

El Boletín Oceanográfico es una contribución del Departamento de Geofísica y del Instituto Milenio de Oceanografía, Universidad de Concepción

Editores

Aldo Montecinos, Oscar Pizarro y Carlos Conejero

6 de noviembre de 2015

Resumen Ejecutivo

Se mantiene el desarrollo del evento El Niño 2015-16 a largo del Pacífico ecuatorial, no mostrando señales de debilitamiento. Sin embargo, hacia fines de octubre de 2015 aún no se observan anomalías positivas intensas de la temperatura superficial del mar (TSM) a lo largo de las costas de Ecuador, Perú y Chile. Se podría esperar la llegada de un nuevo pulso de calentamiento hacia las costas de Perú y Chile entre diciembre de 2015 y enero de 2016. Este pulso se debería a la propagación de anomalías positivas de temperatura asociadas a una profundización de la termoclina ecuatorial, gatilladas durante octubre. Si bien el proceso de retroalimentación positiva entre las anomalías del viento ecuatorial (o vientos alisios) y las anomalías de TSM en el Pacífico ecuatorial central es comparable a lo observado durante los eventos El Niño extraordinarios de 1982-83 y 1997-98, el contenido de calor acumulado en el proceso de recarga ha finalizado y se espera que las anomalías de TSM en el Pacífico ecuatorial central crezcan durante los próximos meses. Por otra parte, el “índice E” hacia octubre de 2015, que muestra la evolución de eventos El Niño extraordinarios, se mantiene en valores cercanos a lo observado en el evento El Niño de 1972-73. Es importante destacar que este evento no fue extraordinario. Disminuye así la probabilidad que el actual evento El Niño sea comparable con los eventos de 1982-83 y 1997-98.

NOTA: Se invita a todas las instituciones e investigadores que deseen cooperar con información relevante sobre el desarrollo de las anomalías oceanográficas y meteorológicas en nuestras costas, envíen su contribución a boc@dgeo.udec.cl.

IMPORTANTE: Para una visión de experto sobre el desarrollo del presente evento revisar el análisis hecho por Ken Takahashi, Instituto Geofísico del Perú, en climate.gov de la NOAA-USA, escrito el 24 de agosto de 2015: <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/one-forecaster%E2%80%99s-view-extreme-el-ni%C3%B1o-eastern-pacific>

El Boletín Oceanográfico (BOC) es auspiciado por el Centro de Investigación Aplicada del Mar (CIAM), Chile

Pacífico Ecuatorial

En las siguientes secciones se analiza la evolución del sistema acoplado océano-atmósfera en el Pacífico tropical con énfasis en el crecimiento de las anomalías de TSM, profundidad de la termoclina ecuatorial y vientos superficiales, incluyendo para algunas variables la región frente a Chile.

Temperatura Superficial del Mar y Viento Zonal

La Temperatura Superficial del Mar en la banda ecuatorial (2°N - 2°S) presenta un calentamiento en el Pacífico Occidental (140°E - 160°W) desde abril hasta octubre del presente año, lo cual es notorio en la evolución hacia el este que ha tenido de manera sostenida la isoterma de 29°C (Figura 1, panel izquierdo). Por otro lado, la isoterma de 27°C se mantiene desde julio en torno a 120°W . Es importante destacar que esta isoterma se asocia con la ocurrencia de fuertes lluvias convectivas en las costas de Ecuador y norte de Perú durante los veranos de años El Niño extraordinario (1982-83 y 1997-98). Al oeste de 160°E se observa una disminución de la TSM en los últimos meses, lo que ha permitido el desplazamiento de la convección profunda hacia el Pacífico central, típico de un evento El Niño. En la evolución del viento zonal, es notable la presencia de vientos del oeste, del orden de 4 m/s , al oeste de 160°W desde mediados de septiembre (Figura 1, panel derecho). Además, los vientos alisios desde la costa hasta 160°W se mantienen debilitados desde Abril, con valores que no superan los 4 m/s .

Five-Day SST and Zonal Wind 2°S to 2°N Average

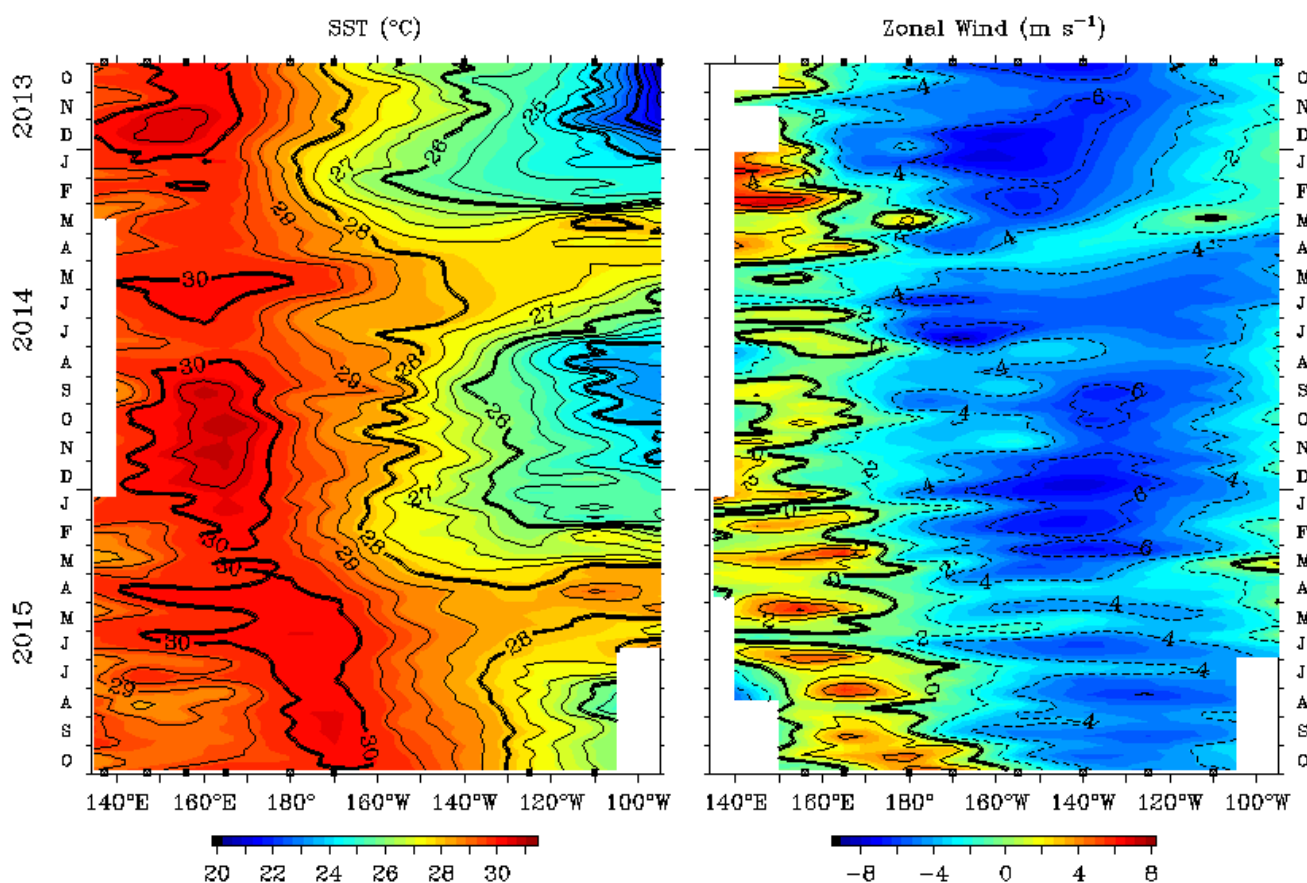


Figura 1. Promedios cada 5 días (pentadas) de la evolución longitud-tiempo del valor absoluto de la temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$, panel izquierdo) y del viento zonal (m/s , panel derecho), entre 2°N - 2°S , desde octubre de 2013 a octubre de 2015. Fuente: TAO/TRITON.

Anomalías de la TSM y Contenido de calor

Las anomalías de TSM durante los últimos meses, en la banda ecuatorial (2°N - 2°S), muestran un calentamiento desde la costa Oriental hacia el Oeste a partir de mayo, con desviaciones de hasta 3°C sobre el promedio al este de 140°W (Figura 2, panel izquierdo). Se aprecia muy bien que el contraste de TSM este-oeste se ha debilitado, con anomalías positivas (negativas) en el sector oriental (occidental) del Pacífico ecuatorial. Este mismo contraste se observa en las anomalías del contenido de calor para el Pacífico ecuatorial (primeros 300 m de profundidad), habiendo aumentado la diferencia desde agosto (Figura 2, panel derecho). También se pueden notar diversas propagaciones de anomalías positivas de oeste a este, que son manifestaciones de la propagación de ondas de Kelvin de subsidencia gatilladas en el oeste por ráfagas de viento del oeste (Figura 1, panel derecho).

Five-Day SST and Heat Content 2°S to 2°N Average

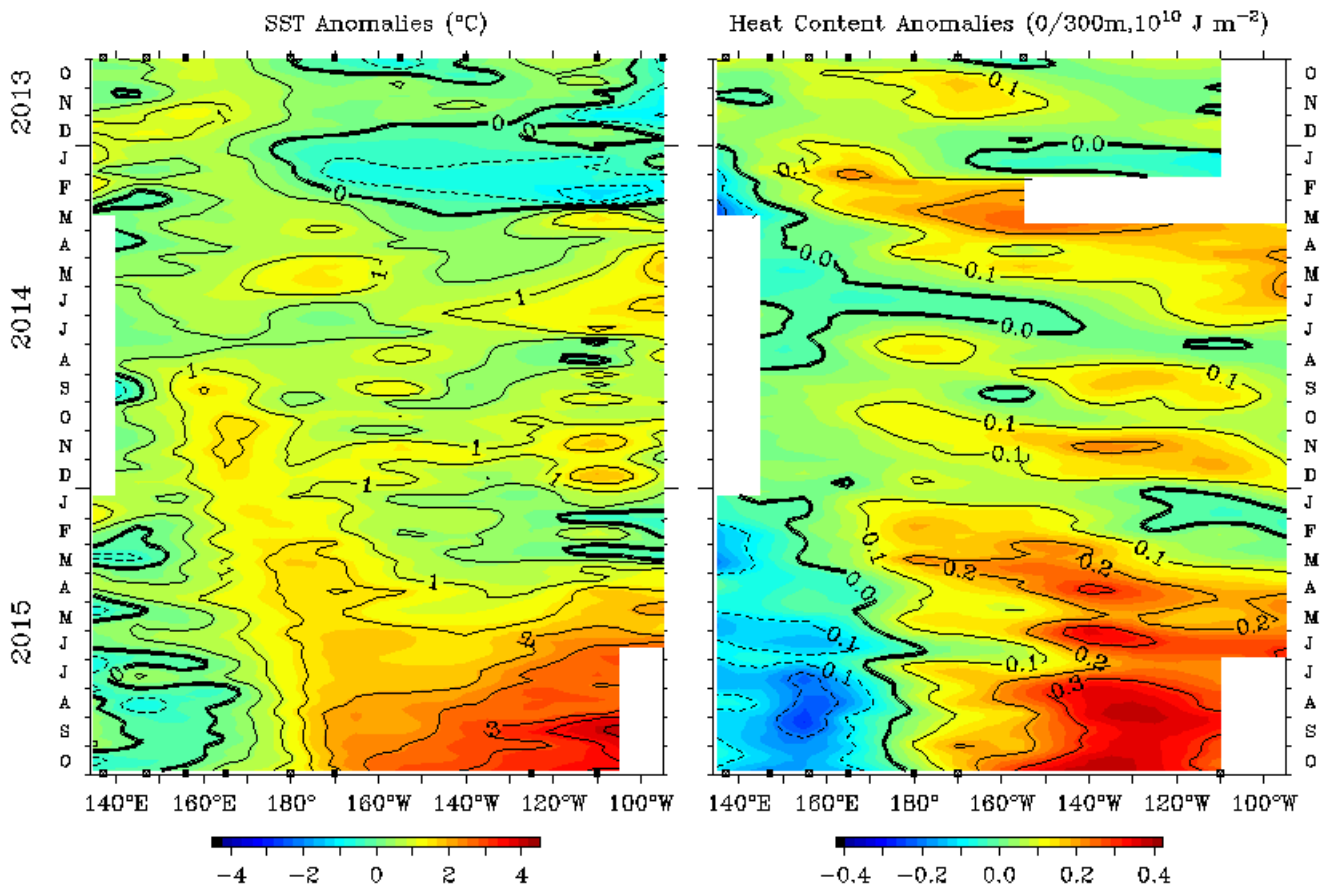


Figura 2. Promedios cada 5 días (pentadas) de la evolución longitud-tiempo de las anomalías de la temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$, panel izquierdo) y del contenido de calor (J/m^2 , panel derecho), entre 2°N - 2°S , desde octubre de 2013 a octubre de 2015. Fuente: TAO/TRITON.

Anomalías del Viento Zonal y Profundidad de la isoterma de 20°C

En comparación con el desarrollo de las anomalías del viento zonal y de la profundidad de la isoterma de 20°C que se observó durante 2014 (el año del evento El Niño “abortado”), durante el segundo semestre de 2015 se observa una creciente expansión de las anomalías positivas de ambas variables hacia el Pacífico central y oriental (Figura 3). En el campo de anomalías se observa mucho mejor la

correspondencia entre la aparición de anomalías positivas o del oeste del viento zonal y el inicio de la profundización de la termoclina (o isoterma de 20°C) debido a la convergencia anómala del transporte Ekman hacia la línea ecuatorial. Es importante notar que hacia fines de octubre, la aparición de anomalías del viento del oeste del orden de 4 m/s en torno a 150°W, se asocia con la aparición de anomalías de la profundidad de la termoclina de 20°C en la misma longitud. Esto también se puede observar en las anomalías del contenido de calor como una extensión de desviaciones más intensas hacia 150°W hacia fines de octubre (Figura 2, panel derecho). Lamentablemente las boyas en el sector oriental del arreglo de boyas TAO/TRITON, en 95°W, se han mantenido fuera de servicio desde julio pasado. Con esto, se dificulta establecer el arribo de las ondas de Kelvin de subsidencia gatilladas a fines de julio y comienzos de agosto de 2015. Al hacer una simple proyección de la propagación, se esperaría que estas ondas hayan llegado entre septiembre y octubre al sector oriental. Del mismo modo, se espera que la nueva onda de Kelvin de subsidencia podría llegar entre diciembre de 2015 y enero de 2016 a las costas de Perú y norte de Chile.

Five-Day Zonal Wind and 20°C Isotherm Depth 2°S to 2°N Average

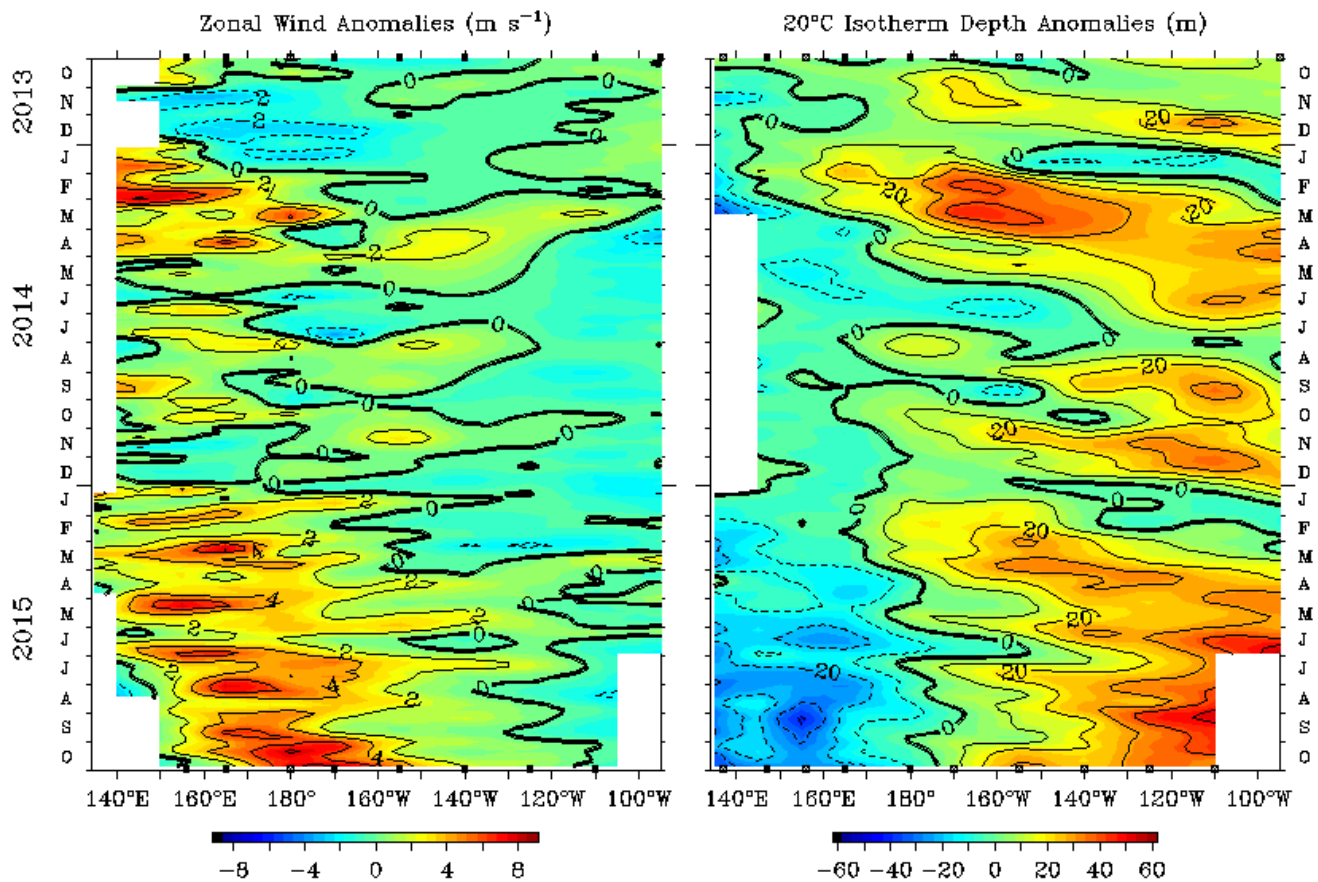


Figura 3. Promedios cada 5 días (pentadas) de la evolución longitud-tiempo de las anomalías del viento zonal (m/s, panel izquierdo) y la profundidad de la isoterma de 20°C (m, panel derecho), entre 2°N-2°S, desde octubre de 2013 a octubre de 2015. Fuente: TAO/TRITON.

Nubosidad Convectiva

La evolución temporal de las anomalías de la radiación de onda larga emergente (OLR, por su sigla en inglés) se puede interpretar como la presencia (anomalías negativas de OLR) o ausencia (anomalías positivas de OLR) de convección profunda en la zona ecuatorial (Figura 4). Típicamente, se observa

mucha variabilidad intraestacional (de 1 a 3 meses) asociada a las ondas de Madden-Julian. A partir de mayo de 2015, se observan anomalías negativas en todo el Pacífico ecuatorial central, incluso oriental, aunque ciertamente las anomalías mayores se han registrado en torno a la línea de cambio de fecha (180°). El último evento intenso de convección profunda se registró durante la segunda semana de octubre.

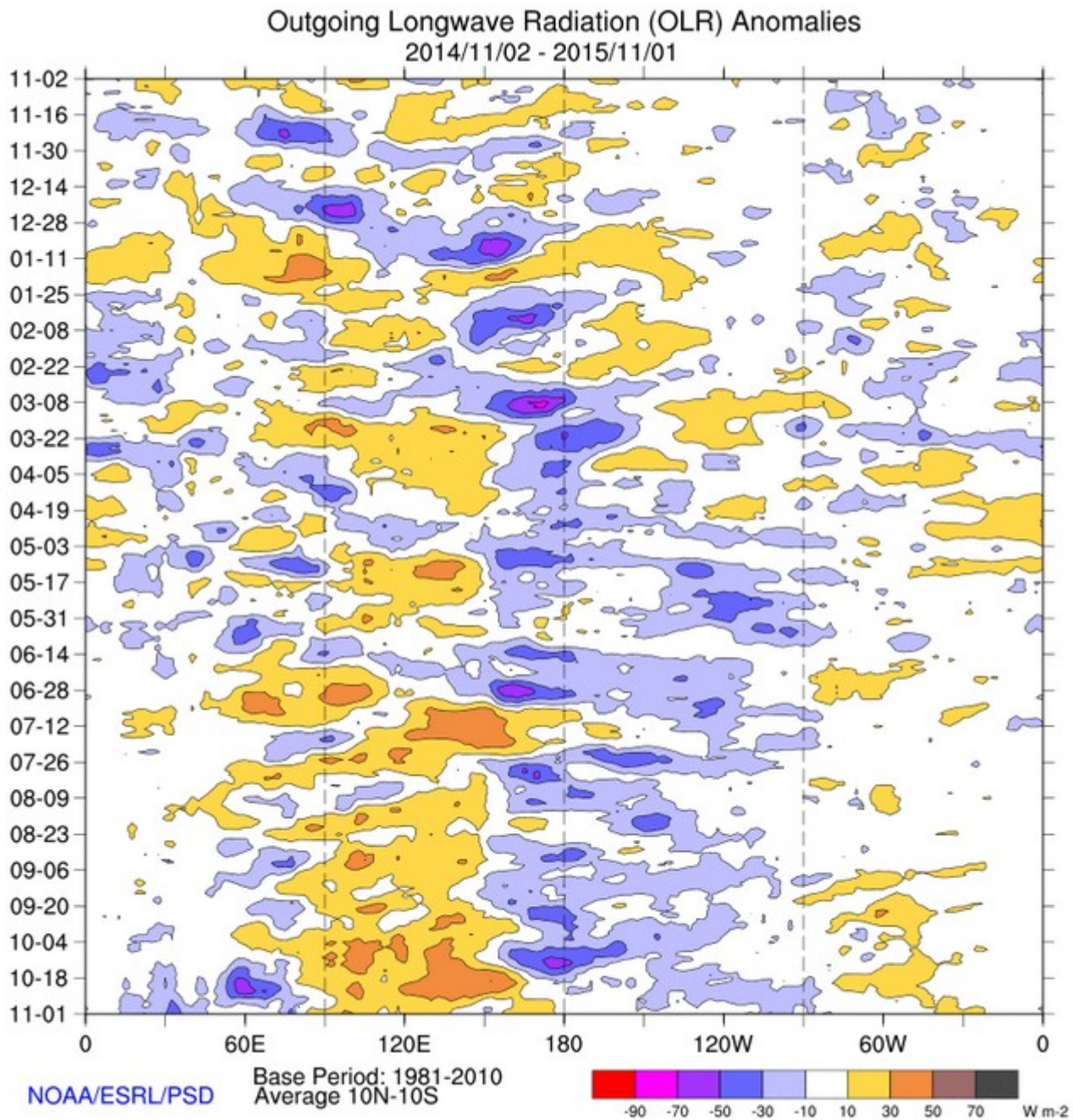


Figura 4. Evolución longitud-tiempo de las anomalías de radiación de onda larga emergente (W/m²) para toda la banda ecuatorial entre 10°N-10°S, entre el 2 de noviembre de 2014 y el 1 de noviembre de 2015. Fuente: NOAA/ESRL/PSD.

Cuenca del Pacífico (TSM-OLR-Vientos)

Durante los últimos 3 meses, desde agosto a octubre, se aprecia una intensificación de las anomalías de TSM en el Pacífico ecuatorial oriental y central, con desviaciones mayores a 2,5°C que muestran el

desarrollo de un evento El Niño (Figura 5). Además, el debilitamiento de los vientos alisios en el Pacífico occidental y central, sumado a la intensa nubosidad convectiva en el Pacífico central, fortalecen el desarrollo de este evento, que comienza su fase madura. Hasta el momento, no se observan anomalías superiores a 1°C en la región costera de Chile, en tanto que las anomalías del viento en 925 hPa (dentro de la capa límite marina en el Pacífico suroriental), muestran claramente anomalías ciclónicas en septiembre y octubre de 2015.

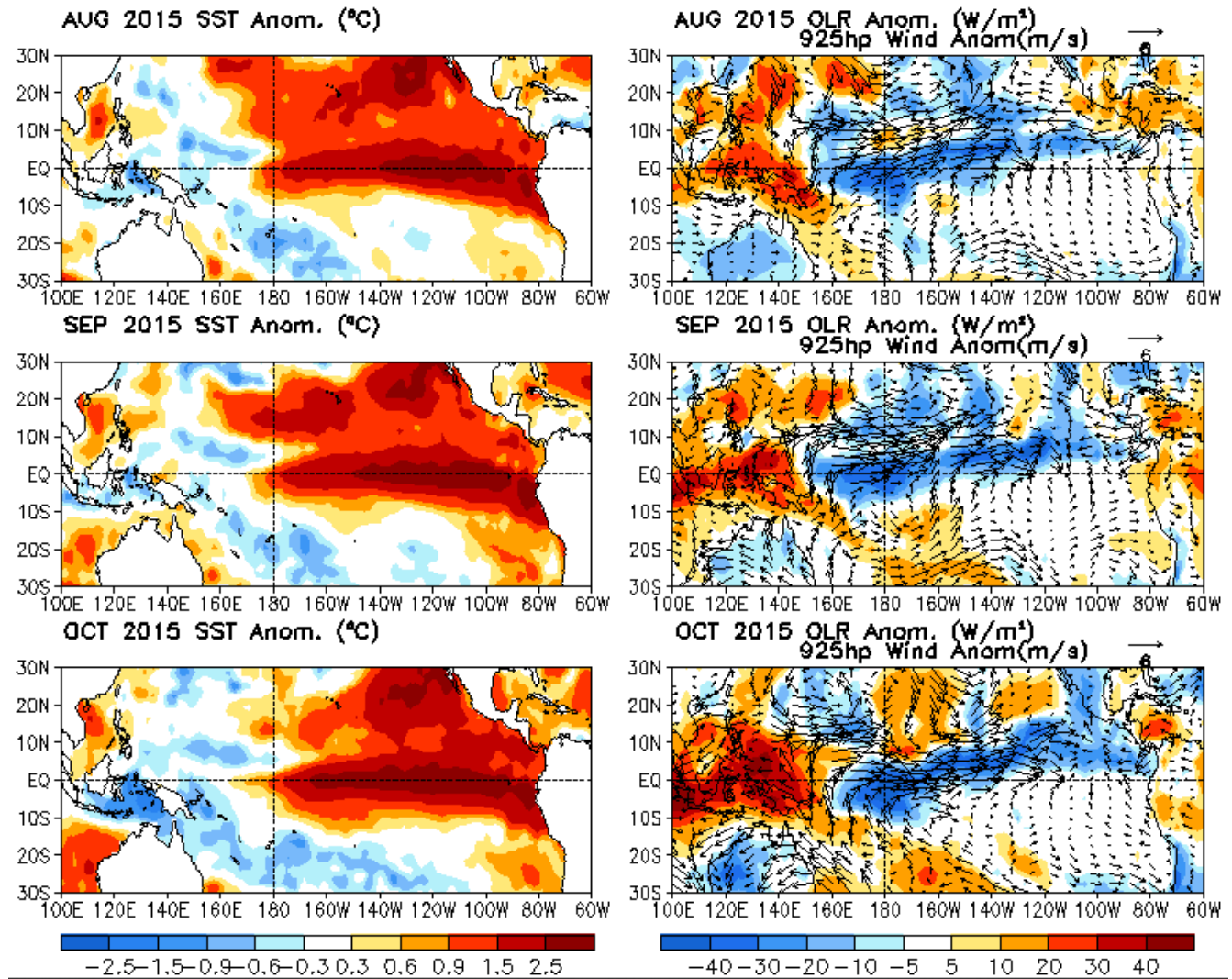


Figura 5. Evolución de los últimos 3 meses de las anomalías de temperatura superficial del mar (°C, colores panel izquierdo), radiación de onda larga emergente (W/m², colores panel derecho) y viento a 925 hPa (m/s, vectores panel derecho). Agosto (panel superior), septiembre (panel medio), octubre de 2015 (panel inferior). Fuente: CPC-NCEP-GODAS.

Evolución del fenómeno El Niño

En esta sección se discute la evolución de El Niño en base a diagramas de dispersión de diferentes índices ecuatoriales, que bajo distintas consideraciones dinámicas permiten analizar la evolución temporal del presente evento en comparación con los eventos extraordinarios que ocurrieron a fines del siglo pasado (1982-83, 1997-98). Cuando es posible, se agrega a esta comparación el evento 1972-73, el cual no alcanzó a tener un desarrollo similar a los extraordinarios, pese a su rápida evolución inicial.

Mecanismo de Bjerknes, IOS v/ TSM Niño 3.4

La relación entre el gradiente zonal de presión en superficie (diferencia de presión entre el Pacífico oriental y el Pacífico occidental) y el gradiente zonal de la TSM, ambos a lo largo del Pacífico tropical, es la base del proceso de retroalimentación positiva que explica el crecimiento de las anomalías positivas (negativas) de la TSM en el Pacífico ecuatorial central-oriental, en relación con el debilitamiento (intensificación) de los vientos alisios durante eventos El Niño (La Niña). Este mecanismo propuesto por Bjerknes (1969), permite diagnosticar la respuesta de gran escala de los vientos alisios al calentamiento anómalo en el Pacífico central y oriental, respuesta que no se observó en el evento El Niño abortado durante 2014.

En el diagrama de dispersión de la Figura 6 se muestra la relación, mes a mes, de las anomalías de un índice ecuatorial de presión que representa las fluctuaciones de los vientos alisios (IOS ecuatorial), con las anomalías de la TSM en la región ecuatorial central o región Niño 3.4. Hasta octubre de 2015, el actual evento presenta un debilitamiento intenso del IOS ecuatorial similar al observado durante los eventos extraordinarios. En cuanto a las anomalías de TSM en la región Niño 3.4 se observa que ya ha superado en 2°C los valores climatológicos. Es interesante que la evolución del presente evento presenta similitudes hasta el momento con el evento de 1972-73. Durante este evento (2015), las anomalías del IOS ecuatorial no disminuyeron de los niveles alcanzados en la primavera de 1972, mientras que durante los eventos extraordinarios de 1982-83 y 1997-98 sí se observó un aumento de las anomalías negativas. No se puede descartar a partir de este análisis que el evento pueda continuar su crecimiento hasta alcanzar niveles de un El Niño extraordinario.

Modelo de recarga-descarga, Volumen del Contenido de Calor v/s TSM región 3

Un modelo conceptual que permite explicar las fases de decaimiento de los eventos El Niño y La Niña, fue propuesta por Jin (1997). En su modelo de recarga-descarga, los eventos El Niño (La Niña) son el resultado de la ganancia (pérdida) de calor en la capa de mezcla del Pacífico ecuatorial. El proceso de recarga (descarga), a partir de convergencia (divergencia) anómala de agua hacia (desde) el Pacífico ecuatorial, sería el responsable de terminar un evento La Niña (El Niño), preparando las condiciones para la aparición de un evento El Niño (La Niña). De esta manera, las anomalías del volumen del contenido de calor, o profundidad promedio de la termoclina ecuatorial, presentan una relación de cuadratura con las anomalías de la TSM en el Pacífico ecuatorial central. Esta dispersión se muestra en la Figura 7. El proceso de recarga más intenso se observó durante el evento El Niño extraordinario de 1997-98 (intensas anomalías positivas del volumen del contenido de calor). El evento actual es similar, en este sentido, al evento de 1982-83, observándose claramente que no ha seguido aumentando desde hace algunos meses. Es interesante destacar que el proceso de descarga ocurrió en los veranos de 1983 y 1998. En ambos eventos extraordinario, el aumento de las anomalías positivas de TSM se registraron hasta diciembre de 1982 y noviembre de 1997 en la región Niño 3. También es importante notar que los procesos de descarga fueron tan intensos que provocaron la aparición de anomalías negativas de TSM en el Pacífico ecuatorial central en 1984 y 1998.

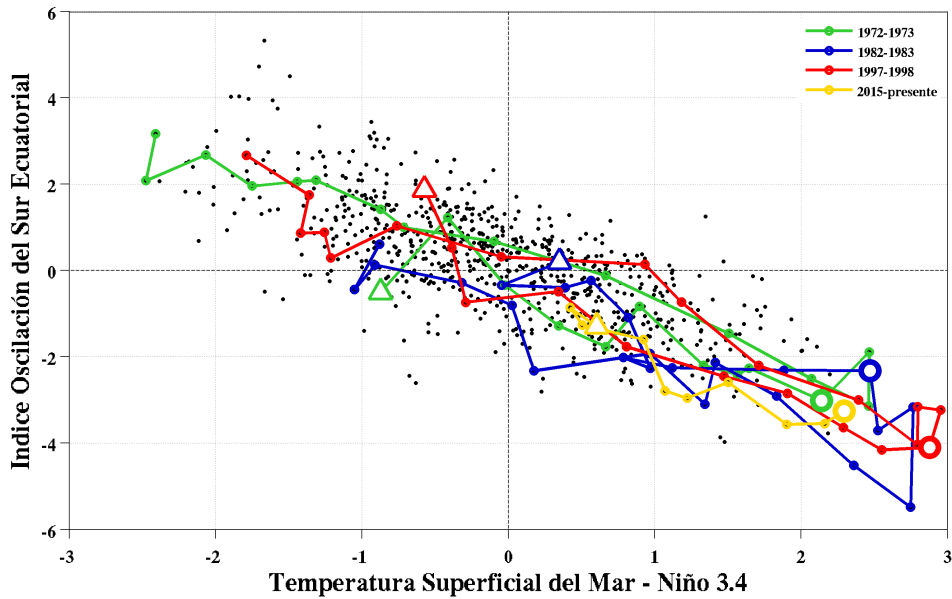


Figura 6. Diagrama de dispersión de los valores mensuales de la anomalía de la temperatura superficial del mar en la región Niño 3.4 ($5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$, $170^{\circ}\text{W}-120^{\circ}\text{W}$) y el Índice Oscilación del Sur Ecuatorial (diferencia de presión entre las regiones $[80^{\circ}\text{W} - 130^{\circ}\text{W}$, $5^{\circ}\text{N} - 5^{\circ}\text{S}]$ y $[90^{\circ}\text{E} - 140^{\circ}\text{E}$, $5^{\circ}\text{N} - 5^{\circ}\text{S}]$. Los colores representan la evolución de los eventos extraordinarios El Niño (1982-83 color azul; 1997-98 color rojo); además se incluye el evento de 1972-73 (color verde) y del presente evento 2015-16 (color amarillo). Los triángulos corresponden al comienzo de cada año (enero) y los círculos grandes corresponden al mes actual (octubre) del mismo año. Fuente de datos: IOS: NCEP-NCAR /// TSM – Niño 3.4: ERSST v.4 desde NOAA.

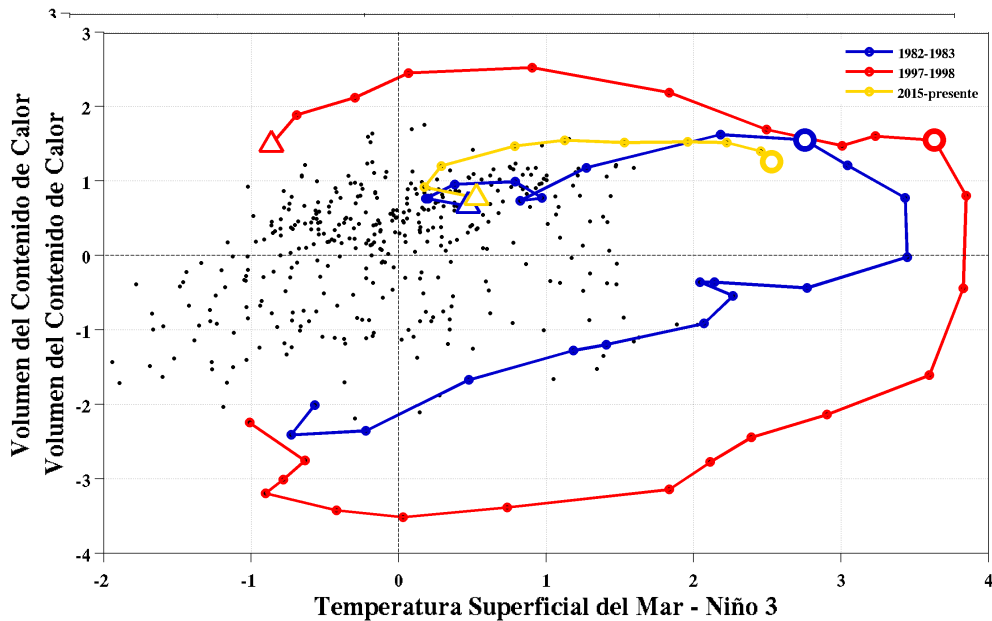


Figura 7. Diagrama de dispersión de los valores mensuales de la anomalía de la temperatura superficial del mar en la región Niño 3 y del Volumen del Contenido de Calor a lo largo del Pacífico ecuatorial. Los colores representan la evolución de los eventos extraordinarios El Niño (1982-83 color azul; 1997-98 color rojo); además se incluye el evento de 1972-73 (color verde) y del presente evento 2015-16 (color amarillo). Los triángulos corresponden al comienzo de cada año (enero) y los círculos grandes corresponden al mes actual (octubre) del mismo año. Fuente de datos: Volumen del Contenido de Calor: TAO Project Office, NOAA/PMEL /// TSM - Niño 3: ERSST v.4 desde NOAA

Eventos extraordinarios en el Pacífico oriental v/s eventos del Pacífico central

Takahashi y colaboradores (2011), mostraron que los eventos más frecuentes de El Niño y La Niña, tienen una mayor expresión del crecimiento de anomalías de TSM en el Pacífico central, mientras que solo en ciertas ocasiones los eventos El Niño se desarrollan mucho más en el Pacífico ecuatorial oriental, cerca de las costas de Sudamérica. Estos eventos son los llamados extraordinarios (1982-83 y 1997-98). Para distinguir la evolución se utilizan dos índices, C para los eventos que se desarrollan en el Pacífico central, y que son menos intensos que los extraordinarios, y E para distinguir estos últimos. La Figura 8 muestra el diagrama de dispersión de estos dos índices mensuales. En agosto de 1972 el evento El Niño había evolucionado como un evento extraordinario, pero a partir de septiembre disminuyó su evolución en el índice E, desarrollándose más en el Pacífico central (anomalías positivas del índice C). Por el contrario, los eventos extraordinarios continuaron su evolución hacia valores mayores del índice E, alcanzando máximas anomalías positivas en junio de 1984 y enero de 1998. Por ahora, hacia octubre de 2015, el evento no se ha desarrollado hacia el Pacífico oriental, pareciéndose más al evento de 1972-73, es decir, un evento El Niño intenso, pero no extraordinario.

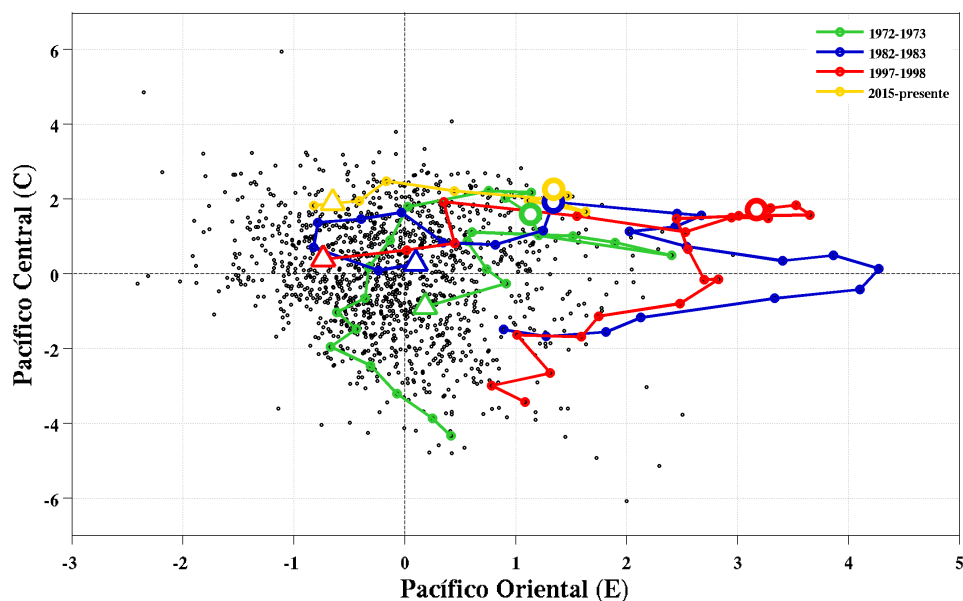


Figura 8. Diagrama de dispersión de los valores mensuales del índice E (Niño 1+2 – 0,5 Niño 4) y el índice C (1,7 Niño 4 – 0,1 Niño 1+2), basados en el trabajo de Takahashi et al., (2011). Los colores representan la evolución de los eventos extraordinarios El Niño (1982-83 color azul; 1997-98 color rojo); además se incluye el evento de 1972-73 (color verde) y del presente evento 2015-16 (color amarillo). Los triángulos corresponden al comienzo de cada año (enero) y los círculos grandes corresponden al mes actual (octubre) del mismo año. Fuente de datos: Extended Reconstructed Sea Surface Temperature version 4 (ERSST.v4)

Referencias

1. Bjerknes, J., 1969: Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Mon. Weather Rev.*, 97, 163-172.
2. Jin, F. F., 1997: An equatorial ocean recharge paradigm for ENSO. part I: Conceptual model, *J. Atmos. Sci.*, 54, 811–829.
3. Takahashi, K., A. Montecinos, K. Goubanova and B. Dewitte, 2011: ENSO regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Niño. *Geophys. Res. Lett.*, 38, L10704, doi:10.1029/2011GL047364.