

**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/2015-04
07/05/2015**

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 marzo las condiciones climáticas de la costa peruana fueron neutras, mientras que el estimado para abril indica condiciones cálidas débiles. El pronóstico de la temperatura superficial del mar de los modelos numéricos internacionales con condiciones iniciales del mes de abril, indican que las condiciones climáticas serán entre cálidas débiles y fuertes en junio y julio en el Pacífico oriental. Estos mismos resultados numéricos señalan que el Pacífico Central sigue mostrando una tendencia hacia condiciones alrededor de cálidas débiles y moderadas e incluso fuertes. Se observa la llegada de la onda Kelvin cálida de una magnitud comparable a la del mes de marzo del año 2014

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 abril 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 marzo de 2015. Los valores hasta esa fecha son:

Año	Mes	ICEN	Condiciones costeras del Mes
2014	Diciembre	0.35	Neutro
2015	Enero	0.08	Neutro
2015	Febrero	0.01	Neutro
2015	Marzo	0.18	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 marzo 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	Abril	0.72	Cálida Débil	2015/03-04: ERSST; 2015/05: NMME

Tabla 2. Estimados preliminares del ICEN (ICENtmp)

Según estos valores del ICENtmp, se estima que en abril de 2015 las condiciones sean CÁLIDAS DÉBILES. Esto será confirmado cuando se disponga del valor de ERSST para el mes de mayo de 2015 y se pueda contar con el valor de ICEN para el mes de abril 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 mayo 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 débil, que se generó entre enero y febrero, habría continuado su arribo a la costa durante el mes de abril, y que la onda Kelvin cálida que se generó a inicios del mes de marzo, estaría arribando a partir de finales de abril, con su máxima amplitud en mayo. Según lo observado su magnitud sería similar a la de la onda formada a inicios de marzo del año 2014. Adicionalmente, durante el mes de abril se observaron anomalías de viento zonal persistentes, de magnitud débil, en la región del Pacífico ecuatorial occidental. Es importante indicar

que las anomalías cálidas en el Pacífico ecuatorial central continúan con una tendencia positiva, lo cual ha estado asociado a la actividad convectiva ecuatorial alrededor de la línea de cambio de fecha. Este patrón de anomalías de temperatura superficial del océano es favorable a la continuación de anomalías de vientos del oeste que, en consecuencia, pueden generar nuevas ondas Kelvin cálidas.

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para los meses de junio y julio, los pronósticos de la ATSM en el Pacífico oriental (Niño 1+2, ICEN) indican condiciones principalmente cálidas moderadas, y entre moderadas y fuertes, respectivamente (ver Tabla 3 y Figura 7).

Para los meses posteriores a mayo, los pronósticos indican que la ATSM en el Pacífico central (Niño 3.4) continuará en el rango de cálida débil y moderada, alcanzando incluso el rango de cálidas fuertes a partir del mes de agosto (ver Figura 8, así como Figura 9 y 10 para los trimestres Mayo-Junio-Julio y Agosto-Setiembre-October, respectivamente).

Modelo	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON
CFS2	0.81	1.54	1.50	1.39	1.18	1.08	1.20
CMC1	0.60	0.84	0.84	0.87	0.80	0.66	0.50
CMC2	0.74	1.21	1.39	1.59	1.59	1.44	1.21
GFDL	0.70	1.38	1.90	1.98	1.69	1.36	1.28
NASA	1.03	1.70	1.99	2.01	1.85	1.60	1.43
NCAR	-	-	-	-	-	-	-
GFDL_FLOR	0.76	1.53	2.16	2.35	2.16	2.00	1.87
NCAR_CCSM4	0.94	1.65	2.05	2.08	1.88	1.74	1.74
NMME	0.80	1.41	1.69	1.75	1.59	1.41	1.32
ECMWF	-	-	1.6	1.7	1.4	1.3	-
ICENtmp	0.72						

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

Modelo	Inicio	Extremo	Final	Magnitud
CFS2	abr-15	may-15	No disponible	Débil
CMC1	abr-15	jul-15	No disponible	Moderado
CMC2	abr-15	jul/ago-15	No disponible	Moderado
GFDL	abr-15	jul-15	No disponible	Moderado
NASA	abr-15	jul-15	No disponible	Fuerte
NCAR	-	-	-	-
GFDL_FLOR	abr-15	jul-15	No disponible	Fuerte
NCAR_CCSM4	abr-15	jul-15	No disponible	Fuerte
NMME (prom)	abr-15	jul-15	No disponible	Moderado
ECMWF	-	jul-15	-	Moderado
OBSERVADO	-	-	-	

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

Conclusiones

1. El ICEN para marzo 2015 fue de 0.18 (neutral) y el **ICENtmp** para **abril 2015** fue de 0.72, correspondiente a condiciones **cálidas débiles**.
2. Para el **mes de mayo de 2015**, los pronósticos del ICEN (ATSM en la zona Niño 1+2 en el Pacífico oriental) por los modelos numéricos de las agencias internacionales, con condiciones iniciales del mes de abril, indican condiciones **cálidas principalmente moderadas**. Para junio 2015, los pronósticos indican condiciones cálidas entre moderadas (3/8 modelos) y fuertes (4/8).
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, con condiciones iniciales del mes de abril, continúan indicando una tendencia hacia condiciones **cálidas entre débiles y moderadas**.
4. La mayoría de modelos evaluados indican que El Niño costero tendría un **máximo en julio**, con magnitudes **entre moderado y fuerte**. Todos los modelos indican que este evento se mantendría al menos hasta octubre con magnitud moderada.
5. Los pronósticos de largo plazo (hasta enero) iniciados en mayo tienen una performance razonable para esta región, aunque no tanto como en el Pacífico central. El único modelo actualizado con condiciones iniciales de mayo es el CFS2, el cual indica condiciones cálidas hacia diciembre. Los diferentes miembros del "ensemble" indican magnitudes principalmente entre moderado (31%) y fuerte (38%), aunque también incluye condiciones débiles (13%) y extraordinarias (16%). Debe notarse, sin embargo, este modelo sobreestimó fuertemente el calentamiento en esta región durante El Niño del Pacífico central de 2009-2010.
6. Para el **Pacífico central (Niño 3.4)**, siete de los ocho modelos inicializados en abril analizados coinciden en que las condiciones El Niño en esta región continuarían y aumentarían su magnitud hacia noviembre al menos, llegando a alcanzar magnitudes entre **moderadas a fuertes**.
7. Los productos observacionales a lo largo de la línea ecuatorial y el modelo lineal indican que: a) la onda Kelvin cálida débil generada entre enero y febrero habría continuado su arribo a la costa durante abril, y que b) la **onda Kelvin cálida generada a inicios de marzo, estaría arribando a partir de finales de abril, con su máxima amplitud en mayo**. Según el modelo, *su magnitud sería similar a la de la onda formada a inicios de marzo del 2014*.
8. Durante el mes de abril se observaron anomalías persistentes pero débiles del oeste en el Pacífico ecuatorial occidental. Las anomalías cálidas en el Pacífico ecuatorial central han continuado su tendencia positiva, lo cual ha estado asociado actividad convectiva ecuatorial alrededor de la línea de cambio de fecha. Lo anterior es favorable a la continuación de anomalías de vientos del oeste, lo que puede 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., 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/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

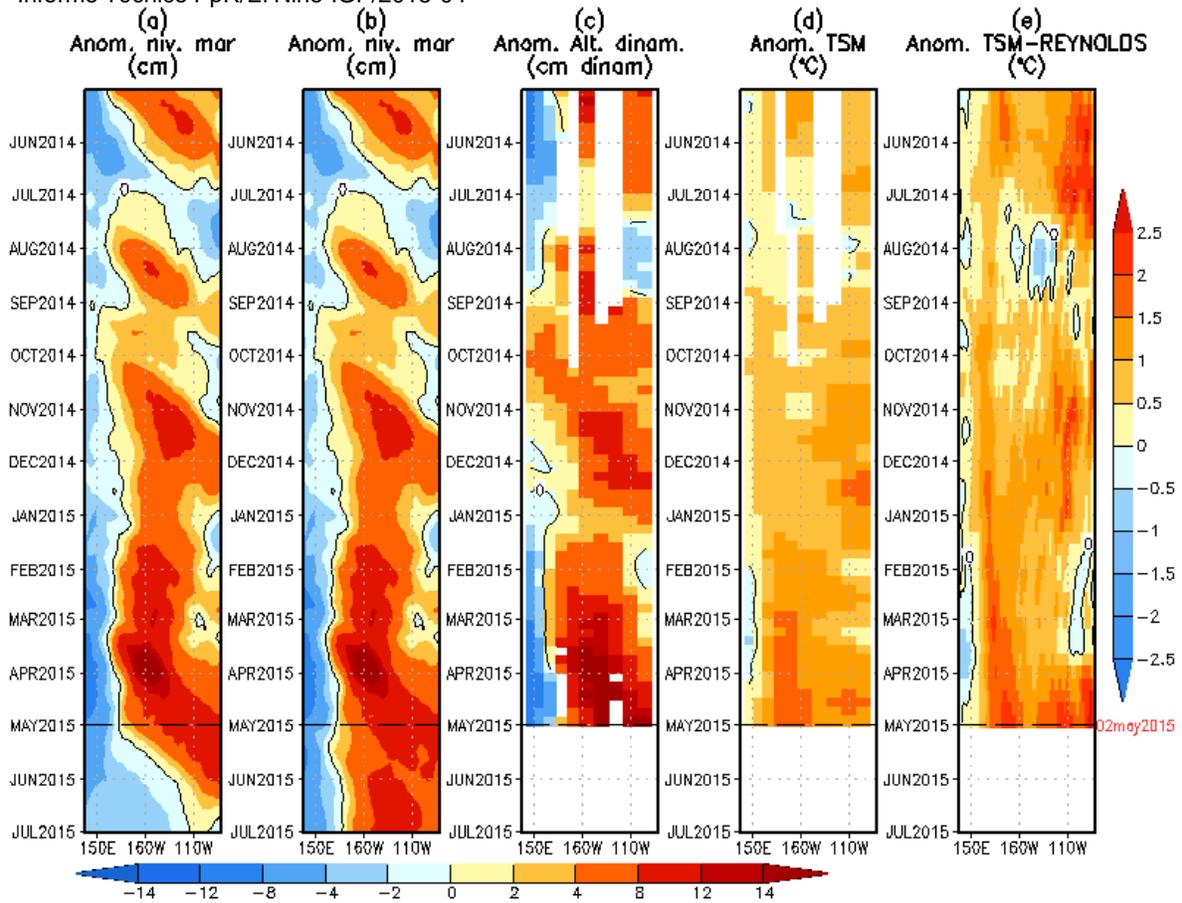


Figura 1. Anomalías (a y b) del nivel medio del mar simulado con LOM1 (termoclina uniforme), (c) de la altura dinámica (TAO), (d) y (e) de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente, en la región ecuatorial (2°S y 2°N). En (a) y (b) la línea cortada en color negro,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

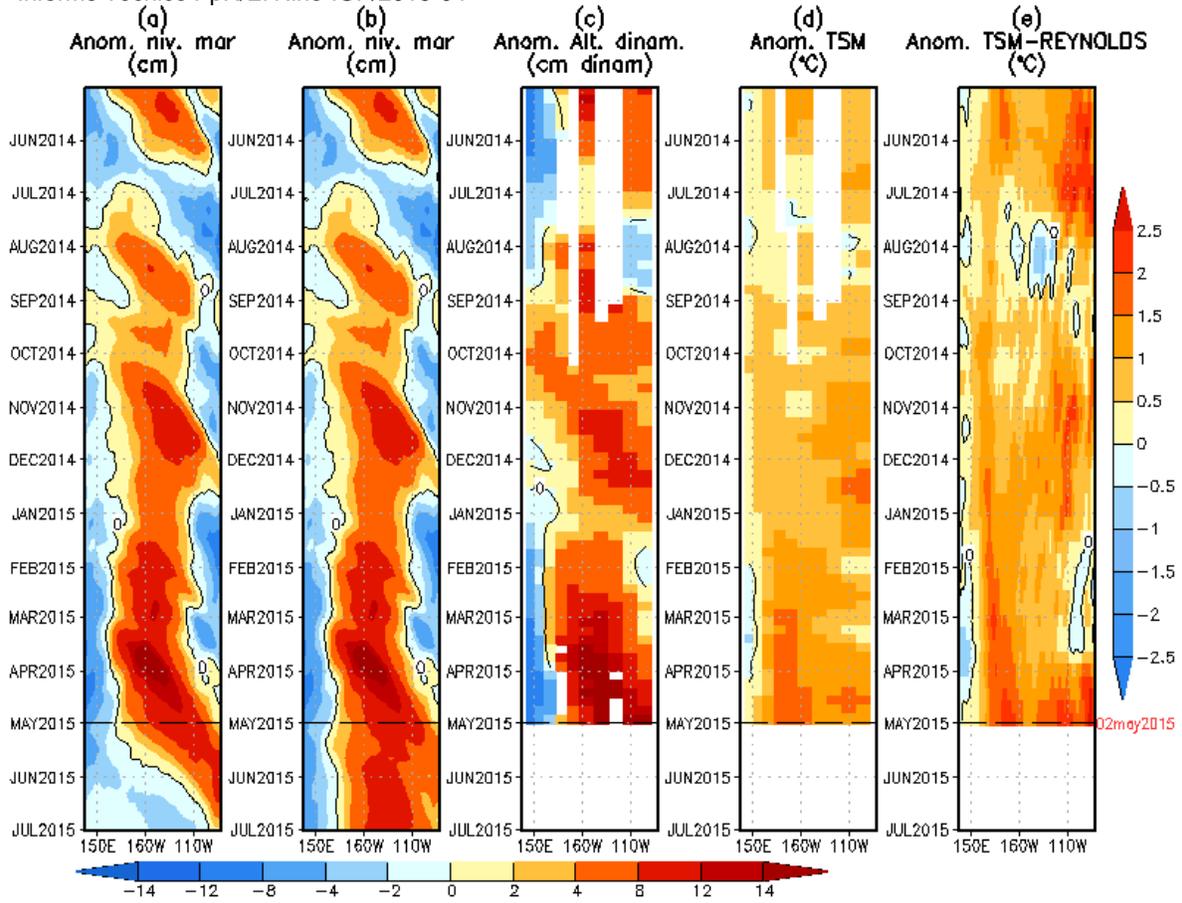


Figura 2. Similar a la Fig. 1 pero para LOM2 (termoclina variable).

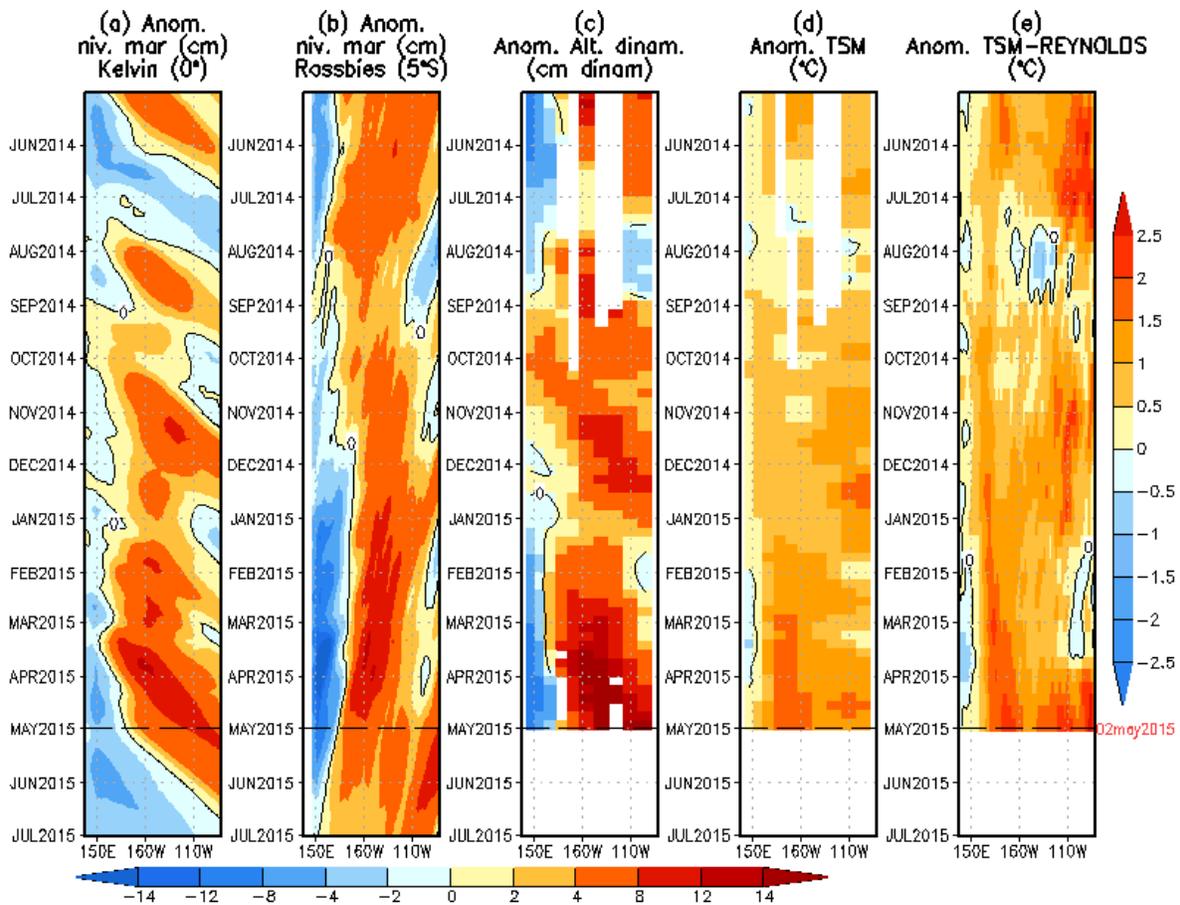


Figura 3. (a) Contribución de la Onda Kelvin al nivel del mar y (b) Contribución de la onda Rossby al nivel del mar en 5°N obtenida de LOM1a. (c) anomalía de la altura dinámica (TAO), (d) y (e) anomalía de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente en la región ecuatorial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

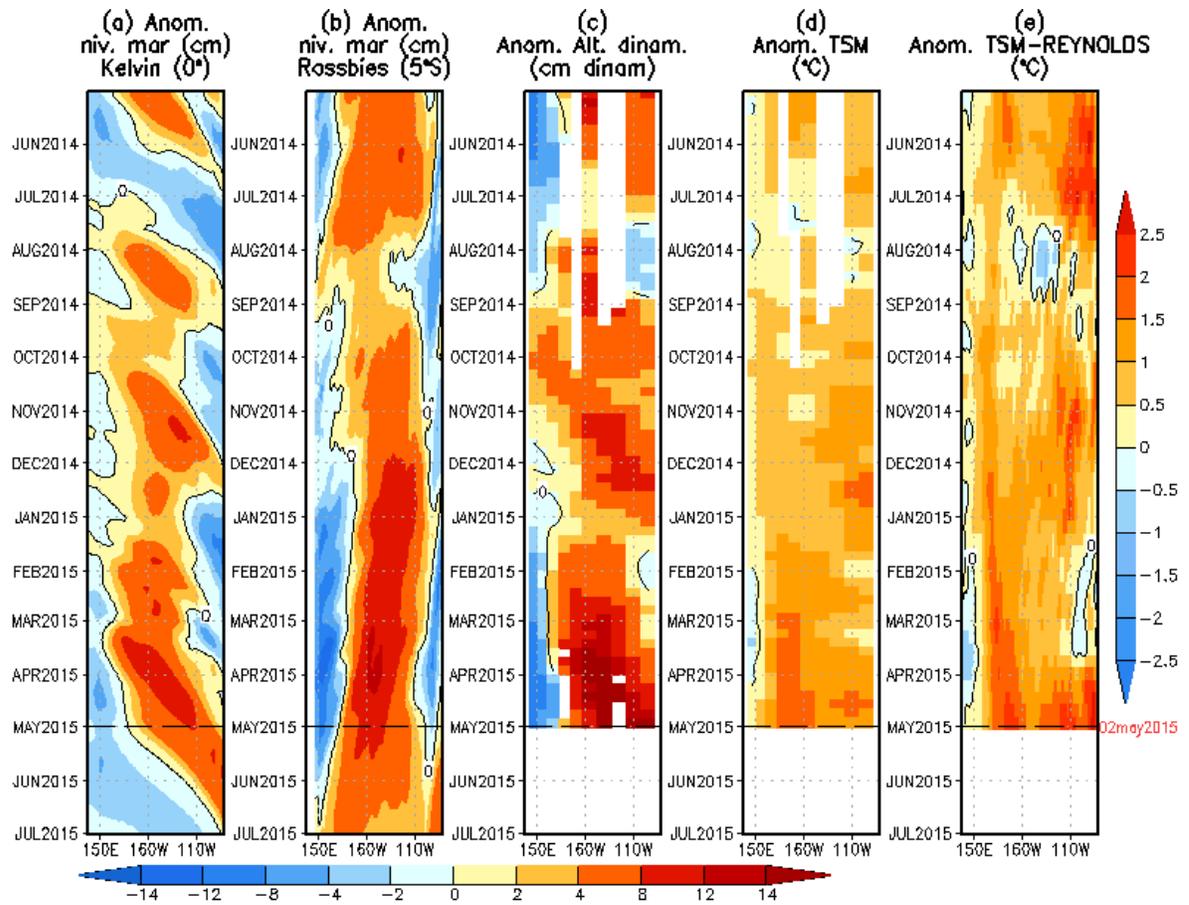


Figura 4. (a) Igual que la Figura 3, pero para LOM2a.

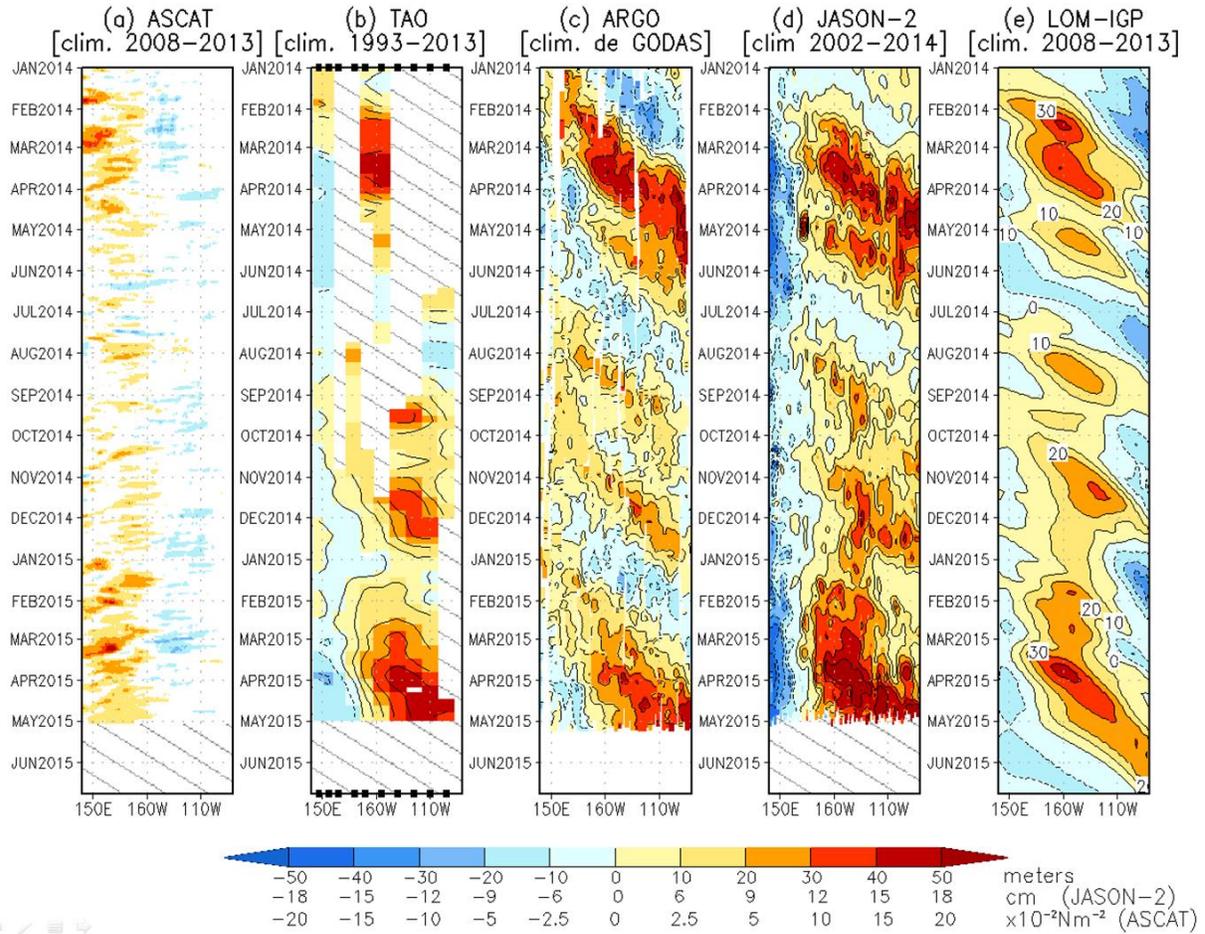


Figura 5. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra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

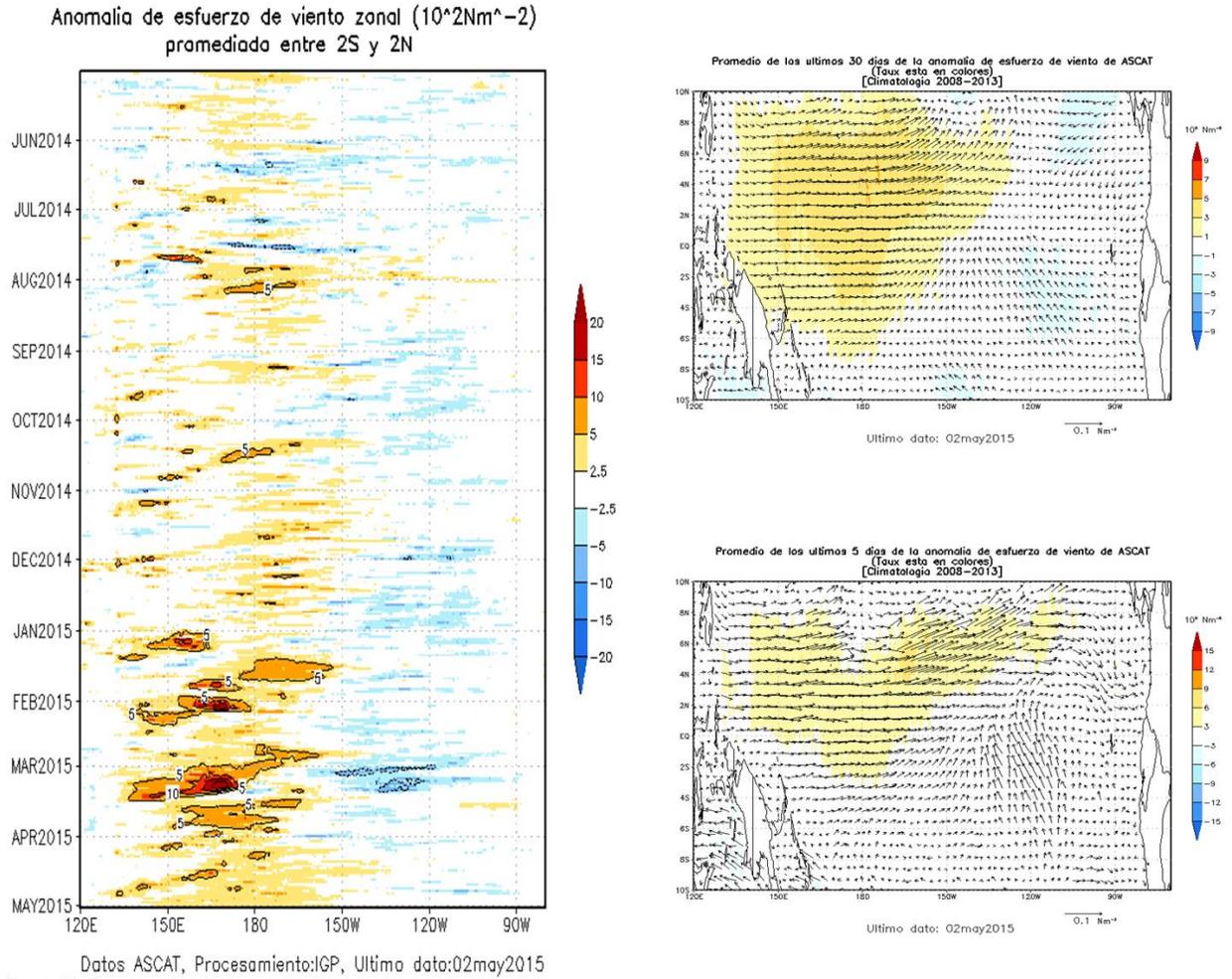


Figura 6. Izquierda: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT. Derecha (superior): Mapa del promedio de 30 días. Derecha (inferior): Mapa del promedio de 5 días, hasta el 02 de mayo del 2015, incluyendo los vectores de esfuerzo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

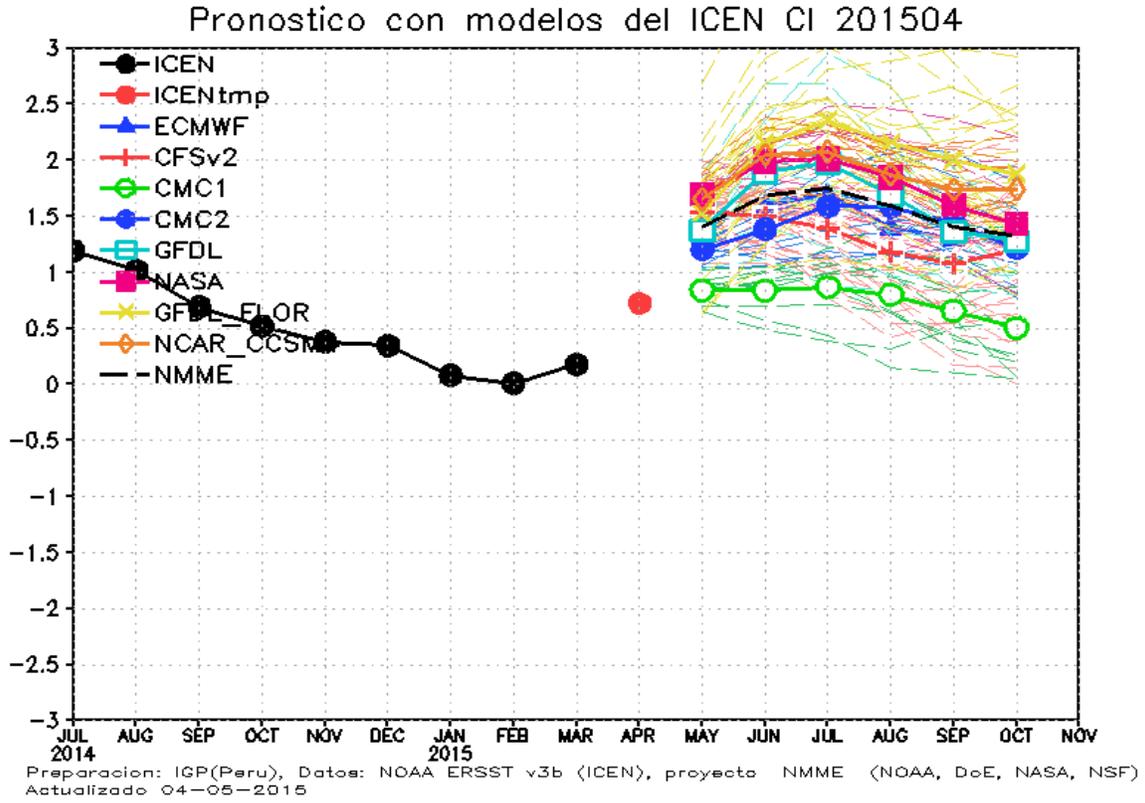


Figura 7. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y sus valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden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

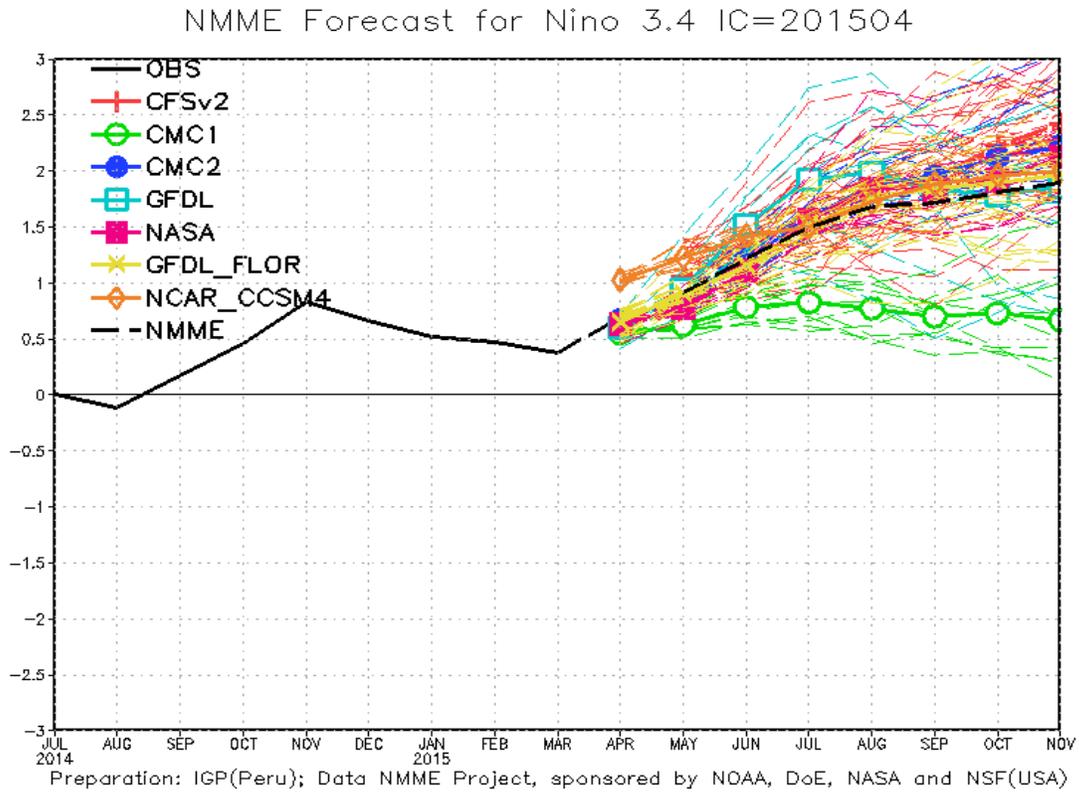


Figura 8. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

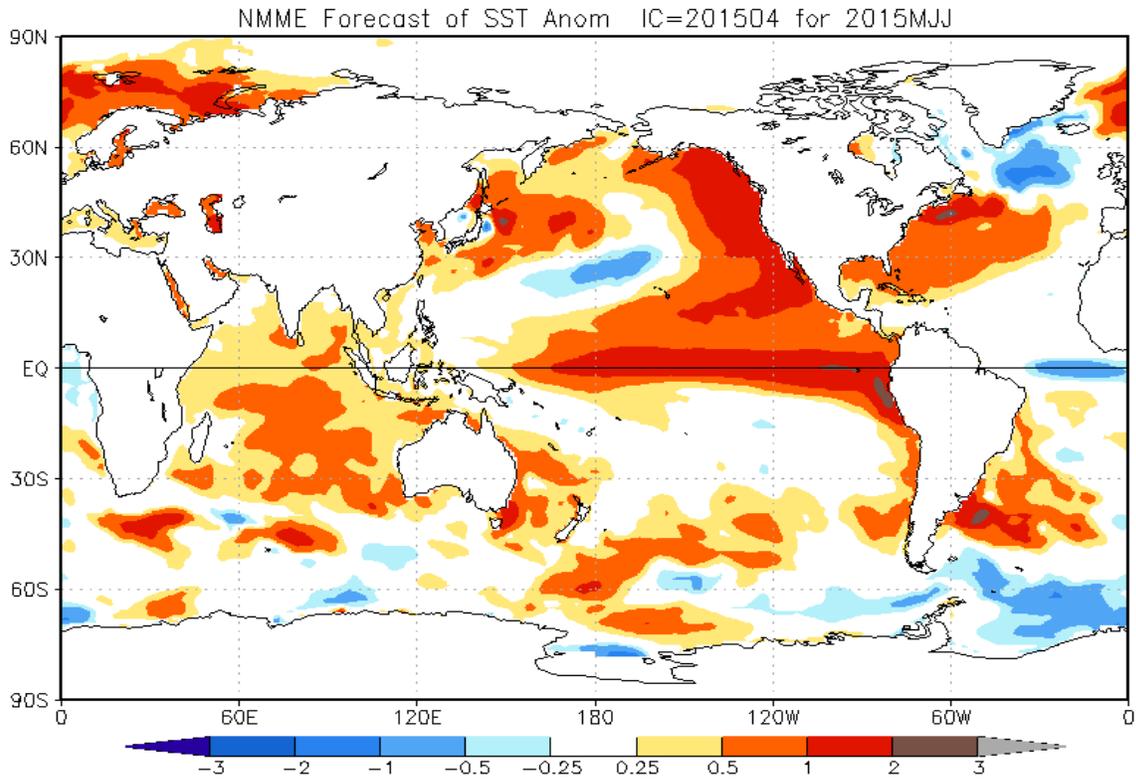


Figura 9. Pronóstico de la anomalía de temperatura superficial del mar promediada sobre los modelos del proyecto NMME (NCEP CFS2, CanCM3 CMC1 y 2, GFDL CM2.2, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 para el trimestre mayo-julio de 2015 con condiciones iniciales de abril de 2015. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

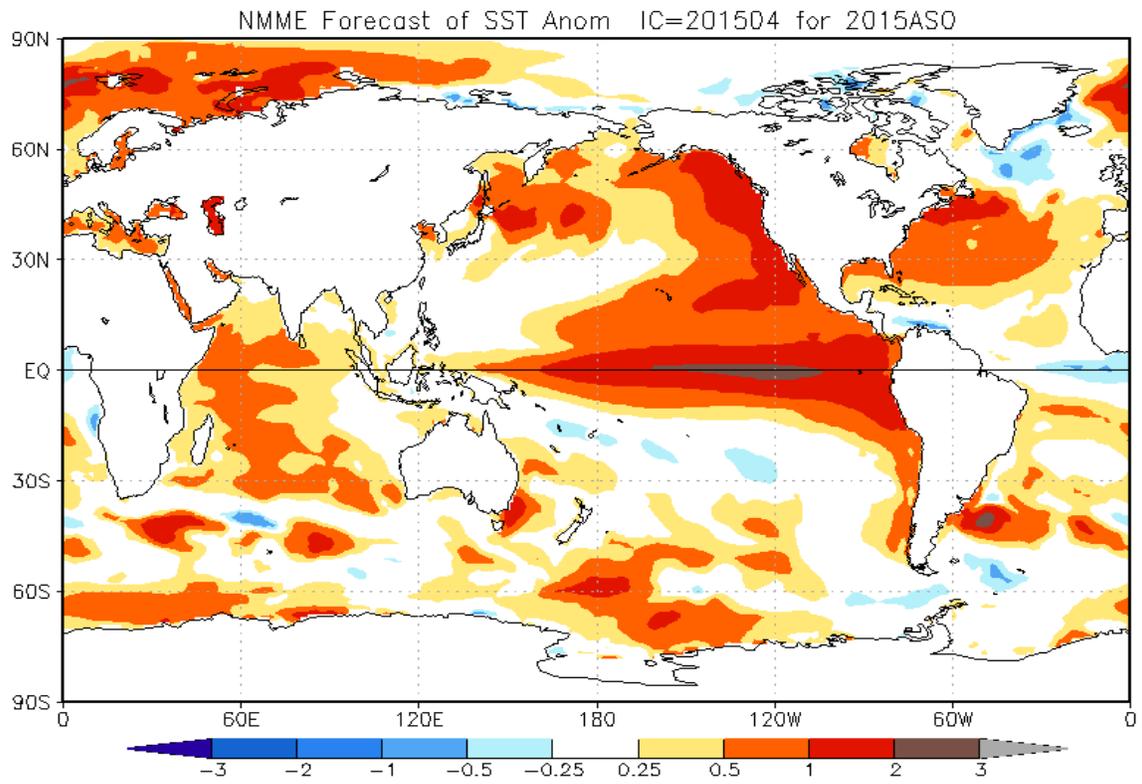


Figura 10. Similar a la Fig.9, pero para el trimestre agosto–octubre de 2015.

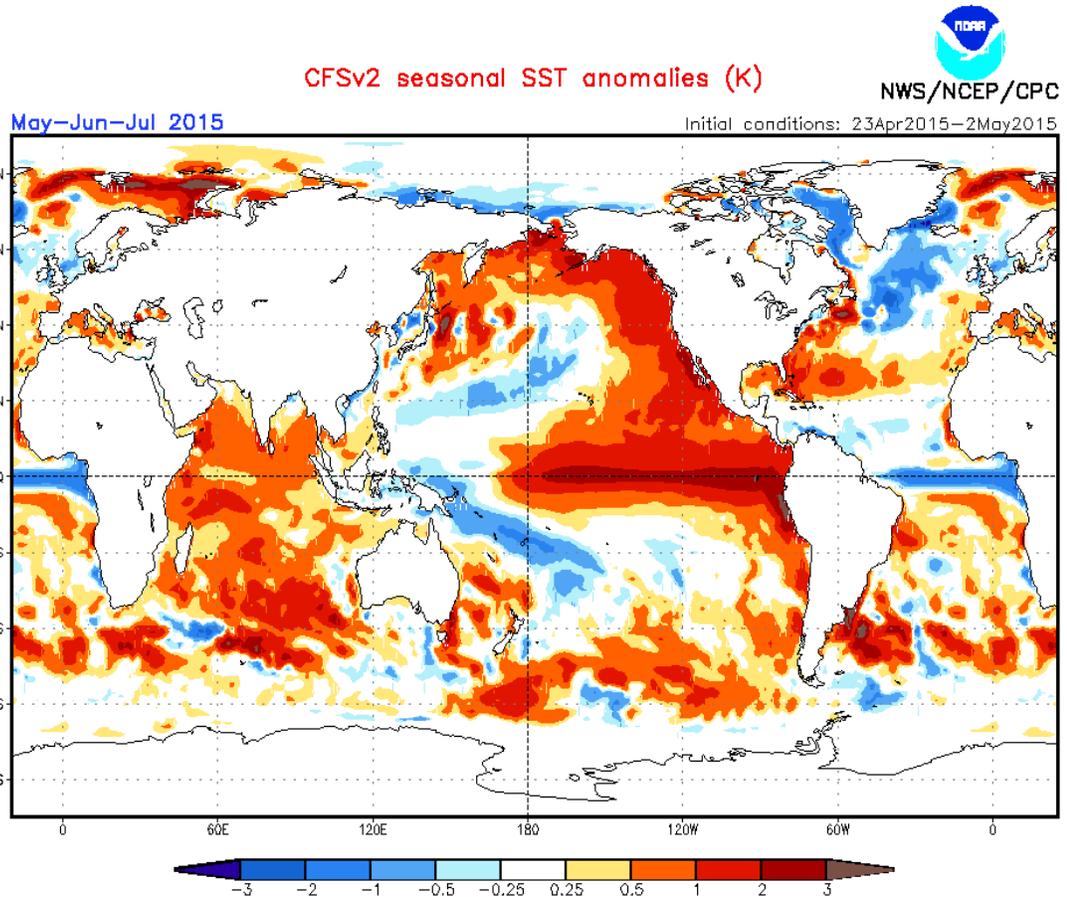


Figura 11. Pronósticos numérico de anomalía de TSM para el periodo mayo-julio 2015 por el modelo CFSv2 con condiciones iniciales entre el 23 de abril hasta el 2 de mayo de 2015. (Fuente: NOAA).