

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

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

Instituto Geofísico del Perú

**INFORME TÉCNICO N° PpR/EI Niño-IGP/2017-04
10/05/2017**

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

Para el mes de marzo de 2017, el valor del Índice Costero El Niño (ICEN) con datos de ERSST v3b (+1.11°C) y el ICENOI con datos de OI SST (+1.57°C) corresponden a condiciones Cálidas Moderadas en la costa peruana. Los valores temporales del ICEN (ICENTmp) y el ICENOI (ICENOItmp) coinciden en mostrar condiciones Cálidas Moderadas y Cálidas Débiles para los meses de abril y mayo, respectivamente. La magnitud de El Niño para el verano (diciembre 2016-marzo 2017) sería débil según el ICEN con ERSST pero moderada según el ICENOI. Se considera que el ICENOI es más realista para este evento específico.

Para el Pacífico central, el valor del Índice Oceánico Niño (ONI) de la NOAA de marzo de 2017 continúa indicando condiciones neutras, así como el valor estimado para abril. Sin embargo, el ONI estimado para mayo corresponde a condiciones cálidas débiles.

Para el mes de mayo, en el Pacífico oriental, tres de los siete modelos numéricos internacionales de NMME indican que El Niño costero no se extendería más allá de mayo, los demás modelos señalan que se extendería hasta noviembre. Para los meses de junio, julio y agosto, dos de los siete modelos predicen condiciones Cálidas Moderadas, dos indican Condiciones Cálidas Débiles y tres predicen condiciones Neutras. Para mayo en el Pacífico central, los modelos de NMME indican que El Niño en el Pacífico central se iniciaría, a más tardar, en junio. Las excepciones son el modelo CFSv2 y el modelo POAMA, que indican condiciones neutras.

Según los modelos lineales, así como las proyecciones teóricas de propagación de ondas largas ecuatoriales, se espera que una onda Kelvin cálida débil arribe a la costa americana a fines de mayo e inicios de junio. Los pronósticos de viento del modelo GFS, para lo que resta del mes de mayo, indica la posible presencia de anomalías positivas de esfuerzo de viento en la franja ecuatorial, entre 130 y 110°W, aproximadamente. De cumplirse, se podría incrementar la magnitud o ampliar el periodo de influencia de la onda Kelvin cálida indicada.

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 de la actividad y presidencia del ENFEN, 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 abril de 2017 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 2017. Los valores se muestran en la Tabla 1.

Año	Mes	ICEN (°C)	Condiciones
2016	Diciembre	0.43	Cálida Débil
2017	Enero	0.60	Cálida Débil
2017	Febrero	0.93	Cálida Débil
2017	Marzo	1.11	Cálida Moderada

Tabla 1. Valores recientes del ICEN (ERSST v3b).
(Descarga: <http://www.met.igp.gob.pe/datos/icen.txt>)

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

Año	Mes	ICENtmp	Condiciones	Fuente
2017	Abril	1.14	Cálida Moderada	2017/03-04: ERSST; 2017/05: NMME
2017	Mayo	0.78	Cálida Débil	2017/04: ERSST; 2017/05-06:NMME

Tabla 2. Estimados preliminares del ICEN (ICENtmp)

Según los valores del ICENtmp, se estima que en abril y mayo de 2017 las condiciones serían Cálidas Moderadas y Cálidas Débiles. El ICENtmp de abril será confirmado cuando se disponga del valor de ERSST para el mes de mayo de 2017.

Según el ICEN y el criterio de ENFEN (2012), El Niño costero habría empezado en diciembre de 2016, verificando una magnitud Débil para el verano (diciembre 2016 - marzo 2017).

Como se indicó en el informe del mes de febrero (ver Anexo 1 en el Informe Técnico El Niño-IGP 2017-02), los datos de ERSST v3b para la región Niño 1+2 estarían subestimando las temperaturas en este verano. Por ello, también se estimó el ICENOI, que se calcula igual que el ICEN pero usando los datos mensuales de OISST.v2 y las climatologías de ERSST v3b (<http://www.met.igp.gob.pe/datos/climNino12.txt>). Los valores resultantes se muestran en la tabla 3.

Año	Mes	ICENOI (°C)	Condiciones
2016	Diciembre	0.42	Cálida Débil
2017	Enero	1.02	Cálida Moderada
2017	Febrero	1.60	Cálida Moderada
2017	Marzo	1.57	Cálida Moderada

Tabla 3. Valores recientes del ICENOI (OISST.v2).

También se generaron las versiones preliminares y temporales de este índice (ICENotmp), combinando los datos de OISSTv2 con otras fuentes.

Año	Mes	ICENOItmp	Condiciones	Fuente
2017	Abril	1.27	Cálida Moderada	2017/03-04: OISSTv2; 2017/05-06: NMME
2017	Mayo	0.82	Cálida Débil	2017/04: OISSTv2; 2017/05-06: NMME

Tabla 4. Estimados preliminares del ICENOI (ICENOItmp)

Los valores del ICENOItmp estimados para abril y mayo 2017 corresponden a condiciones Cálidas Moderadas y Cálidas Débiles respectivamente. El ICENOItmp de abril será confirmado cuando se disponga del valor de OISST.v2 para el mes de mayo de 2017. Sobre la base del ICENOI, El Niño costero 2017 habría iniciado en diciembre 2016 y alcanzado la magnitud de moderado a partir de enero 2017.

Por otro lado, para el Pacífico Central (Niño 3.4), el ONI (*Ocean Niño Index* en inglés; <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/oni.ascii.txt>), actualizado por la NOAA al mes de marzo de 2017, es de +0.14°C, correspondiente a condiciones Neutras¹.

Año	Mes	ONI (°C)	Categoría
2016	Diciembre	-0.67	Fría Débil
2017	Enero	-0.42	Neutra
2017	Febrero	-0.12	Neutra
2017	Marzo	0.14	Neutra

Tabla 5. Valores recientes del ONI.

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

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).

Los valores estimados (ONItmp), combinando observaciones y pronósticos, indican condiciones neutras y cálidas débiles para los meses de abril y mayo 2017 (Tabla 4).

Año	Mes	ONItmp	Condiciones	Fuente
2017	Abril	0.38	Neutra	2017/03-04: ERSST; 2017/05: NMME
2017	Mayo	0.54	Cálida Débil	2017/04: ERSST; 2017/05-06: NMME

Tabla 6. Estimados preliminares del ONI (ONItmp)

Diagnóstico del Pacífico Ecuatorial

En el mes de abril 2017, las anomalías de la TSM diaria (IR, MW, OSTIA) en la región Niño 3.4 mostraron condiciones neutras, alcanzando la anomalía promedio de $+0.6^{\circ}\text{C}$ (ver Figura 7a). La actividad convectiva se ha normalizado, terminando la fase similar a la Niña débil, con indicios de aumento de la convección, indicativo de un posible acoplamiento con las anomalías cálidas de TSM. Por otro lado, según los datos satelitales, en la región Niño 1+2, la anomalía de la TSM se mantuvo, en promedio, dentro del rango de condiciones cálidas, mostrando sus anomalías máximas cercanas a $+1.4^{\circ}\text{C}$, $+1.3^{\circ}\text{C}$ y 0.7°C según los productos de MW, OSTIA, e IR, respectivamente (Figura 7b).

El esfuerzo de viento zonal (este-oeste) en el Pacífico central (160°E - 160°W ; 5°S - 5°N) continuó con anomalía mensual del este (Figura 3), siendo de menor magnitud que el mes anterior. En el Pacífico oriental ecuatorial (entre 160°W y 140°W) se presentaron ligeras anomalías de vientos del oeste (Figura 10). En el Pacífico oriental, entre 5°S y 5°N , los vientos alisios del SE continuaron anómalamente intensos y la ZCIT sur prácticamente se observó inactiva. Esto, sumado con la reducción en la TSM y su anomalía a lo largo de la costa, indica que el acoplamiento océano-atmósfera local, que fue clave para el desarrollo del presente El Niño costero, se habría desactivado. El contenido de calor oceánico ecuatorial así como la inclinación de la termoclina se presentaron alrededor de lo normal (Figura 4).

En lo que respecta a la profundidad de la termoclina, entre 2°S y 2°N (ver Figura 6.b), su anomalía promedio mostró valores negativos entre aproximadamente 175°W y 110°W en casi todo el mes de abril. Dicha anomalía muestra un desplazamiento hacia el este, lo que coincide, comparando con los resultados de los modelos oceánicos lineales, con las características de una onda Kelvin fría interestacional, la cual debe haber alcanzado la costa americana a fines del mes de abril e inicios de mayo con una aparente cancelación de su señal al este de 100°W , probablemente como consecuencia de la presencia de anomalías positivas de hasta 20 metros en dicha región, las cuales se viene observando desde febrero del presente año (Fig. 6b) pero que no son simuladas por el modelo (Fig. 6c), posiblemente por deficiencias en el forzante de viento interanual (Fig. 6a), aunque ni con ASCAT ni con NCEP es posible simularlo. Por otro lado, al oeste de 175°W , aproximadamente, se observan un patrón de anomalía positiva que alcanza valores, incluso, de hasta 30 m de profundidad. Este patrón se viene observando claramente desde noviembre de 2016, aunque señales positivas débiles se remontan hasta junio del mismo año. Debido a su aparente desplazamiento hacia el este y a la comparación con los resultados de los modelos oceánicos lineales, estas serían ondas Kelvin cálidas que habrían sido generadas por la reflexión de ondas Rossby cálidas en el extremo occidental, tal como también se aprecia en los datos de altimetría de DUACS (Figura 8b). A inicios de mayo se contempla una aparente anomalía positiva de la profundidad de la termoclina alrededor de 130°W (Fig. 6b) que, según los modelos oceánicos lineales, podría corresponder a una onda Kelvin cálida

interestacional (Fig. 7d) generada por una combinación de la reflexión de ondas Rossby en el Pacífico occidental (Fig. 8) y anomalías de viento del oeste en el Pacífico occidental (Fig. 6a).

Pronóstico a corto plazo con modelo de ondas y observaciones

Según los modelos lineales (Figura 6c) así como las proyecciones teóricas de propagación de ondas largas ecuatoriales, de mantenerse valores climatológicos de los vientos zonales en el siguiente mes, la onda Kelvin cálida, recientemente ubicada cerca de 130°W, arribaría a la costa americana a fines de mayo e inicios de junio.

Los pronósticos de viento de GFS (ver Figura 9), para lo que resta del mes de mayo, indica la posible presencia de anomalía positiva de esfuerzo de viento en la franja ecuatorial, entre 130 y 110°W, aproximadamente. Si estas anomalías se desarrollaran, entonces es posible que contribuyan a incrementar la magnitud, o ampliar el periodo de impacto, de la onda Kelvin cálida que se espera que arribe a la costa americana a fines de mayo e inicios de junio.

Pronóstico estacional con modelos climáticos

Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), los pronósticos de los modelos climáticos de NMME (CFSv2, NASA_GEOS5, FLOR, CM2.1, NCAR_CCM4, CMC1 y CMC2) inicializados en mayo, 3 de 7 modelos indican que el Niño costero no se extenderá más allá del mes de mayo, los demás modelos predicen la continuación del evento hasta noviembre. Esto contrasta con los pronósticos inicializados en abril, ya que todos estos predecían la continuación de El Niño hasta octubre al menos. Para los meses de junio, julio, agosto 2 de 7 modelos indican condiciones cálidas moderadas, 2 modelos pronostican condiciones cálidas débiles, y 3 modelos predicen condiciones neutras (Fig. 11 y Tabla 7). El promedio de los modelos extiende el evento El Niño costero hasta al menos noviembre 2017, con magnitud débil.

Para el Pacífico central (Niño 3.4), según los modelos de NMME inicializados en mayo indican que El Niño iniciaría a más tardar en junio (Tabla 8 y Fig. 12). Las excepciones son el modelo CFSv2 y el modelo POAMA, que indican condiciones neutras. En dos de los modelos, El Niño alcanzaría magnitud moderada, el resto indica débil.

Los modelos se pueden agrupar según sus pronósticos hacia finales de año en un grupo que continúa pronosticando El Niño costero y el Pacífico central (CMC1, CMC2, NASA, GFDL_FLOR) y otro grupo que pronostica menores anomalías, incluso neutras, en ambas regiones (CFS2, GFDL, NCAR, además de POAMA que no es parte de NMME). Debido a que se espera que el crecimiento de El Niño en el Pacífico central esté asociado al proceso de retroalimentación de Bjerknes que es parte esencial de El Niño-Oscilación Sur, una forma de evaluar a los diferentes modelos es comparar su predicción de la distribución de precipitación ecuatorial a corto plazo con las observaciones recientes. Como se aprecia en la Fig. 14, los modelos que pronostican mayor calentamiento para diciembre 2017 son aquellos que para junio predicen mayor precipitación ecuatorial. Comparando con la radiación de onda larga (OLR), vemos que cualitativamente los modelos NASA y GFDL_FLOR predicen una distribución para junio más similar a la observada en abril, lo cual sugiere que los pronósticos de mayor calentamiento podrían tener mayor credibilidad. Se debe notar que los modelos CFSv2 y NCAR, que son los que menos calentamiento producen, comparten los mismos datos de inicialización, por lo que no son independientes (M. L'Heureux, comunicación personal). Otra consideración es que los pronósticos recientes se asemejan a los producidos en mayo de 2014, donde en promedio los modelos predecían un evento El Niño en el Pacífico central que finalmente no se desarrolló. Sin embargo, la situación actual no es la misma que en el 2014, ya que desde el año 2016 se vienen presentando anomalías cálidas en el Pacífico suroriental (frente a Chile y sur de Perú; Fig. 15a) y la mayoría de modelos (excepto GFDL y GFDL_FLOR) predicen su persistencia hasta diciembre (ver promedio NMME en Fig. 15b,c). Esto

sugiere que podríamos haber experimentado ya la transición a una fase decadal cálida en el Pacífico suroriental, como fue pronosticado por Meehl et al (2016), lo cual podría favorecer al desarrollo de El Niño “global”, tanto en el Pacífico central como el oriental, en contraste con el año 2014.

Si bien no hay pronósticos para el verano 2017-2018, si extrapolamos el promedio de los modelos al ese periodo, El Niño sería débil en la costa y débil a moderado en el Pacífico central. Bajo ese escenario se podría propiciar una reducción en las precipitaciones tanto en la costa como en los Andes (Lavado y Espinoza 2014; Takahashi y Martinez 2016).

Modelo	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND
CFS2		0.44	-0.09	-0.13	-0.17	-0.10	0.02	0.15
CMC1		1.25	1.31	1.07	0.83	0.69	0.64	0.66
CMC2		1.32	1.46	1.25	1.03	0.87	0.81	0.89
GFDL		0.57	0.34	0.31	0.31	0.40	0.52	0.52
NASA		0.83	0.82	0.89	1.10	1.20	1.23	1.25
GFDL_FLOR		0.58	0.47	0.60	0.94	1.16	1.26	1.30
NCAR_CCSM4		0.36	0.06	0.06	0.30	0.42	0.37	0.24
NMME		0.76	0.62	0.58	0.62	0.66	0.69	0.72
ICENtmp	1.14							

Tabla 7. Pronósticos del ICEN con diferentes modelos climáticos con condiciones iniciales de mayo de 2017

Modelo	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND
CFS2		0.47	0.52	0.50	0.49	0.45	0.42	0.41
CMC1		0.57	0.68	0.71	0.74	0.80	0.91	1.05
CMC2		0.73	1.01	1.18	1.25	1.29	1.43	1.65
GFDL		0.50	0.64	0.81	0.93	0.87	0.75	0.62
NASA		0.59	0.78	0.96	1.13	1.26	1.40	1.49
GFDL_FLOR		0.43	0.57	0.80	0.96	1.07	1.20	1.37
NCAR_CCSM4		0.47	0.51	0.55	0.56	0.54	0.52	0.52
NMME		0.54	0.67	0.79	0.87	0.90	0.95	1.02
ONItmp	0.38							

Tabla 8. Pronósticos del ONI con diferentes modelos climáticos con condiciones iniciales de mayo de 2017

Conclusiones:

1. El **ICEN para marzo de 2017** fue de 1.11 (**Cálida Moderada**) y el **ICENtmp** para abril y mayo de 2017 es **1.14 (cálida moderada) y 0.78 (cálida débil)**. Usando OI mensual para el cálculo (ICENOI), los valores correspondientes son **1.57, 1.27 (ambas cálidas moderadas) y 0.82 (cálidas débil)**.
2. En el Pacífico central, el ONI de marzo (FMA) y el estimado para abril correspondieron a condiciones neutras. El ONI estimado para mayo correspondió a condiciones cálidas débiles, lo cual de persistir podría indicar el inicio de El Niño en el Pacífico central débil. La ATSM en la región Niño 3.4, durante este febrero, ha fluctuado alrededor de los $+0.6^{\circ}\text{C}$.
3. El contenido de calor oceánico y la inclinación de la termoclina ecuatorial se presentaron alrededor de lo normal.
4. Según TAO y NCEP/NCAR reanalysis, el viento zonal ecuatorial se presentó cerca de lo normal, aunque con ligeras anomalías del oeste.
5. La actividad convectiva en el Pacífico central ecuatorial se ha normalizado, terminando la fase similar a La Niña débil, con indicios de aumento de la convección indicativo de un posible acoplamiento con las anomalías cálidas de TSM.
6. En el Pacífico oriental ecuatorial (5°S - 5°N), los vientos alisios del SE continuaron presentándose anómalamente intensos y la ZCIT sur prácticamente inactiva. Junto con la reducción en la TSM y su anomalía a lo largo de la costa, esto indica que el acoplamiento océano-atmósfera local responsable de este El Niño costero se habría desactivado.
7. Los modelos CFS y GFS indican la formación de un fuerte pulso de viento en el Pacífico ecuatorial oriental (120°W - 90°W) en la próxima semana, aunque es probable que su magnitud esté sobreestimada.
8. Se mantienen las anomalías positivas de la profundidad de la termoclina en el extremo oriental que se han observado desde el mes de febrero y que posiblemente se deban a la presencia de ondas Kelvin intraestacionales y, posiblemente, a ondas Rossby cálidas generadas por la reflexión de dichas ondas Kelvin cálidas, tal como se observa en los productos de altimetría y lo sugieren algunos resultados de los modelos lineales.
9. La señal de la onda Kelvin fría, según lo observado en la profundidad de la isoterma de 20°C , puede haber disminuido en el extremo oriental como consecuencia de la presencia de anomalías positivas de la termoclina en dicha región, las que están presentes desde el mes de febrero. Es posible, también, que la onda Kelvin haya disminuido su velocidad de propagación debido a que la termoclina está más somera en extremo oriental.
10. Según los modelos lineales así como las proyecciones teóricas de propagación de ondas largas ecuatoriales, de mantenerse valores climatológicos de los vientos zonales en el siguiente mes, la onda Kelvin cálida, actualmente ubicada cerca de 120°W , arribaría a la costa americana a fines de mayo e inicios de junio.
11. De darse la presencia de anomalías positivas de esfuerzo de viento en la franja ecuatorial (130° y 110°W), tal como lo indica el pronóstico de GSF, éstas podrían contribuir a incrementar la magnitud, o ampliar el periodo de impacto, de la onda Kelvin cálida que arribaría a la costa americana a fines de mayo inicios de junio.
12. Para el Pacífico Oriental (región Niño 1+2), según 3 de 7 modelos NMME inicializados en mayo, El Niño costero no se extendería más allá de mayo (el resto hasta noviembre), en contraste con los pronósticos anteriores que todos mantenían a El Niño. **Para los meses de junio, julio y**

- agosto**, 2 de 7 modelos indica condiciones cálidas moderadas, 2 modelos pronostican condiciones cálidas débiles, y 3 modelos indican condiciones neutras.
13. Para el Pacífico central (Región Niño 3.4), los modelos NMME indican que El Niño en el Pacífico central iniciaría a más tardar en junio. Las excepciones son el modelo CFSv2 y el modelo POAMA, que indican condiciones neutras. En dos de los modelos, El Niño alcanzaría magnitud moderada, el resto indica débil.
 14. Los modelos que pronostican mayor calentamiento hacia diciembre tienden a predecir mayor precipitación ecuatorial para junio. La comparación con observaciones recientes sugiere que los modelos que predicen mayor calentamiento son más realistas.
 15. De extrapolarse el promedio de los modelos al verano 2017-2018, El Niño sería débil en la costa y débil a moderado en el Pacífico central. Esto podría propiciar una reducción en las precipitaciones tanto en la costa como en los Andes.
 16. En general, los pronósticos son similares que los realizados el 2014. En ese año, El Niño no se desarrolló como pronosticado por los modelos, posiblemente por la influencia de la fase decadal fría. Sin embargo, es posible que estemos transicionando a la fase cálida. Ya se observan indicios del acoplamiento que favorece el crecimiento de El Niño.
 17. El calentamiento en el Pacífico sudeste subtropical observado desde el año 2015 hasta la fecha (así como en el Pacífico noreste desde el 2014) es consistente con el pronóstico de Meehl et al 2016 y con los pronósticos de los modelos NMME recientes para el resto del 2017.
 18. La fase cálida decadal podría favorecer el desarrollo futuro (2017 o después) de El Niño en el Pacífico oriental. Por otro lado, el calentamiento en el Pacífico central podría suprimir las lluvias en los Andes.

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.
- Cravatte, S., W. S. Kessler, N. Smith, S. E. Wijffels, Ando, K., Cronin, M., Farrar, T., Guilyardi, E., Kumar, A., Lee, T., Roemmich, D., Serra, Y, Sprintall, J., Strutton, P., Sutton, A., **Takahashi, K.** y Wittenberg, A., 2016: First Report of TPOS 2020. GOOS-215, 200 pp. [<http://tpos2020.org/first-report>]
- DiNezio, P., 2016: Desafíos en la predicción de La Niña, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, 3 (9), 4-8.
- 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*.
- Lavado-Casimiro, W., **Espinoza, J. C.**, 2014: Impactos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú (1965-2007), Revista Brasileira de Meteorologia, 29 (2), 171-182.
- Meehl G, Hu A, Teng H, 2016: Initialized decadal prediction for transition to positive phase of the Interdecadal Pacific Oscillation. Nature Communications, doi: 10.1038/ncomms11718
- **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
- **Reupo, K., 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., Martínez, A. G.**, 2016: The very strong El Niño in 1925 in the far-eastern Pacific. Climate Dynamics, doi: 10.1007/s00382-017-3702-1.

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.

Agradecimientos

A la Dra. Emily Becker (NOAA) y al Dr. Ben Kirtman (RSMAS) por su apoyo con los datos del proyecto NMME, a la Dra. Michelle L'Heureux (NOAA CPC) por su apoyo con los datos de Niño 1+2 para el cálculo del ICEN.

Figuras

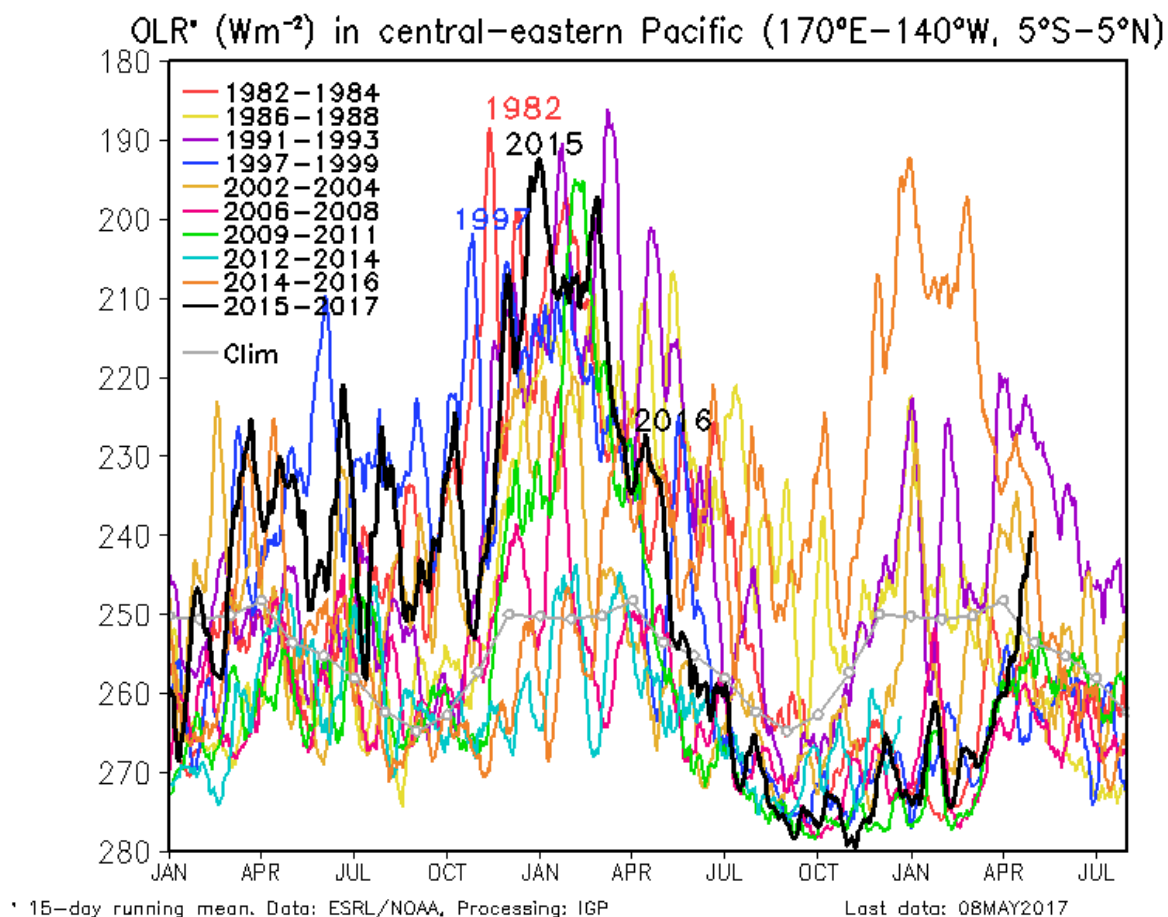


Figura 1. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental ($170^{\circ}-140^{\circ}W$ y $5^{\circ}S-5^{\circ}N$) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración: IGP

OLR* (Wm^{-2}) in central-eastern Pacific ($170^{\circ}\text{W}-100^{\circ}\text{W}$, $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$)

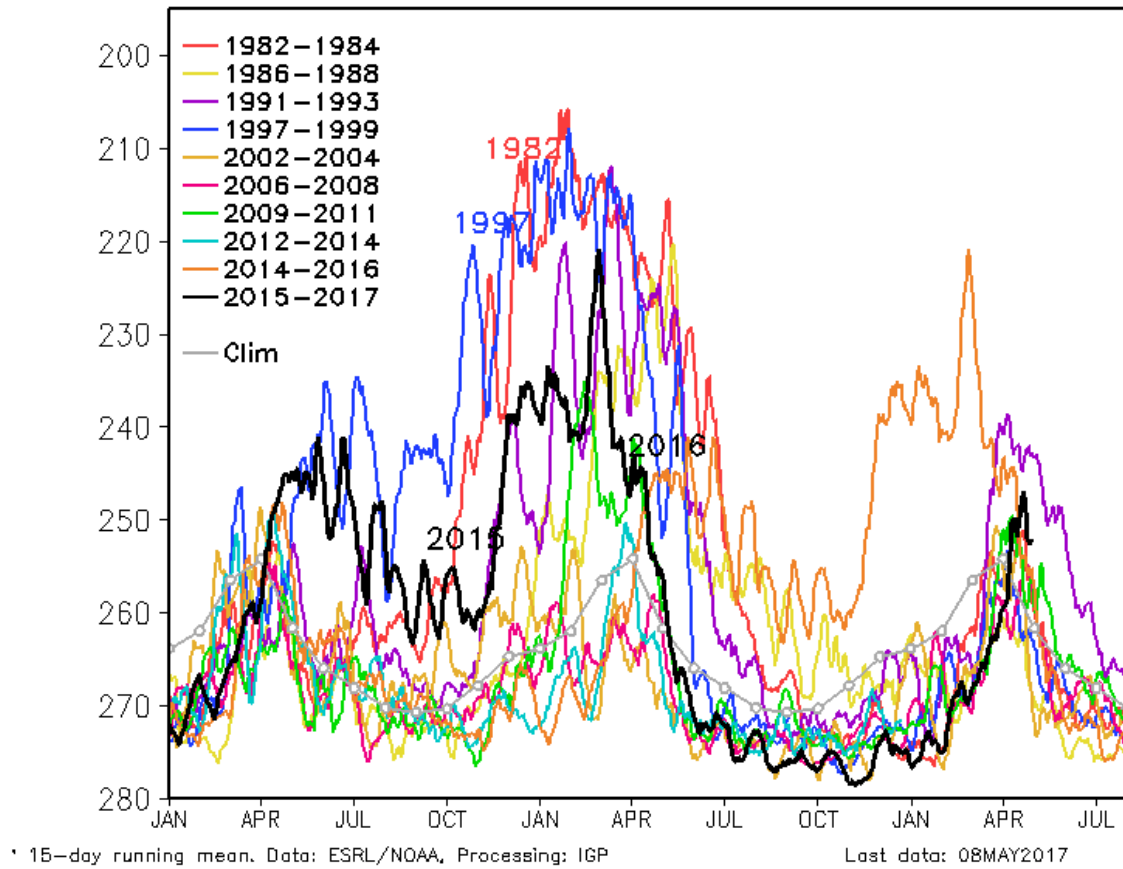


Figura 2. Actividad convectiva en el Pacífico Central Oriental ($170^{\circ}\text{-}100^{\circ}\text{W}$ y $5^{\circ}\text{S-}5^{\circ}\text{N}$) en base a la información de OLR (Outgoing Longwave Radiation). Elaboración: IGP

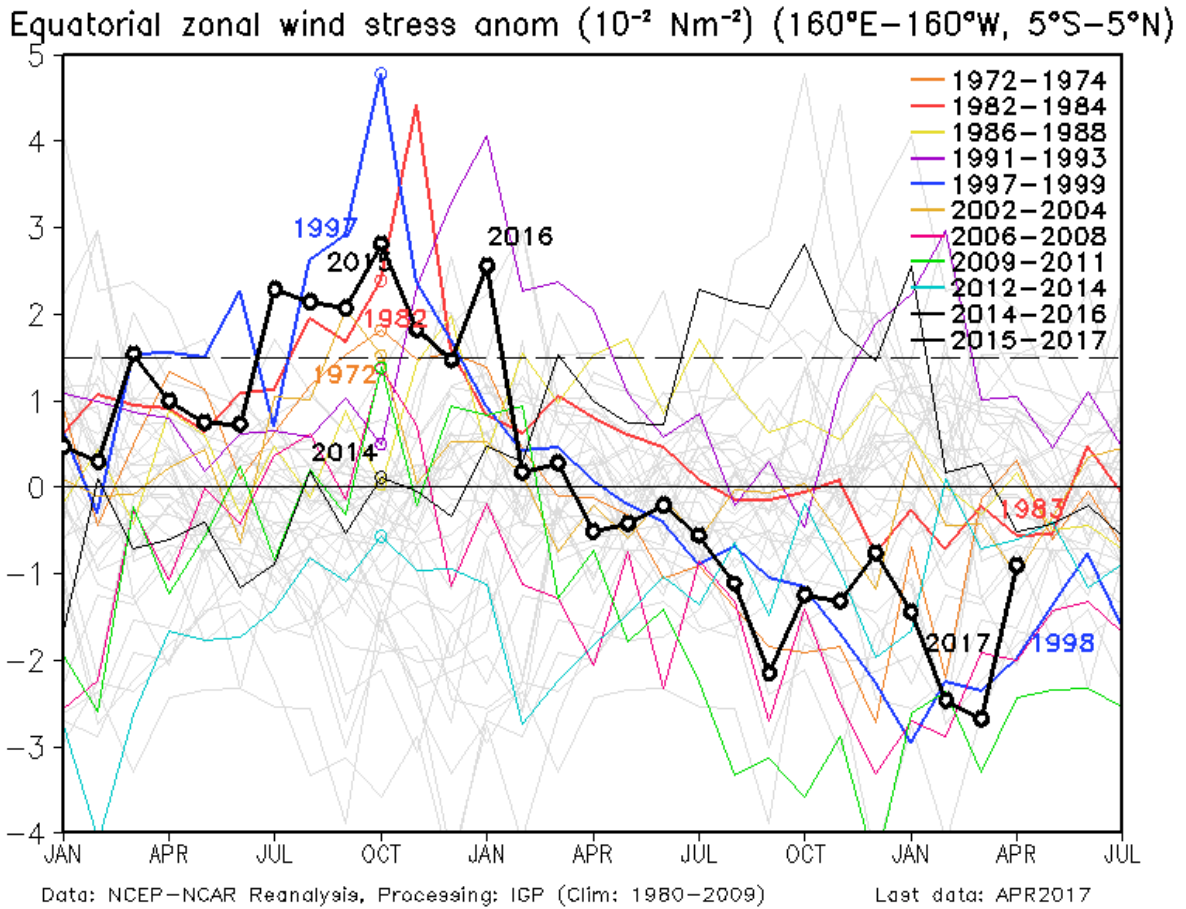


Figura 3. Promedio de la anomalía del esfuerzo de viento zonal en el Pacífico Ecuatorial ($160^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$ y $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$) obtenido de los datos del reanálisis de NCEP-NCAR. Elaboración: IGP

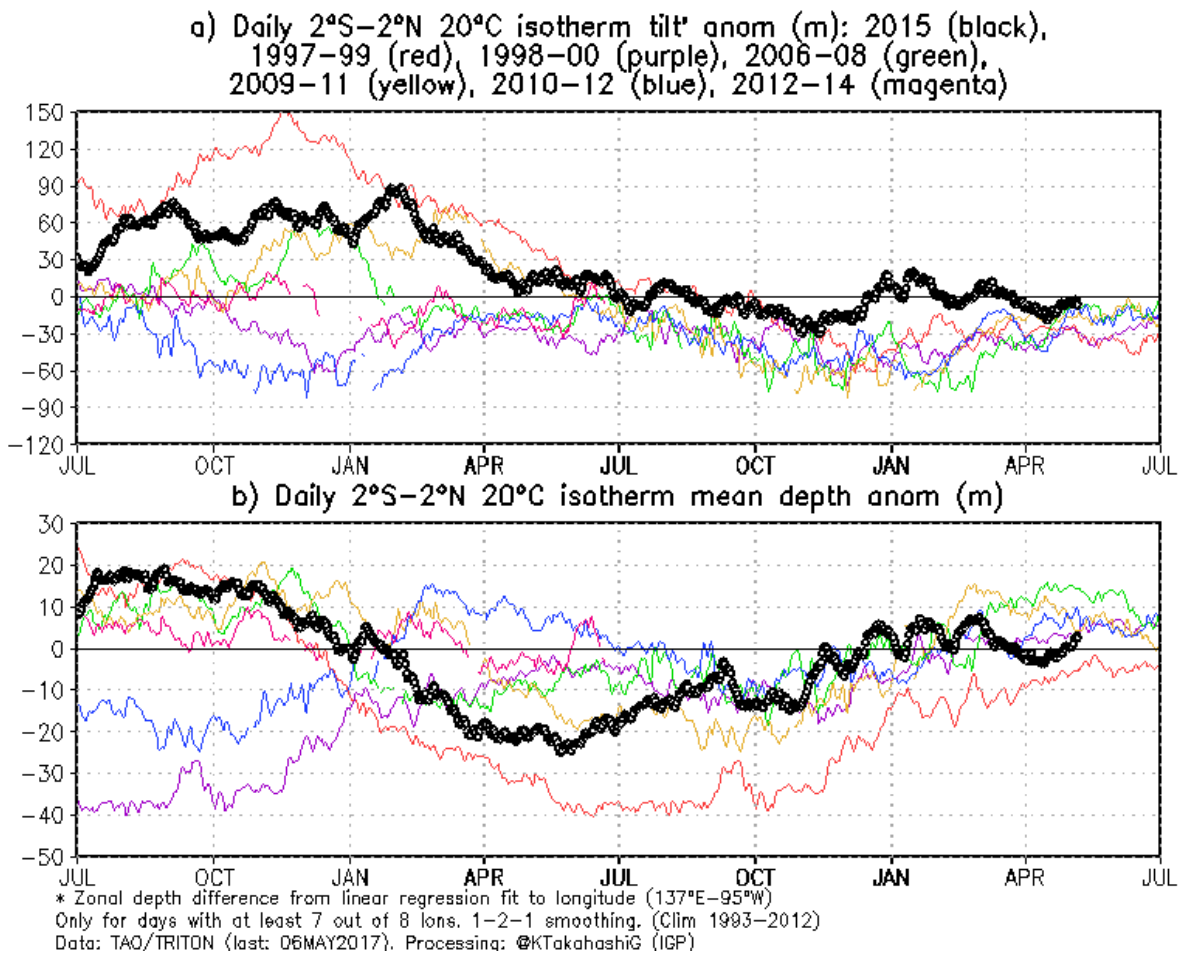


Figura 4 a) Inclinación de la termoclina en el Pacífico ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. **b)** Contenido de calor en la región ecuatorial basado en los datos de las boyas TAO entre 2°N y 2°S. A diferencia de informes anteriores, se excluyen las boyas TRITON (Pacífico occidental) que ya no está operativas. Elaboración: IGP

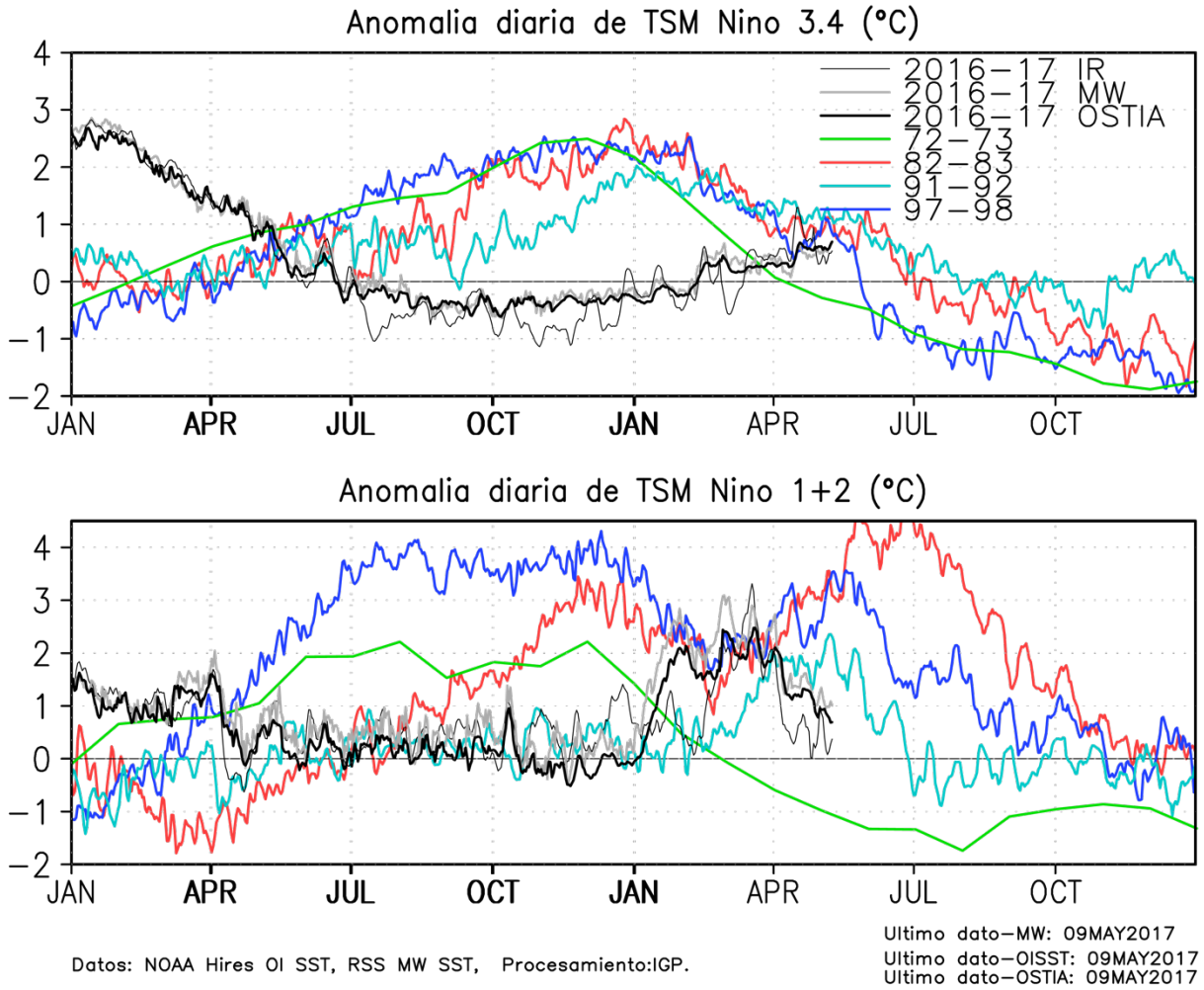


Figura .5 Series de tiempo de la anomalía diaria de la TSM en la región Niño 3.4 (arriba) y en la región Niño 1+2 (abajo). Las líneas en color negro (guesa), gris y negro (fina) indican la evolución de la anomalía de la TSM en el presente año usando información infrarroja (IR), microondas (MW) y del 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

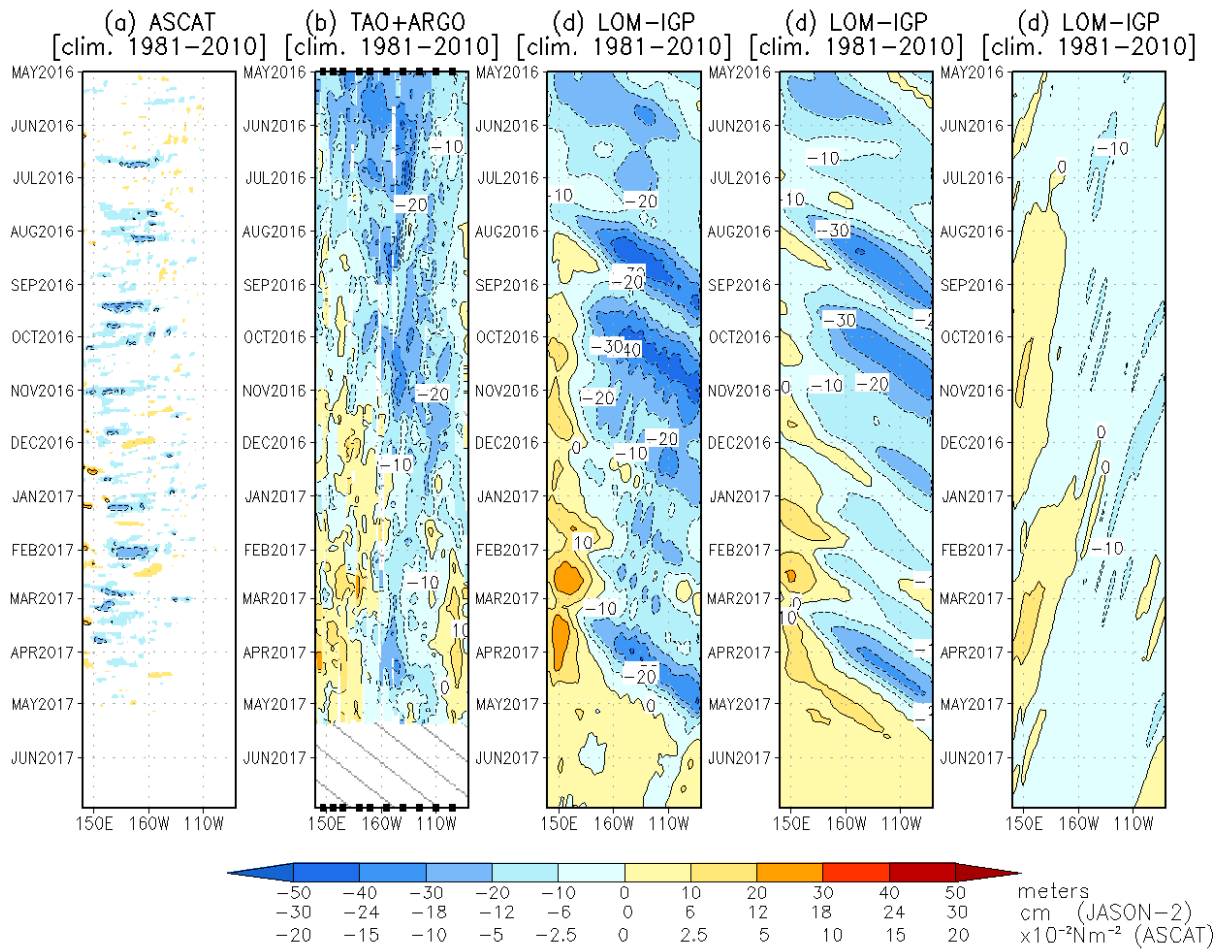


Figura 6. Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO y los derivados de ARG0 (b), diagrama de la onda Kelvin y Rossby (c), diagrama de la onda Kelvin (d) y finalmente diagrama de la onda Rossby, calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT, y tau=0 para el pronóstico). Las líneas diagonales representan la trayectoria de una onda Kelvin si tuviera una velocidad de 2.6 m/s. (Elaboración: IGP)

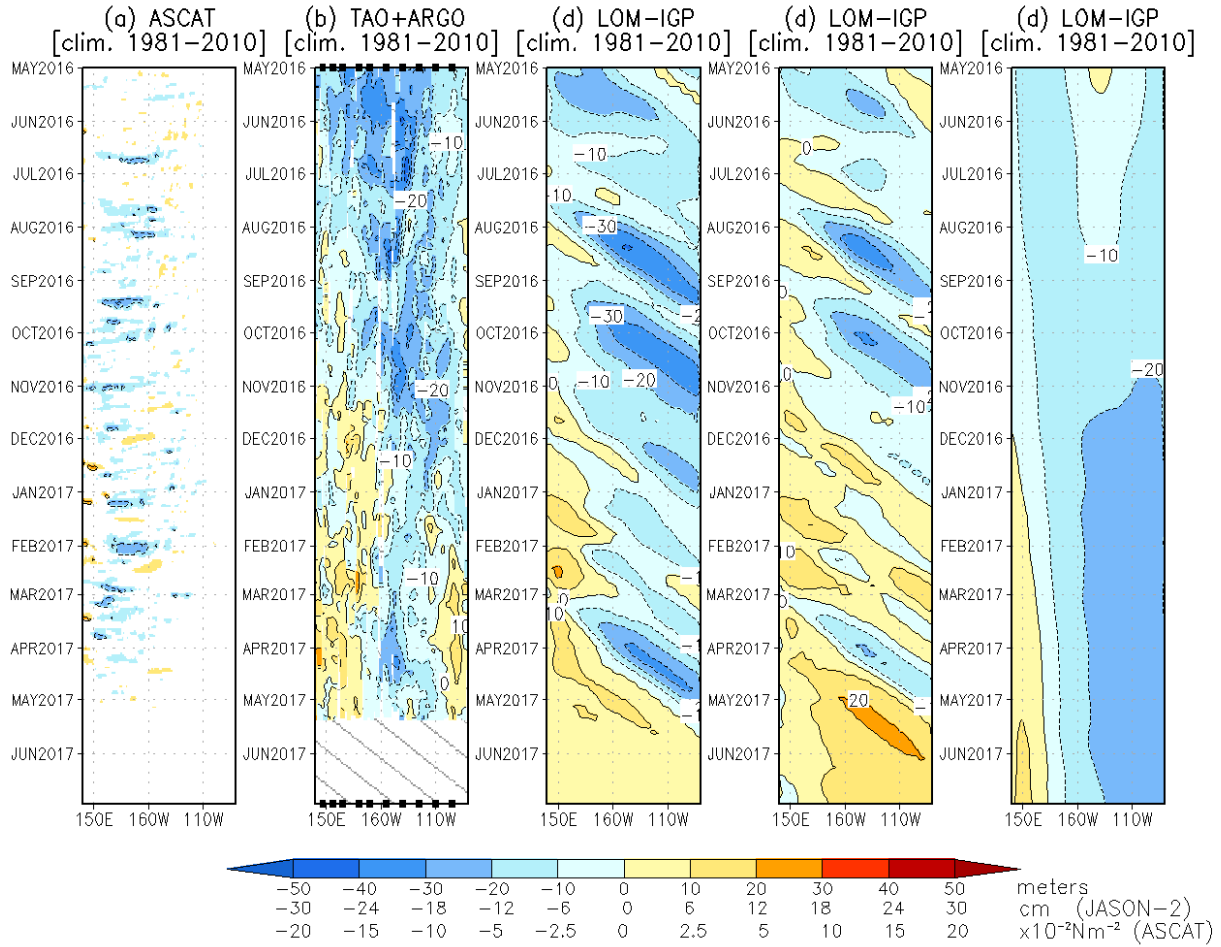


Figura 7. De izquierda a derecha: diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (primer panel); anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C de TAO y los derivados de ARGO (segundo panel); onda Kelvin (tercer panel), onda Kelvin intraestacional (cuarto panel), Onda Kelvin interanual multiplicado por un factor de dos (quinto panel). Las tres figuras de la derecha son resultados numéricos de un modelo oceánico lineal, forzado con información de vientos de ASCAT. Las líneas diagonales representan la trayectoria que tendría la onda Kelvin si tuviera una velocidad de 2.6 m/s. (Elaboración: IGP)

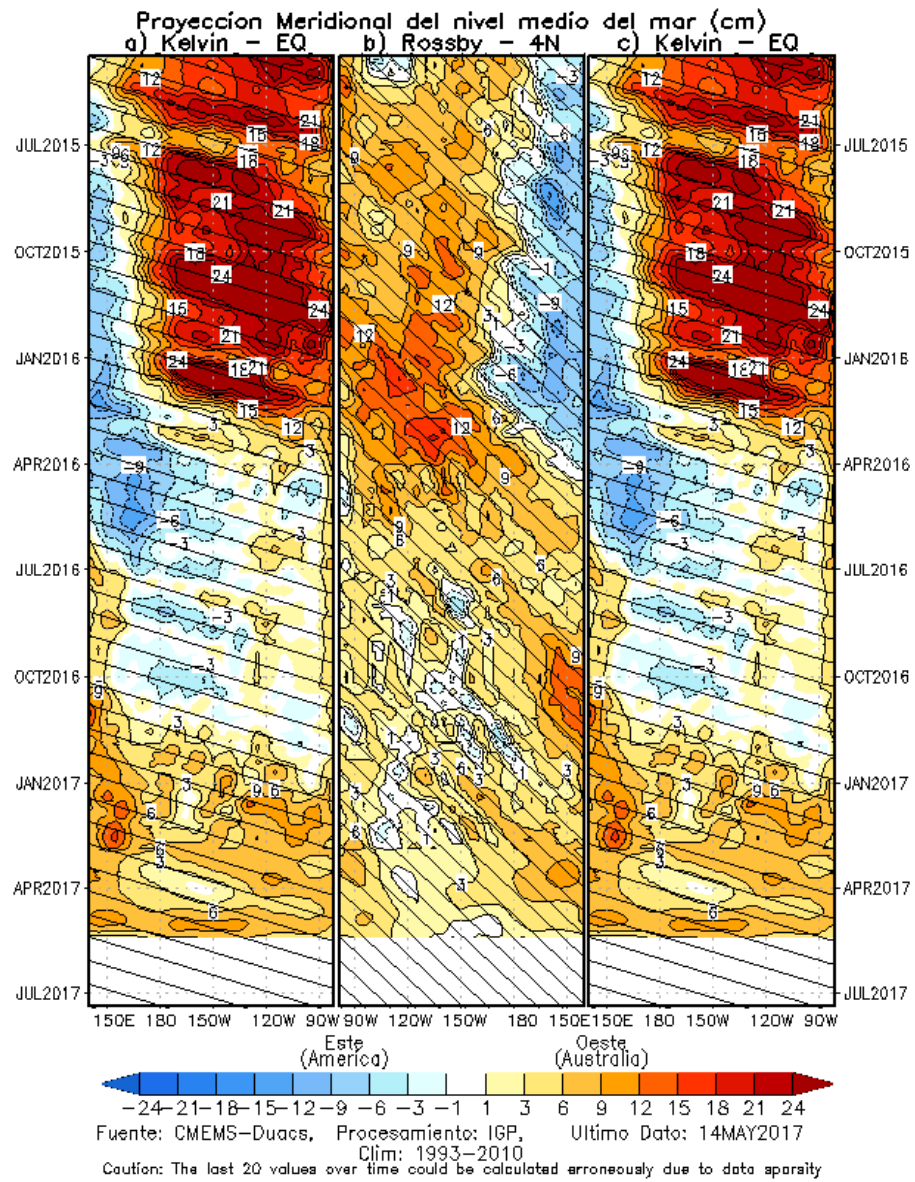


Figura 8. Proyección meridional del nivel medio del mar (cm), a) onda Kelvin en el Ecuador, b) onda Rossby en 4°N, y c) onda Kelvin en el ecuador.

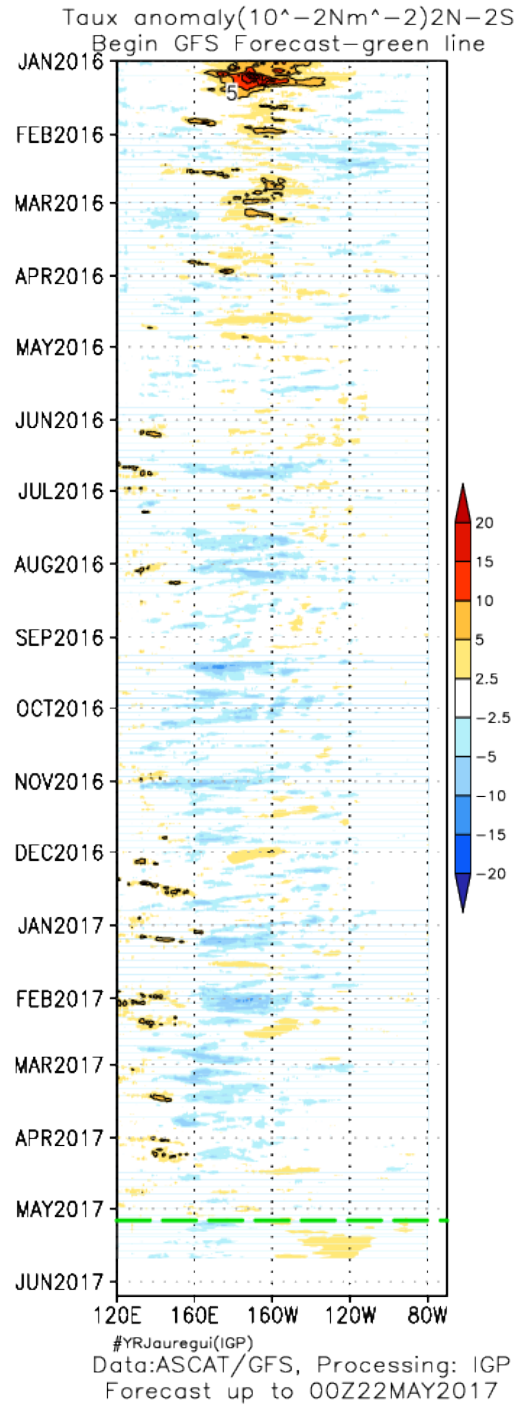


Figura 9: Pronóstico de vientos del modelo GFS en el Pacífico ecuatorial ($2^{\circ}N-2^{\circ}S$), hasta el 22 de mayo 2017.

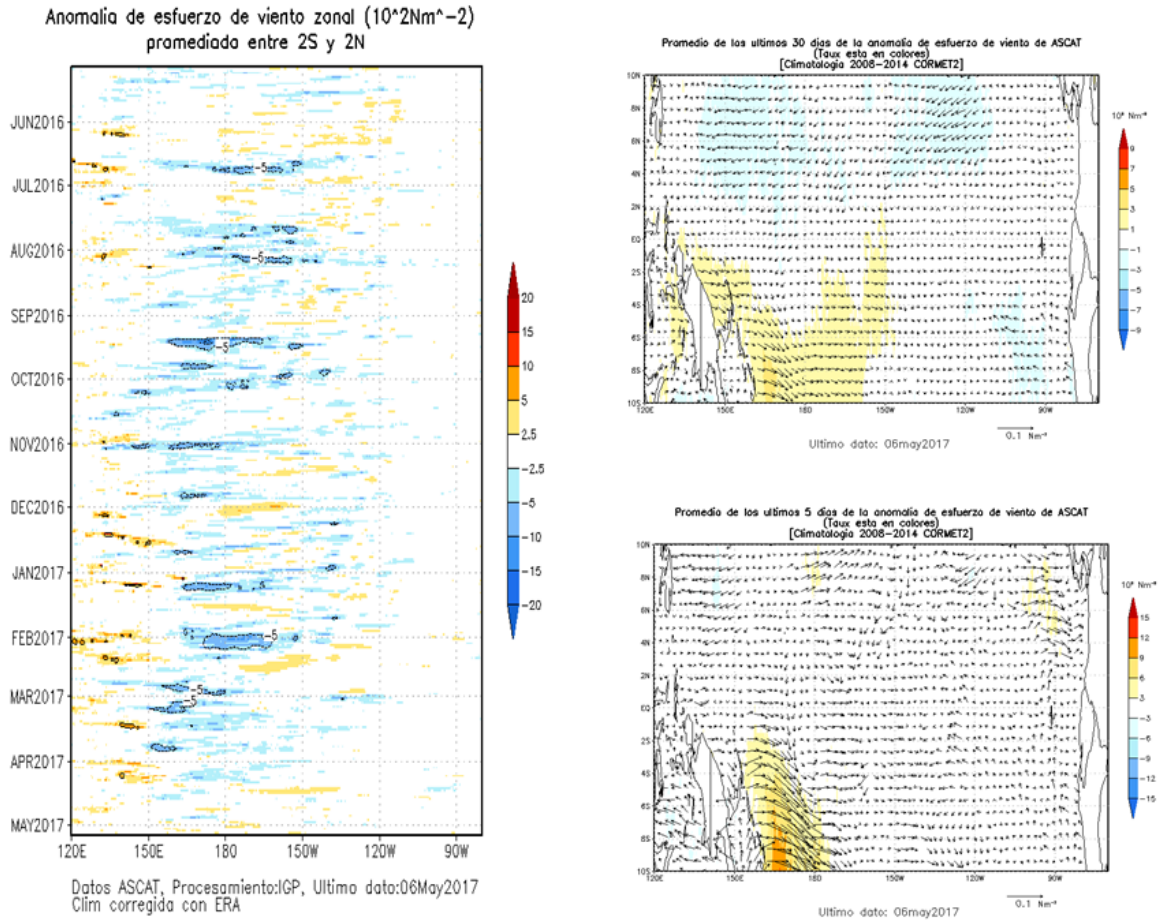


Figura 10. Izquierda: Diagrama longitud-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT. Derecha (superior): Mapa del promedio de 30 días. Derecha (inferior): Mapa del promedio de 5 días, hasta el 06 de mayo de 2017, incluyendo los vectores de esfuerzo zonal. (Elaboración: IGP)

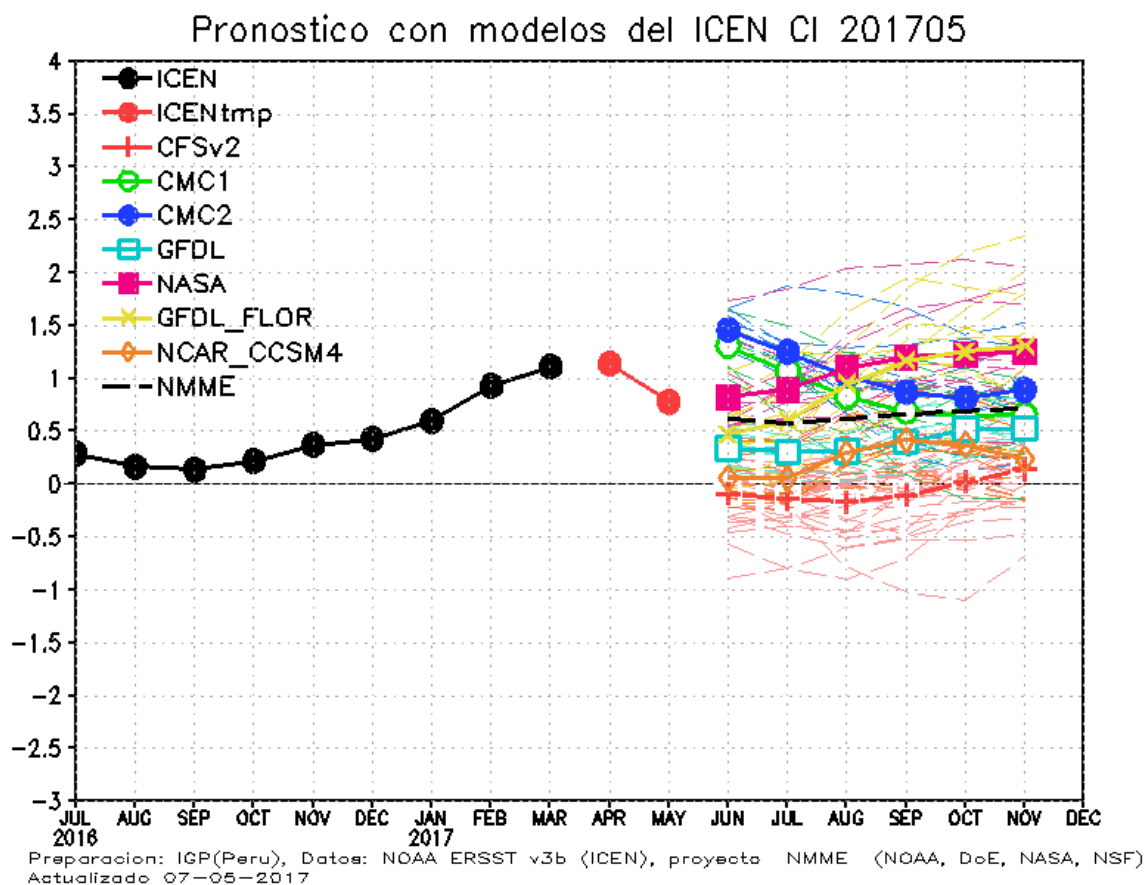
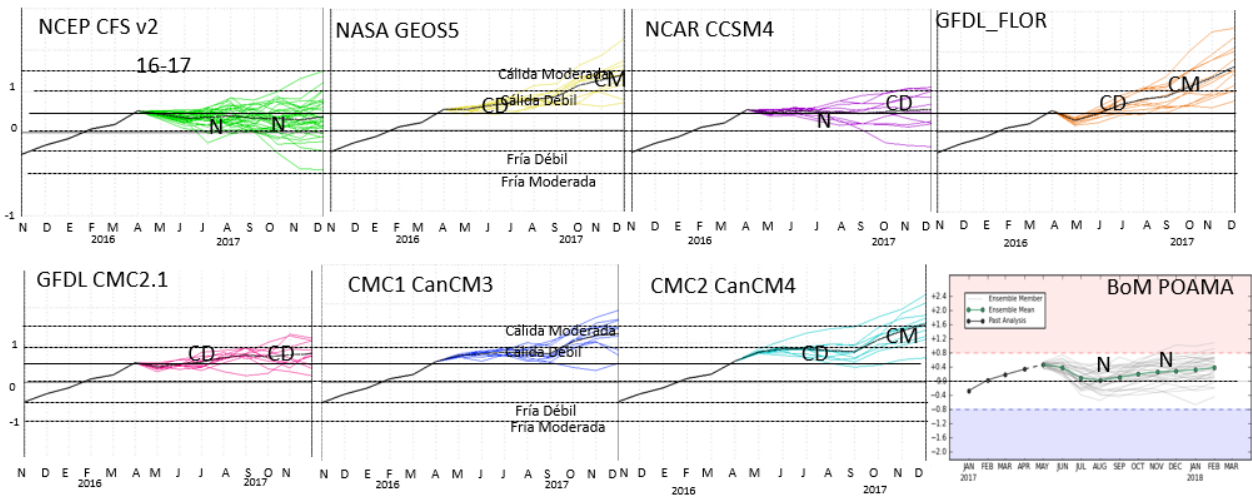


Figura 11. Índice Costero El Niño (ICEN, negro con círculos llenos) y su valor temporal (ICENtmp, rojo con círculo lleno). Además, pronósticos numéricos del ICEN (media móvil de 3 meses de las anomalías pronosticadas de TSM en Niño 1+2) por diferentes modelos climáticos. Los pronósticos de los modelos CFSv2, CMC1, CMC2, GFDL, NASA, GFDL_FLOR y NCAR_CCSM4 tienen como condición inicial el mes de mayo de 2017. (Fuente: IGP, NOAA, proyecto NMME).

Condiciones Iniciales de Mayo 2017



Condiciones Iniciales de Abril 2017

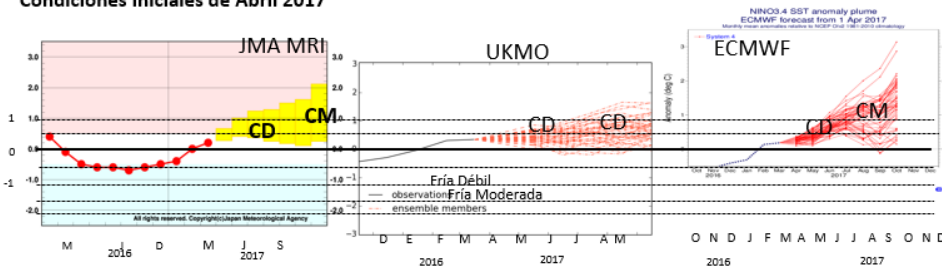


Figura 12. Índice Niño 3.4 mensual observado y pronosticado por los modelos de NMME y otros.

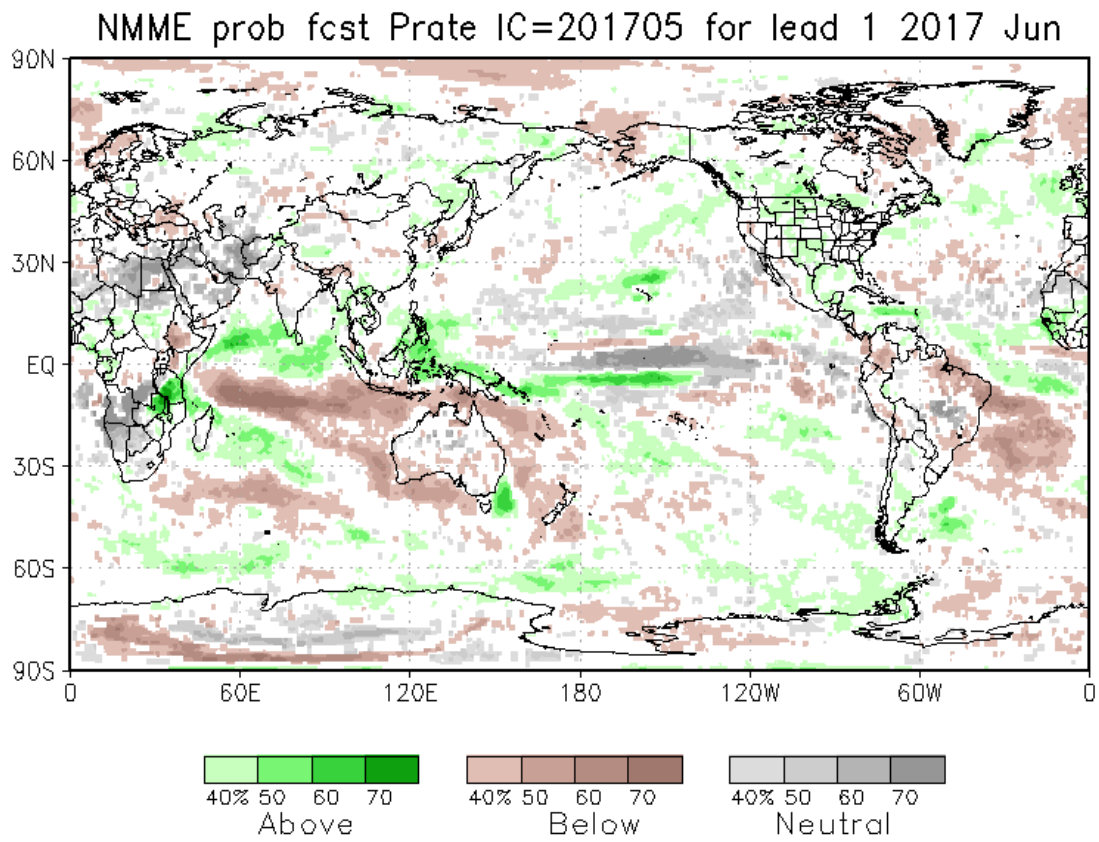


Figura 13. Pronósticos probabilístico de precipitación para junio 2017 por modelos de NMME inicializados en mayo 2017. (Fuente: NOAA).

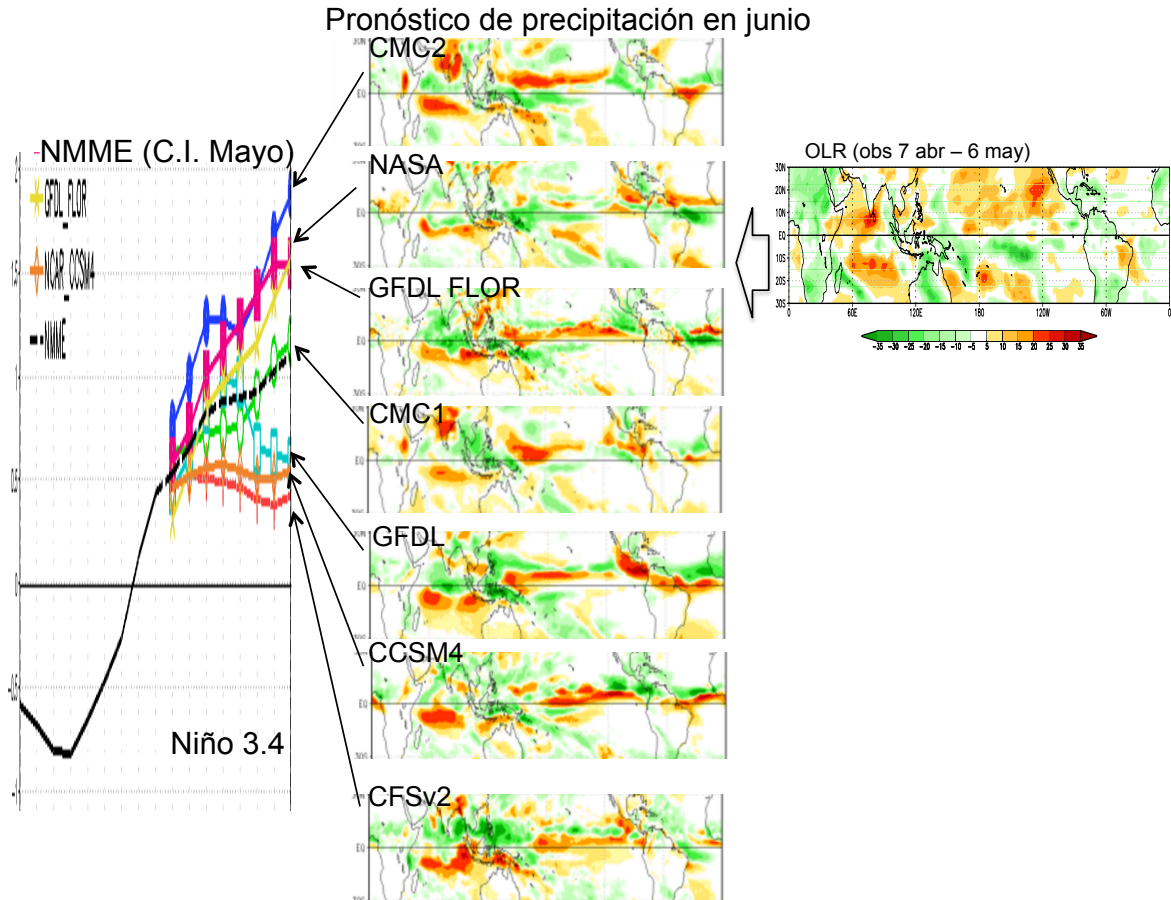


Figura 14. Pronósticos de precipitación para junio 2017 de los modelos NMME inicializados en mayo, ordenados aproximadamente según la magnitud de la anomalía de Niño 3.4 pronosticada para diciembre 2017. A la derecha se muestra la anomalía de radiación de onda larga reciente (7 de abril-6 de mayo) y la flecha gruesa indica aproximadamente su coincidencia con los pronósticos para junio.

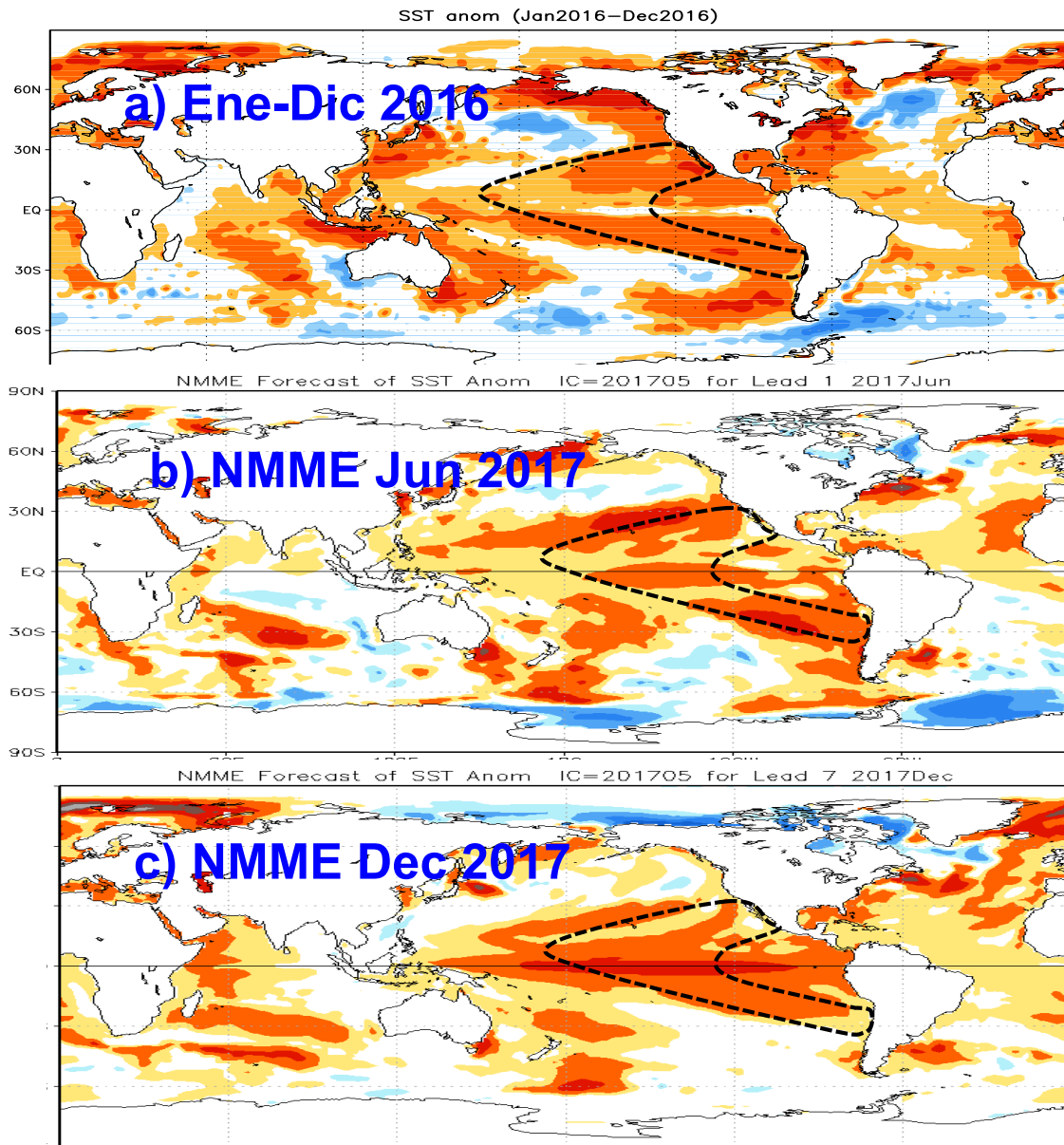


Figura 15. a) Anomalia de TSM promedio observada para enero-diciembre 2016, así como pronósticos para b) junio y c) diciembre de 2017 promedio entre los modelos NMME inicializados en mayo. La línea punteada es referencial.