

**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 TÉCNICONº PpR/EI Niño-IGP/2014-12
07/01/2015**

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), las condiciones climáticas frente a la costa peruana son neutras para el mes de noviembre de 2014, lo cual marca el fin de la fase El Niño costero moderado que abarcó de mayo a octubre 2014. Los pronósticos de los modelos numéricos indican que para los siguientes tres meses las condiciones climáticas serán entre cálidas débiles y neutras en el Pacífico oriental, aunque los pronósticos más recientes favorecen más las neutras. Estos mismos señalan, en el mismo periodo, que las condiciones en el Pacífico Central serán alrededor de cálidas débiles. Se observa la presencia de una onda Kelvin cálida en el Pacífico ecuatorial central la cual podría arribar en el mes de febrero, pero por su baja intensidad no se espera un impacto sustancial en la costa peruana. El calentamiento en el Pacífico central podría reducir las precipitaciones en la región andina, incluyendo la vertiente del Pacífico, este verano.

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 el mes de diciembre de 2014 del producto ERSST v3b generados por el *Climate*

Informe Técnico PpR/El Niño-IGP/2014-12
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 noviembre de 2014. Los valores hasta esa fecha son:

Año	Mes	ICEN	Condiciones costeras del Mes
2014	Agosto	1.02	Cálida Moderada
2014	Setiembre	0.69	Cálida Débil
2014	Octubre	0.52	Cálida Débil
2014	Noviembre	0.38	Neutro

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

El ICEN del mes de noviembre de 2014 indica condición neutra. Según la definición operativa del ENFEN (2012) esto marca el fin del evento El Niño costero moderado que abarcó de mayo a octubre 2014. Sin embargo, no se descarta que se puedan reactivar las condiciones cálidas próximamente, en cuyo caso podría darse un evento El Niño con dos fases cálidas separadas.

Para los meses más recientes se generan versiones preliminares y temporales de este índice (ICEN_{tmp}) combinando ERSST con el promedio de los pronósticos de los modelos de NMME para enero 2015. Estos valores sirven como una referencia.

Año	Mes	ICEN _{tmp}	Condiciones costeras del mes	Fuente
2014	Diciembre	0.48	Cálida Débil	2014/11-2014/12:ERSST; 2015/01: NMME

Tabla 2. Estimados preliminares del ICEN (ICEN_{tmp})

El valor de ICEN_{tmp} para diciembre de 2014 es de 0.48 y corresponde a cálida débil, aunque este valor podría estar sobreestimado ya que la mayoría de modelos no ha reproducido la normalización reciente (Tabla 3). El valor del ICEN será confirmado cuando se disponga del valor de ERSST para el mes de enero de 2015.

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 (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 02 de enero 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 la actualidad, los productos de JASON-2 (Figura 5d) y del modelo lineal (Figura 5e) muestran la presencia de una onda Kelvin cálida en el Pacífico ecuatorial Central que estaría arribando al extremo este del Pacífico ecuatorial en el mes de febrero. Sin embargo, esto no es claro en los productos de TAO (Figura 5b) y ARGO (Figura 5c). Adicionalmente, por el momento, la intensidad de esta onda Kelvin no sería comparable a las que se presentaron a lo largo del 2014. Con esta información se podría establecer que la onda Kelvin, de lograr alcanzar la costa americana en el mes de febrero, no tendría impacto en la costa peruana.

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 entre cálidas débiles y neutras, (Tabla 3, Figura 7). Los pronósticos para meses posteriores a enero tienen baja confiabilidad (Reupo y Takahashi, 2014).

Para los próximos meses, que incluye el verano de 2015, los pronósticos de la ATSM en el Pacífico central (Niño 3.4) por los modelos numéricos de las agencias internacionales indican condiciones alrededor de cálidas débiles (ver Figura 8) Ver también Figura 9 y 10 para los trimestres Enero-Febrero-Marzo y Abril-Mayo-Junio.

Modelo	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ
CFS2	0.51	0.40	0.33	0.26	0.28	0.32	0.34
CMC1	0.39	0.34	0.42	0.46	0.5	0.53	0.51
CMC2	0.51	0.47	0.40	0.26	0.24	0.36	0.58
GFDL	0.55	0.55	0.52	0.38	0.45	0.63	0.83
NASA	0.86	0.95	0.76	0.58	0.47	0.41	0.33
NCAR		-	-	-	-	-	-
GFDL_FLOR	0.48	0.46	0.53	0.51	0.66	0.77	0.9
NCAR_CCSM4	0.46	0.51	0.66	0.76	1.01	1.35	1.71
NMME	0.54	0.53	0.52	0.46	0.52	0.62	0.74
ECMWF			0.40	0.30	0.40	0.50	
ICENtmp	0.48						

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

Modelo	Inicio	Extremo	Final
CFS2	may-14	jul-14	ene-15
CMC1	may-14	jul-14	dic-14
CMC2	may-14	jul-14	ene-15
GFDL	may-14	jul-14	feb-15
NASA	may-14	jul-14	may-15
NCAR	may-14	jul-14	-
GFDL_FLOR	may-14	jul-14	jun-15
NCAR_CCSM4	may-14	jul-14	jun-15
NMME (prom)	may-14	jul-14	jun-15
ECMWF	-	jul-14	feb-15
OBSERVADO	Mayo 2014	Julio 2014	Octubre 2014

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

Por otro lado, los pronósticos del modelo CFSv2 de la NOAA que cuenta con condiciones iniciales más recientes sí incluye la normalización reciente en la región Niño 1+2 (Figura 11) y pronostica condiciones neutras durante el verano actual (Figura 11) e incluso anomalías negativas de TSMa lo largo de la costa de Perú y cálidas en el Pacífico central (Figura 12). Este patrón sería similar al de un evento El Niño Modoki o de Pacífico central (ej. Takahashi, 2014), lo cual tendería a reducir las precipitaciones en la región costera y andina (Lavado y Espinoza 2014). Además, aún en el caso de que se reactivara el evento El Niño costero débil este verano, el efecto combinado con el calentamiento en el Pacífico central podría ser también de menos lluvia, como sugiere un estudio reciente (Machuca, 2014; Machuca et al., 2014), el cual muestra que, en el periodo 1994-2012, los eventos El Niño costero débiles se han caracterizado por un bajo número de inundaciones en la costa norte, incluso menos que en condiciones costeras neutras.

Conclusiones

1. El **ICEN para el mes de noviembre fue de 0.38°C (neutro)**. Por lo tanto, el evento El Niño costero moderado iniciado en mayo 2014 culminó en el mes de octubre 2014. **El ICENmp basado parcialmente en los pronósticos de los modelos para el mes de diciembre es de 0.48°C**, en el rango de cálida débil.
2. Para los **próximos tres meses**, los pronósticos de la ATSM en el **Pacífico oriental** (Niño 1+2, ICEN) los pronósticos de los modelos numéricos de las agencias internacionales con condiciones iniciales de diciembre indican condiciones entre **cálidas débiles y neutras**. Sin embargo, los modelos no pronosticaron correctamente la normalización en esta región y es posible que continúen sobreestimando las condiciones cálidas. El pronóstico reciente del modelo CFS2 es más consistente con lo observado y pronostica ATSM negativas a lo largo de la costa.
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 alrededor de **cálidas débiles**, con menos corridas alcanzando condiciones cálidas moderadas que el pronóstico anterior.
4. Para el **periodo que va más allá del verano 2015**, los escenarios en el **Pacífico oriental** (Niño 1+2, ICEN) de los modelos de las agencias internacionales indican una tendencia positiva pero aún dentro de las condiciones **débiles**. Es importante señalar que los pronósticos de los modelos más allá del mes de febrero, debido a la barrera de predictabilidad asociada a la estacionalidad, resulta en baja confiabilidad.
5. Para el **periodo que va más allá del verano 2015**, los escenarios en el **Pacífico central** (Niño 3.4) de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones alrededor de **cálidas débiles**. Es importante señalar que los pronósticos de los modelos más allá del mes de febrero, debido a la barrera de predictabilidad asociada a la estacionalidad, resulta en baja confiabilidad.
6. Algunos productos de monitoreo de la actividad en el Pacífico Ecuatorial indican la presencia de una onda Kelvin cálida. Sin embargo, su intensidad actual podría sugerir que ésta no tendría impacto relevante en la costa peruana. Asimismo, no se observa, hasta la fecha, actividad importante de los vientos del oeste en el Pacífico Central y Occidental que puedan generar más ondas de Kelvin cálidas.

7. No se puede descartar que la costa sea ligeramente más cálida, normal o ligeramente más fría que lo normal este verano. En cualquier de estos casos, junto con las condiciones cálidas en el Pacífico central, esto favorecería precipitaciones reducidas en la costa norte y en los Andes este verano (Lavado & Espinoza 2014; Machuca et al., 2014).

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*.
- 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/elnino/>

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.

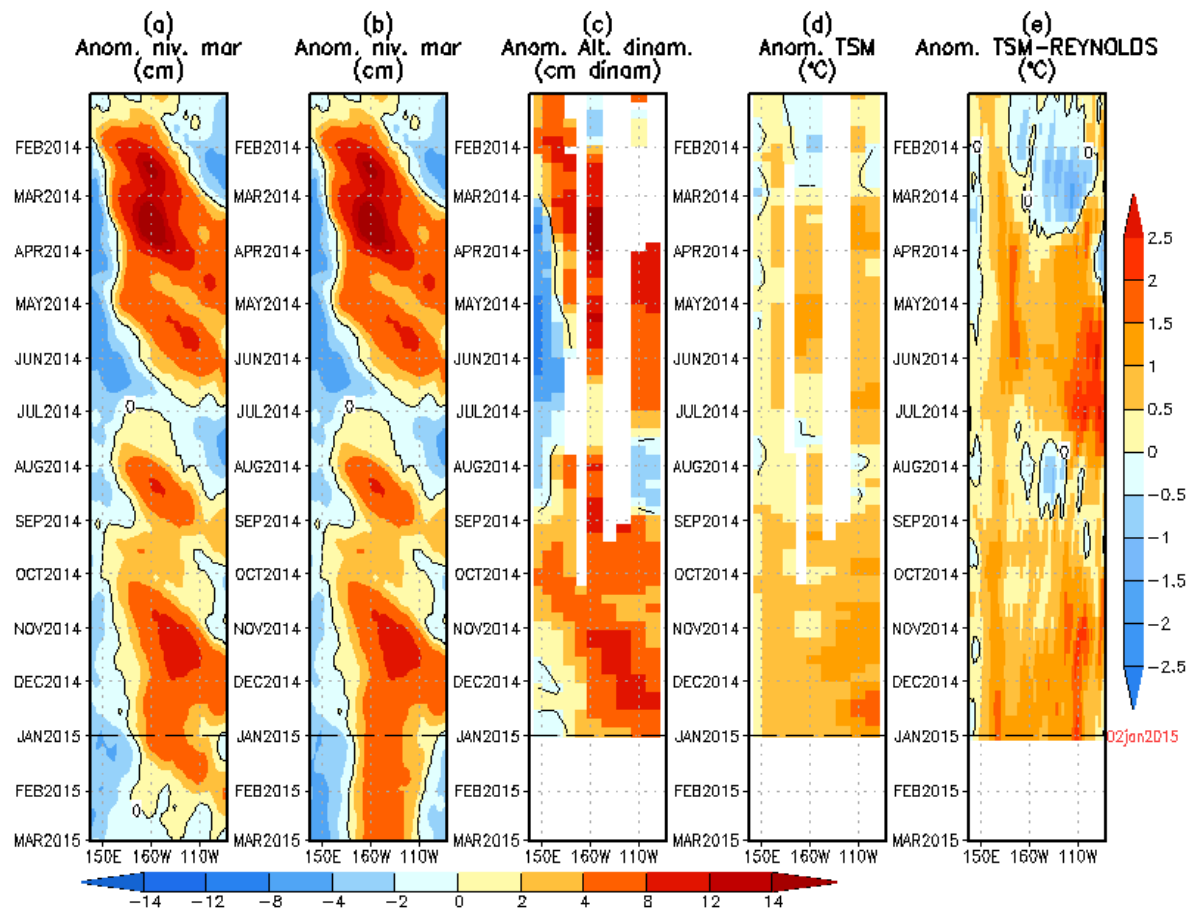


Figura 1. Anomalías (a y b) del nivel medio del mar simulado con LOM1 (termoclina uniforme), (c) de la altura dinámica (TAO), (d y e) de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente, en la región ecuatorial (2°S y 2°N). En (a) y (b) la línea cortada en color negro,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

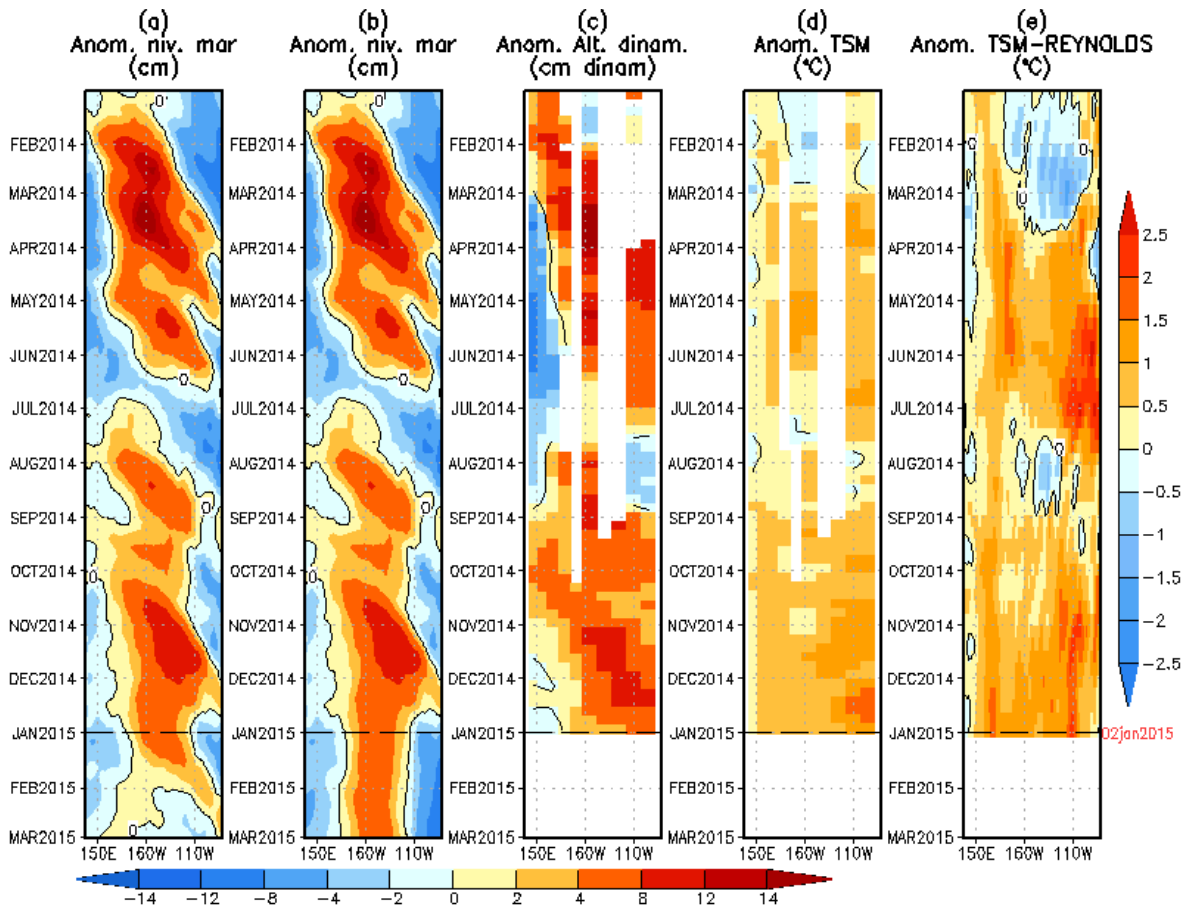


Figura 2. Similar a la Fig. 1 pero para LOM2 (termoclina variable).

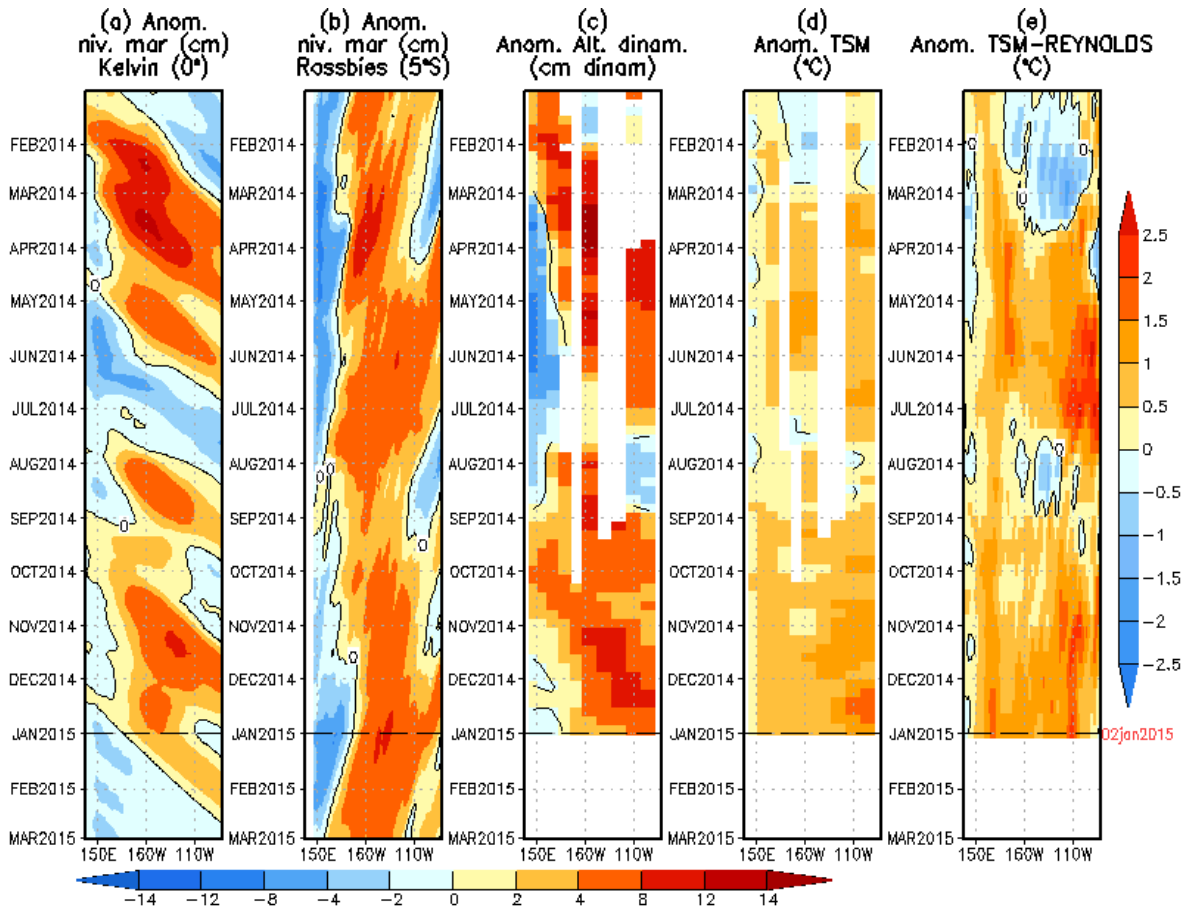


Figura 3. (a) Contribución de la Onda Kelvin al nivel del mar y (b) Contribución de la onda Rossby al nivel del mar en 5°N obtenida de LOM1a. (c) anomalía de la altura dinámica (TAO), (d y e) anomalía de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente en la región ecuatorial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

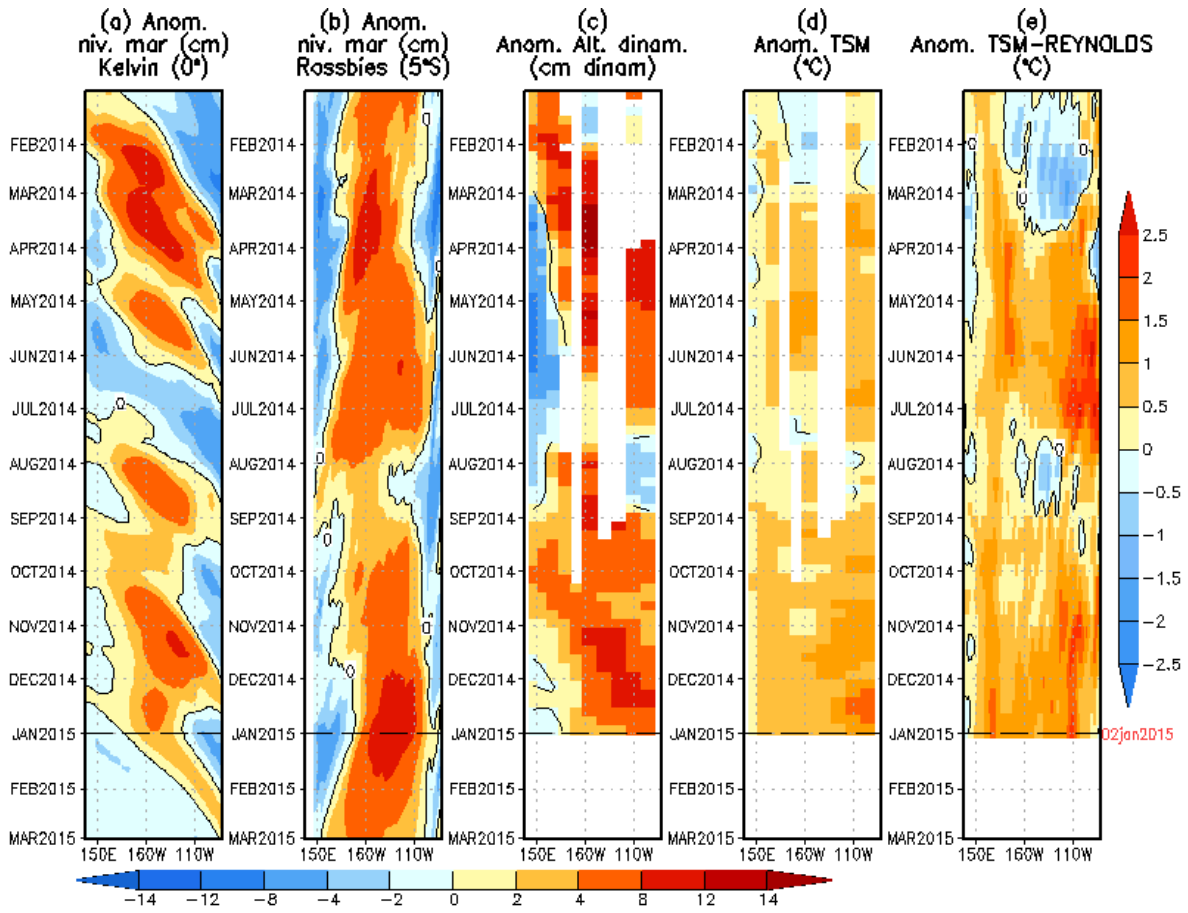


Figura 4. (a) Igual que la Figura 3, pero para LOM2a.

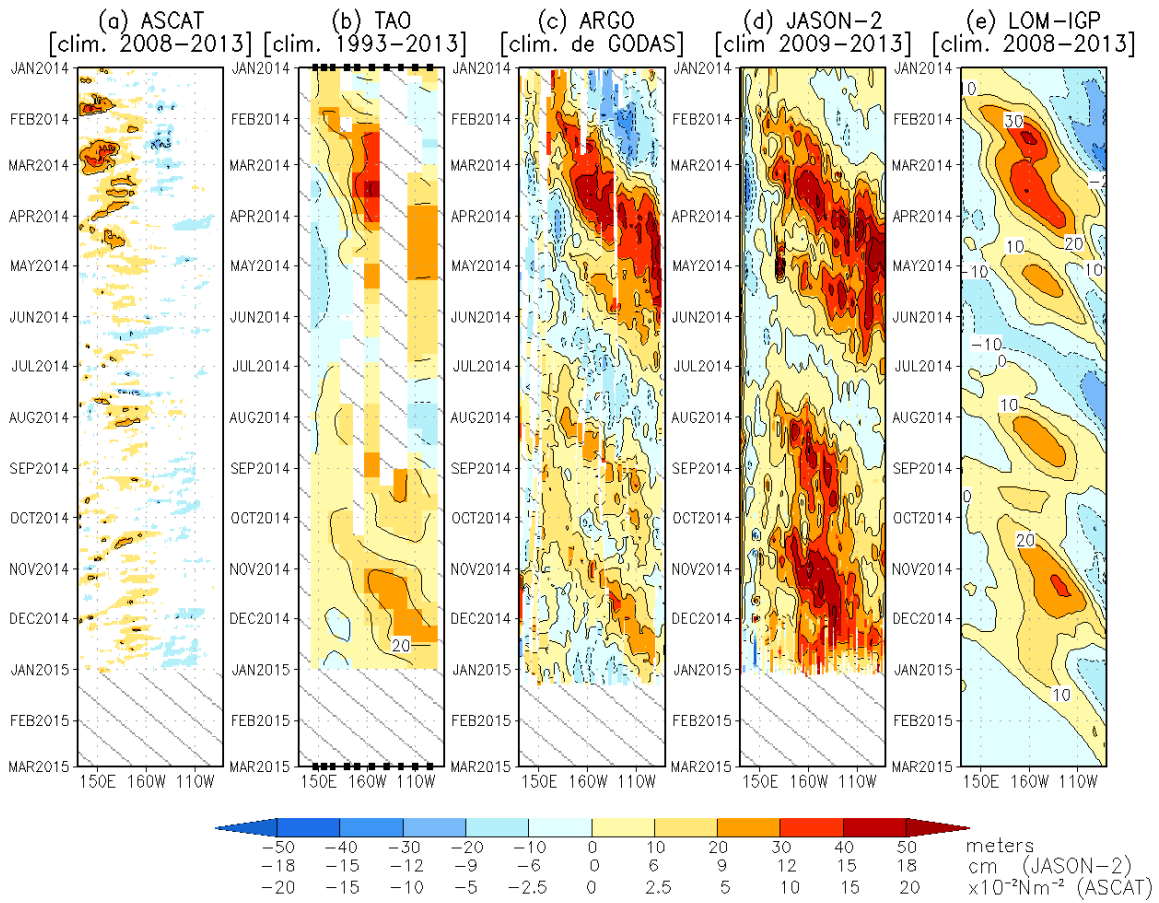


Figura 5. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra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

Anomalía de esfuerzo de viento (ASCAT)

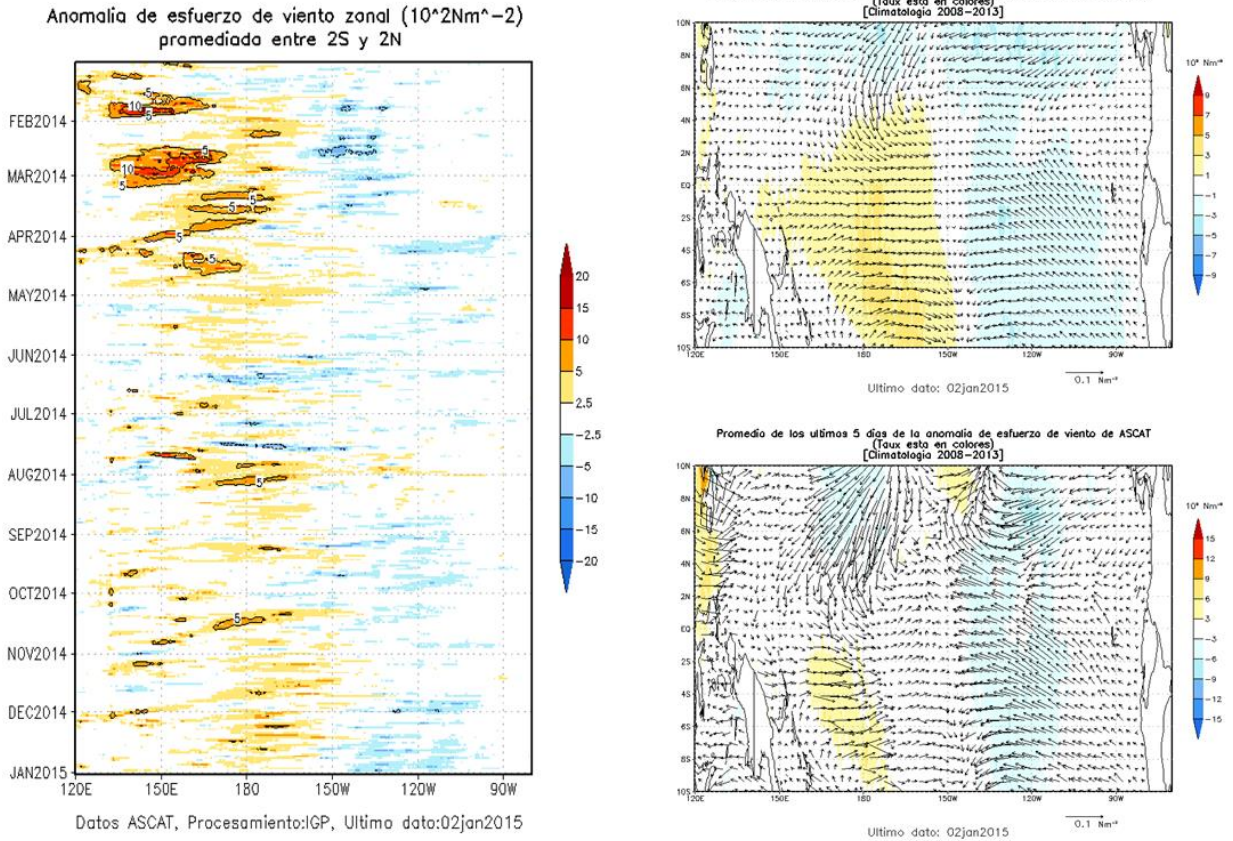


Figura 6. Izquierda: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT. Derecha (superior): Mapa del promedio de 30 días. Derecha (inferior): Mapa del promedio de 5 días, hasta el 02 de enero de 2015, incluyendo los vectores de esfuerzo zonal. (Elaboración: IGP)

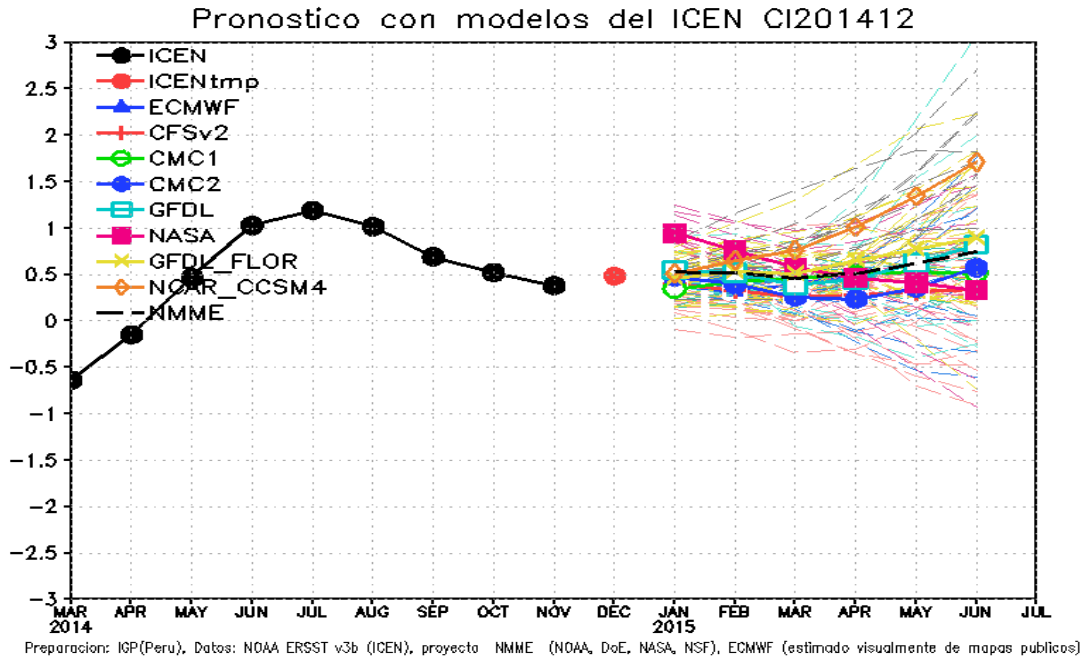


Figura 7. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y sus valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSMen Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden 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 diciembre de 2014. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de diciembre de 2014. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF).

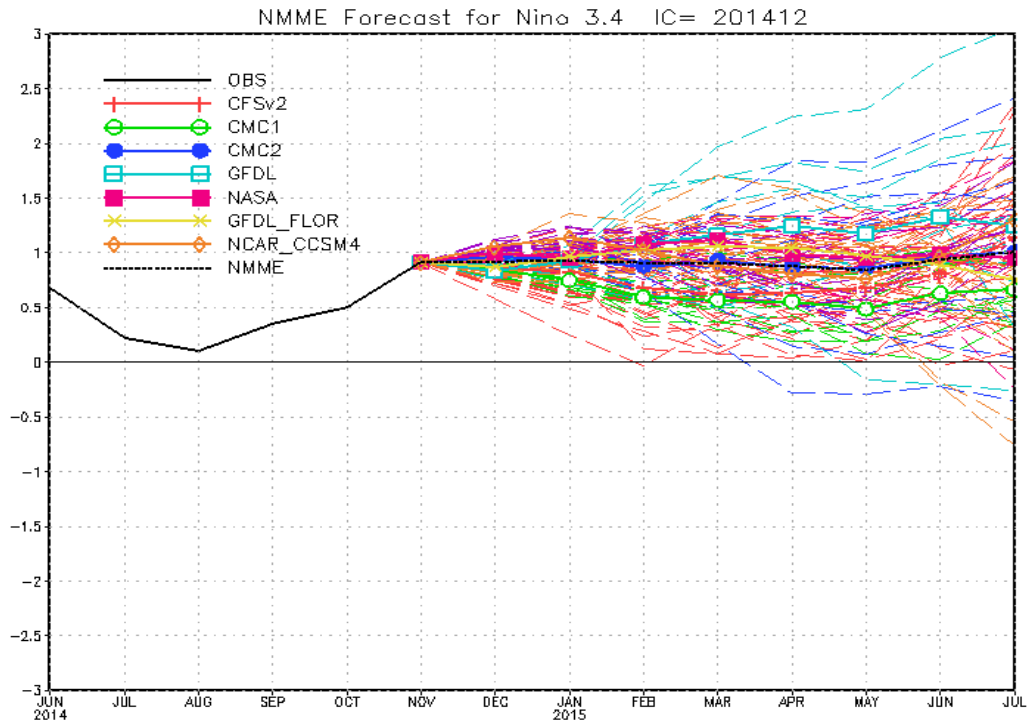


Figura 8. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

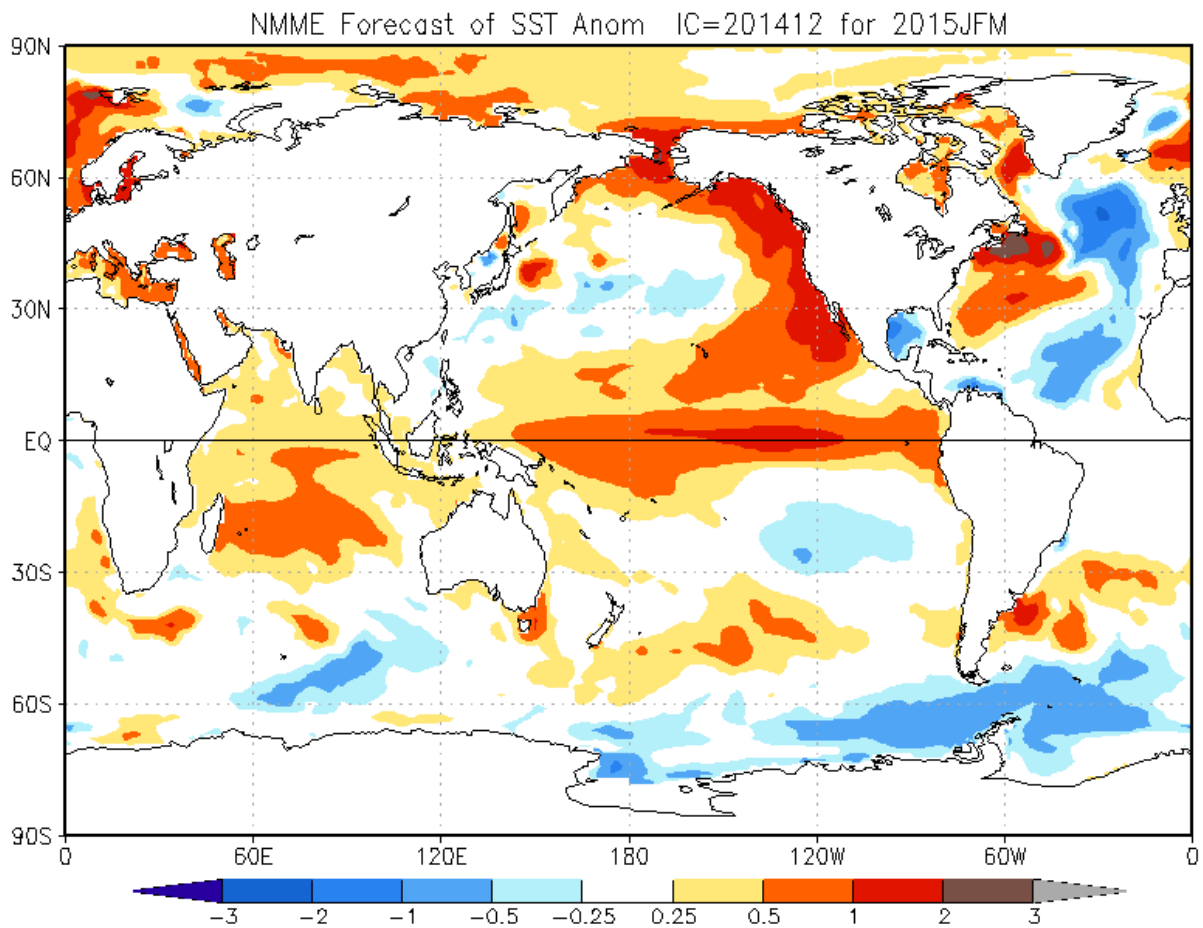


Figura 9. Pronóstico de la anomalía de temperatura superficial del mar promediada sobre los modelos del proyecto NMME (NCEP CFS2, CanCM3 CMC1 y 2, GFDL CM2.2, NASA GEOS5, NCAR CCSM3.0, CCSM3.0, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 para el trimestre –enero marzo de 2015 con condiciones iniciales de diciembre de 2014. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

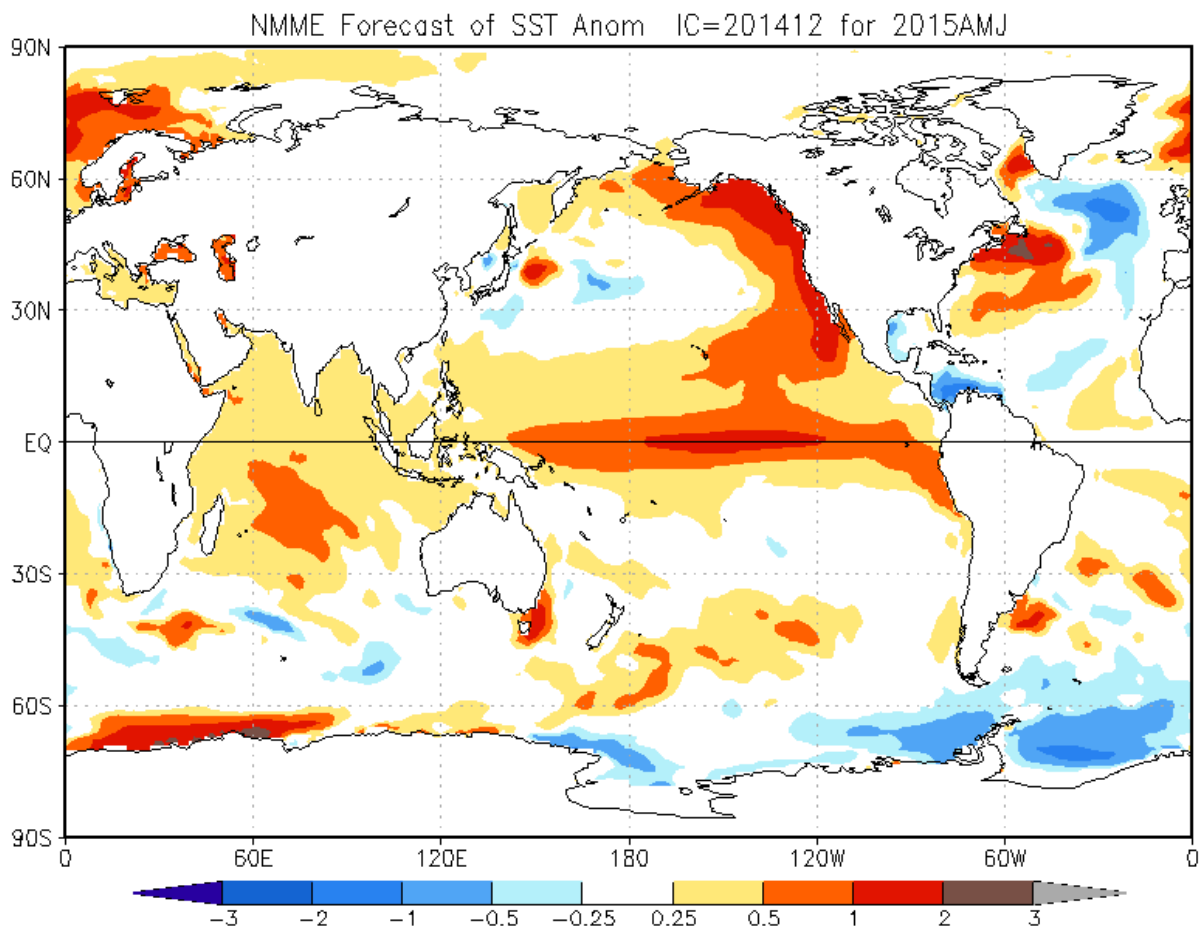


Figura 10. Similar a la Fig.9, pero para el trimestre abril – junio de 2015.

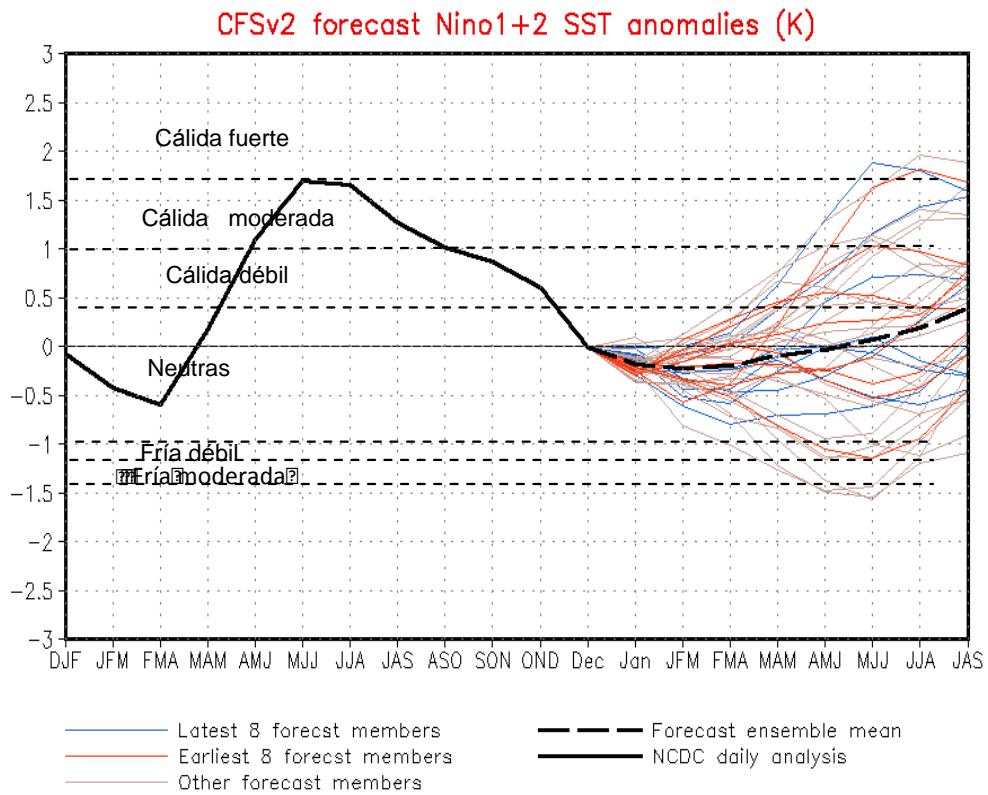


Figura 11. Pronósticos numéricos del ICEN (mediamóvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por el modelo CFSv2 con condiciones iniciales entre el 25 de diciembre 2014 hasta el 3 de enero de 2015. Las líneas azules son los pronósticos más recientes (Fuente: NOAA).

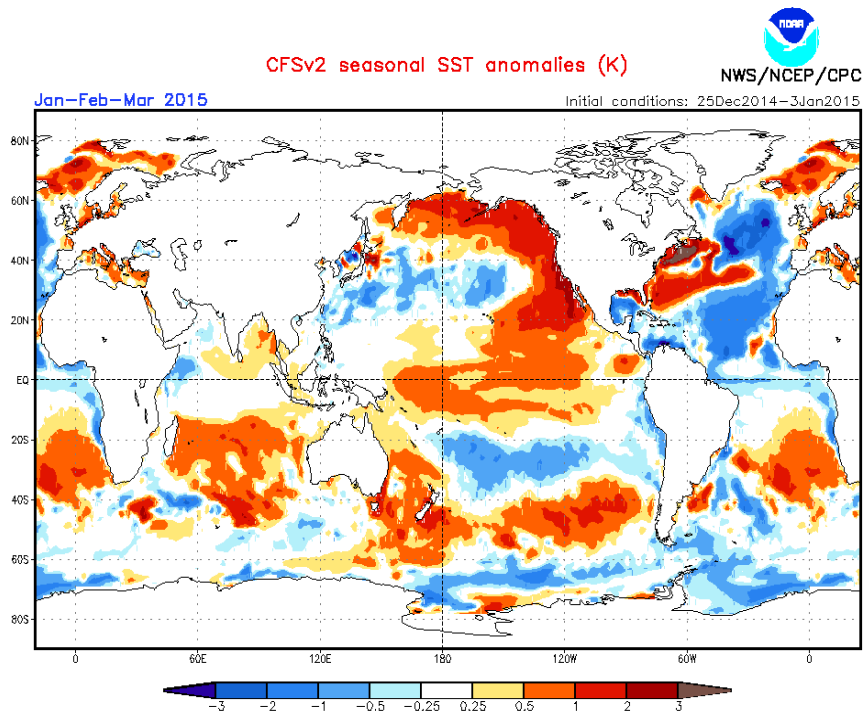


Figura 12. Pronósticos numérico de anomalía de TSM para el periodo enero-marzo 2015 por el modelo CFSv2 con condiciones iniciales entre el 25 de diciembre 2014 hasta el 3 de enero de 2015. (Fuente: NOAA).