

**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/2016-01
04/02/2016**

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 fueron cálidas fuertes (2.07°C) para el mes de diciembre, manteniéndose la presencia de El Niño Costero de magnitud Fuerte. Los valores temporales del ICEN (ICENtmp), 1 y 2, indican que para los meses de enero y febrero las condiciones serán, para ambos, Cálida Moderadas. 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 enero, indican en su mayoría condiciones cálidas moderadas para el mes de febrero, mientras que para marzo mostraría condiciones entre moderado y débil. . Estos mismos resultados numéricos predicen que para el Pacífico central las condiciones serían Cálidas Muy Fuertes y Cálidas Fuertes para esos meses.

La Onda Kelvin cálida, la cual se formó en la quincena de diciembre y se fortaleció en la quincena de enero, se observa en los datos de TAO, ARGO Y JASON, se espera que esta onda llegue al extremo oriental a partir del mes de febrero e incrementa en 2°C, adicionales, la anomalía de la Temperatura Superficial del Mar (TSM).

Siguiendo a la onda Kelvin cálida se observa una onda Kelvin fría, la cual debe forzar a la normalización de la profundidad de la termoclina, y en consecuencia, a la TSM.

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 enero 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 diciembre de 2015. Los valores se muestran en la Tabla 1.

Año	Mes	ICEN (°C)	Condiciones costeras del Mes
2015	Setiembre	2.07	Cálida Fuerte
2015	Octubre	2.23	Cálida Fuerte
2015	Noviembre	2.18	Cálida Fuerte
2015	Diciembre	2.07	Cálida Fuerte

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 diciembre, se establece que continúa la presencia de El Niño costero de magnitud fuerte, el cual se inició en abril del 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	Enero	1.67	Cálida Moderada	2015/12-2016/01: ERSST; 2016/02: NMME
2016	Febrero	1.30	Cálida Moderada	2016/01: ERSST; 2016/02-03:NMME

Tabla 2. Estimados preliminares del ICEN (ICENtmp)

Según estos valores del ICENtmp, se estima que en enero y febrero de 2016 las condiciones serían CÁLIDAS MODERADAS. El ICENtmp de enero será confirmado cuando se disponga del valor de ERSST para el mes de febrero de 2016.

Diagnóstico del Pacífico Ecuatorial

Para el mes de enero el Pacífico Ecuatorial continúa reflejando el desarrollo del fenómeno El Niño 2015-16. Aún persiste el acoplamiento océano-atmósfera en el Pacífico central aunque con menor intensidad que el mes anterior (Figura 1). Las ATSM en la región Niño 3.4 son muy cercanas, en promedio, a las de 1998 (ver Figura 7b). En la región Niño 1+2 la ATSM está bastante por debajo de lo observado en 1998 y 1983, pero es superior a las condiciones de 1973 y 1992 (Figura 7a). Las anomalías de viento del oeste en el Pacífico central (160°E-160°W; 5°S-5°N) se reactivaron y superó a las de los años 83 y 98 (Figura 3). Finalmente, la convección en el Pacífico central-oriental sigue activa pero, a pesar que se incrementó durante el mes de enero, no alcanza los valores de 1993 y 1998 (Figura 2). La termoclina en el Pacífico oriental, en el punto 110°W, es más profunda que en el año 1998 y próxima a 1983, para esos años el evento estaba culminado (Figura 5); en el punto 95°W a pesar de estar más profunda de lo normal como consecuencia de la menor inclinación de la termoclina ecuatorial, no se asemeja a la observada en los años 1983 y 1998 (Figura 6). Hay que indicar que durante el mes de enero la profundidad promedio de la termoclina ecuatorial continuó disminuyendo hasta alcanzar valores por debajo de su climatología. Esto podría interpretarse como la fase de descarga que marcaría aparentemente el proceso de finalización de El Niño (Figura 4).

Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

Los productos de ARGO (Figura 12c), JASON-2 (Figura 12d) y del modelo lineal (Figura 12e) muestran la señal de la onda Kelvin cálida que se formó debido a pulsos de vientos del oeste en la segunda quincena de diciembre. Según los datos de las boyas de TAO, en particular de 125°W, la onda Kelvin estaría profundizando la termoclina alrededor de 40 metros más que lo normal. Aún no es claro el paso de la onda en 110°W ni 95°W. Se espera que esta onda llegue al extremo oriental a partir del mes de febrero y contribuya a mantener o aumentar las anomalías positivas de la TSM según qué tan intensa sea la onda, para lo cual se debe monitorear su desarrollo. Dado que esta onda llegaría en la temporada cálida, podría aumentar sustancialmente la probabilidad de lluvias intensas en la costa norte. Hay que recordar que una onda Kelvin similar se presentó en el verano del año 2002 y provocó el incremento de la TSM en 2°C por encima de su normal en la estación Puerto Chicama.

Siguiendo a la onda Kelvin cálida se observa una onda Kelvin fría, la cual debe forzar a la normalización de la profundidad de la termoclina, y en consecuencia la TSM.

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para el mes de febrero, los pronósticos de la anomalía de TSM en el Pacífico Oriental (región Niño 1+2) indican condiciones fuertes (6 de 7 modelos) y magnitud débil (1 de 7 modelos), para los de marzo y abril, 2 de 8 modelos indican condiciones fuertes y 6 de 8 modelos condiciones moderadas. (Ver Tabla 3 y Figura 14). Por otro lado, en el Pacífico central (Niño 3.4) los modelos indican que las condiciones para los meses de febrero y marzo serían cálida muy fuerte y fuerte respectivamente. (Figura 15); las condiciones para los trimestre Febrero – Abril y Mayo- Julio 2016 serían fuerte y moderado respectivamente (Ver figuras 16 y 17).

Modelo	DEF	EFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA
CFS2	1.33	0.61	0.76	0.93	0.88	0.58	0.20
CMC1	1.40	1.11	0.87	0.74	0.47	0.01	-0.41
CMC2	1.68	1.46	1.43	1.55	1.56	1.24	0.72
GFDL	1.63	1.23	0.92	0.78	0.64	0.52	0.37
NASA	1.80	1.54	1.35	1.27	0.99	0.63	0.38
GFDL_FLOR	1.60	1.17	0.84	0.66	0.34	-0.10	-0.53
NCAR_CCSM4	1.48	1.06	0.84	0.80	0.64	0.39	0.12
NMME	1.56	1.17	1.00	0.96	0.79	0.47	0.12
ECMWF			0.9	0.7	0.5	0.1	
ICENtmp	1.67						

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

Modelo	Magnitud
CFS2	Débil
CMC1	Moderado
CMC2	Moderado
GFDL	Moderado
NASA	Moderado
GFDL_FLOR	Moderado
NCAR_CCSM4	Moderado
NMME (prom)	Moderado
ECMWF	-

Tabla 4. Pronósticos de magnitud de El Niño costero para el periodo (diciembre 2015 –marzo 2016) según condiciones observadas y los modelos climáticos con condiciones iniciales de enero de 2016.

Conclusiones:

1. El ICEN para diciembre de 2015 fue de +2.07°C (Cálida fuerte). Asimismo, el ICENtmp para enero de 2016 es +1.67°C (Cálida Moderada) y febrero de 2016 es de +1.30°C (Cálida Moderada).
2. La señal de la onda Kelvin cálida formada en la segunda quincena de diciembre se observa en los datos de TAO, ARGO (termoclina) y JASON (altura del nivel del mar) en los últimos días de enero. Según los datos de las boyas TAO, en particular en 125°W, la onda Kelvin estaría profundizando la termoclina en alrededor de 40 metros más que lo normal. Aún no es claro el paso de la onda en 110°W ni 95°W. Se espera que esta onda llegue al extremo oriental a partir del mes de febrero y contribuya a mantener o aumentar las anomalías positivas de la TSM según qué tan intensa sea la onda, para lo cual se debe monitorear su desarrollo. Dado que esta onda llegaría en la temporada cálida, podría aumentar sustancialmente la probabilidad de lluvias intensas en la costa norte. Hay que recordar que una onda Kelvin similar se presentó en el verano del año 2002 y provocó el incremento de la TSM en 2°C por encima de su normal en la estación Puerto Chicama.
3. Siguiendo a la onda Kelvin cálida se observa una onda Kelvin fría, la cual debe forzar a la normalización de la profundidad de la termoclina, y en consecuencia la TSM.
4. Para el Pacífico oriental (Niño 1+2), 6 de 7 modelos inicializados en enero indican que el mes de febrero presentaría condiciones cálidas moderadas (1 de 7 indica condición cálida débil). Según los datos observados el pico habría sido en octubre del 2015. Para el verano 2015-2016 (Diciembre 2015-Marzo 2016), 6 de 7 modelos predicen condiciones moderadas (1 de 7 indica condiciones debiles). Los modelos indica fin del El Niño costero entre los meses de mayo y julio.
5. Para el **Pacífico central** (Niño 3.4), todos los modelos que han sido considerados, y que fueron inicializados en enero, indican que El Niño habría alcanzado una anomalías de magnitud muy fuertes a fines de 2015 y decaería a lo largo de los primeros meses de 2016.
6. En la segunda quincena de enero la magnitud de la ATSM y su tendencia en Niño 3.4 es similar a la de los años 1997 y 1982. Asimismo, en el mismo periodo, la ATSM en la zona Niño 1+2 también muestra una tendencia negativa, pero con magnitud inferior a la de los años 1997 y 1982, incluso se aproxima a los valores del año 1972.
7. La termoclina en el Pacífico oriental en los puntos 125W, 110W y 95W continúa anómalamente profunda, es decir aún existe una inclinación hacia el Este de la termoclina.
8. Por otro lado, en general, la profundidad de la termoclina en el Pacífico Ecuatorial se ha reducido, presentando anomalías negativas, debido al proceso de descarga del contenido de calor en la región del Pacífico Ecuatorial.

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/elnino/>

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

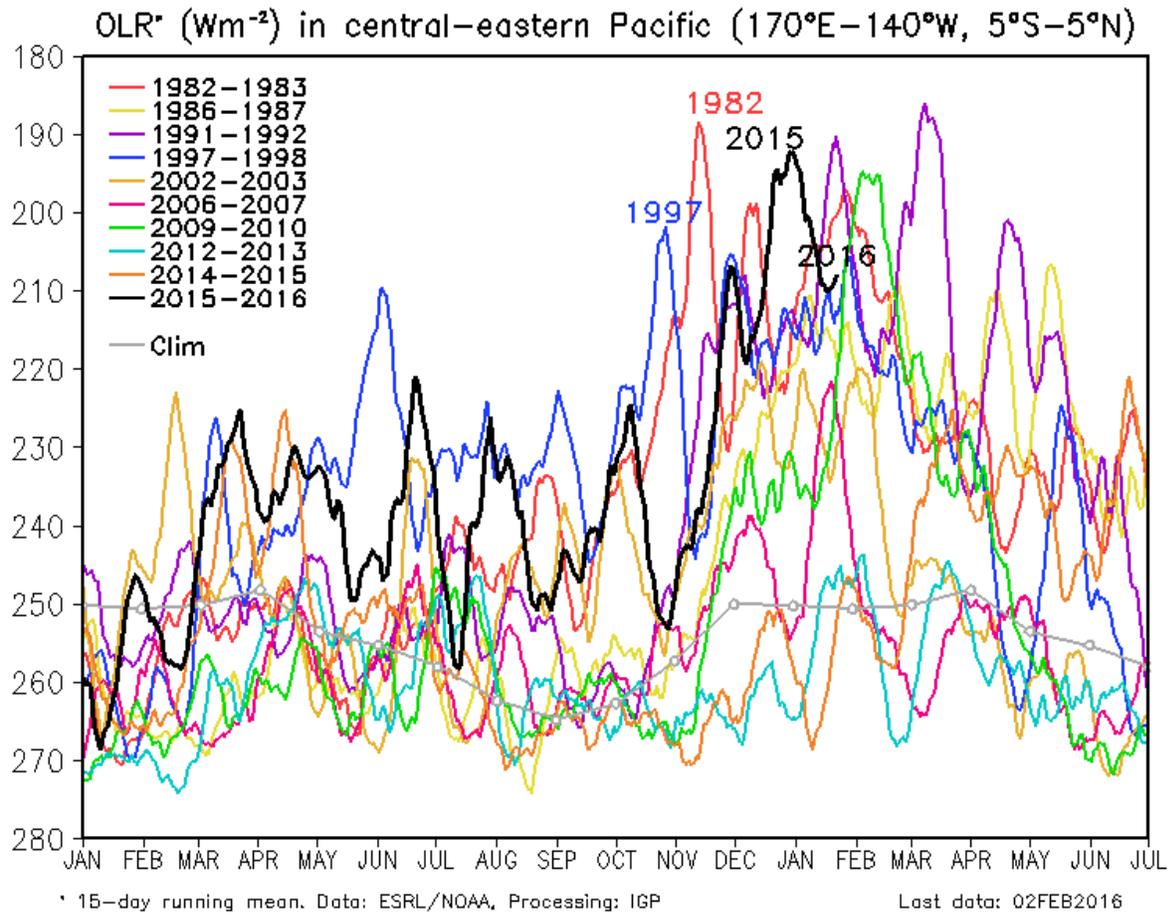


Figura 1. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental ($170^{\circ}-140^{\circ}W$ y $5^{\circ}S-5^{\circ}N$) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración: IGP

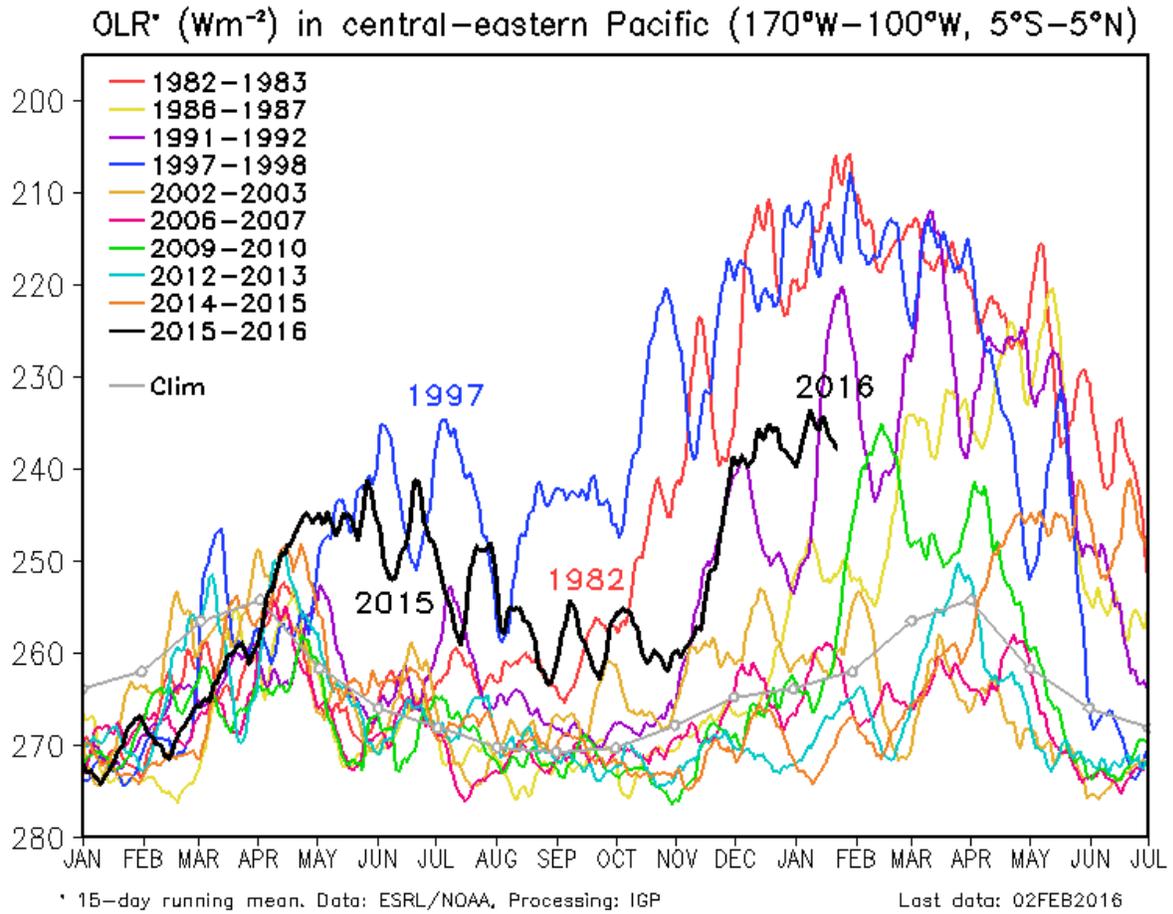


Figura 2. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental ($170^{\circ}-100^{\circ}\text{W}$ y $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración: IGP

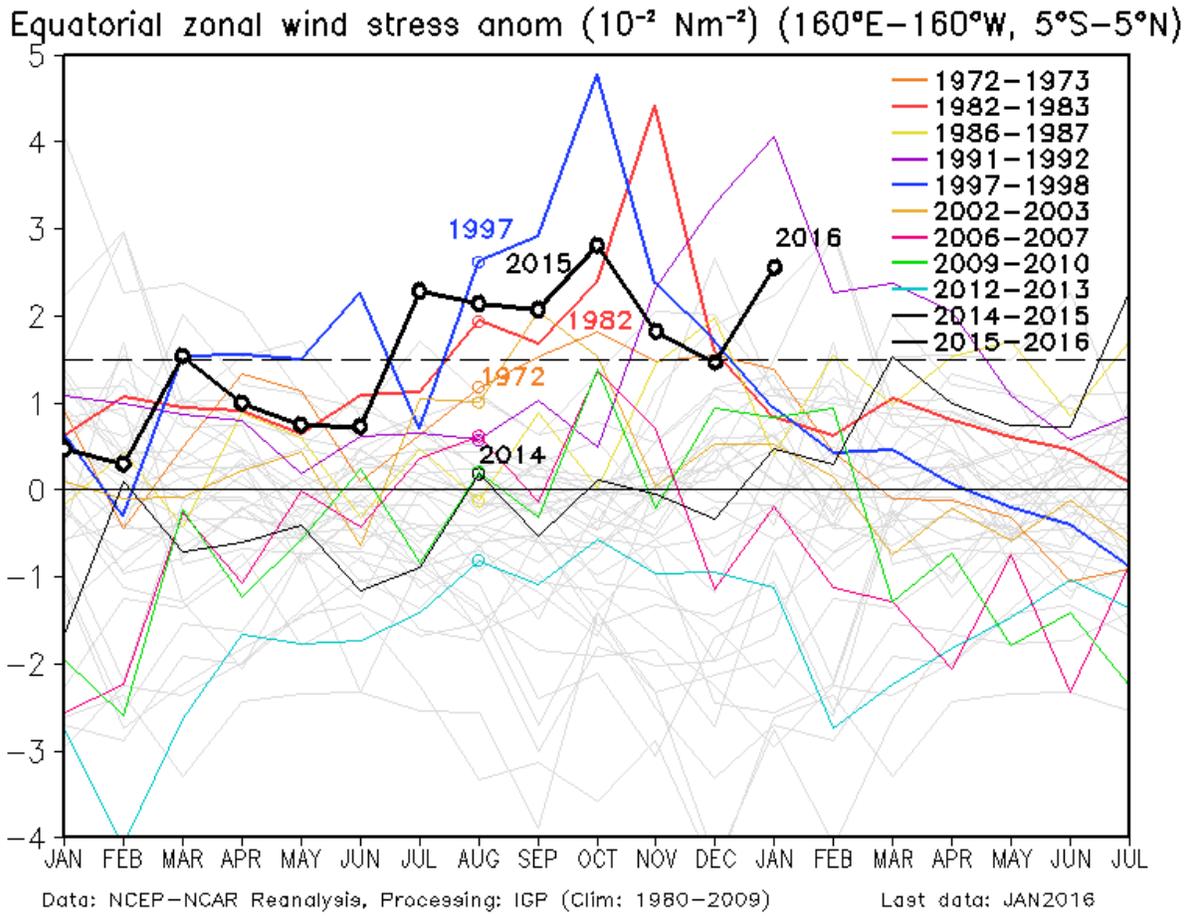


Figura 3. Promedio de la anomalía del esfuerzo de viento zonal en el Pacífico Ecuatorial ($160^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$ y $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) obtenido de los datos del reanálisis de NCEP-NCAR. Elaboración: IGP

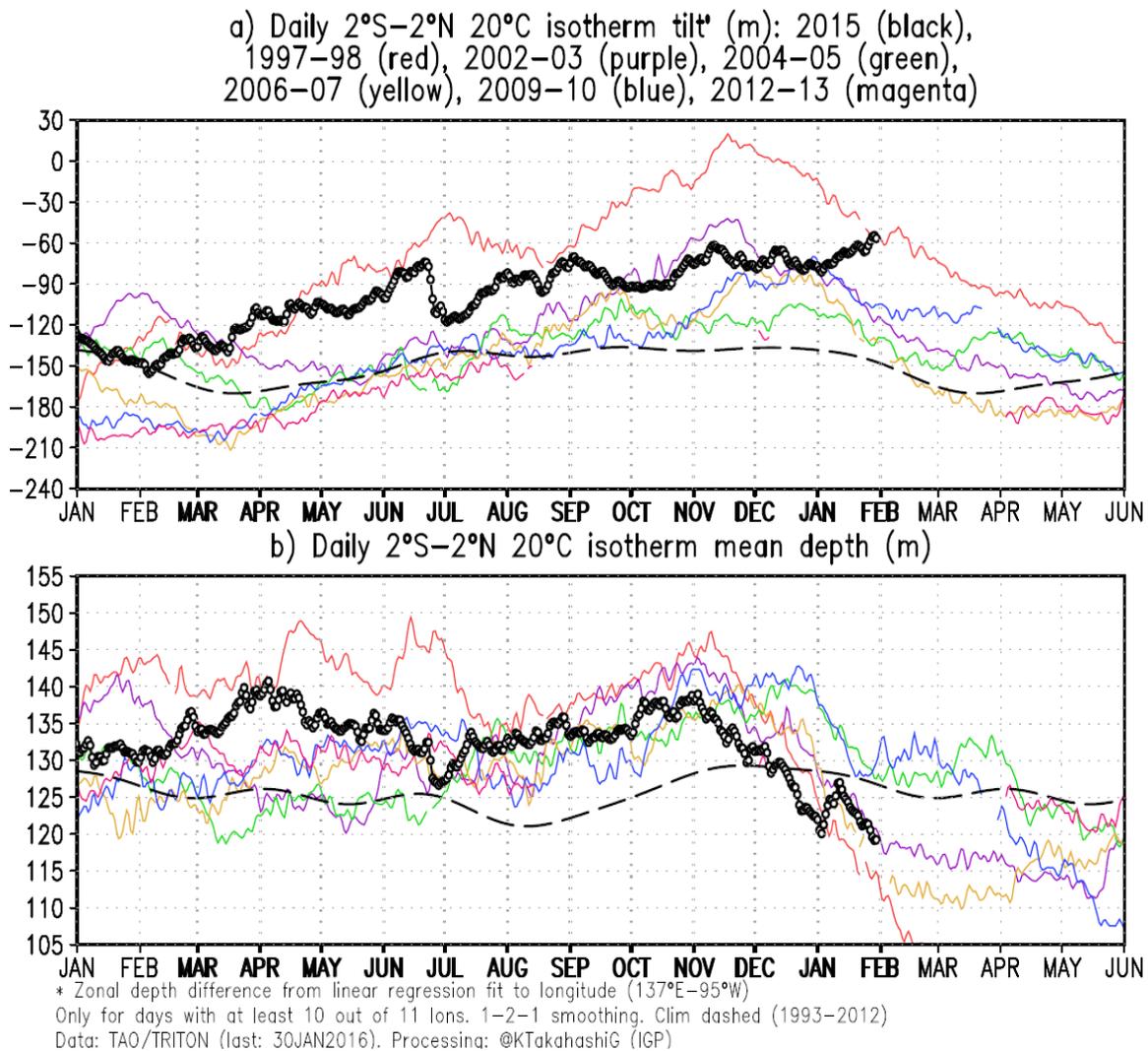


Figura 4 a) Inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. **b)** Contenido de calor en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. Elaboración: IGP

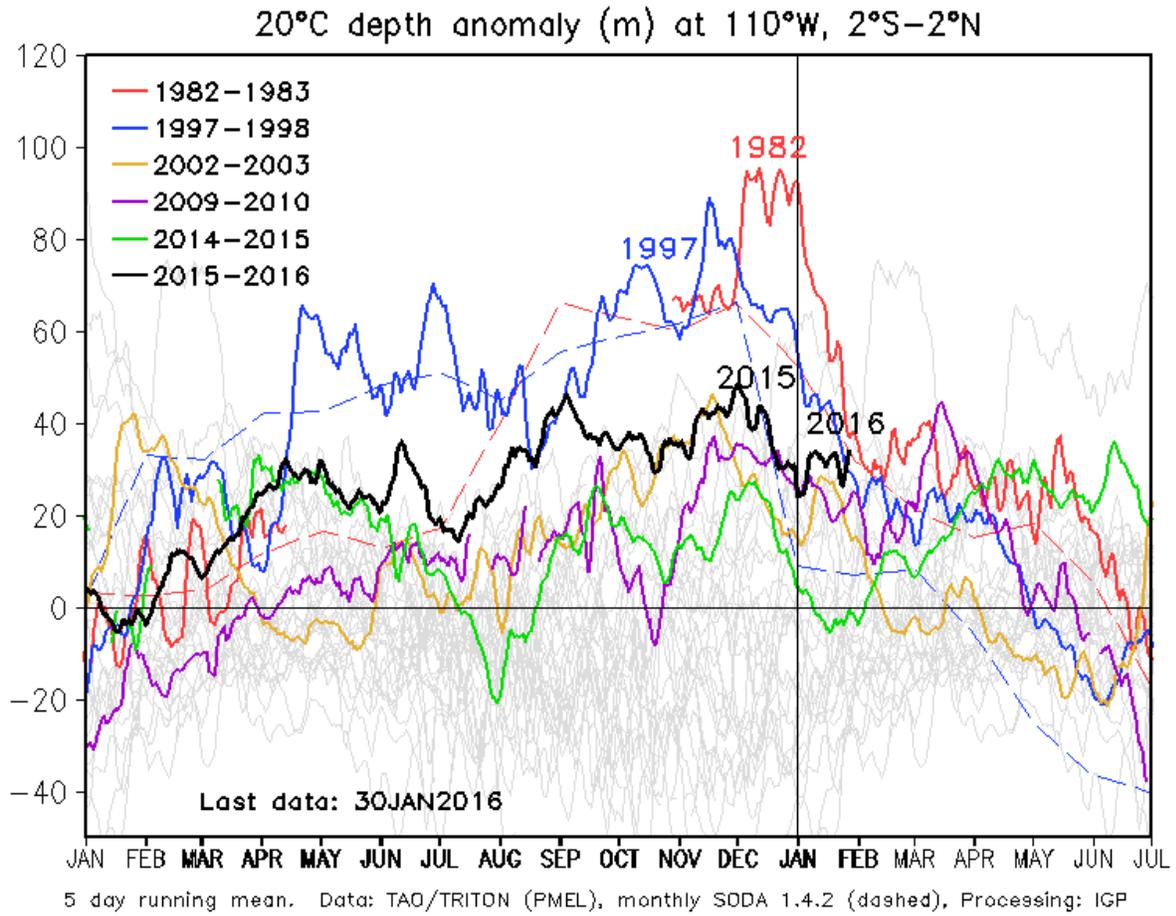


Figura 5. Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C en la zona de 110°W en base a: i) la información de las boyas de TAO en 110°W y entre 2°S y 2°N; y ii) SODA. Elaboración: IGP

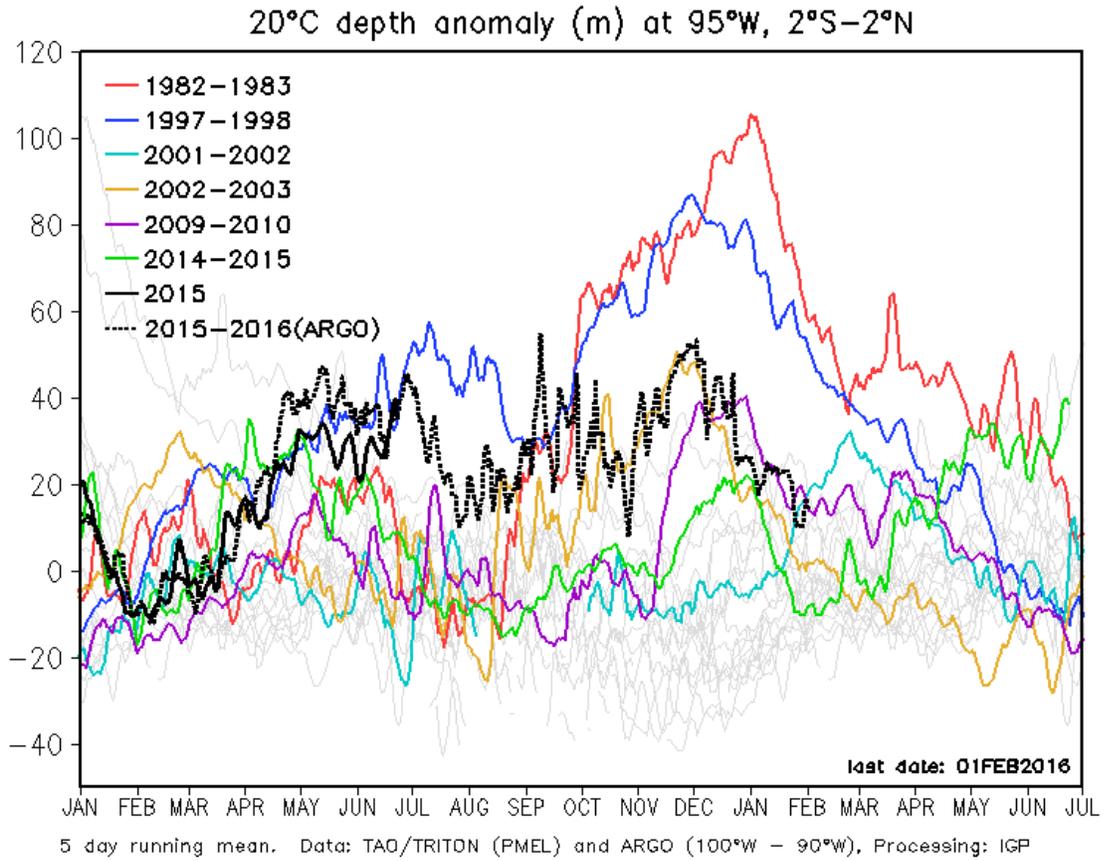


Figura 6. Anomalia de la profundidad de la isoterma de 20°C en la zona de 95°W en base a: i) la información de las boyas de TAO en 95°W y entre 2°S y 2°N; y ii) los flotadores de ARGO entre 100°-90°W y 2°S-2°N. Elaboración: IGP

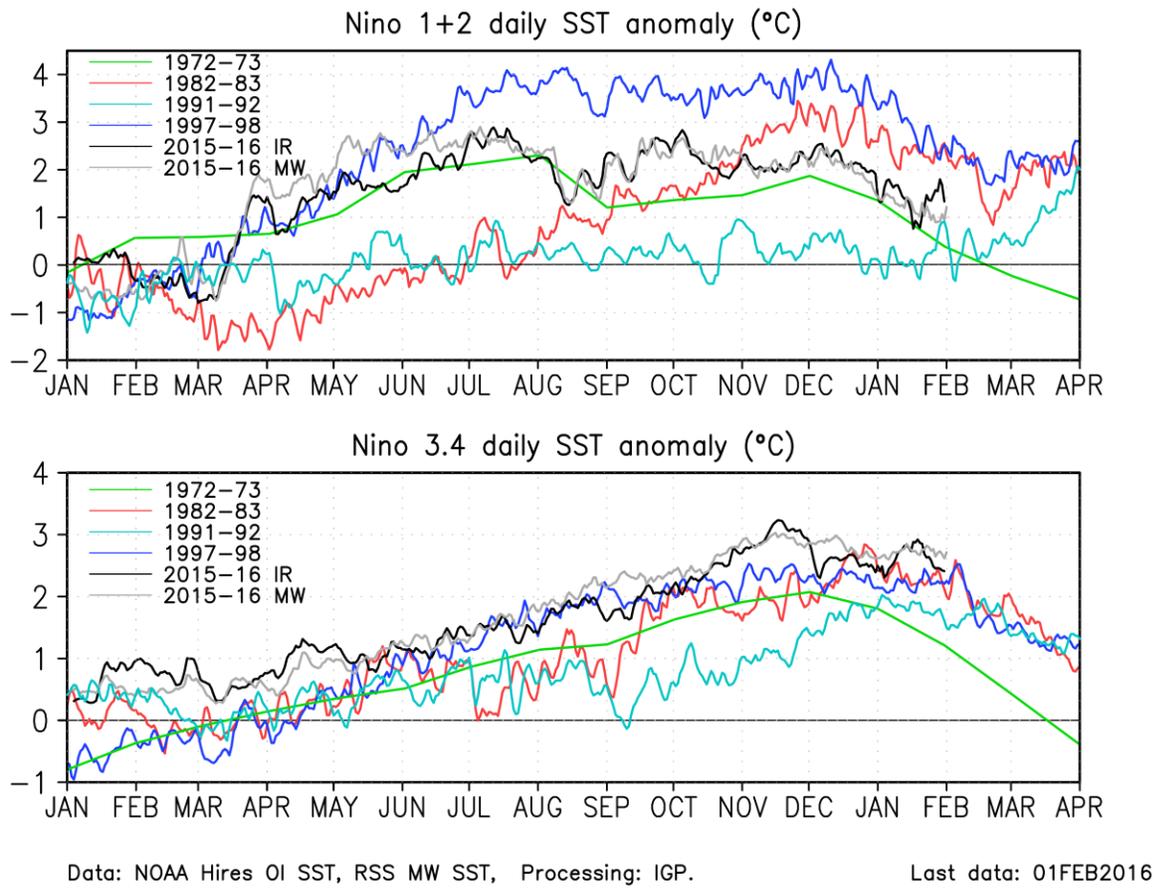


Figura 7. Anomalía de la TSM (Infra rojo y microondas) comparada con las anomalías de TSM de los años 1982 y 1983, la imagen superior es para la región Niño 1+2 y la imagen inferior la para la región Niño 3.4. Elaboración: IGP

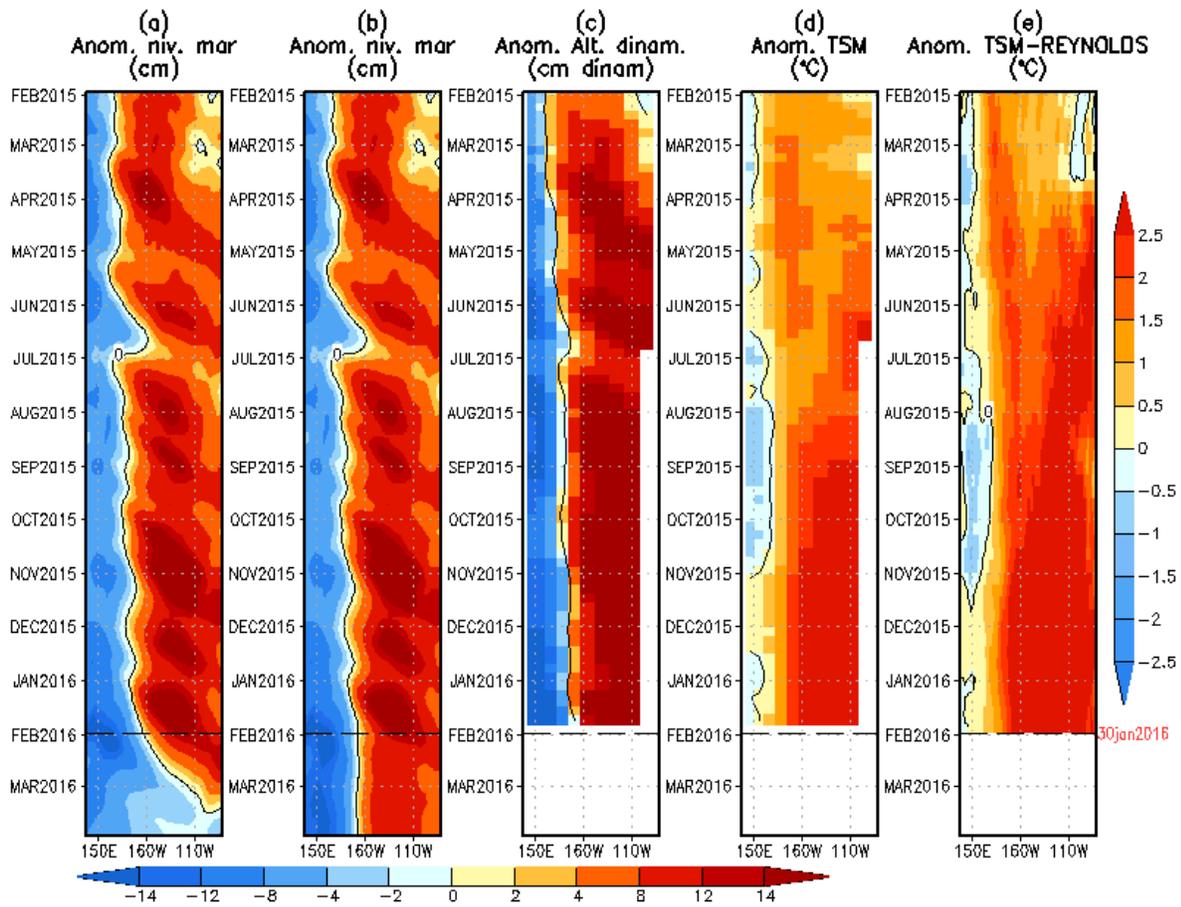


Figura 8. Anomalías (a y b) del nivel medio del mar simulado con LOM1 (termoclina uniforme), (c) de la altura dinámica (TAO), (d y e) de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente, en la región ecuatorial (2°S y 2°N). En (a) y (b) la línea cortada en color negro,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

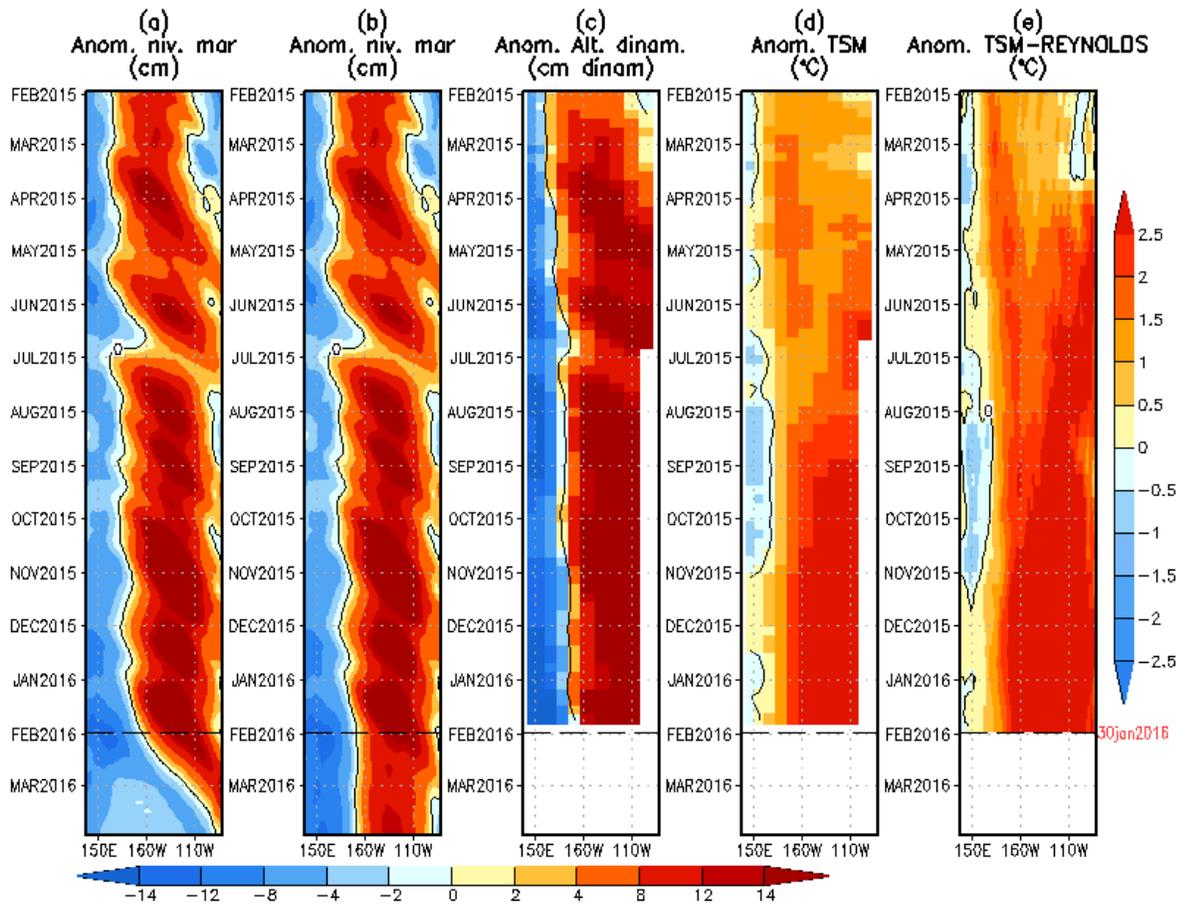


Figura 9. Similar a la Fig. 8 pero para LOM2 (termoclina variable).

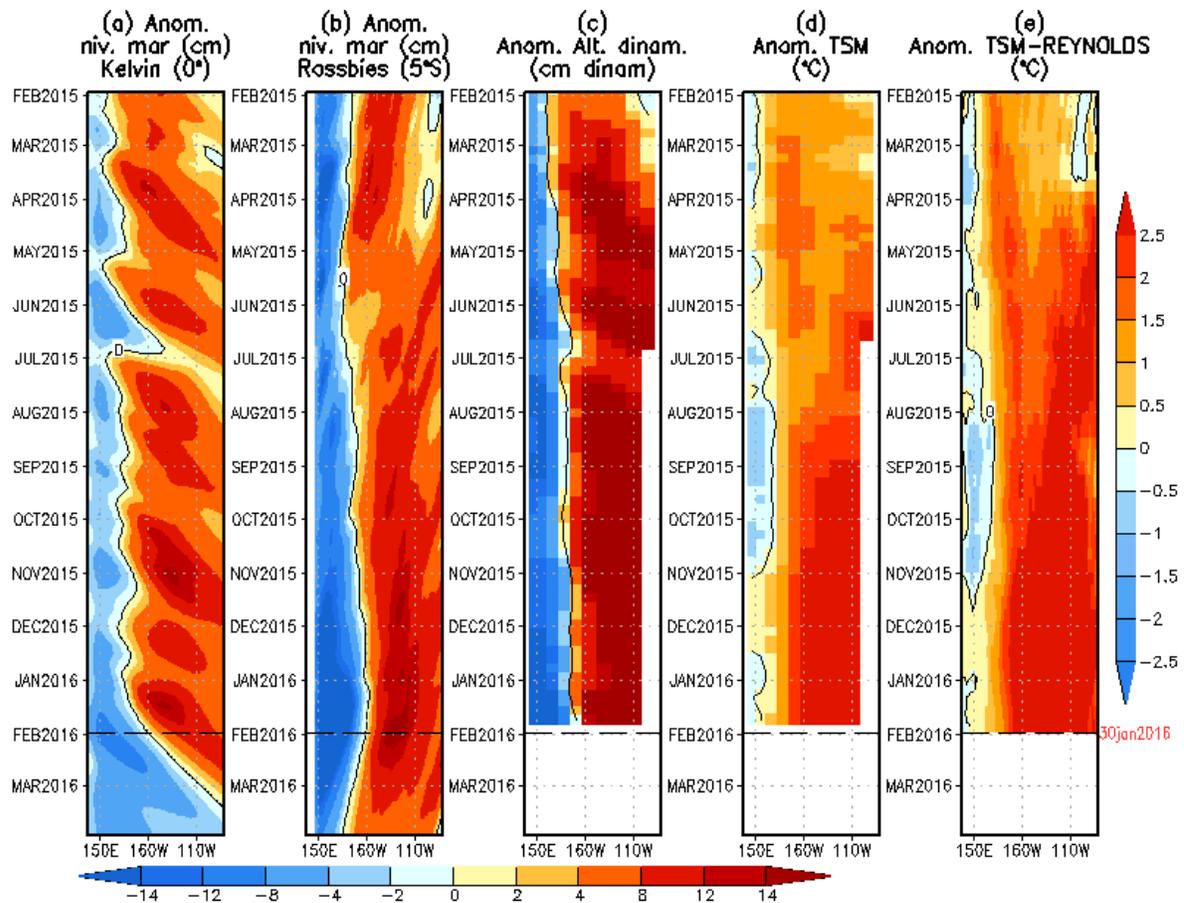


Figura 10. (a) Contribución de la Onda Kelvin al nivel del mar y (b) Contribución de la onda Rossby al nivel del mar en 5°N obtenida de LOM1a. (c) anomalía de la altura dinámica (TAO), (d) y (e) anomalía de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente en la región ecuatorial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

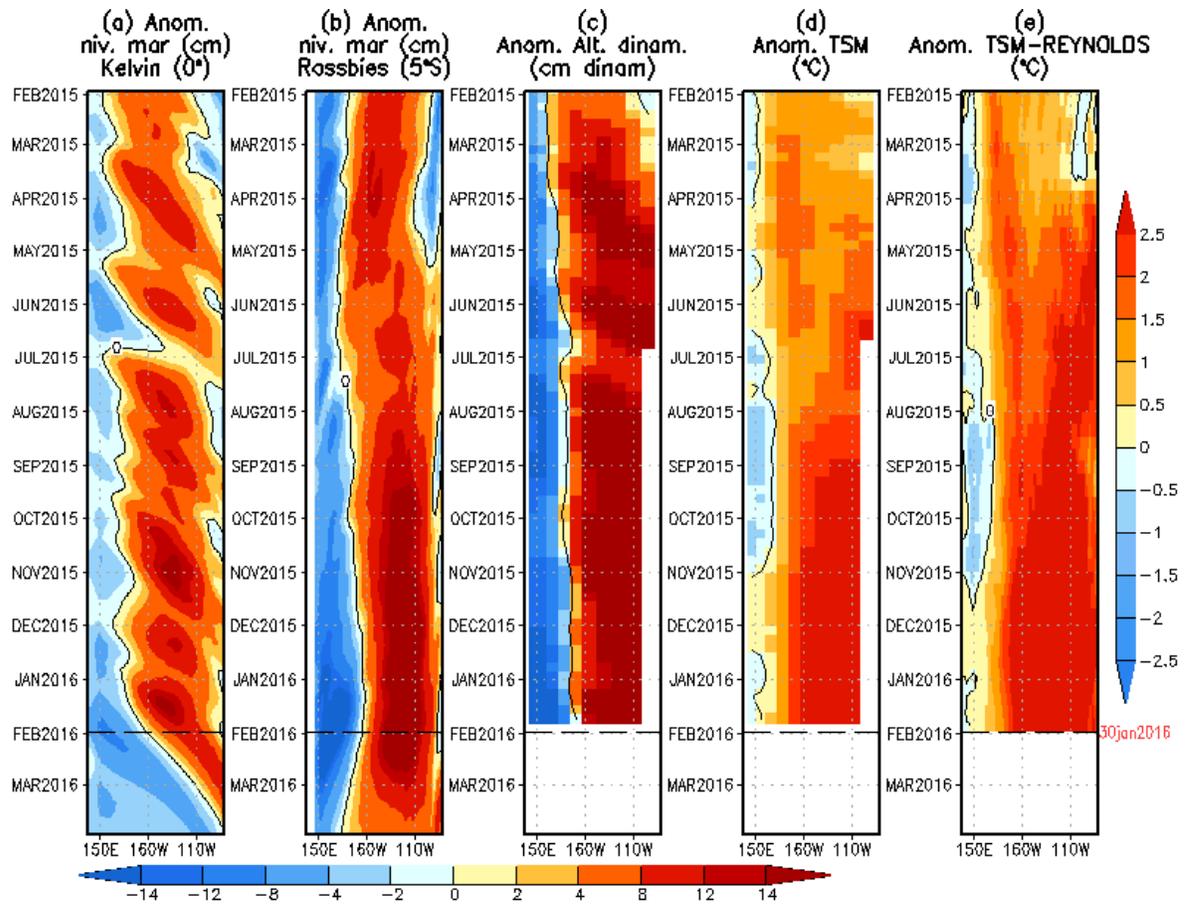


Figura 11. (a) Igual que la Figura 10, pero para LOM2a.

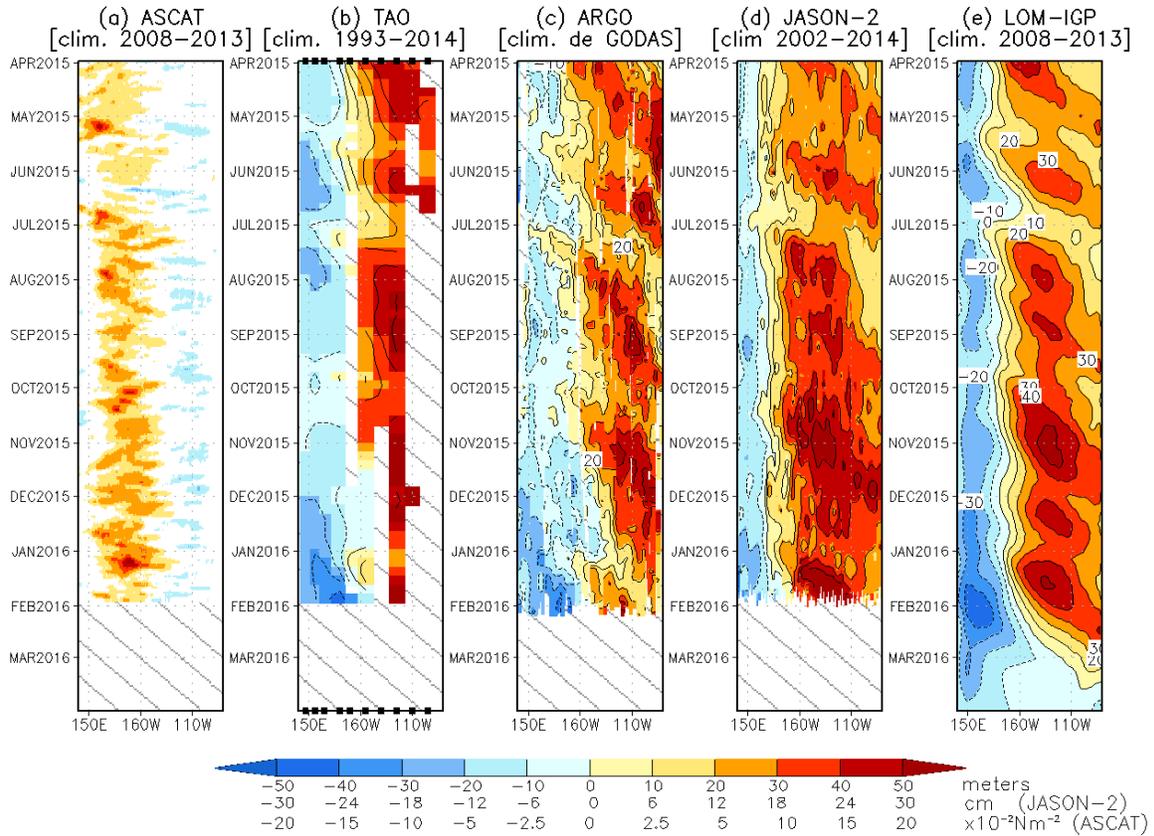


Figura 12. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra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

Anomalía de esfuerzo de viento (ASCAT)

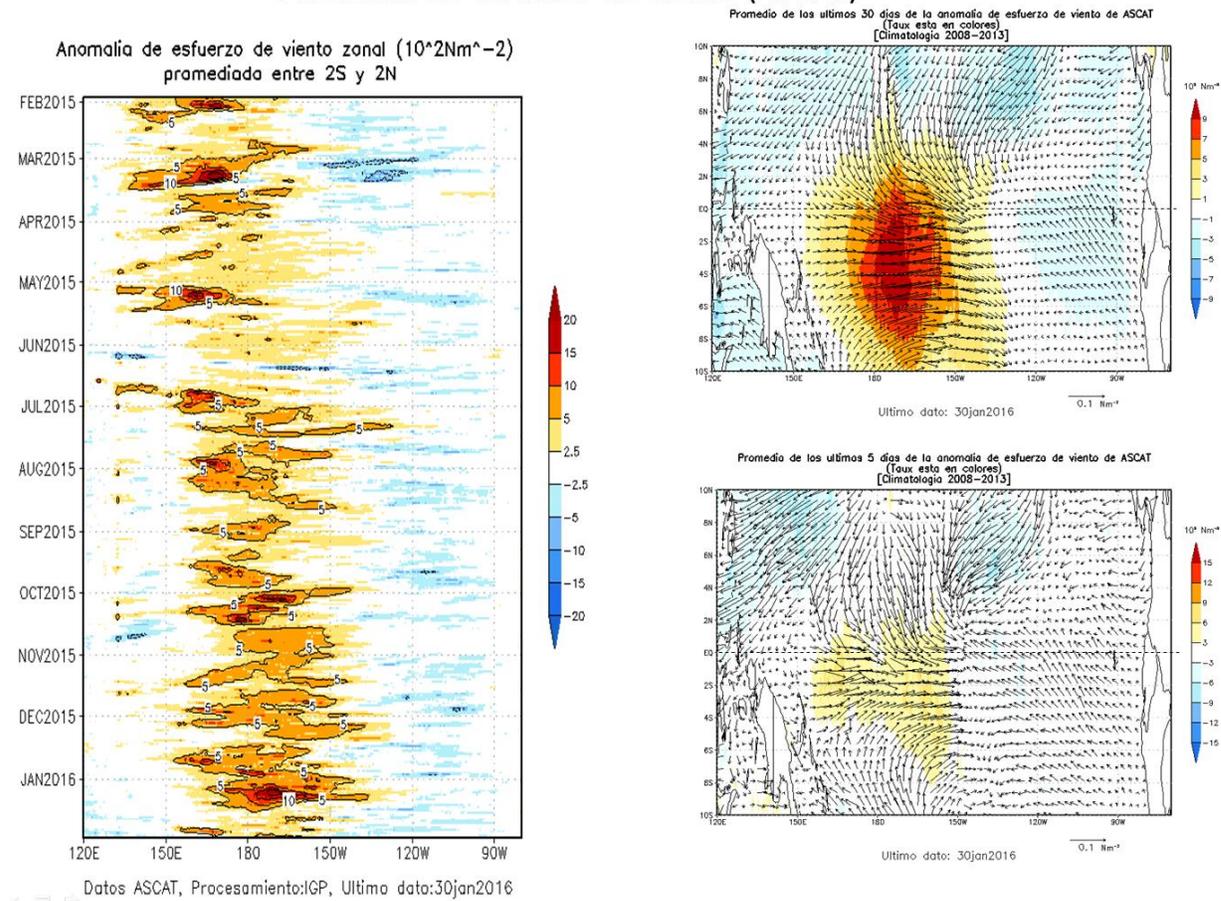


Figura 13. Izquierda: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT. Derecha (superior): Mapa del promedio de 30 días. Derecha (inferior): Mapa del promedio de 5 días, hasta el 30 de enero del 2016, incluyendo los vectores de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

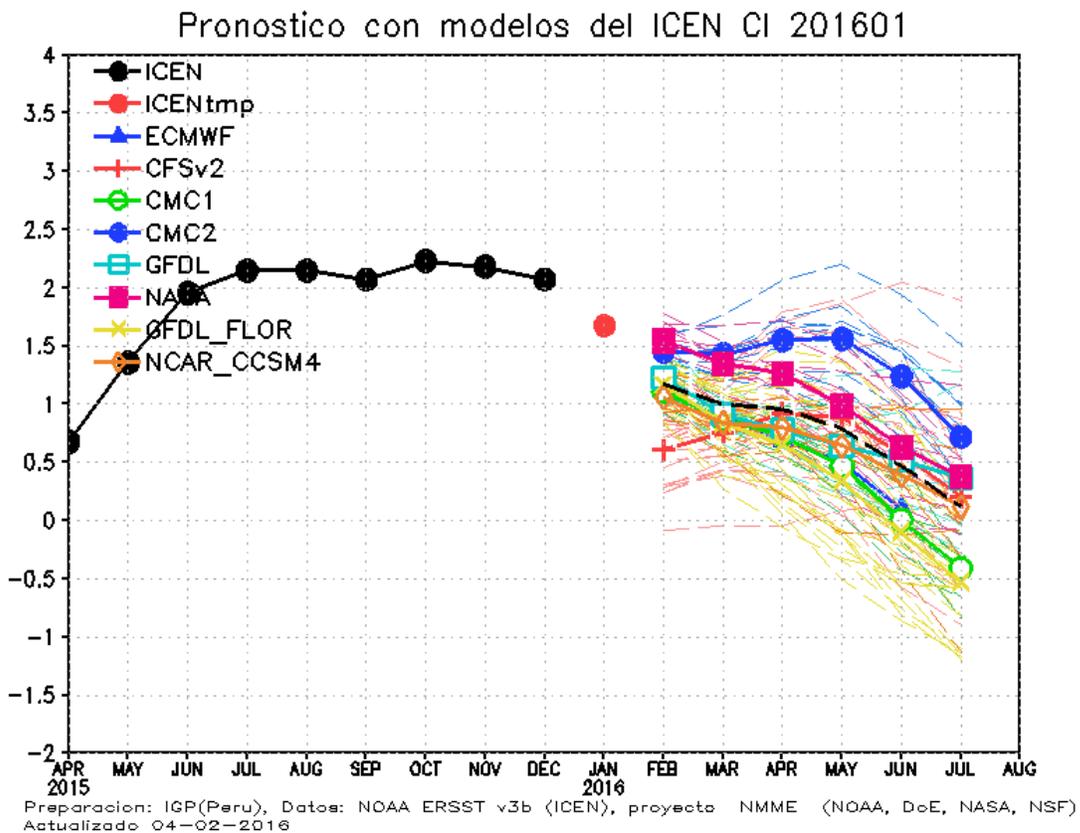


Figura 14. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y sus valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden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

NMME Forecast for Niño 3.4 IC=201601

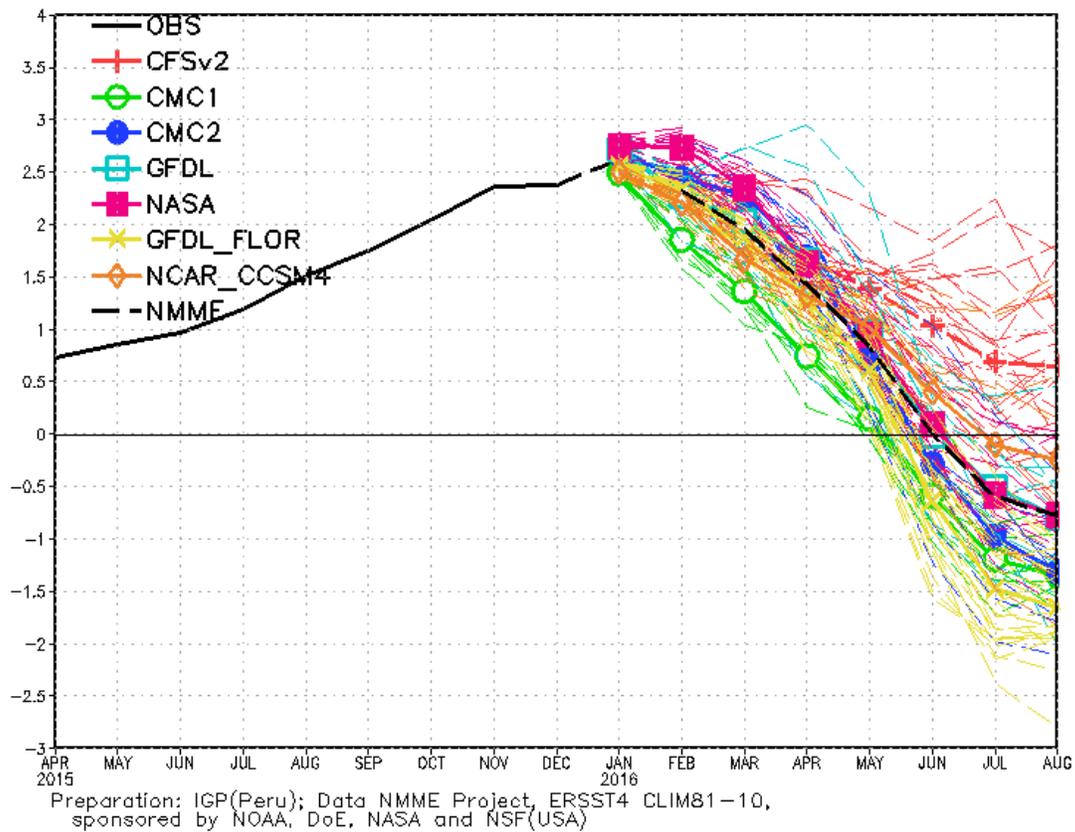


Figura 15. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

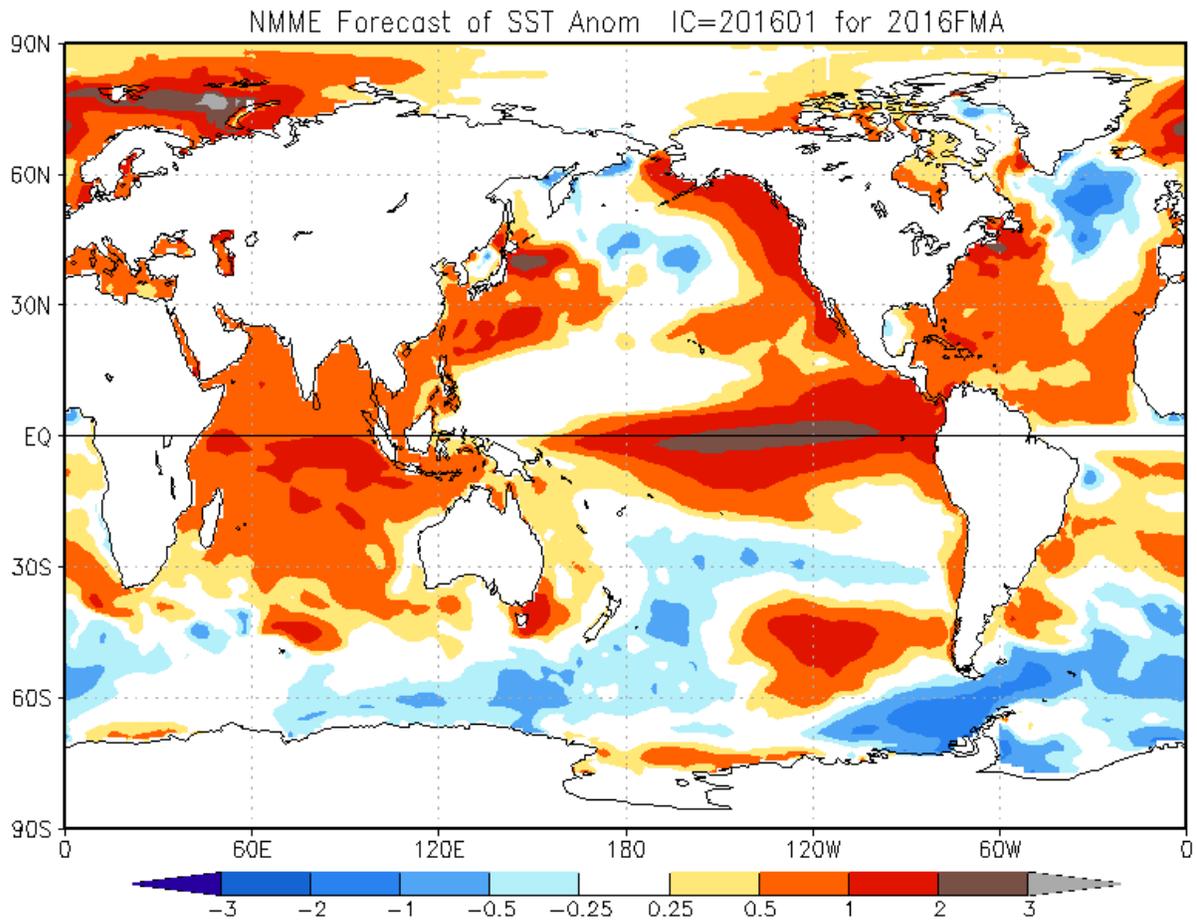


Figura 16. Pronóstico de la anomalía de temperatura superficial del mar promediada sobre los modelos del proyecto NMME (NCEP CFS2, CanCM3 CMC1 y 2, GFDL CM2.2, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 para el trimestre febrero-abril de 2016 con condiciones iniciales de enero de 2016. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

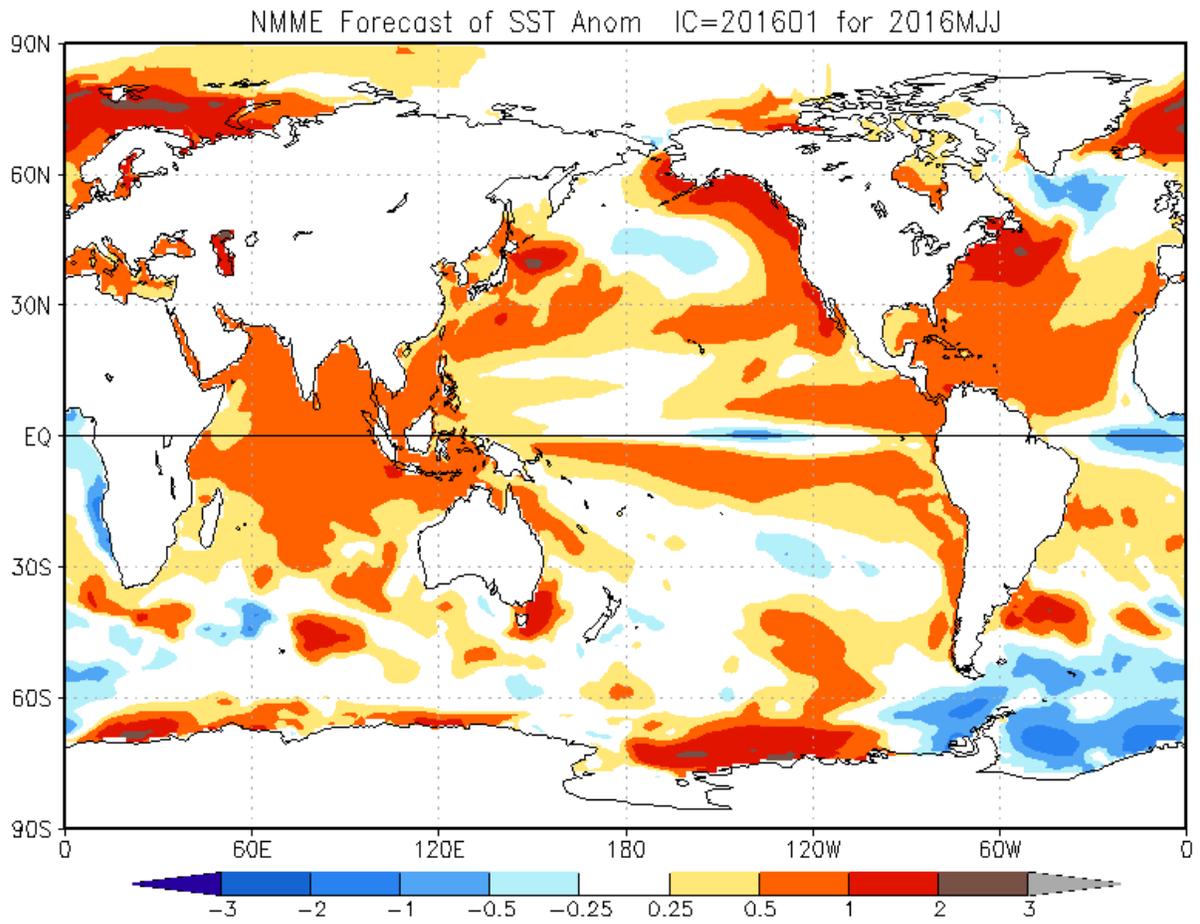


Figura 17. Similar a la Fig.16, pero para el trimestre mayo– julio de 2016.

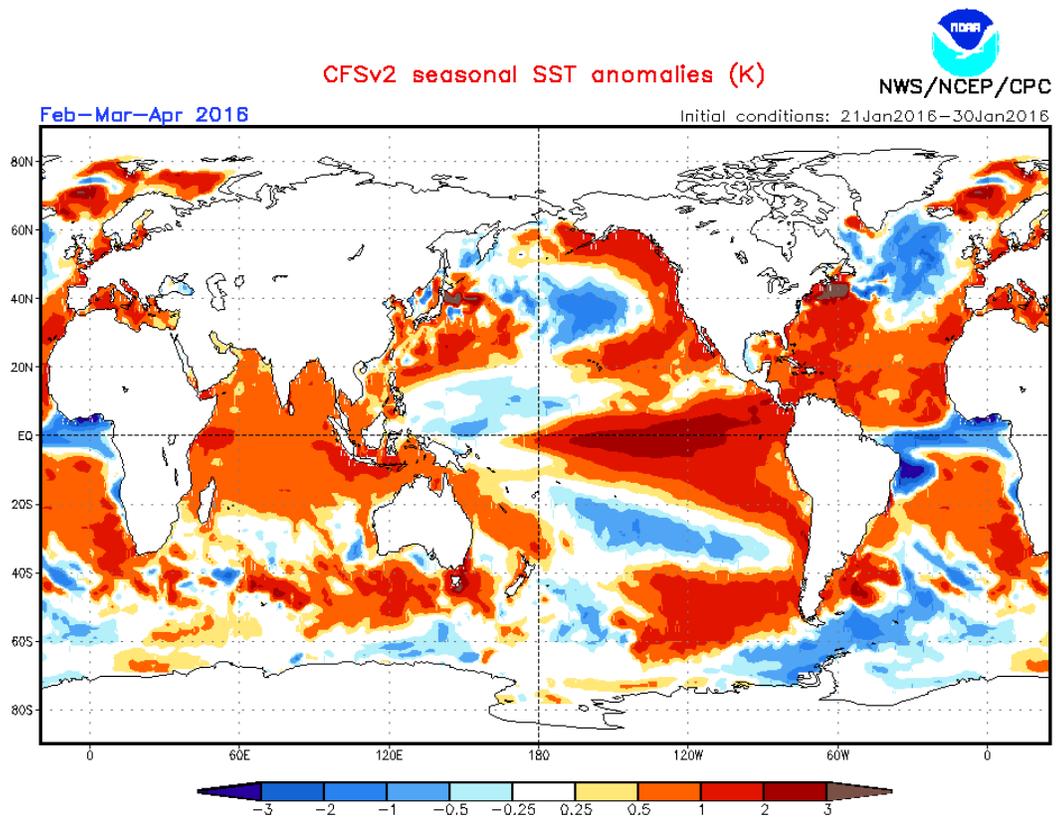


Figura 18. Pronósticos numéricos de anomalía de TSM para el periodo febrero - abril 2016 por el modelo CFSv2 con condiciones iniciales entre el 21 de enero de 2016 y 30 de enero de 2016. (Fuente: NOAA).