

**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/El Niño-IGP/2016-05
07/06/2016**

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), para el mes de abril las condiciones climáticas de la costa peruana fueron cálidas débiles (0.77°C). Los valores temporales del ICEN (ICENTmp), 1 y 2, indican que para los meses de mayo y junio las condiciones serían Neutras, lo que indicaría que el evento El Niño habría durado hasta abril. 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 mayo, indican en promedio, condiciones neutras para los meses de junio y julio. Estos mismos resultados numéricos predicen que para el Pacífico central las condiciones serían neutras y Frías débiles para esos meses.

Según los datos de la anomalía de la profundidad de la termoclina ecuatorial (ARGO), la onda Kelvin que debería llegar a fines de mayo e inicios de junio (segunda onda Kelvin fría del año en curso) perdió intensidad luego de pasar por 120°W , posiblemente debido a las anomalías de viento del noroeste en el Pacífico oriental. La tercera onda continúa su desplazamiento hacia el este y llegaría en el mes de julio. Estas ondas probablemente mantendrán en valores neutro o negativas la anomalía de la TSM a lo largo de la costa peruana en los siguientes tres meses. Por otra parte, no se observaron anomalías de vientos zonales ecuatoriales sustanciales, aunque continúan ligeramente del oeste, y la convección en el Pacífico oriental se ha debilitado alcanzando valores dentro de lo normal.

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 mayo 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 abril de 2016. Los valores se muestran en la Tabla 1.

Año	Mes	ICEN (°C)	Condiciones costeras del Mes
2016	Enero	1.77	Cálida Fuerte
2016	Febrero	1.49	Cálida Moderada
2016	Marzo	1.07	Cálida Moderada
2016	Abril	0.77	Cálida Débil

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 abril, se establece que continúa la presencia de El Niño costero, el que 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	Mayo	0.21	Neutra	2016/04-05: ERSST; 2016/06: NMME
2016	Junio	-0.22	Neutra	2016/05: ERSST; 2016/06-07: NMME

Tabla 2. Estimados preliminares del ICEN (ICENTmp)

Según estos valores del ICENTmp, se estima que en mayo y junio de 2016 las condiciones serían NEUTRAS. El ICENTmp de abril será confirmado cuando se disponga del valor de ERSST para el mes de junio de 2016.

Diagnóstico del Pacífico Ecuatorial

En el Océano Pacífico Ecuatorial las principales variables climáticas mostraron, en promedio, valores

alrededor de su normal, A la fecha no se aprecian señales de un acoplamiento favorable para el desarrollo de un enfriamiento. (Figura 1), a diferencia del año 1998 en el que se observaban anomalías de viento del este por estas fechas. La ATSM en la región Niño 3.4 , en promedio (IR, ME, OSTIA), continúa con una tendencia negativa y en la actualidad se ubica dentro de su rango Normal, muy similar a lo que ocurrió en otoño de 1998 (ver Figura 7a). Por otro lado, en la región Niño 1+2 la ATSM, fue próximo a sus condiciones normales, siendo inferior a la ATSM del evento del año 1992 y superior a 1973. (Figura 7b). Las anomalías de viento del oeste en el Pacífico central (160°E-160°W; 5°S-5°N) mostraron, en promedio, anomalías negativas (Figura 3). La convección en el Pacífico central-oriental continuó su decaimiento hasta alrededor de su climatología durante la segunda quincena del mes, lo que indica que no se existe un acoplamiento entre la atmosfera y el océano para generar un evento cálido o frío (Figura 2). La termoclina en el Pacífico oriental, en los puntos 110°W y 95°W, continúa mostrando anomalías negativas debido al paso de las ondas Kelvin frías (Figuras 5 y 6) .Por otro lado, la inclinación este-oeste de la termoclina ecuatorial es casi climatológico, mientras que la descarga de calor se ha detenido temporalmente en el mes de mayo y su valor es aproximadamente el 60% de lo observado en 1998 (Figura 4).

Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

Los datos de la profundidad de la isoterma de 20°C ecuatorial según ARGO (Figura 12c) muestra que la segunda onda Kelvin fría, perdió intensidad luego de pasar por 120°W, posiblemente a anomalías débiles de vientos del noroeste en la región oriental del Pacífico. La tercera onda Kelvin fría continua su desplazamiento hacia el este y llegaría en julio. Esta onda probablemente contribuirá a mantener magnitudes neutras o frías de la anomalía de la TSM a lo largo de la costa peruana en los siguientes tres meses.

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Los modelos climáticos inicializados en mayo indican que para el mes de junio los pronósticos de la anomalía de TSM en el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), 6 de 7 modelos son de condiciones neutra, y 1 de 7 modelos indican condiciones frías débiles; para el mes de julio, 7 de 8 modelos indican condiciones neutras y 1 de 8 modelos condiciones frías débiles; para el mes de agosto los 8 modelos indican anomalías negativas, sin embargo están dentro del límite de 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 el mes de junio serían condiciones neutras, y mientras que para el mes de julio se esperarían condiciones frías débiles(Figura 15); las condiciones para los trimestres junio– agosto y setiembre – noviembre 2016 serían condiciones frías débiles. (Ver figuras 16 y 17).

Un análisis retrospectivo de eventos La Niña en la región Niño 3.4 indica una tendencia general a la sobreestimación de estos eventos (Figura 19), lo cual nos indica la necesidad de tomar con precaución los pronósticos actuales.

Modelo	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND
CFS2		-0.64	-0.72	-0.79	-0.69	-0.59	-0.65
CMC1		-0.17	-0.71	-0.95	-0.92	-0.70	-0.50
CMC2		0.06	-0.35	-0.46	-0.43	-0.33	-0.34
GFDL		-0.27	-0.32	-0.19	-0.03	0.01	-0.03
NASA		-1.05	-1.12	-0.78	-0.41	-0.20	-0.10
GFDL_FLOR		-0.51	-0.55	-0.44	-0.35	-0.30	-0.37
NCAR_CCSM4		-0.29	-0.48	-0.45	-0.32	-0.31	-0.46
NMME		-0.41	-0.61	-0.58	-0.45	-0.35	-0.35
ECMWF			-0.5	-0.2	-0.1	-0.1	
ICENtmp	0.21						

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

Conclusiones:

1. El **ICEN para abril** de 2016 fue de 0.77 (**Cálida débil**). Asimismo, el **ICENtmp para mayo y junio es 0.21 y -0.22** respectivamente, siendo condiciones Neutras.
2. Durante el mes de mayo, la TSM en la región Niño 1+2 mostró una oscilación entre su valor climatológico y +1°C. Los tres productos (infrarrojo, microondas y OSTIA) mostraron esta variación.
3. Según la anomalía de la profundidad de la termoclina, la onda Kelvin que debería llegar a fines de mayo e inicios de junio (segunda onda Kelvin fría del año en curso) perdió intensidad luego de pasar por 120°W, posiblemente debido a las anomalías de viento del noroeste en el Pacífico oriental. La tercera onda continúa su desplazamiento hacia el este y llegaría en julio. Estas ondas probablemente generarán y mantendrán anomalías entre neutras y negativas de TSM a lo largo de la costa peruana en los siguientes tres meses.
4. No se observaron anomalías de vientos zonales ecuatoriales sustanciales, aunque continúan ligeramente del oeste, y la convección en el Pacífico oriental se ha debilitado alcanzando valores dentro de lo normal. En el Pacífico central-oriental (Niño 3), se observan anomalías negativas de TSM, pero no están acompañadas por vientos anómalos del este. Lo anterior implica que en este momento no hay acoplamiento entre la atmósfera y el océano.
5. La inclinación de la termoclina ecuatorial es normal, mientras que la descarga de calor ecuatorial durante el mes de mayo se ha frenado temporalmente en mayo. Si bien la anomalía de volumen de agua cálida sigue sustancialmente negativa, su valor es aproximadamente el 60% de lo observado en 1999 en la misma fecha.
6. Para el **Pacífico oriental** (Niño 1+2), 7 de 8 modelos inicializados en mayo (salvo el CFSv2 actualizado en junio) indican que el mes de julio presentaría condiciones neutras y 1 de 8 modelos indica condiciones frías débiles. En general, estos pronósticos son menos fríos que los inicializados en abril.
7. Para el **Pacífico central** (Niño 3.4), todos los modelos que han sido considerados, y que fueron inicializados en mayo, indican que El Niño continuaría su declinación y presentaría condiciones frías débiles en promedio para julio. Para los siguientes meses los modelos predicen La Niña en el Pacífico central. Se nota que los modelos han tendido a exagerar las magnitudes de La Niña pasadas y, dado que la descarga de calor se ha frenado (al menos temporalmente), es posible que el enfriamiento ecuatorial no sea tan pronunciado como pronosticado.

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*.
- Kug, J. S., Fei-Fei Jin, and Soon-Il An, 2009: Two Types of El Niño Events: Cold Tongue El Niño and Warm Pool El Niño. *J. Climate*, 22, 1499–1515.
- 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

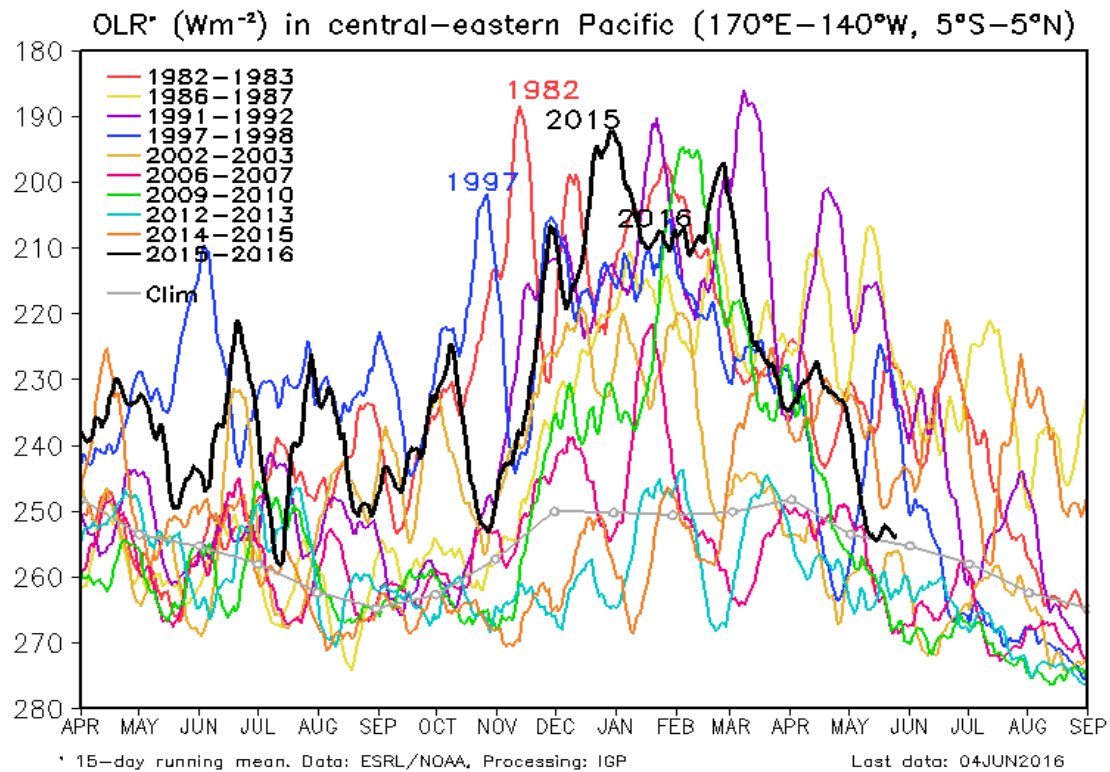


Figura 1. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental (170° - 140°W y 5°S - 5°N) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración: IGP

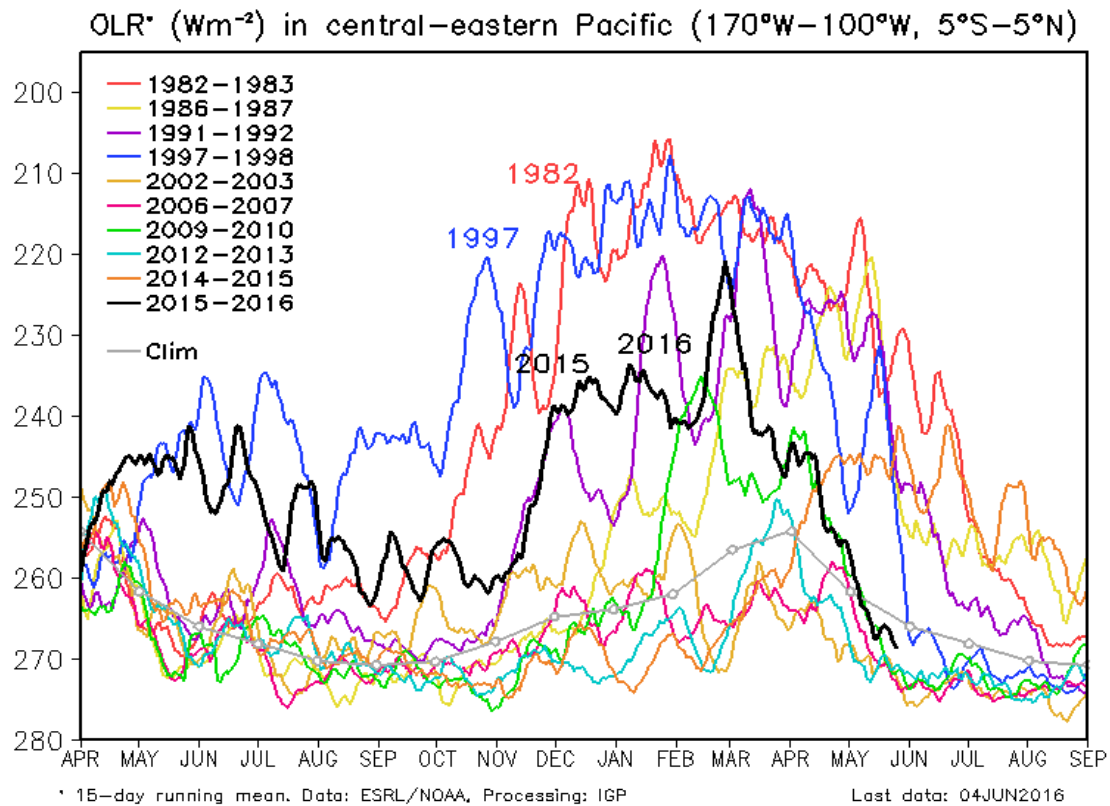


Figura 2. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental (170° - 100°W y 5°S - 5°N) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración: IGP

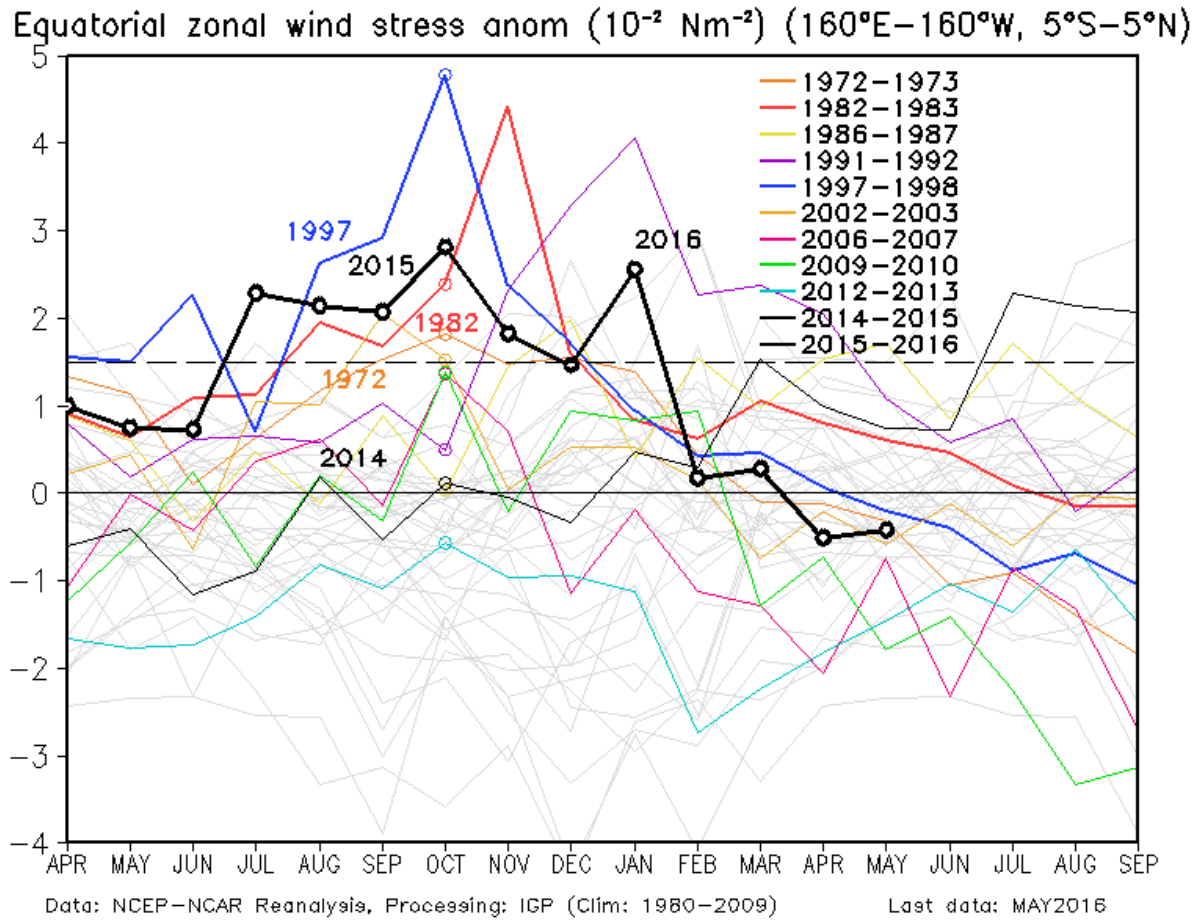


Figura 3. Promedio de la anomalía del esfuerzo de viento zonal en el Pacífico Ecuatorial ($160^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$ y $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) obtenido de los datos del reanálisis de NCEP-NCAR. Elaboración: IGP

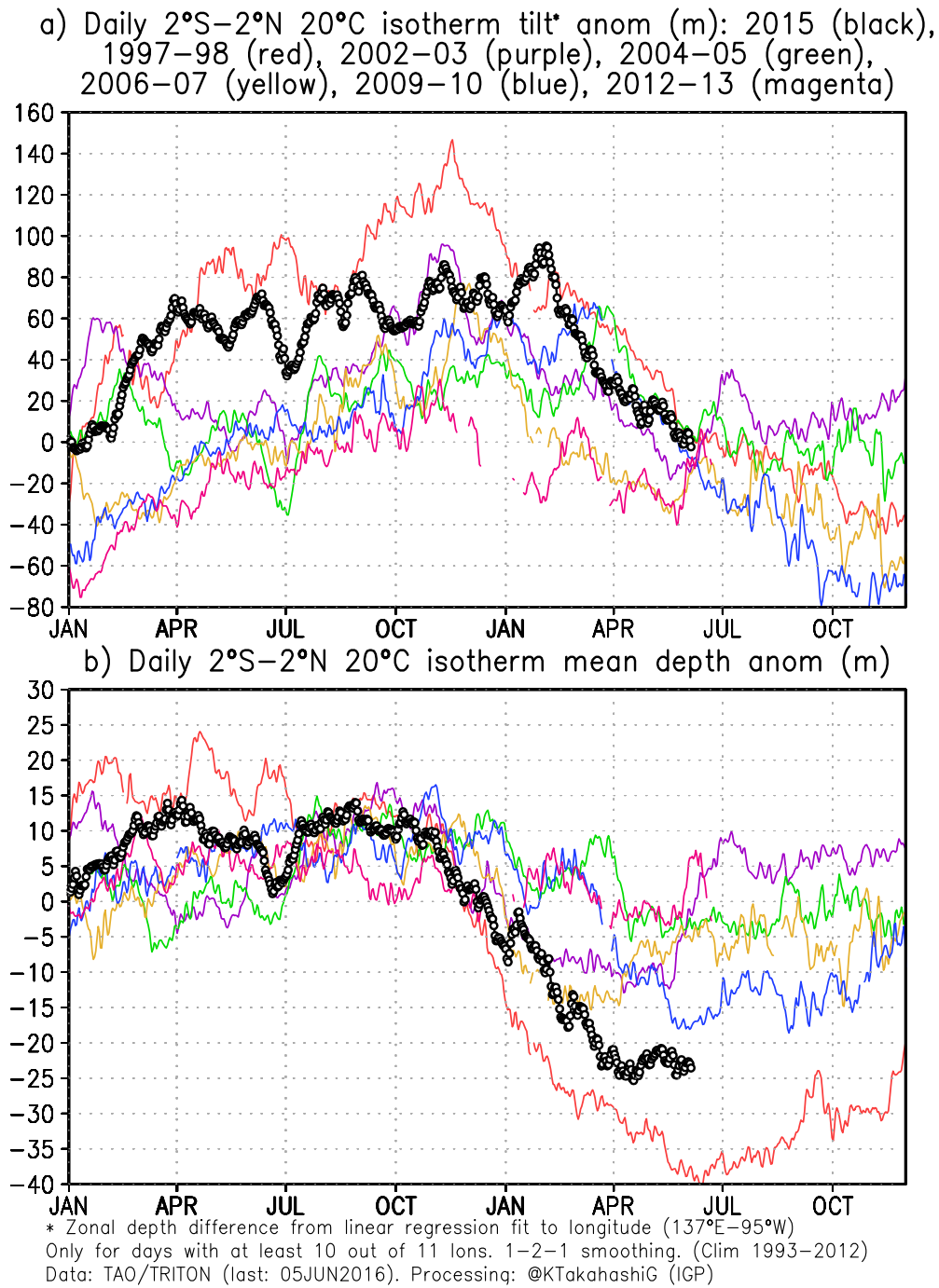


Figura 4 a) Inclínación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. **b)** Contenido de calor en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. Elaboración: IGP

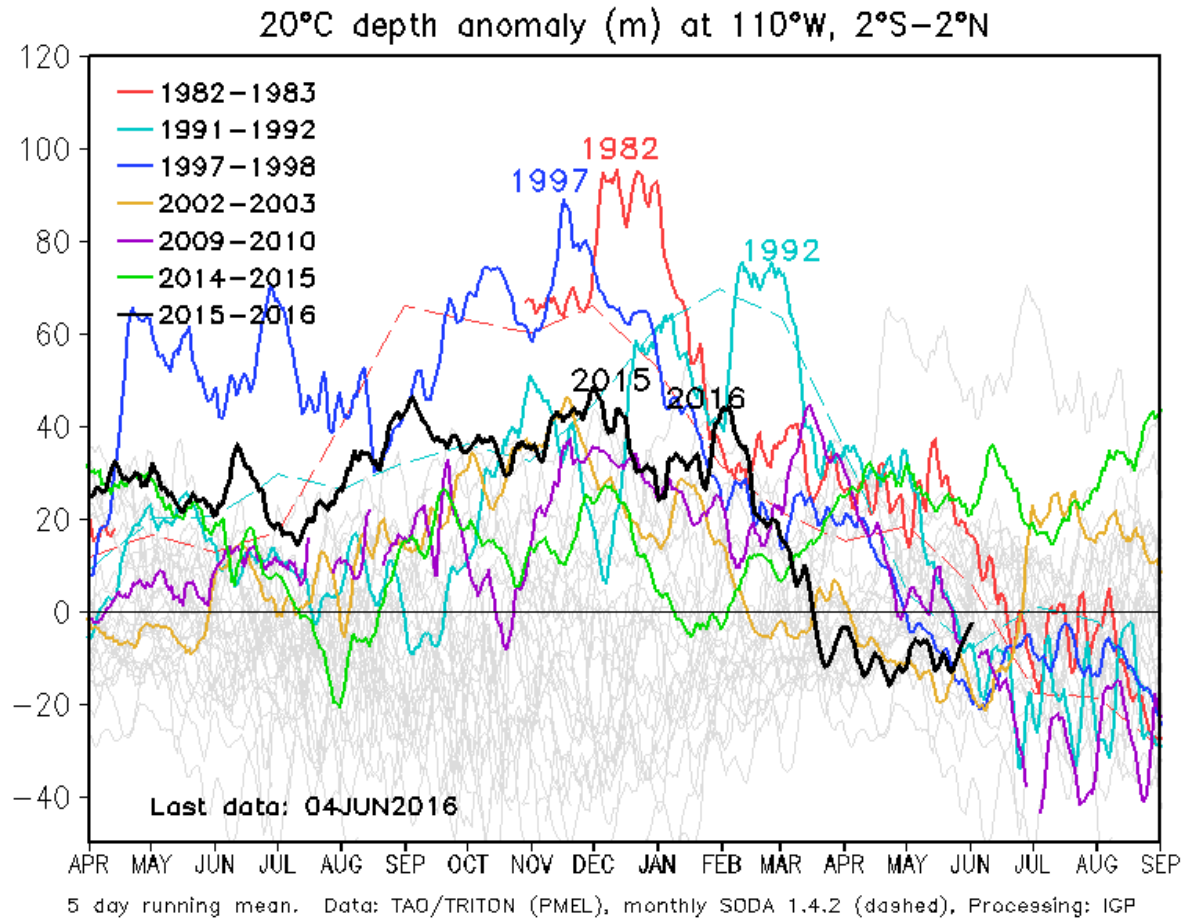


Figura 5. Anomalia de la profundidad de la isoterma de 20°C en la zona de 110°W en base a: i) la información de las boyas de TAO en 110°W y entre 2°S y 2°N; y ii) SODA. Elaboración: IGP

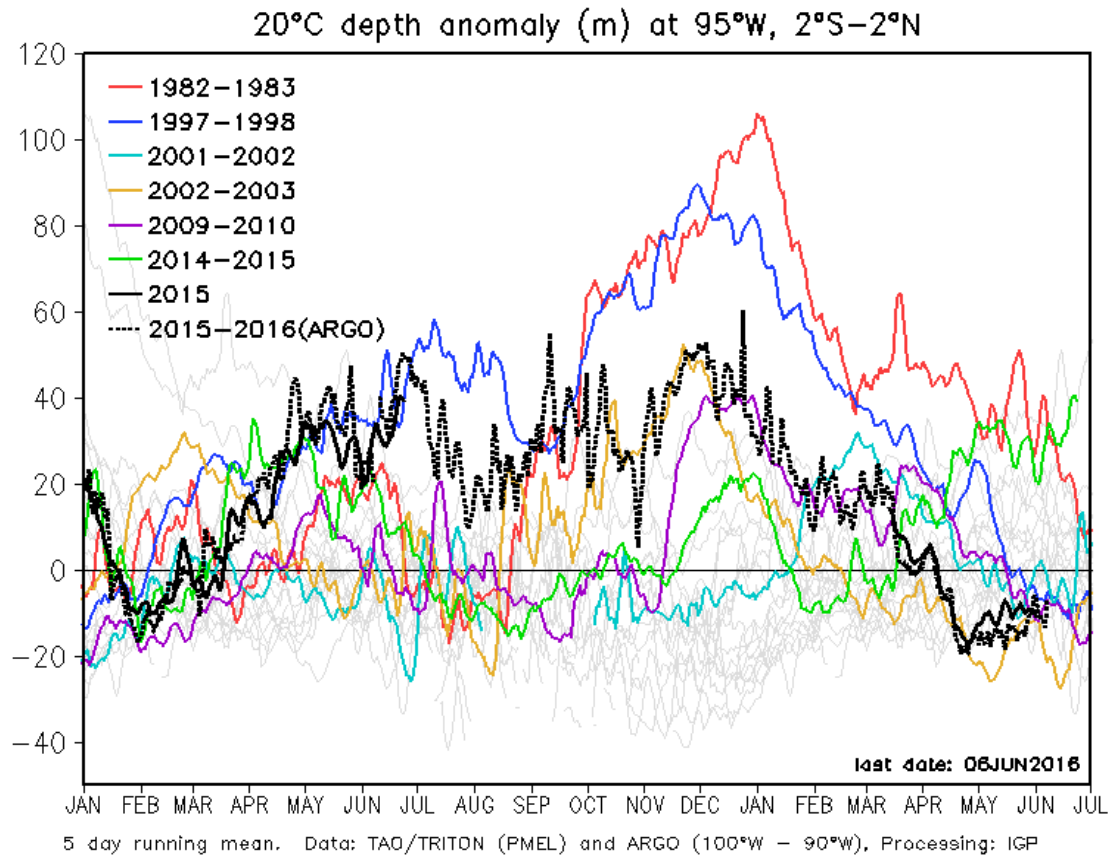


Figura 6. Anomalia de la profundidad de la isoterma de 20°C en la zona de 95°W en base a: i) la información de las boyas de TAO en 95°W y entre 2°S y 2°N; y ii) los flotadores de ARGO entre 100°-90°W y 2°S-2°N. Elaboración: IGP

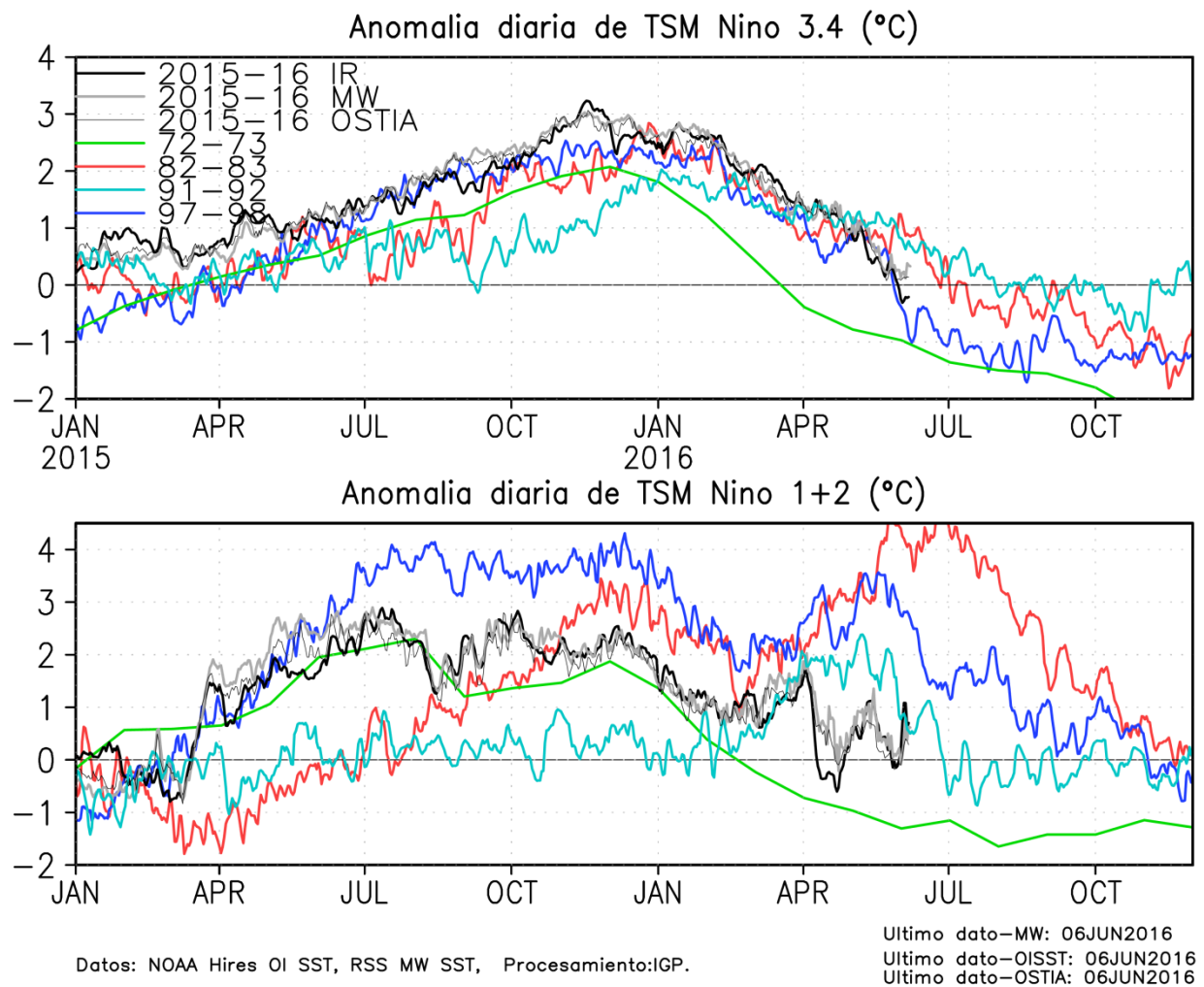


Figura 7. Anomalia de la TSM (MW, OISST y SODA) comparada con las anomalías de TSM de los años 1982 y 1983, la imagen superior es para la región Niño 3.4 y la imagen inferior la para la región Niño 1+2. Elaboración: IGP

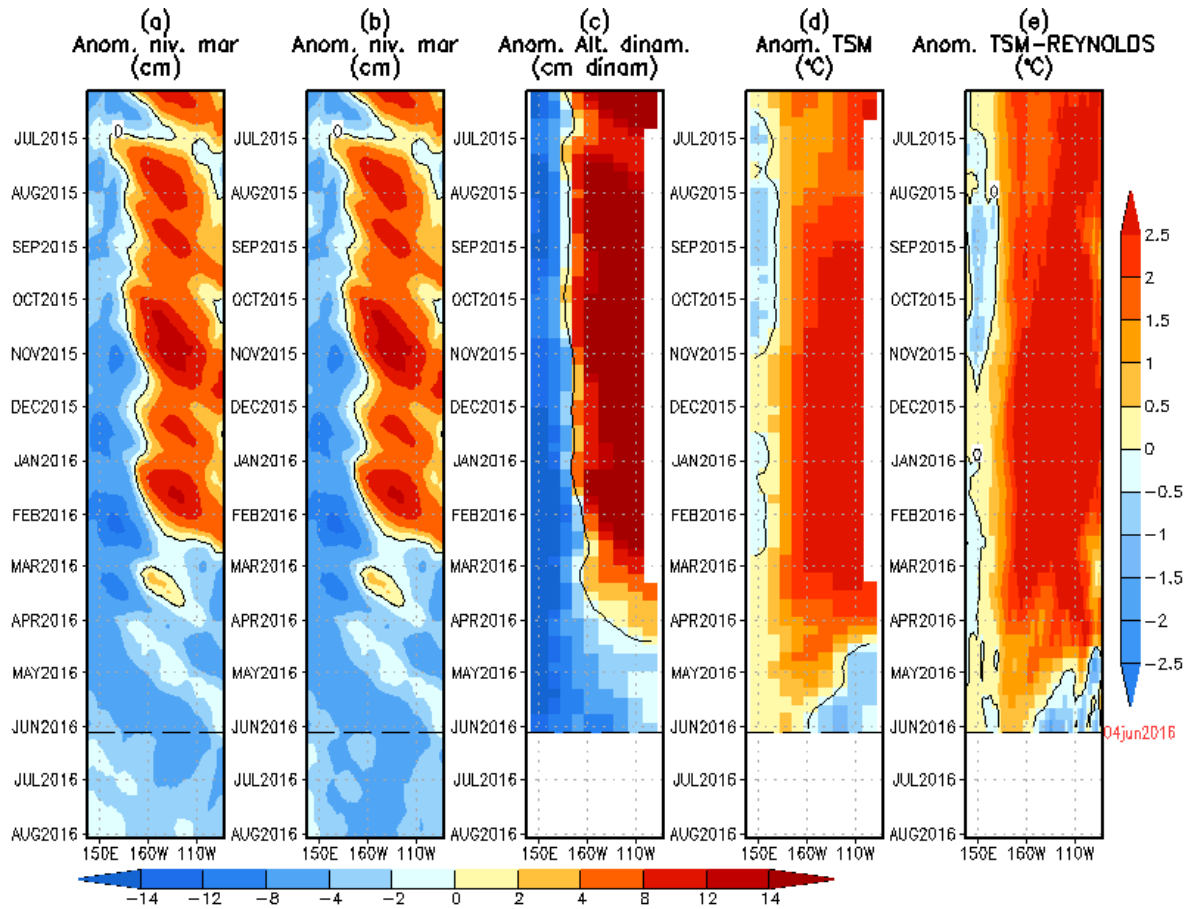


Figura 8. Anomalías (a y b) del nivel medio del mar simulado con LOM1 (termoclina uniforme), (c) de la altura dinámica (TAO), (d y e) de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente, en la región ecuatorial (2°S y 2°N). En (a) y (b) la línea cortada en color negro,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

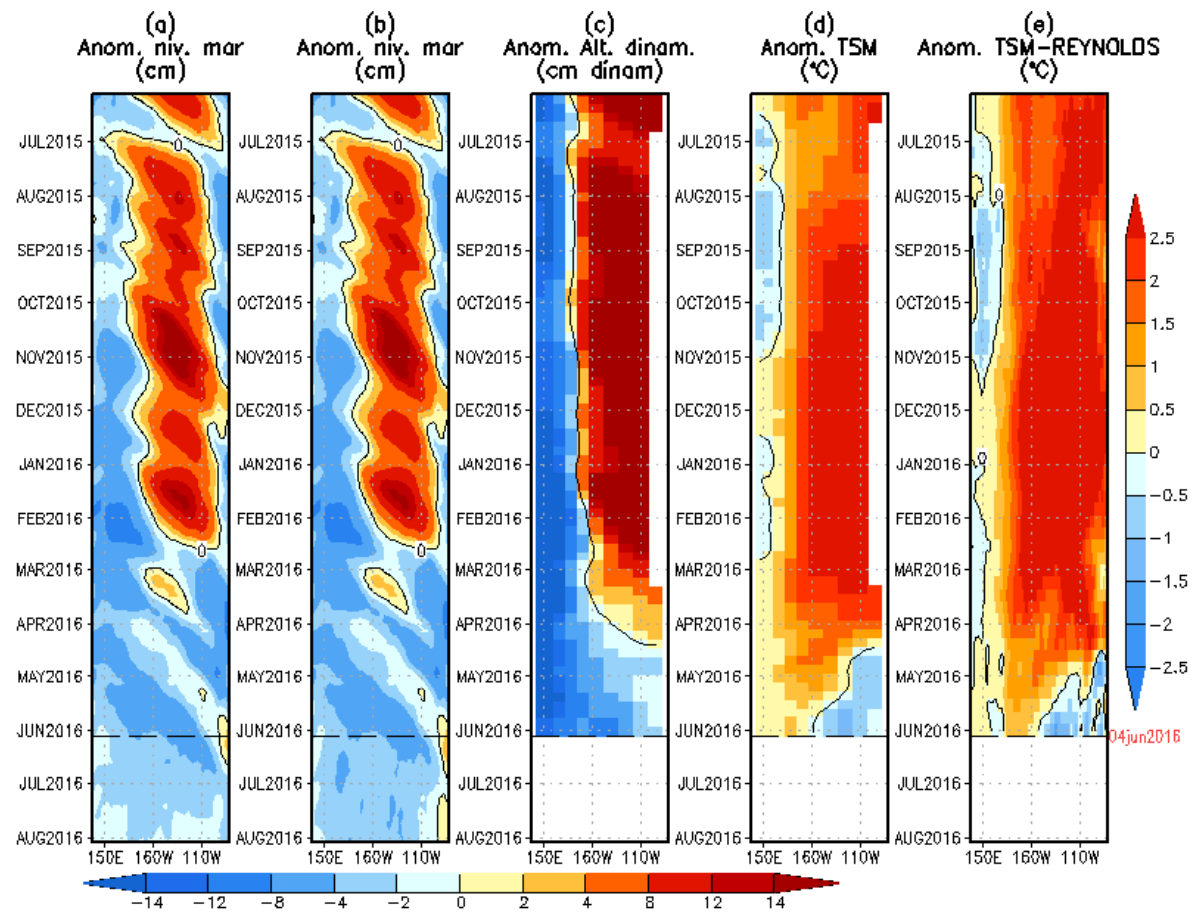


Figura 9. Similar a la Fig. 8 pero para LOM2 (termoclina variable).

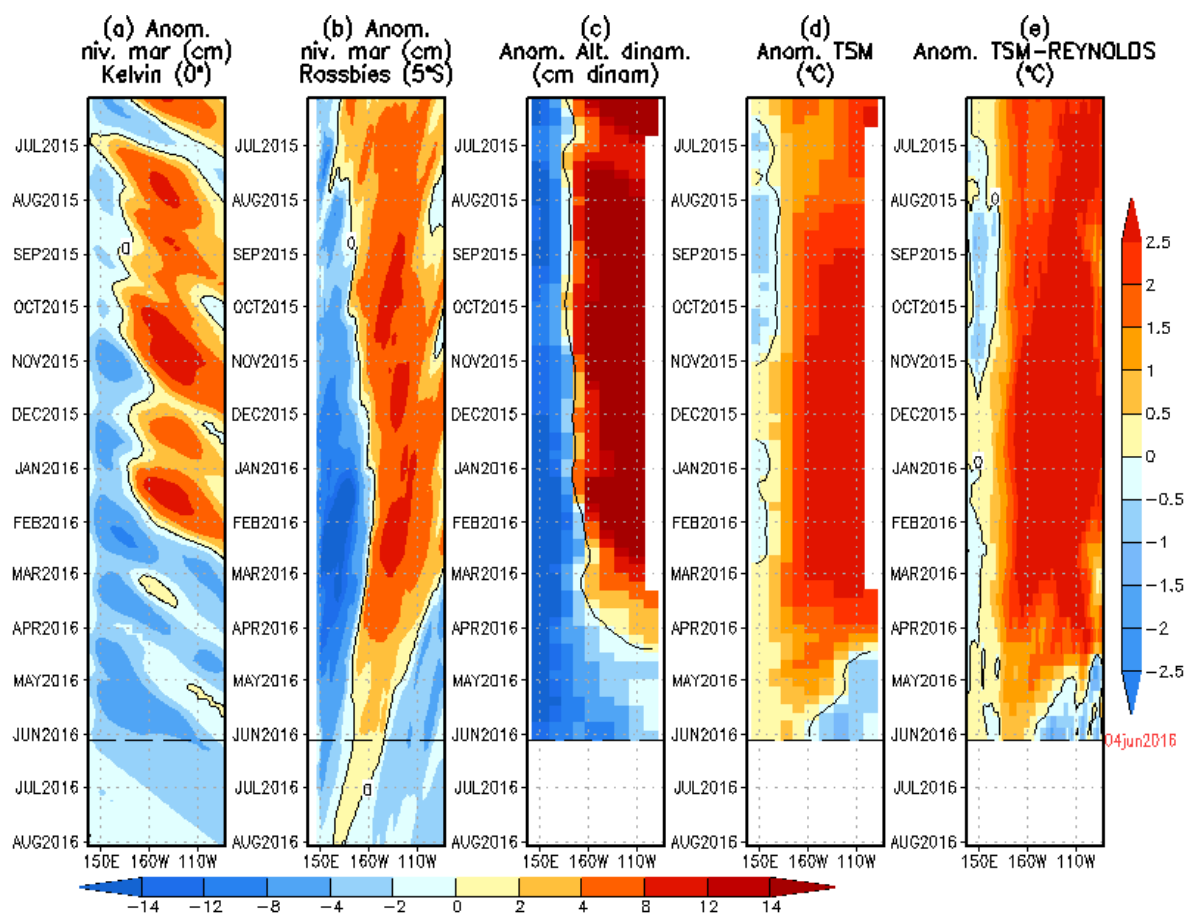


Figura 10. (a) Contribución de la Onda Kelvin al nivel del mar y (b) Contribución de la onda Rossby al nivel del mar en 5°N obtenida de LOM1a. (c) anomalía de la altura dinámica (TAO), (d y e) anomalía de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente en la región ecuatorial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

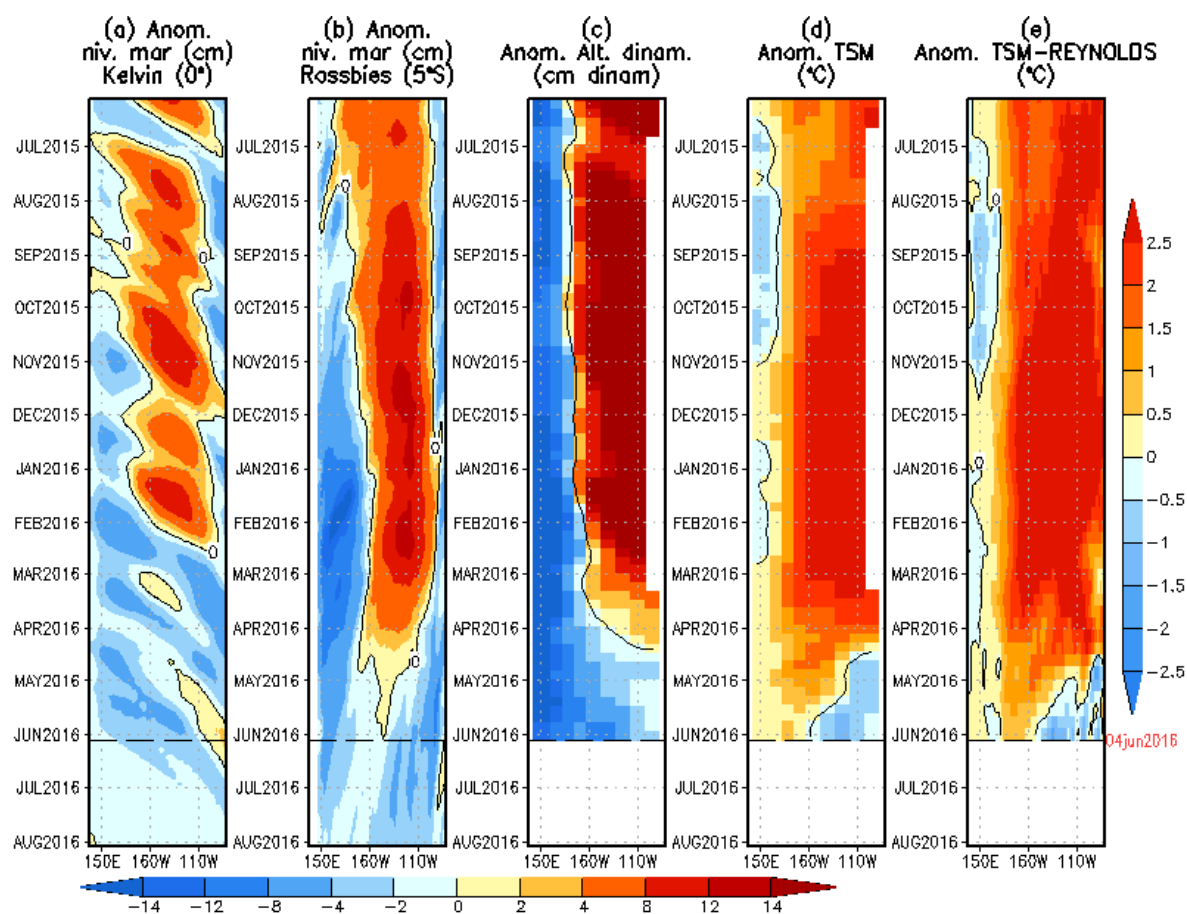


Figura 11. (a) Igual que la Figura 10, pero para LOM2a.

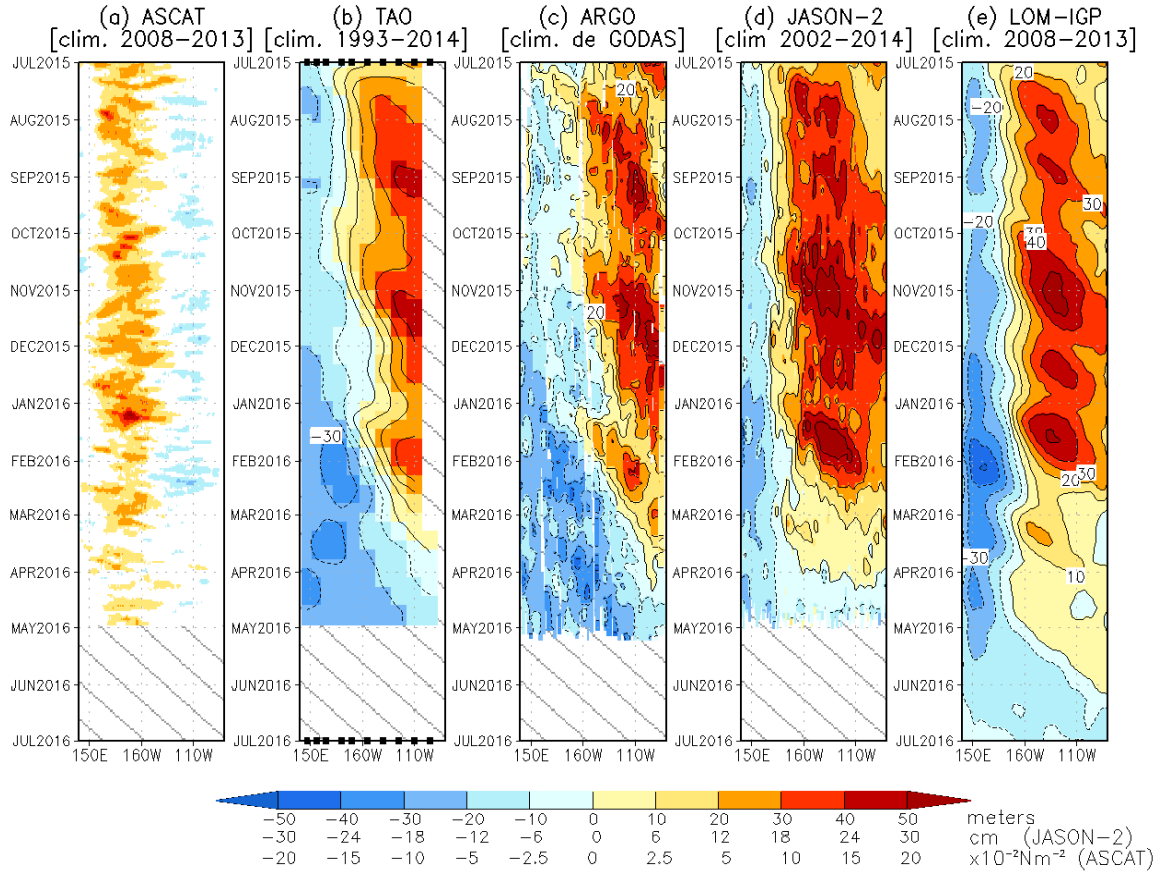


Figura 12. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra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

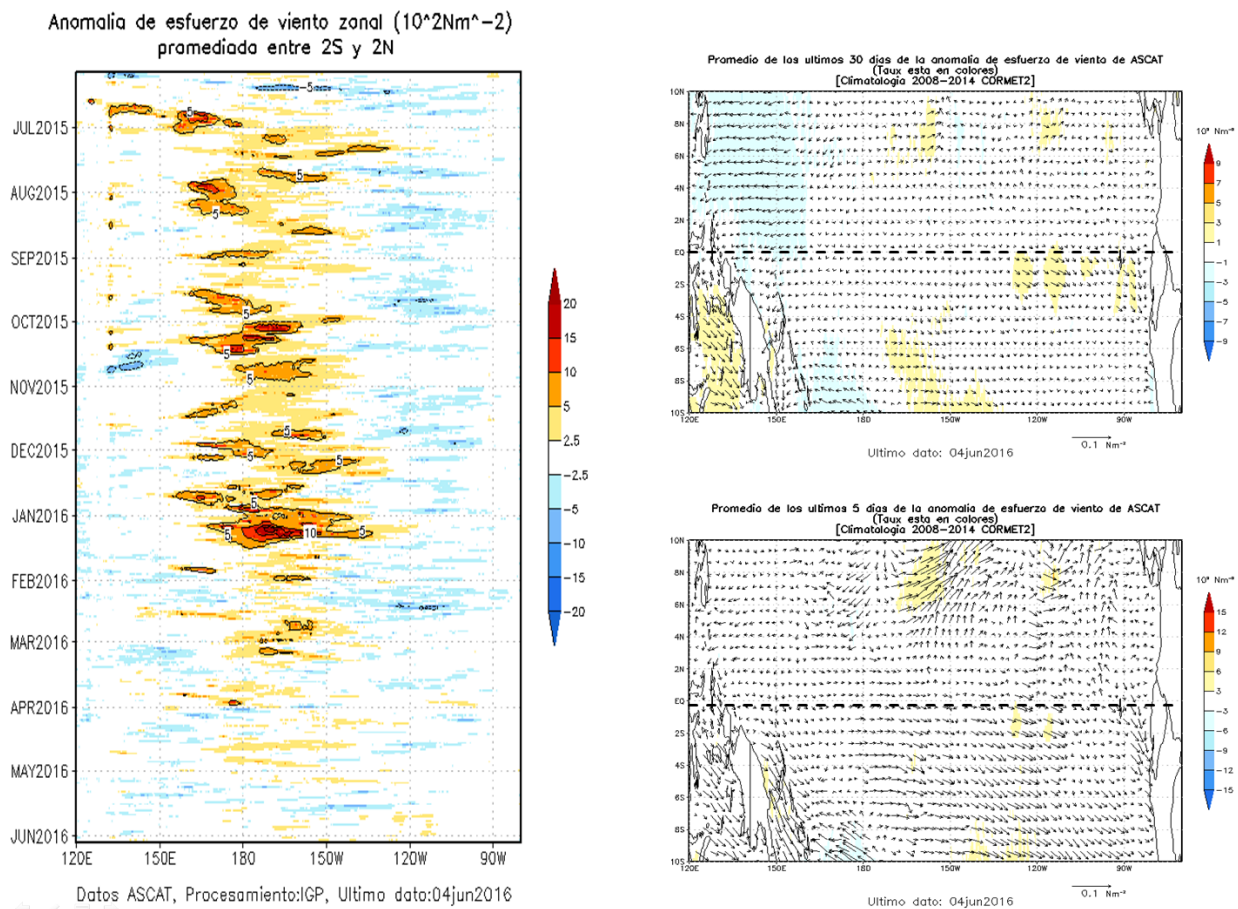


Figura 13. Izquierda: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT. Derecha (superior): Mapa del promedio de 30 días. Derecha (inferior): Mapa del promedio de 5 días, hasta el 30 de abril de 2016, incluyendo los vectores de esfuerzo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

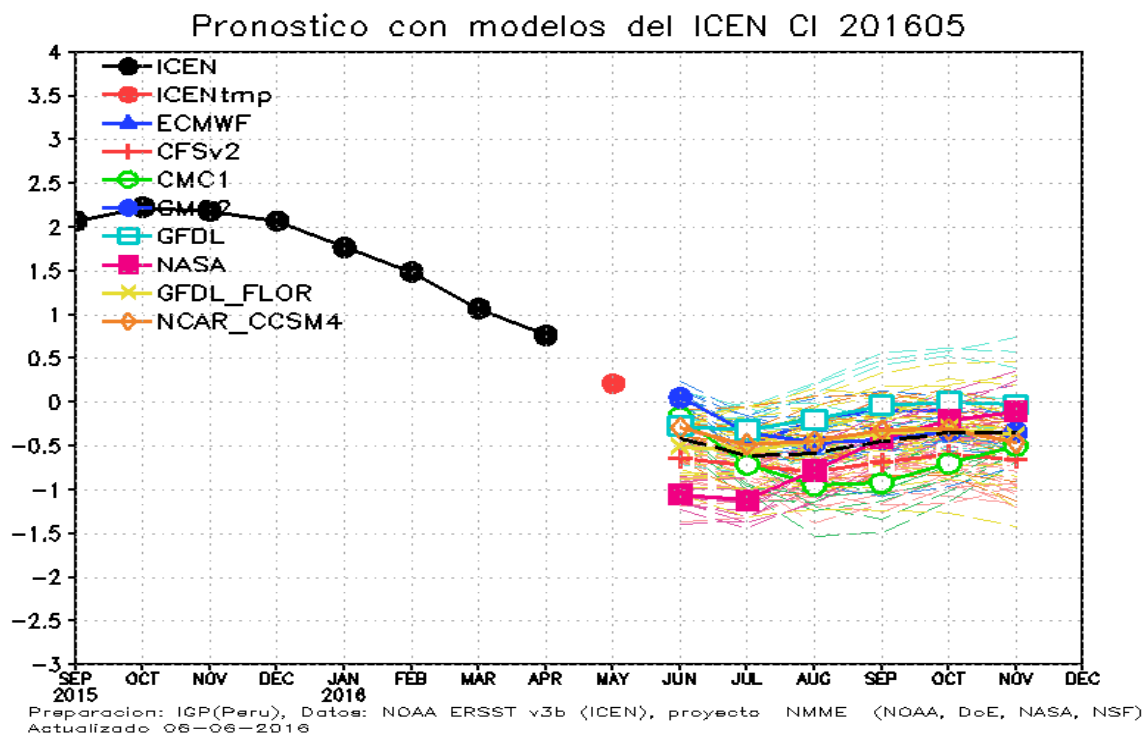


Figura 14. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y sus valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden 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 mayo de 2016. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de mayo de 2016. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF).

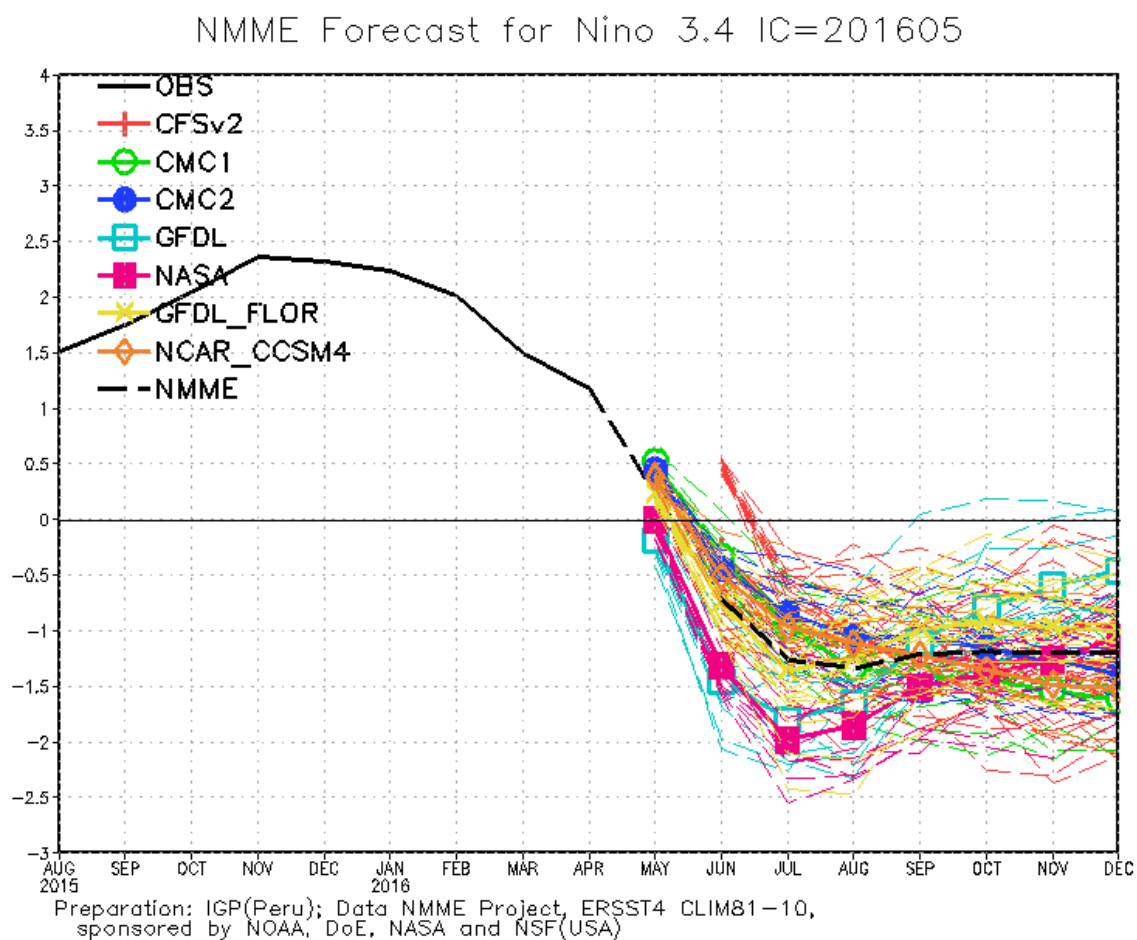


Figura 15. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

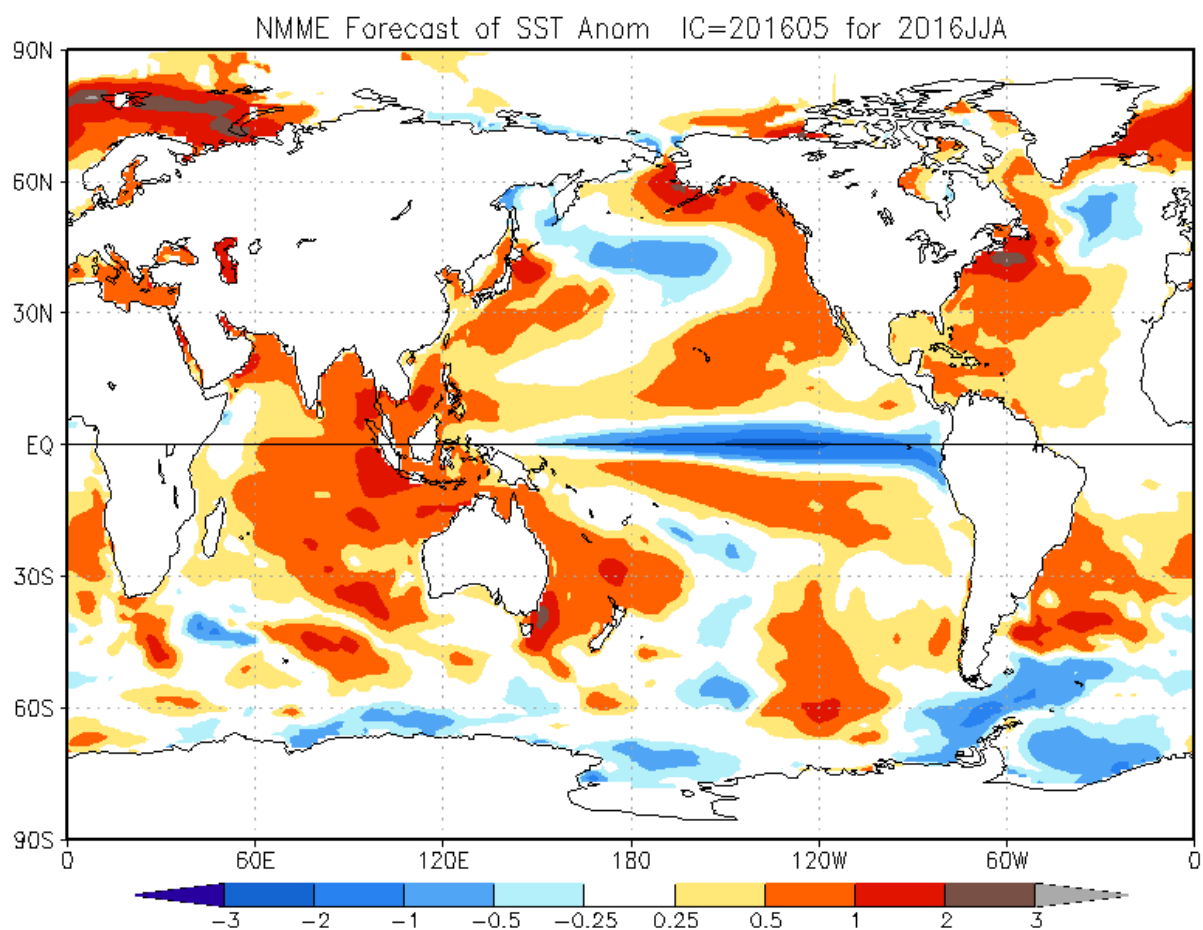


Figura 16. Pronóstico de la anomalía de temperatura superficial del mar promediada sobre los modelos del proyecto NMME (NCEP CFS2, CanCM3 CMC1 y 2, GFDL CM2.2, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 para el trimestre junio-agosto de 2016 con condiciones iniciales de mayo de 2016. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

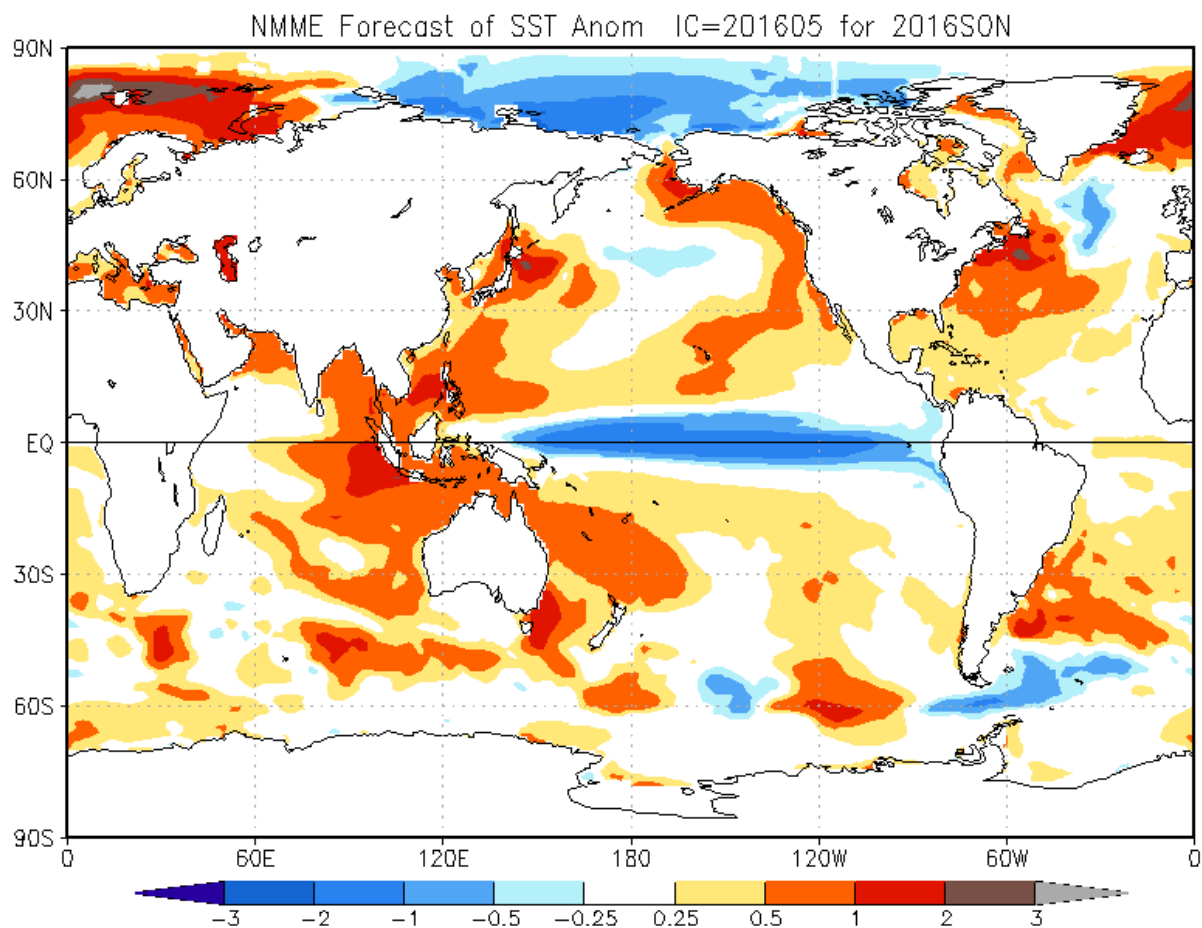


Figura 17. Similar a la Fig.16, pero para el trimestre setiembre – noviembre de 2016.

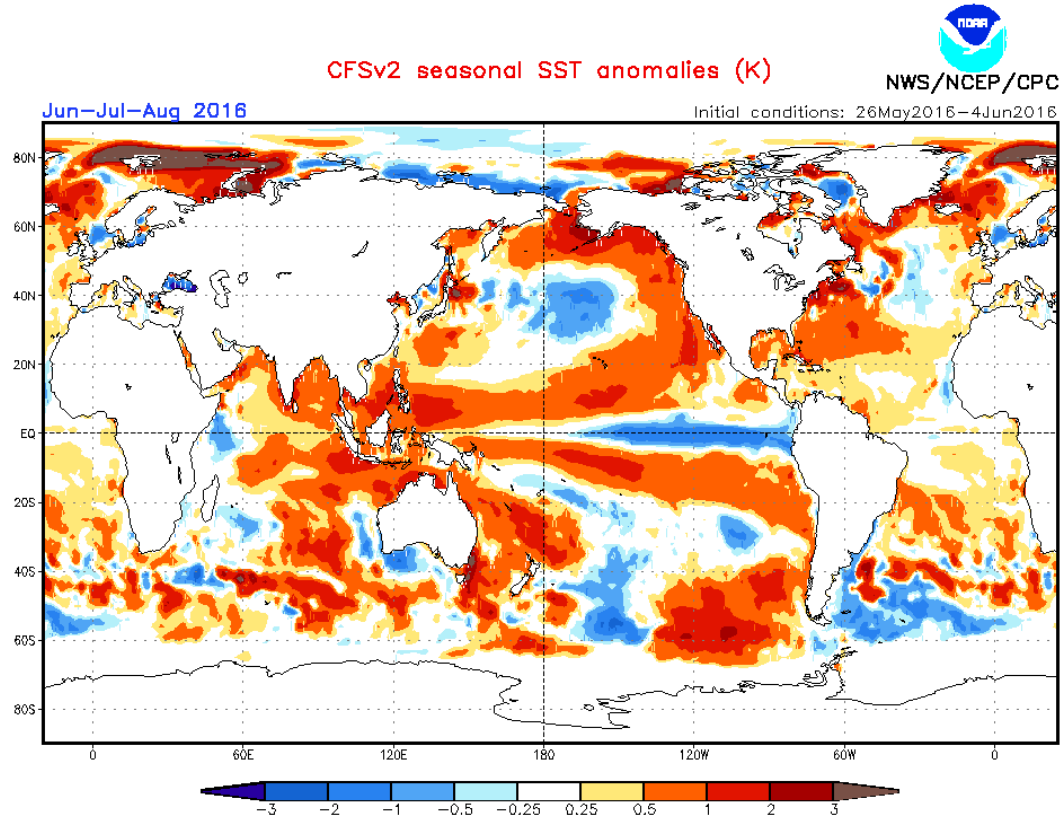


Figura 18. Pronósticos numéricos de anomalía de TSM para el periodo junio - agosto 2016 por el modelo CFSv2 con condiciones iniciales entre el 26 de mayo y 4 de junio de 2016. (Fuente: NOAA).

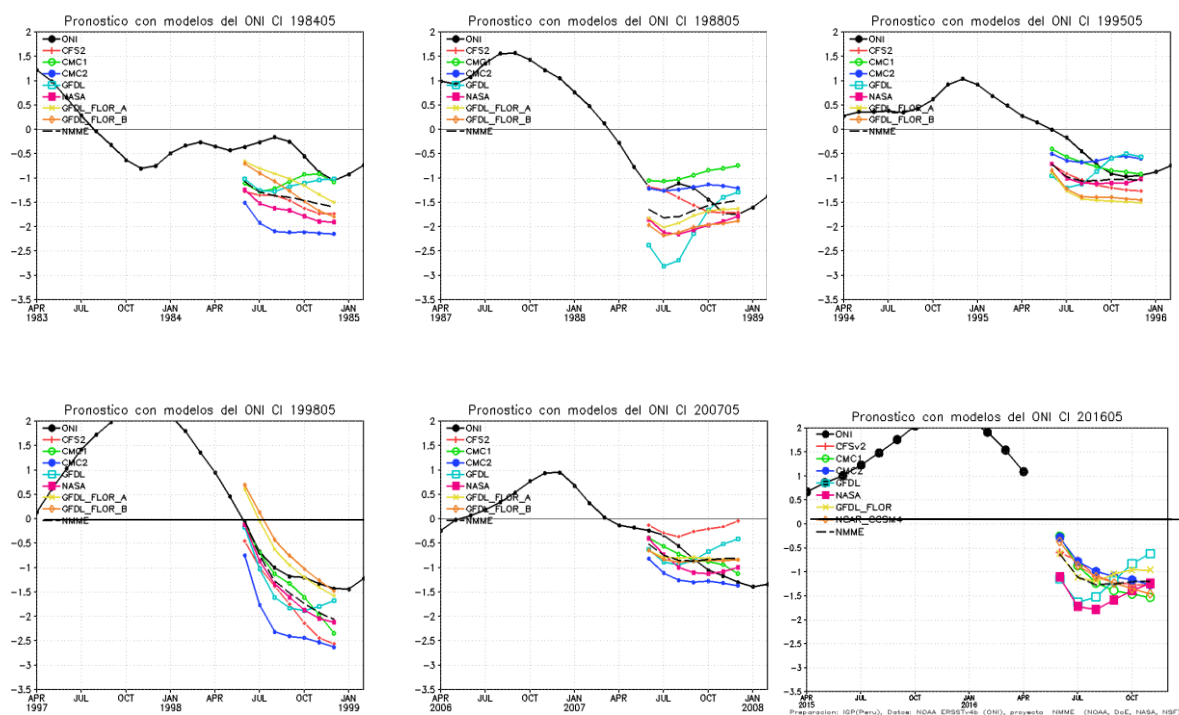


Figura 19. Pronósticos del Índice Oceánico Niño (ONI en inglés) en el Pacífico central por modelos de NMME inicializados en mayo en años con condiciones La Niña en esta región. En general, se observa una tendencia a la sobreestimación del enfriamiento.