

**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/EI Niño-IGP/2015-05
05/06/2015**

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 abril las condiciones climáticas de la costa peruana fueron cálidas débiles (0.68), y el estimado para mayo indica condiciones cálidas moderadas. El pronóstico de la temperatura superficial del mar de los modelos numéricos internacionales, con condiciones iniciales del mes de mayo, indican que las condiciones climáticas serán entre cálidas moderadas y fuertes en julio y agosto en el Pacífico oriental. Estos mismos resultados numéricos predicen que para el Pacífico Central las condiciones serán cálidas, entre moderadas y fuertes. La onda Kelvin que se formó a inicios del mes de marzo en el extremo oeste, aún continuó afectando la costa peruana. Por otro lado, la onda que se formó en la primera quincena del mes de mayo estaría arribando a partir de fines del mes de junio.

Introducción

Empezando en 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 participa 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 mayo 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 abril de

2015. Los valores hasta esa fecha son:

Año	Mes	ICEN (°C)	Condiciones costeras del Mes
2015	Enero	0.08	Neutro
2015	Febrero	0.01	Neutro
2015	Marzo	0.18	Neutro
2015	Abril	0.68	Cálida Débil

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 abril de 2015 es de CÁLIDA DÉBIL**. 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	Mayo	1.45	Cálida Moderada	2015/04-05: ERSST; 2015/06: NMME

Tabla 2. Estimados preliminares del ICEN (ICENtmp)

Según estos valores del ICENtmp, se estima que en mayo de 2015 las condiciones sean CÁLIDAS MODERADAS. Esto será confirmado cuando se disponga del valor de ERSST para el mes de junio de 2015 y se pueda contar con el valor del ICEN para el mes de mayo de 2015.

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 30 de mayo de 2015 (ver Figura 1, 2, 3 y 4). Este modelo es luego corrido en modo de pronóstico con las anomalías de viento i) igualadas a cero (LOM1a y LOM2a), y ii) iguales al promedio de los últimos 30 días (LOM1b y LOM2b).

En el presente mes, los productos de ARGO (Figura 5c), JASON-2 (Figura 5d) y del modelo lineal (Figura 5e) muestran que la onda Kelvin cálida débil, que se generó a inicios de marzo y cuyo núcleo llegó en la segunda quincena de mayo, continuó afectando la costa peruana. Asimismo, en los productos observacionales y en el modelo lineal ya se observa con mayor claridad la presencia de la onda Kelvin cálida, la cual se formó en la primera quincena de mayo. Se espera que esta onda llegue a fines del mes de junio. La continuación de las anomalías de TSM en el Pacífico ecuatorial central, así como la actividad atmosférica convectiva (producto de la anomalía de la TSM) en el Pacífico ecuatorial cerca de la línea de cambio de fecha, serían favorables para la continuación de anomalías de vientos del oeste (de alta y baja frecuencia) que pueden generar nuevas ondas Kelvin cálidas (de alta y baja frecuencia).

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para los meses de julio y agosto, los pronósticos de la anomalía de la TSM en el Pacífico oriental (Niño 1+2, ICEN) indican condiciones principalmente “cálida fuerte”. (ver Tabla 3 y Figura 7). Por otro lado, en el Pacífico central (Niño 3.4) los modelos indican que las condiciones estarán en el rango de “cálida fuerte” y “cálida muy fuerte” para el mes de julio y desde el mes de agosto, respectivamente (ver Figura 8, así como Figura 9 y 10 para los trimestres Junio-Julio-Agosto y Setiembre-October-Noviembre, respectivamente).

Modelo	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND
CFS2	1.47	2.30	2.18	1.89	1.51	1.36	1.59
CMC1	1.34	1.65	1.45	1.10	0.77	0.59	0.48
CMC2	1.54	2.00	2.04	1.92	1.68	1.38	1.31
GFDL	1.61	2.32	2.46	2.00	1.46	1.22	1.13
NASA	1.86	2.67	2.98	2.87	2.59	2.33	2.23
NCAR	-	-		-	-	-	-
GFDL_FLOR	1.70	2.45	2.71	2.43	2.17	2.12	2.13
NCAR_CCSM4	1.83	2.62	2.90	2.90	2.67	2.40	2.24
NMME	1.62	2.29	2.39	2.16	1.84	1.63	1.59
ECMWF			2.00	2.00	1.90	1.80	
ICENtmp	1.45						

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

Modelo	Inicio	Extremo	Final	Magnitud
CFS2	abr-15	jun-15	No disponible	Fuerte
CMC1	abr-15	jun-15	No disponible	Moderado
CMC2	abr-15	jul-15	No disponible	Fuerte

GFDL	abr-15	jul-15	No disponible	Fuerte
NASA	abr-15	jul-15	No disponible	Fuerte
NCAR	-	-	-	-
GFDL_FLOR	abr-15	jul-15	No disponible	Fuerte
NCAR_CCISM4	abr-15	jul/ago-15	No disponible	Fuerte
NMME (prom)	abr-15	jul-15	No disponible	Fuerte
ECMWF	abr-15	Agosto-15	-	Moderado
OBSERVADO	-	-	-	

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

Subestimación satelital de la temperatura superficial del mar

La estimación de TSM global diaria de NOAA OI SST presentó una reducción abrupta de las anomalías cálidas en la costa en la última quincena de mayo. Este resultado es inconsistente con la continua presencia de ondas Kelvin cálidas. Más aún, un estimado satelital basado en mediciones de microondas¹ muestra la persistencia de las condiciones cálidas (Figura 12). Debido a que las mediciones en infrarrojo pueden ser contaminadas por nubosidad mientras que las de microondas no, se considera probable que la reducción de las anomalías de TSM según NOAA OI SST haya sido falsa. Esto debe ser confirmado con más mediciones in situ. En adelante, es recomendable utilizar una diversidad de fuentes satelitales de TSM, particularmente incluyendo mediciones microondas.

Conclusiones:

1. El ICEN para abril 2015 fue de 0.68 (cálida débil). El **ICENtmp actualizado** para **mayo 2015** fue de 1.45, correspondiente a condiciones **cálidas moderado** y el de **junio 2015** fue de 1.81, es decir **cálidas fuerte**.
2. Para el Pacífico oriental (Niño 1+2), el modelo CFSv2, actualizado hasta fin de mayo, continúa indicando condiciones **cálidas principalmente fuertes con el pico en junio y** El Niño costero tendría una magnitud fuerte. Posteriormente, este modelo indica una tendencia a la normalización, con un mínimo en octubre (promedio cálido débil) para luego incrementar hacia el verano 2015-2016, alcanzando condiciones cálidas moderadas en promedio. La magnitud de los pronósticos para fin de año han ido bajando de intensidad a medida que las condiciones iniciales evolucionaron entre inicio y fin de mayo.
3. Para el **Pacífico central** (Niño 3.4), el modelo CFSv2, actualizado hasta fin de mayo, continúa indicando una tendencia al aumento en las condiciones **cálidas, alcanzando en promedio el**

¹ <http://www.remss.com/measurements/sea-surface-temperature/oisst-description>

nivel de fuerte con el pico en noviembre. La magnitud de los pronósticos para fin de año han ido bajando de intensidad a medida que las condiciones iniciales evolucionaron entre inicio y fin de mayo.

4. Los productos observacionales a lo largo de la línea ecuatorial y el modelo lineal indican que la **onda Kelvin cálida, que se generó a inicios de marzo y cuyo núcleo llegó en la segunda quincena de mayo, continuó afectando la costa peruana.** Asimismo, en los productos observacionales y modelo lineal ya se observa **la presencia de la onda Kelvin cálida, la cual se formó en la primera quincena de mayo. Se espera que esta onda llegue a fines del mes de junio.**
5. La continuación de las anomalías cálidas en el Pacífico ecuatorial central y de la respuesta a esto de parte de la actividad atmosférica convectiva en el Pacífico ecuatorial cerca de la línea de cambio de fecha es favorable a la continuación de anomalías de vientos del oeste que pueden generar nuevas ondas Kelvin cálidas.
6. La comparación de la estimación de TSM global diaria de NOAA OI SST basado en mediciones satelitales en infrarrojo (que tienen problemas con la nubosidad) con las estimaciones basadas en microondas (que no tienen problemas con las nubes), sugieren que la reducción abrupta de las anomalías cálidas en la costa en la última quincena de mayo sería errada. Esto se debe confirmar con datos in situ. En el futuro, se recomienda monitorear la TSM también con el producto de microondas.
7. La reducción en la magnitud de los pronósticos de CFS2 podría estar asociado a que el pulso de vientos del oeste en el Pacífico central-oriental pronosticado por este modelo para la segunda quincena de mayo, asociado a MJO, no ocurrió.

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., Tippet, 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 Perú. *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.
- 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.

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, Ph. D. (c)

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

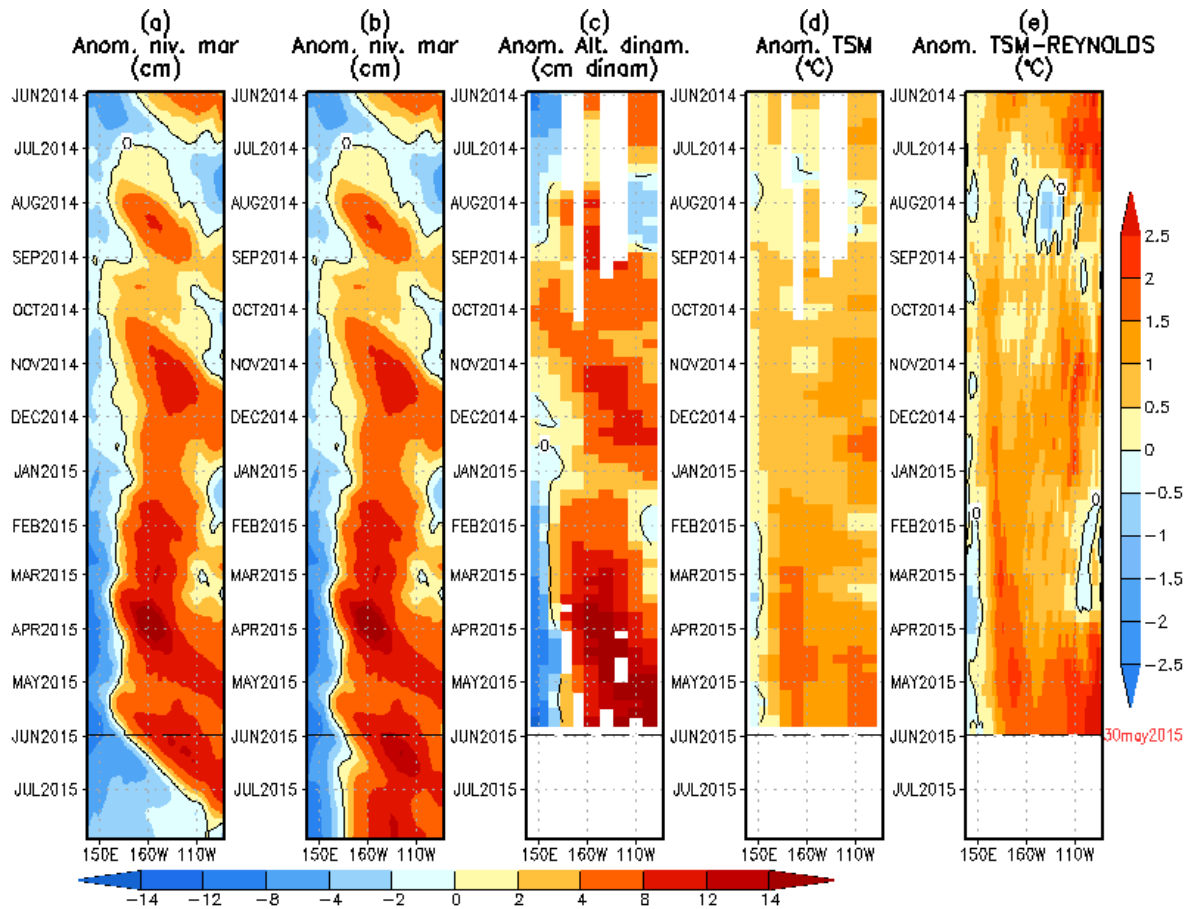


Figura 1. Anomalías (a y b) del nivel medio del mar simulado con LOM1 (termoclina uniforme), (c) de la altura dinámica (TAO), (d y e) de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente, en la región ecuatorial (2°S y 2°N). En (a) y (b) la línea cortada en color negro, 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).

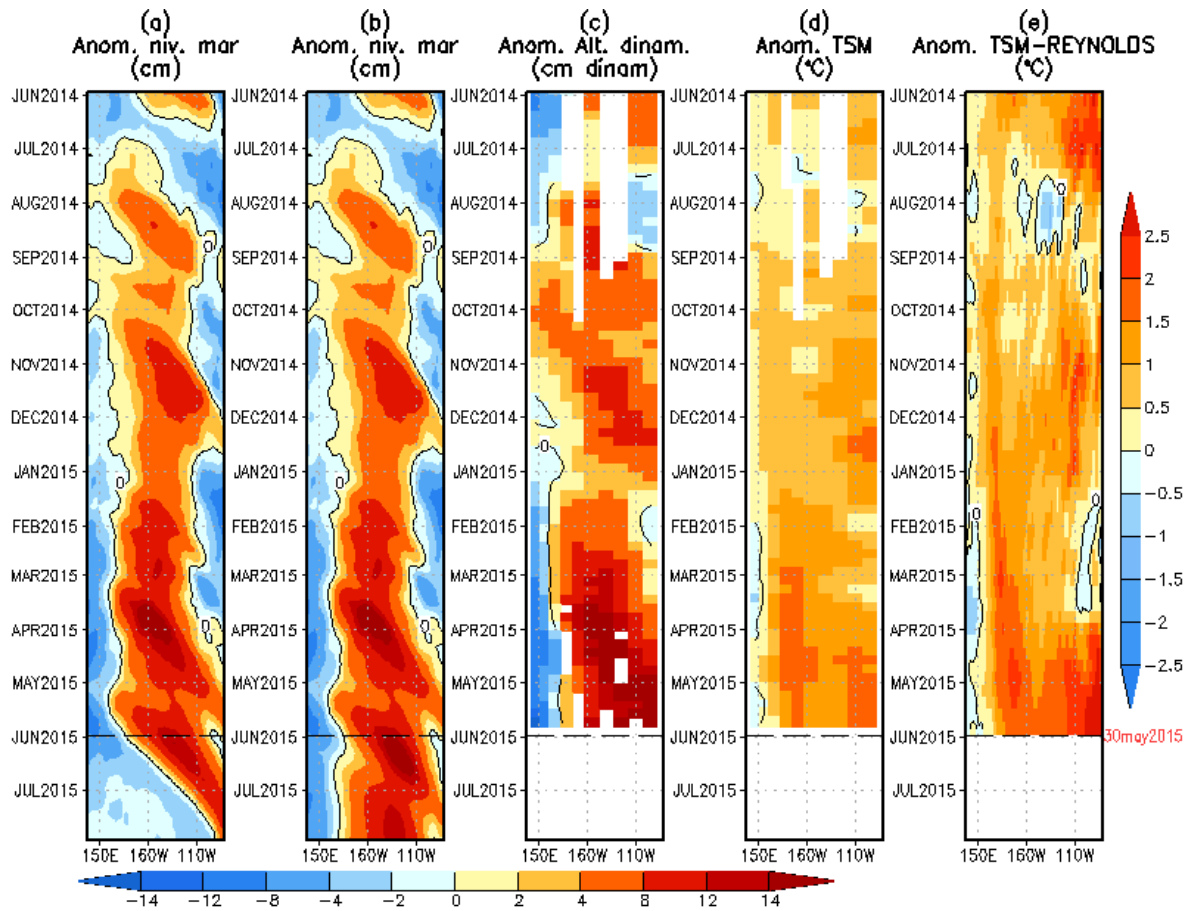


Figura 2. Similar a la Fig. 1 pero para LOM2 (termoclina variable).

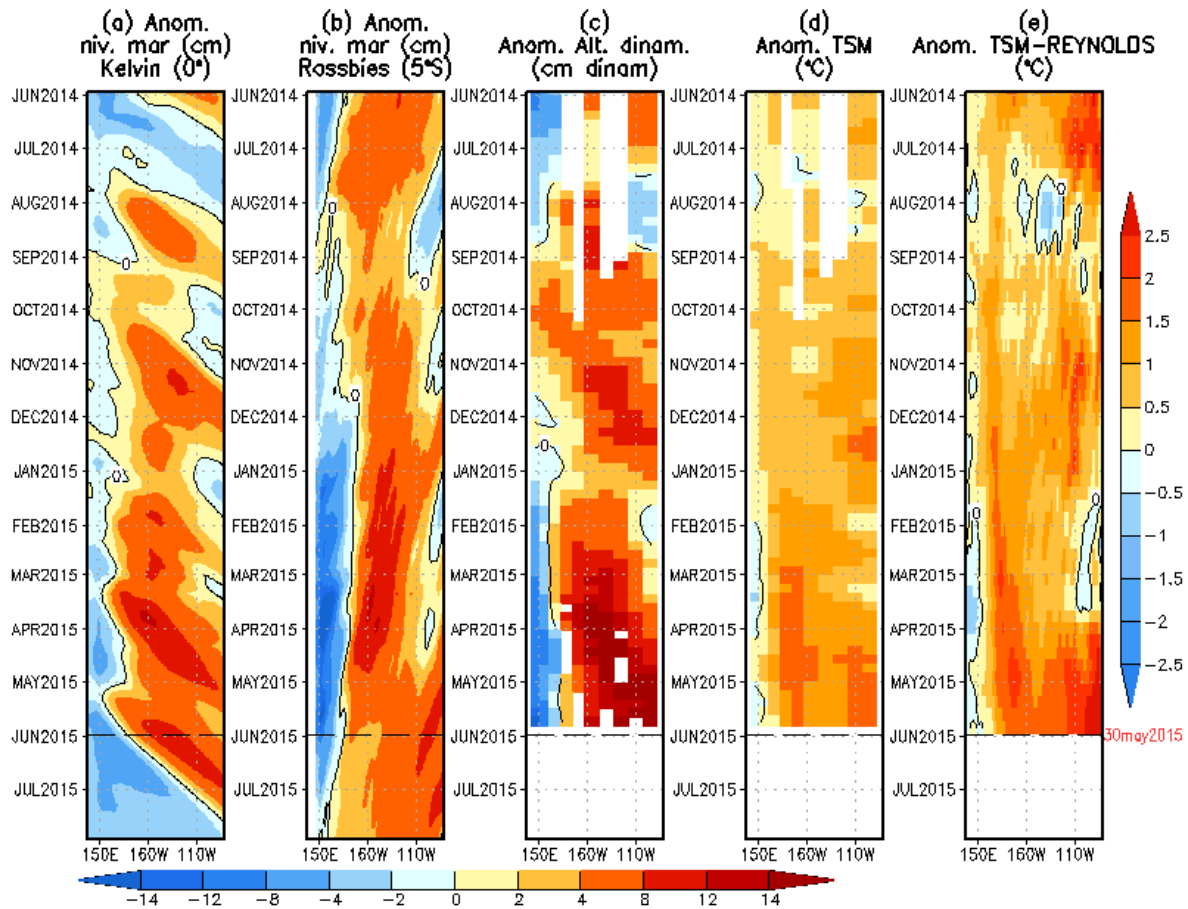


Figura 3. (a) Contribución de la Onda Kelvin al nivel del mar y (b) Contribución de la onda Rossby al nivel del mar en 5°N obtenida de LOM1a. (c) anomalía de la altura dinámica (TAO), (d) y (e) anomalía de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente en la región ecuatorial (Fuente: IGP, ASCAT, climatología: 2008-2013).

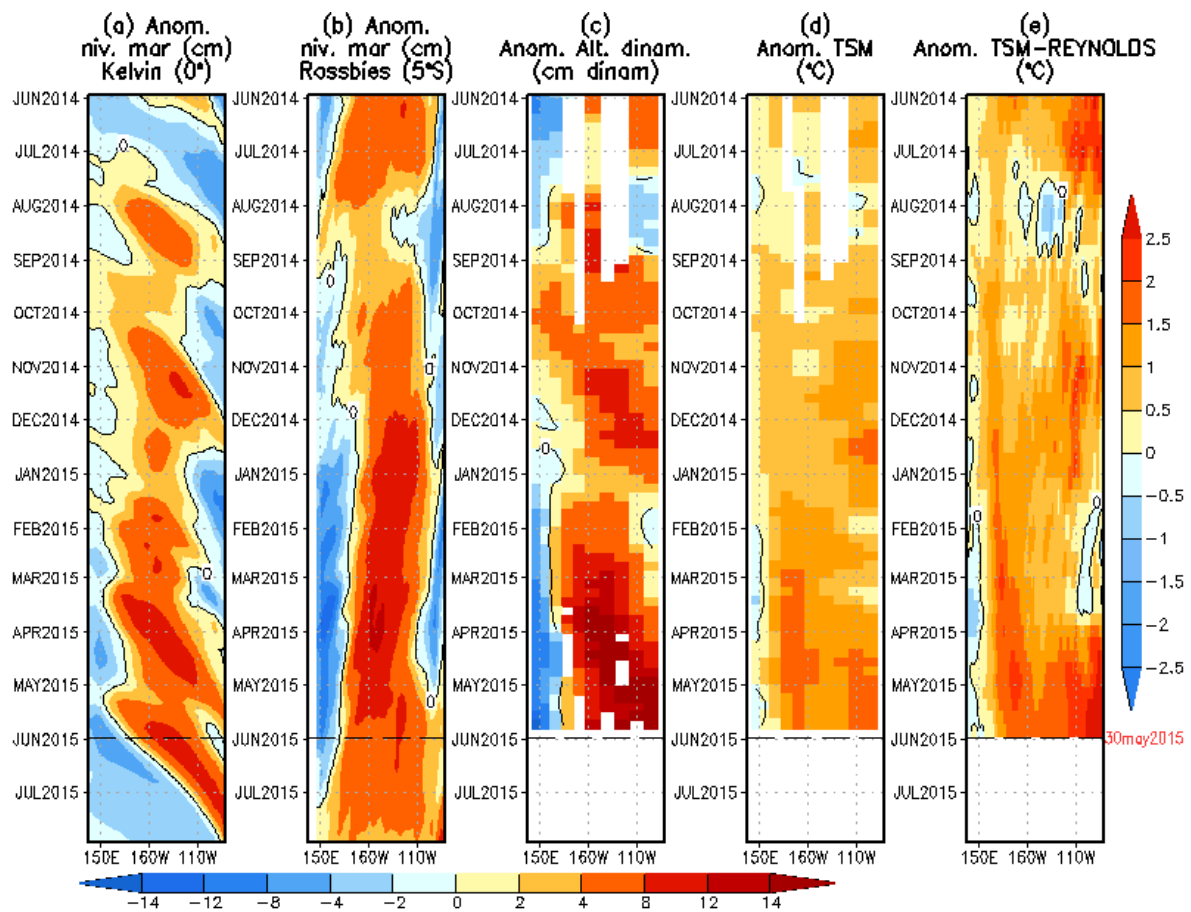


Figura 4. (a) Igual que la Figura 3, pero para LOM2a.

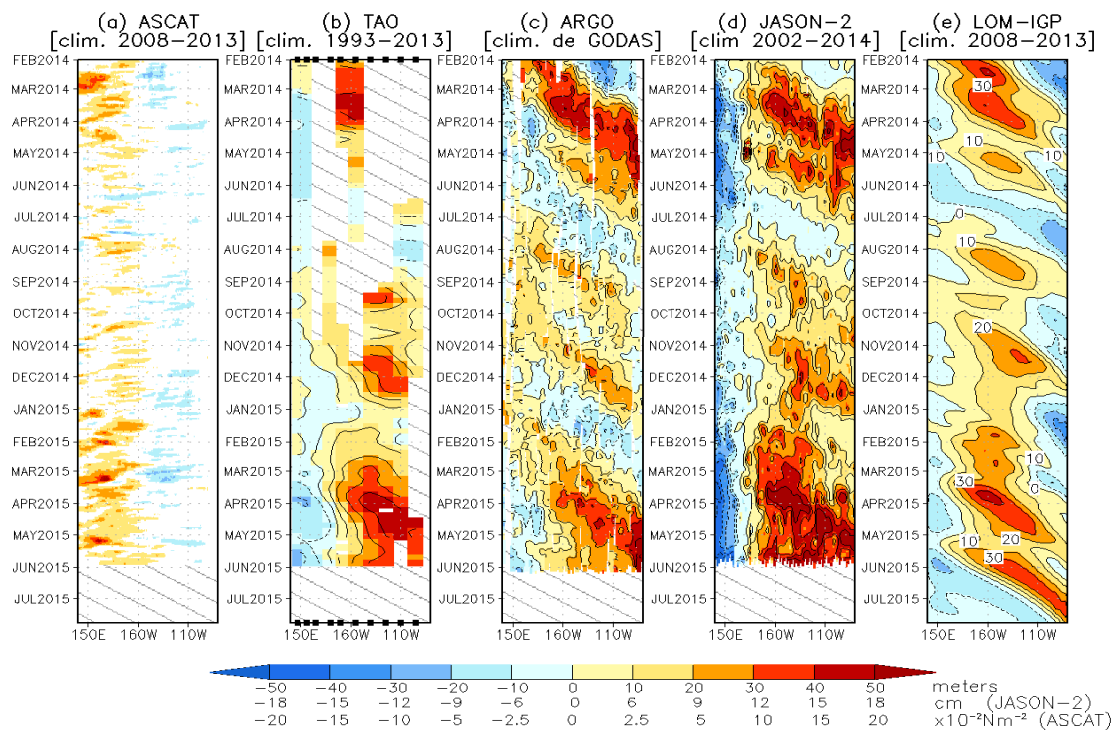


Figura 5. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra 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)

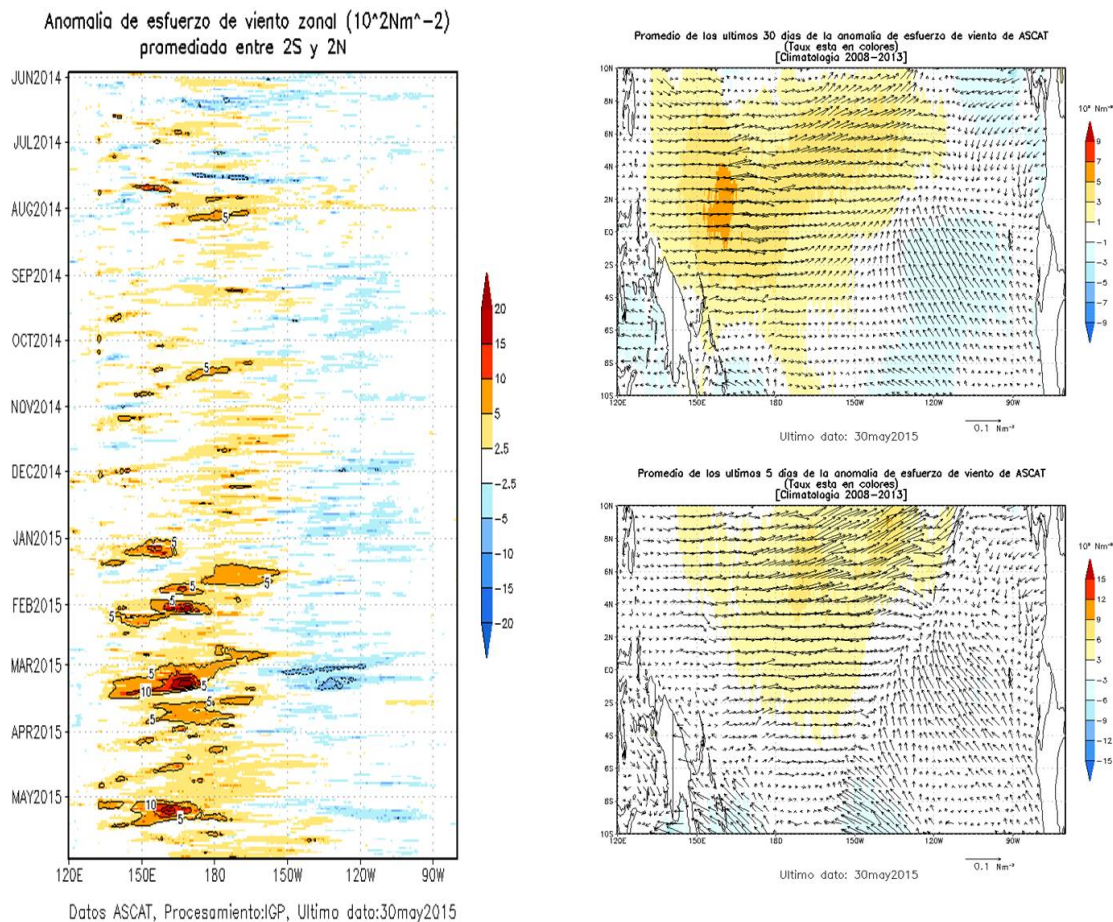


Figura 6. Izquierda: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT. Derecha (superior): Mapa del promedio de 30 días. Derecha (inferior): Mapa del promedio de 5 días, hasta el 30 de mayo del 2015, incluyendo los vectores de esfuerzo zonal. (Elaboración: IGP)

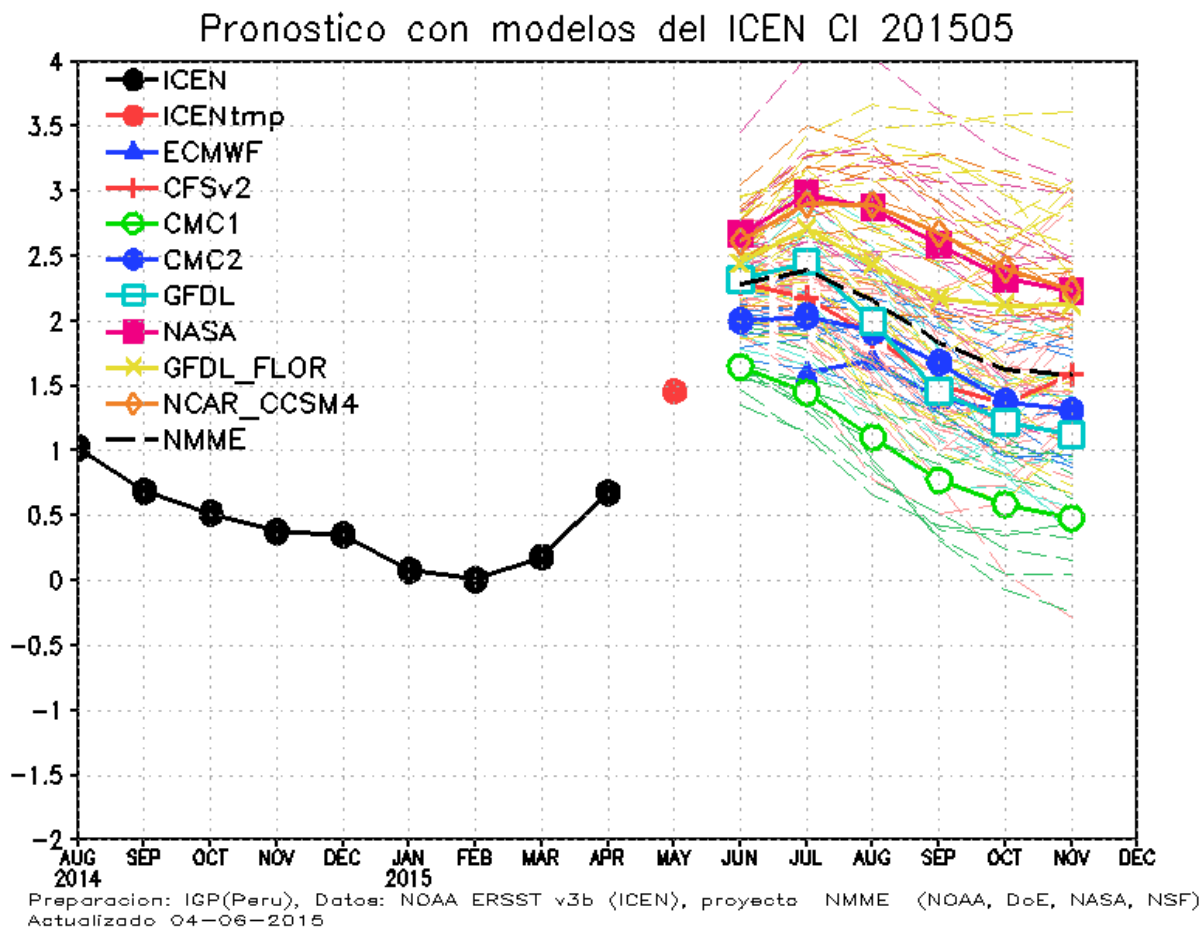


Figura 7. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y sus valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden a los miembros de los "ensembles". Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 tienen como condición inicial el mes de mayo de 2015. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de mayo de 2015. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF).

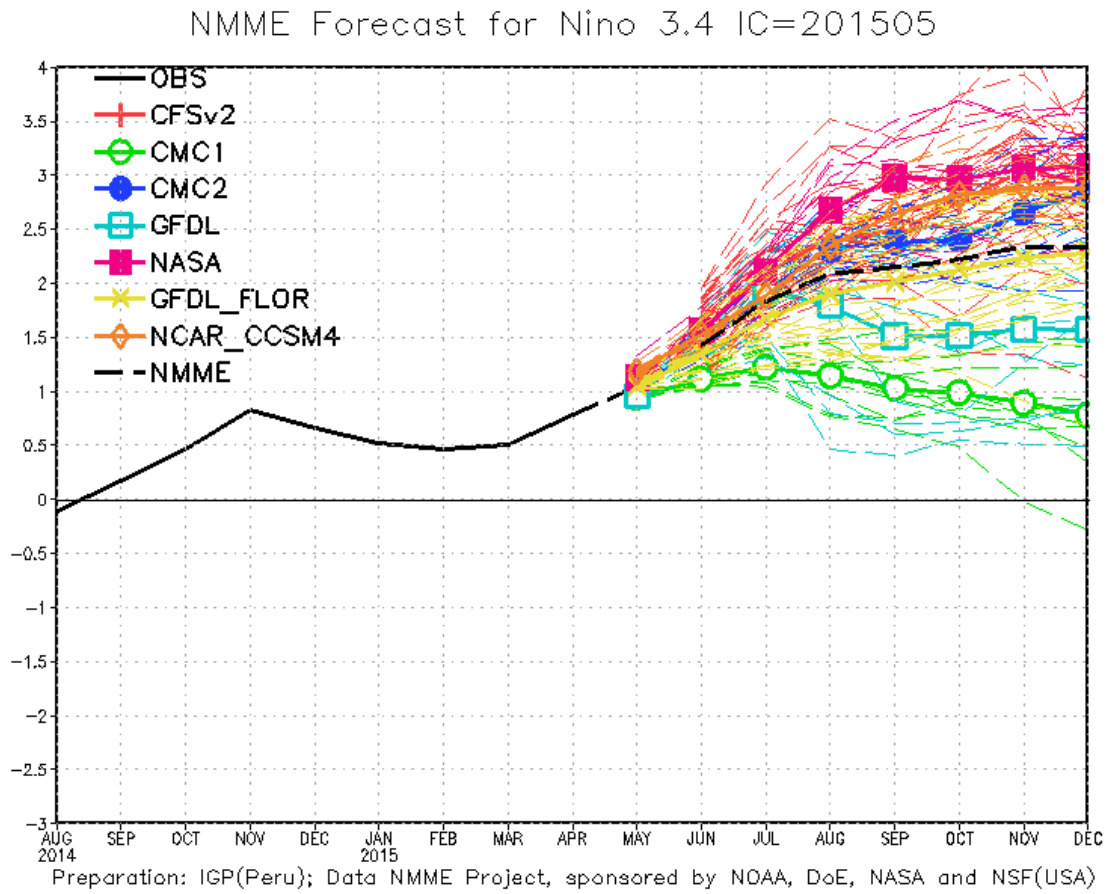


Figura 8. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

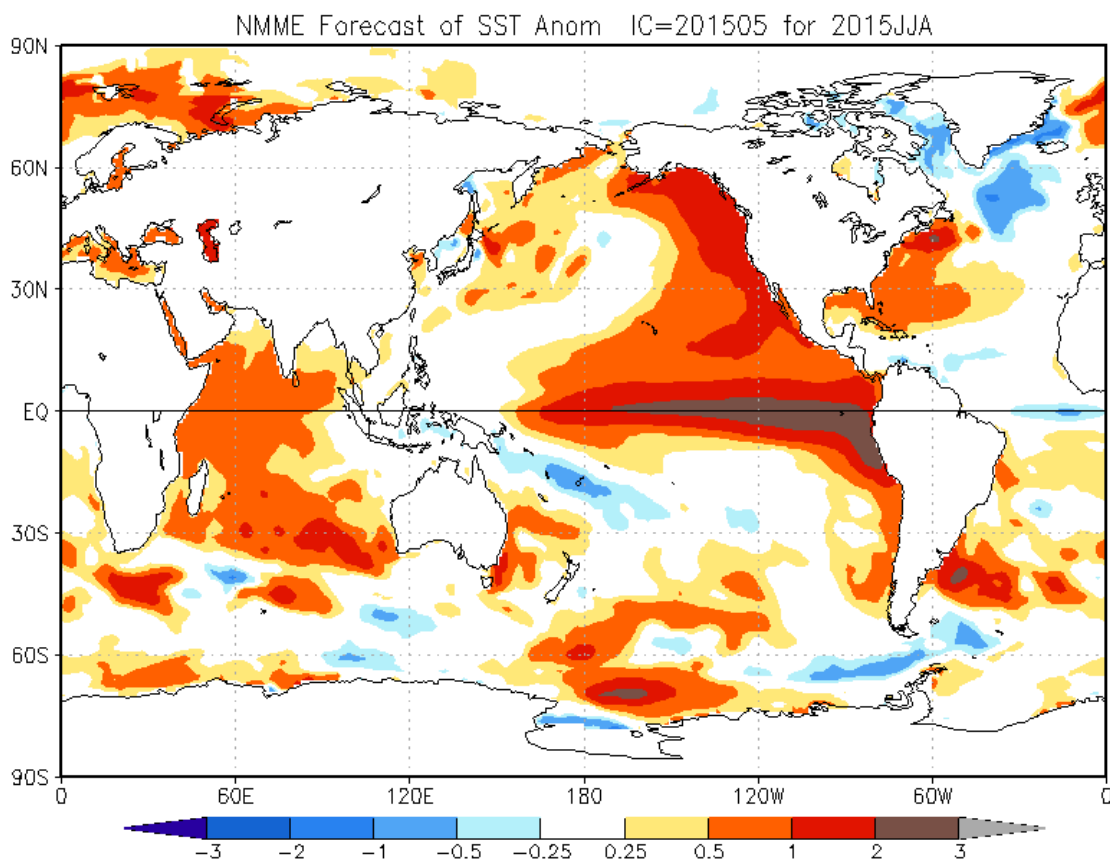


Figura 9. Pronóstico de la anomalía de temperatura superficial del mar promediada sobre los modelos del proyecto NMME (NCEP CFS2, CanCM3 CMC1 y 2, GFDL CM2.2, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCISM4 para el trimestre junio-agosto de 2015 con condiciones iniciales de julio de 2015. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

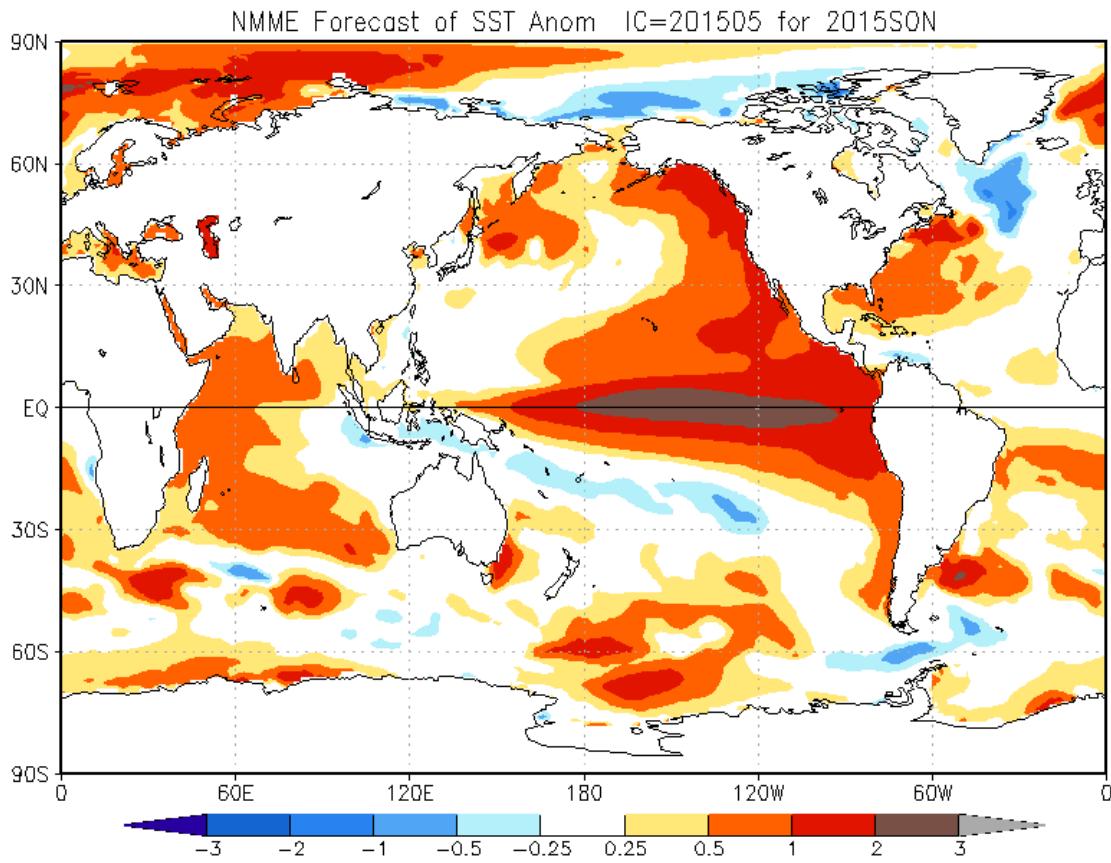


Figura 10. Similar a la Fig.9, pero para el trimestre setiembre–noviembre de 2015.

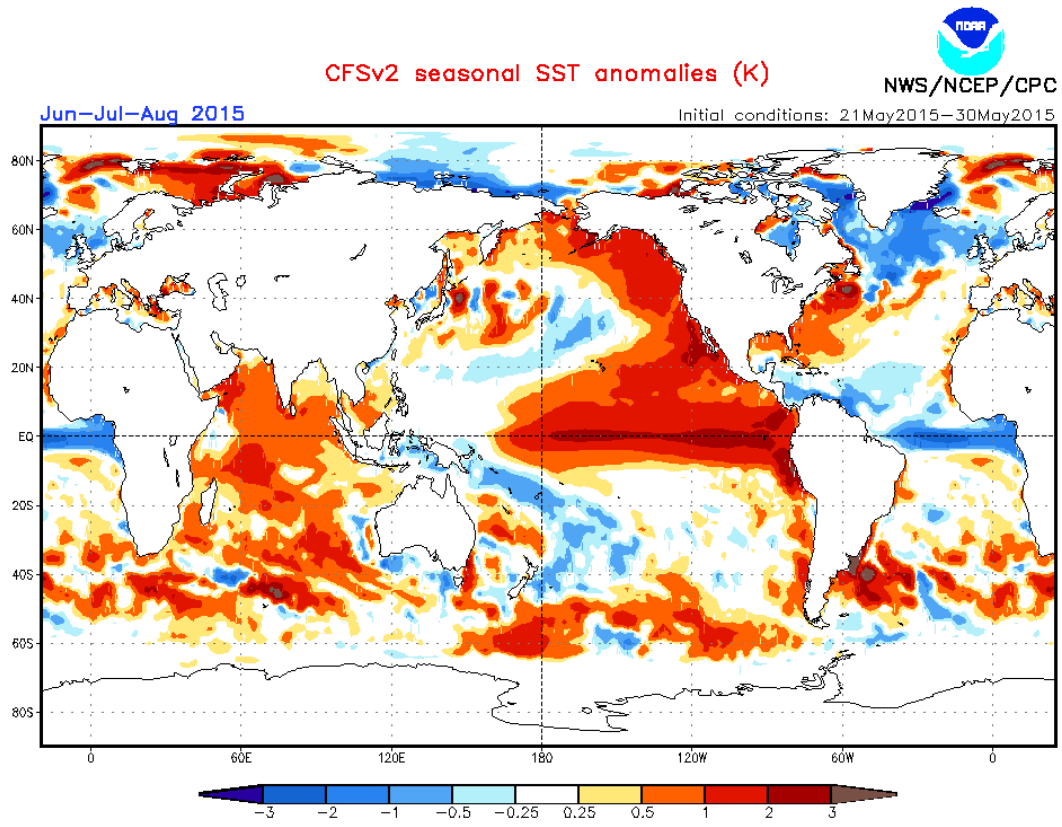


Figura 11. Pronósticos numérico de anomalía de TSM para el periodo junio-agosto 2015 por el modelo CFSv2 con condiciones iniciales entre el 21 de mayo hasta el 30 de mayo de 2015. (Fuente: NOAA).

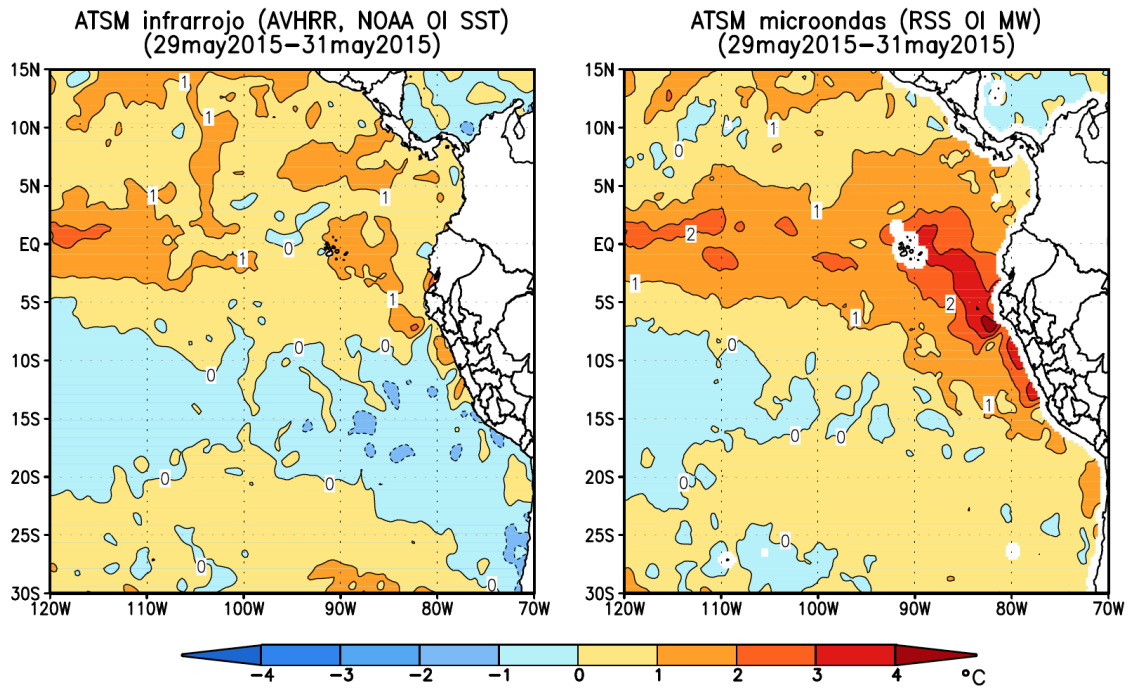


Figura 12. Anomalía de TSM para el periodo 29-31 de mayo, 2015, obtenida de (a) NOAA OI SST basado en infrarrojo (AVHRR) y de (b) RSS basado en microondas. La anomalía se calculó usando la misma climatología (1981-2010) en ambos casos.