

**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/2015-03
06/04/2015**

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 febrero, así como el estimado para marzo, las condiciones climáticas continúan siendo neutras frente a la costa peruana. El pronóstico de la temperatura superficial del mar de los modelos numéricos internacionales con condiciones iniciales del mes de marzo, indican que las condiciones climáticas serán entre cálidas débiles y moderadas en mayo; para el mes de junio las condiciones se mantendrían, y algunos modelos indican condiciones cálidas fuertes en el Pacífico oriental. Estos mismos resultados numéricos señalan, en el mismo periodo, que el Pacífico Central sigue mostrando una tendencia hacia condiciones alrededor de cálidas débiles y moderadas. [Existe una onda Kelvin cálida que debería arribar en el mes de abril.](#) Además, se observa la presencia de otra onda Kelvin cálida de magnitud mayor, la cual arribaría en el mes de mayo.

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 marzo 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 febrero de 2015. Los

Año	Mes	ICEN	Condiciones costeras del Mes
2014	Noviembre	0.38	Neutro
2014	Diciembre	0.35	Neutro
2015	Enero	0.08	Neutro
2015	Febrero	0.01	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 febrero de 2015 en la costa peruana se clasifican como NEUTRAS**. Se recuerda que, de manera operacional, 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).

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	Marzo	0.03	Neutro	2015/02-03: ERSST; 2015/04: NMME

Tabla 2. Estimados preliminares del ICEN (ICENTmp)

Según estos valores del ICENTmp, se espera que hasta marzo de 2015 lo más probable es que continúen las condiciones NEUTRAS. Esto será confirmado cuando se disponga del valor de ERSST para el mes de abril de 2015 y se pueda contar con el valor de ICEN para el mes de marzo 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 04 de abril 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 ARGO (Figura 5c), JASON-2 (Figura 5d) y del modelo lineal (Figura 5e) muestran la presencia de una onda Kelvin cálida en el Pacífico ecuatorial Central formada por las anomalías de viento del oeste observadas a finales de febrero y que estaría

arribando al extremo este del Pacífico ecuatorial en el mes de abril. Por otro lado, se observaron pulsos de viento del oeste más intensos en la primera quincena de marzo, de magnitud comparable a lo observado entre febrero y marzo del 2014, que ha generado una nueva onda Kelvin cálida que se espera que arribe en el mes de mayo. Según el modelo lineal, la magnitud de esta onda sería similar a la que se formó a inicios del mes de marzo de 2014.

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para el mes de mayo, los pronósticos de la ATSM en el Pacífico oriental (Niño 1+2, ICEN) pronostican principalmente condiciones entre cálidas débiles y cálidas moderadas, para el mes de junio se mantienen las condiciones de los pronósticos además algunos modelos indican condición cálida fuerte. (Tabla 3, Figura 7).

Para los meses de mayo y junio, los pronósticos de la ATSM en el Pacífico central (Niño 3.4) por los modelos numéricos de las agencias internacionales indican condiciones entre cálidas débiles y calidas moderadas (ver Figura 8) Ver también Figura 9 y 10 para los trimestres Abril-Mayo-Junio y Julio-Agosto-Setiembre.

Modelo	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO
CFS2	-0.21	0.16	0.42	0.80	0.93	0.85	0.70
CMC1	-0.16	0.04	0.31	0.42	0.48	0.53	0.50
CMC2	-0.18	0.08	0.57	1.07	1.43	1.52	1.42
GFDL	-0.23	0.12	0.74	1.25	1.45	1.46	1.26
NASA	-0.06	0.33	0.91	1.49	1.86	1.92	1.79
NCAR							
GFDL_FLOR	-0.08	0.58	1.47	1.93	1.92	1.67	1.32
NCAR_CCSM4	-0.25	0.26	1.13	1.81	2.22	2.46	2.50
NMME	-0.17	0.22	0.79	1.25	1.47	1.49	1.36
ECMWF			0.7	0.90	1.0	1.0	
ICENtmp	0.03						

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

Modelo	Inicio	Extremo	Final	Magnitud
CFS2	May-15	Jul-15	No disponible	Débil
CMC1	Jun-15	Ago-15	No disponible	Débil
CMC2	May-15	Ago-15	No disponible	Moderado
GFDL	May-15	Ago-15	No disponible	Moderado
NASA	May-15	Ago-15	No disponible	Fuerte
NCAR	-	-	-	-
GFDL_FLOR	Abril-15	Jul-15	No disponible	Moderado
NCAR_CCSM4	May-15	Set-15 o después	No disponible	Fuerte
NMME (prom)	may15	Ago-15	No disponible	Moderado
ECMWF	-	-		
OBSERVADO	-	-	-	-

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

Conclusiones

1. **El ICEN para el mes de febrero es de 0.01°C (neutro).** El ICENtmp basado parcialmente en los pronósticos de los modelos nos indica condiciones neutras, el mes de marzo es de 0.03°C.
2. Para el **mes de mayo de 2015**, los pronósticos de la ATSM en el **Pacífico oriental** (Niño 1+2, ICEN) de los modelos numéricos de las agencias internacionales, con condiciones iniciales del mes de marzo, indican condiciones entre **cálidas débiles y cálidas moderadas. Para el mes de junio las condiciones se mantendrían, además algunos modelos indican condiciones cálidas fuertes.**
3. Para los **meses de mayo y junio**, 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 a moderadas.**
4. Para el **periodo de invierno**, los siete modelos indican que en el **Pacífico oriental** (Niño 1+2, ICEN) habrían condiciones El Niño costero iniciando en mayo con un máximo en agosto, con magnitudes entre débil y fuerte, con un mayor número de modelos indicando **El Niño costero moderado.**
5. Para el **periodo de invierno**, los ocho modelos evaluados* indican que en el Pacífico central (Niño 3.4) habría una posible ocurrencia de El Niño del Pacífico central con magnitud **débil a fuerte.**
6. Los productos observacionales a lo largo de la línea ecuatorial y el modelo lineal indican la presencia de una **onda Kelvin cálida que estaría arribando en el mes de abril.** Además, se observa la presencia de otra onda Kelvin cálida, con magnitud estimada comparable a la de la onda formada a inicios de marzo del 2014, que debería arribar en el mes de mayo.
7. Las anomalías cálidas en el Pacífico ecuatorial central son favorables a la continuación de anomalías de vientos del oeste que pueden generar nuevas ondas Kelvin cálidas.

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*.
- 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/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.

Figuras

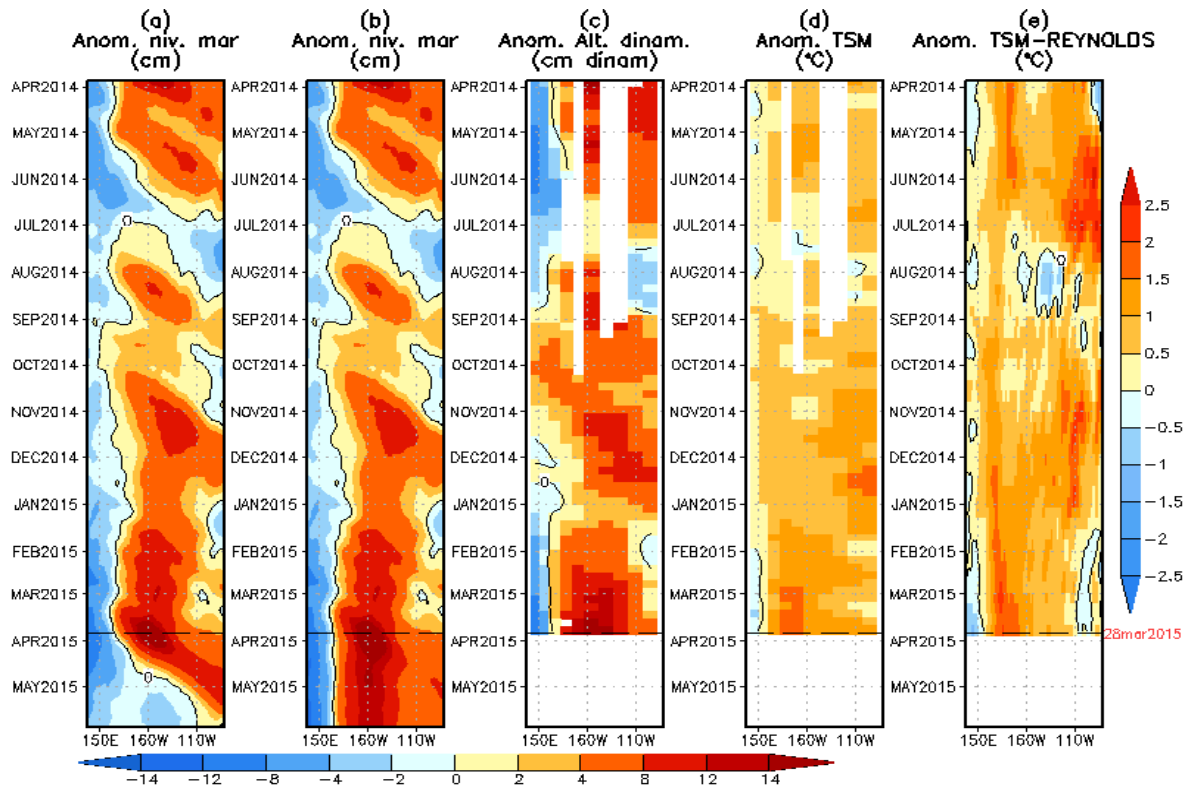


Figura 1. Anomalías (a y b) del nivel medio del mar simulado con LOM1 (termoclina uniforme), (c) de la altura dinámica (TAO), (d y e) de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente, en la región ecuatorial (2°S y 2°N). En (a) y (b) la línea cortada en color negro,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

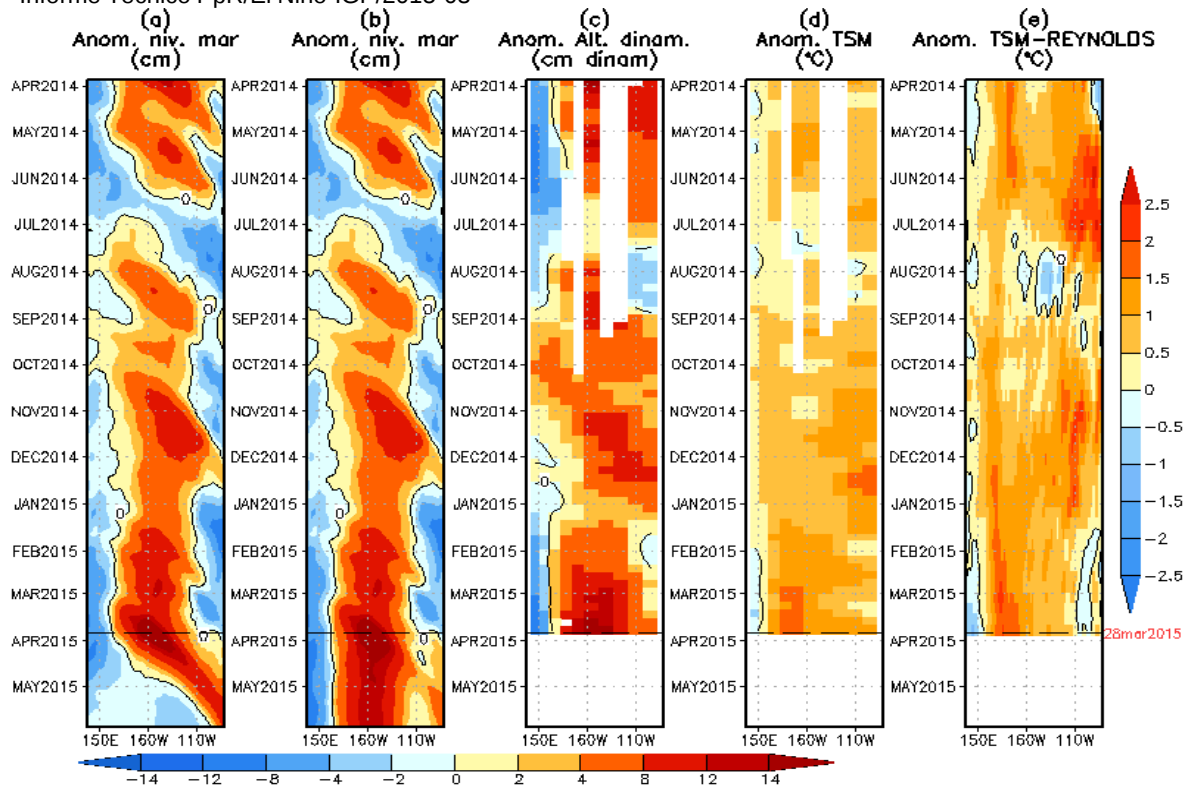


Figura 2. Similar a la Fig. 1 pero para LOM2 (termoclina variable).

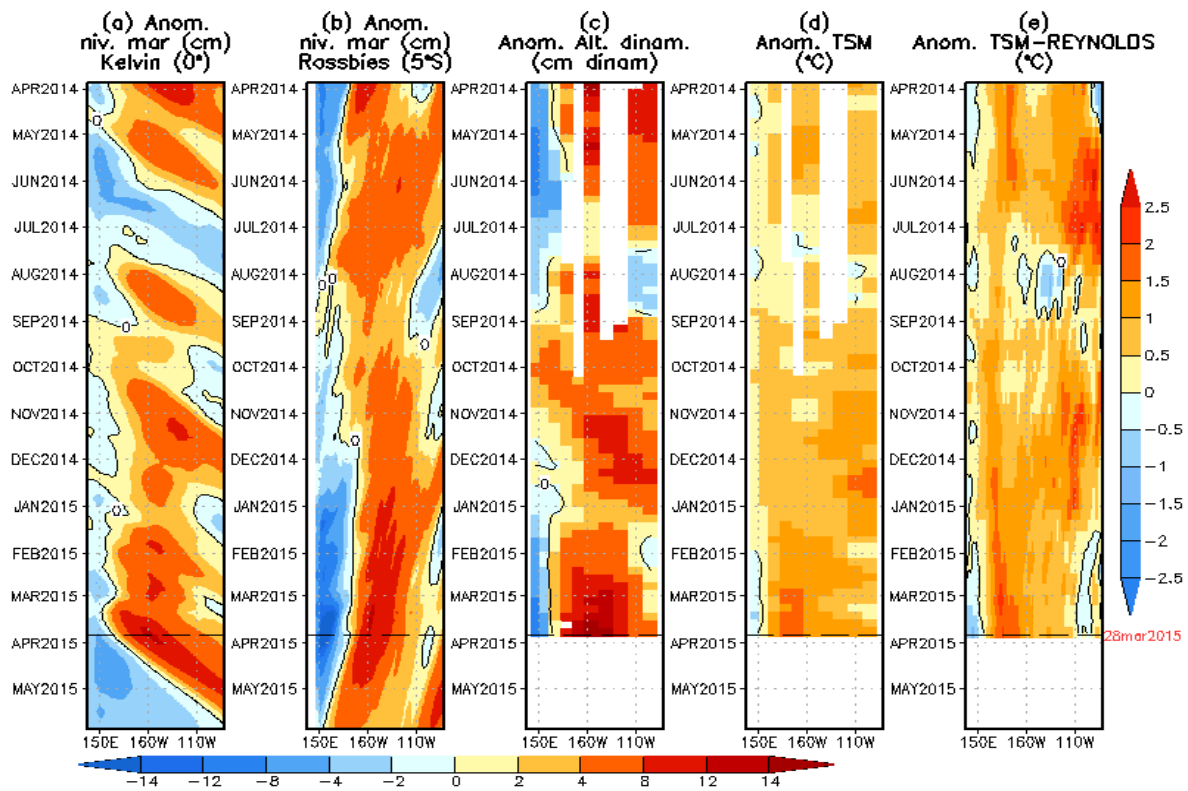


Figura 3. (a) Contribución de la Onda Kelvin al nivel del mar y (b) Contribución de la onda Rossby al nivel del mar en 5°N obtenida de LOM1a. (c) anomalía de la altura dinámica (TAO), (d y e) anomalía de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente en la región ecuatorial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

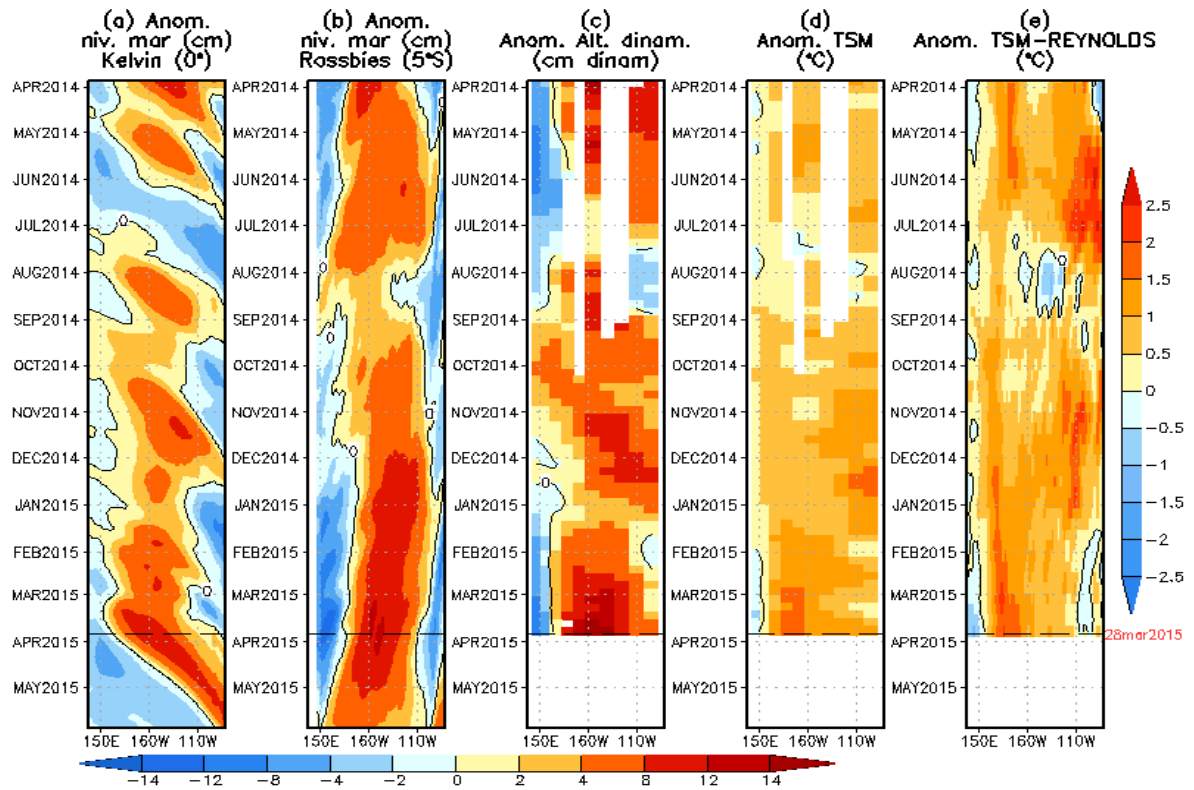


Figura 4. (a) Igual que la Figura 3, pero para LOM2a.

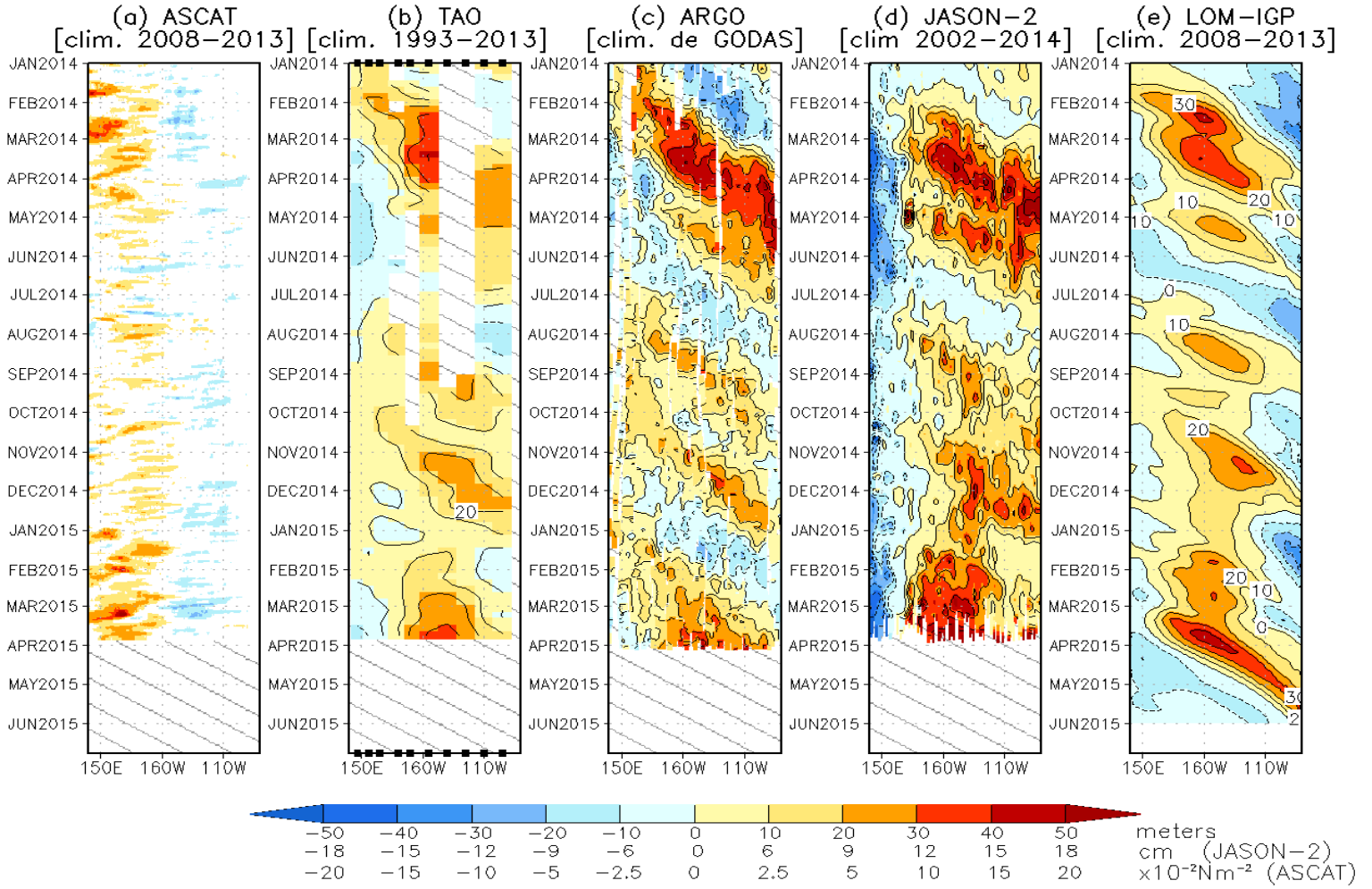


Figura 5. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra la anomalía de la profundidad de la termoclina calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, y $\text{taux}=0$ para el pronóstico). Las líneas diagonales representan una propagación hacia el este con velocidad de 2.6 m/s. (Elaboración: IGP)

Informe Técnico PpR/El Niño-IGP/2015-03
Anomalia de esfuerzo de viento zonal (10^2 Nm^{-2})
promediado entre 2S y 2N

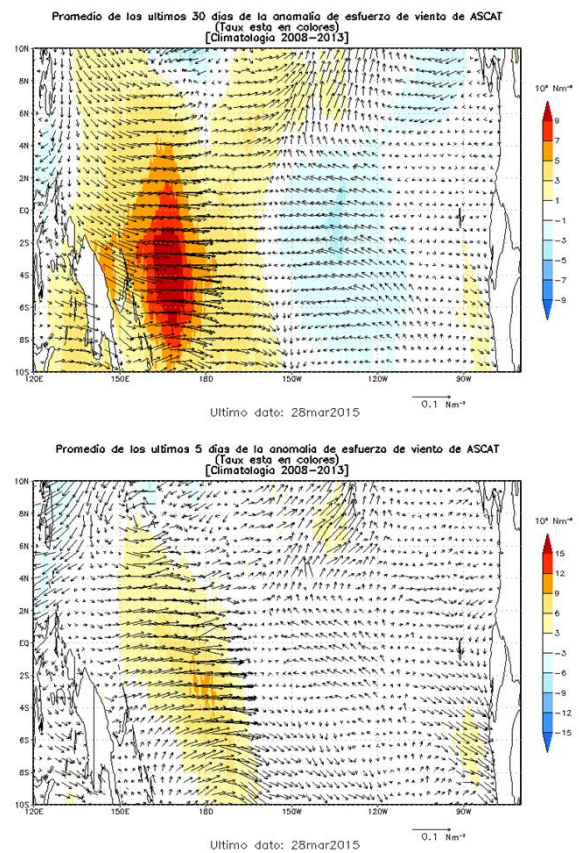
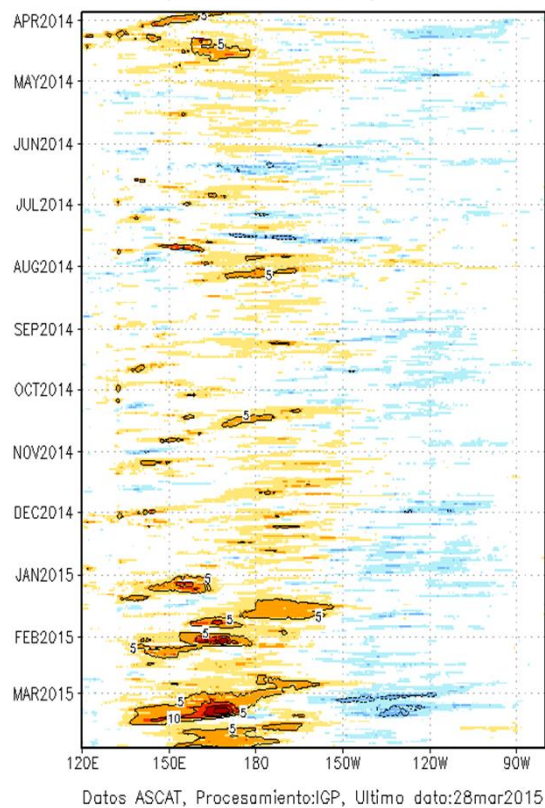


Figura 6. Izquierda: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT. Derecha (superior): Mapa del promedio de 30 días. Derecha (inferior): Mapa del promedio de 5 días, hasta el 28 de marzo del 2015, incluyendo los vectores de esfuerzo zonal. (Elaboración: IGP)

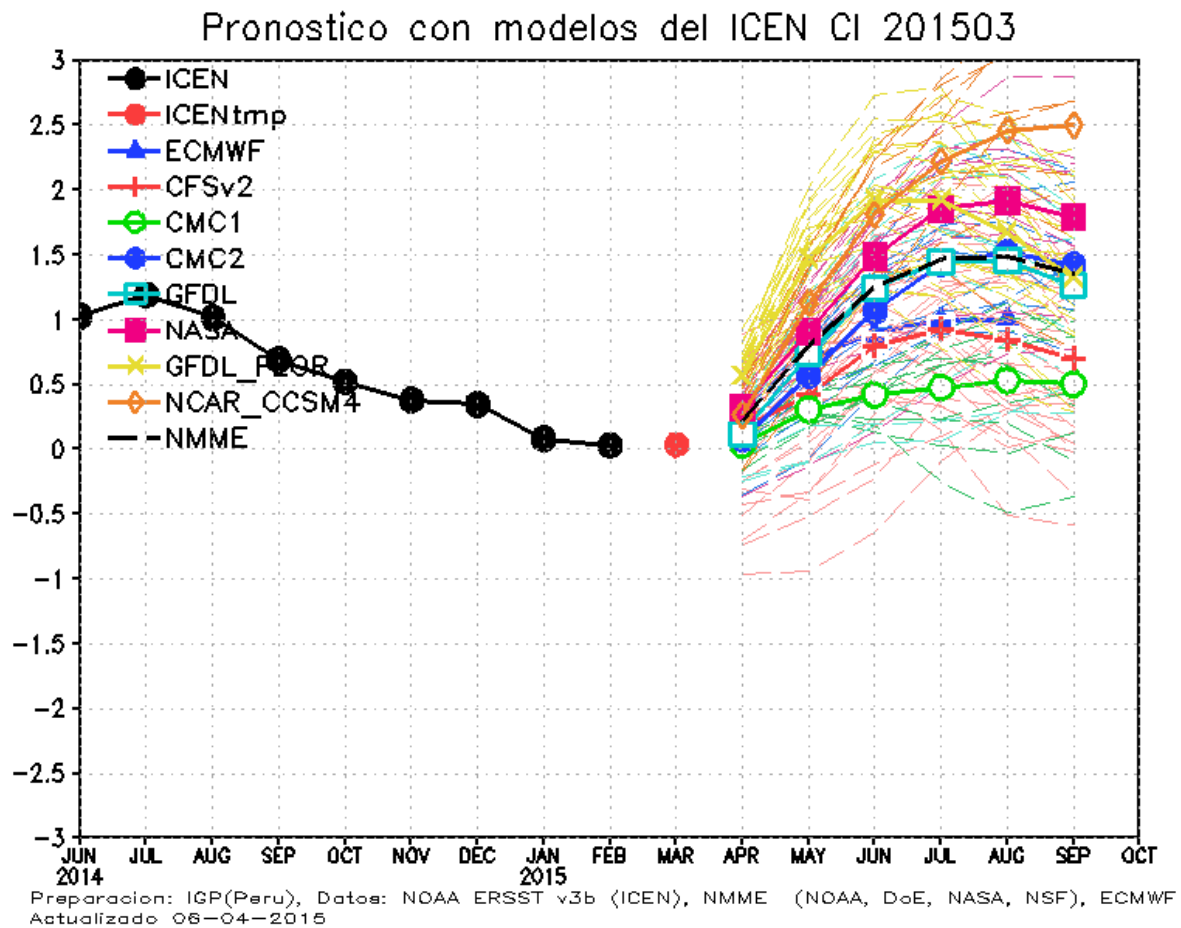


Figura 7. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y sus valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden 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 marzo de 2015. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de marzo de 2015. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF).

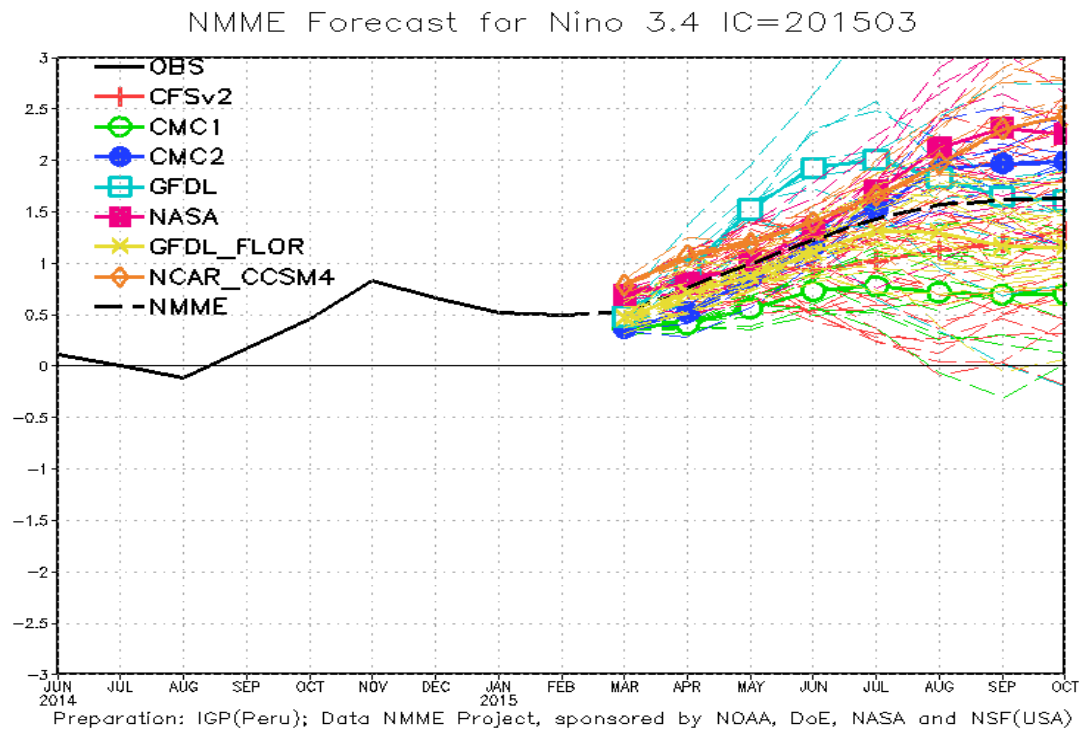


Figura 8. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

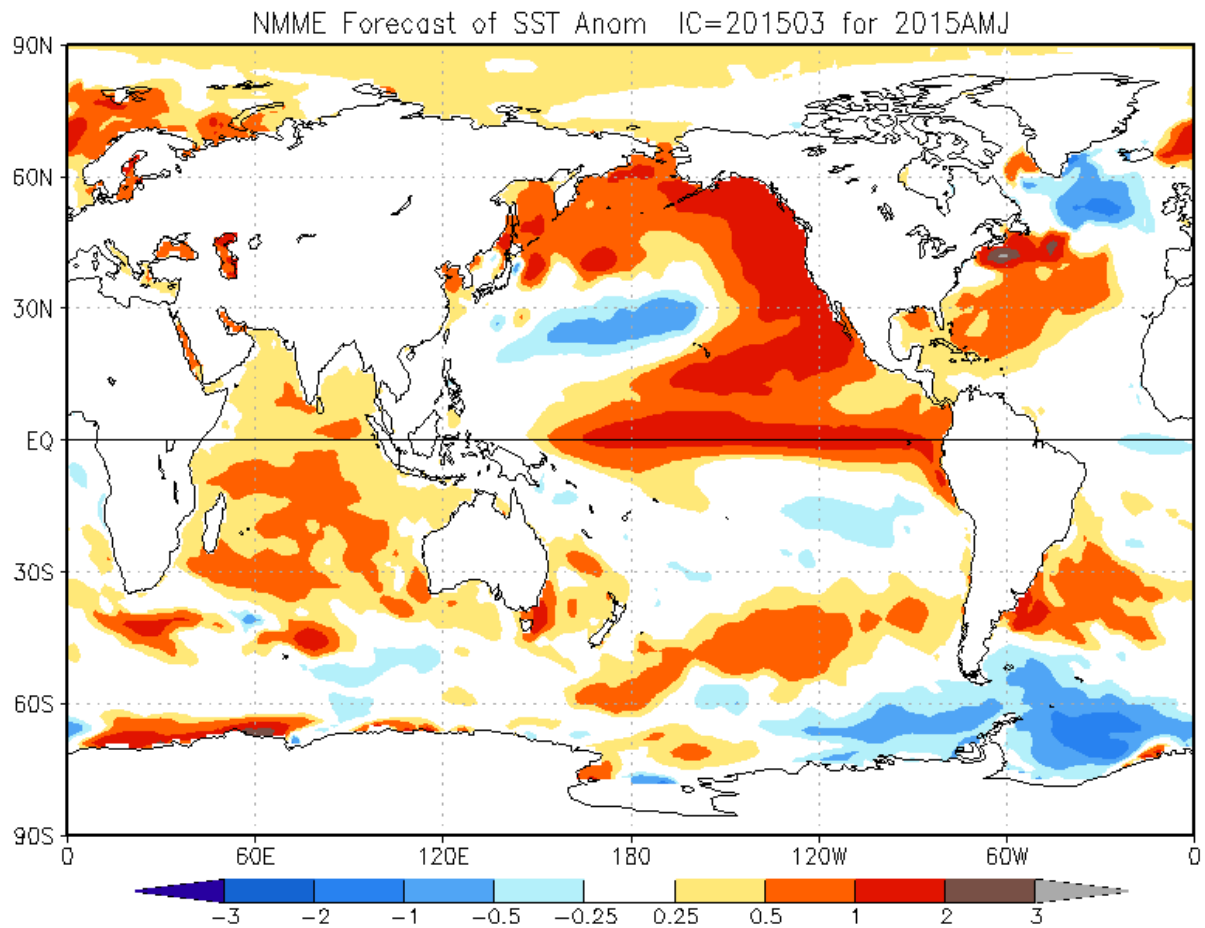


Figura 9. Pronóstico de la anomalía de temperatura superficial del mar promediada sobre los modelos del proyecto NMME (NCEP CFS2, CanCM3 CMC1 y 2, GFDL CM2.2, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 para el trimestre marzo-mayo de 2015 con condiciones iniciales de marzo de 2015. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

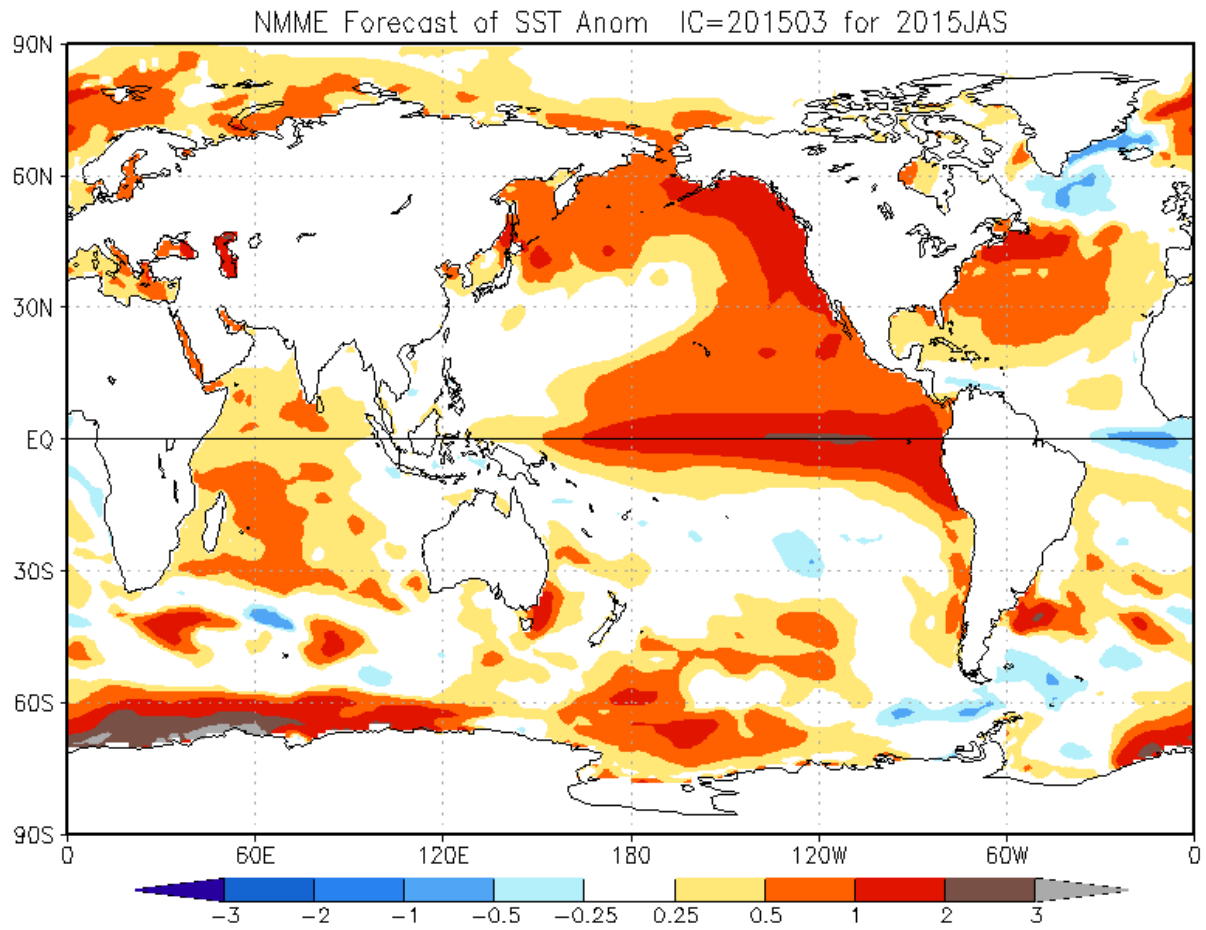


Figura 10. Similar a la Fig.9, pero para el trimestre julio – setiembre de 2015.

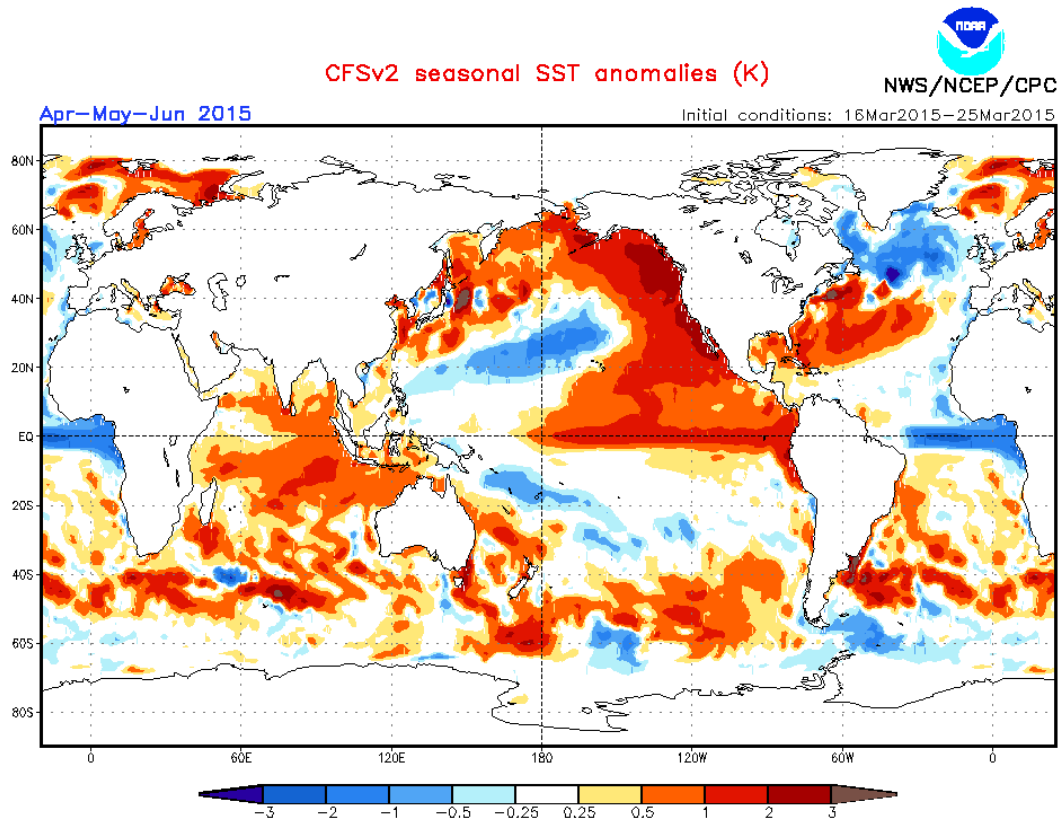


Figura 11. Pronósticos numérico de anomalía de TSM para el periodo marzo-mayo 2015 por el modelo CFSv2 con condiciones iniciales entre el 16 de marzo hasta el 25 de marzo de 2015. (Fuente: NOAA).