

**PP 068 "Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencia por Desastres" Producto:
"Estudios para la estimación de los riesgos de desastres"**

Actividad: "Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño"

Instituto Geofísico del Perú

**INFORME TÉCNICO N° PpR/EI Niño-IGP/2016-03
05/04/2016**

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 definitiva. La presente información podrá ser utilizada bajo su propia responsabilidad.

Resumen

Según el valor del Índice Costero El Niño (ICEN), las condiciones climáticas de la costa peruana para el mes de febrero fueron cálidas moderadas (1.49°C), manteniéndose la presencia de El Niño Costero, el cual alcanzó, en toda su evolución, la magnitud Fuerte. Para el caso particular del verano (diciembre 2015-marzo 206) la magnitud de El Niño sería Moderada. Los valores temporales del ICEN (ICENTmp), 1 y 2, indican que para los meses de marzo y abril las condiciones serán, Cálida Moderadas y Cálidas Débiles, respectivamente. El pronóstico de la temperatura superficial del mar de los modelos numéricos internacionales para la región del Pacífico oriental, con condiciones iniciales del mes de marzo, indican en su mayoría declinación del evento Niño con condiciones, en promedio, cálidas débiles para el mes de abril, mientras que para mayo mostraría condiciones neutras. Estos mismos resultados numéricos predicen que para el Pacífico central las condiciones serían Cálidas Moderadas y Cálidas Débiles para esos meses.

Continúa observándose la propagación de onda Kelvin fría en la profundidad de la termoclina. Los datos de ARGO sugieren que esta onda ya estaría empezando su arribo a la costa sudamericana. Por otro lado, la ocurrencia de un ligero pulso de viento del oeste ecuatorial en el Pacífico oriental (130°W-110°W), así como la presencia de una onda Kelvin cálida débil, podrían haber reducido la magnitud de esta onda, como parece indicar los datos de TAO y ARGO en 95°W. La onda Kelvin fría podría iniciar el proceso de normalización de la temperatura en nuestra costa en el transcurso de este mes.

Introducción

Empezando el año 2016, 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 "Estudios para la estimación de los riesgos de desastres", en el cual el IGP contribuye con la actividad denominada "Generación de información y monitoreo 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 marzo de 2016 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 2016. Los valores se muestran en la Tabla 1.

Año	Mes	ICEN (°C)	Condiciones costeras del Mes
2015	Noviembre	2.18	Cálida Fuerte
2015	Diciembre	2.07	Cálida Fuerte
2016	Enero	1.77	Cálida Fuerte
2016	Febrero	1.49	Cálida Moderada

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

Según el valor del ICEN para el mes de febrero, se establece que continúa la presencia de El Niño costero de magnitud fuerte, el cual se inició en abril de 2015.

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
2016	Marzo	1.14	Cálida Moderada	2016/02-03: ERSST; 2016/04: NMME
2016	Abril	0.78	Cálida Débil	2016/03: ERSST; 2016/04-05: NMME

Tabla 2. Estimados preliminares del ICEN (ICENtmp)

Según estos valores del ICENtmp, se estima que en marzo y abril de 2016 las condiciones serían CÁLIDAS MODERADAS y CÁLIDAS DÉBILES respectivamente. El ICENtmp de marzo será confirmado cuando se disponga del valor de ERSST para el mes de abril de 2016. Si se cumple que el ICEN de marzo es moderado o débil, la magnitud de El Niño costero en el verano (diciembre 2015-marzo 2016) sería moderada.

Diagnóstico del Pacífico Ecuatorial

En el Océano Pacífico Ecuatorial se continúa observando las condiciones del fenómeno El Niño 2015-16. Aún persiste el acoplamiento océano-atmósfera en el Pacífico central, aunque inferior al mes anterior (Figura 1). Las ATSM en la región Niño 3.4 son tenuemente superiores, en promedio, a las de 1998 y 1983 (ver Figura 7a). En la región Niño 1+2 la ATSM es inferior a lo observado en 1998 y 1983, similar a la de 1992, y superior a las condiciones de 1973 (Figura 7b). Las anomalías de viento del oeste en el Pacífico central (160°E-160°W; 5°S-5°N) son inferiores a las de los años 83 y 98 (Figura 3). La convección en el Pacífico central-oriental sigue activa pero, declinó durante el mes de marzo, y no alcanza los valores de 1993 y 1998 (Figura 2). La termoclina en el Pacífico oriental, en el punto 110°W, mostró anomalías negativas desde la quincena de marzo debido al paso de la onda Kelvin fría (Figura 5). La termoclina en 95°W, presentó un pequeño aumento en las anomalías positivas, probablemente debido a un ligero pulso de viento del oeste ecuatorial en el Pacífico oriental, sin embargo estas anomalías se encuentran próximas a la climatología (Figura 6). Por otro lado, la descarga de calor ecuatorial continúa y la anomalía de la inclinación de la termoclina ha mostrado una reducción, consistente con el desplazamiento al sur de las anomalías de viento del oeste. (Figura 4).

Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

Los productos de TAO (Figura 12b) y ARGO (Figura 12c) muestran la presencia una onda Kelvin fría en el extremo Occidental y Central en la profundidad de la termoclina, aunque estas mismas fuentes sugieren que en la región Oriental (aproximadamente en 100°W) habría una aparente atenuación. En los datos de JASON (Figura 12d) y en las simulaciones del modelo lineal (Figura 12e) no se aprecia claramente el desarrollo de la onda Kelvin fría sino que sugieren una onda Kelvin cálida débil, la cual podría haberse formado como consecuencia de las anomalías de viento débiles del oeste que se dieron en el Pacífico occidental a fines de febrero e inicios de marzo, la cual debe arribar en las siguientes semanas.

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para el mes de abril los pronósticos inicializados en marzo de la anomalía de TSM en el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), de los 7 modelos disponibles, 1 indica condiciones cálidas moderadas, 5 cálidas débiles y 1 neutras. Para el mes de mayo, de los 8 modelos, 4 indican condiciones cálidas débiles y 4 condiciones neutras. Para junio, 1 indica condiciones cálidas débiles y 7 condiciones neutras (Ver Tabla 3 y Figura 14). Por otro lado, en el Pacífico central (Niño 3.4) los modelos indican que las condiciones en promedio para los meses de abril y mayo serían cálidas moderadas y débiles respectivamente (Figura 15); las condiciones para el trimestre abril-junio serían cálidas débiles y para julio-setiembre 2016 serían condiciones frías (Ver figuras 16 y 17).

Modelo	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO
CFS2	1.08	0.45	0.21	-0.14	-0.32	-0.31	-0.15
CMC1	1.13	0.91	0.64	0.06	-0.53	-0.79	-0.71
CMC2	1.20	1.08	0.93	0.56	0.16	-0.05	-0.08
GFDL	0.97	0.66	0.36	-0.07	-0.32	-0.31	-0.10
NASA	0.96	0.46	-0.15	-0.53	-0.53	-0.22	0.08
GFDL_FLOR	0.93	0.31	-0.29	-0.83	-1.01	-0.94	-0.79
NCAR_CCSM4	1.15	0.82	0.57	0.35	0.33	0.37	0.41
NMME	1.06	0.67	0.32	-0.09	-0.32	-0.32	-0.19
ECMWF			0.6	0.1	-0.2	-0.1	
ICENtmp	1.14						

Tabla 3. Pronósticos del ICEN con diferentes modelos climáticos con condiciones iniciales de marzo de 2016

Conclusiones:

1. El ICEN para febrero de 2016 fue de 1.49 (Cálida moderada). Asimismo, el ICENtmp para marzo de 2016 es 1.14 (Cálida Moderada) y de abril de 2016 es de 0.78 (Cálida Débil). De confirmarse estos datos, El Niño costero habría alcanzado una magnitud «moderada» este verano.
2. Continúa observándose la propagación de onda Kelvin fría en la profundidad de la termoclina. Los datos de ARGO sugieren que esta onda ya estaría empezando su arribo a la costa sudamericana. Por otro lado, la ocurrencia de un ligero pulso de viento del oeste ecuatorial en el Pacífico oriental (130°W-110°W) y de una onda Kelvin cálida débil, podría haber reducido la magnitud de esta onda, como parece indicar los datos de TAO y ARGO en 95°W. La onda Kelvin fría podría iniciar el proceso de normalización de la temperatura en nuestra costa en el transcurso de abril.
3. Para el Pacífico oriental (Niño 1+2), 5 de 7 modelos inicializados en marzo indican que el mes de abril presentaría condiciones cálidas débiles (los otros dos modelos indican condiciones fuertes y condición neutra). Según los modelos, El Niño costero se podría extender hasta entre abril (4 de 7 modelos) y mayo (2 de 7 modelos). Para el invierno, varios modelos proyectan valores negativos del ICEN, aunque correspondientes a condiciones neutras. Por otro lado, las últimas corridas del modelo CFSv2 indican condiciones más frías que las anteriores.
4. Para el Pacífico central (Niño 3.4), todos los modelos que han sido considerados, y que fueron inicializados en marzo, indican que El Niño continuaría su declinación y presentaría condiciones moderadas en promedio para abril. Para julio 2016 en adelante, la mayoría de modelos predicen condiciones neutras a frías, aunque algunos mantienen las condiciones cálidas.
5. Se recuerda que en general los pronósticos de los modelos globales inicializados en estos meses son bastante inciertos por corresponder este periodo a la barrera de predictibilidad. A partir de mayo estos pronósticos serán más confiables.
6. Por otro lado, en general, la descarga de calor ecuatorial continúa, y la anomalía de la inclinación de la termoclina ha mostrado una reducción, consistente con el desplazamiento al sur de las anomalías de viento del oeste. En el Pacífico oriental, la convección se ha reducido aunque continua anómalamente activa. El breve pulso de viento del oeste en el Pacífico oriental se habría debido a una onda Kelvin atmosférica, pero en general se observa la declinación de las anomalías de vientos del oeste ecuatoriales.

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.
- McPhaden, M. J., 2012: A 21st Century Shift in the Relationship between ENSO SST and Warm Water Volume Anomalies. *Geophys. Res. Lett.*, 39, L09706, doi:10.1029/2012GL051826.
- 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.
- Takahashi, K., y Dewitte, B., Strong and moderate nonlinear El Niño regimes, *Climate Dynamics*, doi:10.1007/s00382-015-2665-3

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, Dr.
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

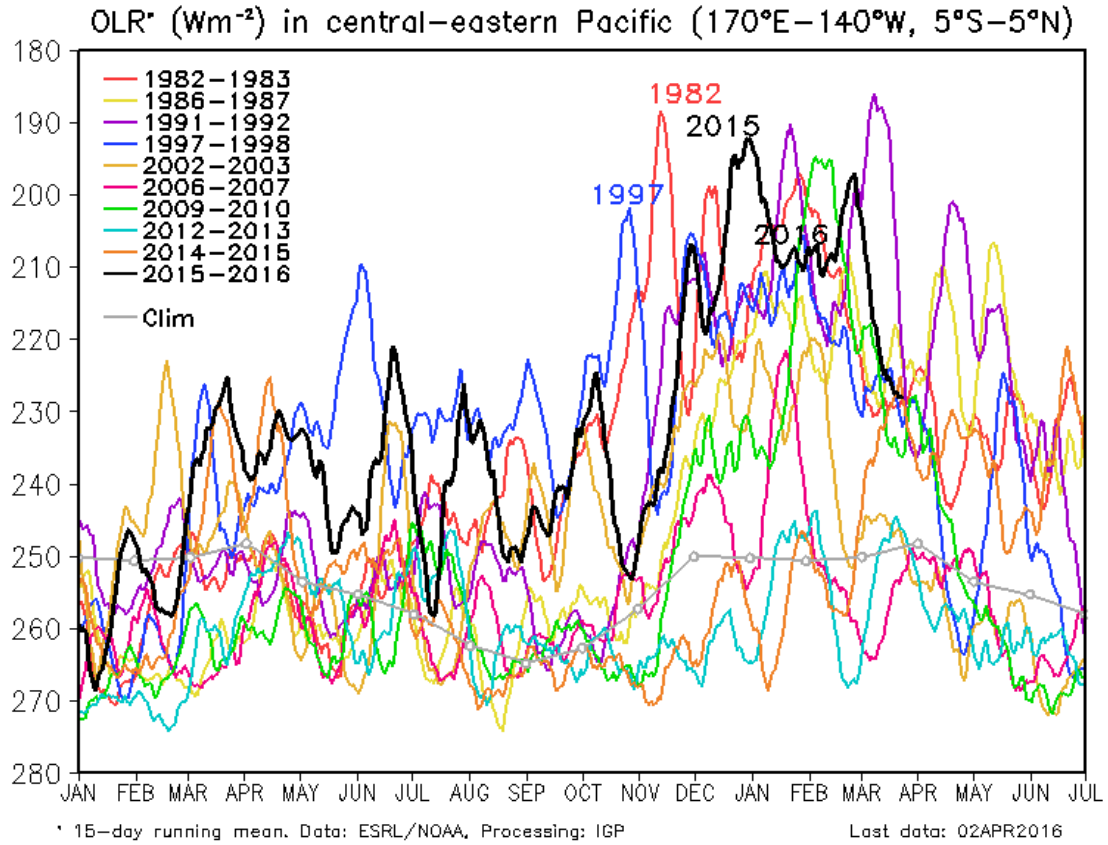


Figura 1. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental ($170^{\circ}-140^{\circ}W$ y $5^{\circ}S-5^{\circ}N$) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración: IGP

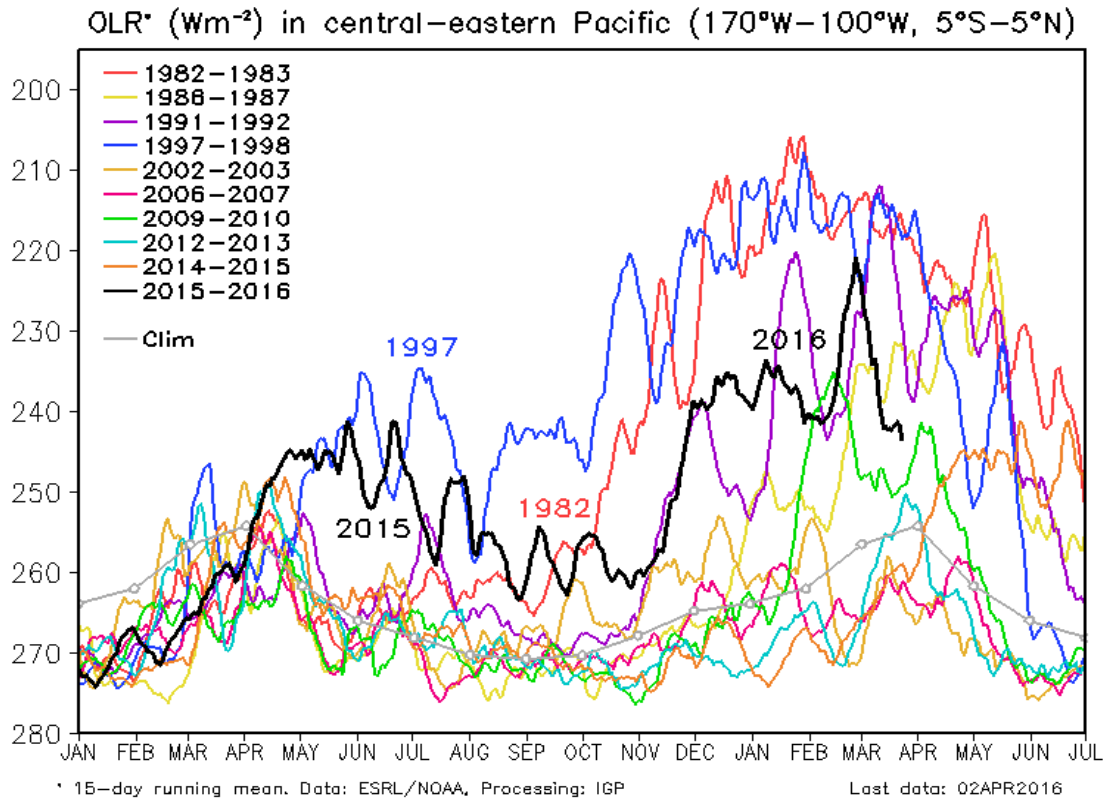


Figura 2. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental ($170^{\circ}-100^{\circ}\text{W}$ y $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración: IGP

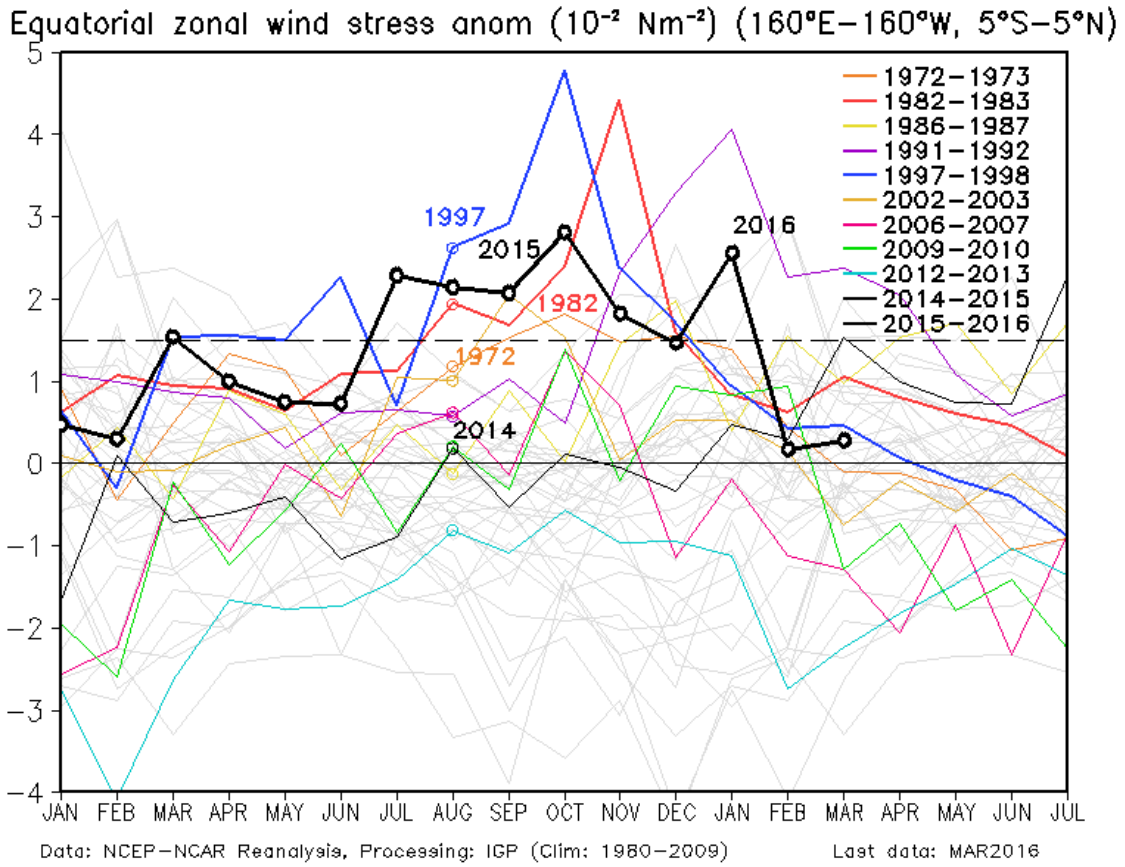


Figura 3. Promedio de la anomalía del esfuerzo de viento zonal en el Pacífico Ecuatorial ($160^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$ y $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) obtenido de los datos del reanálisis de NCEP-NCAR. Elaboración: IGP

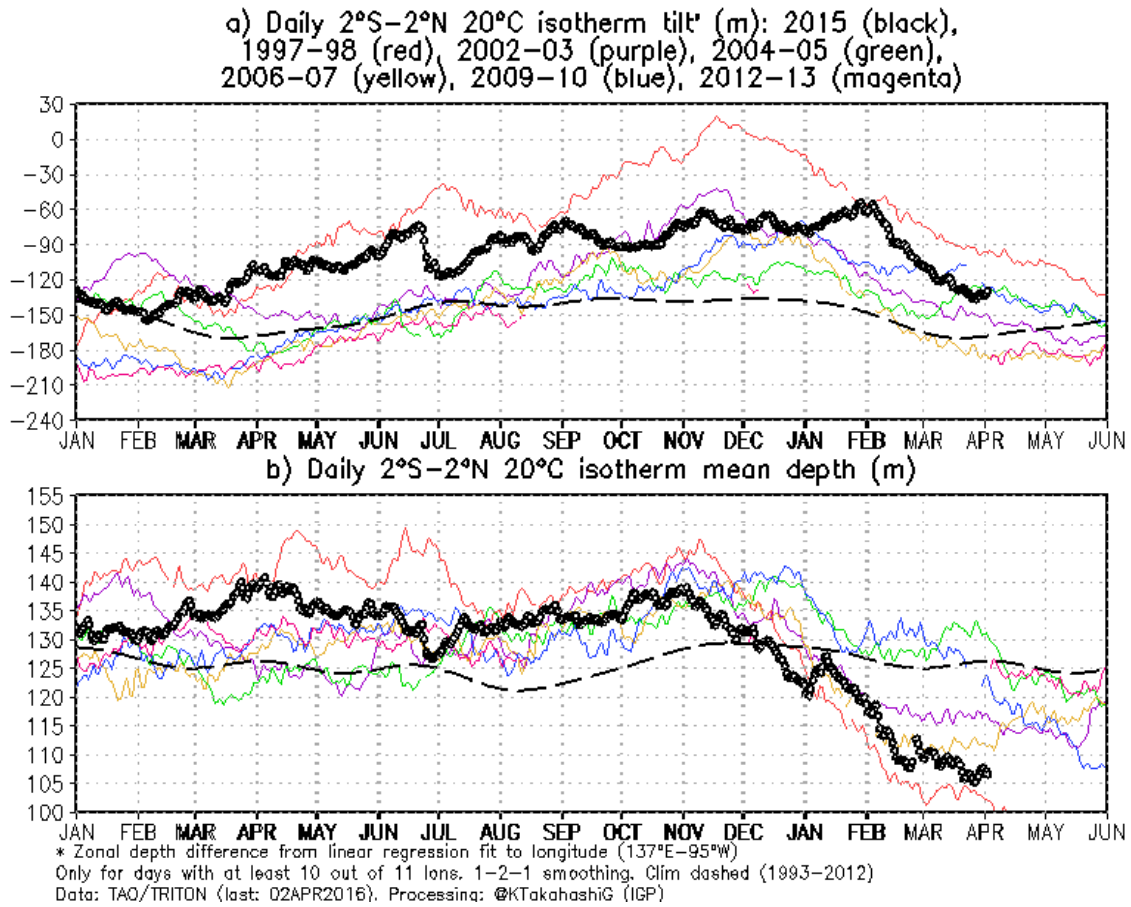


Figura 4 a) Inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. **b)** Contenido de calor en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. Elaboración: IGP

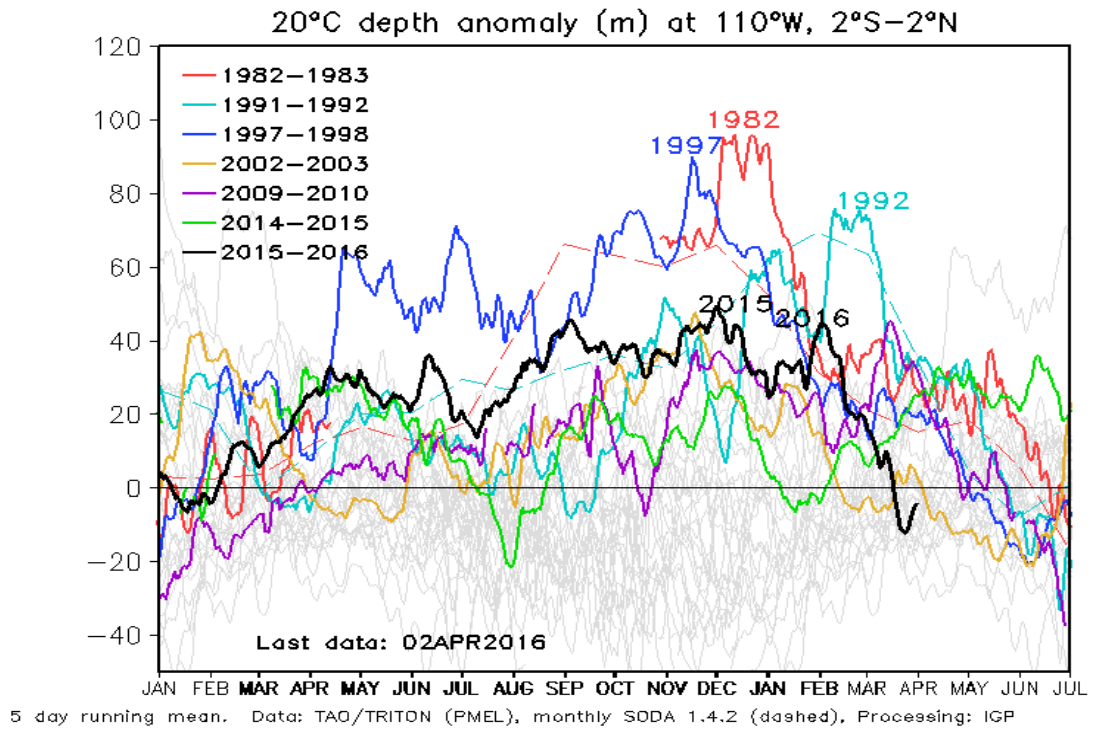


Figura 5. Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C en la zona de 110°W en base a: i) la información de las boyas de TAO en 110°W y entre 2°S y 2°N; y ii) SODA. Elaboración: IGP

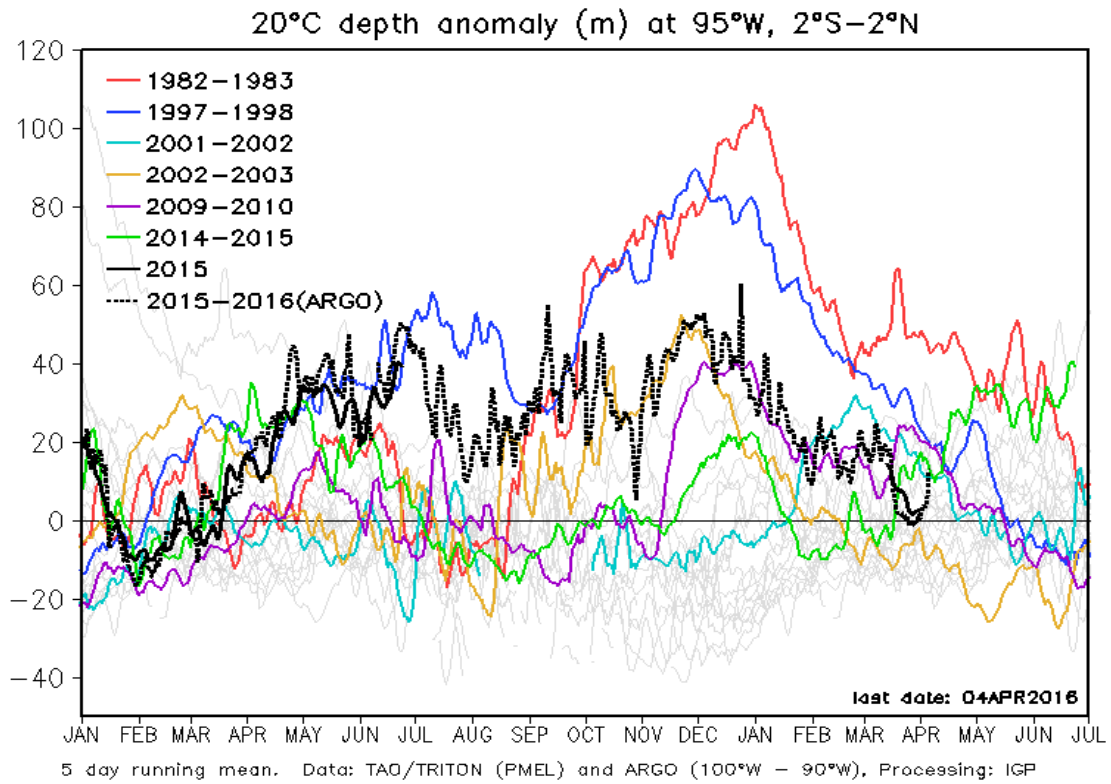


Figura 6. Anomalia de la profundidad de la isoterma de 20°C en la zona de 95°W en base a: i) la información de las boyas de TAO en 95°W y entre 2°S y 2°N; y ii) los flotadores de ARGO entre 100°-90°W y 2°S-2°N. Elaboración: IGP

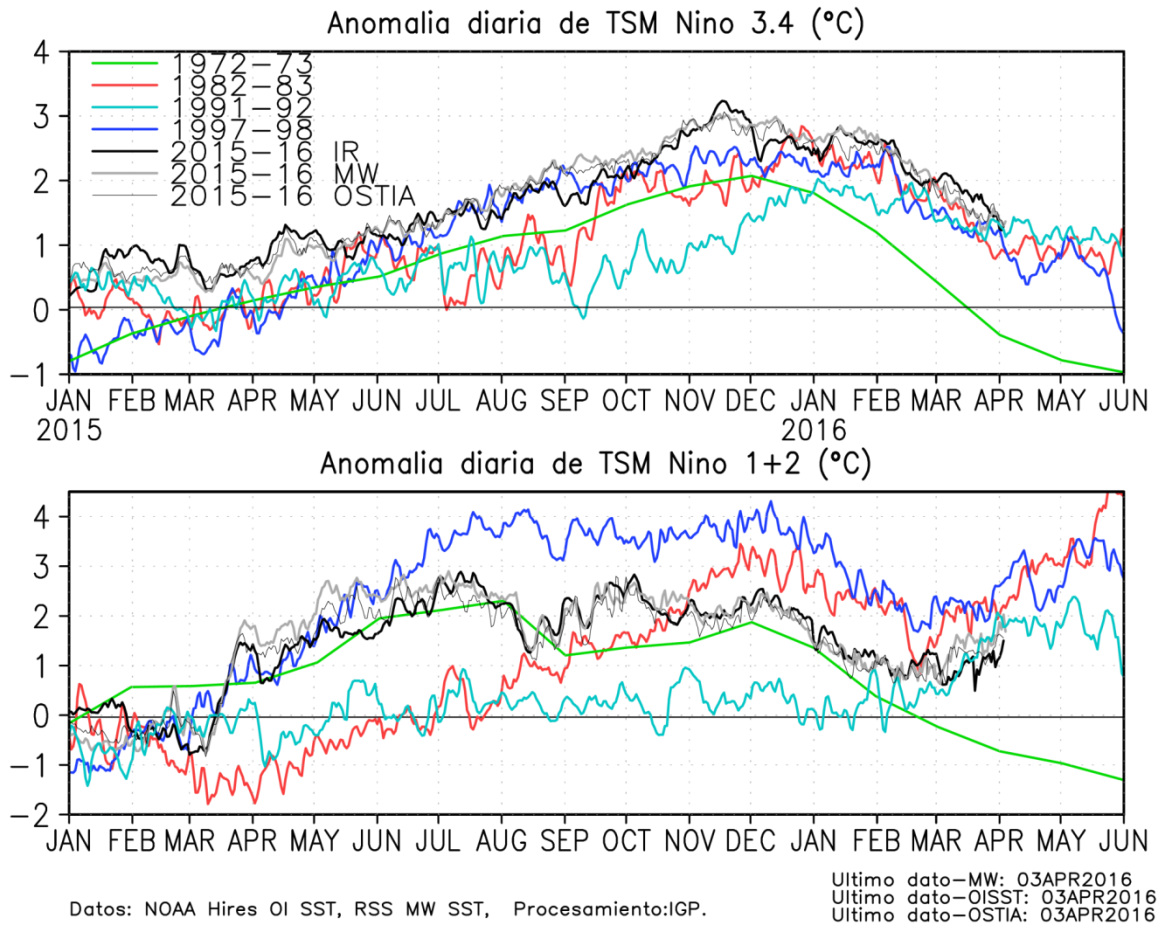


Figura 7. Anomalia de la TSM (MW, OISST y SODA) comparada con las anomalías de TSM de los años 1982 y 1983, la imagen superior es para la región Niño 3.4 y la imagen inferior la para la región Niño 1+2. Elaboración: IGP

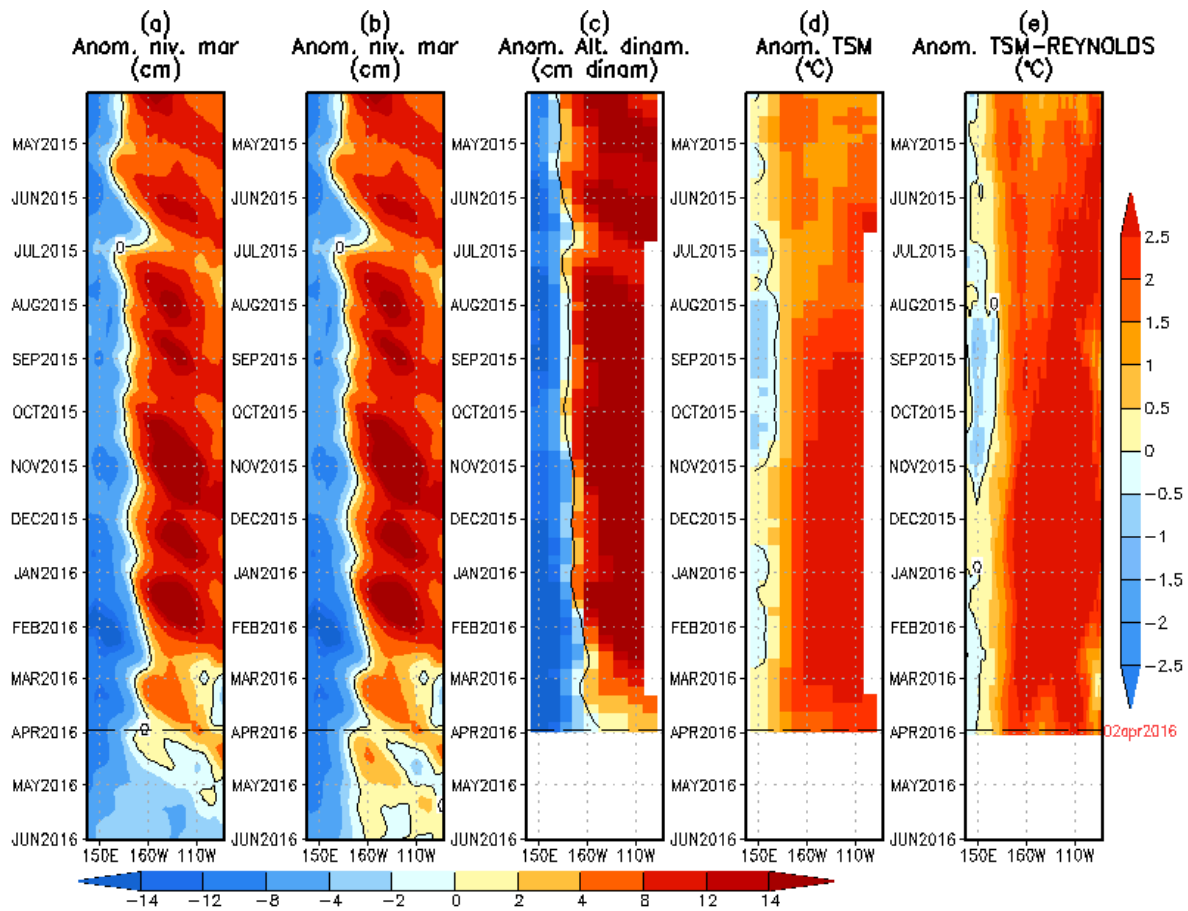


Figura 8. Anomalías (a y b) del nivel medio del mar simulado con LOM1 (termoclina uniforme), (c) de la altura dinámica (TAO), (d) y e) de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente, en la región ecuatorial (2°S y 2°N). En (a) y (b) la línea cortada en color negro, 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).

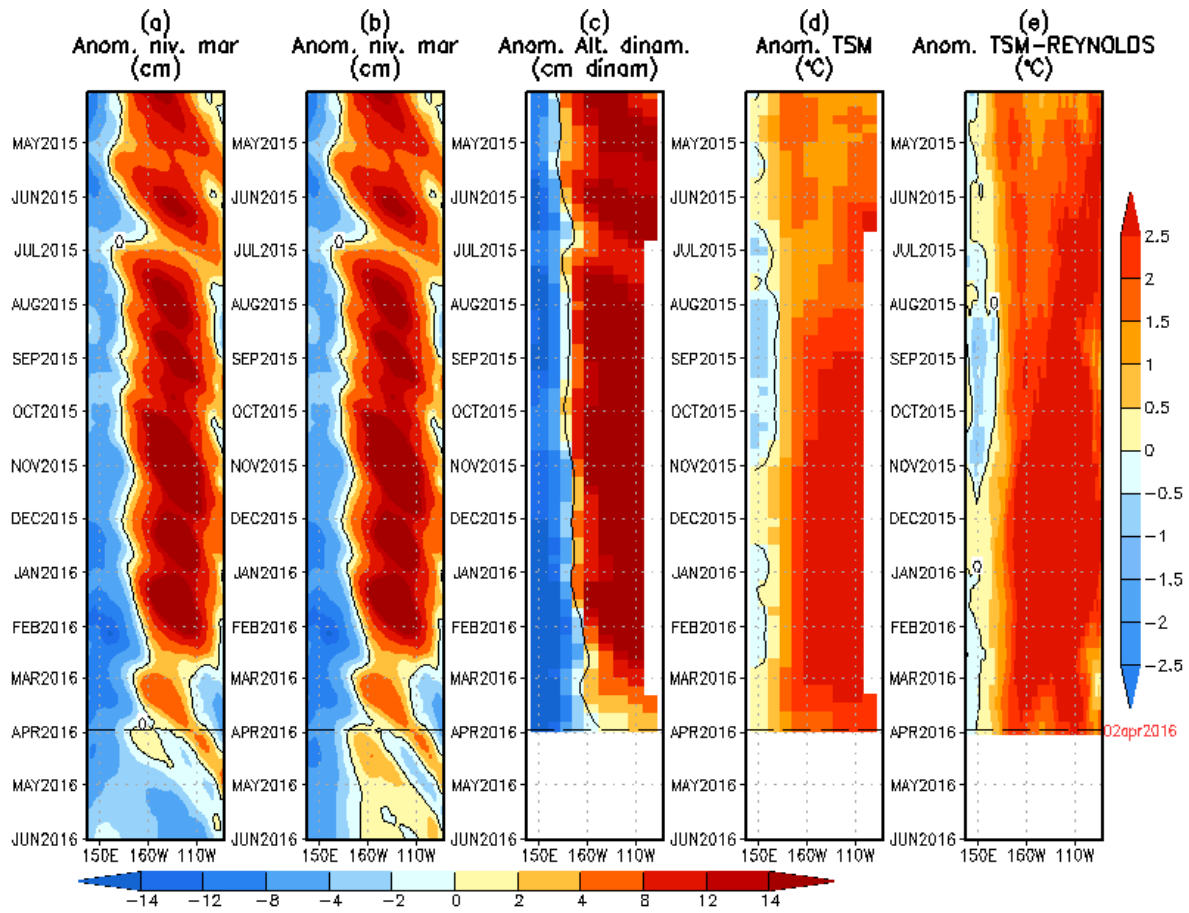


Figura 9. Similar a la Fig. 8 pero para LOM2 (termoclina variable).

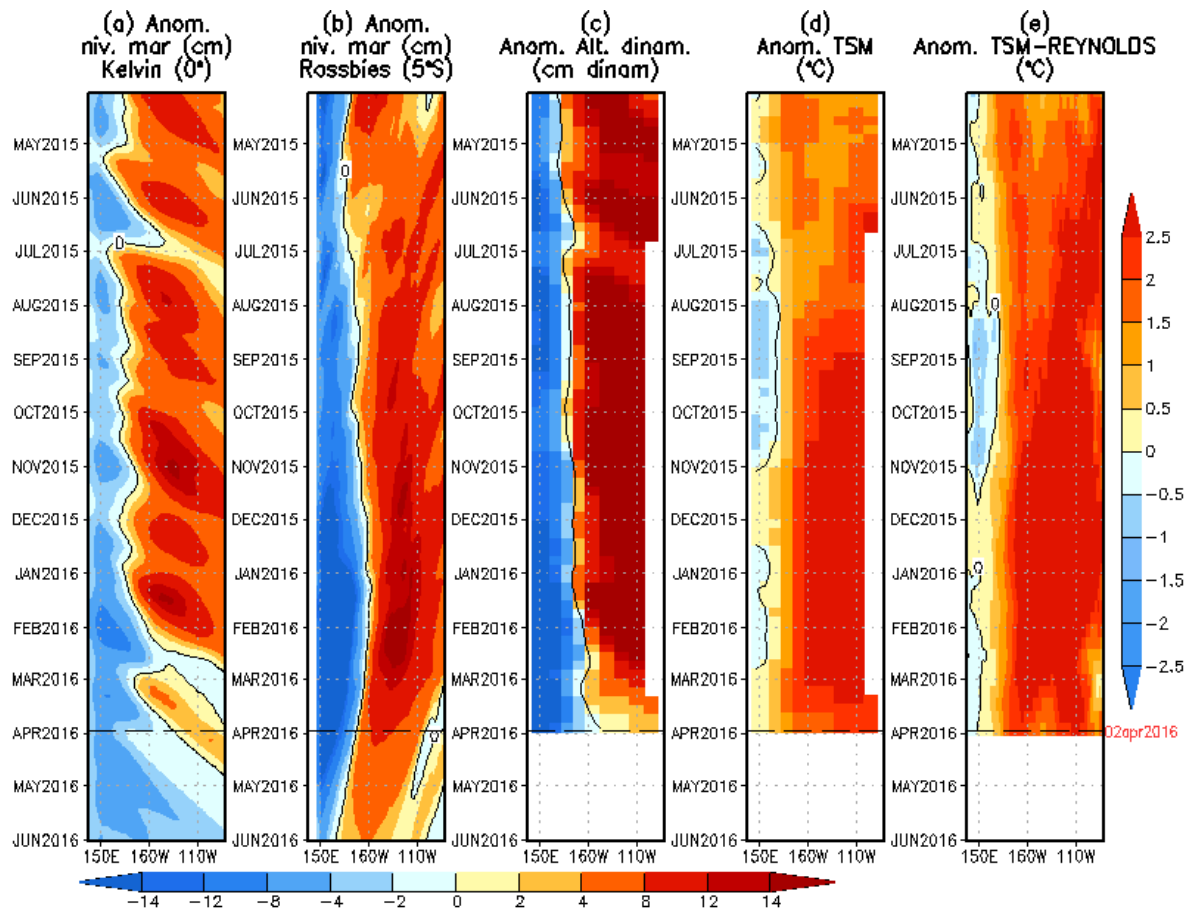


Figura 10. (a) Contribución de la Onda Kelvin al nivel del mar y (b) Contribución de la onda Rossby al nivel del mar en 5°N obtenida de LOM1a. (c) anomalía de la altura dinámica (TAO), (d) y (e) anomalía de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente en la región ecuatorial (Fuente: IGP, ASCAT, climatología: 2008-2013).

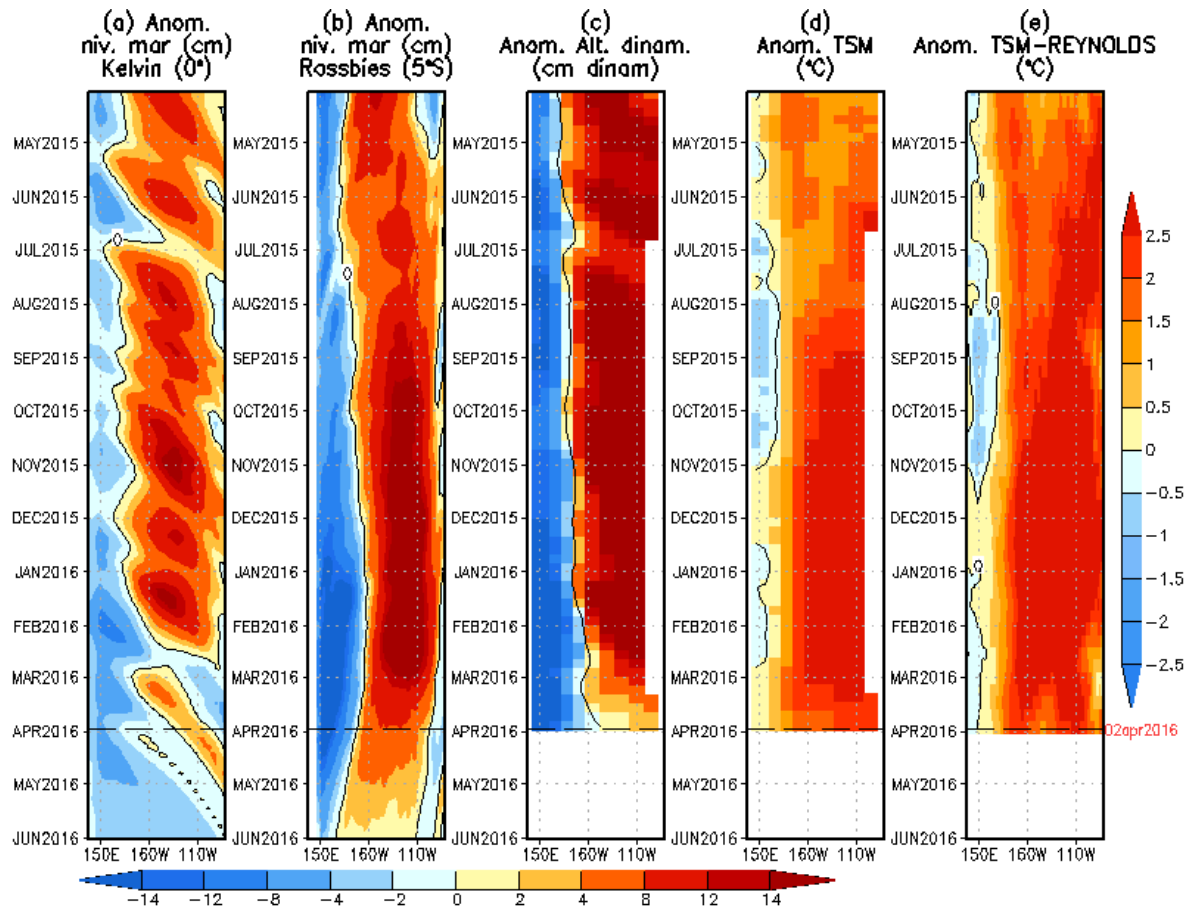


Figura 11. (a) Igual que la Figura 10, pero para LOM2a.

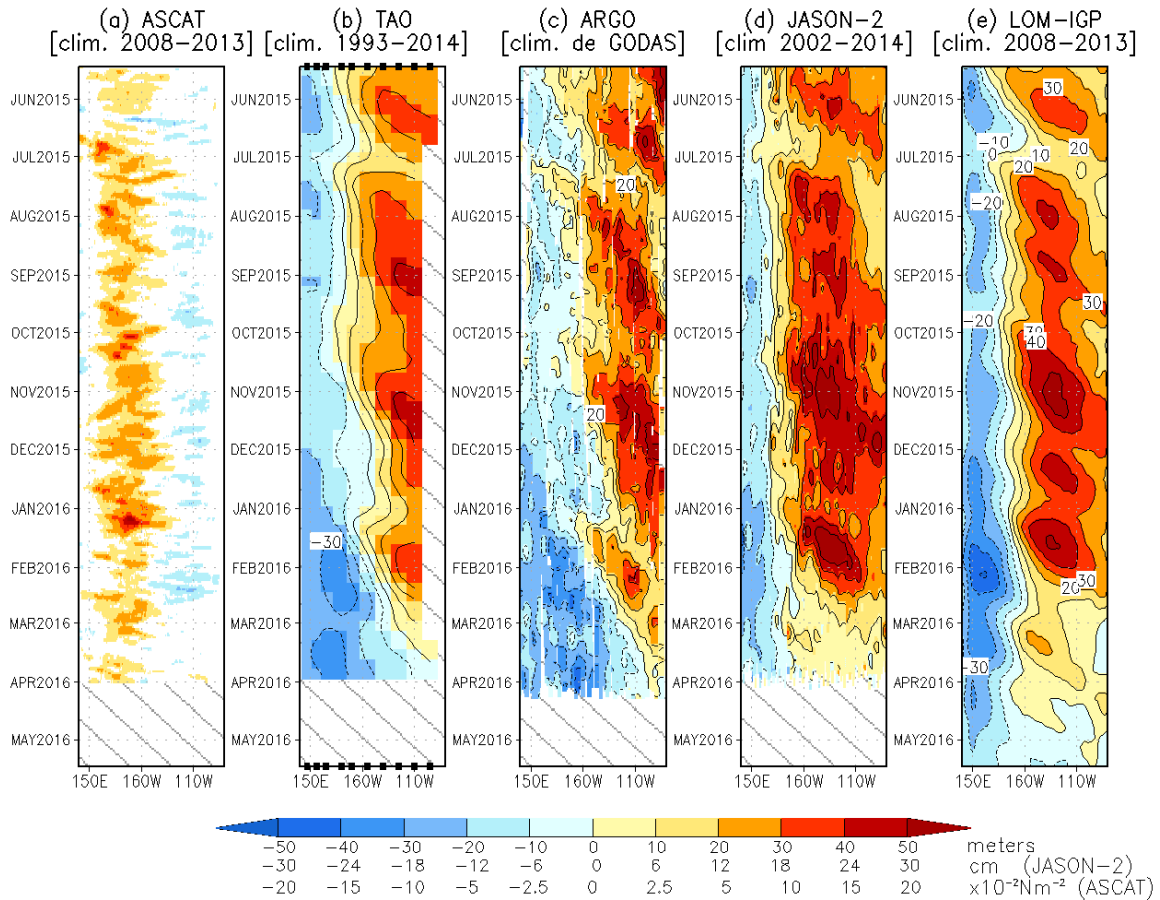


Figura 12. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra 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)

Anomalia de esfuerzo de viento (ASCAT)

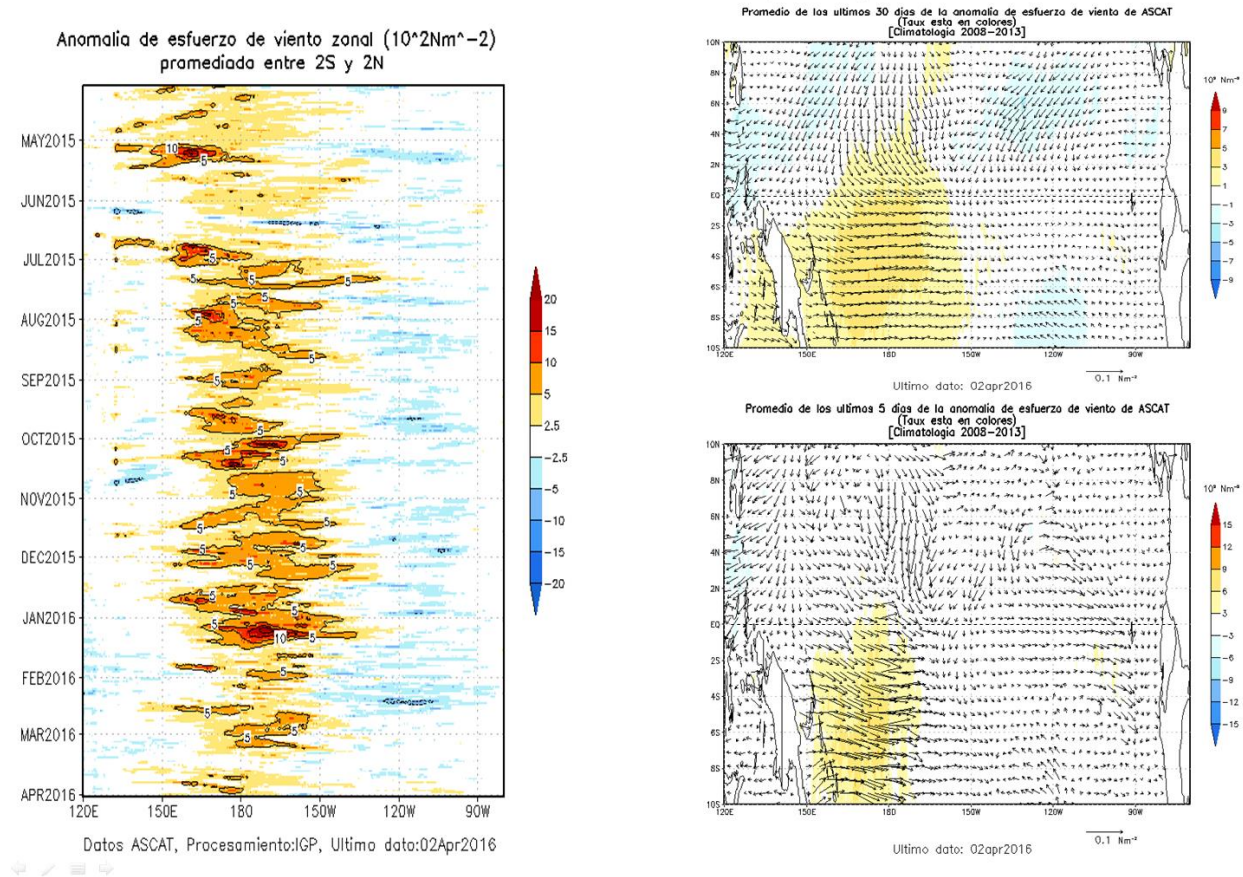


Figura 13. Izquierda: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT. Derecha (superior): Mapa del promedio de 30 días. Derecha (inferior): Mapa del promedio de 5 días, hasta el 02 de abril de 2016, incluyendo los vectores de esfuerzo zonal. (Elaboración: IGP)

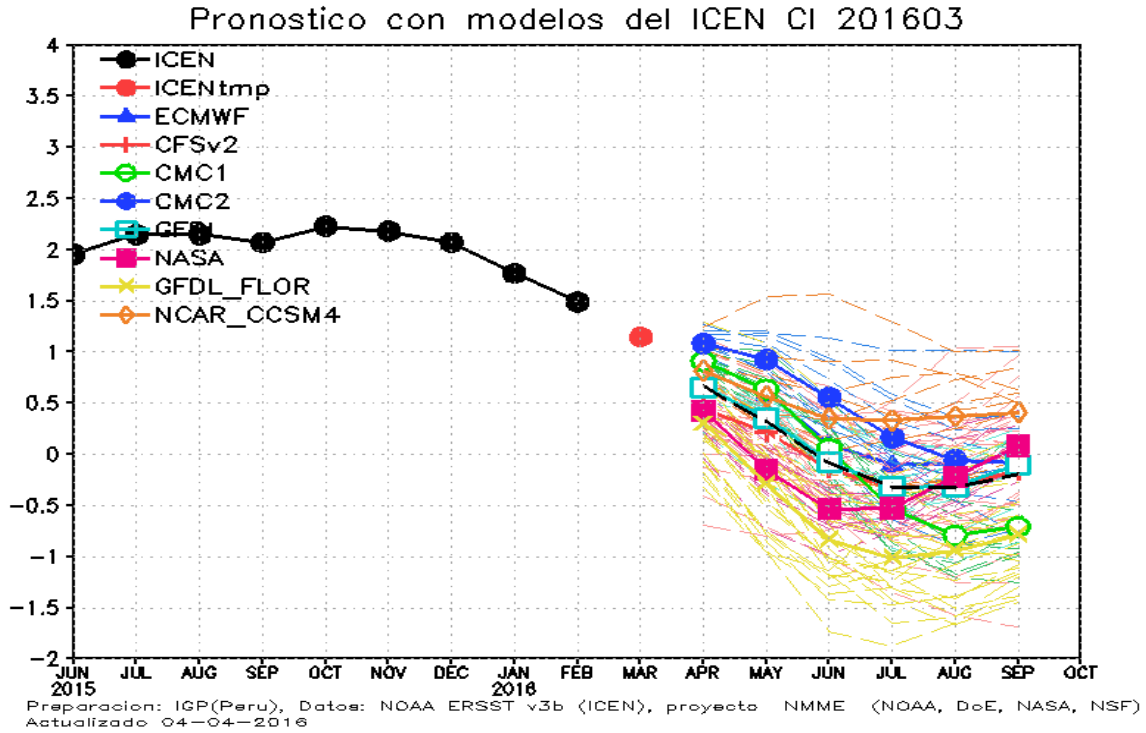


Figura 14. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y sus valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden a los miembros de los "ensembles". Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA GFDL_FLOR y NCAR_CCISM4 tienen como condición inicial el mes de marzo de 2016. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de marzo 2016. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF).

NMME Forecast for Niño 3.4 IC=201603

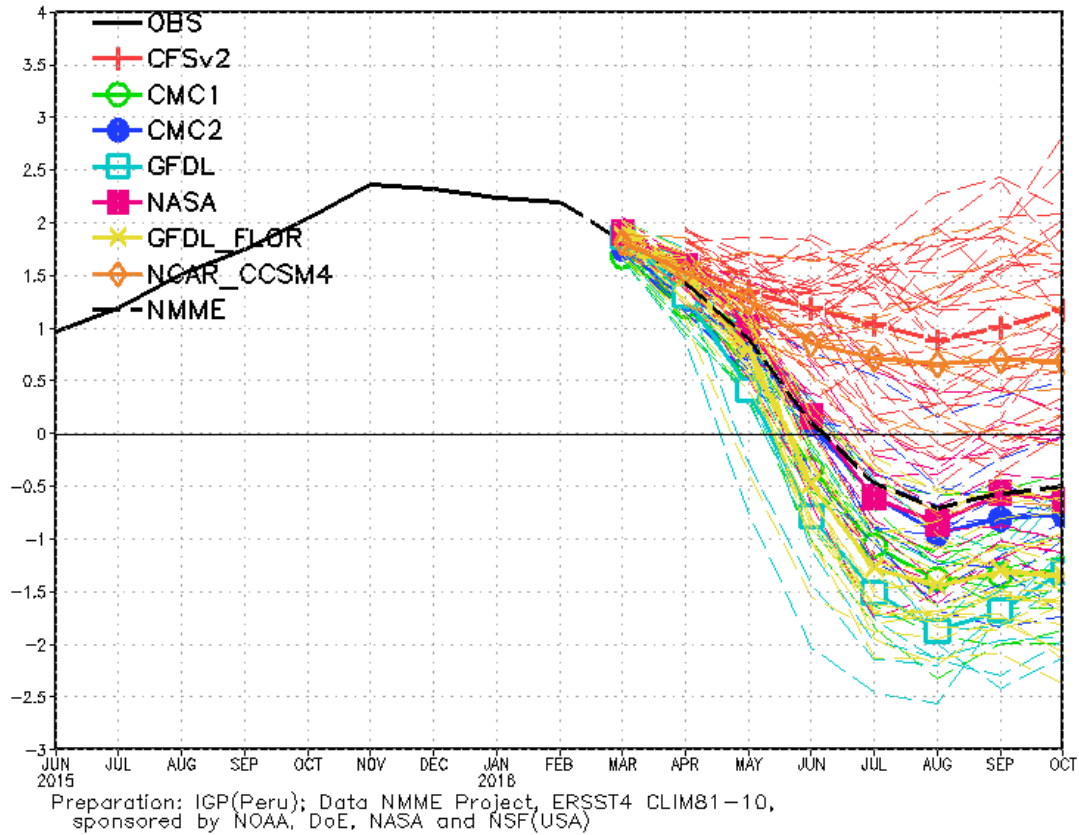


Figura 15. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

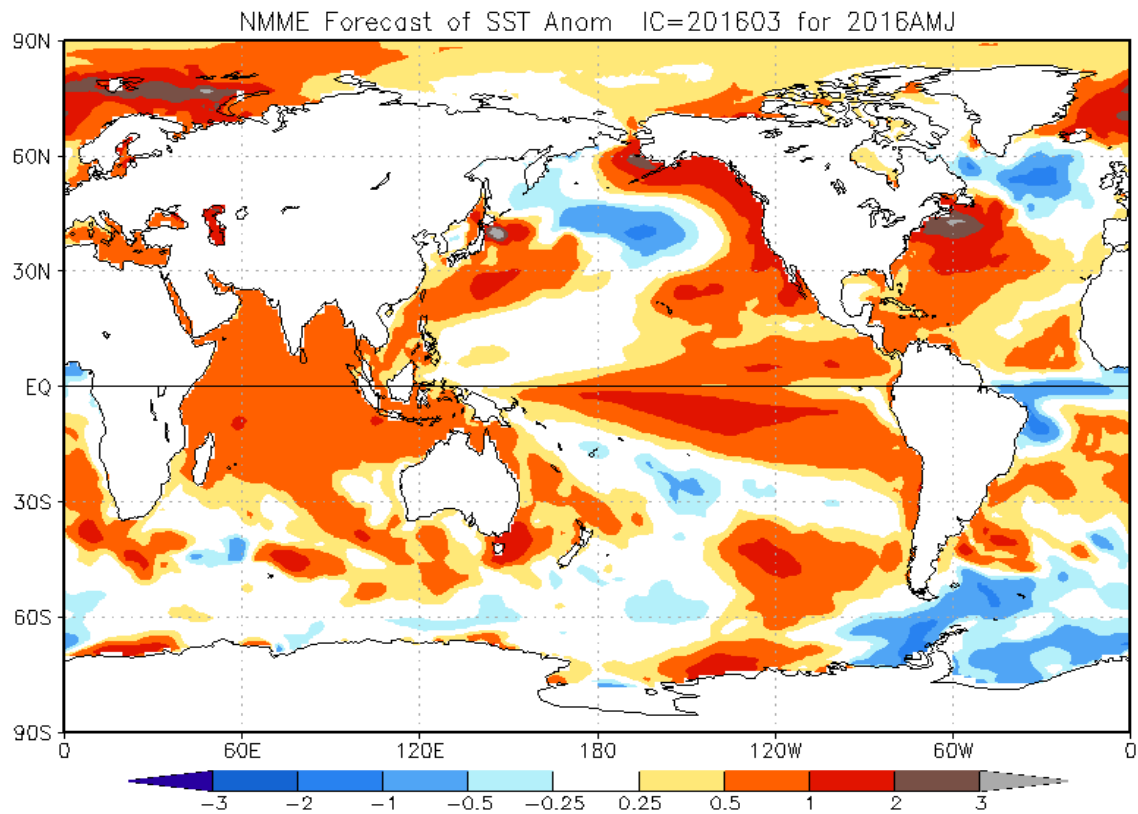


Figura 16. Pronóstico de la anomalía de temperatura superficial del mar promediada sobre los modelos del proyecto NMME (NCEP CFS2, CanCM3 CMC1 y 2, GFDL CM2.2, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 para el trimestre marzo-mayo de 2016 con condiciones iniciales de marzo de 2016. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

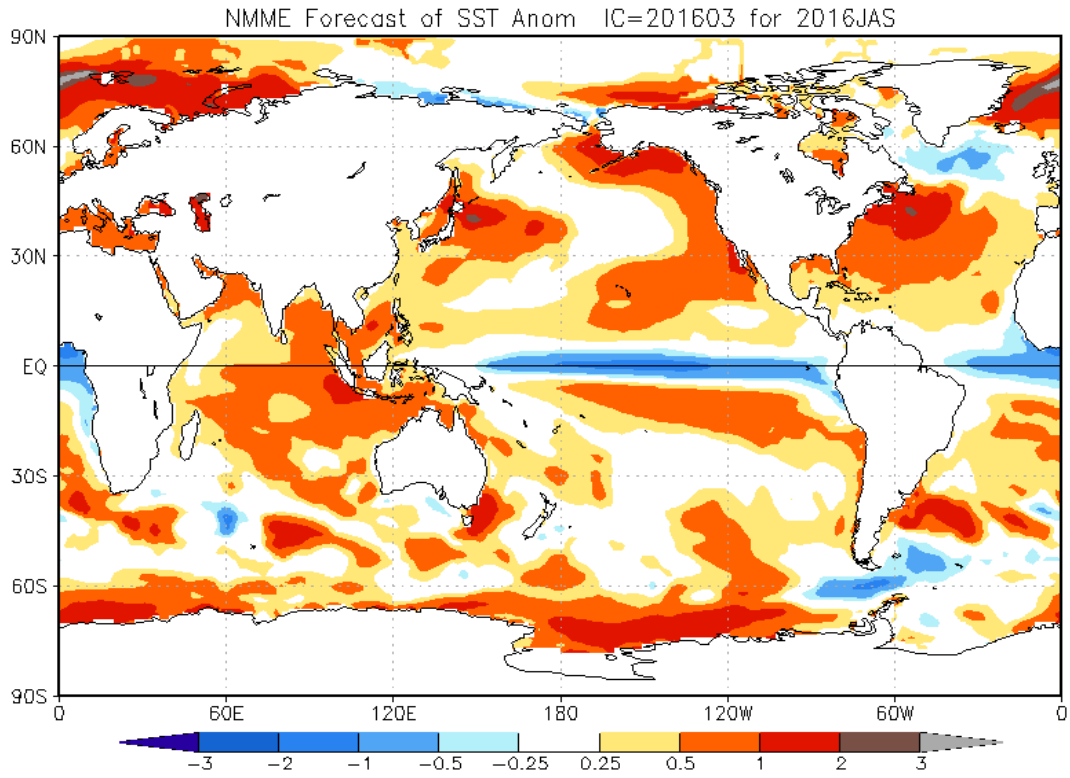


Figura 17. Similar a la Fig.16, pero para el trimestre julio – setiembre de 2016.

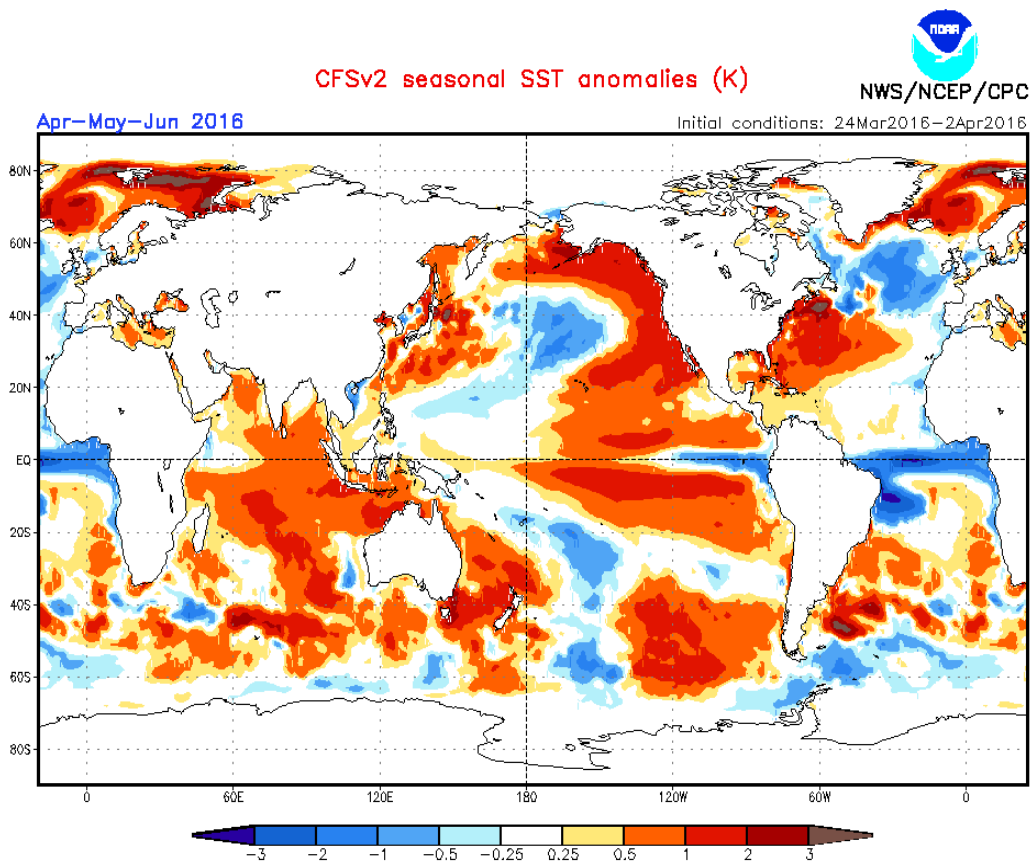


Figura 18. Pronósticos numéricos de anomalía de TSM para el periodo abril - junio 2016 por el modelo CFSv2 con condiciones iniciales entre el 24 de marzo y 02 de abril de 2016. (Fuente: NOAA).