

**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/2016-11
06/12/2016**

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 oficial 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 continúan siendo Neutras, con el valor del ICEN de $+0.22^{\circ}\text{C}$ para el mes de octubre. Los valores temporales del ICEN (ICEN_{tmp}) indican que para los meses de noviembre y diciembre las condiciones también serían Neutras. Para el Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI) de la NOAA corresponde a condiciones frías débiles. Siendo el tercer mes con condiciones frías débiles, se confirma La Niña débil en el Pacífico central; el ONI estimado para noviembre también corresponde a condiciones frías débiles.

El pronóstico de la temperatura superficial del mar todos los siete modelos numéricos internacionales de NMME, con condiciones iniciales del mes de diciembre, para la región del Pacífico oriental, indican en condiciones neutras para el verano (diciembre 2016-marzo 2017), si bien dos de ellos indican condiciones cálidas en febrero y marzo. Para la región del Pacífico central, los siete modelos predicen que el verano será neutro, si bien (5/7) indican condiciones frías débiles en diciembre.

La onda Kelvin fría que se formó en el mes de setiembre, según la información de las boyas ARGO, aparentemente inició su arribo al extremo oriental a fines de noviembre, también se observa que esta onda parece haberse dispersado probablemente en otras ondas Kelvin frías de menor velocidad e intensidad que, de igual forma, pueden contribuir a disminuir la temperatura del mar en la costa peruana.

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 noviembre 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 octubre de 2016. Los valores se muestran en la Tabla 1.

Año	Mes	ICEN (°C)	Condiciones costeras del Mes
2016	Julio	0.29	Neutra
2016	Agosto	0.17	Neutra
2016	Setiembre	0.14	Neutra
2016	Octubre	0.22	Neutra

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

El valor del ICEN para el mes de octubre indica condición Neutra. Se recuerda que, para declarar El Niño o La Niña en la costa, las condiciones costeras deben ser cálidas o frías durante al menos 3 meses consecutivos (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
2016	Noviembre	0.16	Neutra	2016/10-11: ERSST; 2016/12: NMME
2016	Diciembre	0.12	Neutra	2016/11: ERSST; 2016/12-2017/01:NMME

Tabla 2. Estimados preliminares del ICEN (ICENtmp)

Según estos valores del ICENtmp, se estima que en noviembre y diciembre de 2016 las condiciones serían NEUTRAS. El ICENtmp de noviembre será confirmado cuando se disponga del valor de ERSST para el mes de diciembre de 2016.

Por otro lado, para el Pacífico Central (Niño 3.4), el ONI (*Ocean Niño Index* en inglés; <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/oni.ascii.txt>), actualizado por la NOAA al mes de octubre de

2016, es de -0.84°C , correspondiente a condiciones Frías Débiles¹, siendo el tercer mes con condiciones frías débiles, por lo tanto se confirma La Niña Débil en el Pacífico central. Los valores estimados (ONItmp) para noviembre y diciembre, combinando observaciones y pronósticos, indican condiciones frías débiles en ambos meses (Tabla 4).

Año	Mes	ONI (°C)	Categoría
2016	Marzo	1.58	Cálida Fuerte
2016	Abril	1.09	Cálida Moderada
2016	Mayo	0.60	Cálida Débil
2016	Junio	0.10	Neutra
2016	Julio	-0.32	Neutra
2016	Agosto	-0.58	Fría Débil
2016	Setiembre	-0.74	Fría Débil
2016	Octubre	-0.84	Fría Débil

Tabla 3. Valores recientes del ONI.

(Descarga: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/oni.ascii.txt>)

Año	Mes	ONItmp	Condiciones del mes	Fuente
2016	Noviembre	-0.75	Fría Débil	2016/10-11: ERSST; 2016/12: NMME
2016	Diciembre	-0.58	Fría Débil	2016/11: ERSST; 2016/12-01/2017: NMME

Tabla 4. Estimados preliminares del ONI (ONItmp)

Diagnóstico del Pacífico Ecuatorial

En el Pacífico central las principales variables climáticas continúan mostrando valores correspondientes a un evento La Niña de magnitud débil. La convección es reducida, lo que junto con los vientos anómalos del este, indican el acoplamiento de la atmósfera a las condiciones oceánicas frías. Este comportamiento es similar al de años La Niña en el Pacífico central observados (Figura 1 y 2). La región Niño 3.4, continúa con anomalías de la TSM (IR, MW, OSTIA) negativas, en promedio -0.7°C (ver Figura 7a). Por otro lado, en la región Niño 1+2 la anomalía de la TSM se mantuvo en promedio dentro de lo normal, pero fluctuando a nivel interdiario entre -0.2°C y $+0.9^{\circ}\text{C}$ (Figura 7b). El viento zonal (este-oeste)

¹ Los umbrales para establecer la categoría de condiciones cálidas o frías débiles, moderadas, fuertes, y muy fuertes usando el ONI son ± 0.50 , ± 1.00 , ± 1.50 , y ± 2.00 , respectivamente (Nota Técnica ENFEN, 02-2015).

en el Pacífico central (160°E-160°W; 5°S-5°N) continuó con anomalía mensual del este, con similar intensidad que el mes anterior (Figura 3), reflejando el acoplamiento mencionado. El contenido de calor oceánico ecuatorial se mantuvo anormalmente negativo, aunque con una ligera tendencia a la normalización. Similaramente la anomalía de la inclinación de la termoclina anómala se mantuvo como el mes anterior con una ligera tendencia a la normalización (Figura 4). La termoclina en el Pacífico oriental, en los puntos 110°W y 95°W, continuó mostrando anomalías negativas (Figuras 5 y 6),

Según los datos de la anomalía de la profundidad de la termoclina, basada en el producto ARGO (Aparco et al., 2014), la onda Kelvin fría generada por las anomalías negativas de viento del este en el mes de setiembre, muestra una dispersión de su señal en su trayectoria hacia el este. Esto podría estar relacionado a una distribución de la energía de la onda Kelvin fría original en otras de menor intensidad y velocidad, como consecuencia de la inclinación de la termoclina en la zona oriental del océano Pacífico (Mosquera et al., 2014). En la zona occidental del océano Pacífico se aprecia la señal de una onda Kelvin cálida que sería la consecuencia, según el modelo lineal (Mosquera, 2009), del impacto de una onda Rossby cálida, formada por la anomalía de vientos del oeste que estuvieron presentes a fines de julio, en la frontera occidental. Asimismo, se han observado pulsos de viento del este en la zona occidental del Pacífico (al oeste de la línea de cambio de fecha) que, según la intensidad, no se habrían proyectado en ondas Kelvin de magnitud relevante.

Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

Se espera que la onda Kelvin fría formada a fines de setiembre contribuya a una disminución de la temperatura del mar en la costa norte del Perú. Esto se sumaría al impacto que viene dándose en la costa norte como consecuencia de la onda Kelvin formada en julio.

A fines de noviembre hubo una anomalía de vientos del oeste, no muy intensa, entre 180 y 160°W que puede haberse proyectado en onda Kelvin cálida (Fig13).

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los pronósticos de los 7 modelos climáticos de NMME (CFSv2, NASA_GEOS5, FLOR, CM2.1, NCAR_CCM4, CMC1 y CMC2) inicializados en diciembre, indican que en el mes de diciembre hasta febrero, las anomalías de TSM serían neutras (Fig. 14). Para los meses de febrero y marzo, los modelos CMC2 y NCAR CCSM4 indican condiciones cálidas débiles, mientras que los demás indican condiciones neutras.

Por otro lado, para el Pacífico central (Niño 3.4), se considera los 7 modelos de NMME y el modelo POAMA inicializados en diciembre, todos predicen condiciones neutras para el verano (diciembre 2016-marzo 2017), a pesar de que actualmente se presentan condiciones La Niña en esta región.

Se hace notar que el NOAA CPC, quienes coordinan el proyecto NMME, presenta en su página web (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/current/plume.html>) una versión de los pronósticos de Niño 3.4 a la que aplican un ajuste basado en pronósticos previos (breve explicación en

<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/current/plume.descr.html>). Esta tiene aproximadamente el efecto de reducir la amplitud de las anomalías, por lo que con el ajuste los pronósticos son menos fríos.

Modelo	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	AMJ
CFS2		0.22	0.17	0.15	0.09	-0.05	-0.25	-0.36
CMC1		0.28	0.19	0.08	0.00	0.01	0.02	0.04
CMC2		0.30	0.35	0.41	0.46	0.42	0.37	0.35
GFDL		-0.10	-0.17	-0.05	0.07	0.18	0.48	0.61
NASA		0.02	-0.03	0.12	0.26	0.46	0.80	1.16
GFDL_FLOR		0.07	0.06	0.22	0.27	0.46	0.70	0.90
NCAR_CCSM4		0.15	0.26	0.54	0.67	0.61	0.41	0.16
NMME		0.13	0.12	0.21	0.26	0.30	0.36	0.41
ICENtmp	0.16							

Tabla 5. Pronósticos del ICEN con diferentes modelos climáticos con condiciones iniciales de diciembre de 2016

Modelo	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ
CFS2		-0.60	-0.27	-0.26	-0.23	-0.21	-0.19	-0.13
CMC1		-0.57	-0.34	-0.28	-0.15	0.00	0.20	0.40
CMC2		-0.45	-0.11	0.05	0.21	0.36	0.53	0.66
GFDL		-0.54	-0.27	-0.10	0.13	0.33	0.47	0.58
NASA		-0.86	-0.76	-0.49	-0.16	0.14	0.34	0.61
GFDL_FLOR		-0.60	-0.41	-0.30	-0.13	0.09	0.33	0.60
NCAR_CCSM4		-0.45	-0.11	0.03	0.13	0.17	0.21	0.20
NMME		-0.58	-0.32	-0.19	-0.03	0.13	0.27	0.42
ONItmp	-0.75							

Tabla 6. Pronósticos del ONI con diferentes modelos climáticos con condiciones iniciales de diciembre de 2016
Conclusiones:

1. El **ICEN para setiembre** de 2016 fue de 0.22 (**Neutro**) y el **ICENtmp** para noviembre y diciembre es **0.16 y 0.12**, respectivamente, ambos siendo condiciones Neutras. Los valores de la anomalía de la TSM en la región Niño 1+2 se ha mantenido, mayormente, con valores positivos aunque dentro del rango normal.
2. En el Pacífico central, el ONI de octubre (SON) correspondió a condiciones frías débiles. Siendo el tercer mes con condiciones frías débiles, *se confirma La Niña débil en el Pacífico central*; el ONI estimado para noviembre también corresponde a condiciones frías débiles. La ATSM en la región Niño 3.4, durante este octubre, ha fluctuado alrededor de los -0.7°C .
3. La onda Kelvin que se formó por el pulso de viento del este en el mes setiembre, según la información de las boyas ARGO, aparentemente inició su arribo al extremo oriental a fines de noviembre. Se observa también en dicha base de datos, que la energía de esta onda parece haberse dispersado (probablemente formando otras ondas Kelvin de menor velocidad e intensidad) que pueden contribuir a disminuir la temperatura del mar en la costa peruana.
4. Se han observado dos pulsos de viento del este ubicados al oeste de la línea de cambio de fecha (inicios y segunda quincena de noviembre) que aparentemente no se han proyectado en ondas Kelvin fría de magnitud considerable. A fines de noviembre hubo una anomalía de viento del oeste, no muy intensa, entre 180 y 160°W que puede haberse proyectado en onda Kelvin cálida.
5. Existe la presencia de una onda Kelvin cálida en el extremo occidental. Basado en el modelo lineal, ésta se debería a la reflexión de una onda Rossby cálida formada por anomalía de vientos del oeste que se dieron a fines de julio.
6. El contenido de calor oceánico ecuatorial se mantuvo anómalamente negativo, aunque con una ligera tendencia a la normalización. Similarmente, la anomalía de la inclinación de la termoclina anómala se mantuvo como en el mes anterior con una ligera tendencia a la normalización.
7. La actividad conectiva en noviembre se mostró anómalamente más reducida en noviembre, consistente con un acoplamiento con las anomalías negativas de TSM.
8. Para el Pacífico oriental (Niño 1+2), de los 7 modelos de NMME inicializados en diciembre, todos indican que el mes de diciembre presentaría condiciones neutras. Para el verano (diciembre 2016-marzo 2017), los modelos también predicen condiciones neutras. Dos de estos modelos predicen condiciones cálidas en febrero y marzo 2017.
9. Para el Pacífico central (Niño 3.4), de los 7 modelos de NMME y el de POAMA, inicializados en diciembre, todos predicen condiciones neutras en el verano 2016-2017.
10. Aún si no se dieran condiciones El Niño costero o La Niña en el Pacífico central, la combinación de costa cálida y Pacífico central frío en febrero y marzo podrían producir fuertes caudales en el norte (Lavado-Casimiro y Espinoza, 2014), como en los años 1925 y 2008, que fueron los más caudalosos en el río Piura después de los años 1998 y 1983 (Takahashi y Martinez, 2016).

Bibliografía

- 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.
- ENFEN 2012: Definición operacional de los eventos "El Niño" y "La Niña" y sus magnitudes en la costa del Peru. *Nota Técnica ENFEN*.
- ENFEN 2015: Pronóstico probabilístico de la magnitud de El Niño costero en el verano 2015-2016. *Nota Técnica ENFEN 02-2015*.
- Lavado-Casimiro, W., Espinoza, J. C., 2014: Impactos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú (1965-2007), Revista Brasileira de Meteorologia, 29 (2), 171-182.
- Mosquera, K., 2009: Variabilidad Intra-estacional de la Onda de Kelvin Ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación Numérica y datos observados. Tesis para obtener el grado de Magíster en Física - Mención Geofísica en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Mosquera, K., B. Dewitte y P. Lagos, 2010: 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, Lima, Año 5, No9, julio-diciembre de 2010, p. 55.
- Mosquera, K., 2014: Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Enero, 1, 1, 4-7
- Takahashi, K., Martínez, A. G., 2016: The very strong El Niño in 1925 in the far-eastern Pacific. En revisión en Climate Dynamics.

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.

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

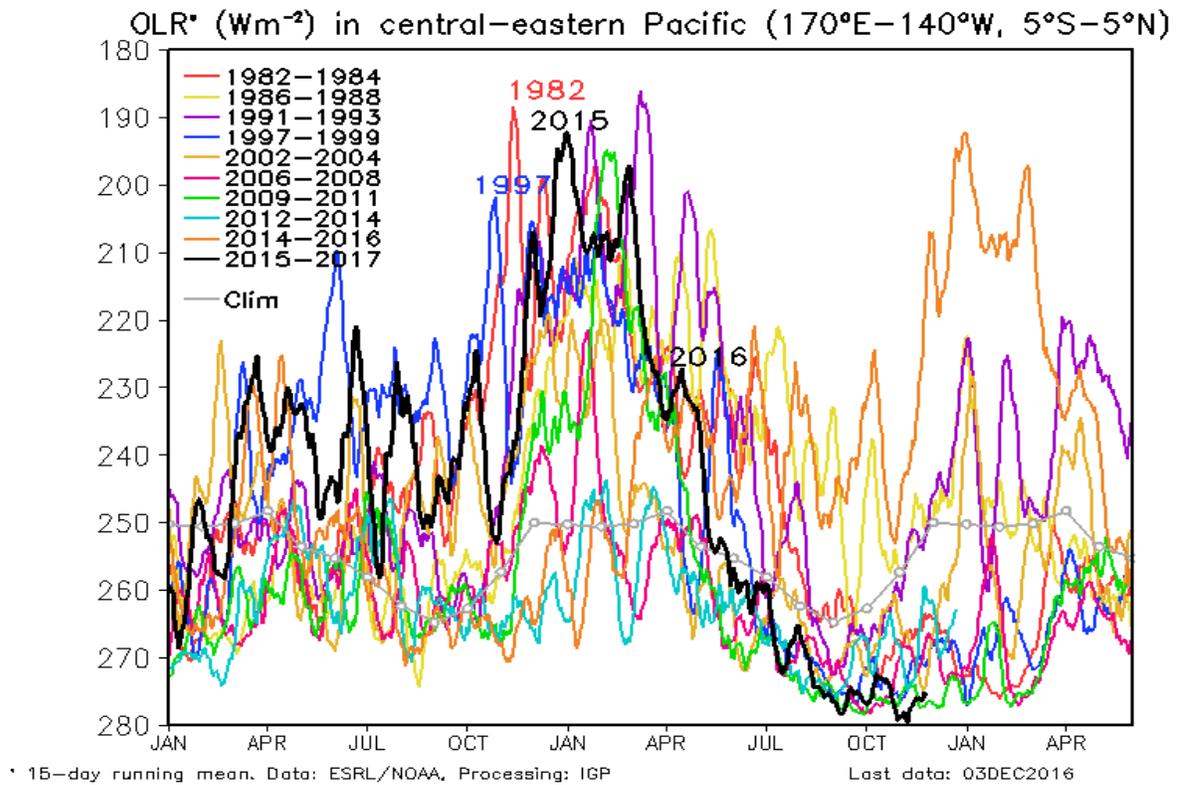


Figura 1. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental ($170^{\circ}-140^{\circ}W$ y $5^{\circ}S-5^{\circ}N$) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración: IGP

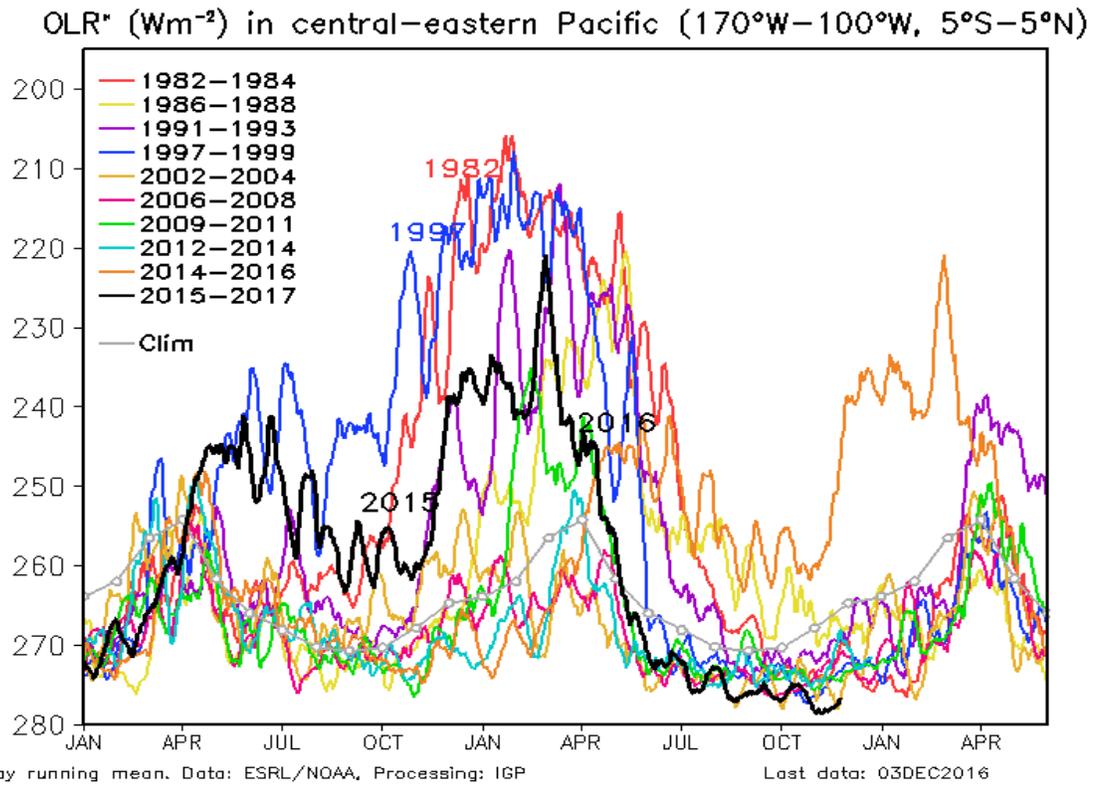


Figura 2. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental ($170^{\circ}-100^{\circ}W$ y $5^{\circ}S-5^{\circ}N$) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración: IGP

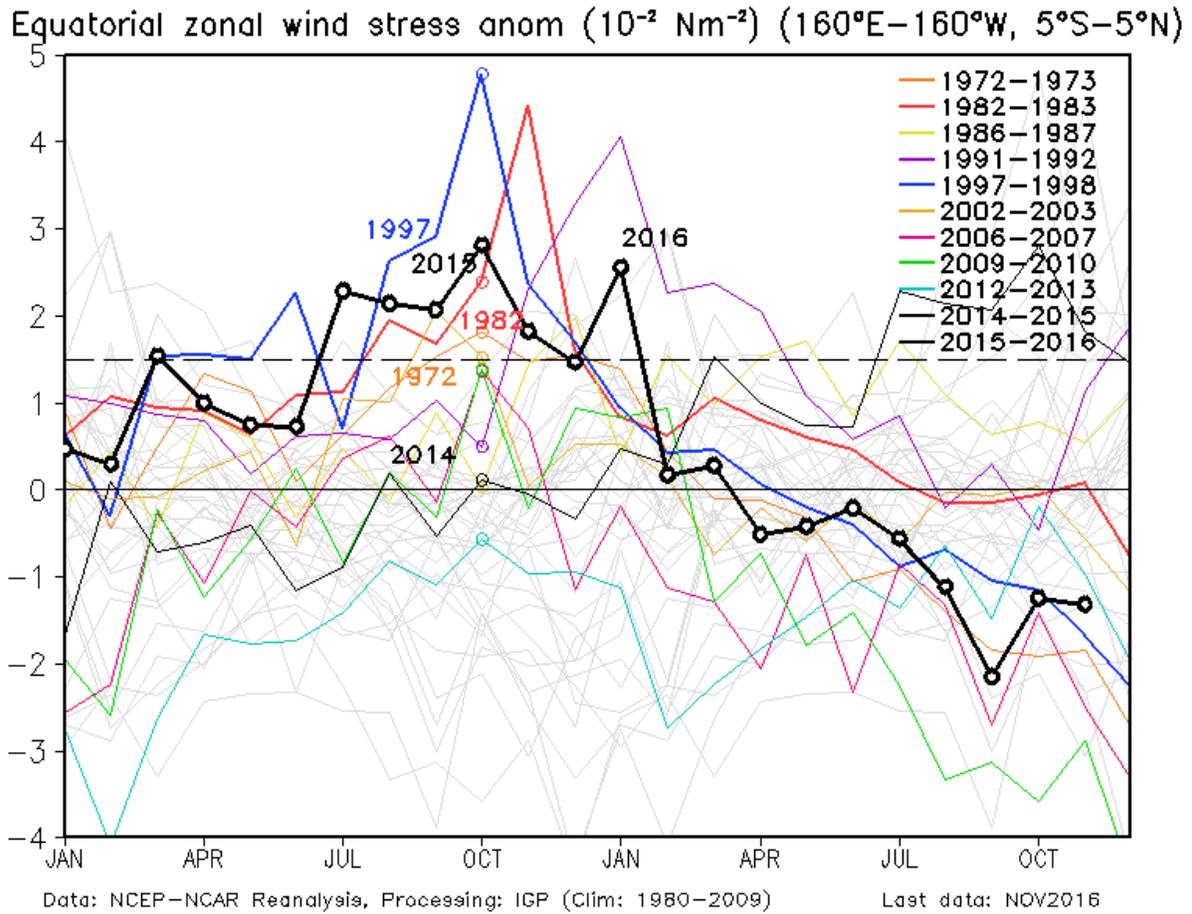


Figura 3. Promedio de la anomalía del esfuerzo de viento zonal en el Pacífico Ecuatorial ($160^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$ y $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) obtenido de los datos del reanálisis de NCEP-NCAR. Elaboración: IGP

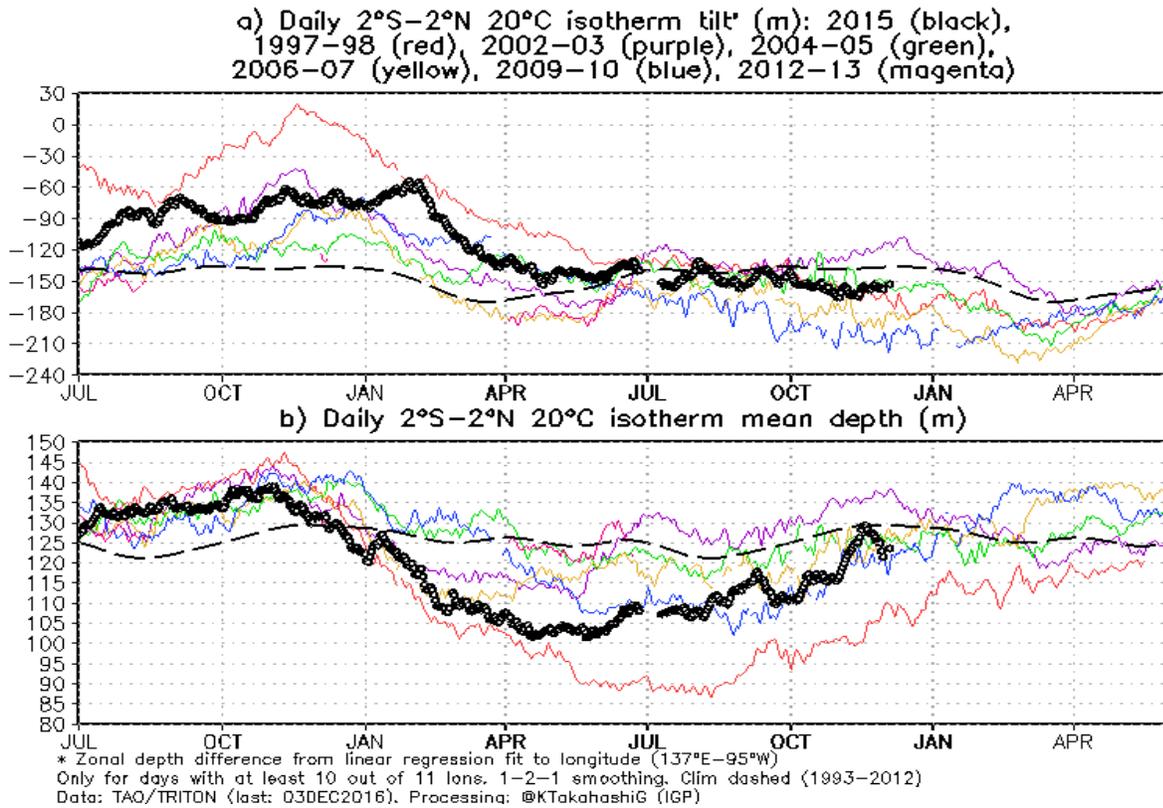


Figura 4 a) Inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. b) Contenido de calor en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. Elaboración: IGP

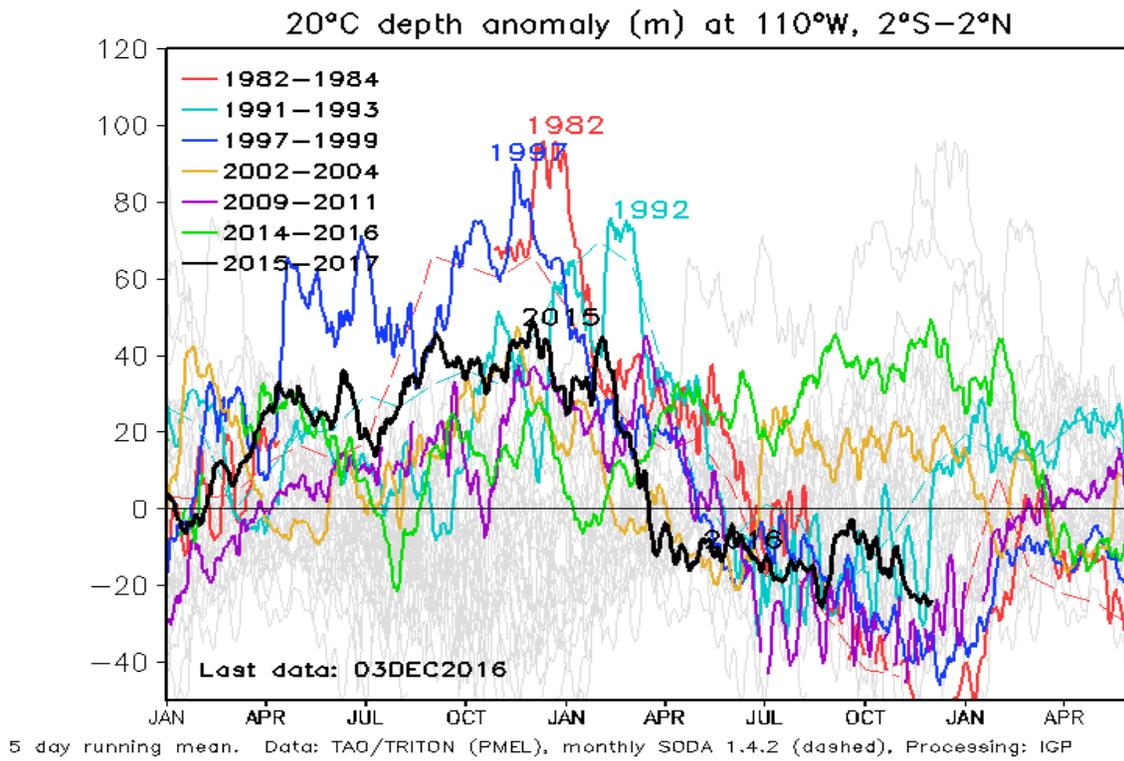


Figura 5. Anomalia de la profundidad de la isoterma de 20°C en la zona de 110°W en base a: i) la información de las boyas de TAO en 110°W y entre 2°S y 2°N; y ii) SODA. Elaboración: IGP

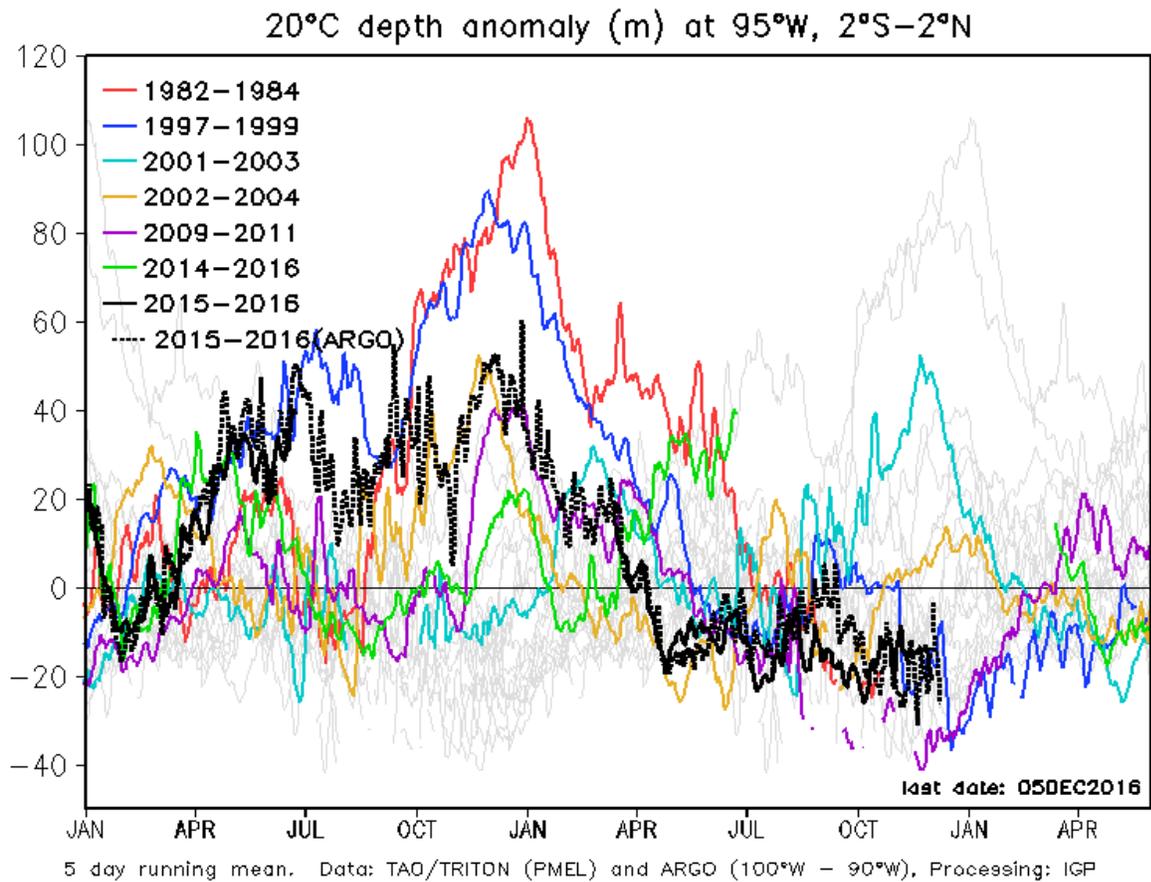


Figura 6. Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C en la zona de 95°W en base a: i) la información de las boyas de TAO en 95°W y entre 2°S y 2°N; y ii) los flotadores de ARGO entre 100°-90°W y 2°S-2°N. Elaboración: IGP

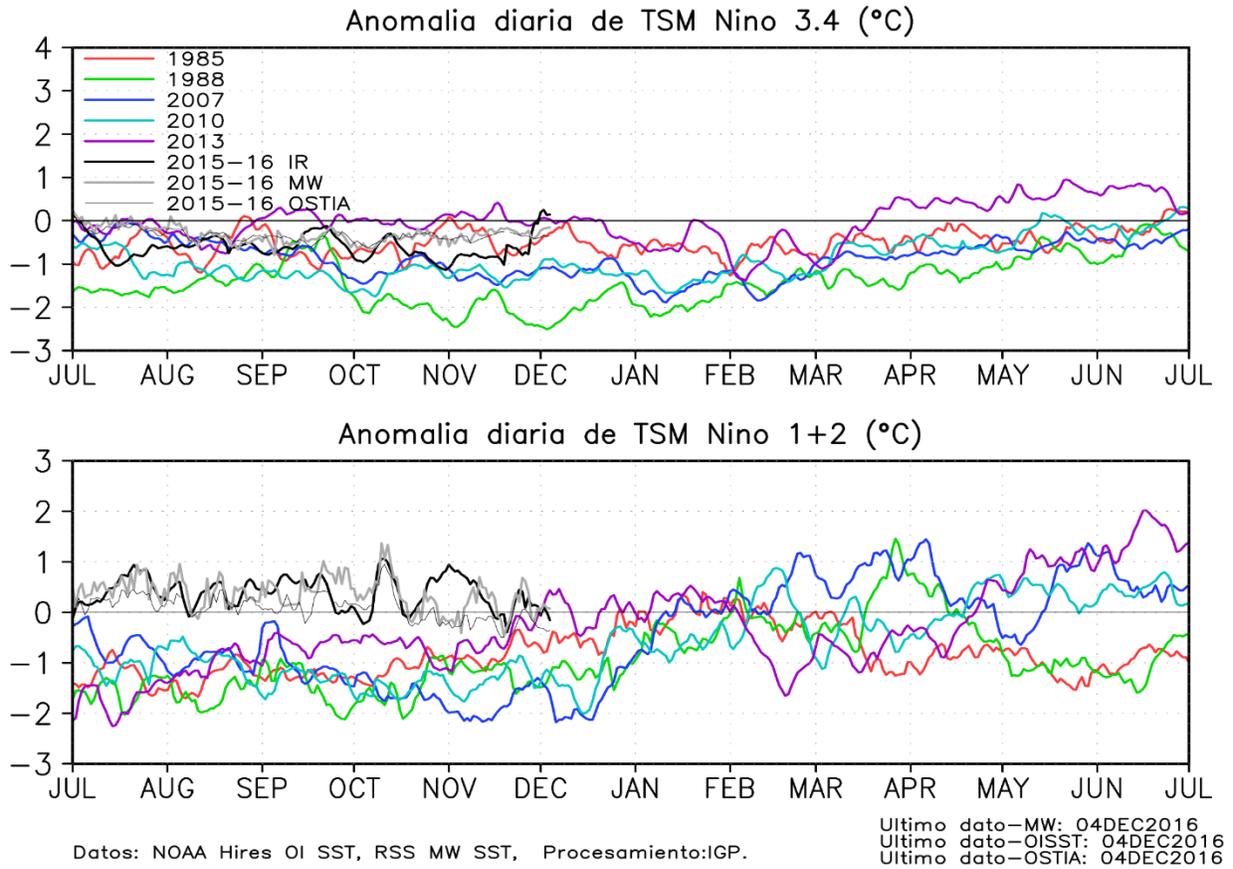


Figura 7. Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del producto OSTIA, respectivamente. Las líneas de color rojo, azul, celeste y verde, indican la evolución de la anomalía de la TSM para los años de Niña costera 1985, 2007, 2010 y 1988. Elaboración: IGP

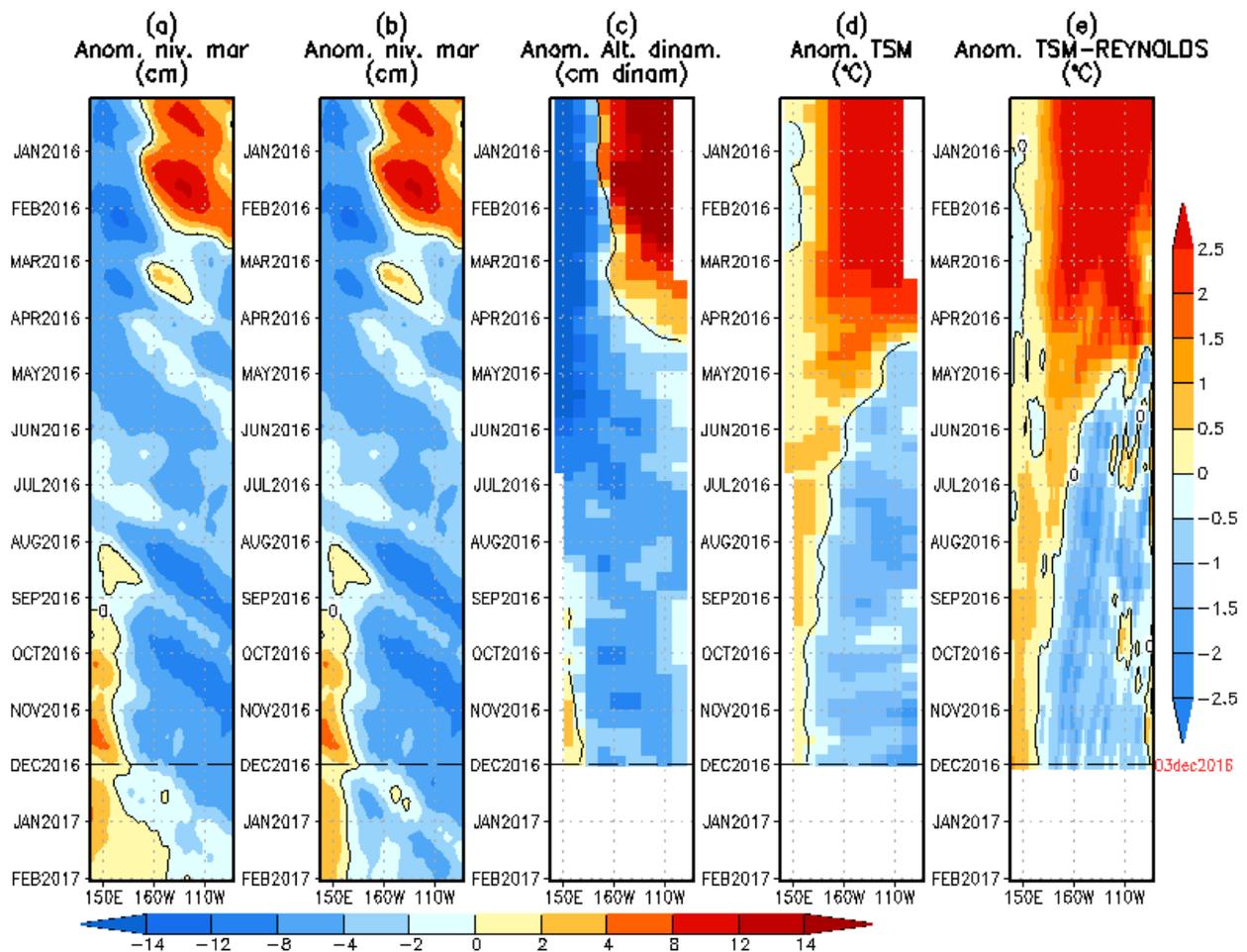


Figura 8. Anomalías (a y b) del nivel medio del mar simulado con LOM1 (termoclina uniforme), (c) de la altura dinámica (TAO), (d y e) de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente, en la región ecuatorial (2°S y 2°N). En (a) y (b) la línea cortada en color negro,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

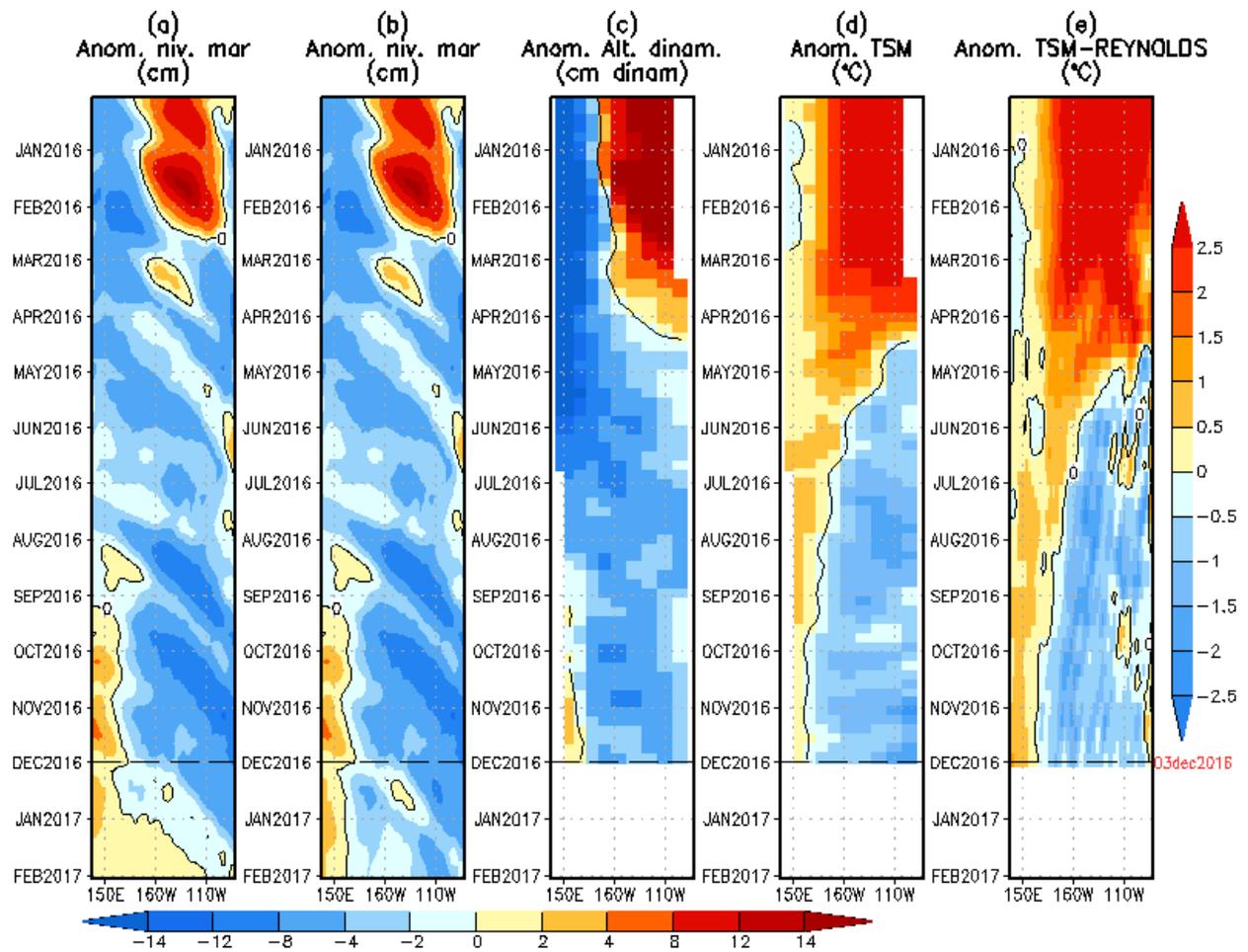


Figura 9. Similar a la Fig. 8 pero para LOM2 (termoclina variable).

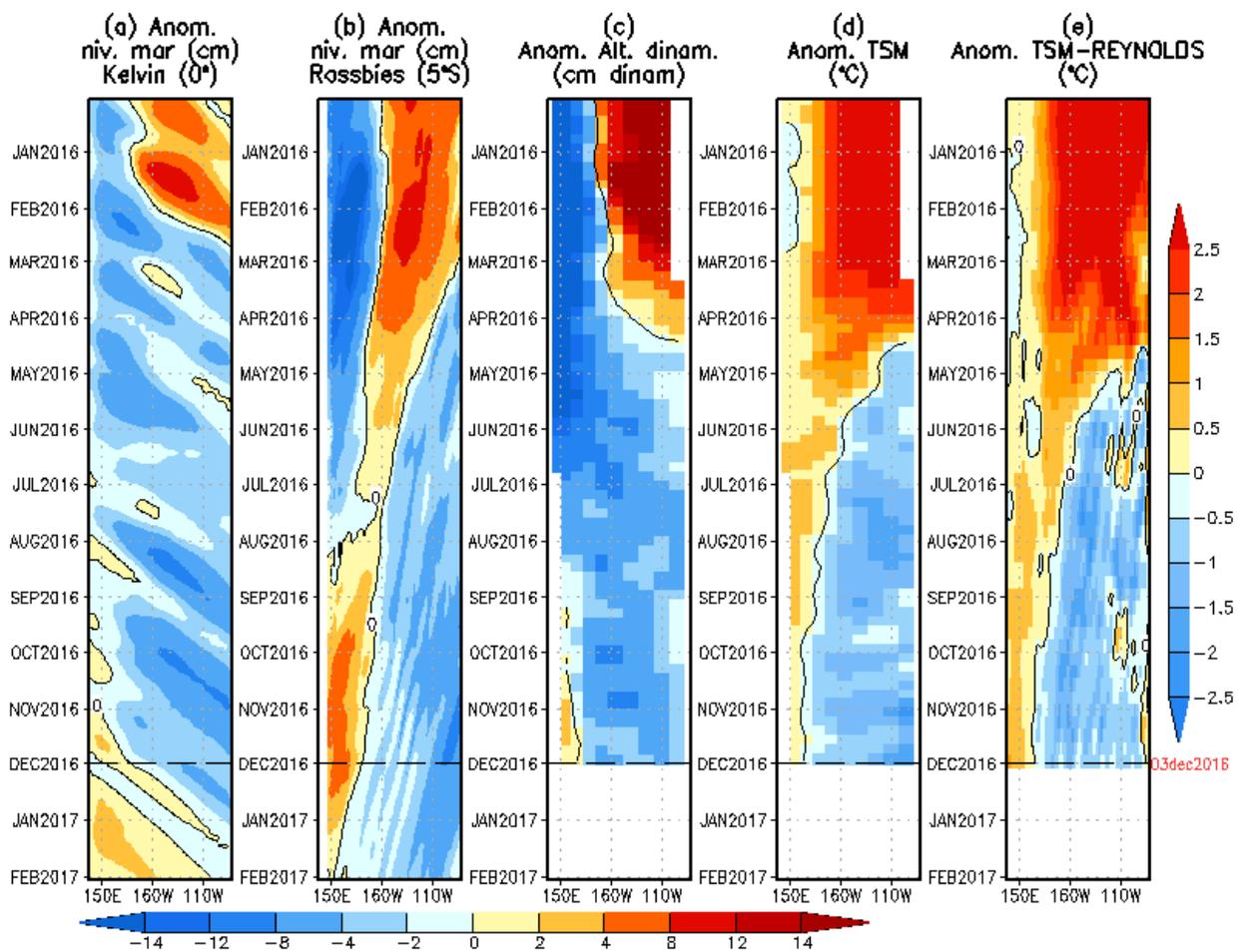


Figura 10. (a) Contribución de la Onda Kelvin al nivel del mar y (b) Contribución de la onda Rossby al nivel del mar en 5°N obtenida de LOM1a. (c) anomalía de la altura dinámica (TAO), (d) y (e) anomalía de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente en la región ecuatorial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

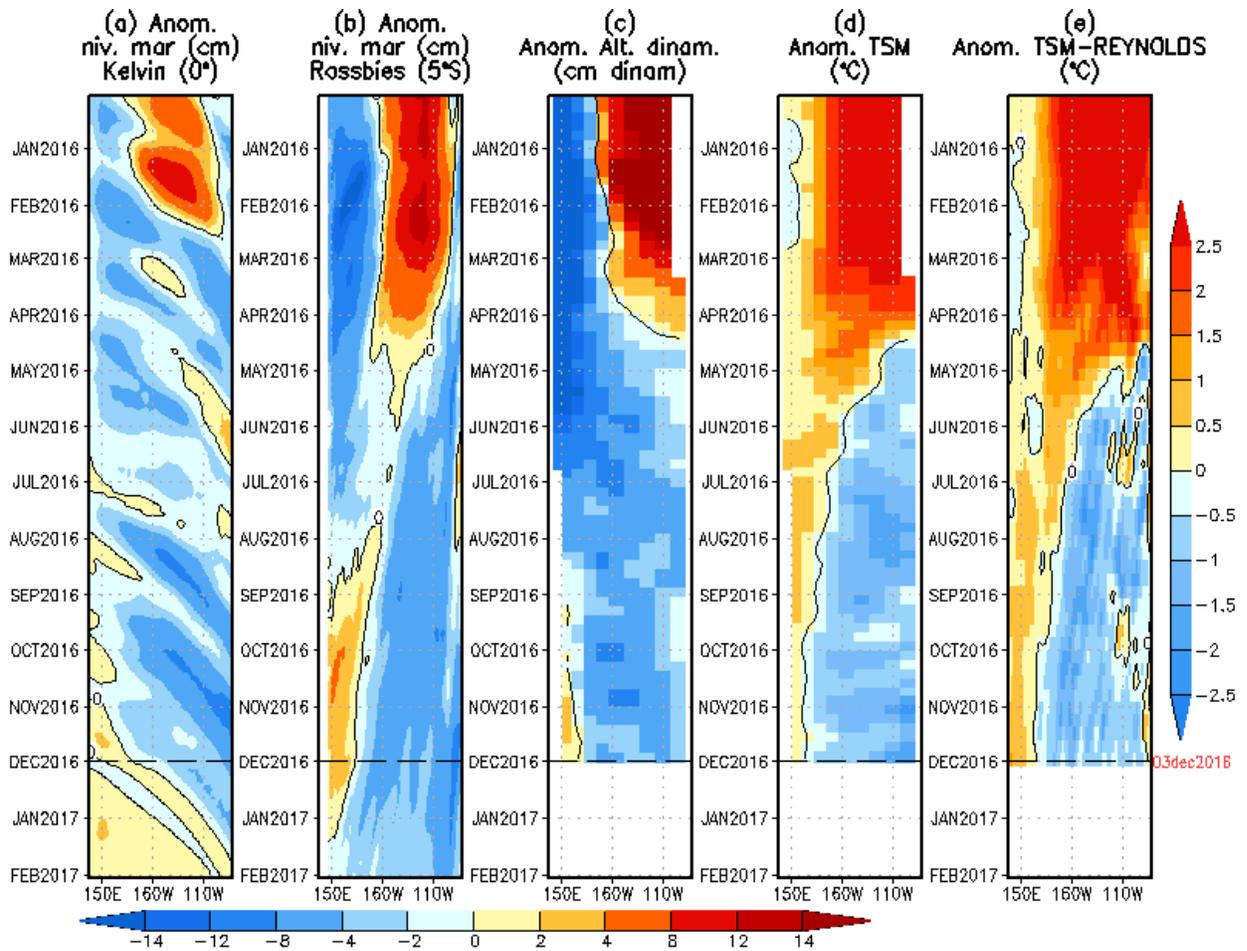


Figura 11. (a) Igual que la Figura 10, pero para LOM2a.

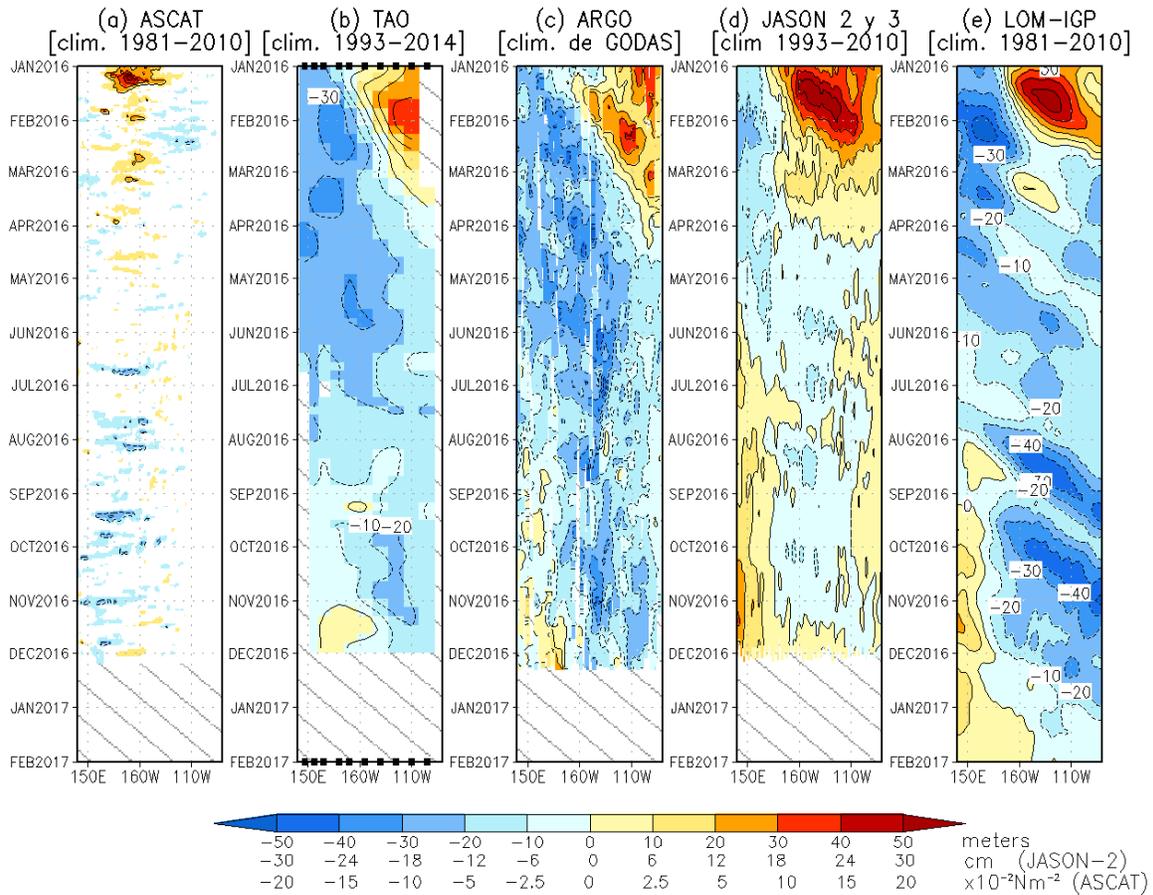


Figura 12. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente, en (e) se muestra la anomalía de la profundidad de la termoclina calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, y $\text{taux}=0$ para el pronóstico). Las líneas diagonales representan una propagación hacia el este con velocidad de 2.6 m/s. (Elaboración: IGP)

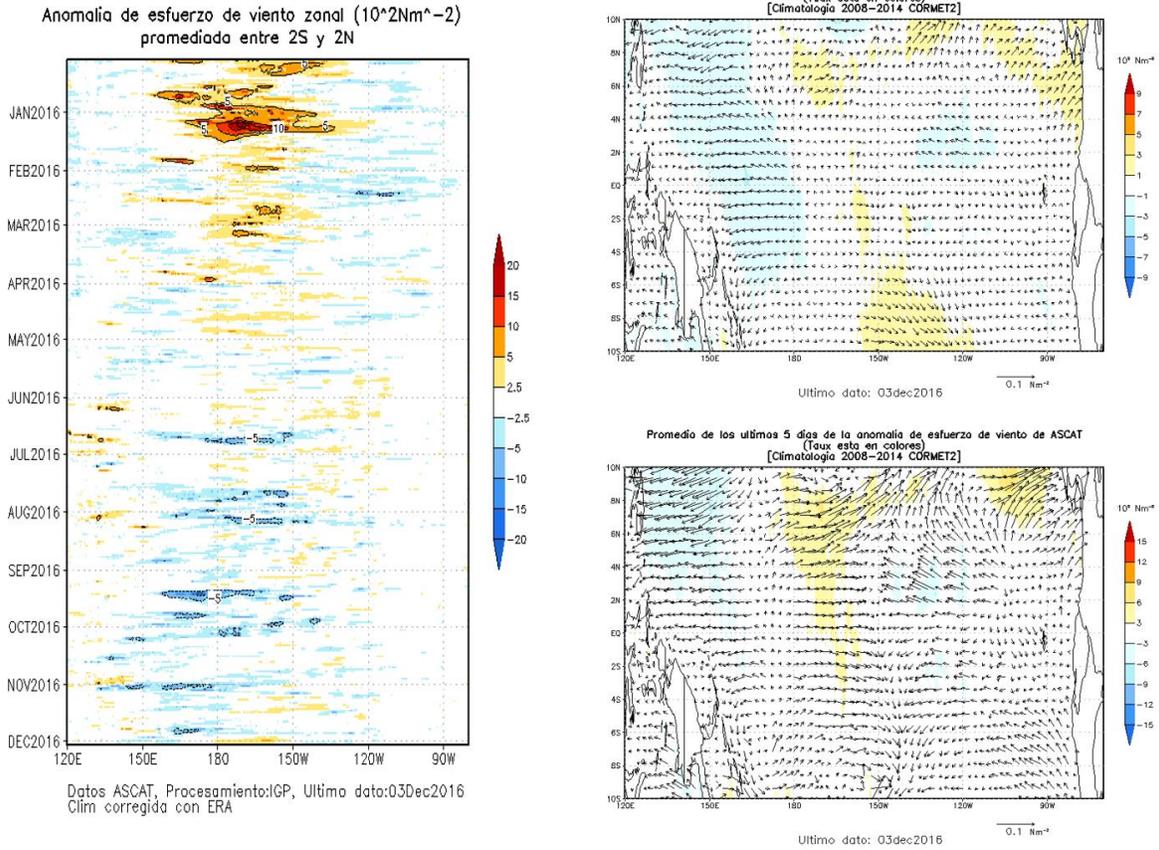


Figura 13. Izquierda: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT. Derecha (superior): Mapa del promedio de 30 días. Derecha (inferior): Mapa del promedio de 5 días, hasta el 03 de diciembre de 2016, incluyendo los vectores de esfuerzo zonal. (Elaboración: IGP)

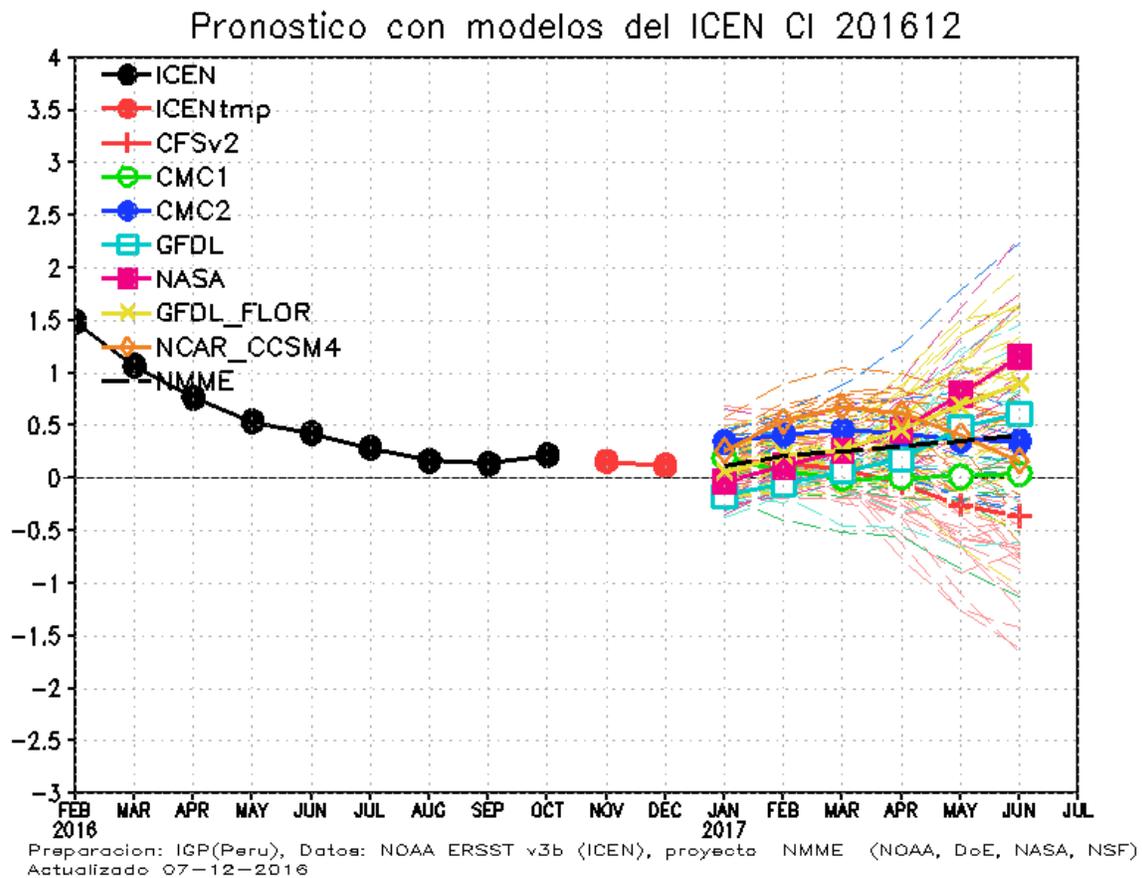


Figura 14. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y sus valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 tienen como condición inicial el mes de diciembre de 2016. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).

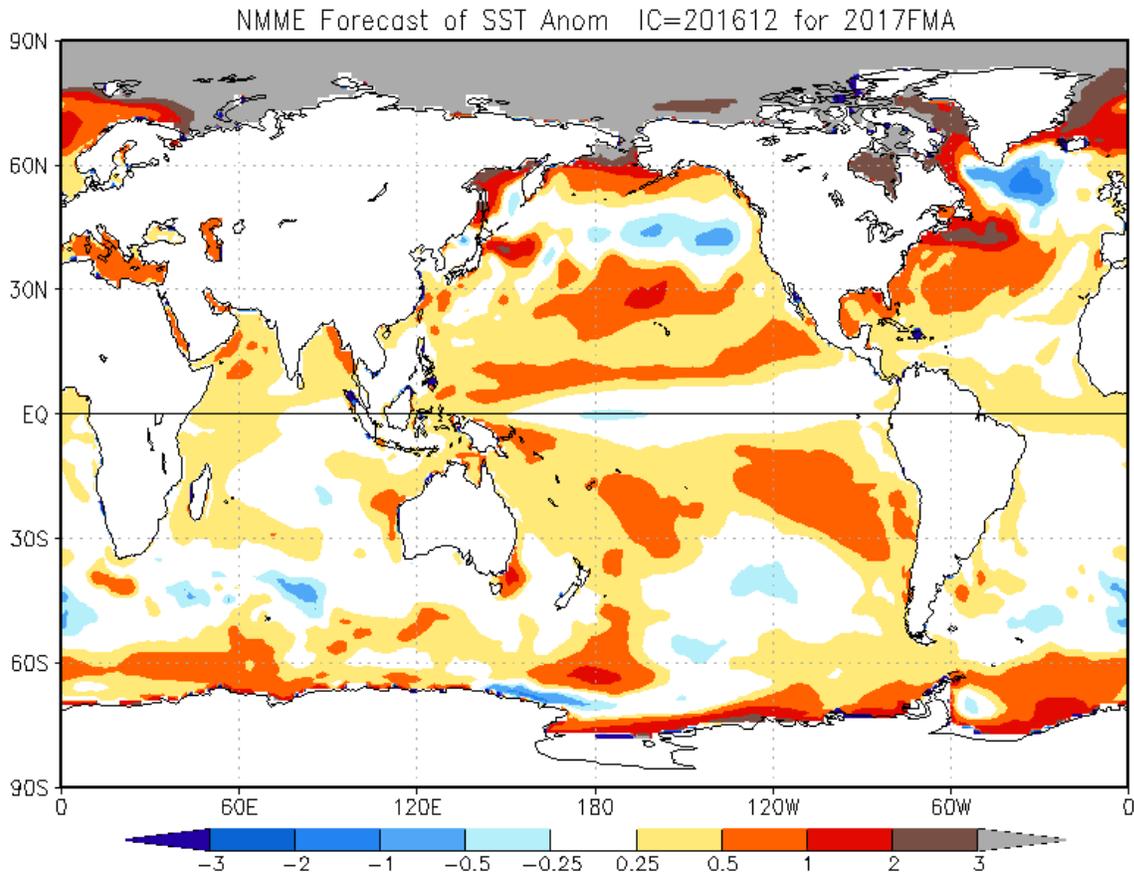


Figura 16. Pronóstico de la anomalía de temperatura superficial del mar promediada sobre los modelos del proyecto NMME (NCEP CFS2, CanCM3 CMC1 y 2, GFDL CM2.2, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 para el trimestre febrero-abril de 2017 con condiciones iniciales de diciembre de 2016. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

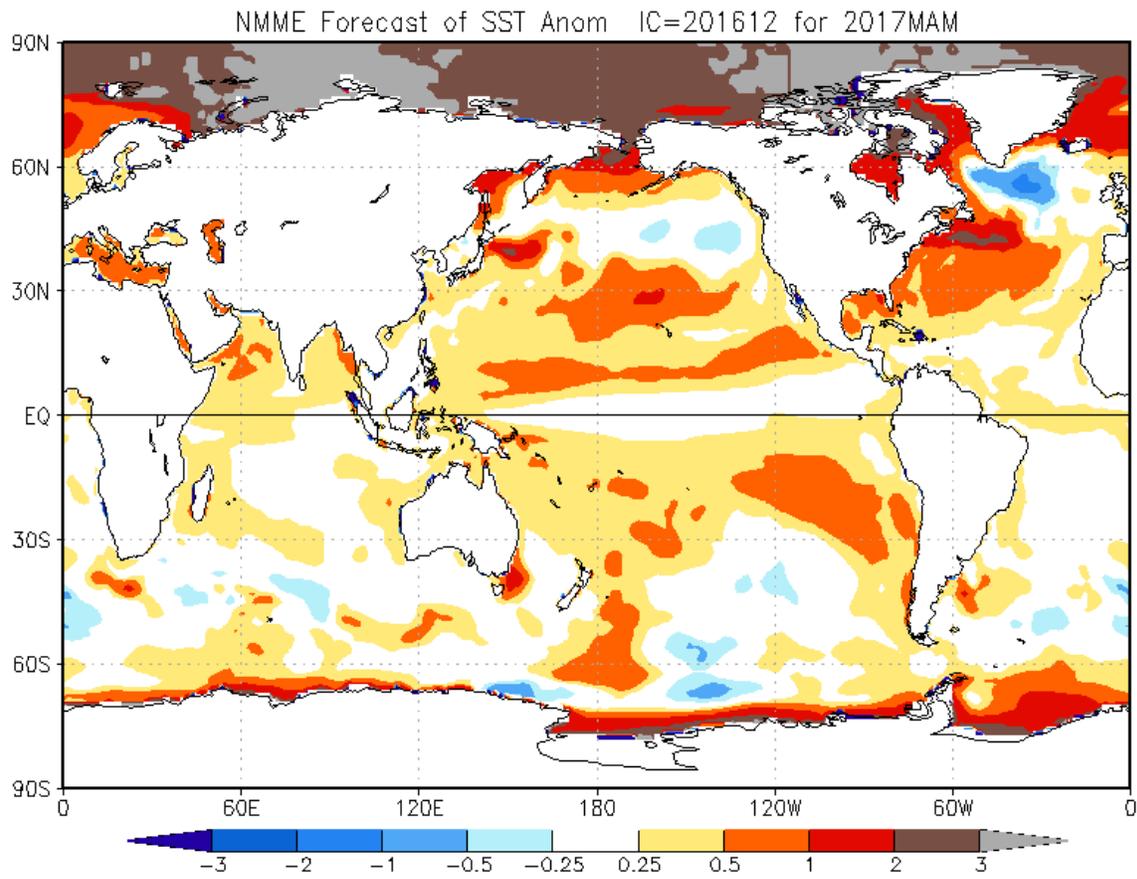


Figura 17. Similar a la Fig.16, pero para el trimestre marzo-mayo 2017.

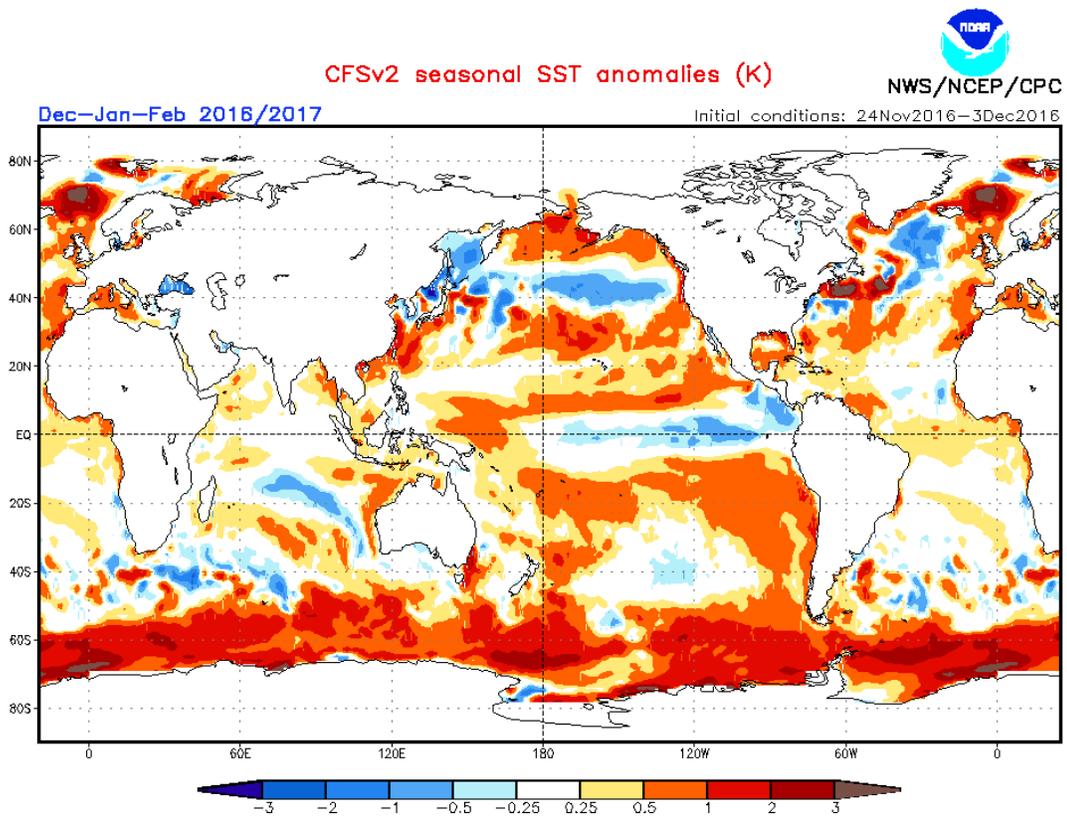


Figura 18. Pronósticos numéricos de anomalía de TSM para el periodo diciembre - febrero 2016/17 por el modelo CFSv2 con condiciones iniciales entre el 24 de noviembre y 03 de diciembre 2016. (Fuente: NOAA).