

**PP 068 "Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencia por Desastres" Producto:
"Entidades informadas en forma permanente y con pronóstico de la ocurrencia del
Fenómeno El Niño"**

**Actividad: "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la
ocurrencia del Fenómeno El Niño"**

Instituto Geofísico del Perú

**INFORME TÉCNICO Nº PpR/El Niño-IGP/2015-10
05/11/2015**

Advertencia: El presente informe sirve como insumo para el Comité Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN). El pronunciamiento colegiado del ENFEN es la información oficial definitiva. La presente información podrá ser utilizada bajo su propia responsabilidad.

Resumen

Según el Índice Costero El Niño (ICEN) para el mes de setiembre, las condiciones climáticas de la costa peruana fueron cálidas fuertes (2.07°C), manteniéndose la presencia de El Niño Costero de magnitud Fuerte. El valor preliminar del ICEN para el mes de octubre y noviembre también indica condición Cálida Fuerte. 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 octubre, indican en promedio que los estados climáticos se ubicarían en el rango de fuertes para los meses de diciembre y enero. Estos mismos resultados numéricos predicen que para el Pacífico central las condiciones serían Cálidas Muy Fuertes para esos meses.

La onda Kelvin que se formó en la segunda quincena de setiembre, se ha fortalecido en su evolución hacia el extremo oriental, esta onda contribuiría en mantener, e incluso a incrementar, si continúa fortaleciéndose por los vientos del oeste, el actual calentamiento en la costa peruana a partir de la segunda quincena de noviembre.

Introducción

Empezando el año 2014, en el marco del programa presupuestal 068 "Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencia por Desastres", algunas instituciones que conforman el Comité Multisectorial para el Estudio del Fenómeno El Niño (ENFEN), bajo la coordinación del IMARPE, participan en el producto "Entidades informadas en forma permanente y con pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", en el cual el IGP contribuye con la actividad denominada "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño". El presente informe técnico es generado en el marco de esta actividad, el cual es entregado al IMARPE, como coordinador del producto, para ser utilizado como insumo en la evaluación periódica que realiza el ENFEN. El informe técnico generado posteriormente por el ENFEN será la información oficial sobre el monitoreo y pronóstico del Fenómeno El Niño y asociados en el Perú.

Índice Costero El Niño

Utilizando los datos de Temperatura Superficial del Mar (TSM) promediados sobre la región Niño1+2, actualizados hasta el mes de octubre de 2015 del producto ERSST v3b generados por el *Climate Prediction Center (CPC)* de la *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, EEUU)*, se ha calculado el Índice Costero El Niño (ICEN; ENFEN 2012) hasta el mes de setiembre de 2015. Los valores se muestran en la Tabla 1.

Año	Mes	ICEN (°C)	Condiciones costeras del Mes
2015	Junio	1.96	Cálida Fuerte
2015	Julio	2.15	Cálida Fuerte
2015	Agosto	2.15	Cálida Fuerte
2015	Setiembre	2.07	Cálida Fuerte

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

Según los valores del ICEN, **se confirma que la condición climática para setiembre de 2015 es de CÁLIDA FUERTE**. Se recuerda que, de manera operacional, para declarar El Niño o La Niña en la costa las condiciones costeras deben ser cálidas o frías por 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
2015	Octubre	2.12	Cálida Fuerte	2015/09-10: ERSST; 2015/10: NMME
2015	Noviembre	2.05	Cálida Fuerte	2015/10:ERSTT; 2015/11-12:NMME

Tabla 2. Estimados preliminares del ICEN (ICENtmp)

Según estos valores del ICENtmp, se estima que en octubre y noviembre de 2015 las condiciones sean CÁLIDAS FUERTES. El ICENtmp de octubre será confirmado cuando se disponga del valor de ERSST para el mes de noviembre de 2015.

Diagnóstico del Pacífico Ecuatorial

Frente al actual desarrollo del fenómeno El Niño en el océano Pacífico Ecuatorial, el IGP ha elaborado nuevos productos (índices) que permiten la monitorización de las condiciones oceánicas y atmosféricas en regiones claves del Pacífico, los cuales son comparados con otros eventos El Niño. Estos índices, que tiene carácter referencial, son:

1) La 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). Este índice permite identificar si la zona de convección profunda, que normalmente se encuentra localizada en la región occidental, se ha desplazado hacia la región central y oriental (ver Figura 1), escenario que normalmente ocurre como consecuencia de la presencia de un evento El Niño.

2) Promedio de la anomalía del esfuerzo de viento zonal en el Pacífico Ecuatorial (160°E-160°W y 5°S-5°N) obtenido de los datos del reanálisis de NCEP-NCAR. Este índice se viene utilizando desde el año 2014 y está basado en el trabajo de Takahashi y Dewitte (2015) en donde; usando los resultados de un modelo numérico acoplado y observaciones, se establece que el valor de este índice en el mes de agosto sería un potencial predictor de un evento El Niño extraordinario (ver Figura 2). Se debe considerar que este predictor solo ha sido puesto a prueba desde el año 2014, en que sirvió como uno de los factores para descartar un El Niño extraordinario ese año, pero aún es muy pronto para realizar una validación con datos independientes. Un factor de incertidumbre es que la fase decadal fría de los últimos 15 años podría reducir su efectividad.

3) Inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S (ver Figura 3.a). En un estado promedio, la profundidad de la termoclina es mayor en el oeste que en el este, esto es equivalente a decir que la inclinación de la termoclina es negativa (usando valores absolutos para la profundidad). En un evento El Niño, la termoclina está menos inclinada (menos negativa) e incluso podría ser horizontal, como sucedió en el evento El Niño 1997/1998. Por lo tanto, este índice es una manera de diagnosticar el desarrollo e intensidad de El Niño en el océano.

4) Contenido de calor en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S (ver Figura 3.b). Básicamente el contenido de calor se relaciona al promedio espacial de la profundidad de la termoclina ecuatorial. Antes de eventos El Niño, se espera que el contenido de calor sea superior al climatológico, es decir, que la profundidad de la termoclina esté más profunda de lo normal. Por otro lado, el tiempo de antelación proporcionado por este índice como un predictor de El Niño era de seis o nueve meses de antelación antes del año 2000, pero entre el año 2000 y 2010, este se redujo a tres meses (McPhaden, 2012). Por otro lado contenido, un mayor contenido de calor parece ser una condición necesaria mas no suficiente para un evento El Niño extraordinario (Takahashi y Dewitte, 2015).

5) 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 (Figura 4). Como se indicó en el punto 3 de esta sección, el desarrollo de un Niño está relacionado a la profundización de la termoclina en el extremo oriental. Una forma de hacer un seguimiento de esto es a través de la anomalía de la profundidad de la termoclina alrededor en el punto 95°W (entre 2°S y 2°N).

El Pacífico Ecuatorial muestra un claro desarrollo del fenómeno El Niño. En el mes de octubre, el Pacífico central ecuatorial continúa mostrando un acoplamiento del océano y atmósfera de gran escala pero con menor intensidad. Las ATSM en Niño 3.4 son similares, incluso superiores, a las de 1997 (ver Figura 5b).

En la región Niño 1+2 la ATSM está bastante por debajo de 1997, pero sobre 1972 y 1982 (ver Figura 5a). El sensor infrarrojo, desde la segunda quincena del mes de octubre, mostró erróneamente que la ATSM había disminuido en la región Niño 1+2, llegando incluso a valores de 1°C de anomalía. Estos valores calculados se debieron a que la región Niño 1+2, estuvo mayormente cubierta por nubes en ese periodo. Como era de esperarse, esta tendencia no se apreció en la ATSM obtenida de la señal de microondas (ver Figura 5a). Las anomalías de viento del oeste en el Pacífico central (160°E-160°W; 5°S-5°N) continúan por encima del año 82 pero por debajo del 97. El incremento en intensidad de los vientos del oeste en el mes de octubre se debe principalmente a tres pulsos de viento del oeste que se dieron en dicha región. Finalmente, la convección en el Pacífico central-oriental sigue activa y se encuentra oscilante desde mediados de agosto. Sus valores actuales se encuentran por debajo del observado en el año 1997 y 1982. La termoclina en el Pacífico oriental (110°W, 95°W), a pesar de estar más profunda de lo normal, como consecuencia de la presente inclinación de la termoclina ecuatorial, no se asemeja a la observada en los años 1982 y 1997. Posiblemente esto esté relacionado a que la anomalía de vientos del sudeste (SE) ha estado, desde abril a setiembre, más fuerte que en 1982 y 1997 (probablemente por la fase decadal fría en esta región), aunque en octubre está similar a 1997 (aún mayor que en 1982). (ver Figura 6).

Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

Actualmente el IGP cuenta con datos observacionales alternativos para el monitoreo de las ondas ecuatoriales, estos son adicionales a los datos de TAO (Takahashi et al., 2014). En particular, se han producido diagramas longitud-tiempo (Hovmöller) de las anomalías de nivel del mar calculadas de JASON-2 (Mosquera et al., 2014), de la profundidad de la isoterma de 20°C calculada de Argo (Aparco et al., 2014), y esfuerzo de viento zonal. Asimismo, el IGP cuenta con un modelo oceánico lineal (Mosquera, 2009; 2014 y Mosquera et al. 2011) que permite el monitoreo y predicción de la onda Kelvin. Este modelo usa tanto una profundidad referencial de la termoclina uniforme (LOM1) como variable (LOM2). Ambas configuraciones fueron forzadas usando anomalías de vientos superficiales obtenidas de ASCAT hasta el 31 de octubre de 2015 (ver Figura 7, 8, 9 y 10). Este modelo es luego corrido en modo de pronóstico con las anomalías de viento i) igualadas a cero (LOM1a y LOM2a), e ii) iguales al promedio de los últimos 30 días (LOM1b y LOM2b).

En el presente mes, los productos de ARGO (Figura 11c), JASON-2 (Figura 11d) y del modelo lineal (Figura 11e) muestran que, la onda Kelvin cálida que se formó debido a los pulsos de vientos del oeste en la segunda quincena de setiembre, se ha fortalecido en su evolución hacia el extremo oriental. Esto como consecuencia de tres pulsos de vientos hacia el oeste que se dieron en la primera quincena de octubre y de un viento de baja intensidad, también hacia el oeste, que se dio en la segunda quincena de octubre entre 160°E-160°W. Según lo observado de los vientos calculados del satélite ASCAT (Figura 12), esta onda no se vería disminuida en su trayecto hacia el este debido que, a la fecha, no se observan anomalías de viento del Este. Esta onda, arribaría a la costa a partir de la segunda quincena de noviembre, lo cual contribuirá a mantener; e incluso a incrementar, si es fortalecida por anomalías de vientos del oeste; el actual calentamiento en la costa peruana.

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para el mes de diciembre, los pronósticos de la anomalía de la TSM en el Pacífico oriental (Niño 1+2, ICEN) indican condiciones, principalmente, “cálida fuerte” (6 de 8 modelos) y condiciones moderadas (2 de 8 modelos). Para el verano 2015-2016 2 de 8 modelos indican condiciones fuertes y 6

de 8 modelos condiciones moderadas. (Ver Tabla 3 y Figura 13). Para el caso particular del modelo de ECMWF, este presenta un mayor rango que los otros modelos, indicando condiciones desde extraordinarias hasta frías (Figura 14). Por otro lado, en el Pacífico central (Niño 3.4) los modelos indican que las condiciones estarán en el rango de “cálida muy fuerte” para los meses de diciembre y enero, (ver Figura 15); las condiciones para los trimestre Noviembre-Diciembre-Enero y Febrero-Marzo-Abril 2016 serían muy fuerte y fuerte respectivamente (Ver figuras 16 y 17).

Modelo	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA	MAM
CFS2	1.91	1.56	1.56	1.52	1.46	1.36	1.40
CMC1	2.02	1.78	1.53	1.45	1.29	1.07	0.81
CMC2	2.25	2.20	2.16	2.27	2.27	2.18	2.33
GFDL	2.12	2.25	2.32	2.07	1.60	1.20	1.00
NASA	2.33	2.33	2.24	2.10	1.89	1.70	1.58
GFDL_FLOR	2.08	2.10	2.08	1.89	1.62	1.49	1.55
NCAR_CCSM4	2.01	1.92	1.87	1.73	1.41	1.04	0.66
NMME	2.10	2.02	1.97	1.86	1.65	1.43	1.33
ECMWF			1.80	1.60	1.50	1.30	
ICENtmp	2.12						

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

Modelo	Inicio	Extremo	Final	Magnitud
CFS2	abr-15	oct-15	No disponible	Moderado
CMC1	abr-15	oct-15	No disponible	Moderado
CMC2	abr-15	abr-16	No disponible	Fuerte
GFDL	abr-15	dic-15	No disponible	Fuerte
NASA	abr-15	ene-16	No disponible	Fuerte
GFDL_FLOR	abr-15	nov-15	No disponible	Fuerte
NCAR_CCSM4	abr-15	oct-15	No disponible	Fuerte
NMME (prom)	abr-15	dic-15	No disponible	Fuerte
ECMWF	Abr-15	dic-15	-	Moderado
OBSERVADO	abril	julio	-	Fuerte

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

Conclusiones:

1. El ICEN para setiembre de 2015 fue de 2.07 °C (Cálida fuerte), manteniéndose la presencia de El Niño Costero de magnitud Fuerte que se inició en el mes de abril.. Asimismo, el ICENtmp para octubre y noviembre de 2015 es de 2.12°C y 2.05°C, respectivamente, correspondiente a condiciones cálidas fuertes.
2. La onda Kelvin cálida que se formó debido a pulsos de vientos del oeste en la segunda quincena de setiembre, se ha fortalecido en su evolución hacia el extremo oriental. Esto como consecuencia de tres pulsos de viento hacia el oeste que se dieron en la primera quincena de octubre y de un viento de baja intensidad, también hacia el oeste, que se dio en la segunda quincena de octubre entre 160°E-160°W. Según lo observado de los vientos calculados del satélite ASCAT, esta onda no se vería disminuida en su trayecto hacia el este debido a que no se observan anomalías de viento del Este. Esta onda, que próximamente debe mostrar su señal en el extremo oriental, contribuiría en mantener; e incluso incrementar, si es fortalecida por los vientos del oeste; el actual calentamiento en la costa peruana.
3. Para el Pacífico oriental (Niño 1+2), la mayoría de modelos (5 de 7) inicializados en octubre indican que El Niño costero en marcha mantendría una magnitud fuerte (2 de 7 indica moderado) para los siguientes dos meses. Según los datos observados el pico habría sido en julio. Para el verano 2015-2016, todos los modelos predicen menores anomalías de TSM (condiciones moderadas 6 de 8 modelos y condición fuerte 2 de 8 modelos). Sin embargo, se conoce que los modelos han subestimado las anomalías positivas en esta región durante los eventos El Niño extraordinario. El modelo de ECMWF presenta un mayor rango que los otros modelos, indicando condiciones desde extraordinarias hasta frías.
4. Para el **Pacífico central** (Niño 3.4), todos los modelos que han sido considerados, y que fueron inicializados en octubre, indican que El Niño alcanzaría una magnitud muy fuerte hasta fines de 2015 para luego decaer a lo largo de los primeros meses de 2016.
5. Las ATSM en Niño 3.4 son similares a las de 1997 e incluso superior en los datos de micronebulas. En Niño 1+2 la ATSM se encuentra a más de un grado centígrado por debajo de la de 1997, por encima de 1972 e similar a 1982.
6. Las anomalías de viento del oeste en el Pacífico central (160°E-160°W; 5°S-5°N) continúan por encima del año 82 pero por debajo del 97. En el Pacífico oriental (160°W-120°W; 5°S-5°N), este año está sustancialmente por debajo del 82 y 97
7. La convección en el Pacífico central-oriental sigue activa sin una tendencia clara a aumentar o disminuir, pero sus valores ya se encuentran por debajo del observado en 1982 y 1997.
8. La termoclina en el Pacífico oriental (125W, 110W, 95W) continúa anómalamente profunda, pero no es comparable con la que ocurrió en este periodo en 1982 o 1997. Además, la inclinación de la termoclina hacia el este es sustancialmente menor que en 1997 (no hay dato para 1982).
9. El índice PDO continúa con valores positivos, reflejando el persistente calentamiento del Pacífico NE.
10. Los vientos alisios del SE entre abril y setiembre han estado más fuertes que en 1982 y 1997 (probablemente por la fase decadal fría en esta región), aunque en octubre está similar a 1997 (aún mayor que en 1982).

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

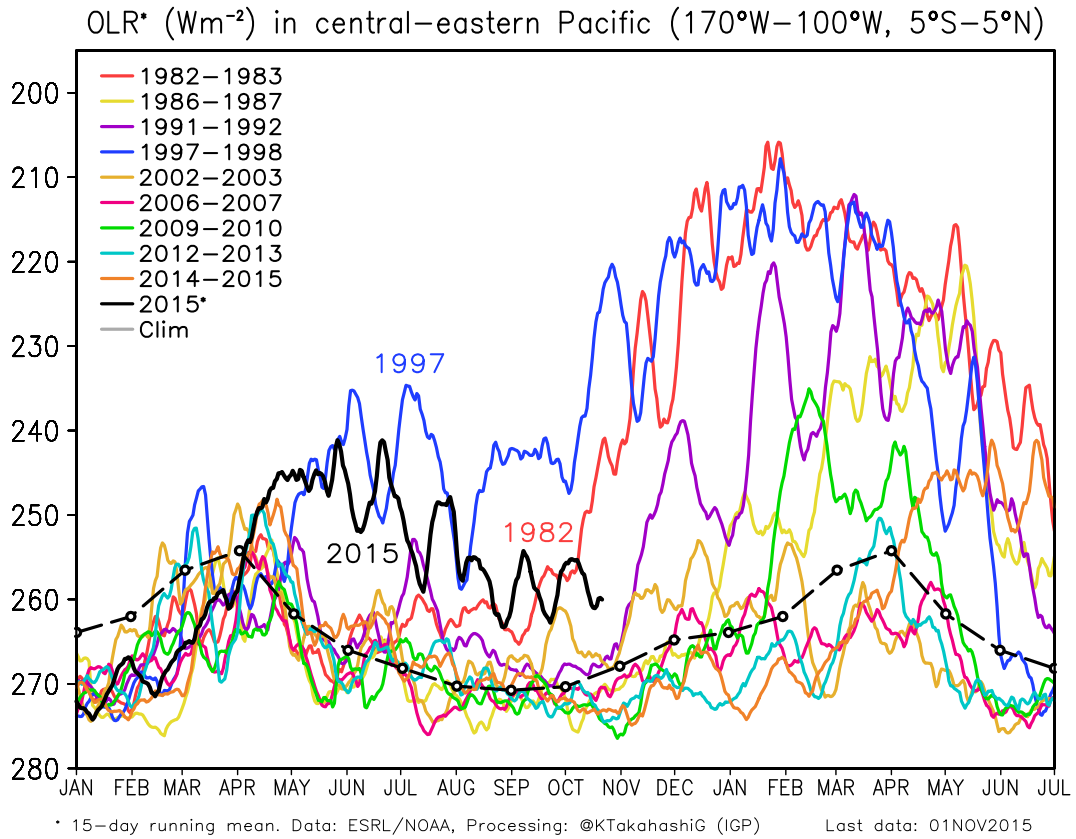


Figura 1. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental ($170^{\circ}-100^{\circ}\text{W}$ y $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración: IGP

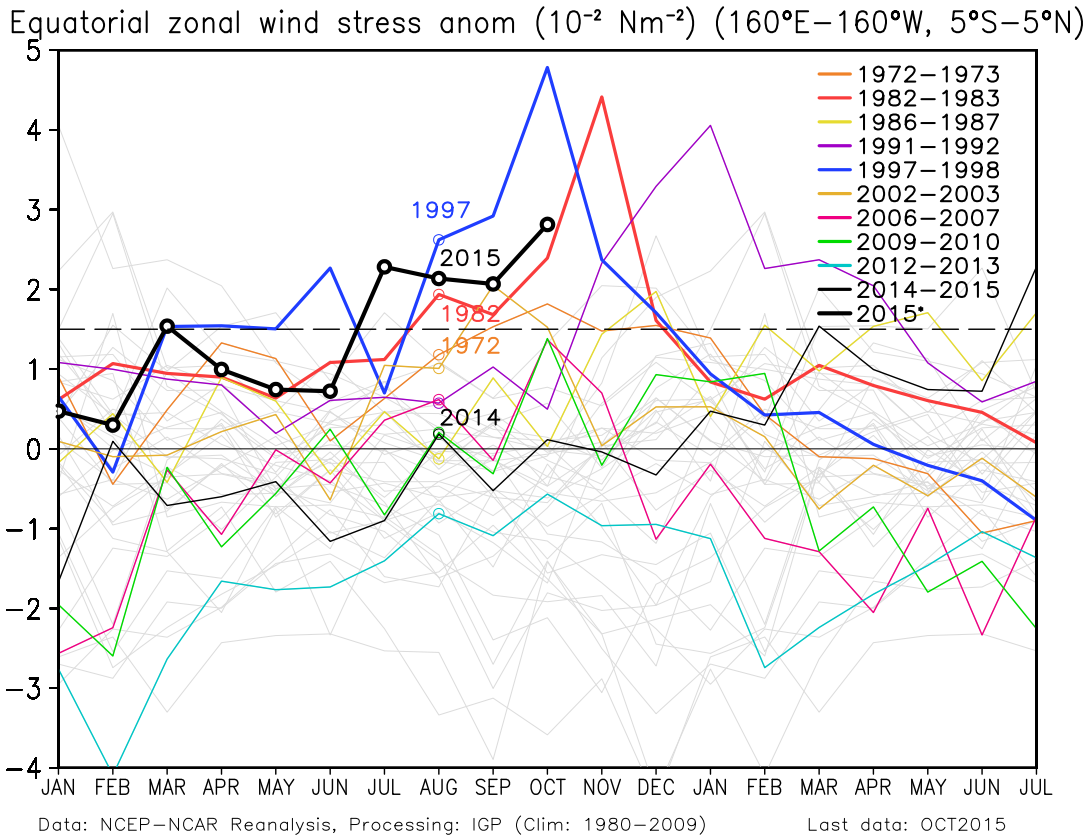


Figura 2. Promedio de la anomalía del esfuerzo de viento zonal en el Pacífico Ecuatorial ($160^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$ y $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) obtenido de los datos del reanálisis de NCEP-NCAR. Elaboración: IGP

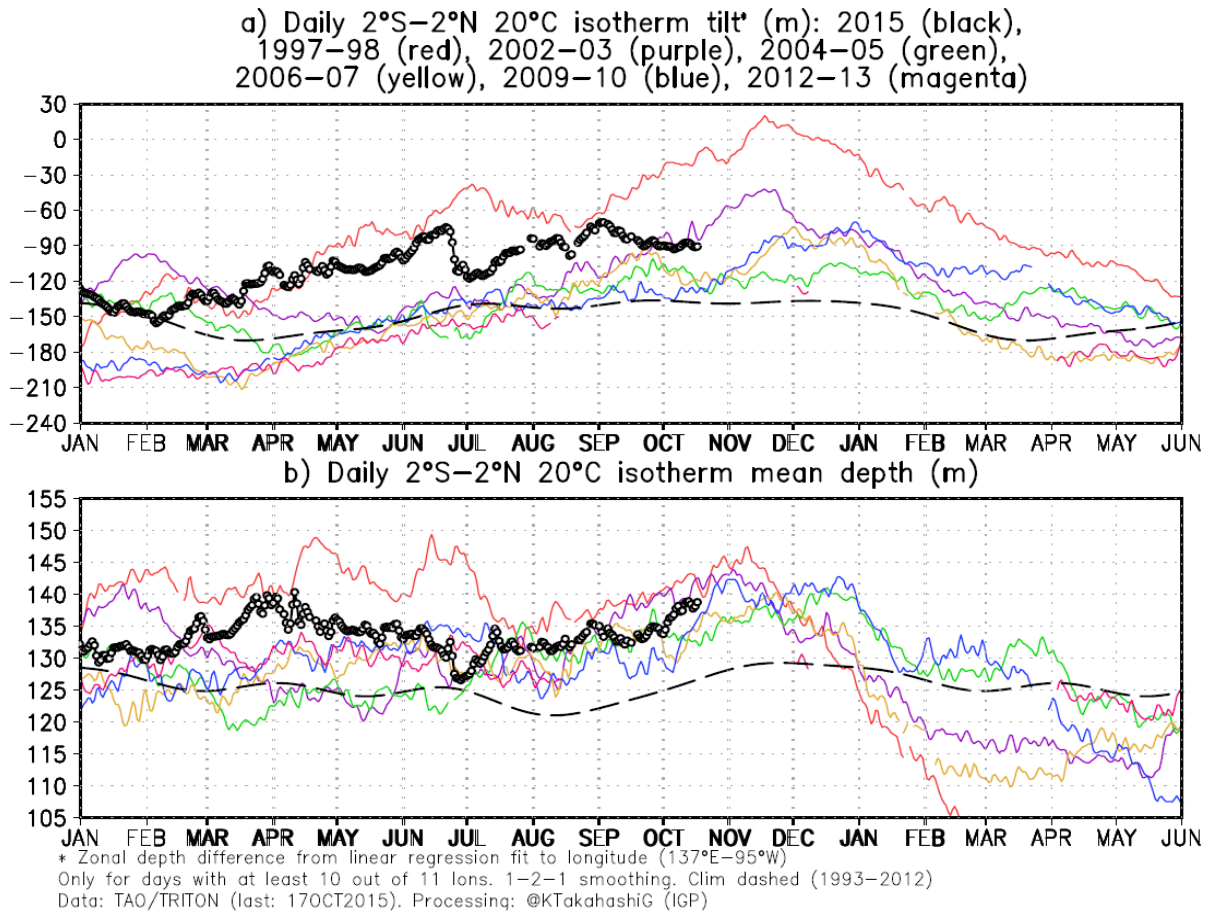


Figura 3 a) Inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. **b)** Contenido de calor en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. Elaboración: IGP

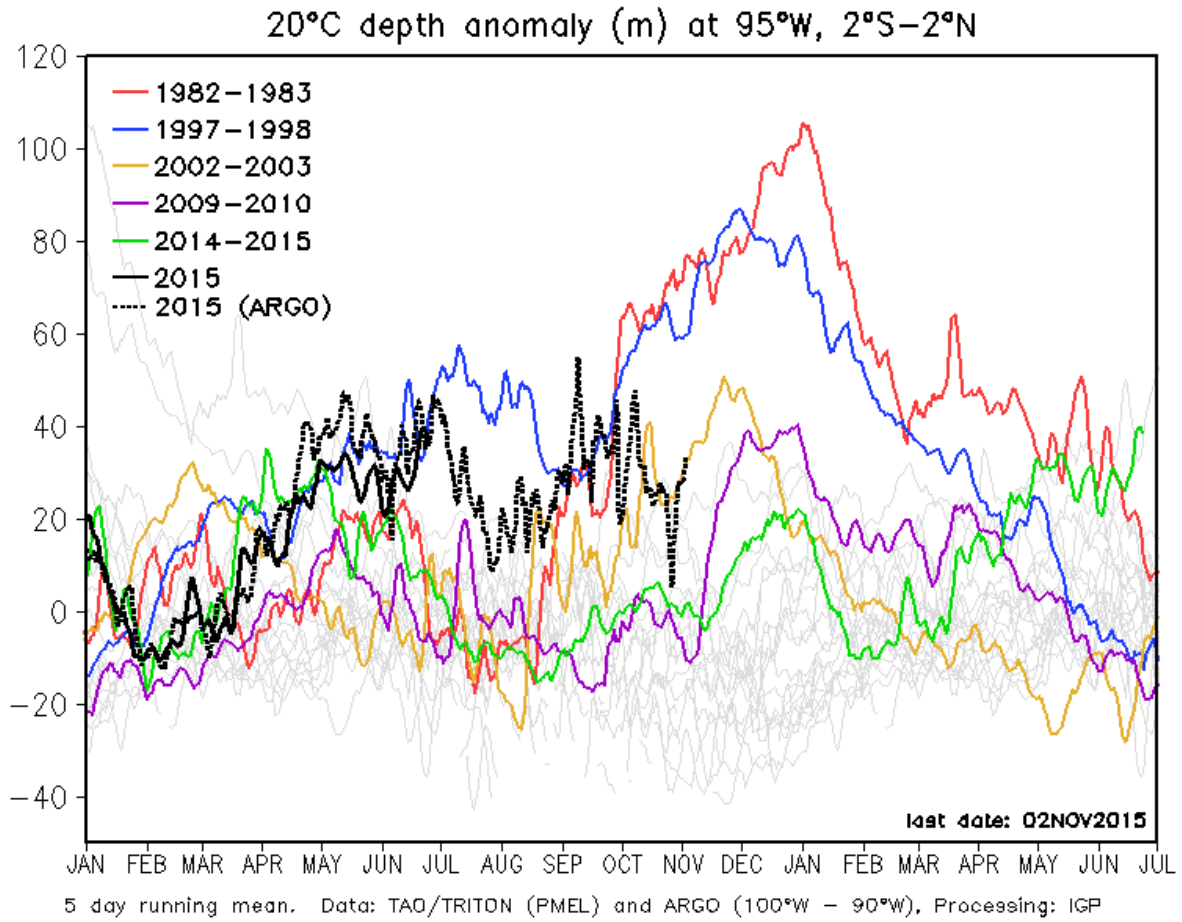
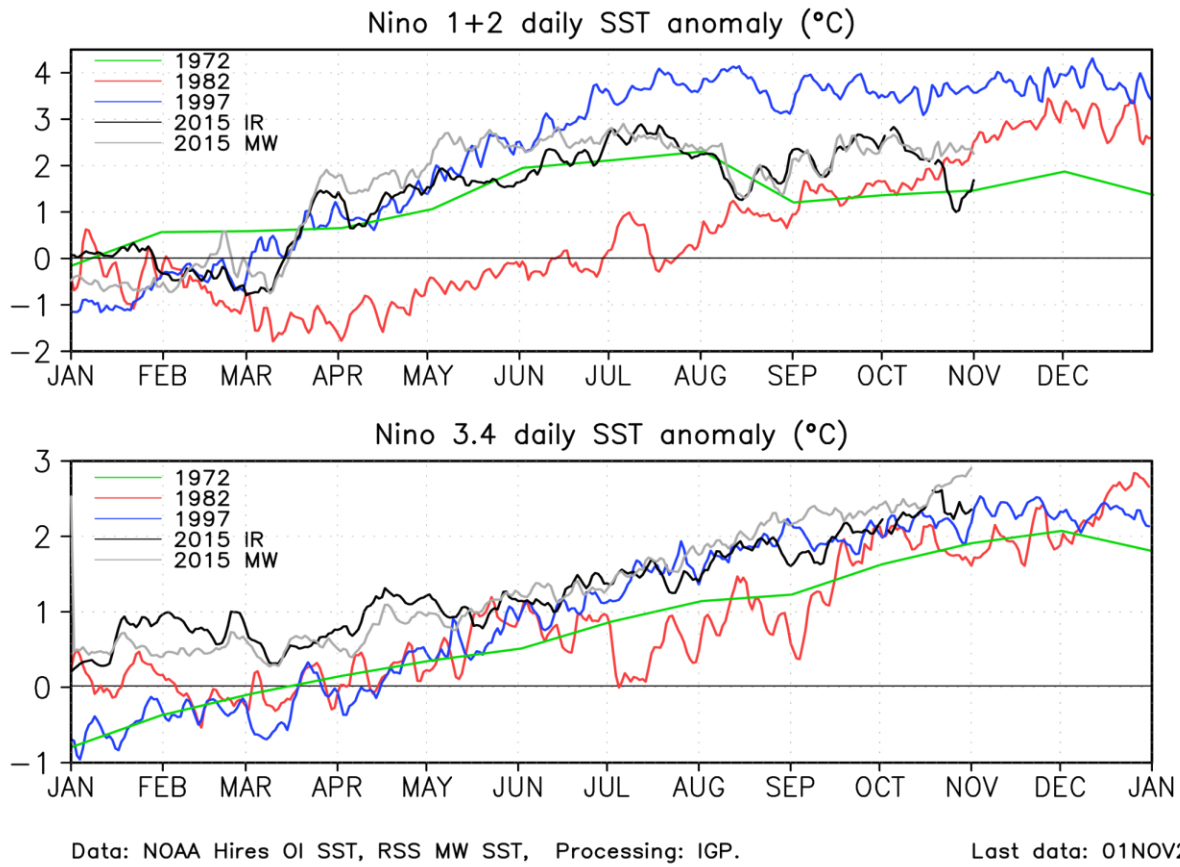


Figura 4. Anomalia de la profundidad de la isoterma de 20°C en la zona de 95°W en base a: i) la información de las boyas de TAO en 95°W y entre 2°S y 2°N; y ii) los flotadores de ARGO entre 100°-90°W y 2°S-2°N. Elaboración: IGP



Data: NOAA Hires OI SST, RSS MW SST, Processing: IGP.

Last data: 01NOV2015

Figura 5. Anomalia 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

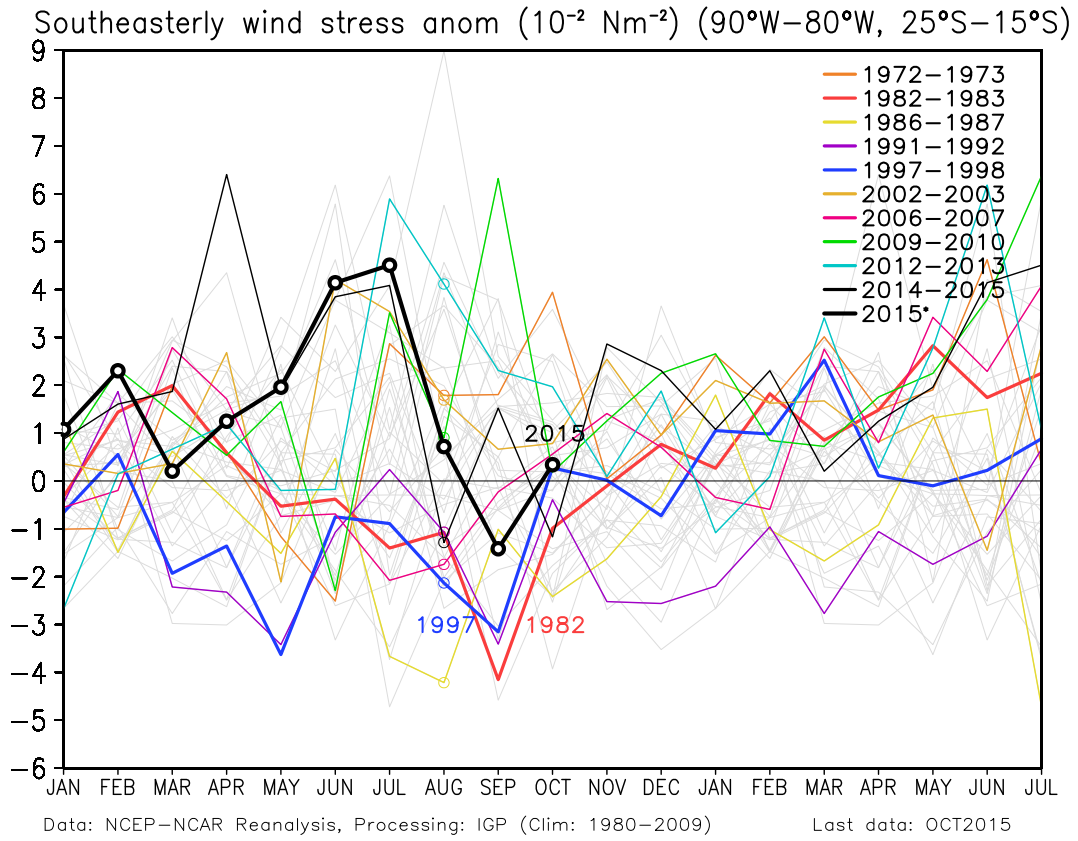


Figura 6. Anomalías del esfuerzo de viento en la región $90^{\circ}\text{W}-80^{\circ}\text{W}$, $25^{\circ}\text{S}-15^{\circ}\text{N}$. Elaboración IGP

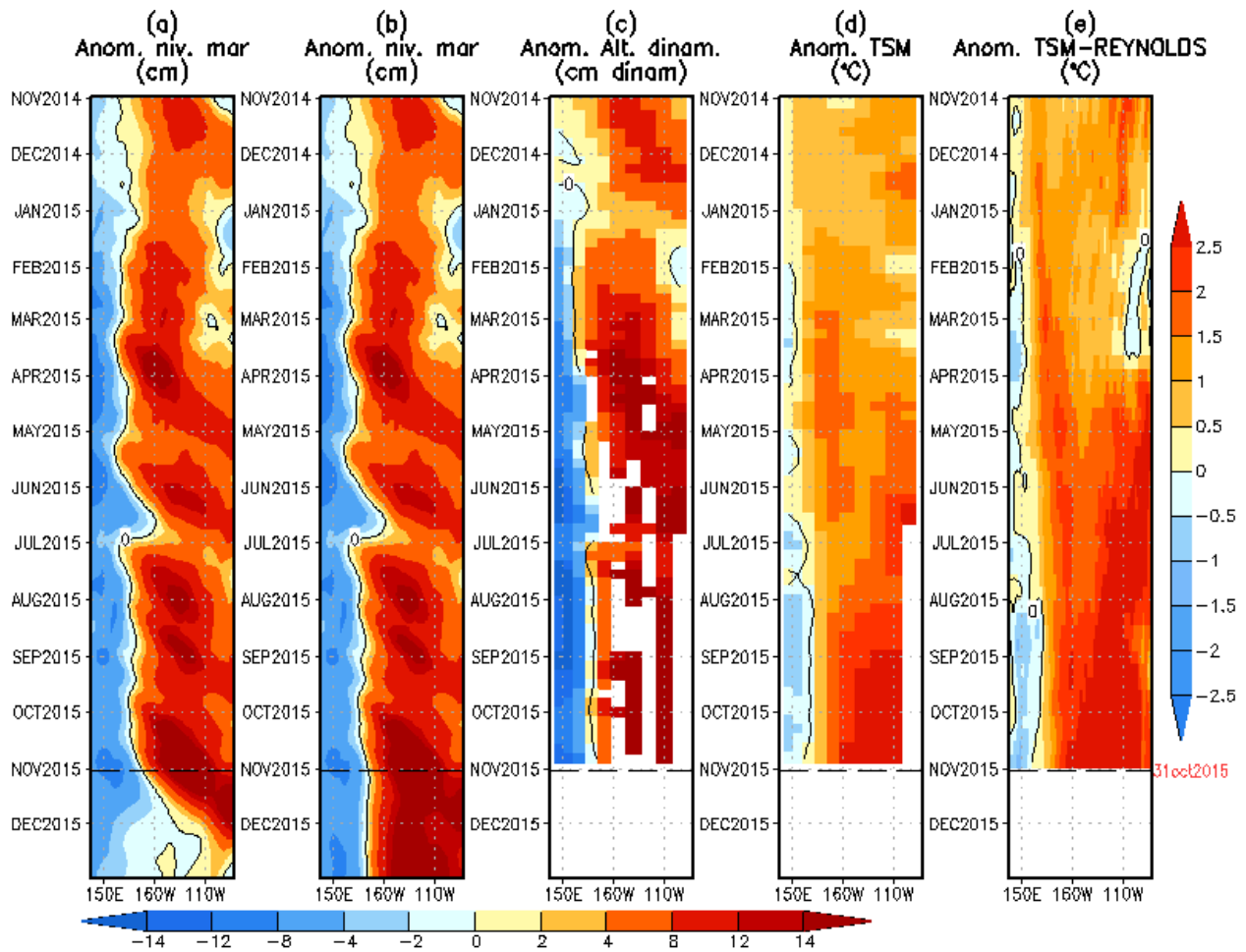


Figura 7. Anomalías (a y b) del nivel medio del mar simulado con LOM1 (termoclina uniforme), (c) de la altura dinámica (TAO), (d) y (e) de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente, en la región ecuatorial (2°S y 2°N). En (a) y (b) la línea cortada en color negro, 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).

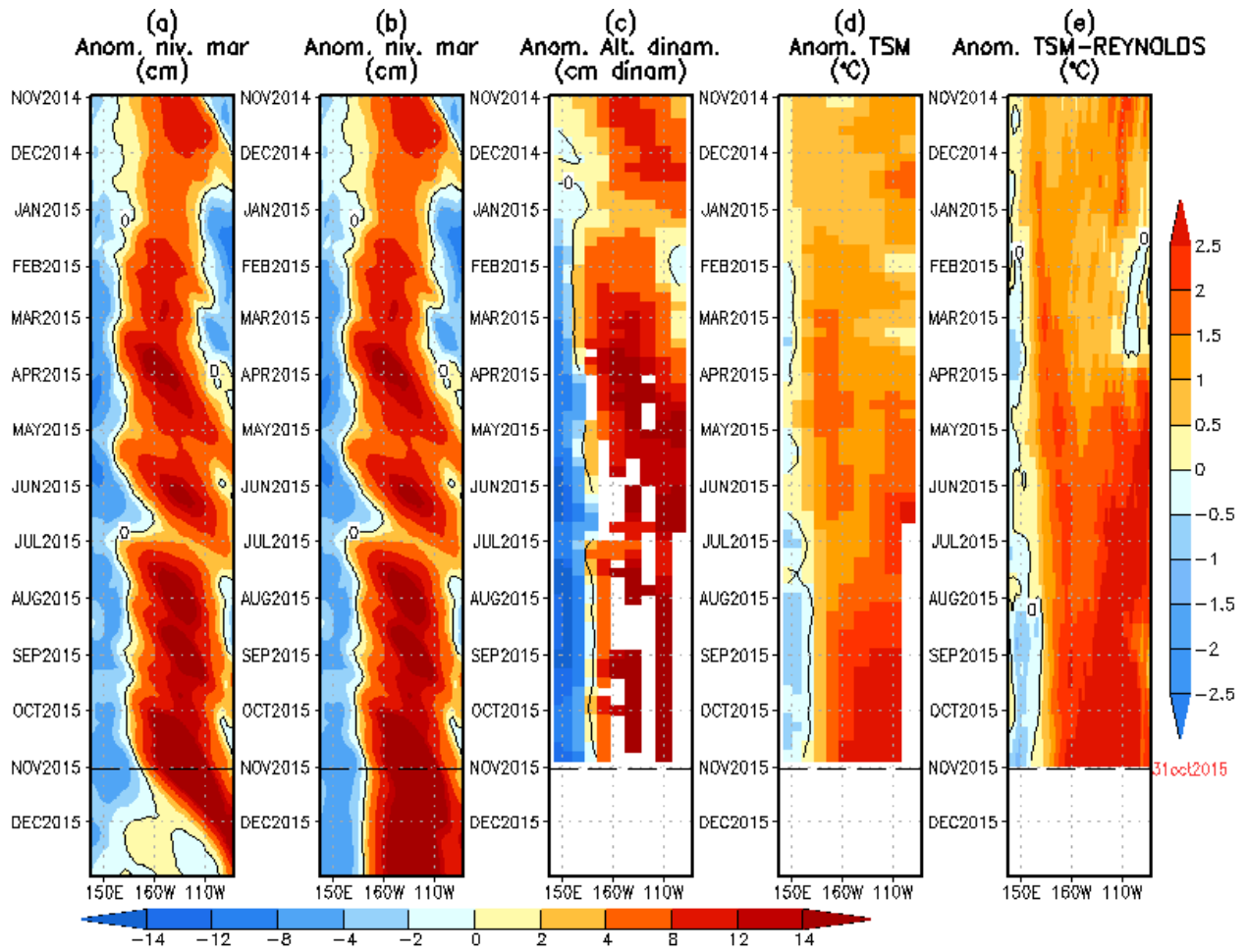


Figura 8. Similar a la Fig. 7 pero para LOM2 (termoclina variable).

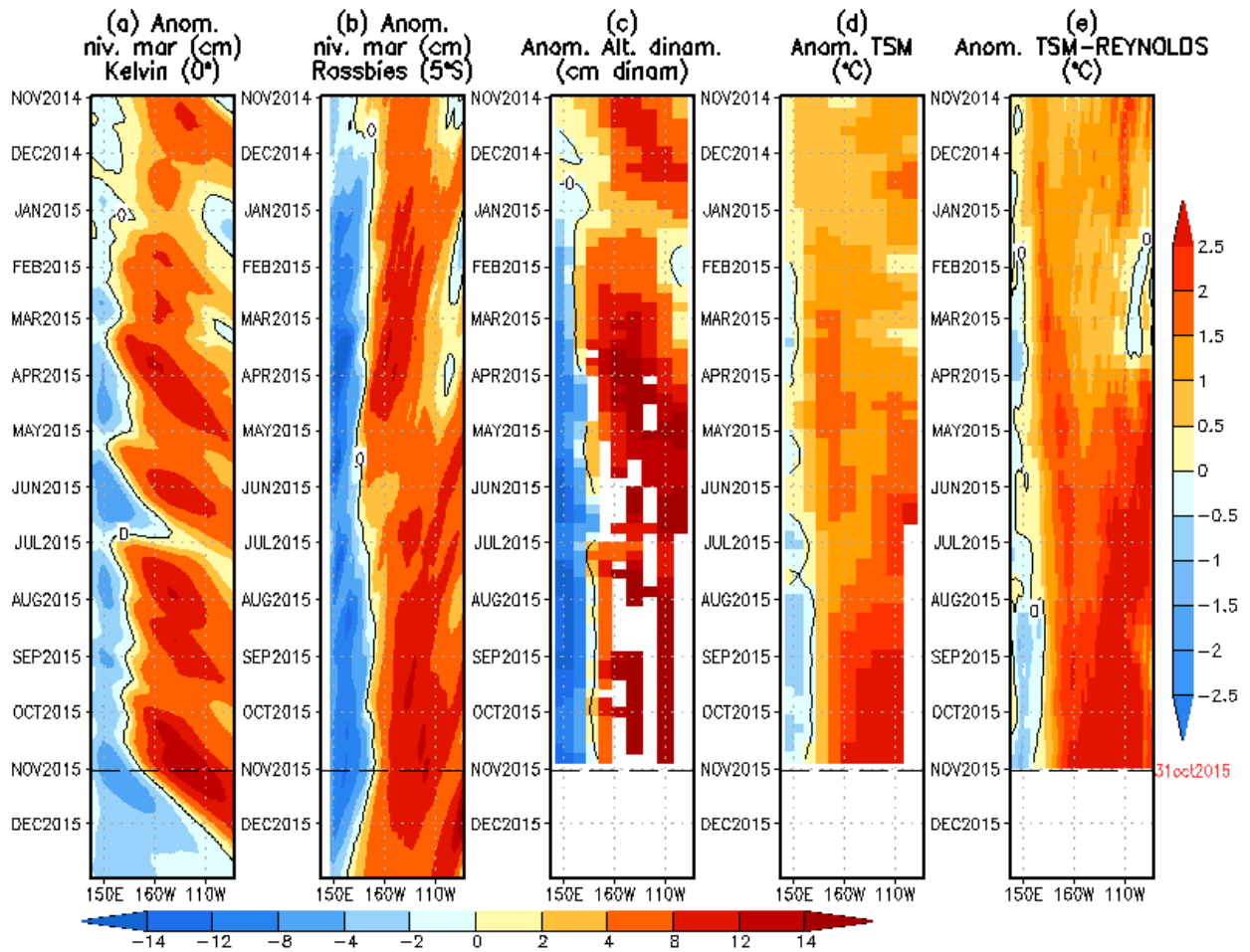


Figura 9. (a) Contribución de la Onda Kelvin al nivel del mar y (b) Contribución de la onda Rossby al nivel del mar en 5°N obtenida de LOM1a. (c) anomalía de la altura dinámica (TAO), (d) y (e) anomalía de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente en la región ecuatorial (Fuente: IGP, ASCAT, climatología: 2008-2013).

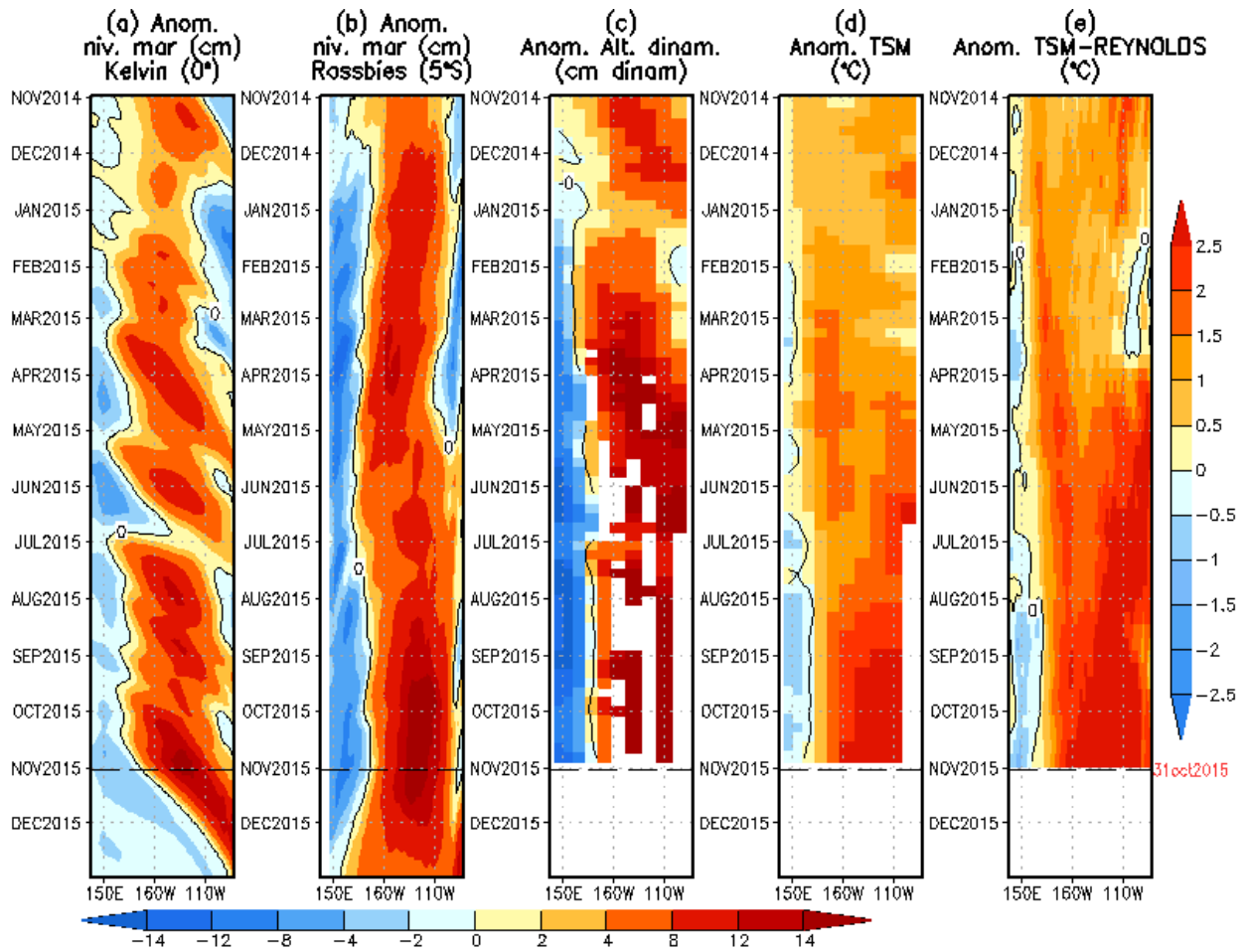


Figura 10. (a) Igual que la Figura 9, pero para LOM2a.

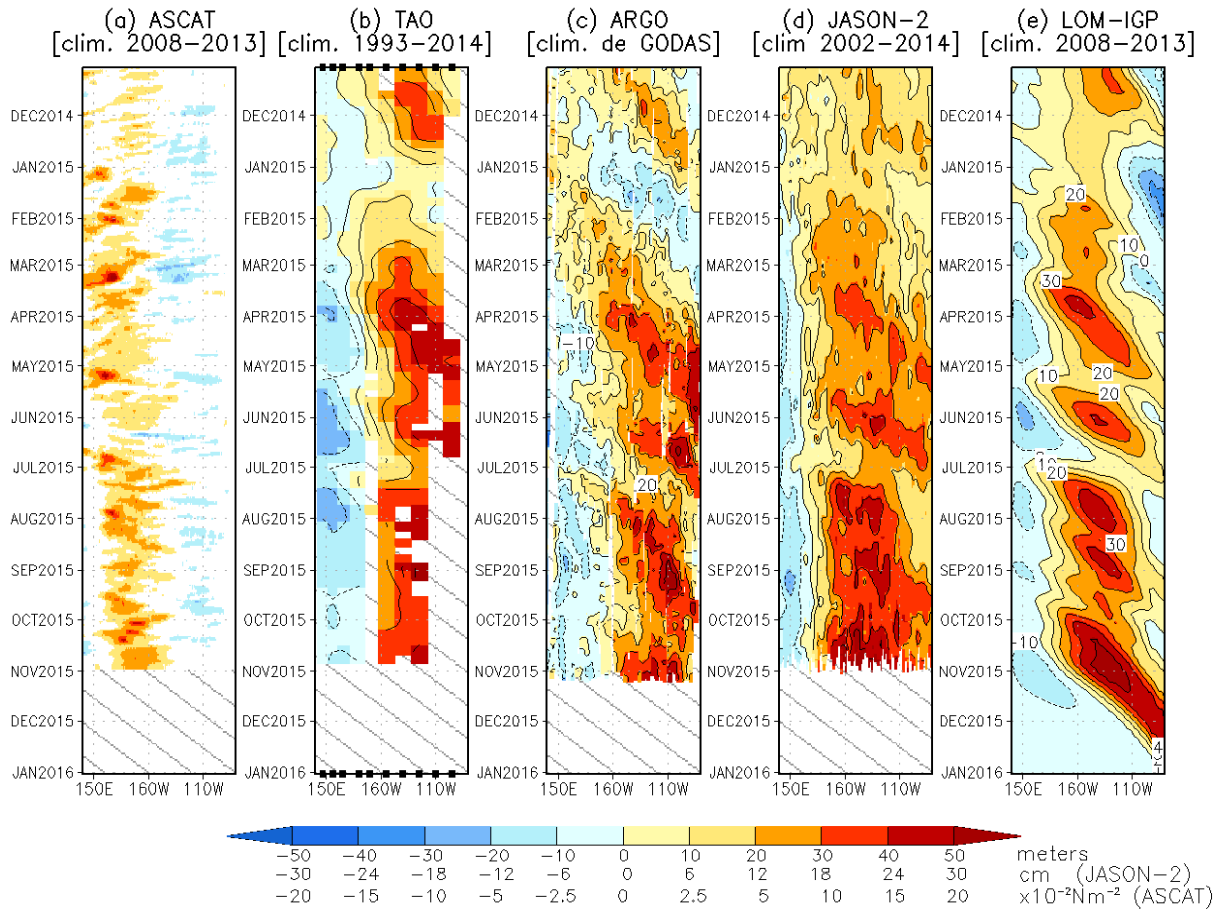


Figura 11. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra 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)

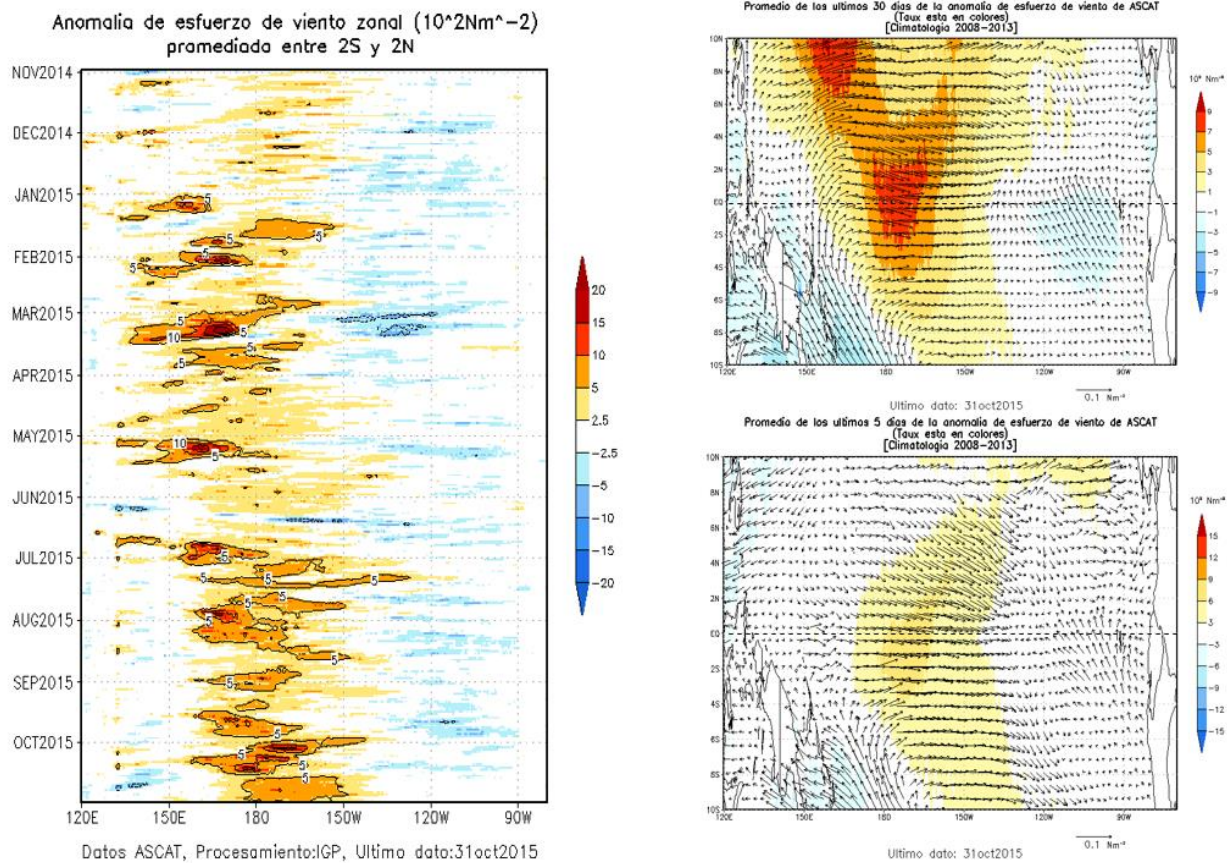


Figura 12. Izquierda: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT. Derecha (superior): Mapa del promedio de 30 días. Derecha (inferior): Mapa del promedio de 5 días, hasta el 03 de octubre del 2015, incluyendo los vectores de esfuerzo zonal. (Elaboración: IGP)

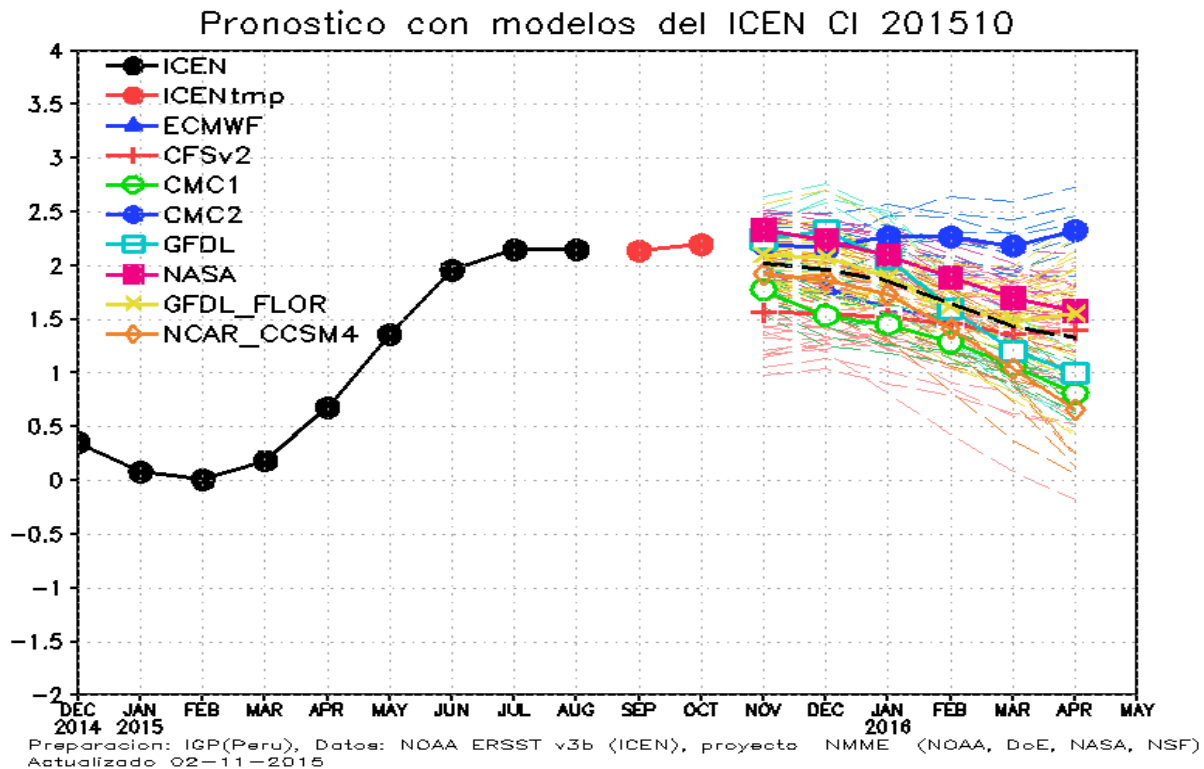


Figura 13. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y sus valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden 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 setiembre de 2015. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de setiembre 2015. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF).

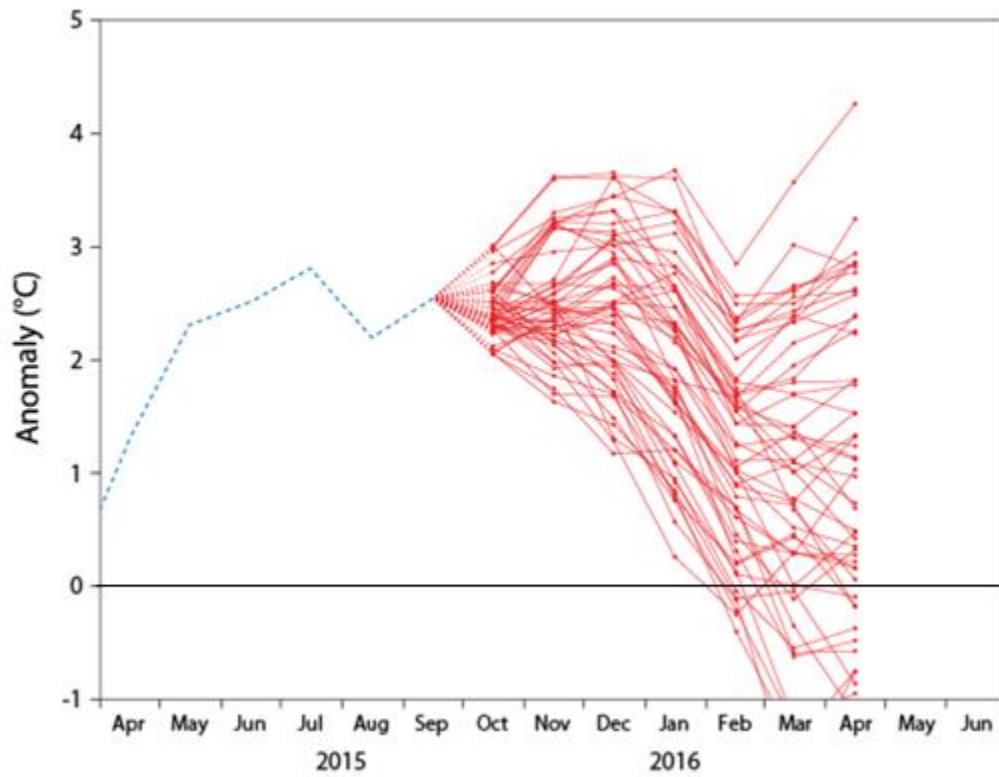


Figura 14. Pronostico de la anomalía de TSM para la región Niño 1+2.
Fuente ECMWF.

NMME Forecast for Niño 3.4 IC=201510

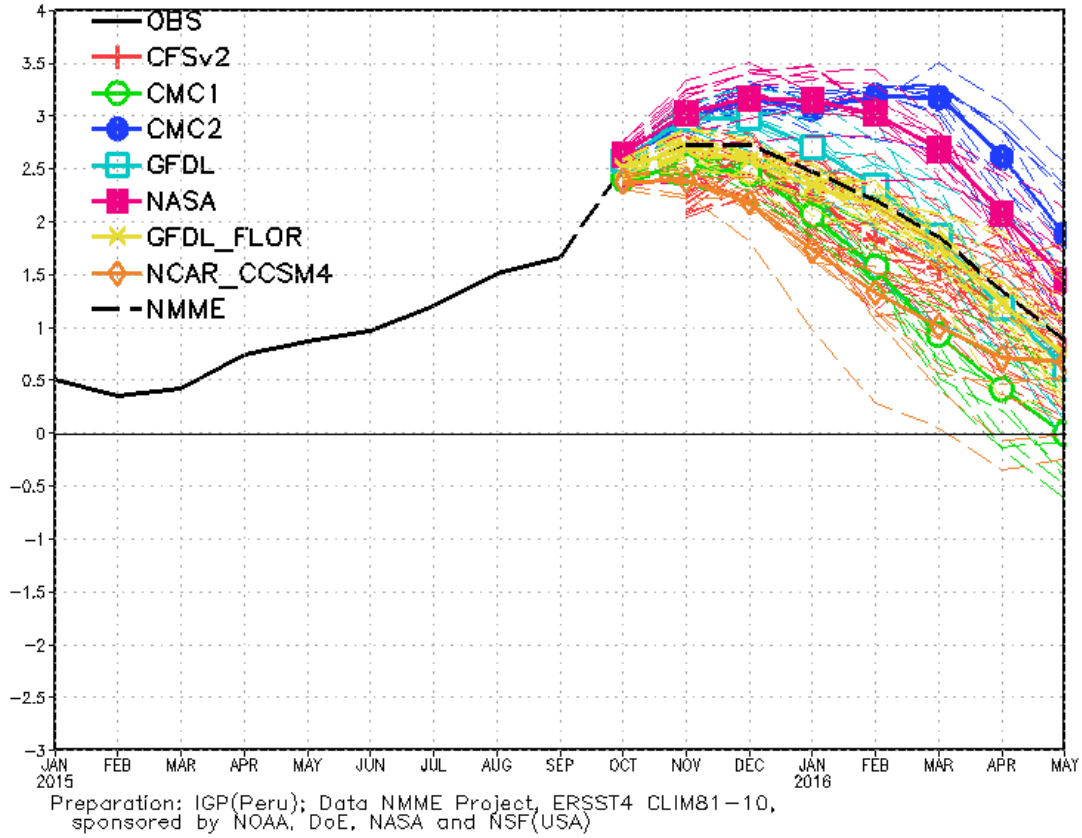


Figura 15. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

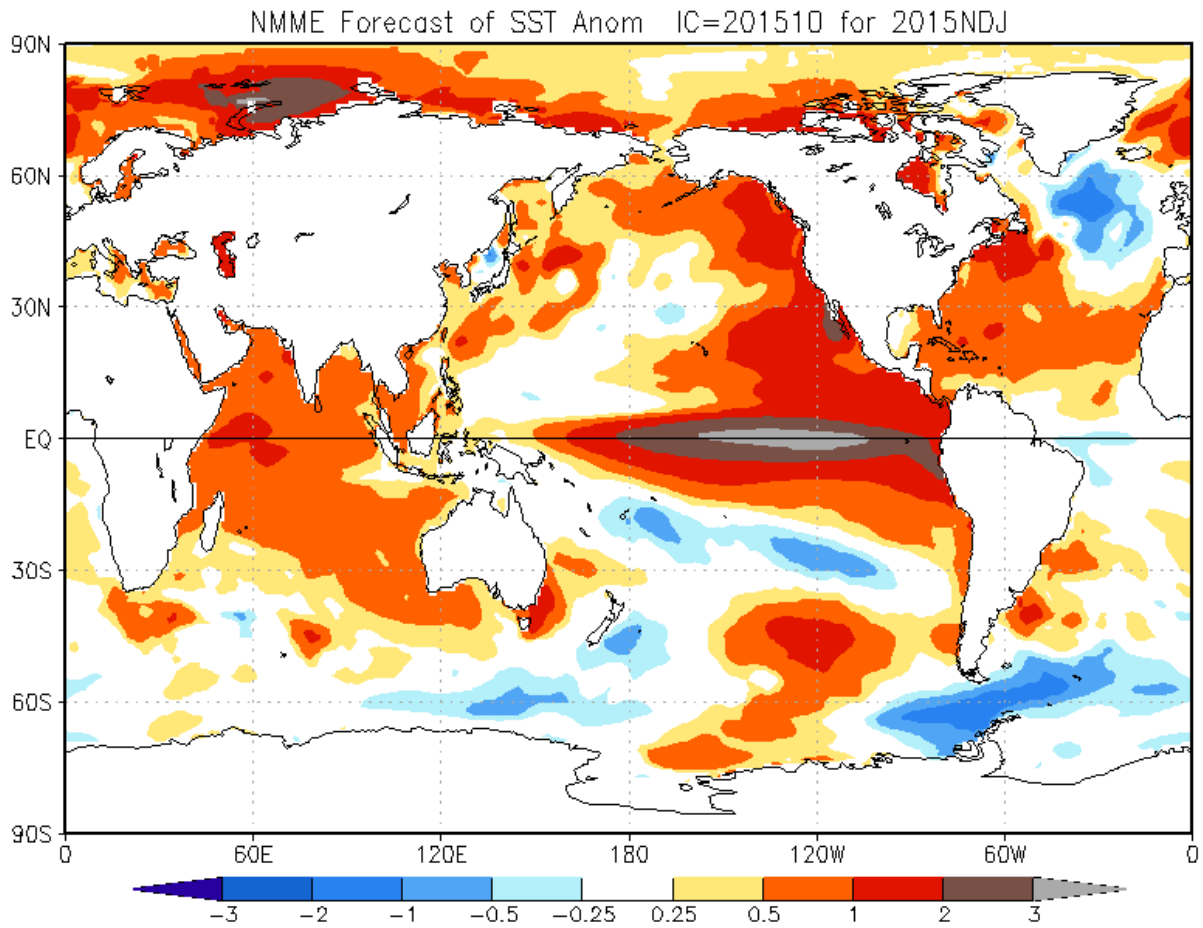


Figura 16. Pronóstico de la anomalía de temperatura superficial del mar promediada sobre los modelos del proyecto NMME (NCEP CFS2, CanCM3 CMC1 y 2, GFDL CM2.2, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 para el trimestre noviembre-enero de 2015 con condiciones iniciales de setiembre de 2015. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

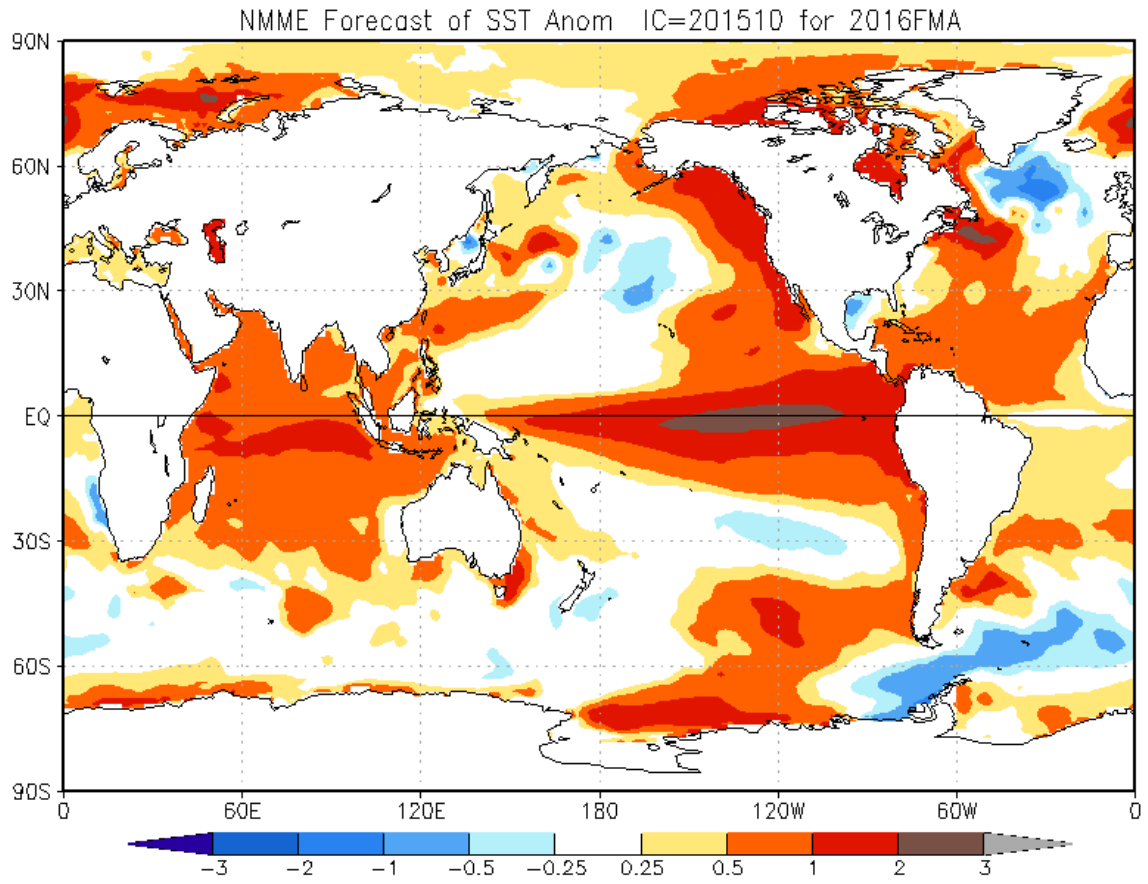


Figura 17. Similar a la Fig.16, pero para el trimestre febrero – abril de 2016.

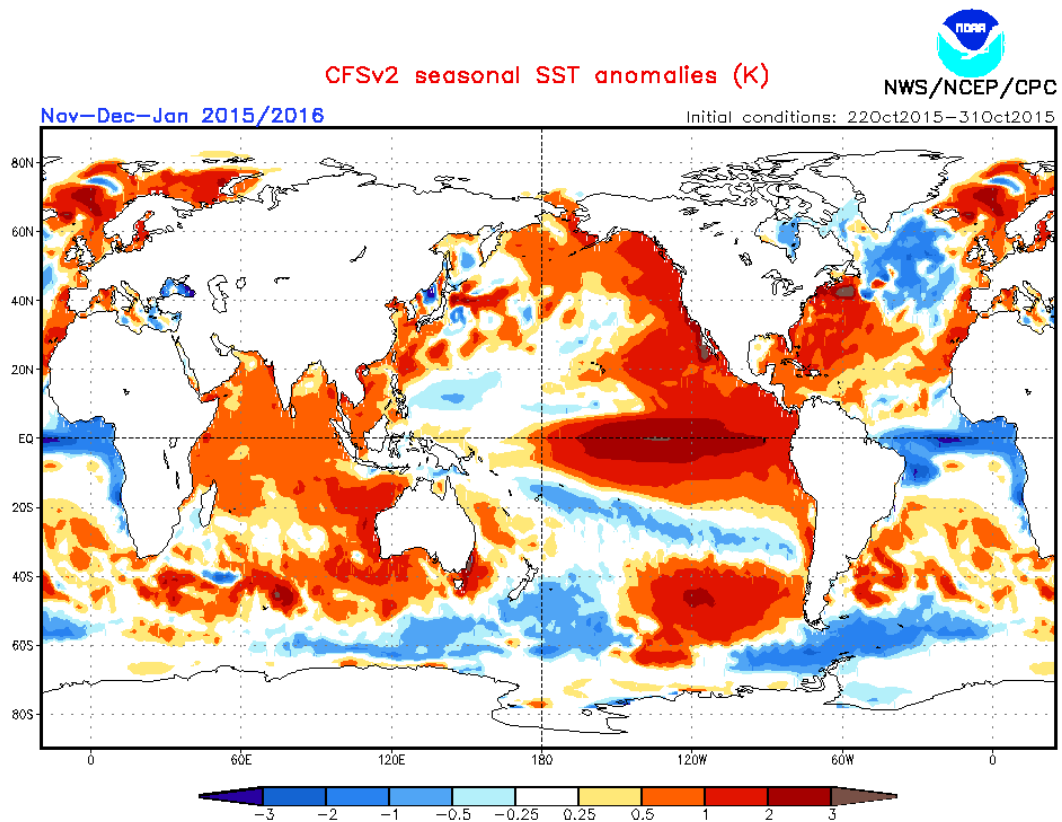


Figura 18. Pronósticos numéricos de anomalía de TSM para el periodo noviembre 2015 - enero 2016 por el modelo CFSv2 con condiciones iniciales entre el 22 y 31 de octubre de 2015. (Fuente: NOAA).