

**PP 068 "Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencia por Desastres" Producto:
"Estudios para la estimación de los riesgos de desastres"**

Actividad: "Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño"

Instituto Geofísico del Perú

**INFORME TÉCNICO N° PpR/El Niño-IGP/2016-08
08/09/2016**

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 Neutras ($+0.29^{\circ}\text{C}$) para el mes de julio, por lo que según el criterio ENFEN (2012) el evento El Niño costero habría durado hasta junio 2016. Los valores temporales del ICEN (ICENTmp), indican que para los meses de agosto y setiembre las condiciones serían Neutras. 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 setiembre, indican en promedio, condiciones neutras para los meses de setiembre y octubre. La mayoría de estos modelos numéricos predicen que para el Pacífico central las condiciones también serían Neutras para esos meses.

En la segunda quincena de julio y en la primera semana de agosto se observaron pulsos de viento ecuatorial del este entre 160°E y 140°W . Esto habría ampliado zonalmente la influencia de la onda Kelvin fría. Según el modelo lineal esta onda fría sería una de las más intensas en lo que va del invierno y afectaría la costa peruana en la primera quincena de setiembre. Sin embargo, los datos ARGO indican que dicha onda se ha debilitado ya cerca de los 150°W .

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 agosto 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 julio de 2016. Los valores se muestran en la Tabla 1.

Año	Mes	ICEN (°C)	Condiciones costeras del Mes
2016	Abril	0.77	Cálida Débil
2016	Mayo	0.54	Cálida Débil
2016	Junio	0.43	Cálida Débil
2016	Julio	0.29	Neutra

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

El valor del ICEN para el mes de julio indica condición Neutra. Según la definición del ENFEN (2012), esto marca el fin del evento El Niño costero Fuerte que abarcó de abril de 2015 a junio de 2016 (duración total de 15 meses).

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	Agosto	0.15	Neutra	2016/07-08: ERSST; 2016/09: NMME
2016	Setiembre	0.19	Neutra	2016/08: ERSST; 2016/09-10: NMME

Tabla 2. Estimados preliminares del ICEN (ICENTmp)

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

Por otro lado, para el Pacífico Central (Niño 3.4), el Índice Oceánico Niño (ONI en inglés; <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/oni.ascii.txt>) actualizado por la NOAA al mes de julio de 2016 es de -0.29°C , correspondiente a condiciones neutras¹, el cual está decreciendo desde el máximo alcanzado en diciembre 2015 ($+2.27^{\circ}\text{C}$, cálida muy fuerte). Aplicando para esta región un procedimiento similar al utilizado para establecer la magnitud de El Niño y La Niña costeros (ENFEN, 2012), encontramos que El Niño en el Pacífico central 2015-2016 tuvo una magnitud muy fuerte, excediendo el umbral correspondiente entre octubre 2015 y enero 2016. Los valores estimados (ONItmp) para agosto y setiembre combinando observaciones y pronósticos indican condiciones frías débiles en ambos meses (Tabla 4). De confirmarse esto y extenderse hasta octubre, se podría establecer La Niña en el Pacífico central.

Año	Mes	ONI (°C)	Categoría
2015	Diciembre	2.27	Cálida Muy Fuerte
2016	Enero	2.22	Cálida Muy Fuerte
2016	Febrero	1.99	Cálida Fuerte
2016	Marzo	1.58	Cálida Fuerte
2016	Abril	1.09	Cálida Moderada
2016	Mayo	0.60	Cálida Débil
2016	Junio	0.10	Neutra
2016	Julio	-0.29	Neutra

Tabla 3. Valores recientes del ONI.

(Descarga: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/oni.ascii.txt>)

Año	Mes	ONItmp	Condiciones del mes	Fuente
2016	Agosto	-0.51	Fría Débil	2016/07-08: ERSST; 2016/09: NMME
2016	Setiembre	-0.50	Fría Débil	2016/08: ERSST; 2016/09-10: NMME

Tabla 4. Estimados preliminares del ONI (ONItmp)

¹ Los umbrales para establecer la categoría de condiciones cálidas o frías débiles, moderadas, fuertes, y muy fuertes usando el ONI son ± 0.50 , ± 1.00 , ± 1.50 , y ± 2.00 , respectivamente (Nota Técnica ENFEN, 02-2015).

Nota:

Se hace la corrección del ultimo valor ONI publicado en el informe técnico N° PpR/El Niño-IGP/2016-07. El valor correcto ONI del mes de junio fue $+0.10^{\circ}\text{C}$, no $+0.71^{\circ}\text{C}$ como se indicó anteriormente.

Diagnóstico del Pacífico Ecuatorial

En el Océano Pacífico Ecuatorial las principales variables climáticas mostraron, en promedio, valores alrededor de su normal aunque con una ligera pero incierta tendencia hacia condiciones La Niña débil. La convección en el Pacífico central continúa menos activa que lo normal, indicando el acoplamiento de la atmósfera a las condiciones oceánicas frías. El comportamiento es similar al de años La Niña en el Pacífico central observados (Figura 1, 2) y, si se reactivaran los vientos intensos del este, podría desarrollarse tal evento. La anomalía de la TSM en la región Niño 3.4, en promedio (IR, MW, OSTIA), continúa con una tendencia negativa y en la actualidad se ubica en condiciones negativas, ha fluctuado alrededor de los -0.4°C (ver Figura 7a). Por otro lado, en la región Niño 1+2 la anomalía de la TSM se mantuvo positiva pero próxima a sus condiciones normales (entre 0°C y $+1^{\circ}\text{C}$, Figura 7b). El viento zonal (este-oeste) mensual continuó con anomalía del este en el Pacífico central (160°E - 160°W ; 5°S - 5°N ; Figura 3). La termoclina ecuatorial presentó una inclinación zonal ligeramente mayor que lo normal, mientras que el contenido de calor oceánico ecuatorial continuó anormalmente bajo, aunque con una tendencia a la normalización. (Figura 4). Por otro lado, la termoclina en el Pacífico oriental, en los puntos 110°W y 95°W , continuó mostrando anomalías negativas asociado a la descarga de calor (Figuras 5 y 6) sin embargo en los últimos días de agosto se observaron condiciones casi normales en 95°W . El pulso de viento del este del mes de junio generó una onda Kelvin fría que se debilitó y no tuvo mayores impactos en la termoclina en la región oriental (Figura 12 c).

Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

En la segunda quincena de julio y en la primera semana de agosto se observaron pulsos de viento ecuatorial del este entre 160°E y 140°W (Figura 13). Esto habría ampliado zonalmente la influencia de la onda Kelvin fría. Según el modelo lineal (Mosquera, 2009; Mosquera et al., 2010; Mosquera, 2014) esta onda fría sería una de las más intensas en lo que va del invierno y afectaría la costa peruana en la primera quincena de setiembre. Sin embargo, la anomalía observada de la profundidad de la termoclina del producto de ARGO (Aparco et al., 2014) indica el debilitamiento de dicha onda en 150°W (Figura 12 c) debido, al menos en parte, a la presencia de anomalías del viento del oeste en el Pacífico Oriental ecuatorial (Fig. 12a).

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Debido a que el Comité Multisectorial ENFEN se reunió el 8 de setiembre, más tarde en el mes que lo usual, fue posible contar con pronósticos de los modelos NMME más actualizados (inicializados en setiembre en lugar de agosto).

Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los pronósticos de los 6 modelos climáticos de NMME

(CFSv2, NASA, GEOS5, FLOR, CM2.1, CMC1 y CMC2) inicializado en setiembre (el CFSv2 fue inicializado más recientemente que lo incluido con NMME, el 08 de Setiembre) disponibles para la evaluación del Comité ENFEN, indican que para los meses de setiembre y octubre, las anomalías de TSM serían neutras (Fig. 14). En general, estos pronósticos son menos fríos que los inicializados en agosto. Para el verano (diciembre 2016-marzo2017), todos esos modelos indican condiciones neutras. Sin embargo, el modelo NCAR CESM, cuyos datos estuvieron disponibles con retraso, indica El Niño costero débil en el verano (Tabla 5).

Por otro lado, para el Pacífico central (Niño 3.4), se considera los 8 modelos de NMME inicializados setiembre (Tabla 6) y los modelos ECMWF, POAMA, UKMO y MRI con condiciones iniciales de agosto. Según el pronóstico de los modelos de NMME, para los meses de setiembre y octubre se esperan condiciones entre neutras y frías débiles, mientras que los otros 4 modelos condiciones frías débiles para ambos meses (Fig.15). Para el verano (diciembre 2016-marzo2017), los modelos de NMME indican condiciones neutras.

Se hace notar que el NOAA CPC, quienes coordinan el proyecto NMME, presentan en su página web (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/current/plume.html>) una versión de los pronósticos de Niño 3.4 a la que aplican un ajuste basado en pronósticos previos (breve explicación en <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/current/plume.descr.html>). Esta tiene aproximadamente el efecto de reducir la amplitud de las anomalías, por lo que con el ajuste los pronósticos son menos fríos.

Modelo	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA
CFS2		0.15	0.15	0.09	-0.01	-0.06	-0.04	0.03
CMC1		0.25	0.32	0.25	0.20	0.14	0.08	0.07
CMC2		0.29	0.38	0.27	0.16	0.10	0.15	0.25
GFDL		0.16	0.24	0.22	0.08	0.00	0.01	0.02
NASA		0.20	0.33	0.39	0.37	0.36	0.40	0.47
GFDL_FLOR		0.06	0.10	0.17	0.18	0.14	0.04	-0.02
NCAR_CCM4		0.23	0.39	0.51	0.60	0.54	0.42	0.31
NMME		0.19	0.27	0.27	0.23	0.17	0.15	0.16
ECMWF								
ICENtmp	0.15	0.19						

Tabla 5. Pronósticos del ICEN con diferentes modelos climáticos con condiciones iniciales de setiembre de 2016

Modelo	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF	EFM	FMA
CFS2		-0.43	-0.26	-0.28	-0.25	-0.13	0.08	0.30
CMC1		-0.49	-0.40	-0.36	-0.28	-0.17	-0.05	0.05
CMC2		-0.52	-0.44	-0.33	-0.19	-0.05	0.12	0.26
GFDL		-0.71	-0.69	-0.55	-0.42	-0.33	-0.24	-0.16
NASA		-0.40	-0.24	-0.06	0.01	0.10	0.25	0.38
GFDL_FLOR		-0.66	-0.66	-0.56	-0.46	-0.41	-0.37	-0.31
NCAR_CCM4		-0.24	-0.07	-0.04	-0.17	-0.21	-0.15	-0.04
NMME		-0.49	-0.39	-0.31	-0.25	-0.17	-0.05	0.07
ECMWF								
ONItmp	-0.51	-0.50						

Tabla 6. Pronósticos del ONI con diferentes modelos climáticos con condiciones iniciales de setiembre de 2016

Conclusiones:

1. El ICEN para julio de 2016 fue de $+0.29^{\circ}\text{C}$ (Neutro), por lo que según el criterio de ENFEN (2012), El Niño costero duró entre abril 2015 y junio 2016 (15 meses). Asimismo, el ICENtmp para agosto y setiembre se estimó en $+0.15$ y $+0.19^{\circ}\text{C}$ respectivamente, ambos condiciones Neutras. Durante el mes de junio, la ATSM en la región Niño 1+2 osciló entre 0 y $+1^{\circ}\text{C}$.
2. En el Pacífico central, el ONI de julio correspondió a condiciones neutras, mientras que el estimado para agosto y setiembre corresponde a frías débiles. La ATSM en la región Niño 3.4, durante este mes, ha fluctuado alrededor de los -0.4°C .
3. La onda Kelvin fría generada por el pulso de viento del este observado en junio se debilitó y no tuvo mayores impactos en la profundidad de la termoclina en la región oriental.
4. En la segunda quincena de julio y en la primera semana de agosto se observaron pulsos de viento ecuatorial del este entre 160°E y 140°W , pero el viento estuvo dentro de lo normal el resto del mes. Esto habría ampliado zonalmente la influencia de la onda Kelvin fría. Según el modelo lineal esta onda fría sería una de las más intensas en lo que va del invierno y afectaría la costa peruana en la primera quincena de setiembre. Sin embargo, los datos ARGO indican el debilitamiento de dicha onda en 150°W .
5. Continuó una reducida convección en el Pacífico central, indicando el acoplamiento de la atmósfera a las condiciones oceánicas frías, aunque los vientos del este intensos no han persistido. El comportamiento de la convección es similar al de años La Niña en el Pacífico central observado y, si se reactivan los vientos anómalos del este, podría desarrollarse tal evento.
6. Para el Pacífico oriental (Niño 1+2), los 7 modelos inicializados en setiembre indican que el mes de octubre presentaría condiciones neutras. En general, estos pronósticos son menos fríos que los inicializados en agosto. Para lo que resta del 2016 todos los modelos indican condiciones neutras y, para el verano (diciembre 2016-marzo 2017), 6 de 7 modelos indican condiciones neutras, y uno indica El Niño débil en ese periodo (este modelo estuvo disponible más recientemente).
7. Para el Pacífico central (Niño 3.4), todos los modelos que han sido considerados, y que fueron inicializados en setiembre, indican condiciones neutras para octubre. En general, los pronósticos son menos fríos. En lo que resta del 2016 y el verano, todos los modelos indican condiciones neutras.

Bibliografía

- 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.
- ENFEN 2012: Definición operacional de los eventos “El Niño” y “La Niña” y sus magnitudes en la costa del Peru. *Nota Técnica ENFEN*.
- ENFEN 2015: Pronóstico probabilístico de la magnitud de El Niño costero en el verano 2015-2016. *Nota Técnica ENFEN 02-2015*.
- Mosquera, K., 2009: Variabilidad Intra-estacional de la Onda de Kelvin Ecuatorial en el Pacífico (2000-2007): Simulación Numérica y datos observados. Tesis para obtener el grado de Magíster en Física - Mención Geofísica en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Mosquera, K., B. Dewitte y P. Lagos, 2010: 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, Lima, Año 5, No9, julio-diciembre de 2010, p. 55.
- Mosquera, K., 2014: Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Enero, 1, 1, 4-7

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

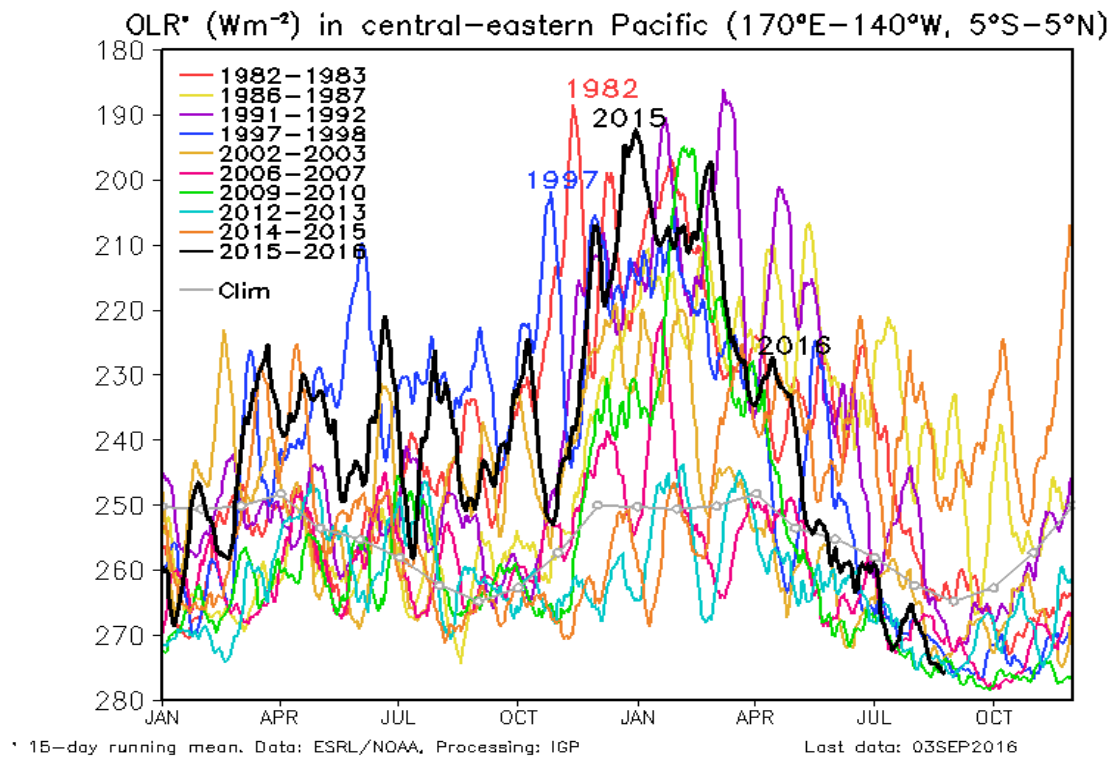


Figura 1. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental (170° - 140°W y 5°S - 5°N) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración: IGP

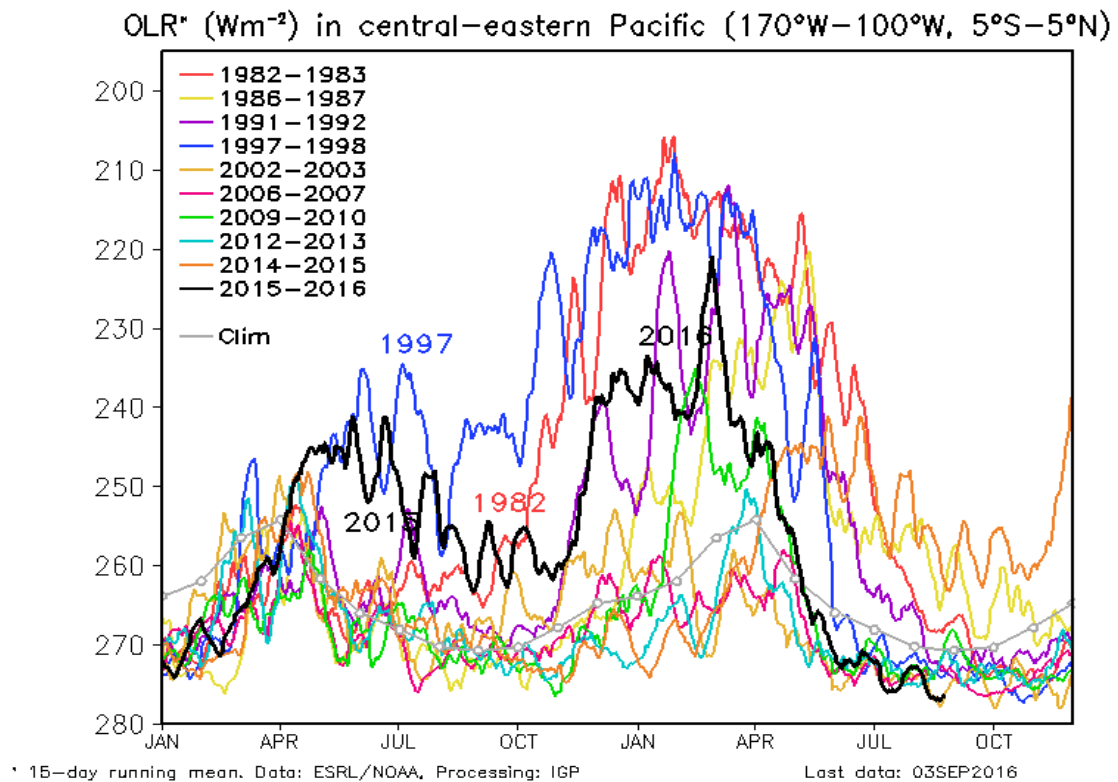


Figura 2. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental (170° – 100°W y 5°S – 5°N) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración: IGP

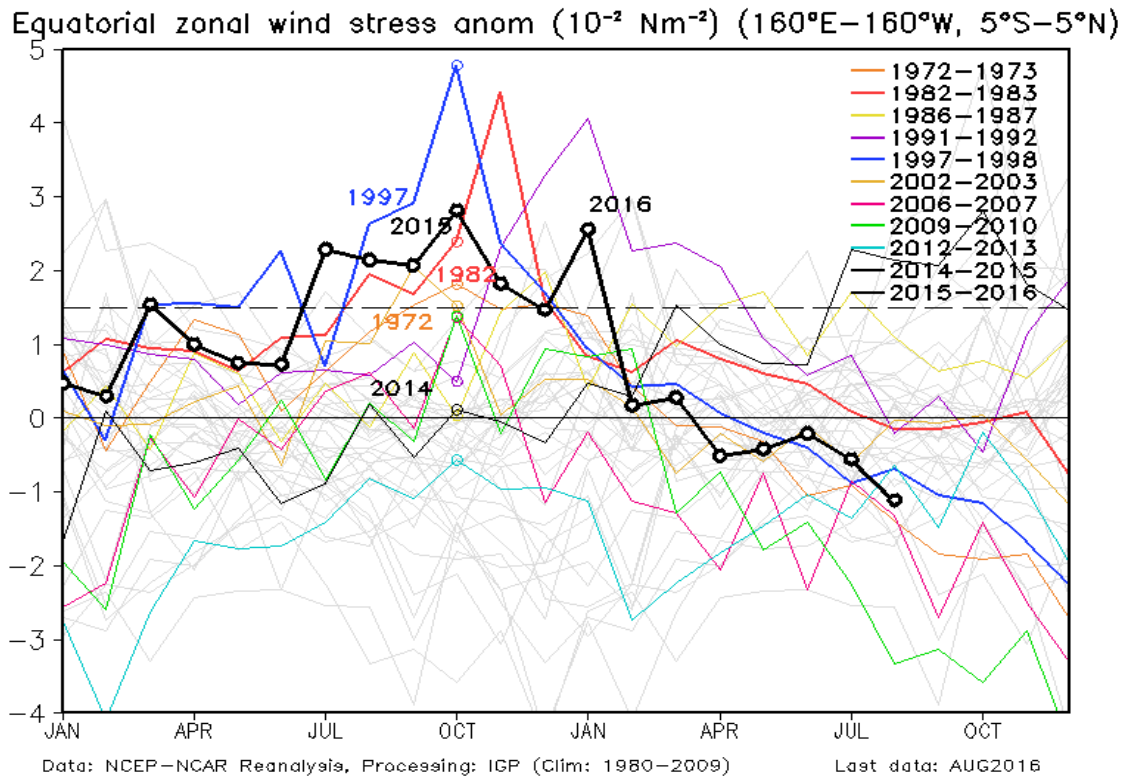


Figura 3. Promedio de la anomalía del esfuerzo de viento zonal en el Pacífico Ecuatorial ($160^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$ y $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) obtenido de los datos del reanálisis de NCEP-NCAR. Elaboración: IGP

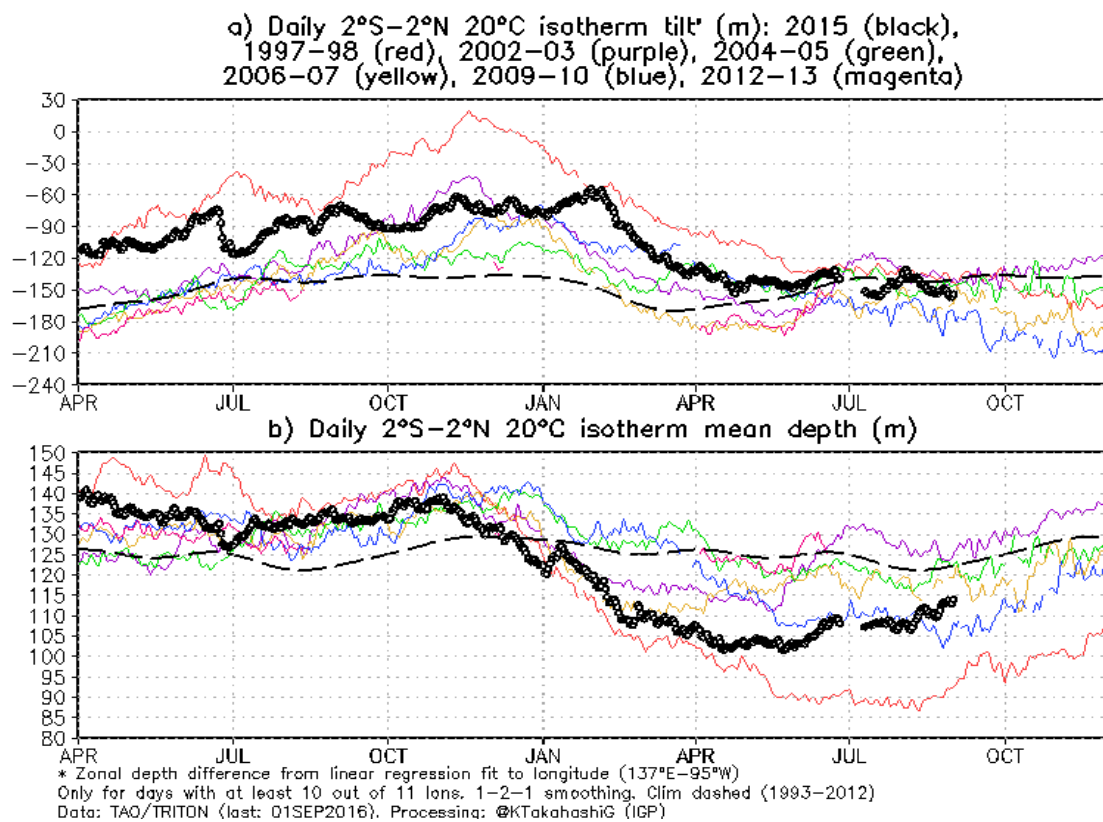


Figura 4 a) Inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. **b)** Contenido de calor en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. Elaboración: IGP

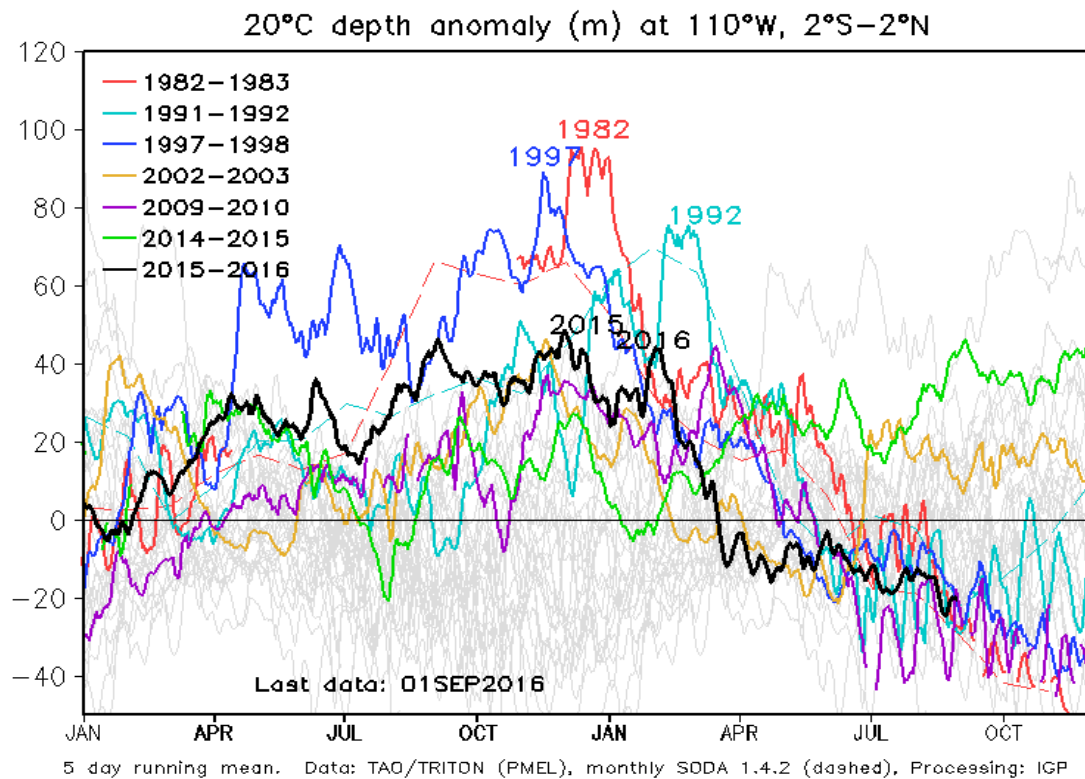


Figura 5. Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C en la zona de 110°W en base a: i) la información de las boyas de TAO en 110°W y entre 2°S y 2°N; y ii) SODA. Elaboración: IGP

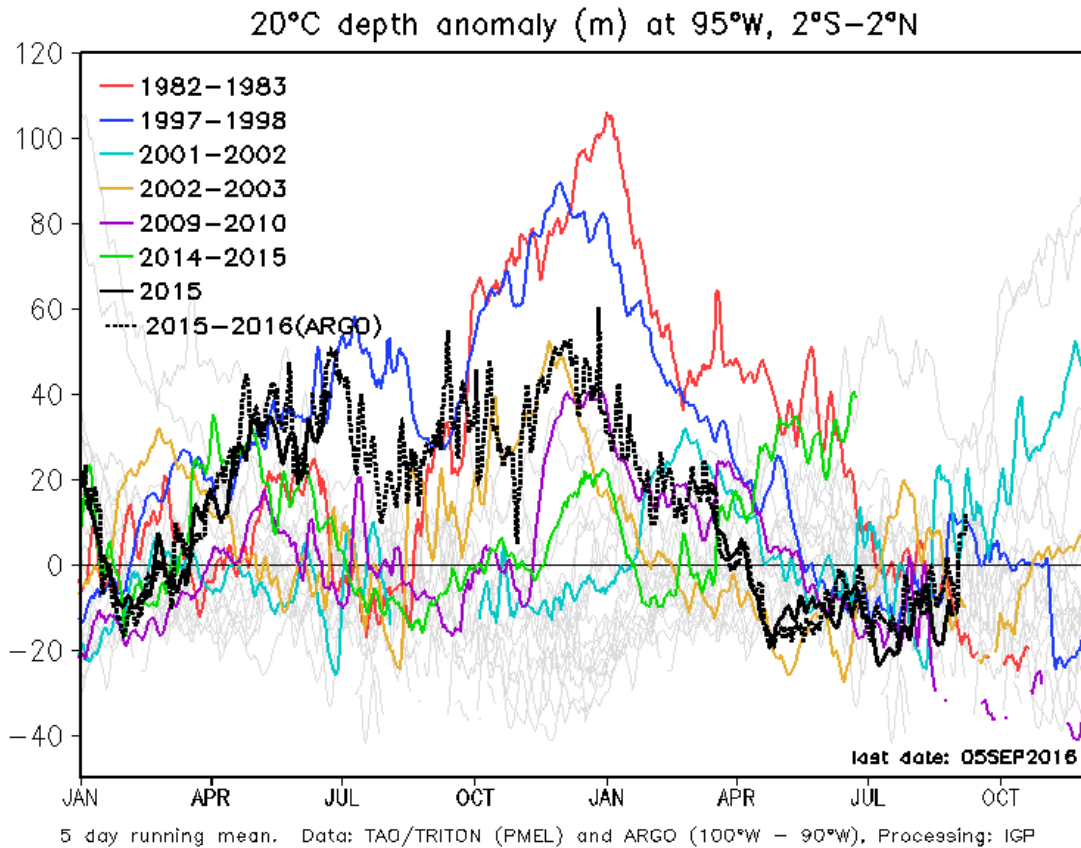


Figura 6. Anomalia de la profundidad de la isoterma de 20°C en la zona de 95°W en base a: i) la información de las boyas de TAO en 95°W y entre 2°S y 2°N; y ii) los flotadores de ARGO entre 100°-90°W y 2°S-2°N. Elaboración: IGP

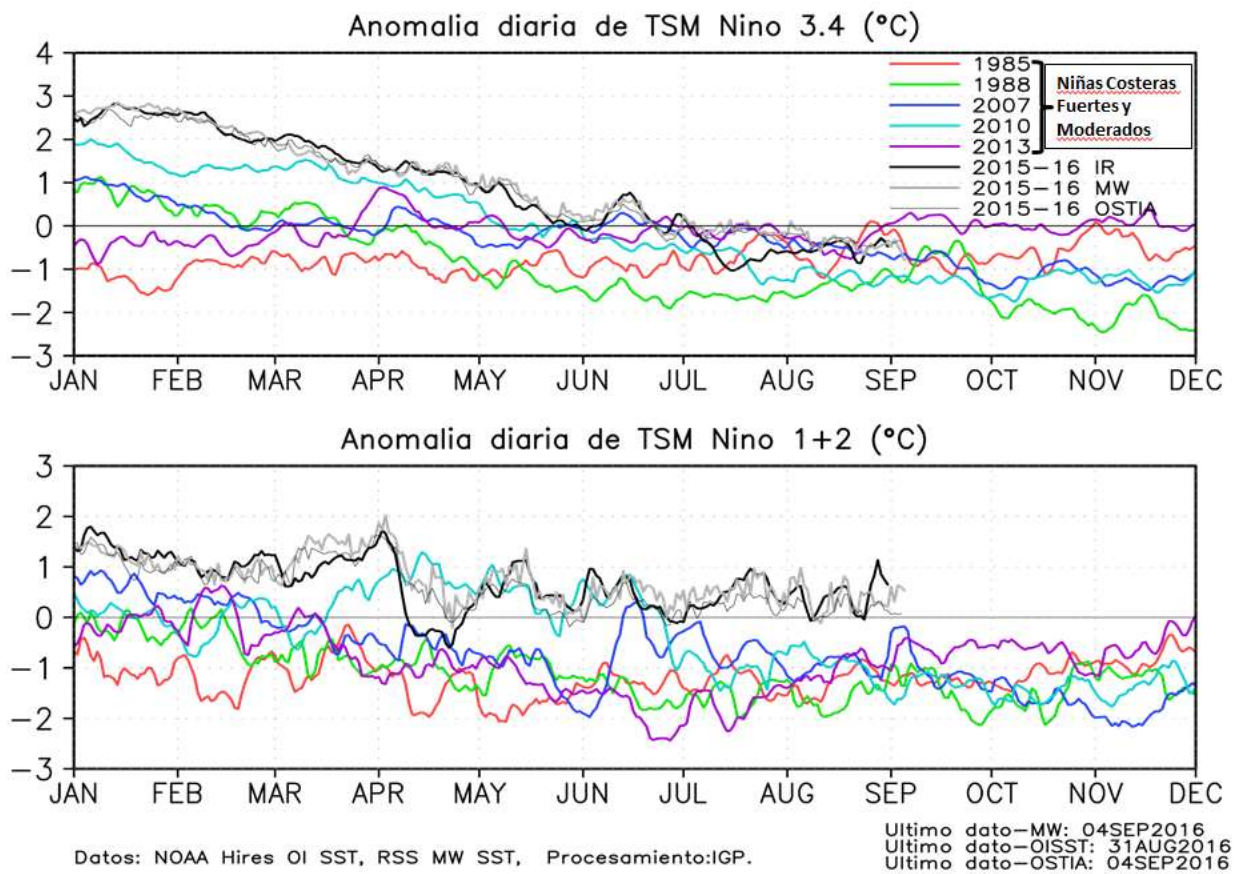


Figura 7. Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (gruesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del producto OSTIA, respectivamente. Las líneas de color rojo, azul, celeste y verde, indican la evolución de la anomalía de la TSM para los años de Niña costera 1985, 2007, 2010 y 1988. Elaboración: IGP

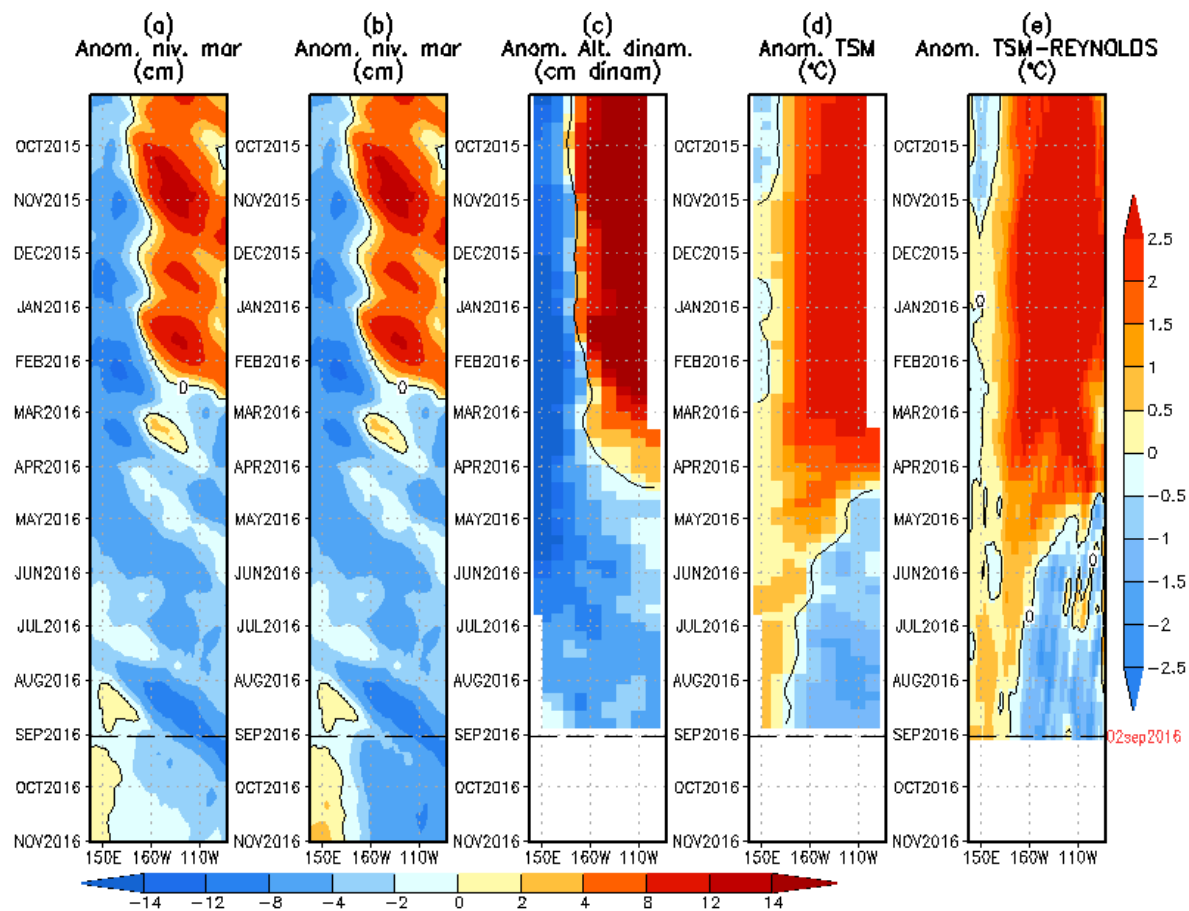


Figura 8. Anomalías (a y b) del nivel medio del mar simulado con LOM1 (termoclina uniforme), (c) de la altura dinámica (TAO), (d y e) de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente, en la región ecuatorial (2°S y 2°N). En (a) y (b) la línea cortada en color negro, indica el momento en que el modelo empieza a utilizar el esfuerzo de viento igual a cero (LOM1a) y persistida (LOM1b), respectivamente, para la predicción (ver fecha en color rojo a la derecha). La escala de (a), (b) y (c) se ubica abajo en forma horizontal, mientras que la escala de (d) y (e) está a la derecha (Fuente: IGP, ASCAT, climatología: 2008-2013).

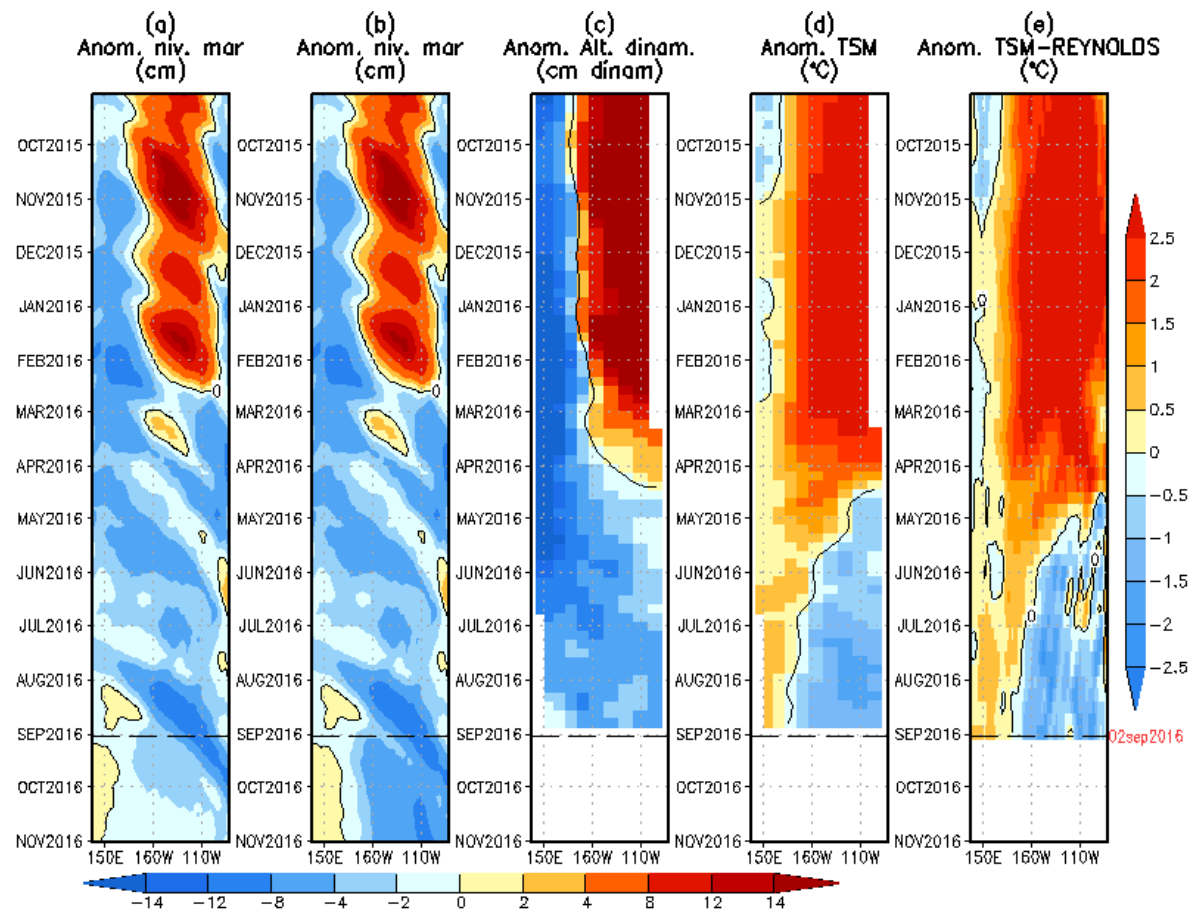


Figura 9. Similar a la Fig. 8 pero para LOM2 (termoclina variable).

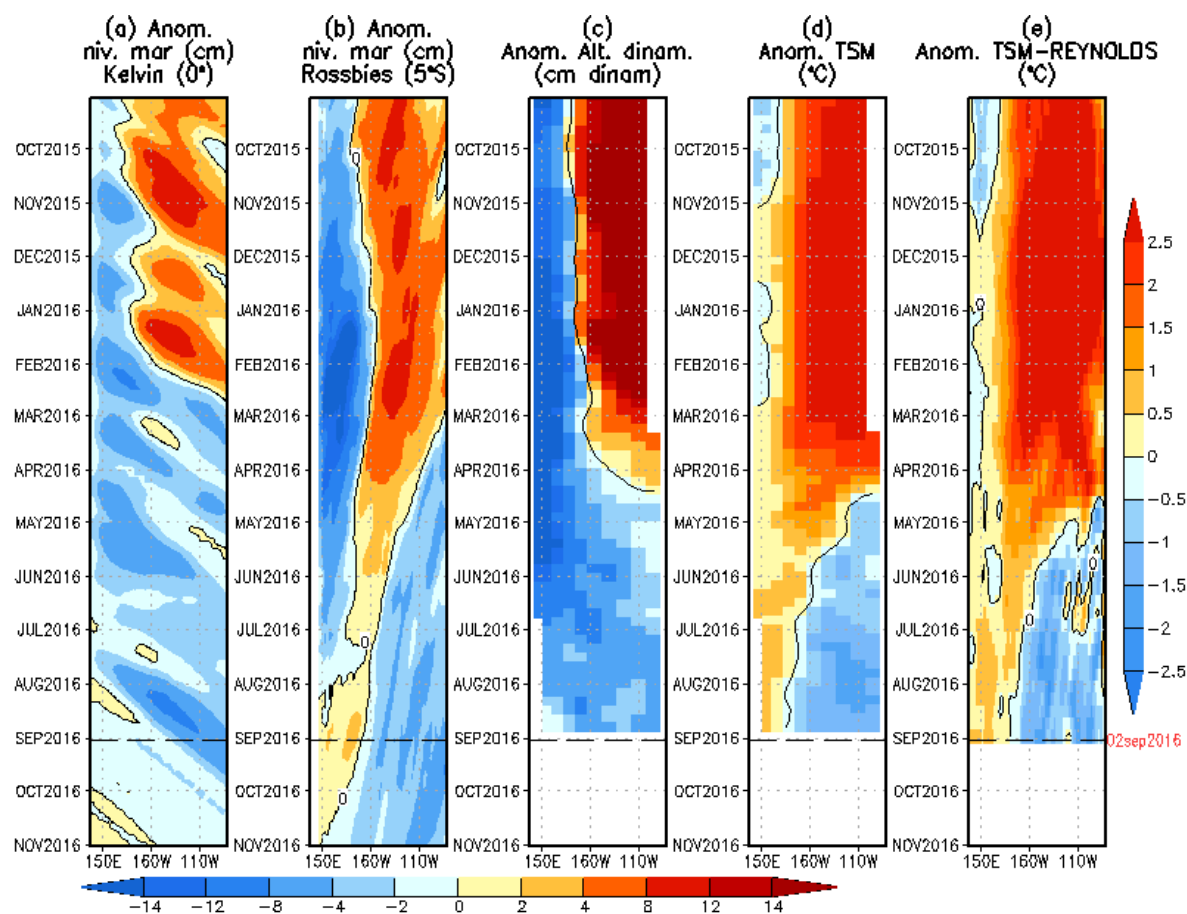


Figura 10. (a) Contribución de la Onda Kelvin al nivel del mar y (b) Contribución de la onda Rossby al nivel del mar en 5°N obtenida de LOM1a. (c) anomalía de la altura dinámica (TAO), (d) y (e) anomalía de la temperatura superficial del mar observada de TAO y Reynolds, respectivamente en la región ecuatorial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

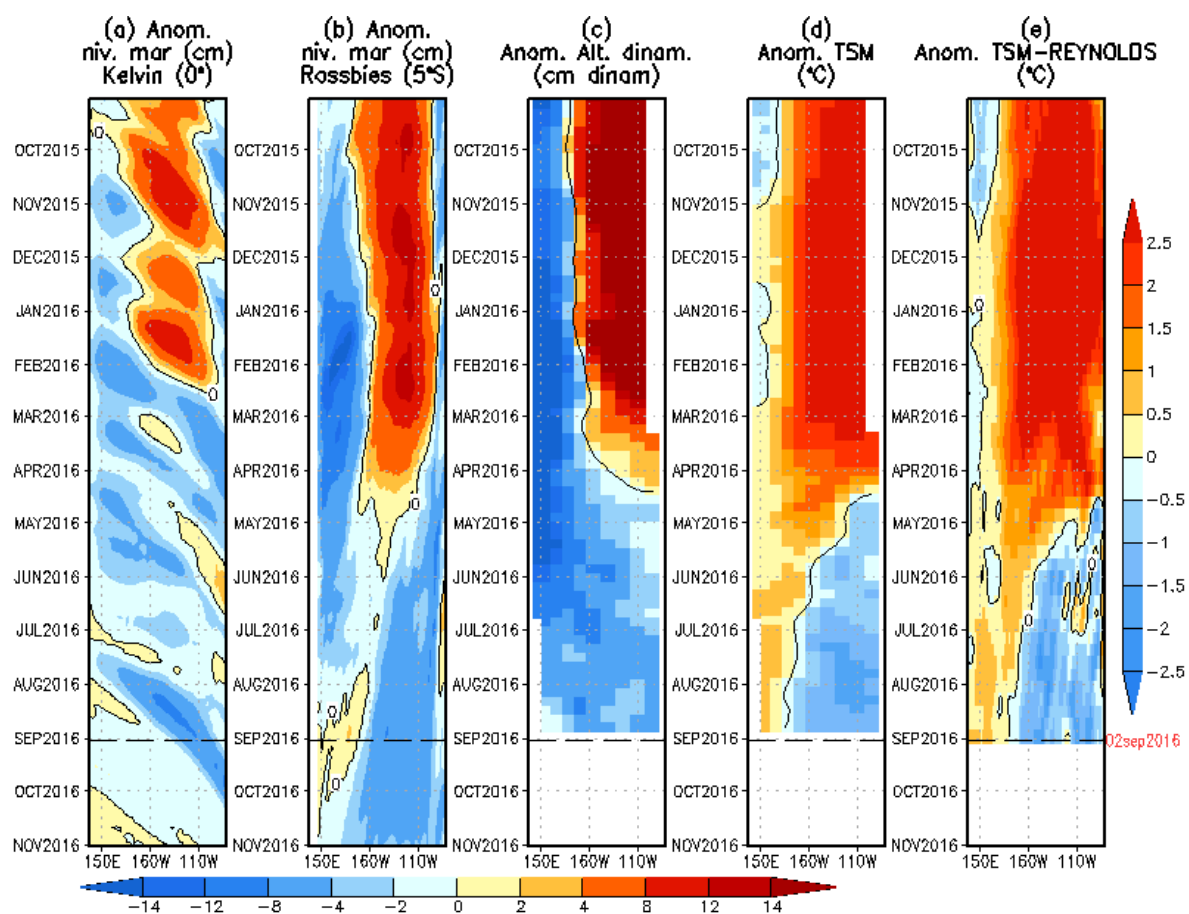


Figura 11. (a) Igual que la Figura 10, pero para LOM2a.

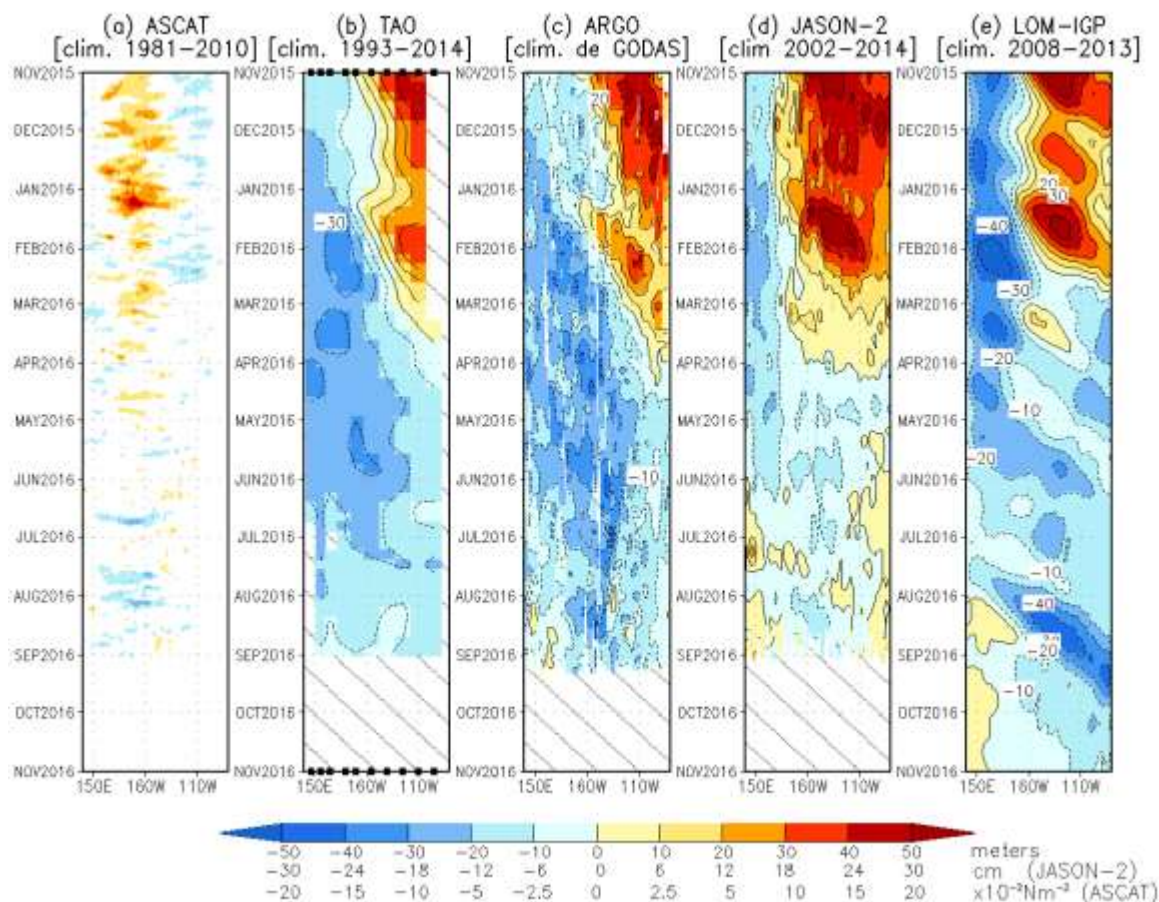


Figura 12. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra la anomalía de la profundidad de la termoclina calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, y $\tau_{\text{aux}}=0$ para el pronóstico). Las líneas diagonales representan una propagación hacia el este con velocidad de 2.6 m/s. (Elaboración: IGP)

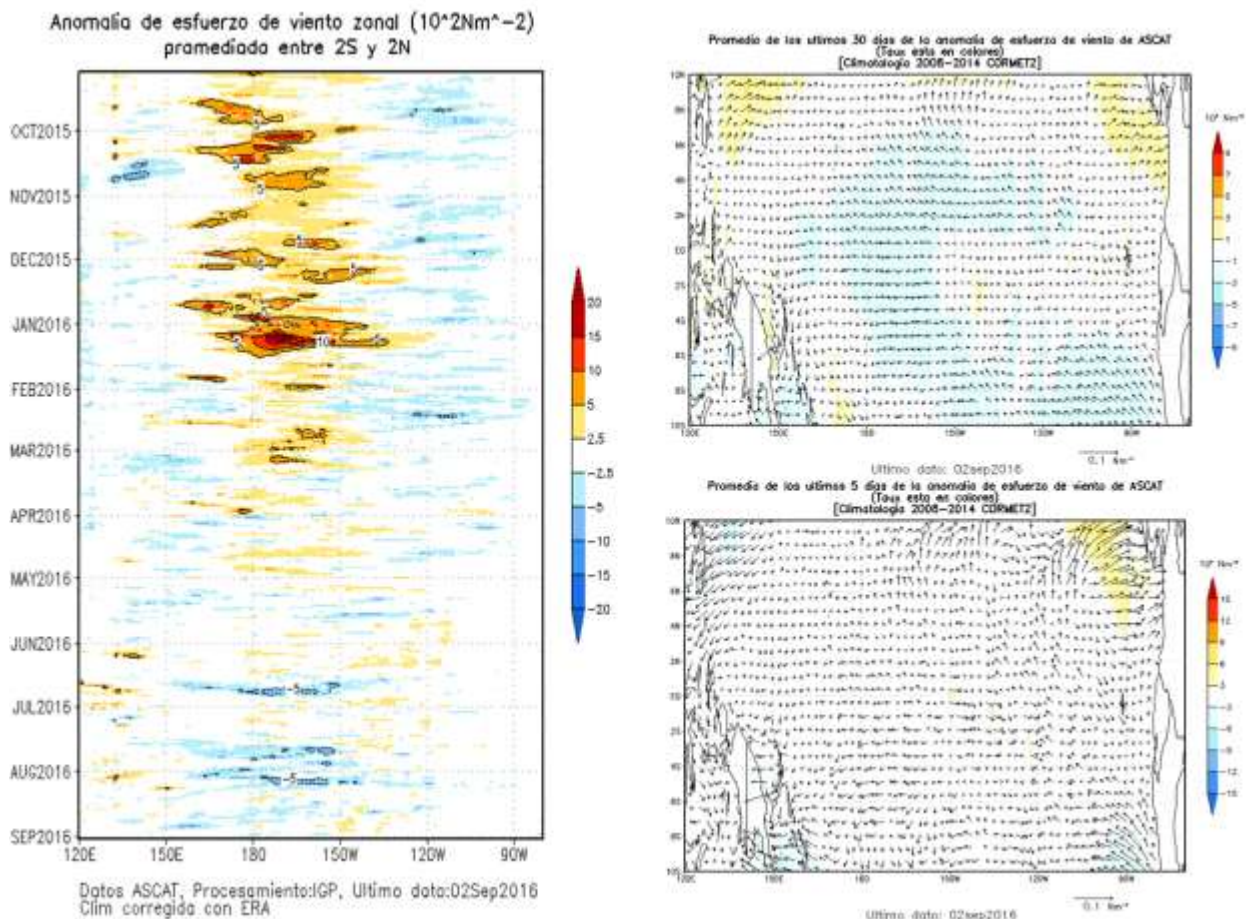


Figura 13. Izquierda: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT. Derecha (superior): Mapa del promedio de 30 días. Derecha (inferior): Mapa del promedio de 5 días, hasta el 30 de julio de 2016, incluyendo los vectores de esfuerzo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

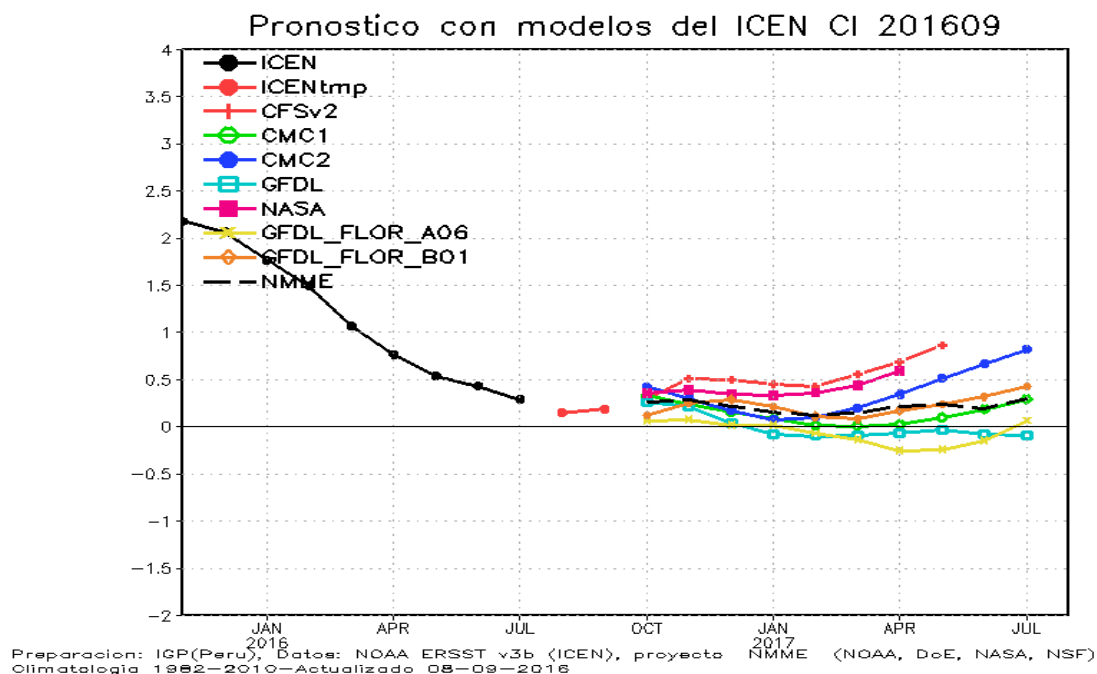


Figura 14. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y sus valor temporal (ICENTmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 tienen como condición inicial el mes de setiembre de 2016. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).

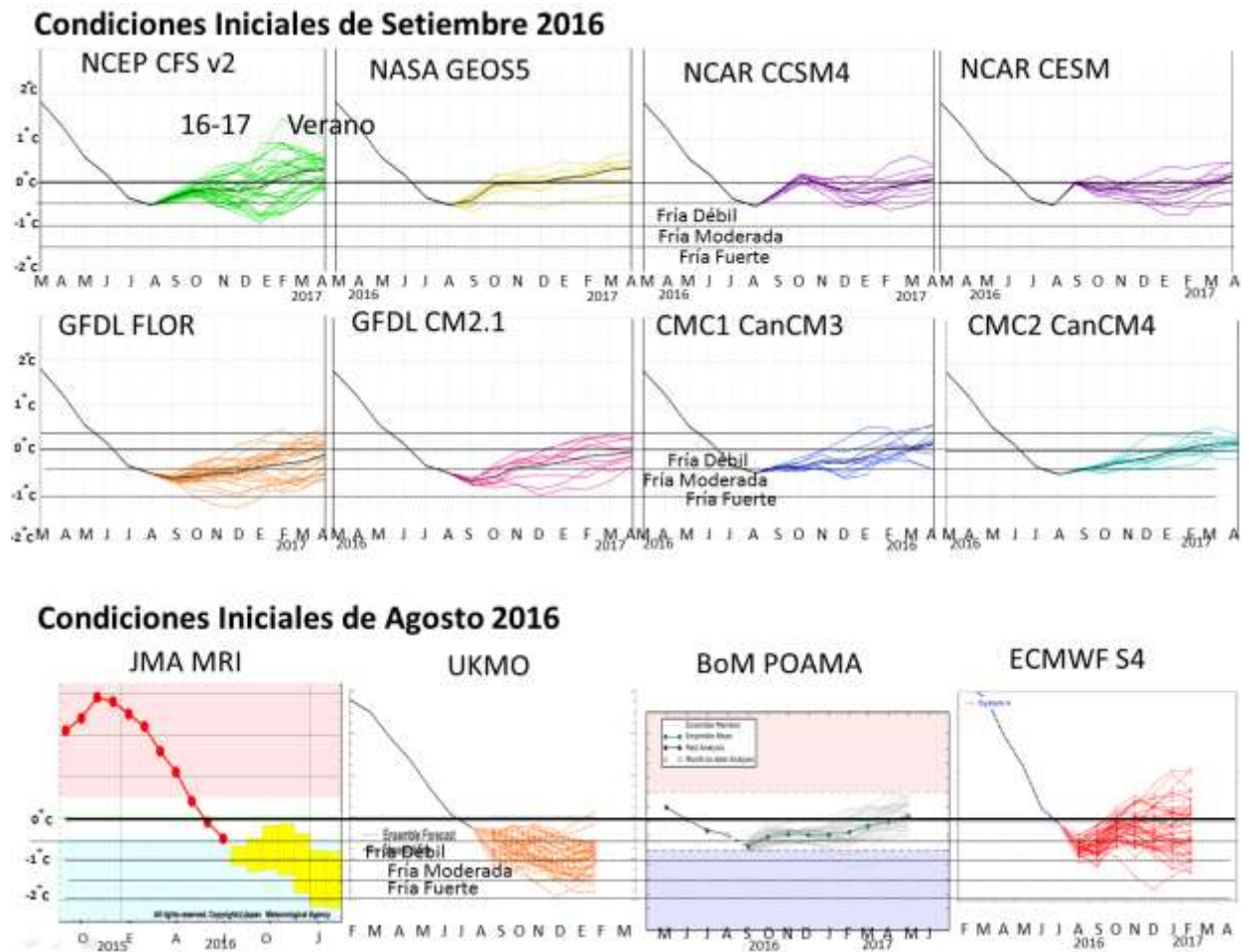


Figura 15. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME y otros .

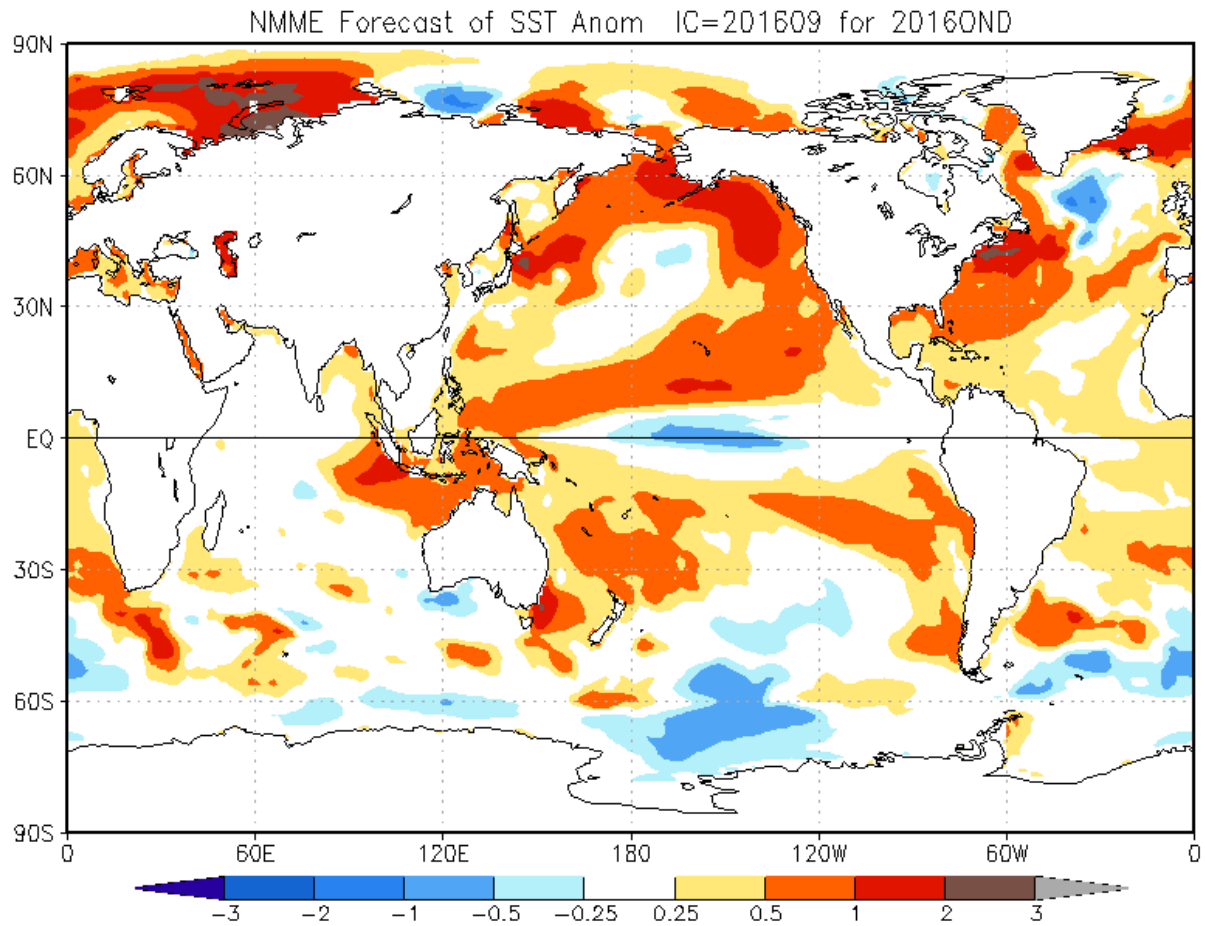


Figura 16. Pronóstico de la anomalía de temperatura superficial del mar promediada sobre los modelos del proyecto NMME (NCEP CFS2, CanCM3 CMC1 y 2, GFDL CM2.2, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 para el trimestre octubre-diciembre de 2016 con condiciones iniciales de setiembre de 2016. (Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/>)

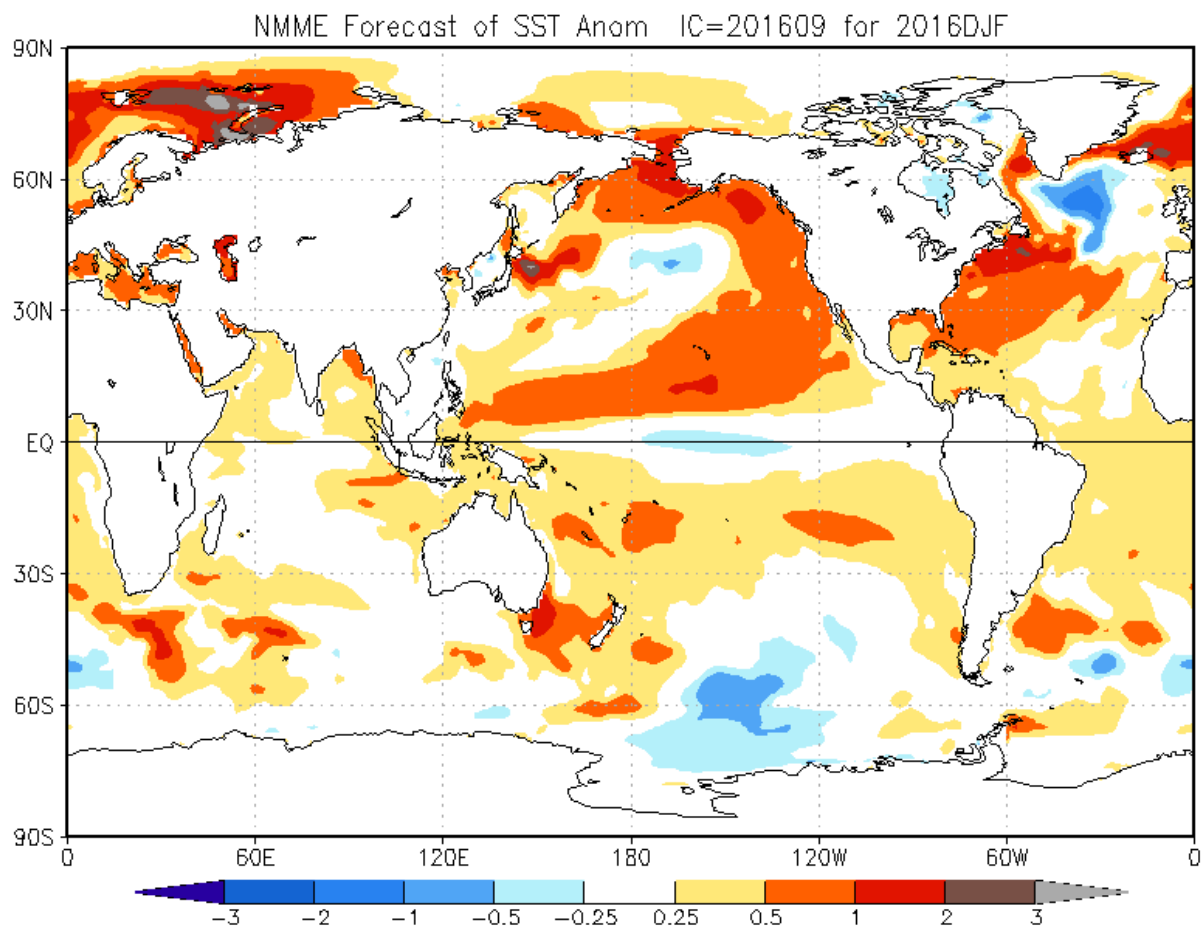


Figura 17. Similar a la Fig.16, pero para el trimestre diciembre 2016 – febrero de 2017.

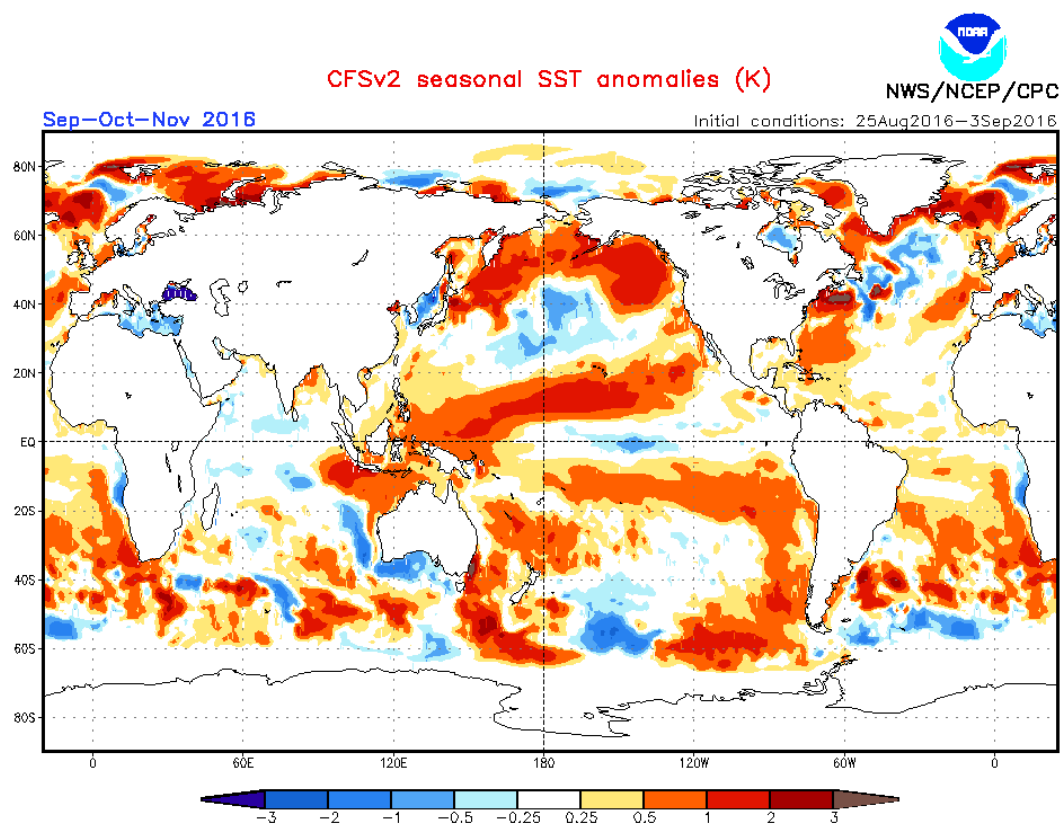


Figura 18. Pronósticos numéricos de anomalía de TSM para el periodo setiembre - noviembre 2016 por el modelo CFSv2 con condiciones iniciales entre el 25 de agosto y 03 de setiembre 2016. (Fuente: NOAA).