

**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 N° PpR/El Niño-IGP/2014-05
02/06/2014**

Advertencia: El presente informe sirve como insumo para el Comité Multisectorial para el Estudio 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), las condiciones climáticas en la costa fueron neutras hasta marzo de 2014. Según el valor preliminar del ICEN para mayo y los pronósticos de los modelos climáticos, podríamos estar en la presencia de un evento El Niño en la costa peruana iniciado en mayo y cuya magnitud podría ser entre débil y moderada.

Los modelos oceánicos lineales y la proyección en el tiempo de la anomalía del nivel del mar de JASON-2 indican el arribo de una onda Kelvin cálida de menor magnitud que la anterior para la primera quincena 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 promediados sobre la región Niño 1+2, actualizados hasta abril de 2014, inclusive, 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 marzo de 2014. Los valores recientes hasta esa fecha son:

Año	Mes	ICEN	Condiciones costeras del Mes
2013	Diciembre	-0.30	Neutro
2014	Enero	-0.49	Neutro
2014	Febrero	-0.54	Neutro
2014	Marzo	-0.64	Neutro

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

Según los valores del ICEN, **se confirma que las condiciones climáticas hasta marzo de 2014 en la costa peruana se clasifican como NEUTRAS**. Se recuerda que para declarar El Niño o La Niña en la costa, las condiciones costeras del mes deben ser cálidas o frías por al menos 3 meses consecutivos, respectivamente (ENFEN, 2012), por lo que se puede afirmar que **no estamos actualmente ante un evento El Niño o La Niña en la costa**.

Para los meses más recientes se generan versiones preliminares y temporales de este índice (ICENtmp) combinando ERSST con otras fuentes. Estos valores sirven como referencia.

Año	Mes	ICENtmp	Condiciones costeras del mes	Fuente
2014	Abril	0.11	Neutro	2014/03-2014/04: ERSST; 2014/05: OI SST wkl
2014	Mayo	0.75	Cálida débil	2014/04: ERSST; 2014/05: OI SST wkl; 2014/06: Pron. Modelos

Tabla 2. Estimados preliminares del ICEN

Según estos valores del ICENtmp, se estima que hasta mayo de 2014 lo más probable es que estas condiciones clasifiquen como NEUTRAS y CALIDA DÉBIL. Esto será confirmado cuando se disponga del valor de ERSST para el mes de mayo de 2014 y se pueda contar con el valor de ICEN para el mes de abril de 2014 (El valor actualizado del ICEN será incluido en una adenda al presente informe).

Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones.

Se cuenta ya con datos observacionales alternativos para el monitoreo de las ondas ecuatoriales adicional a los datos de TAO. En particular, se han producido diagramas longitud-tiempo (Hovmöller) de las anomalías de nivel del mar (JASON-2 , Fig. 9 , 10), de la profundidad de la isoterma de 20°C (Argo, Fig. 9, 11), y esfuerzo de viento zonal (Fig. 12). Tanto los datos de Argo como de JASON-1 muestran la propagación de la nueva onda Kelvin cálida hacia nuestra costa, lo cual se puede apreciar en TAO. Los datos GODAS, basados en un modelo numérico con asimilación de datos, no distinguen esta onda. Si bien no es claro la fuente del error, se recomienda en lo posible limitar el uso de datos de modelo para el monitoreo de lo pasado. El análisis de correlaciones en nivel del mar de JASON-2 indica una velocidad de propagación de las ondas Kelvin de 2.6 m/s (Mosquera et al., 2014), lo cual permite inferir que esta nueva onda llegaría a inicios de junio (Fig. 10). Los datos de esfuerzo de viento zonal (Fig. 12) no indican actividad sustancial durante el mes de mayo, aunque las anomalías (débiles) son del oeste en el Pacífico occidental y del este en el oriental.

Los modelos oceánicos lineales del IGP (Mosquera, 2009, 2011) con la profundidad referencial de la termoclina uniforme (LOM1) y profundidad variable (LOM2) fueron forzados con anomalías de vientos superficiales obtenidos del NCEP-CDAS hasta el 27 de mayo de 2014. 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).

Los modelos lineales indican que la segunda **onda Kelvin cálida ya alcanzó el continente americano**. Además, se observa que **una nueva onda Kelvin cálida de menor magnitud** se habría formado en el Pacífico Central y estaría **arribando a la costa americana a inicios de junio** del año en curso (Figs.1ab, 2ab, 3a y 4a), tal como se indicó en el informe anterior.

Pronóstico estacional del ICEN con modelos climáticos

Para los **próximos tres meses**, los pronósticos de la ATSM en el **Pacífico oriental** (Niño 1+2, ICEN) por los ocho modelos numéricos de las agencias internacionales analizados con condiciones iniciales de mayo de 2014 continúan indicando condiciones entre **cálida débil y moderada**. Los modelos pronostican condiciones **El Niño entre débil** (5 de 8 modelos) **y moderado** (3 de 8) **en la costa este invierno**. Según el ICEN preliminar, **este evento ya habría iniciado en mayo**. Los modelos proyectan un máximo calentamiento entre junio y julio y con una duración de al menos hasta agosto, pero 5 de 7 de los modelos extienden el evento hacia al menos noviembre (los datos no se extienden más).

Para los **próximos tres meses**, los pronósticos de la ATSM en el **Pacífico central** (Niño 3.4) por los modelos numéricos de las agencias internacionales indican una tendencia hacia condiciones alrededor de **cálidas débiles**, desde entre **neutras a cálidas moderadas**.

Para **finales de año** (noviembre 2014, ya que no se cuentan con datos más allá), los escenarios en el **Pacífico oriental** (Niño 1+2, ICEN) de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones entre **neutro y cálidas débil**. 3 de 8 modelos (CFS2, GFDL a06 y b01) indican un repunte hacia noviembre pero sin exceder condiciones débiles. Los otros 5 modelos muestran un tendencia negativa hacia condiciones neutras (ECMWF solo tiene datos hasta octubre). Por la estacionalidad, estos pronósticos serán más confiables conforme dejemos

Para **finales del año**, los escenarios en el **Pacífico central** de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones **cálidas entre débil y fuerte**. Por la estacionalidad, estos pronósticos serán más confiables conforme dejemos la estación de primavera.

Modelo	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND
CFS2	0.51	1.42	1.22	0.88	0.56	0.46	0.58
CMC1	0.35	0.78	0.78	0.73	0.64	0.62	0.59
CMC2	0.48	1.01	1.09	1.04	0.82	0.57	0.46
GFDL	0.39	0.83	0.89	0.53	0.21	0.06	-0.04
NASA	0.78	1.49	1.58	1.33	1.03	0.85	0.76
GFDL_a	0.48	1.06	0.99	0.64	0.30	0.40	0.63
GFDL_b	0.55	1.16	1.17	0.83	0.52	0.51	0.59
NMME	0.51	1.11	1.10	0.85	0.58	0.50	0.51
ECMWF	-	-	1.5	1.4	1	0.9	-
ICENTmp	0.75						

Tabla 3. Pronósticos del ICEN con diferentes modelos climáticos con condiciones iniciales de mayo 2014

Modelo	Pronóstico	Inicio	Máxima anomalía	Final
CFS2	EN débil	Mayo 2014	Junio 2014	Al menos noviembre 2014
CMC1	EN débil	Mayo 2014	Junio-julio 2014	Al menos noviembre 2014
CMC2	EN moderado	Mayo 2014	Julio 2014	Al menos noviembre 2014
GFDL	EN débil	Mayo 2014	Julio 2014	Agosto 2014
NASA	EN moderado	Mayo 2014	Julio 2014	Al menos noviembre 2014
GFDL_a	EN débil	Mayo 2014	Junio-julio 2014	Agosto 2014
GFDL_b	EN débil	Mayo 2014	Junio-julio 2014	Al menos noviembre 2014
NMME (prom)	El Niño débil	Mayo 2014	Junio-julio 2014	Al menos noviembre 2014
ECMWF	EN moderado	-	Julio 2014	-

Tabla 4. Pronósticos de evento El Niño/La Niña en la costa según modelos climáticos con condiciones iniciales de mayo 2014

Conclusiones

1. El ICEN para el mes de marzo (-0.64) y el preliminar de abril (0.11) corresponden al rango **neutral**, pero el ICEN preliminar para mayo (0.75) corresponde a una condición cálida débil.
2. Para los **próximos tres meses**, los pronósticos de la ATSM en el **Pacífico oriental (Niño 1+2, ICEN)** por los ocho modelos numéricos de las agencias internacionales analizados con condiciones iniciales de mayo continúan indicando condiciones entre **cálida débil y moderada**. Los modelos pronostican condiciones **El Niño entre débil** (5 de 8 modelos) **y moderado** (3 de 8) **en la costa este invierno**. Según el ICEN preliminar, **este evento ya habría iniciado en mayo**. Los modelos proyectan un máximo calentamiento entre junio y julio y con una duración de al menos hasta al menos agosto, pero la mayoría (5 de 7) de modelos extienden el evento hacia el final del año.
3. Para los **próximos tres meses**, los pronósticos de la ATSM en el **Pacífico central (Niño 3.4)** por los modelos numéricos de las agencias internacionales indican una tendencia hacia condiciones entre **neutras a cálidas moderadas**.
4. Para **finales del año**, los escenarios en el **Pacífico oriental (Niño 1+2, ICEN)** de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones entre **neutra y cálida débil**. Por la estacionalidad, estos pronósticos serán más confiables conforme dejemos la estación de primavera.
5. Para **finales del año**, los escenarios en el **Pacífico central** de los modelos de las agencias internacionales indican condiciones **cálidas entre débil y fuerte**. Por la estacionalidad, estos pronósticos serán más confiables conforme dejemos la estación de primavera.
6. Los modelos lineales así como las proyecciones de los datos satelitales indican que la segunda **onda Kelvin cálida ya alcanzó el continente** americano. Además, se observa que **una nueva onda Kelvin cálida de menor magnitud** se habría formado en el Pacífico Central y estaría **arribando a la costa americana a inicios de junio** del año en curso.
7. Asimismo se observa que la actividad positiva de los vientos zonales en el Pacífico Oeste ha cesado en los últimos días e incluso existe una anomalía negativa que puede haberse proyectado en una onda Kelvin de afloramiento.

Discusión

Algunas consideraciones para el pronóstico para el verano 2014-15 en relación a la aparente similitud con el evento El Niño 1997-98:

- Si bien el máximo contenido de calor del Pacífico ecuatorial de este año 2014 habría ocurrido en marzo y fue comparable al de marzo de 1982, el contenido de calor relevante para El Niño 1982 se presentó en octubre 1982 y fue 50% mayor que el de marzo (Fig. 13a).
- El borde de la piscina cálida se ha desplazado al este solo un 50-60% de lo que se desplazó en 1982 y 1997. Entonces, la situación en el 2014 no es tan favorable al mantenimiento de convección y vientos del oeste como entonces (Fig. 13b).
- En 1982 y 1997, la termoclina en el Pacífico oriental se profundizó en forma abrupta en unos 70 m entre setiembre y octubre (Fig. 13c). El viento zonal en julio nos puede permitir anticipar y alertar sobre esto.
- En 1982 y 1997 la actividad convectiva en el Pacífico central-oriental se activó en diferentes momentos: octubre 1982 y mayo 1997 (Fig. 13d). Esto indica un fuerte acoplamiento que parece necesario para los eventos extremos. Si esto ocurriera y se mantuviera sostenida en octubre 2014 o antes, habría que considerar la posibilidad de un evento fuerte.
- Un evento EN con evolución similar al de 1997 se puede descartar, pero en principio no se descarta un evento como 1982. Sobre la base del análisis de estos dos eventos (1982-83, 1997-98), al parecer a más tardar en octubre del 2014 se podría definir si hay condiciones para un evento extraordinario, para lo cual en ese mes se debería observar: convección profunda en el Pacífico central-oriental (150W-110W) ecuatorial, un desplazamiento del borde de la piscina cálida hasta 140W, y una fuerte profundización de la termoclina en el Pacífico oriental.

Referencias

- 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 Perú. *Nota Técnica ENFEN*.
- 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., 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.

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

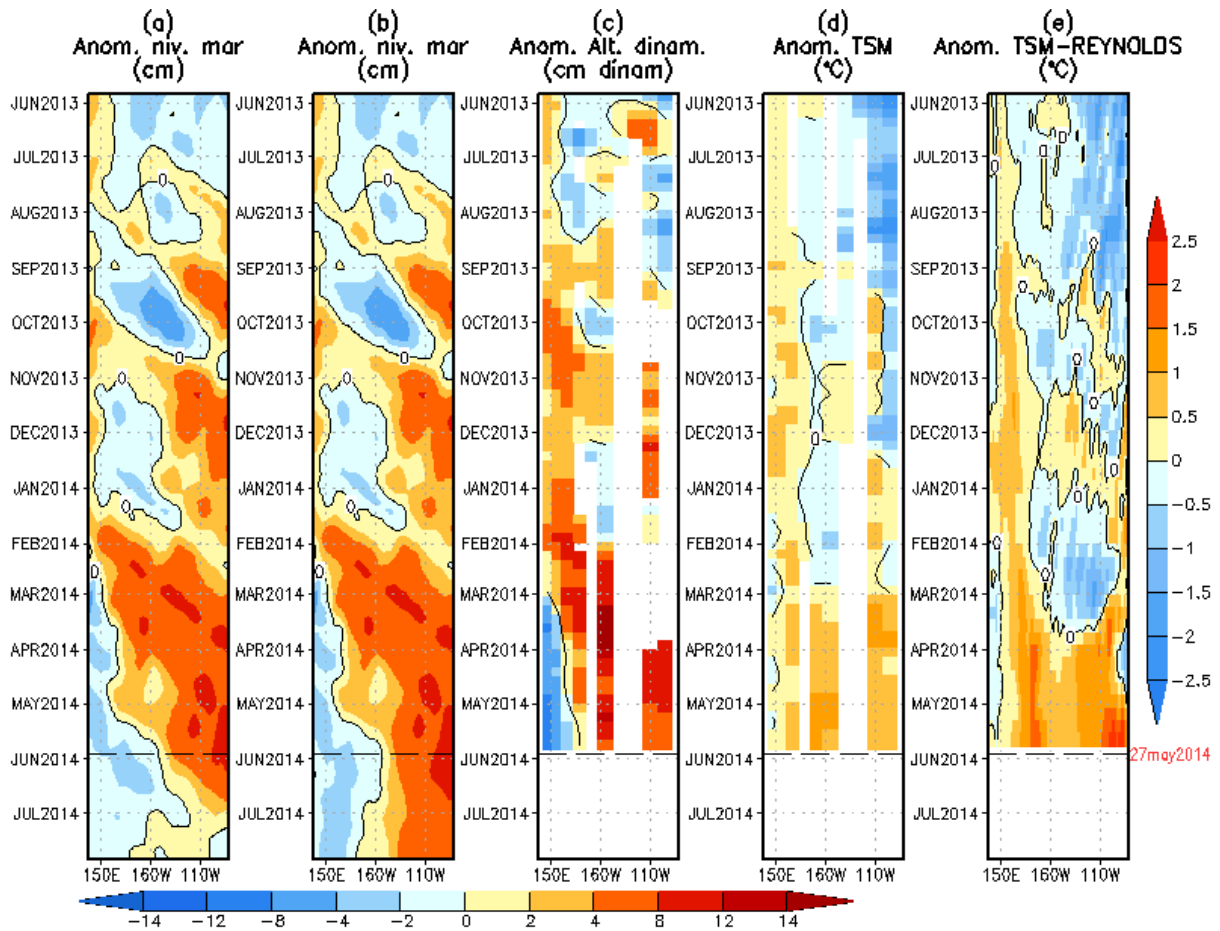


Figura 1. Anomalías (a y b) del nivel medio del mar simulado con LOM1 (termoclina uniforme), (c) de la altura dinámica (TAO), (d y e) de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente, en la región ecuatorial (2°S y 2°N). En (a) y (b) la línea cortada en color negro, 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, NOAA PMEL, climatología: 2000-2013).

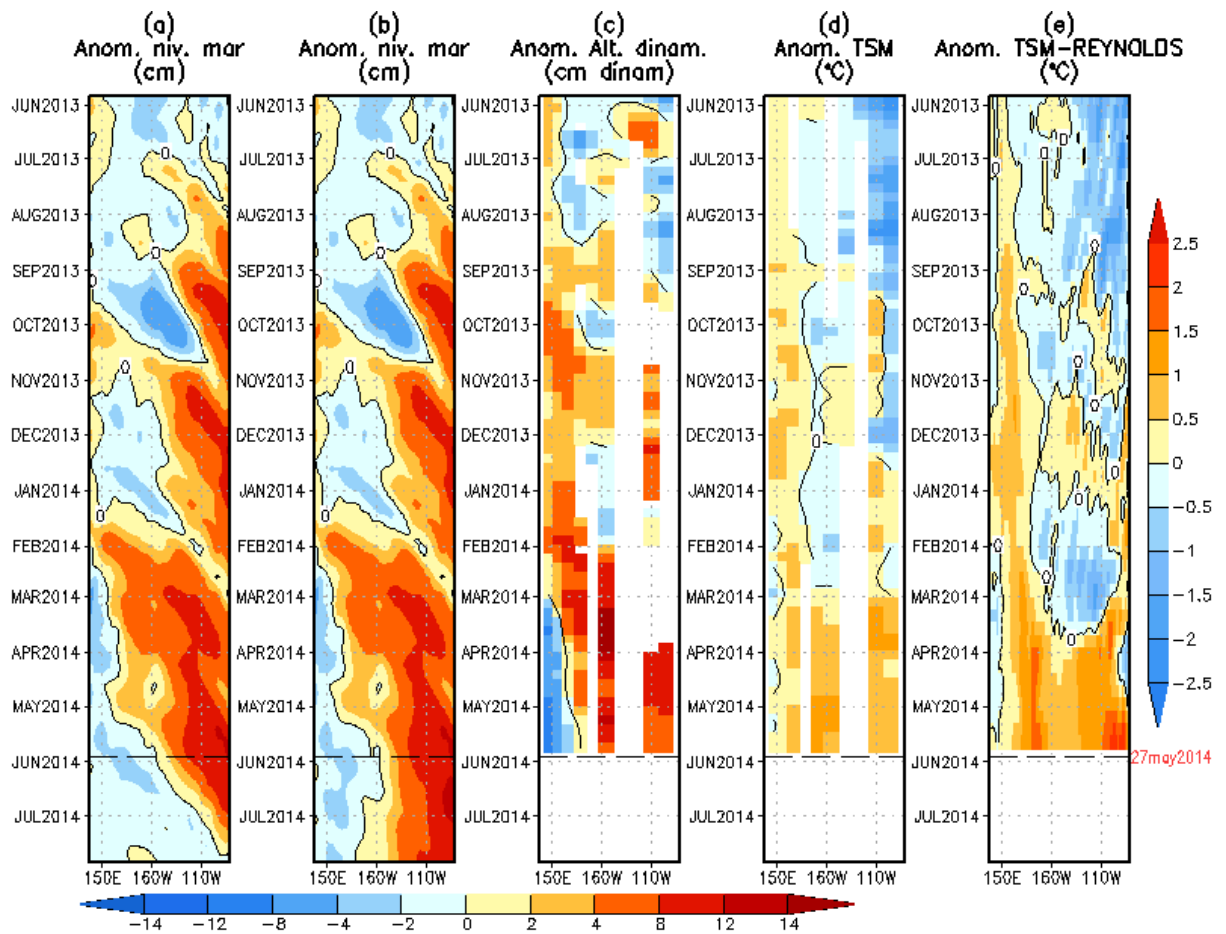


Figura 2. Similar a la Fig. 1 pero para LOM2 (termoclina variable).

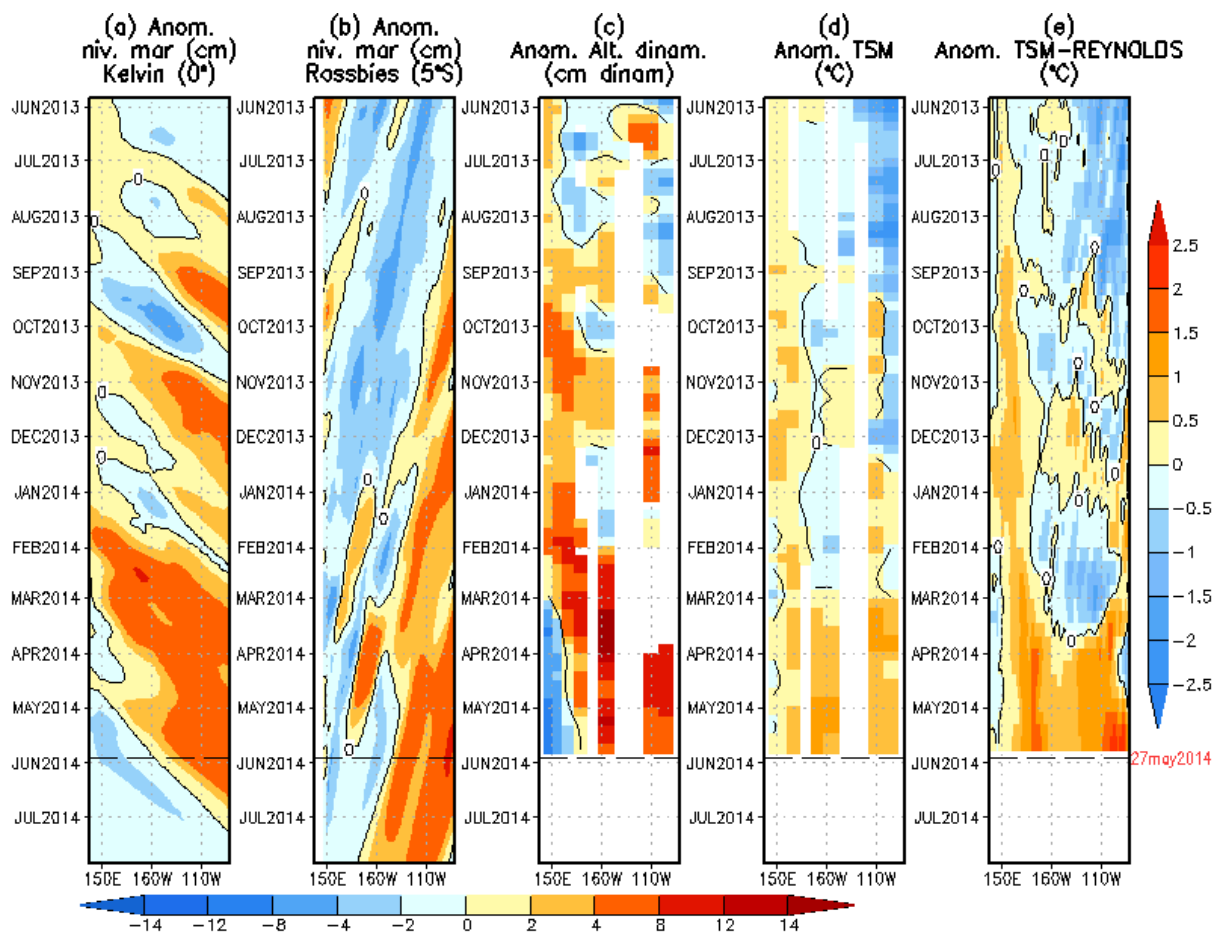


Figura 3. (a) Contribución de la Onda Kelvin al nivel del mar y (b) Contribución de la onda Rossby al nivel del mar en 5°N obtenida de LOM1a. (c) anomalía de la altura dinámica (TAO), (d) e) anomalía de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente en la región ecuatorial (Fuente: IGP, NOAA PMEL, climatología: 2000-2013).

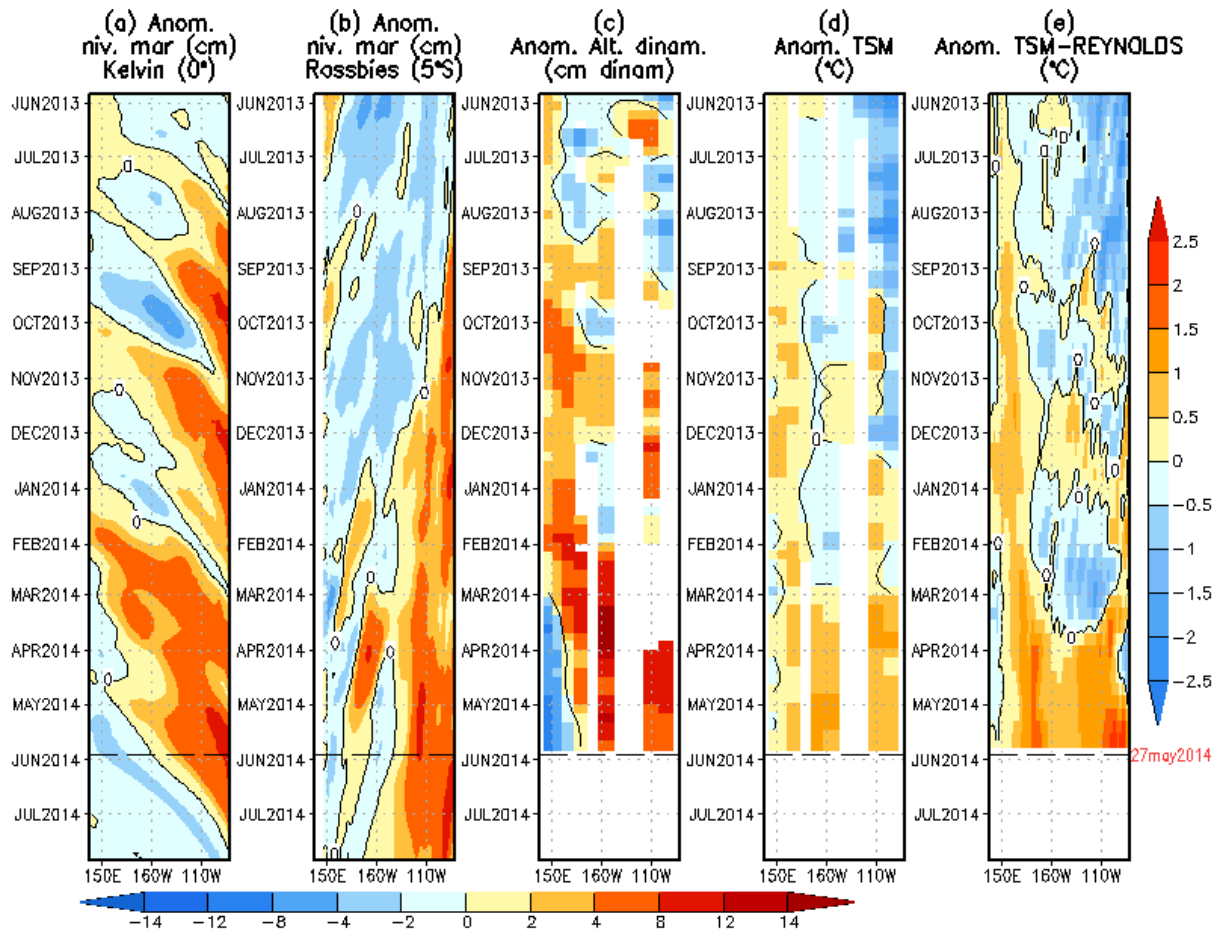


Figura 4. (a) Igual que la Figura 3, pero para LOM2a.

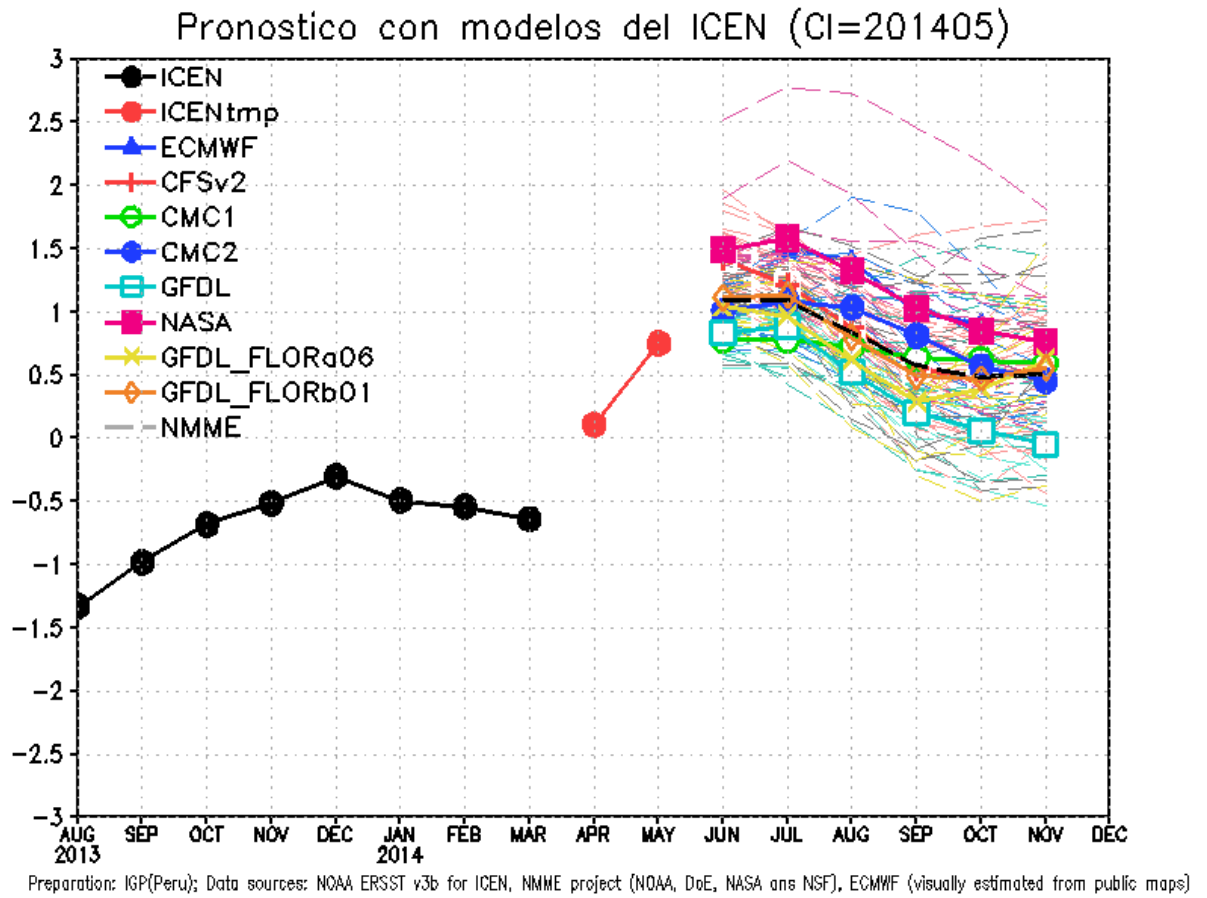


Figura 5. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y sus valores temporales (ICENtmp, rojo con círculos llenos). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Las líneas entrecortadas corresponden a los miembros de los "ensembles". Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, GFDL_FLORa06 y GFDL_FLORb01 tienen como condición inicial el mes de abril de 2014. El modelo ECMWF tiene como condición inicial el mes de mayo de 2014. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME, ECMWF).

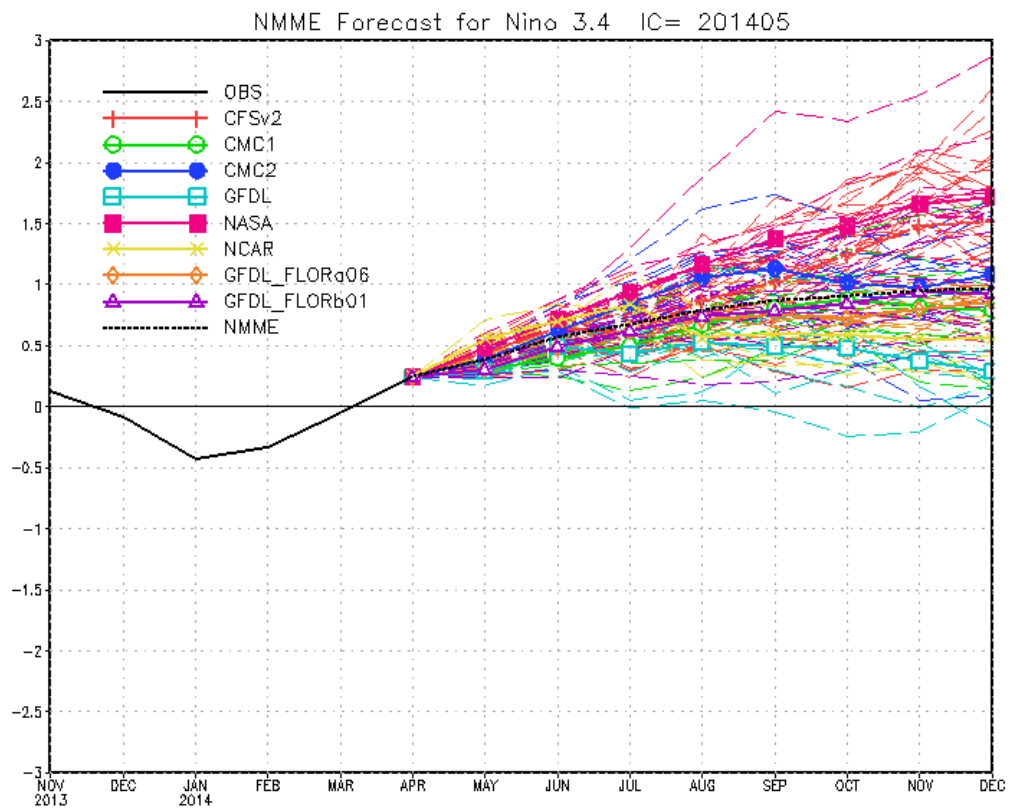


Figura 6. Similar a Fig. 5 pero para el índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

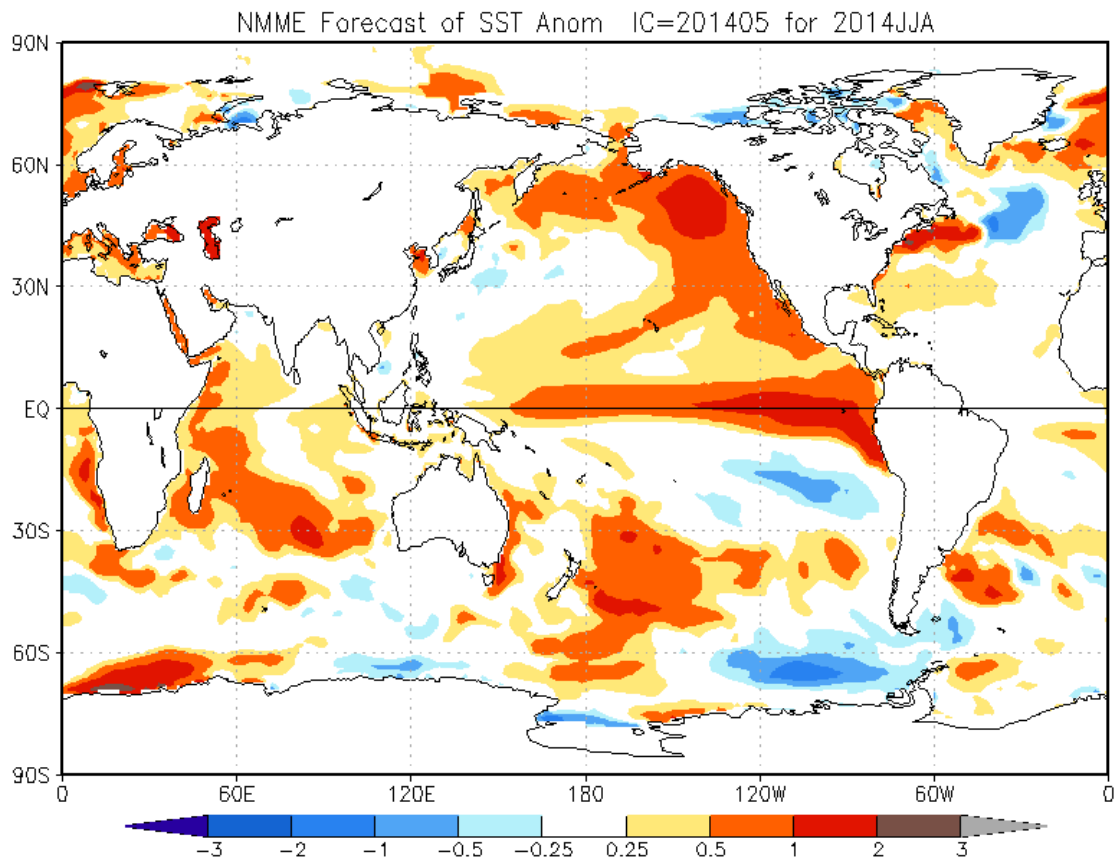


Figura 7. Pronóstico de la anomalía de temperatura superficial del mar promediada sobre los modelos del proyecto NMME (NCEP CFS2, CanCM3 CMC1 y 2, GFDL CM2.2, NASA GEOS5, NCAR CCSM3.0, CCSM3.0, GFDL_FLORa06, GFDL_FLORb01) para el trimestre junio-agosto de 2014 con condiciones iniciales de abril de 2014. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

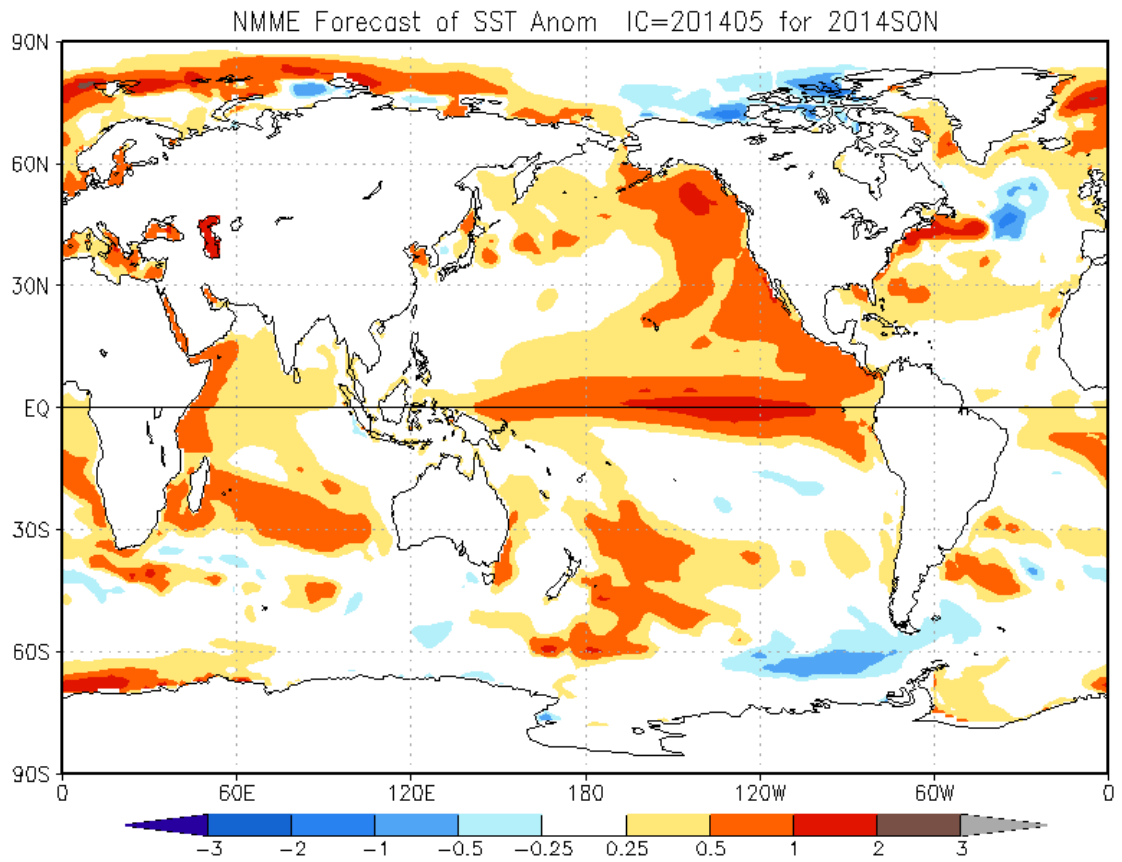


Figura 8. Similar a la Fig.7, pero para el trimestre setiembre-noviembre de 2014.

Anomalia de la profundidad de la isoterma de 20°C con Kelvingrama de 2.6 m/s (líneas diagonales en color gris) Anomalia del nivel del mar (JASON-2)

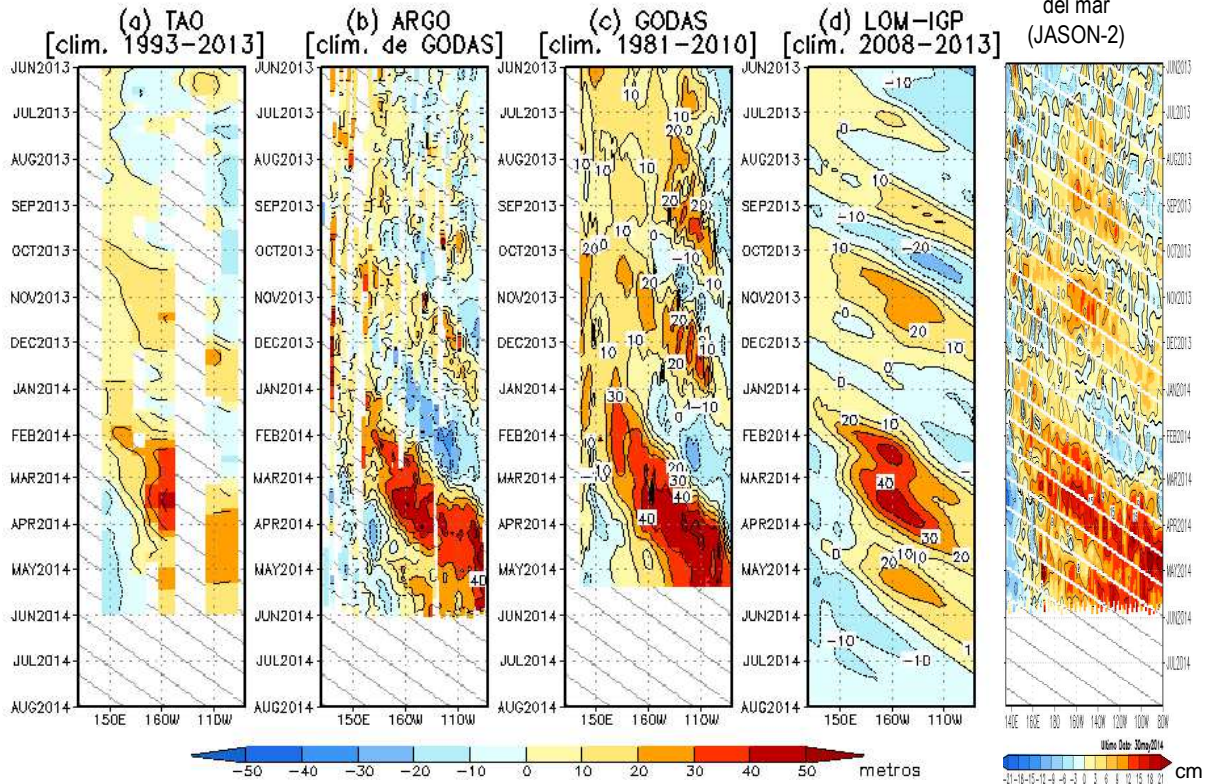


Figura 9 . Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de la profundidad de a-d) la isoterma de 20C nivel del mar (m) y e) el nivel del mar (cm) ecuatorial. Los datos son de a) las boyas TAO/TRITON, b) los derivadores Argo, c) el sistema de asimilación de datos GODAS, d) el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT y $\tau_{aux}=0$ para el pronóstico), y e) el altímetro satelital JASON-2. Las líneas diagonales representan una propagación hacia el este con velocidad de 2.6 m/s. (Elaboración: IGP)

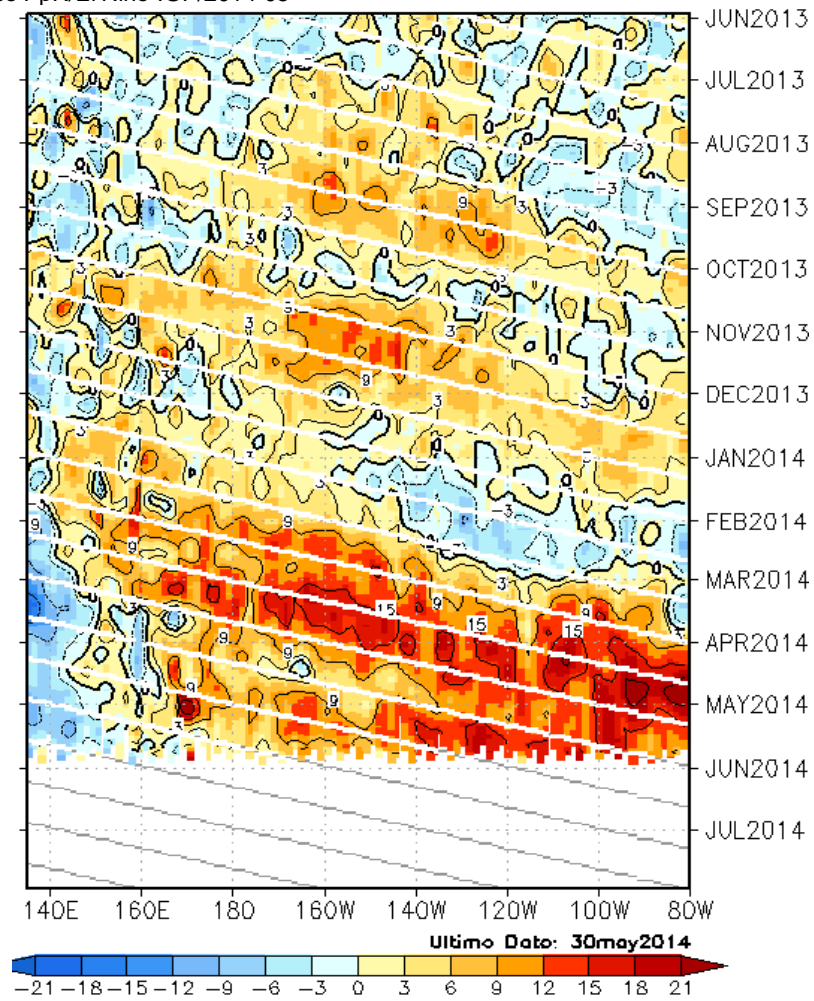


Figura 10 . Diagrama longitud-tiempo de las anomalías del nivel del mar ecuatorial (cm) por el altímetro satelital JASON-2. Las líneas diagonales representan una propagación hacia el este con velocidad de 2.6 m/s. (Elaboración: IGP)

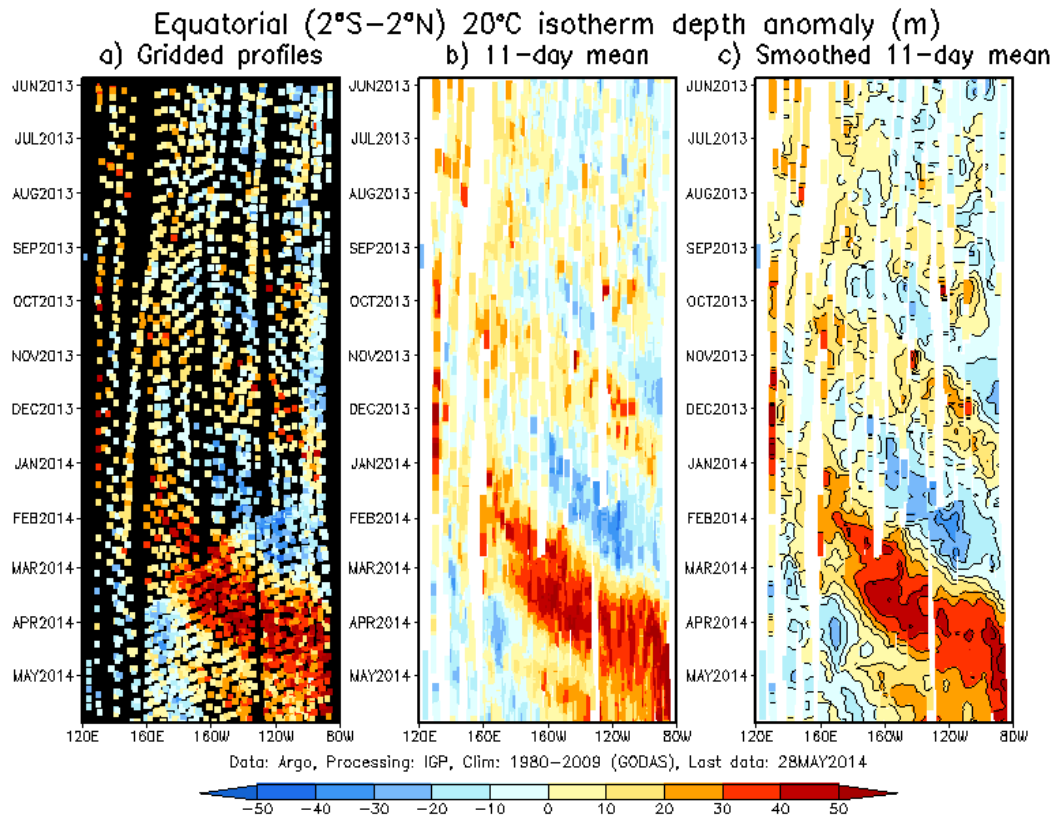


Figura 11 . Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de la profundidad de la isoterma de 20C ecuatorial de derivadores Argo. a) Perfiles individuales grillados, b) media móvil de 11 días, c) versión suavizada de b). (Elaboración: IGP)

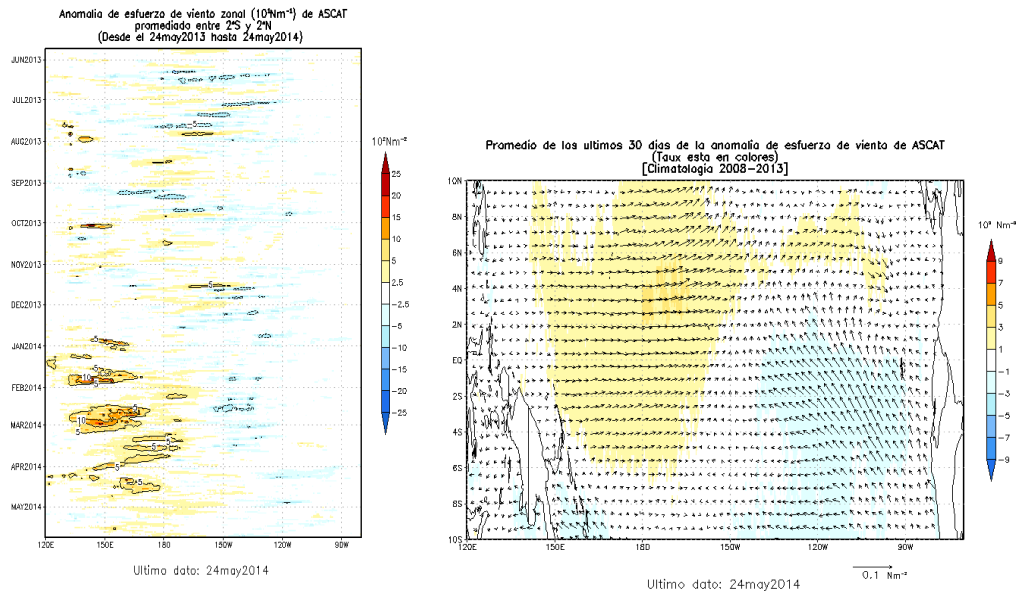


Figura 12 . Izquierda: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT. Derecha: Mapa del promedio de 30 días hasta el 24 de mayo de 2014, incluyendo los vectores de esfuerzo zonal. (Elaboración: IGP)

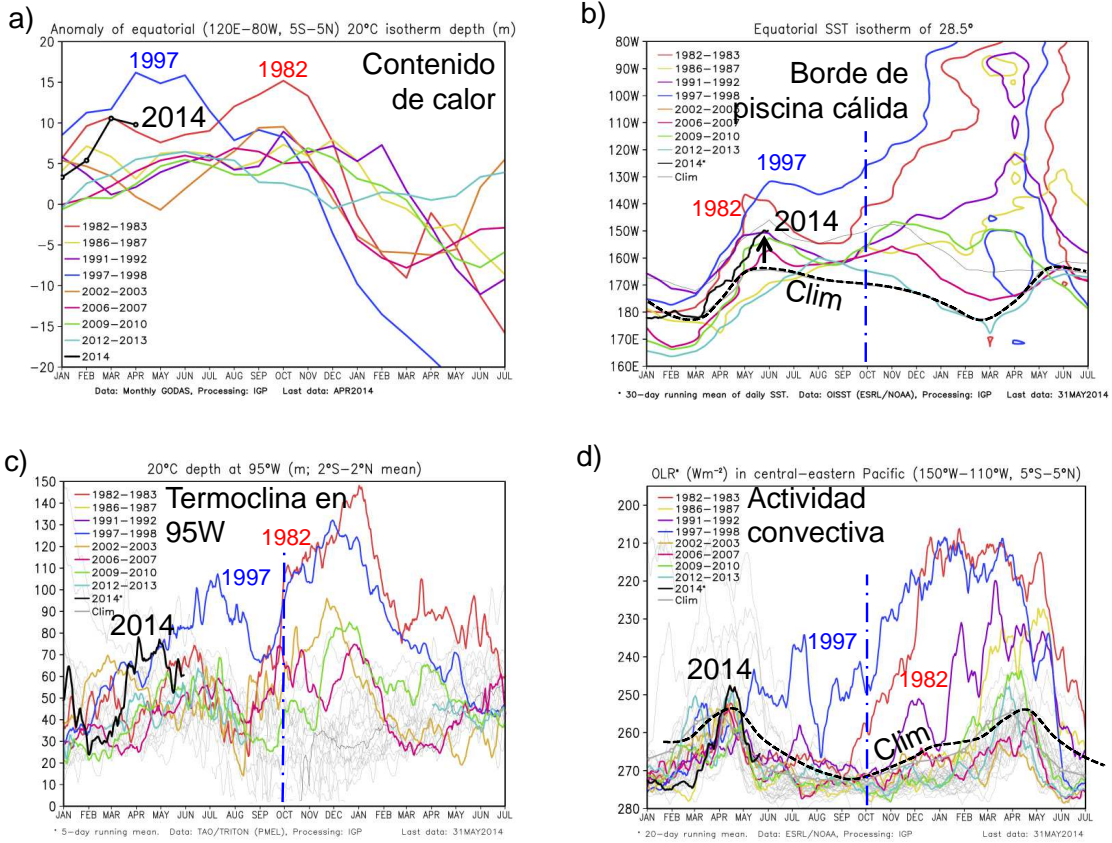


Figura 13 . Indices de relevancia al desarrollo de eventos El Niño extraordinarios: a) contenido de calor ecuatorial, b) la longitud del borde de la piscina cálida del Pacífico occidental (TSM>28.5C), c) la profundidad de la isoterma de 20C en 95W, d) actividad convectiva en el Pacífico central-oriental (radiación de onda larga en 150W-110W, 5S-5N) durante varios eventos El Niño y el presente año. (Elaboración: IGP)