

**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/2015-08
04/09/2015**

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) para el mes de julio las condiciones climáticas de la costa peruana fueron cálidas fuertes (2.15°C), manteniéndose la presencia de El Niño Costero, el cual ha alcanzado, hasta el momento, una magnitud Cálida Moderada. El valor preliminar del ICEN para el mes de agosto también indica condición cálida fuerte. El pronóstico de la temperatura superficial del mar de los modelos numéricos internacionales, con condiciones iniciales del mes de agosto, indican en promedio que los estados climáticos se ubicarían en el rango de fuertes, tanto en octubre como en noviembre en el Pacífico oriental. Estos mismos resultados numéricos predicen que para el Pacífico Central las condiciones serían cálidas muy fuertes estos meses.

La onda Kelvin cálida, formada a fines de julio entre 160°E y 180° (línea de cambio de fecha), continúa su trayectoria hacia el Pacífico Ecuatorial Oriental. Según la simulación numérica, la onda estaría arribando a nuestras costas a finales de setiembre e inicios de octubre.

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 agosto 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 julio de 2015. Los valores se muestran en la Tabla 1.

Año	Mes	ICEN (°C)	Condiciones costeras del Mes
2015	Abril	0.68	Cálida Débil
2015	Mayo	1.36	Cálida Moderada
2015	Junio	1.96	Cálida Fuerte
2015	Julio	2.15	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 julio 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, como se ha indicado en el informe anterior, actualmente se está desarrollando EL NIÑO COSTERO, que hasta el momento ha alcanzando una MAGNITUD MODERADA (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	Agosto	1.83	Cálida Fuerte	2015/07-08: ERSST; 2015/09: NMME

Tabla 2. Estimados preliminares del ICEN (ICENtmp)

Según estos valores del ICENtmp, se estima que en agosto de 2015 las condiciones sean CÁLIDAS FUERTES. Esto será confirmado cuando se disponga del valor de ERSST para el mes de setiembre de 2015, lo que permitirá calcular el valor del ICEN para el mes de agosto de 2015. De confirmarse esto, la magnitud del presente El Niño costero se elevaría a FUERTE.

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 28 de agosto de 2015 (ver Figura 1, 2, 3 y 4). 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 el presente mes, los productos de ARGO (Figura 5c), JASON-2 (Figura 5d) y del modelo lineal (Figura 5e) muestran que la onda Kelvin cálida, que se generó a fines de julio se ha fortalecido como consecuencia de las anomalías de viento del oeste en el Pacífico Central. Si los vientos en el extremo oriental permanecieran climatológicos, entonces el núcleo de la onda Kelvin cálida arribaría al extremo oriental, según la simulación numérica, a fines de setiembre e inicios de octubre. Esta onda contribuirá en mantener al actual calentamiento en la costa peruana.

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para el mes de octubre, 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 mes de noviembre 5 de 8 modelos indican condiciones fuertes y 3 de 8 modelos condiciones moderadas. (ver Tabla 3 y Figura 7). 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 el mes de octubre y noviembre, (ver Figura 8); las condiciones “cálidas muy fuerte” continuarían para los trimestre Setiembre-Octubre-Noviembre y-Diciembre-Enero-Febrero 2016 (Ver figura 9 y 10).

Modelo	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM
CFS2		1.42	1.38	1.42	1.49	1.58	1.57
CMC1		1.92	1.75	1.64	1.52	1.49	1.40
CMC2		2.27	1.98	1.87	1.97	2.07	2.01
GFDL		1.60	1.66	1.87	1.92	1.82	1.51
NASA		2.68	2.65	2.60	2.63	2.56	2.40
GFDL_FLOR		1.95	2.01	2.05	1.93	1.75	1.52
NCAR_CCISM4		2.18	2.24	2.26	2.13	1.95	1.59
NMME		2.00	1.95	1.96	1.94	1.89	1.71
ECMWF			1.60	1.50	1.50	1.30	
ICENtmp	1.83						

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

Modelo	Inicio	Extremo	Final	Magnitud
CFS2	abr-15	ago-15	No disponible	Moderado
CMC1	abr-15	ago-15	No disponible	Fuerte
CMC2	abr-15	ago-15	No disponible	Fuerte

GFDL	abr-15	dic-15	No disponible	Fuerte
NASA	abr-15	set-15	No disponible	Fuerte
GFDL_FLOR	abr-15	ago-15	No disponible	Fuerte
NCAR_CCSD4	abr-15	mov-15	No disponible	Fuerte
NMME (prom)	abr-15	ago-15	No disponible	Fuerte
ECMWF		Oct-15	-	
OBSERVADO	Abril-2015	Julio-15	-	-

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

Conclusiones:

1. A pesar que el **ICEN para julio** de 2015 es de **2.15°C (Cálida fuerte)**, El Niño costero hasta ahora muestra una **Magnitud Moderada. El ICENtmp para agosto de 2015 es de 1.83°C y corresponde a condiciones cálidas fuertes.**
2. La onda Kelvin cálida, formada por el pulso de viento del oeste de la segunda quincena de junio e intensificada en julio por las anomalías positivas de viento zonal (que alcanzaron una máxima extensión zonal en los primeros días de julio) se ha debilitado en el extremo Este del Pacífico posiblemente debido a la intensificación de los vientos alisios en esta región, aunque también puede deberse a variaciones estacionales en la termoclina. Por otro lado, esta onda contribuiría a mantener cálido el Pacífico ecuatorial oriental más lejos de la costa.
3. La onda Kelvin cálida formada por un pulso de viento del oeste a fines de julio y localizado entre 160°E y la línea de cambio de fecha, se ha fortalecido como consecuencia de las anomalías de viento del oeste en el Pacífico Central. Si los vientos en el extremo oriental permanecieran climatológicos, entonces el núcleo de la onda Kelvin cálida arribaría al extremo Oriental, según la simulación numérica, a fines de setiembre e inicios de octubre. Esta onda contribuirá en mantener al actual calentamiento en la costa peruana
4. Para el Pacífico oriental (Niño 1+2), la mayoría de modelos (7 de 8) inicializados en agosto indican que El Niño costero en marcha habría alcanzado magnitud fuerte (1 de 8 indica moderado). El pico habría sido en julio. Hacia inicio del 2016, todos los modelos predicen menores anomalías de TSM, pero aún correspondientes a condiciones cálidas. Sin embargo, los modelos tienden a subestimar las anomalías positivas en esta región. El predictor de viento zonal (Takahashi & Dewitte, 2015) estimado hasta mediados de agosto tiene un valor similar al de agosto 1997, indicando por sí solo alta probabilidad de El Niño extraordinario
5. Para el **Pacífico central** (Niño 3.4), todos los modelos inicializados en agosto que han sido considerados indican que El Niño continuaría hasta al menos fines del 2015. La mayoría de modelos (8 /11) indican que El Niño alcanzaría una magnitud muy fuerte hacia finales del 2015 (3/11 entre fuerte y muy fuerte).
6. El fenómeno El Niño continúa su desarrollo en el Pacífico Central Ecuatorial. Es decir, el acoplamiento océano- atmósfera de gran escala en zona ecuatorial está presente y se observa en los siguientes parámetros: vientos del oeste en el Pacífico Oeste, convección en la zona central y oriental y TSM similares a la del Niño extraordinario 1997/1998. Esto último sumado a los resultados de los modelos numéricos indican que el evento podría intensificarse incluso hasta finales de 2015.

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.
- 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.

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, 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

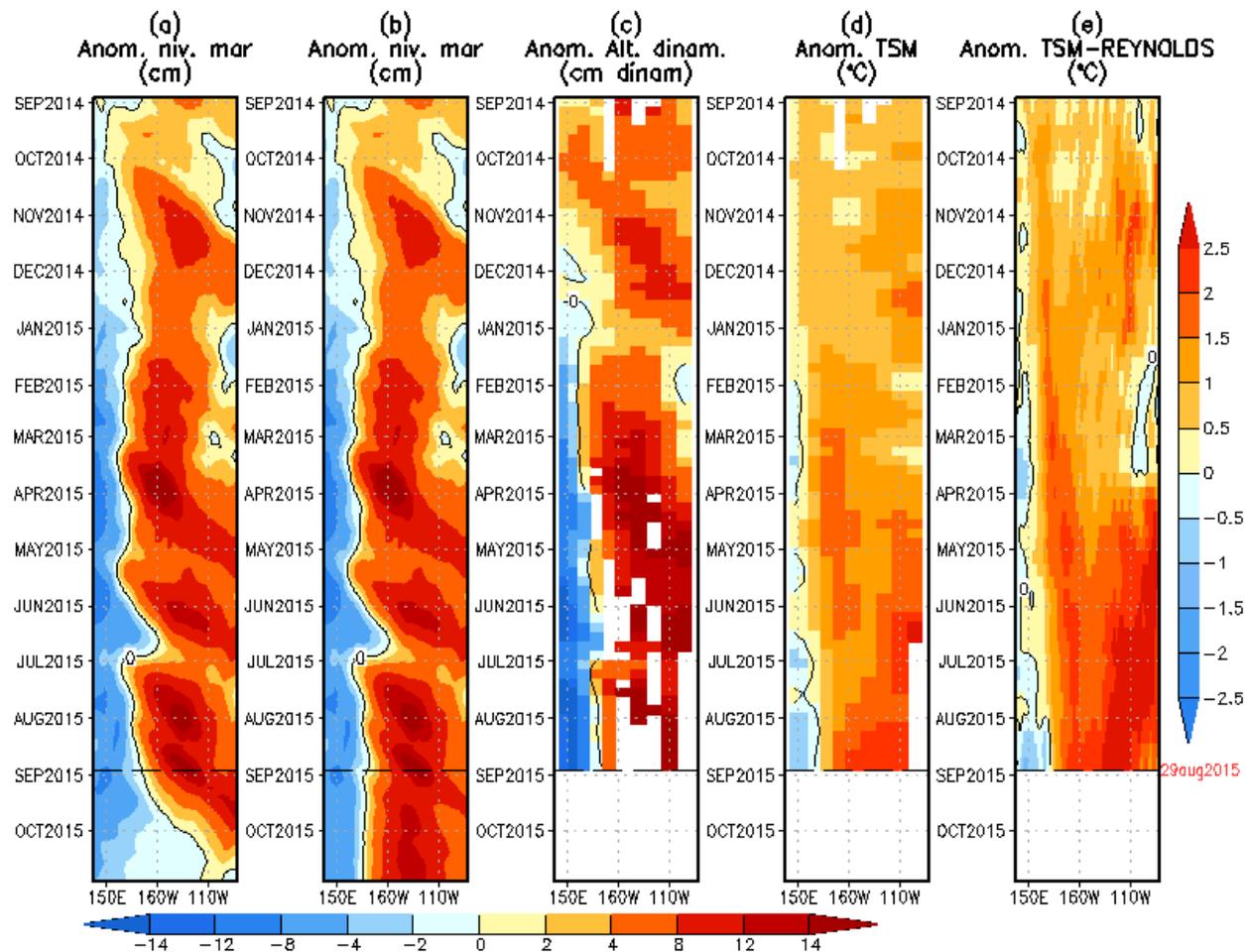


Figura 1. Anomalías (a y b) del nivel medio del mar simulado con LOM1 (termoclina uniforme), (c) de la altura dinámica (TAO), (d) e) de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente, en la región ecuatorial (2°S y 2°N). En (a) y (b) la línea cortada en color negro, indica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

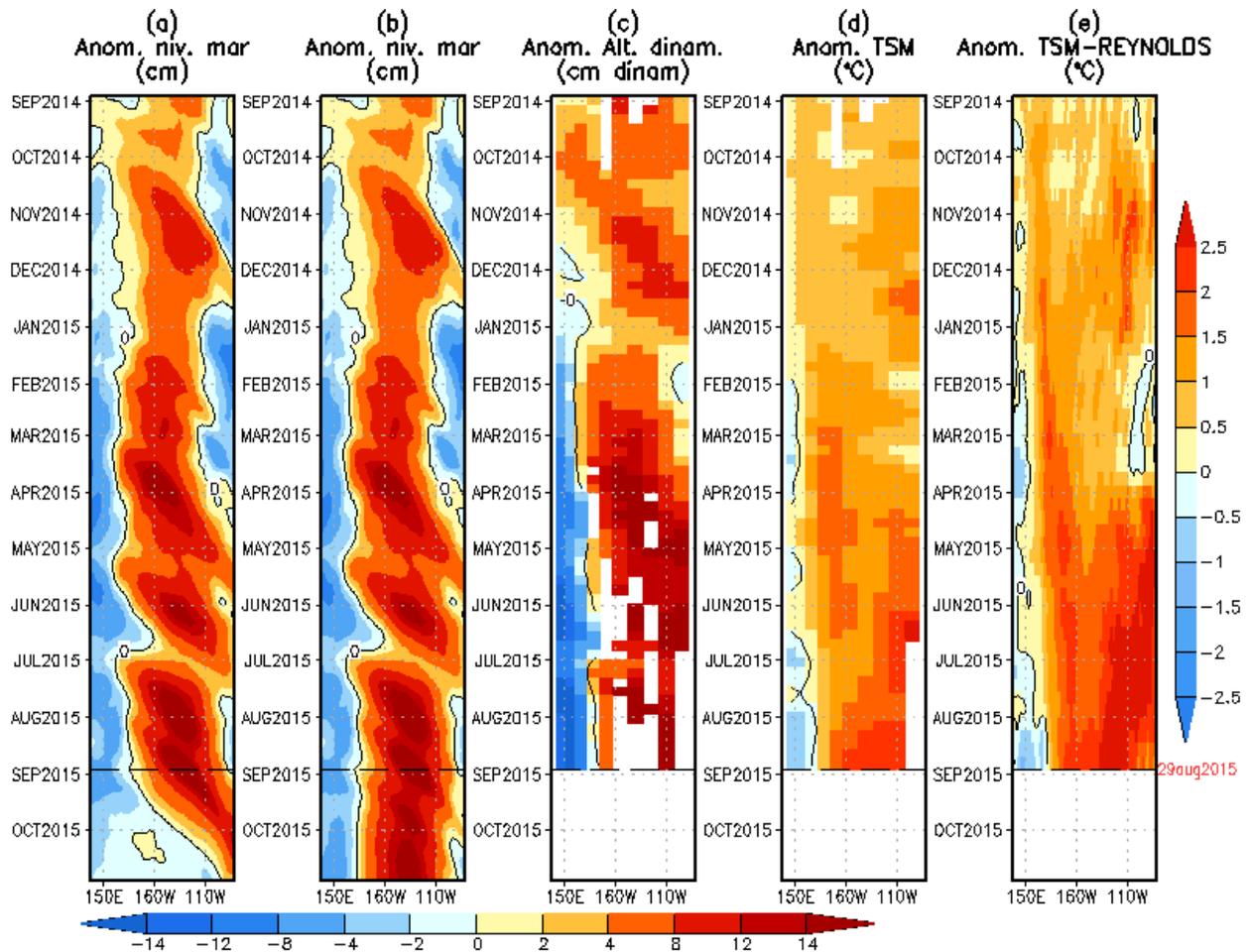


Figura 2. Similar a la Fig. 1 pero para LOM2 (termoclina variable).

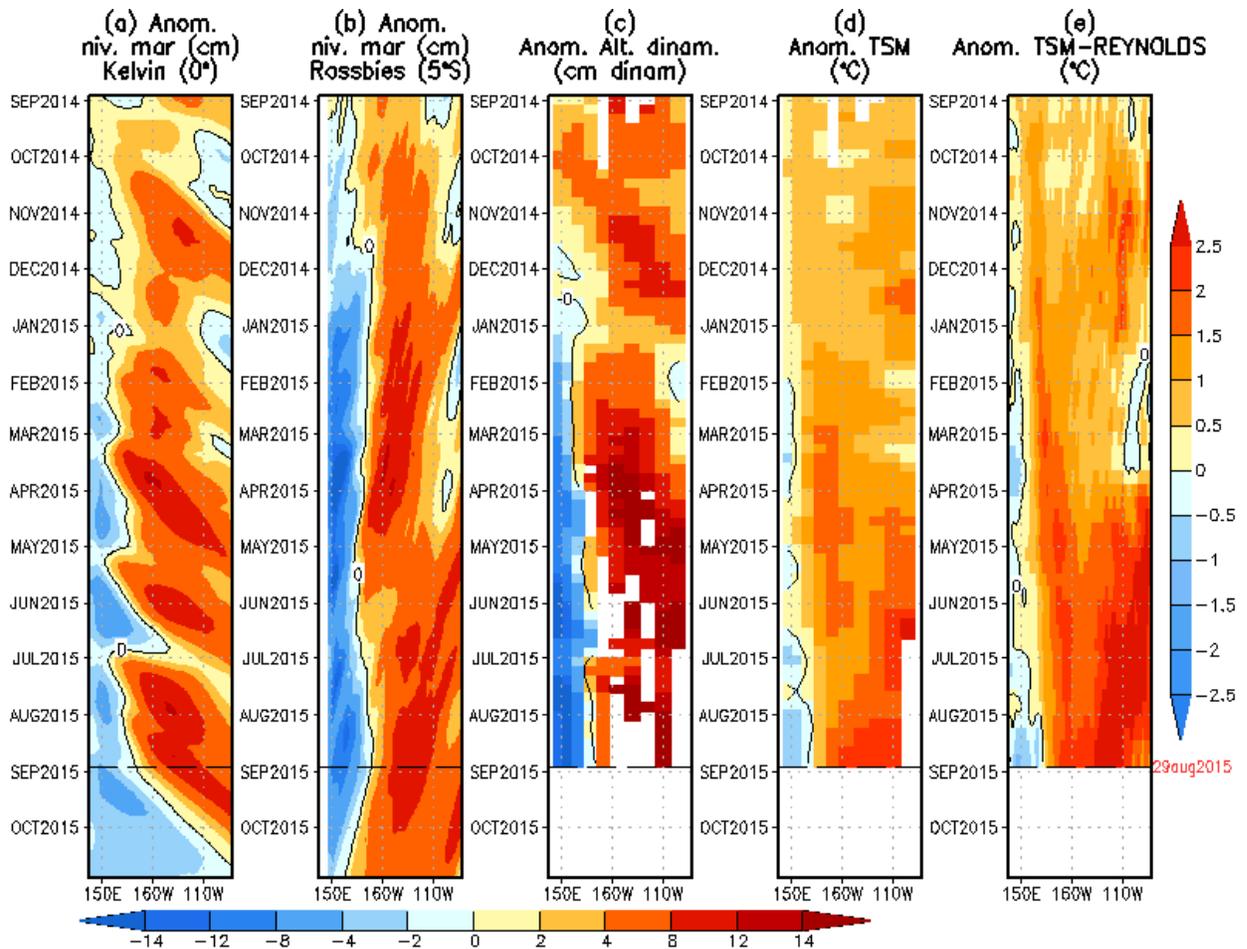


Figura 3. (a) Contribución de la Onda Kelvin al nivel del mar y (b) Contribución de la onda Rossby al nivel del mar en 5°N obtenida de LOM1a. (c) anomalía de la altura dinámica (TAO), (d) y (e) anomalía de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente en la región ecuatorial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

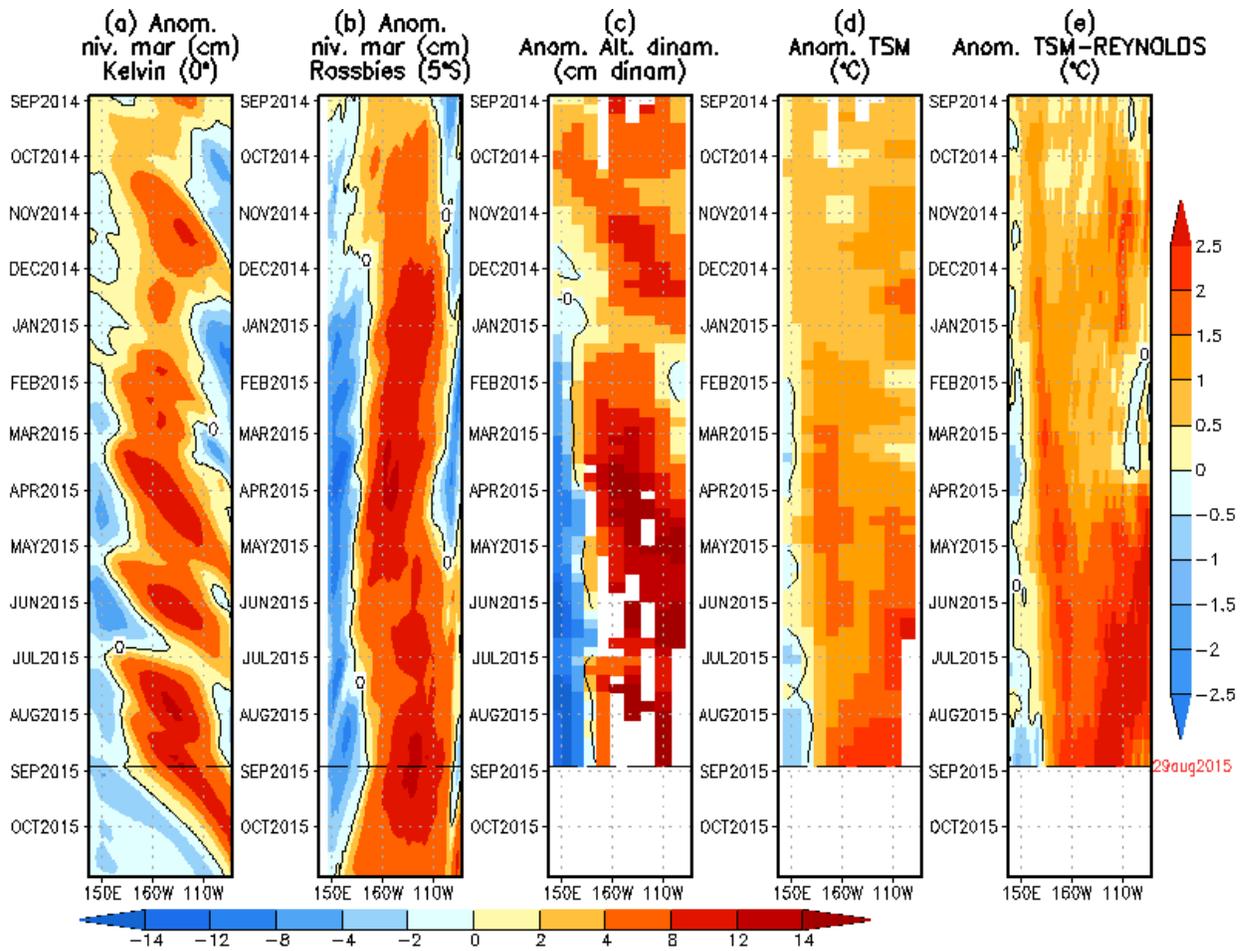


Figura 4. (a) Igual que la Figura 3, pero para LOM2a.

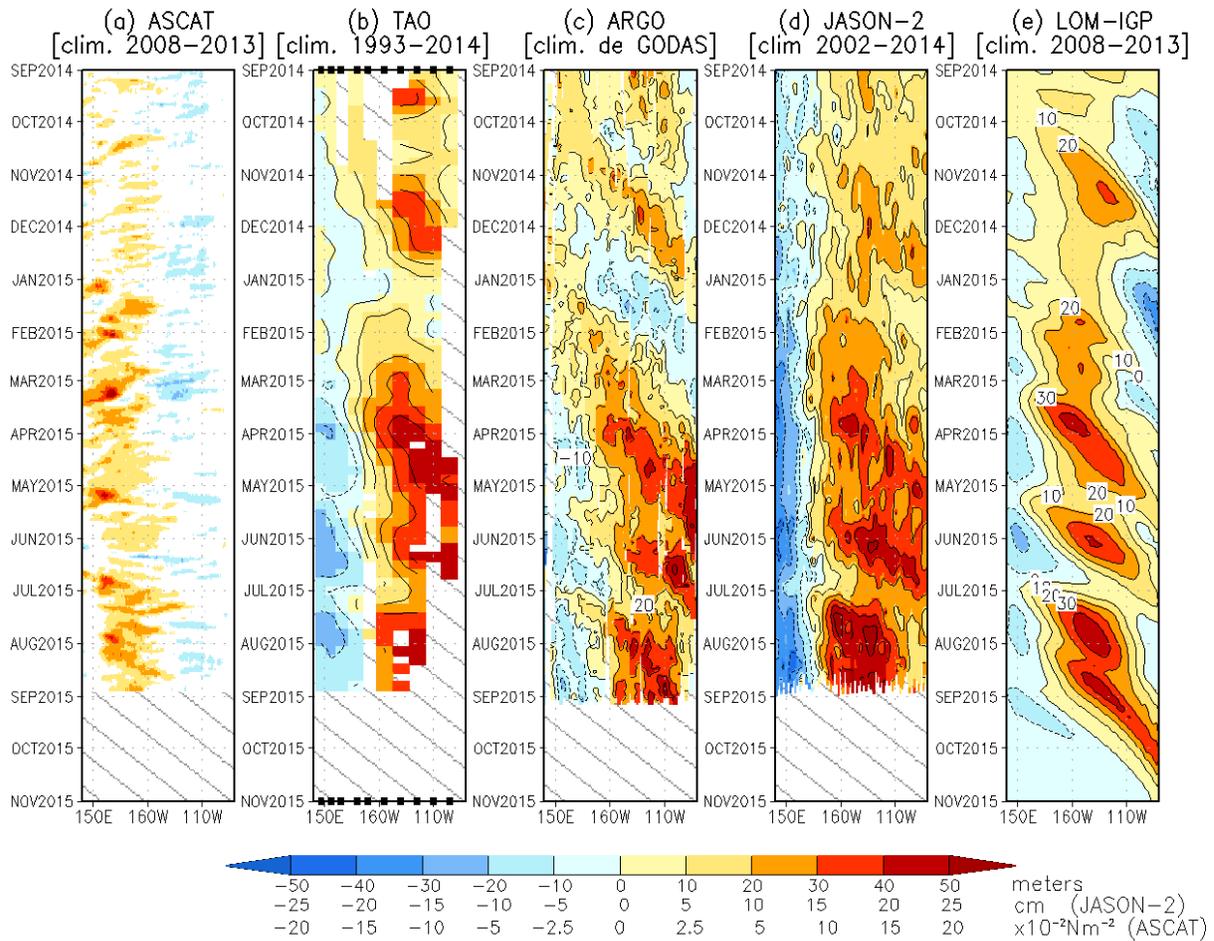


Figura 5. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra 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)

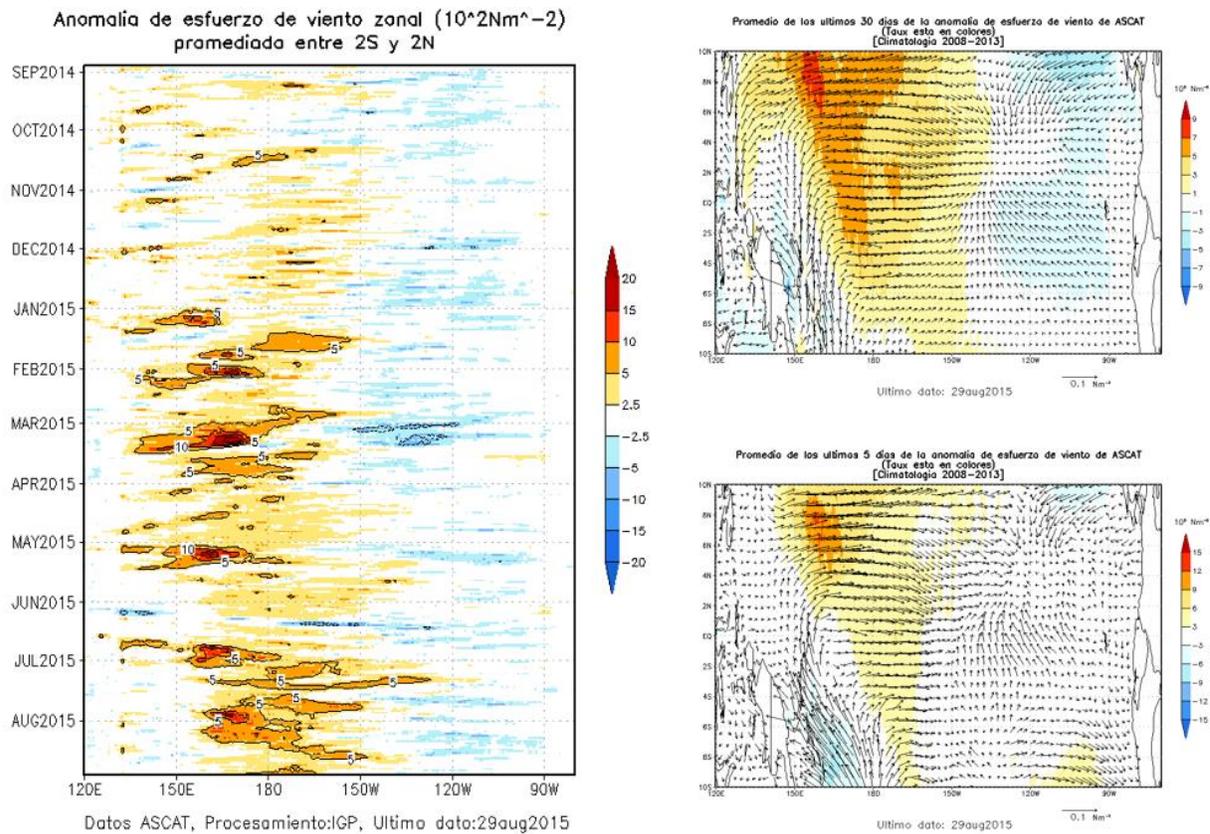


Figura 6. Izquierda: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT. Derecha (superior): Mapa del promedio de 30 días. Derecha (inferior): Mapa del promedio de 5 días, hasta el 29 de agosto del 2015, incluyendo los vectores de esfuerzo zonal. (Elaboración: IGP)

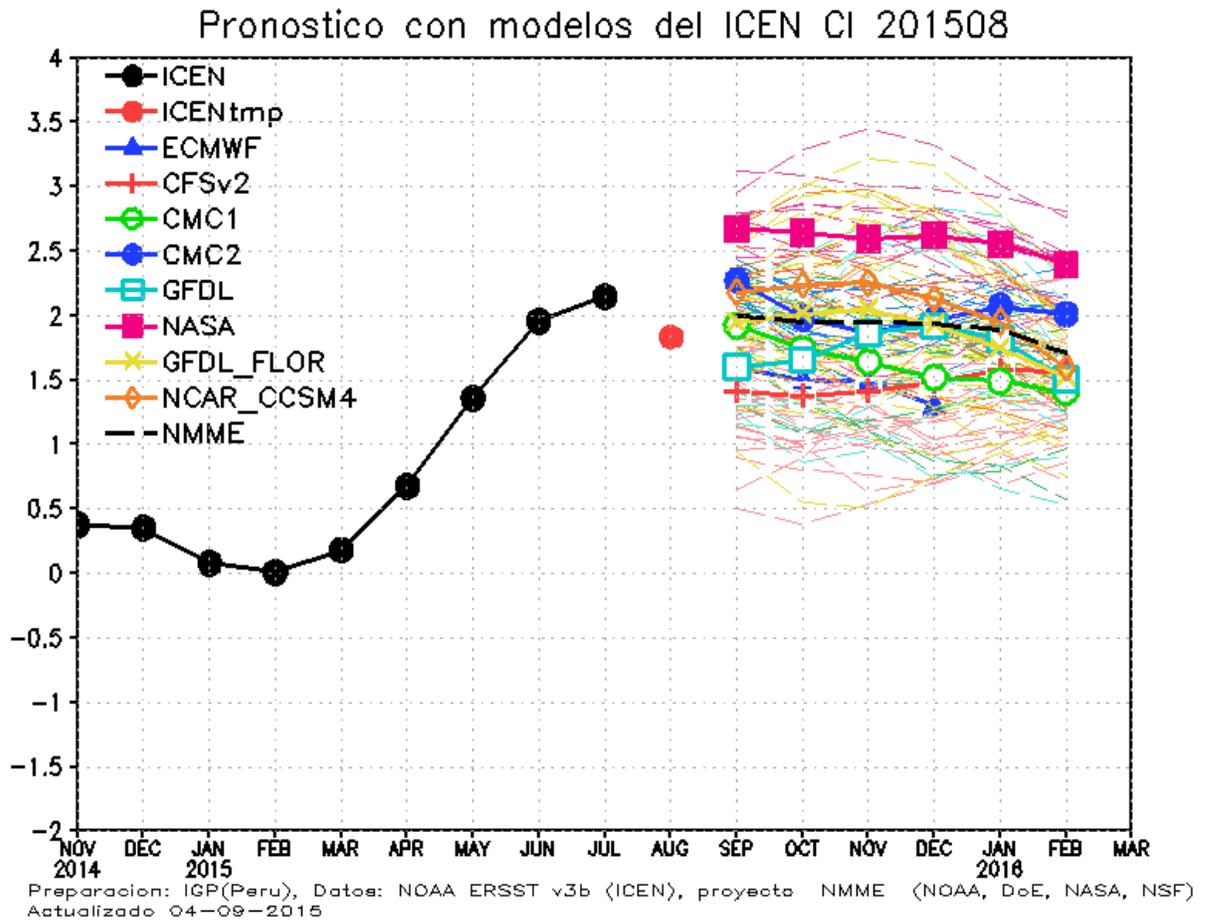


Figura 7. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y sus valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden a los miembros de los "ensembles". Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 tienen como condición inicial el mes de agosto de 2015. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de agosto de 2015. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF).

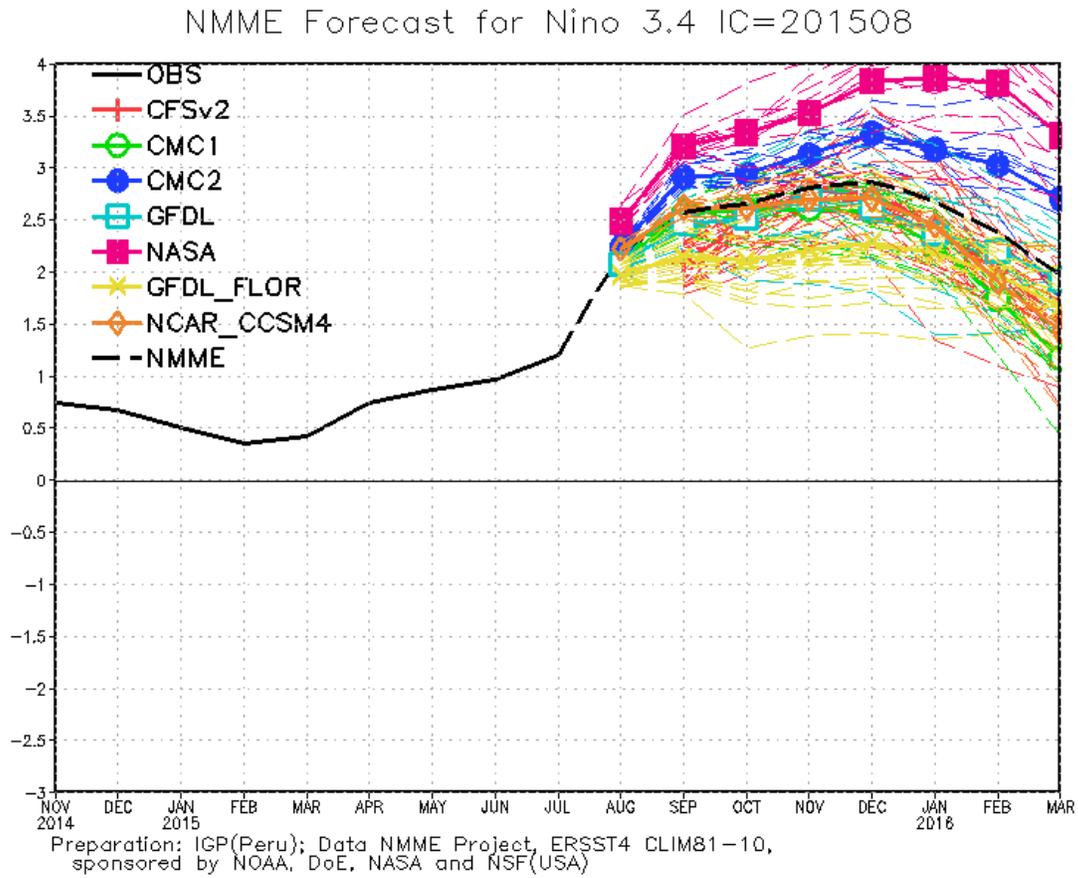


Figura 8. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

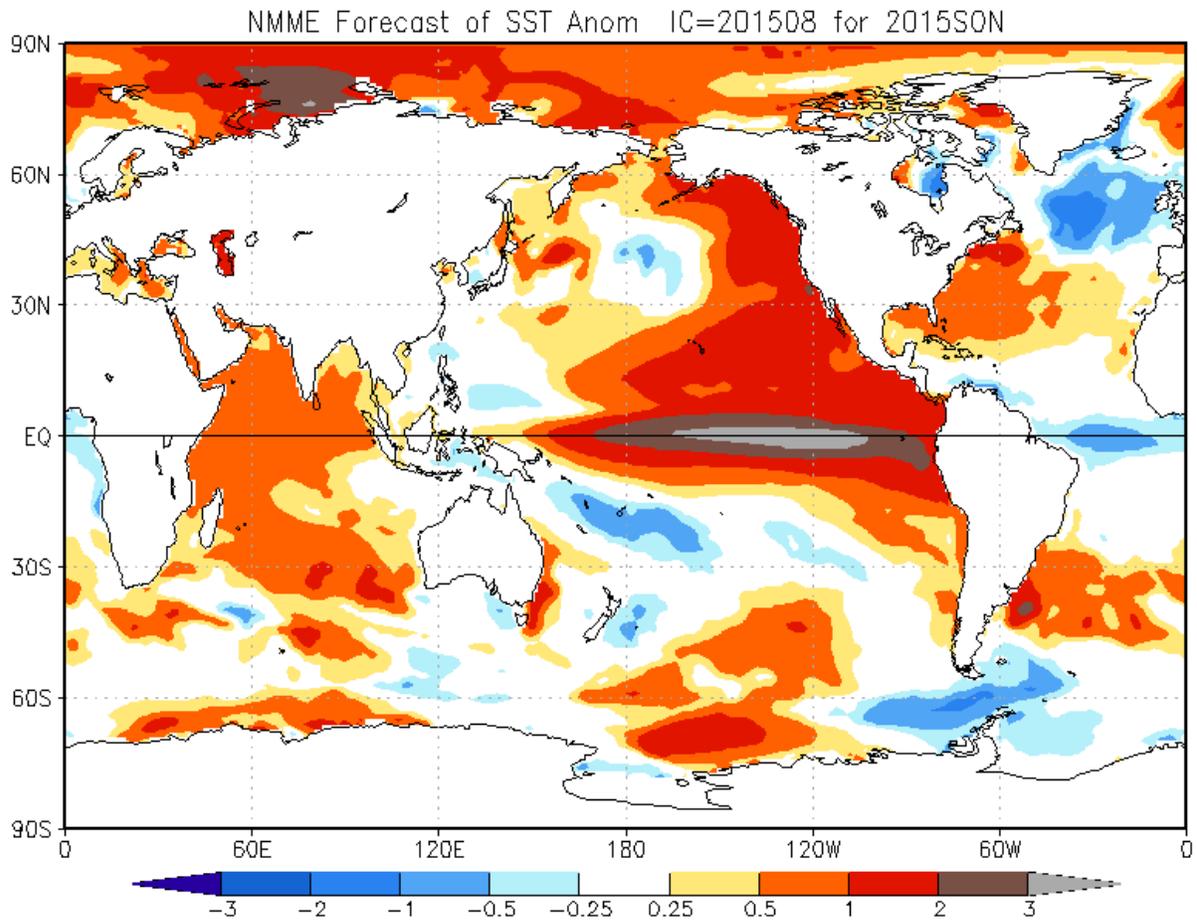


Figura 9. Pronóstico de la anomalía de temperatura superficial del mar promediada sobre los modelos del proyecto NMME (NCEP CFS2, CanCM3 CMC1 y 2, GFDL CM2.2, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 para el trimestre setiembre-noviembre de 2015 con condiciones iniciales de agosto de 2015. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

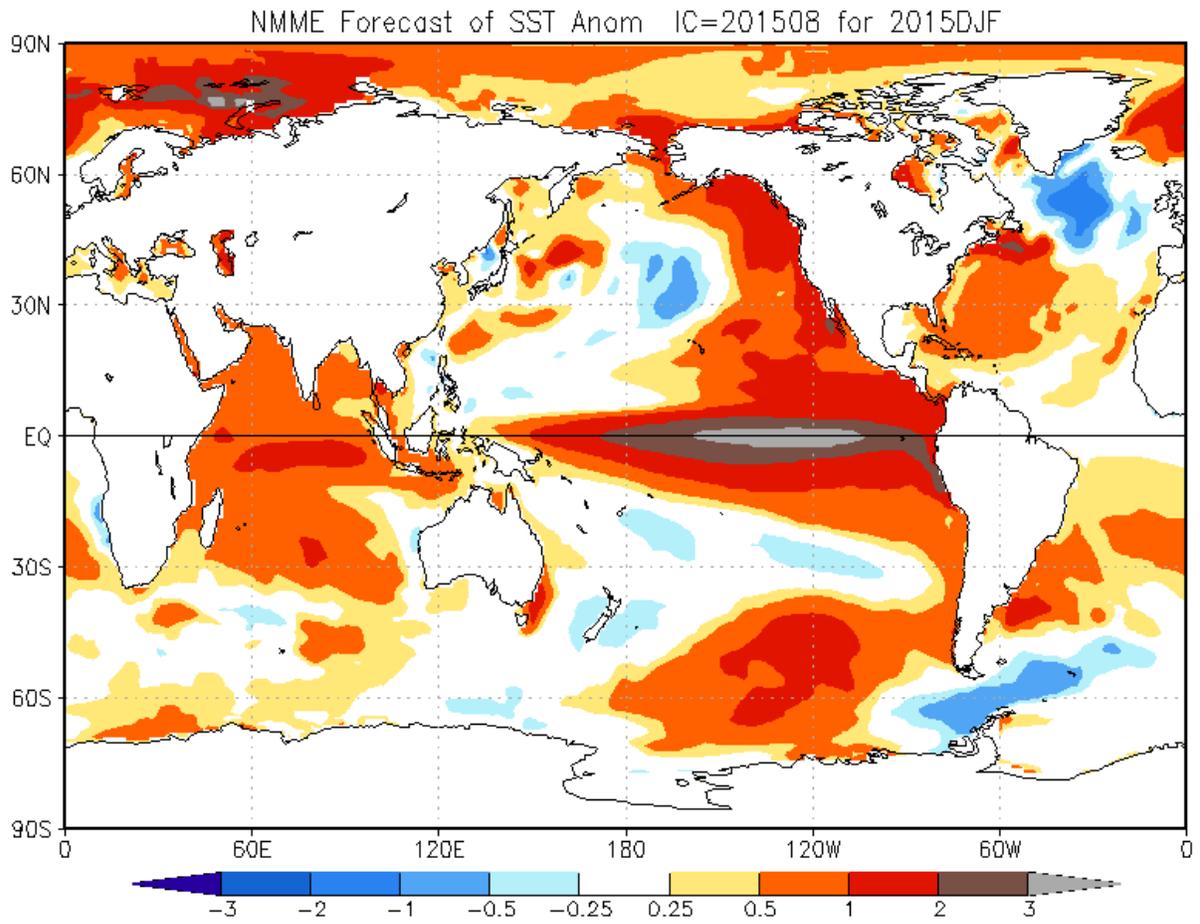


Figura 10. Similar a la Fig.9, pero para el trimestre diciembre2015–febrero de 2016.

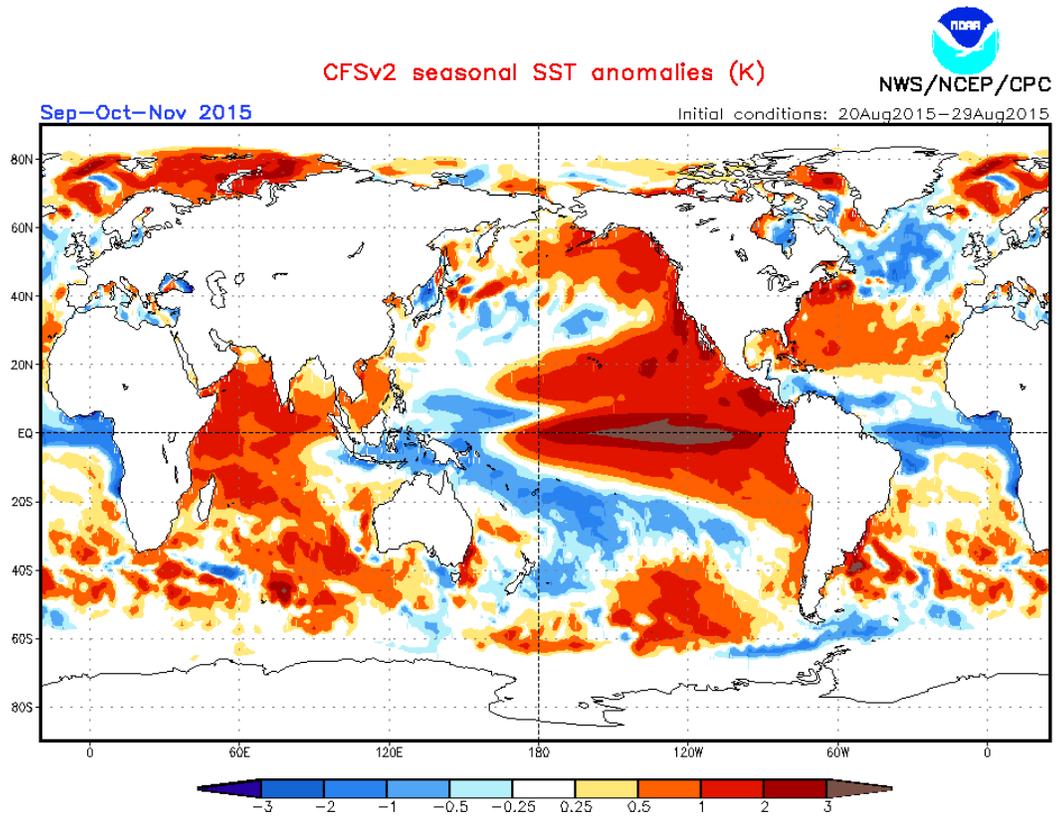


Figura 11. Pronósticos numéricos de anomalía de TSM para el periodo setiembre-noviembre 2015 por el modelo CFSv2 con condiciones iniciales entre el 20 y 29 de agosto de 2015. (Fuente: NOAA).