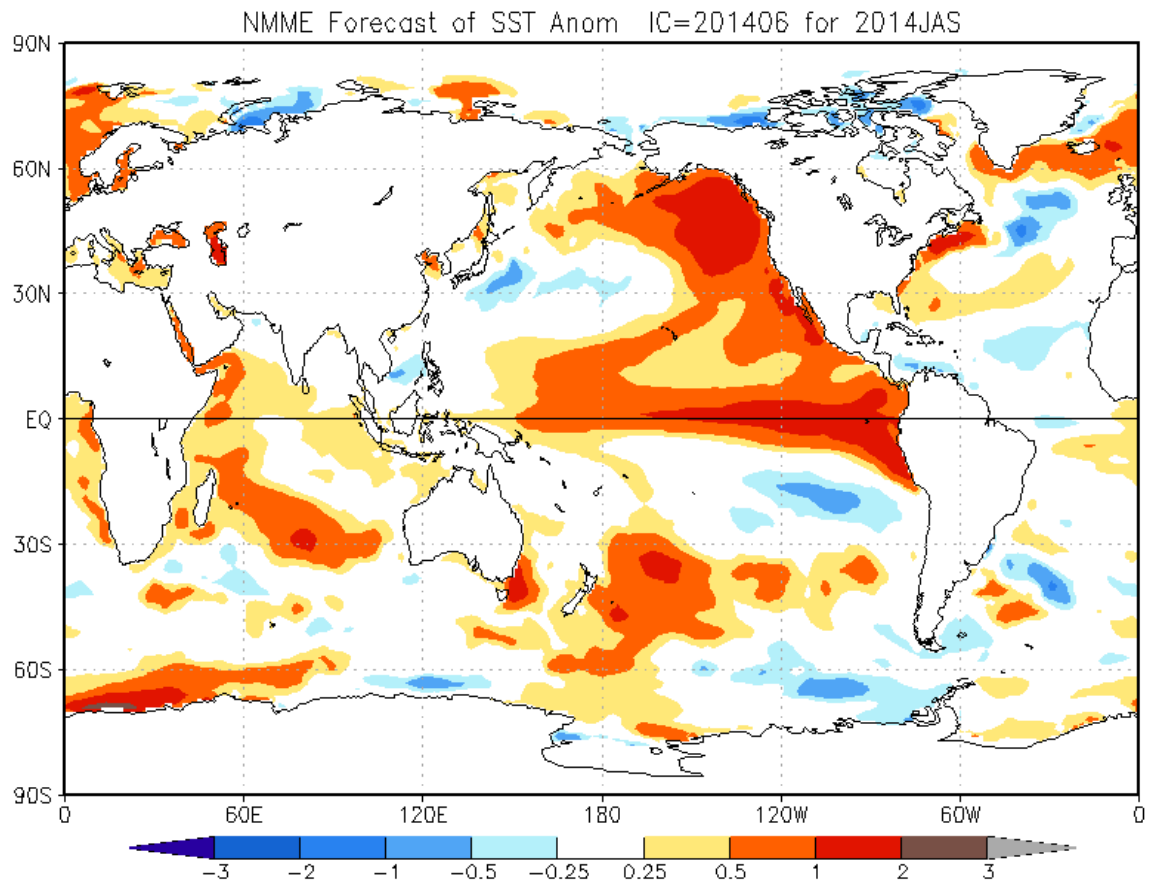


Figura 7. Pronóstico de la anomalía de temperatura superficial del mar promediada sobre los modelos del proyecto NMME (NCEP CFS2, CanCM3 CMC1 y 2, GFDL CM2.2, NASA GEOS5, NCAR CCSM3.0, CCSM3.0, GFDL\_FLOR y NCAR\_CCSM4 para el trimestre julio-setiembre de 2014 con condiciones iniciales de junio de 2014.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

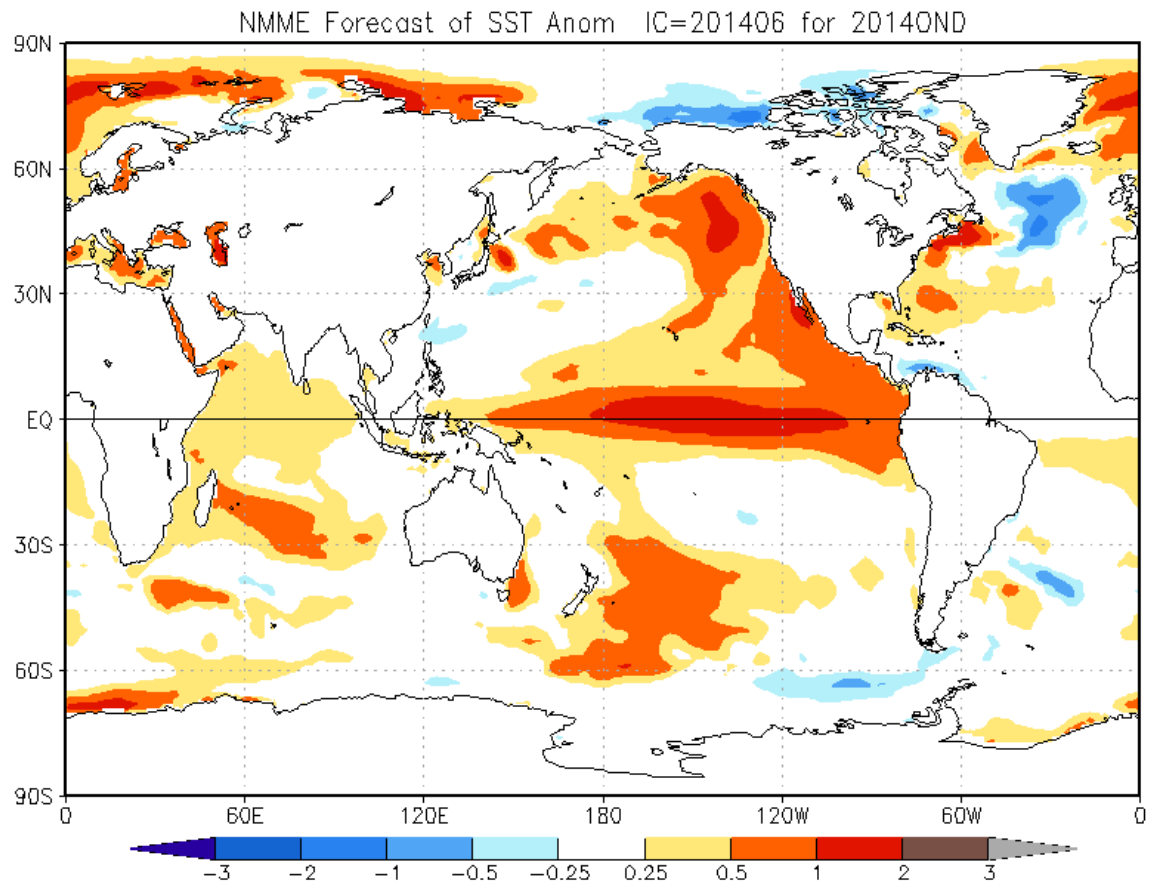


Figura 8. Similar a la Fig.7, pero para el trimestre octubre-diciembre de 2014.

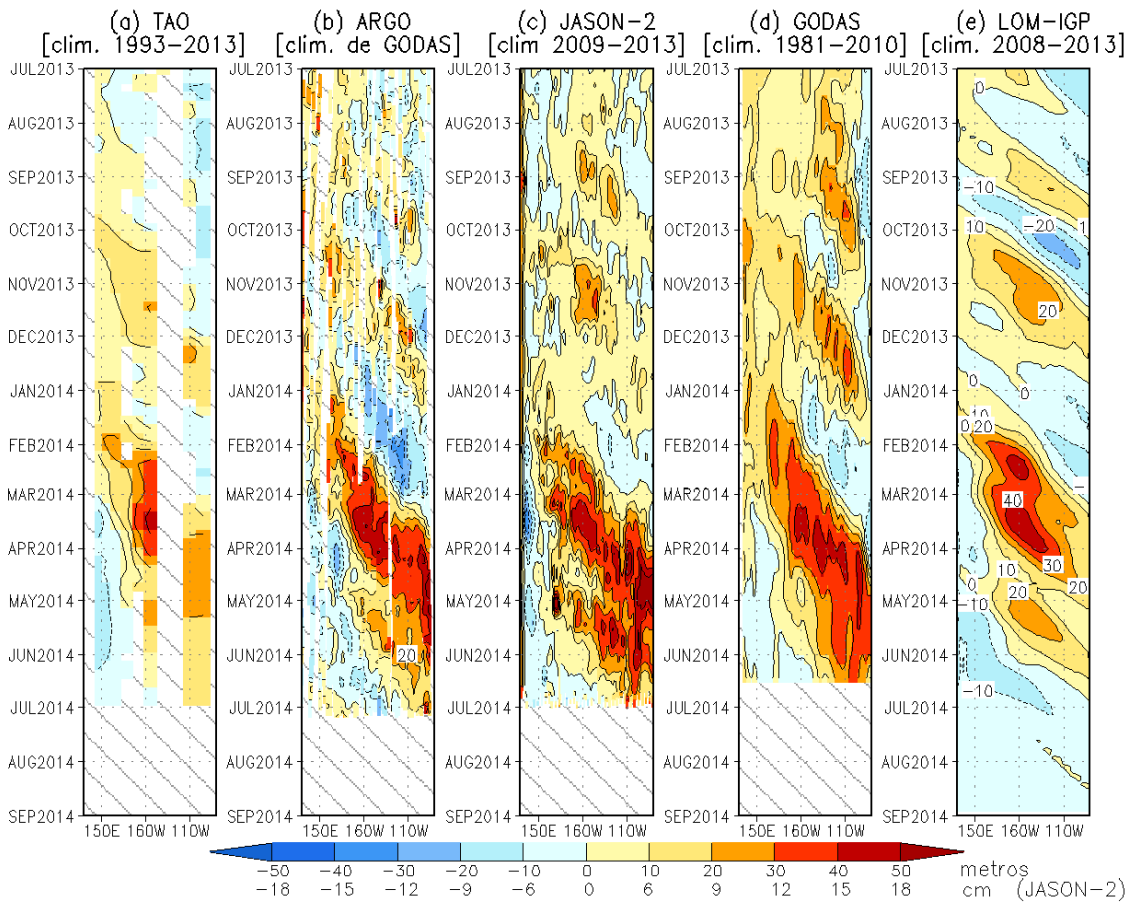


Figura 10. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de la profundidad de a-d) la isoterma de 20C nivel del mar (m) y e) el nivel del mar (cm) ecuatorial. Los datos son de a) las boyas TAO/TRITON, b) los derivadores Argo, c) el altímetro satelital JASON-2, d) el sistema de asimilación de datos GODAS,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

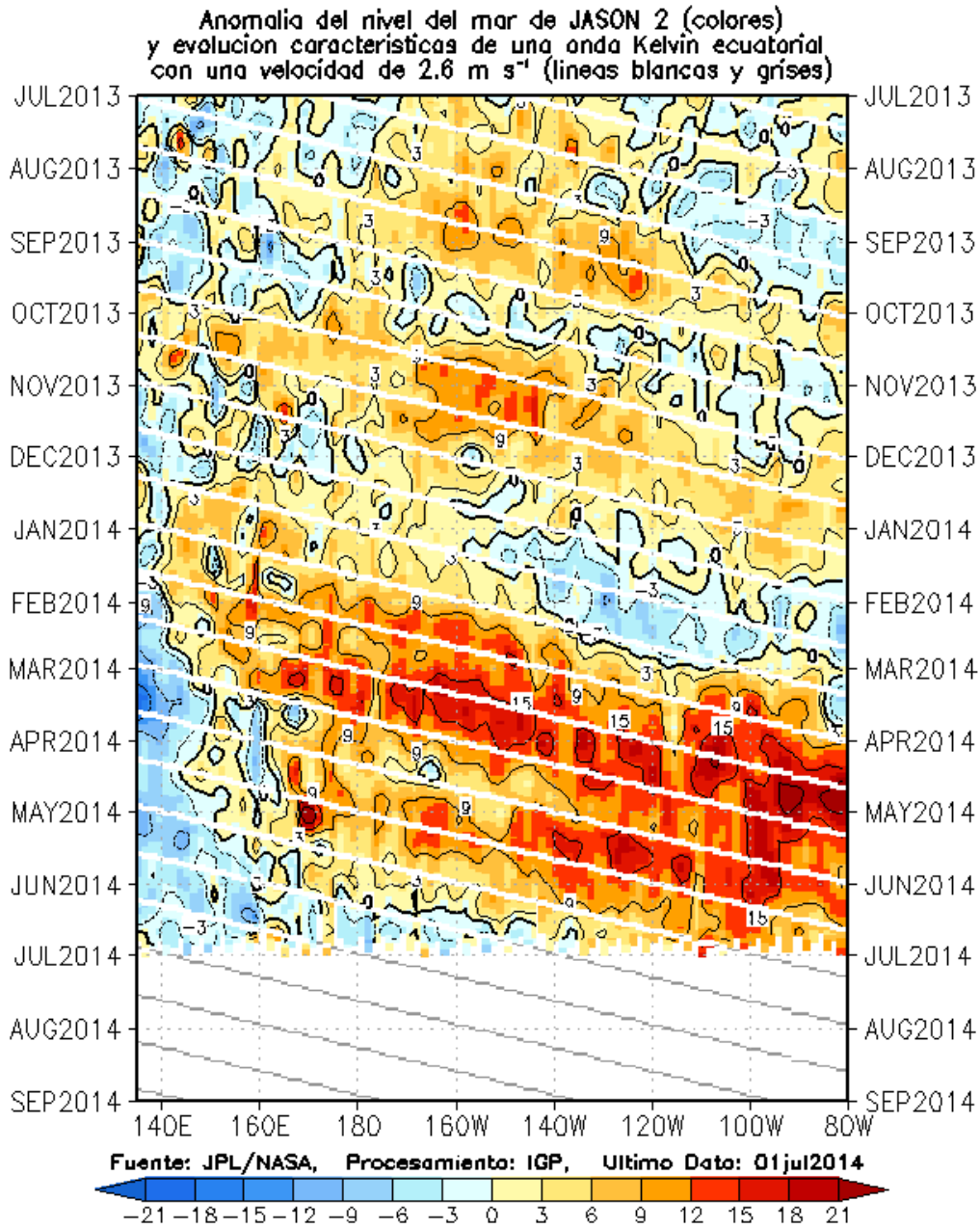


Figura 11. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del nivel del mar ecuatorial (cm) por el altímetro satelital JASON-2. Las líneas diagonales representan una propagación hacia el este con velocidad de 2.6 m/s. (Elaboración: IGP)

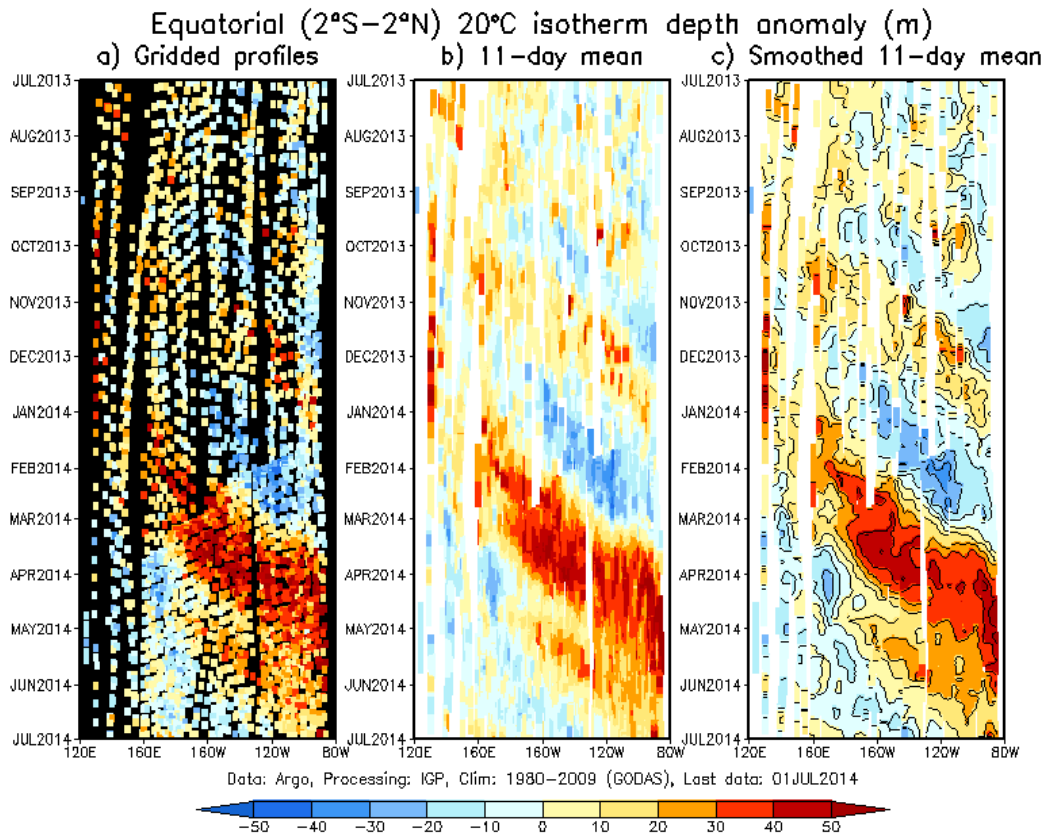


Figura 12. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de la profundidad de la isoterma de 20C ecuatorial de derivadores Argo. a) Perfiles individuales grillados, b) media móvil de 11 días, c) versión suavizada de b). (Elaboración: IGP)

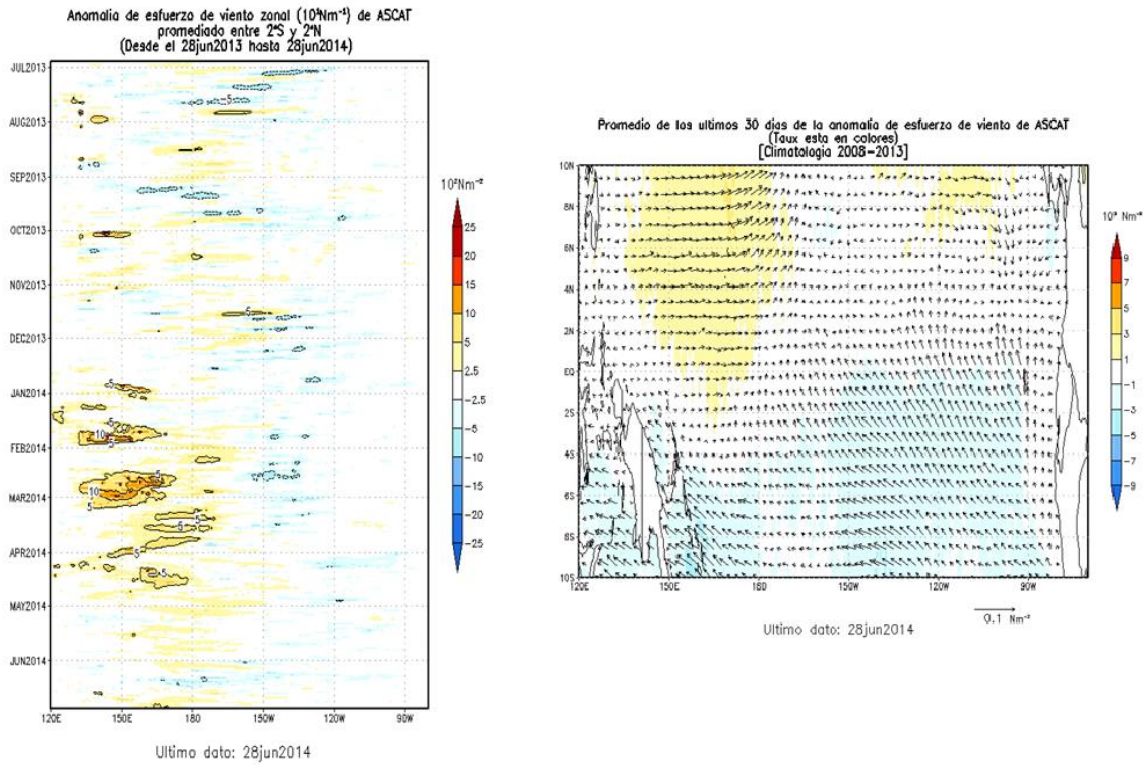


Figura 13. Izquierda: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT. Derecha: Mapa del promedio de 30 días hasta el 28 de mayo de 2014, incluyendo los vectores de esfuerzo zonal. (Elaboración: IGP)

