
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 enero de 2016

Resumen Ejecutivo

Se mantiene el desarrollo del evento El Niño 2015-16 a largo del Pacífico ecuatorial. El proceso de descarga del contenido de calor se inició en octubre pasado, intensificándose durante diciembre de 2015. De acuerdo a las evoluciones de eventos El Niño extremos, se espera que las anomalías positivas en el Pacífico ecuatorial se mantengan en los próximos meses, disminuyendo hacia el otoño de 2016, como lo han hecho la mayoría de los eventos El Niño en el pasado. Al respecto, y debido a la mega-sequía observada en Chile central en los últimos años, es de suma importancia mantener el monitoreo del proceso de descarga y posterior desarrollo de anomalías negativas de TSM que darían inicio a un potencial evento La Niña durante el invierno de 2016. Respecto de las condiciones anómalas en el norte de Chile, se observaron calentamientos atribuibles a la profundización de la termoclina durante junio y septiembre de 2015, profundización provocada por la llegada de ondas atrapadas a la costa en la región. En este momento se observan anomalías levemente negativas, esperándose que durante enero de 2016 se vuelva a producir un leve calentamiento costero. De acuerdo a lo ocurrido en los últimos meses, el actual evento El Niño es intenso en el Pacífico ecuatorial central, pero sin las características asociadas a los eventos El Niño extraordinarios 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.

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.

Temperatura Superficial del Mar y Viento Zonal

Durante diciembre de 2015, la TSM en la banda ecuatorial (2°N - 2°S) mantuvo valores elevados de temperatura (sobre 28°C), desde 120°W hacia el oeste (Figura 1, panel izquierdo). Es importante indicar que la isoterma de 27°C se desplazó hacia el este durante diciembre. Esto último estaría relacionado con la llegada de una onda de Kelvin de subsidencia hacia el Pacífico ecuatorial oriental (detalles más adelante). Cabe destacar que este desplazamiento ocurre normalmente en marzo de cada año. Se espera que, de mantenerse este desplazamiento, se registren fuertes precipitaciones en Ecuador y el norte de Perú. Como se mencionó en el boletín de noviembre de 2015, la TSM superior a 28°C se ha mantenido desde julio al este de 130°W . Sin embargo, desde inicios de diciembre esta extensión hacia el este se detuvo y ha comenzado a desplazarse levemente hacia el oeste. Respecto al núcleo de la poza cálida (sobre 30°C), ésta se mantiene desde noviembre hasta fines de diciembre entre 180° y 160°W . Respecto del viento del oeste (Figura 1, panel derecho), se observa que la máxima extensión hacia el este de vientos del oeste se observó en octubre de 2015 (hasta 160°W), observándose en diciembre acotados al oeste de 170°W .

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

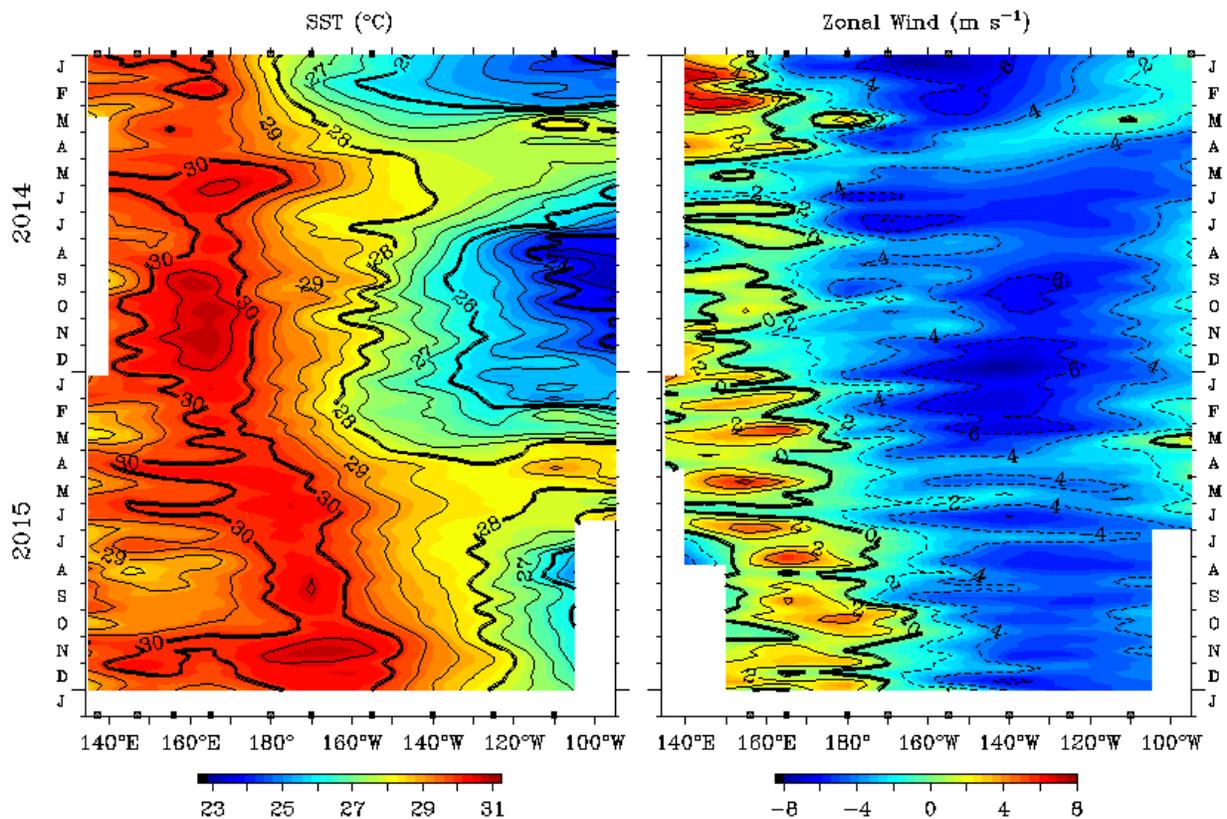


Figura 1. Promedios cada 5 días (pentadas) de la evolución longitud-tiempo del valor absoluto de la temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$, panel izquierdo) y del viento zonal (m/s , panel derecho), entre 2°N - 2°S , desde enero de 2014 a diciembre de 2015. Fuente: TAO/TRITON.

Anomalías de la TSM y Contenido de calor

Las anomalías de TSM muestran claramente que el evento El Niño actual se mantiene en el Pacífico ecuatorial central y oriental, con anomalías del orden de $3,5^{\circ}\text{C}$ especialmente al este de 140°W (Figura 2, panel izquierdo). Desde julio de 2015, las anomalías superiores a 2°C se desplazaron desde el Pacífico ecuatorial oriental al central, desde 110°W hasta 170°W en noviembre. Sin embargo, durante diciembre este desplazamiento se detuvo. Es importante destacar que en el Pacífico ecuatorial central, las anomalías de TSM están relacionadas con la advección o transporte de calor de las corrientes zonales asociadas a las ondas de Kelvin. Al parecer, la ausencia de nuevas propagaciones luego de octubre de 2015, cuando se presentó un núcleo de vientos del oeste bien extendido hacia el este (Figura 1, panel derecho), sería responsable de este comportamiento. La ausencia de nuevas propagaciones se puede observar en la evolución del contenido de calor a lo largo del Pacífico ecuatorial (Figura 2, panel derecho). También se puede observar que el contenido de calor durante diciembre, integrado a lo largo del ecuador, disminuyó respecto de los meses anteriores. Aunque no se puede observar en la figura debido a la falta de observaciones en las boyas ubicadas en 95°W , es claro que la onda de Kelvin llegó a esta longitud durante diciembre (vista como valores positivos sobre $0,2 \cdot 10^{10} \text{ J/m}^2$, en colores cálidos). Como se había mencionado en los boletines anteriores, esta propagación corresponde a una onda de Kelvin de subsidencia gatillada en octubre a 160°W .

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

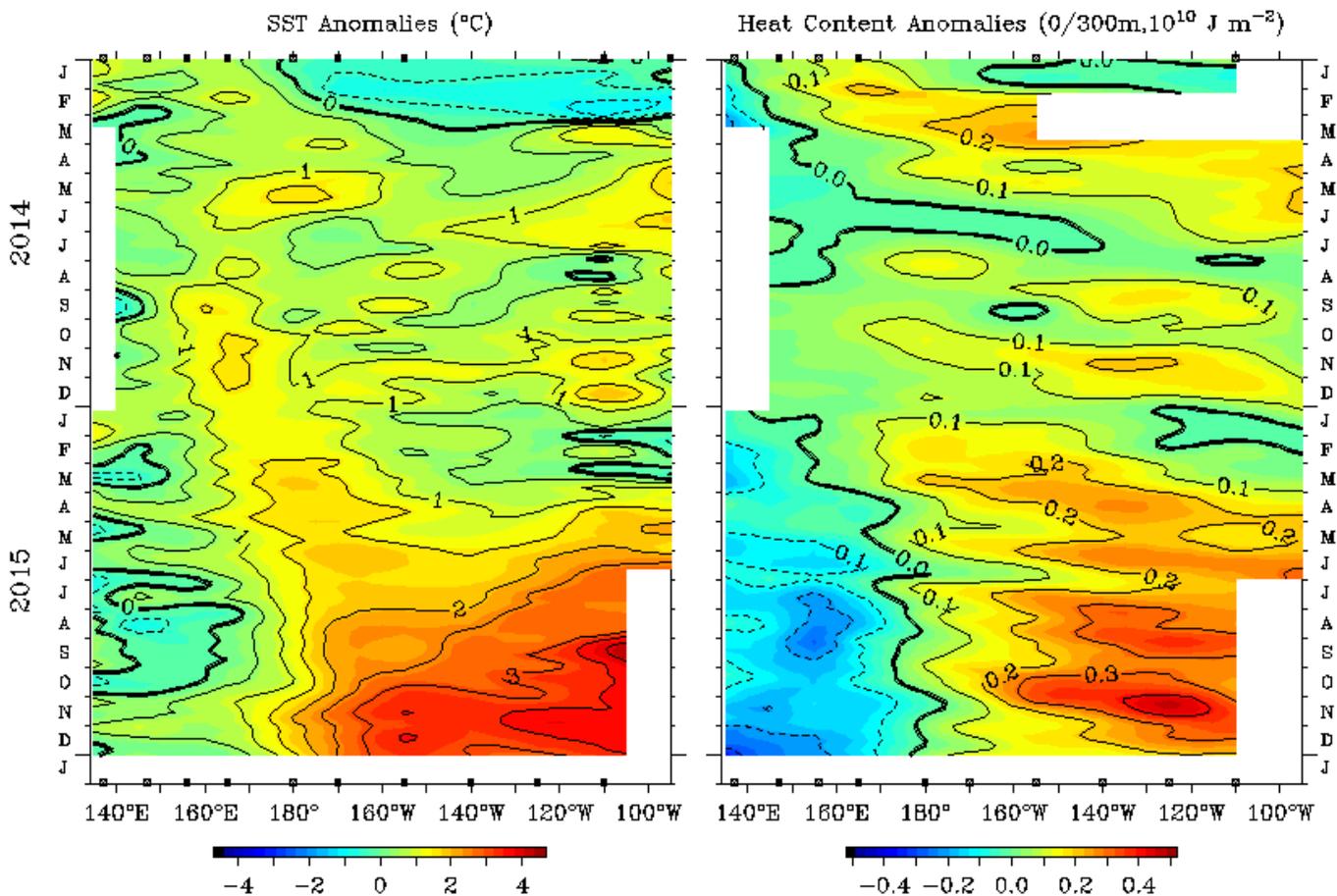


Figura 2. Promedios cada 5 días (pentadas) de la evolución longitud-tiempo de las anomalías de la temperatura superficial del mar ($^{\circ}\text{C}$, panel izquierdo) y del contenido de calor (J/m^2 , panel derecho), entre 2°N - 2°S , desde enero de 2014 a diciembre de 2015. Fuente: TAO/TRITON.

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

Las anomalías máximas del viento zonal se han mantenido en torno a la línea de cambio de fecha (180°) con valores superiores a 4 m/s (Figura 3, panel izquierdo). Sin embargo, los vientos del oeste se extienden hasta 160°W hacia finales de diciembre con valores de 4 m/s, incluso llegando hasta 140°W con valores de 2 m/s. Estos vientos anómalos que se observan a fines de diciembre podrían ser un nuevo pulso para profundizar la termoclina de 20°C en torno a 150°W, similar a lo detectado hacia fines de octubre en los boletines anteriores. Por otro lado, la propagación de la onda de Kelvin de subsidencia ocurrida a fines de octubre, mantiene su desplazamiento hacia el borde oriental durante el mes de diciembre (Figura 3, panel derecho). Como se mencionó en la sección anterior, presumiblemente esta onda de Kelvin llegó a 95°W durante diciembre, esperándose su arribo a las costas de Perú y Chile durante enero de 2016.

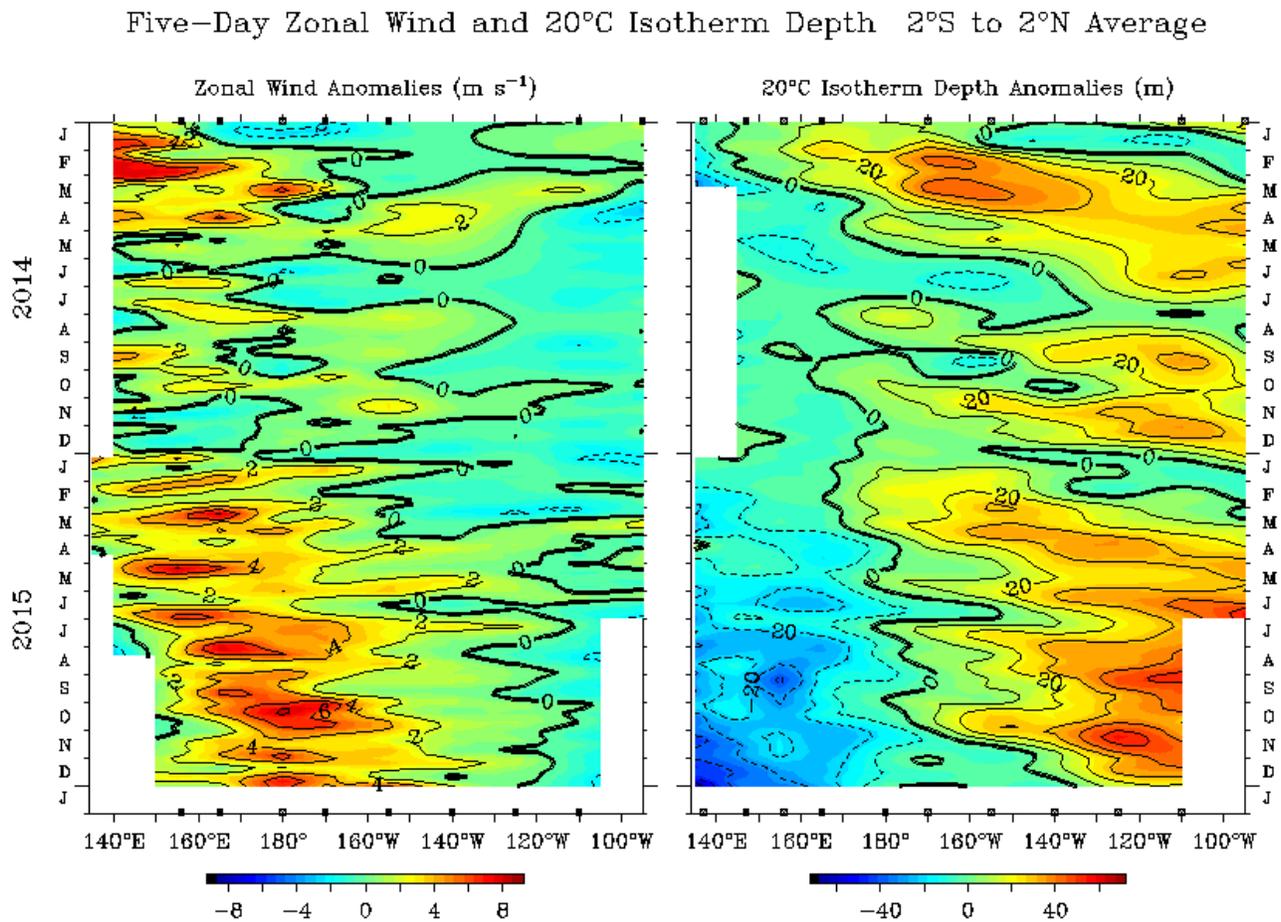


Figura 3. Promedios cada 5 días (pentadas) de la evolución longitud-tiempo de las anomalías del viento zonal (m/s, panel izquierdo) y la profundidad de la isoterma de 20°C (m, panel derecho), entre 2°N-2°S, desde enero de 2014 a diciembre de 2015. Fuente: TAO/TRITON.

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). Las anomalías negativas han mantenido su núcleo alrededor de 180° durante 2015. En comparación con los meses anteriores, la actividad convectiva (vista como valores negativos en colores fríos) se ubicó hasta 140°W durante diciembre. Su máxima anomalía negativa ocurrió durante la última semana de diciembre con valores de $\sim 70 \text{ W/m}^2$.

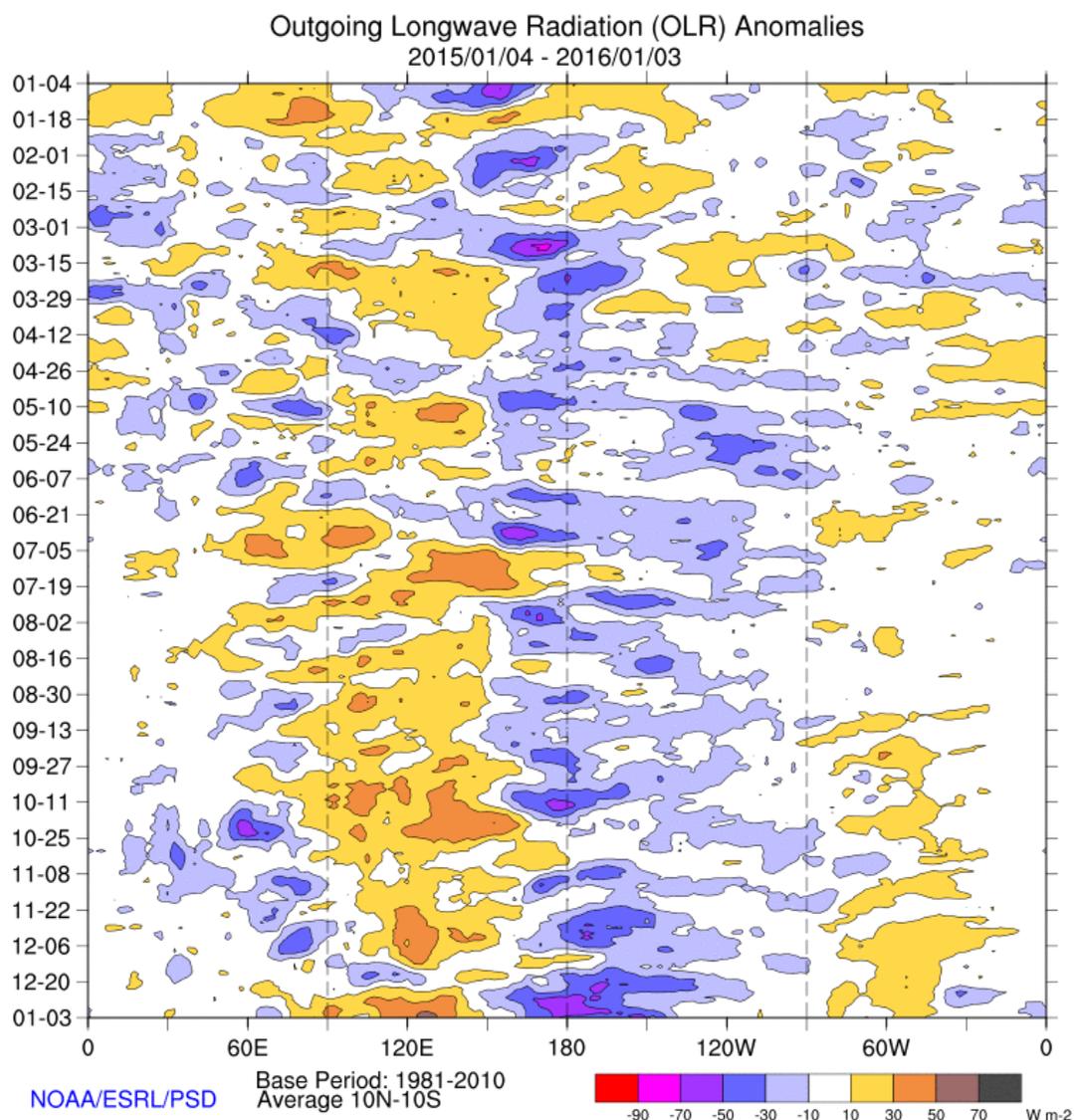


Figura 4. Evolución longitud-tiempo de las anomalías de radiación de onda larga emergente (W/m^2) para toda la banda ecuatorial entre 10°N-10°S, entre el 4 de enero de 2015 y el 3 de enero de 2016. Fuente: NOAA/ESRL/PSD.

Cuenca del Pacífico (TSM-OLR-Vientos)

Durante el mes de diciembre de 2015 se sigue desarrollando un evento El Niño, pero más en la parte central que oriental, en comparación a otros eventos extremos como los de 1982-83 y 1997-98 (ver más adelante). Las anomalías de TSM superan los 2.5°C desde la costa oriental hasta la línea de cambio de fecha (180°). Un evidente contraste se observa entre los dos hemisferios. Hacia el norte del ecuador, las anomalías de TSM son mayores a 1.5°C a lo largo de toda la costa de México y Centroamérica, incluso hasta en regiones más oceánicas, mientras que al sur de 10°S las anomalías de TSM son negativas desde 180° hacia el este en diciembre, incluyendo las costas de Chile. Este desarrollo de un evento El Niño en la región ecuatorial central se aprecia también en las anomalías negativas de OLR que se mantienen en torno a 160°E y 120°W. Como se mencionó en el boletín de noviembre, se mantiene una proyección de estas anomalías negativas de OLR alrededor de 20°S y 120°W, incluso llegando hasta 110°W, asociadas a un desplazamiento anómalo hacia el este de la Zona de Convergencia del Pacífico Sur (ZCPS). También es obvia la presencia de convección sobre las regiones que presentan anomalías positivas de TSM en el Pacífico norte.

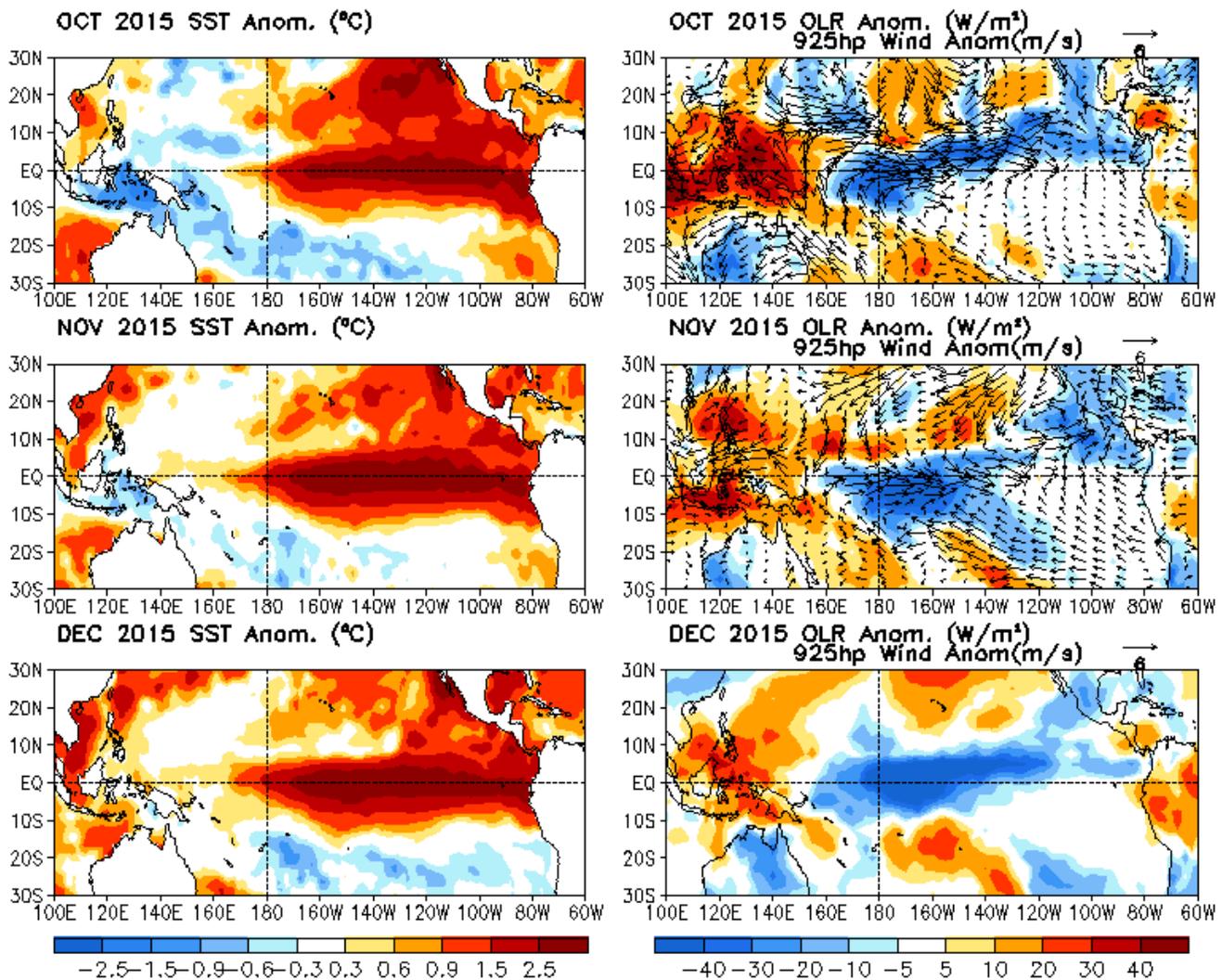


Figura 5. Evolución de los últimos 3 meses de las anomalías de temperatura superficial del mar (°C, colores panel izquierdo), radiación de onda larga emergente (W/m², colores panel derecho) y viento a 925 hPa (m/s, vectores panel derecho). Octubre (panel superior), noviembre (panel medio) y diciembre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

Condiciones a lo largo de Chile

Temperatura superficial del mar

La Figura 6 muestra la evolución mensual de las anomalías de TSM en estaciones costeras de Chile (Arica, Antofagasta, Caldera y Valparaíso), desde enero a diciembre de 2015. Las estaciones costeras del norte experimentaron calentamiento anómalo durante gran parte del año, con valores que fluctuaron desde 1°C a 2°C. Hay dos calentamientos (aumento de la TSM entre un mes y el siguiente) comunes en las estaciones del norte (entre Arica y Caldera). La primera en junio y la segunda en septiembre. Estos calentamientos corresponderían a la llegada de dos ondas atrapadas a la costa (continuación costera de la onda de Kelvin ecuatorial en Figura 3, panel derecho), que profundizan la termoclina, disminuyendo la advección de agua fría hacia la superficie por la surgencia. A partir de septiembre, se observa una disminución de la TSM o enfriamiento, que podría ser interrumpido durante enero por la llegada de la onda de Kelvin gatillada en octubre de 2015.

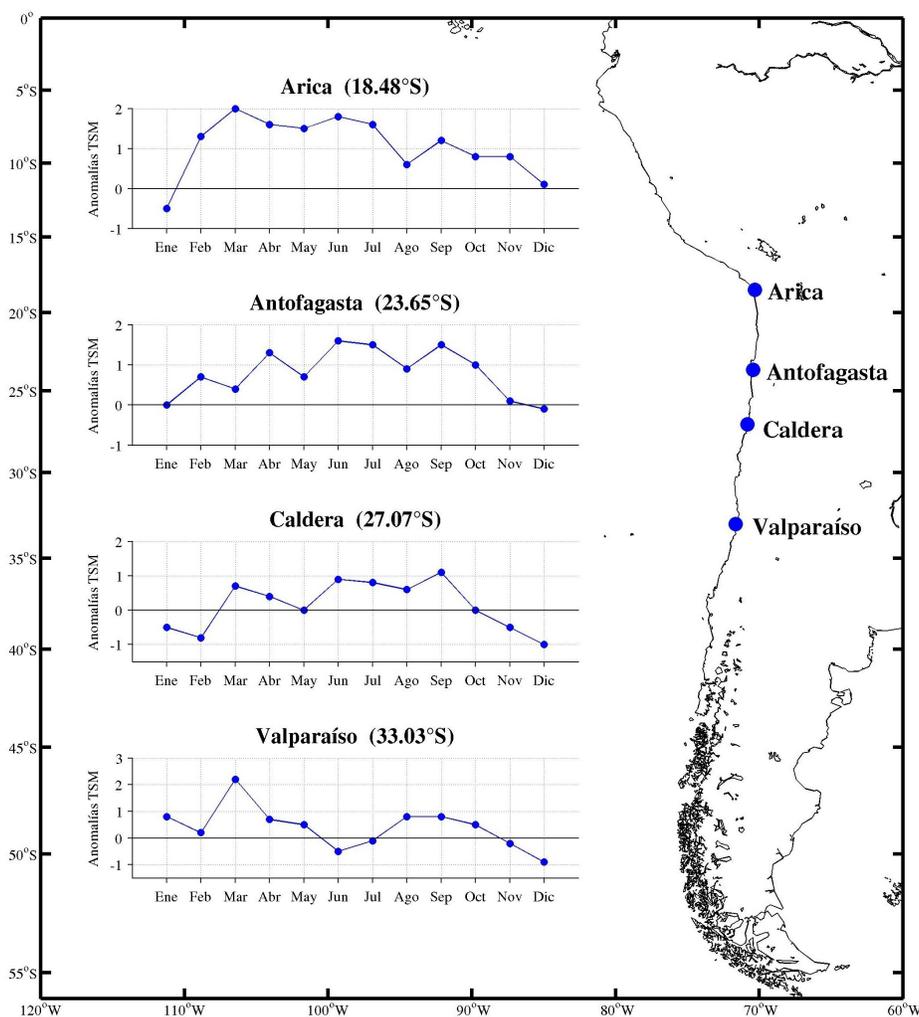


Figura 6. Anomalías de la TSM a lo largo de la costa de Chile para: Arica (18.48°S), Antofagasta (23.65°S), Caldera (27.07°S) y Valparaíso (33.03°S). Fuente de datos: Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA).

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

En el diagrama de dispersión de la Figura 7 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. El mecanismo de Bjerknes (Bjerknes, 1969) es explicado en el boletín de octubre 2015. Durante el mes de diciembre el IOS ecuatorial alcanza su máximo valor negativo, mientras que la anomalía positiva de TSM en la región 3.4 se mantiene casi igual que en el mes de noviembre, levemente inferior a 3°C. Estos valores de la TSM son muy similares a lo observado durante el evento El Niño 1997-98. Sin embargo, el debilitamiento de los alisios es mayor en la actualidad, dado que el IOS ecuatorial es más negativo que en el mes de diciembre de 1997. Es importante considerar que el abrupto aumento del debilitamiento de los alisios durante noviembre-diciembre es similar a lo ocurrido durante noviembre-diciembre de 1982, aunque levemente más intenso. Estos resultados sugieren que la evolución del evento en el Pacífico ecuatorial **central** es similar al observado durante los eventos El Niño extraordinarios de 1982-83 y 1997-98, aunque sin el desarrollo extraordinario en el sector oriental, como se verán más adelante.

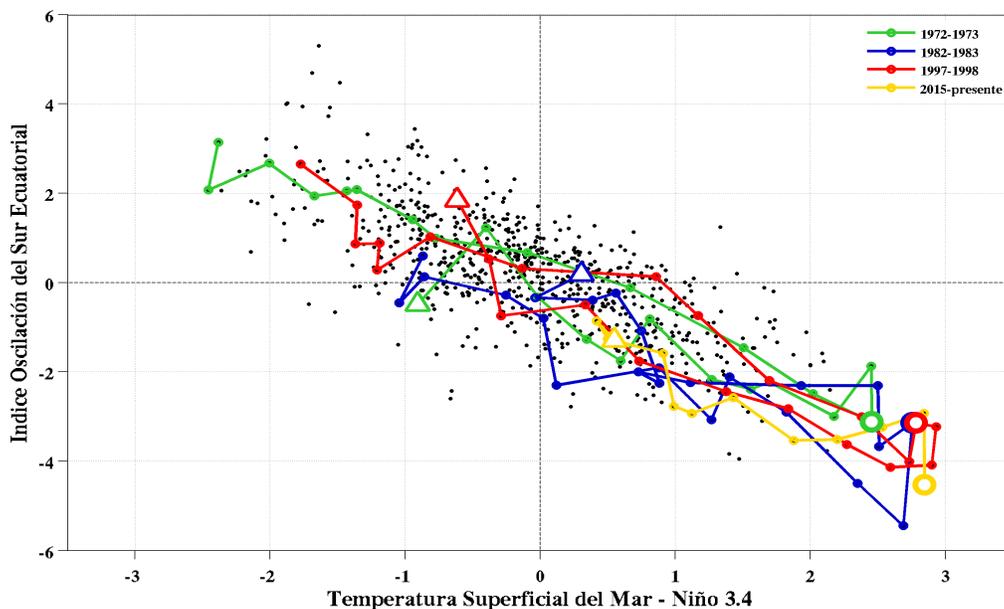


Figura 7. Diagrama de dispersión de los valores mensuales de la anomalía de la temperatura superficial del mar en la región Niño 3.4 [5°S-5°N, 170°W-120°W] y el Índice Oscilación del Sur Ecuatorial (diferencia de presión entre las regiones [80°W - 130°W, 5°N - 5°S] y [90°E - 140°E, 5°N - 5°S]). Los colores 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 (diciembre) del mismo año. Fuente de datos : IOS: NCEP-NCAR & TSM – Niño 3.4: ERSST v.4.

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

La Figura 8 muestra el diagrama de dispersión entre las anomalías del volumen del contenido de calor (eje vertical) y las anomalías de la TSM en el Pacífico ecuatorial central (eje horizontal). Detalles del modelo de recarga-descarga de Jin (1997) se presentan en el boletín de octubre de 2015. Durante diciembre de 2015 se observa una drástica caída del contenido de calor del Pacífico ecuatorial, mientras que las anomalías de TSM en la región 3 se mantuvo en 3°C. La evolución del proceso de descarga del evento actual es comparable con la evolución de los eventos El Niño extraordinarios 1982-83 y 1997-98. En estos casos, una vez iniciado el proceso de descarga, las anomalías de TSM se mantuvieron solo algunos meses, cayendo rápidamente el contenido de calor a valores negativos.

Es importante destacar que la diferencia entre las regiones Niño 3.4 (anomalía de TSM en la Figura 7) y Niño 3 (en Figura 8), es fundamentalmente la extensión hacia el este. La región 3 está más extendida hacia el este, incorporando las anomalías en la región 120°W y 90°W. Así, la mayor diferencia entre el actual evento El Niño y los eventos extraordinarios se debe a la menor tasa de anomalías positivas de TSM en el Pacífico ecuatorial oriental.

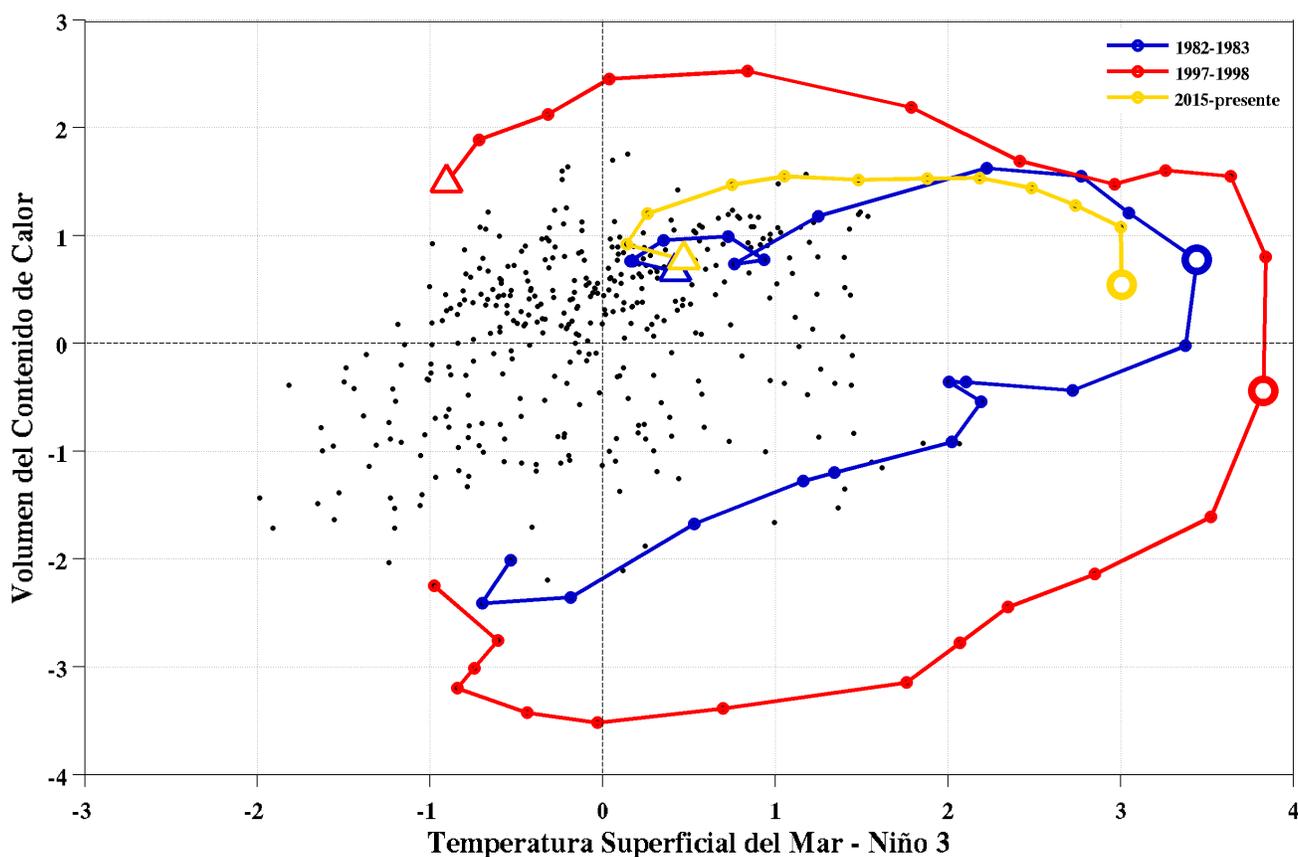


Figura 8. Diagrama de dispersión de los valores mensuales de la anomalía de la temperatura superficial del mar en la región Niño 3 (5°S-5°N, 150°W-90°W) y del Volumen del Contenido de Calor a lo largo del Pacífico ecuatorial. Los colores representan la evolución de los eventos extraordinarios El Niño (1982-83 color azul; 1997-98 color rojo) 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 (diciembre) del mismo año. Fuente de datos: Volumen del Contenido de Calor: TAO Project Office, NOAA/PMEL & TSM - Niño 3: ERSST v.4.

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

La evolución de los índices C y E, propuestos por Takahashi y colaboradores (2011), permiten analizar la evolución del actual evento El Niño, de tal manera de determinar si su desarrollo se asemeja a los eventos extraordinarios de 1982-83 y 1997-98. Mayores antecedentes se encuentran en el boletín de octubre de 2015. Para el mes de diciembre el evento actual 2015-2016 alcanza su máximo valor anómalo para el índice C, mientras que el índice E se mantiene muy debilitado (Figura 9). Como se mencionó en el boletín de noviembre, esto muestra un claro desarrollo del presente evento en el Pacífico ecuatorial central, siendo más parecido al evento moderado de 1972-73 que a los eventos extraordinarios de 1982-83 y 1997-98.

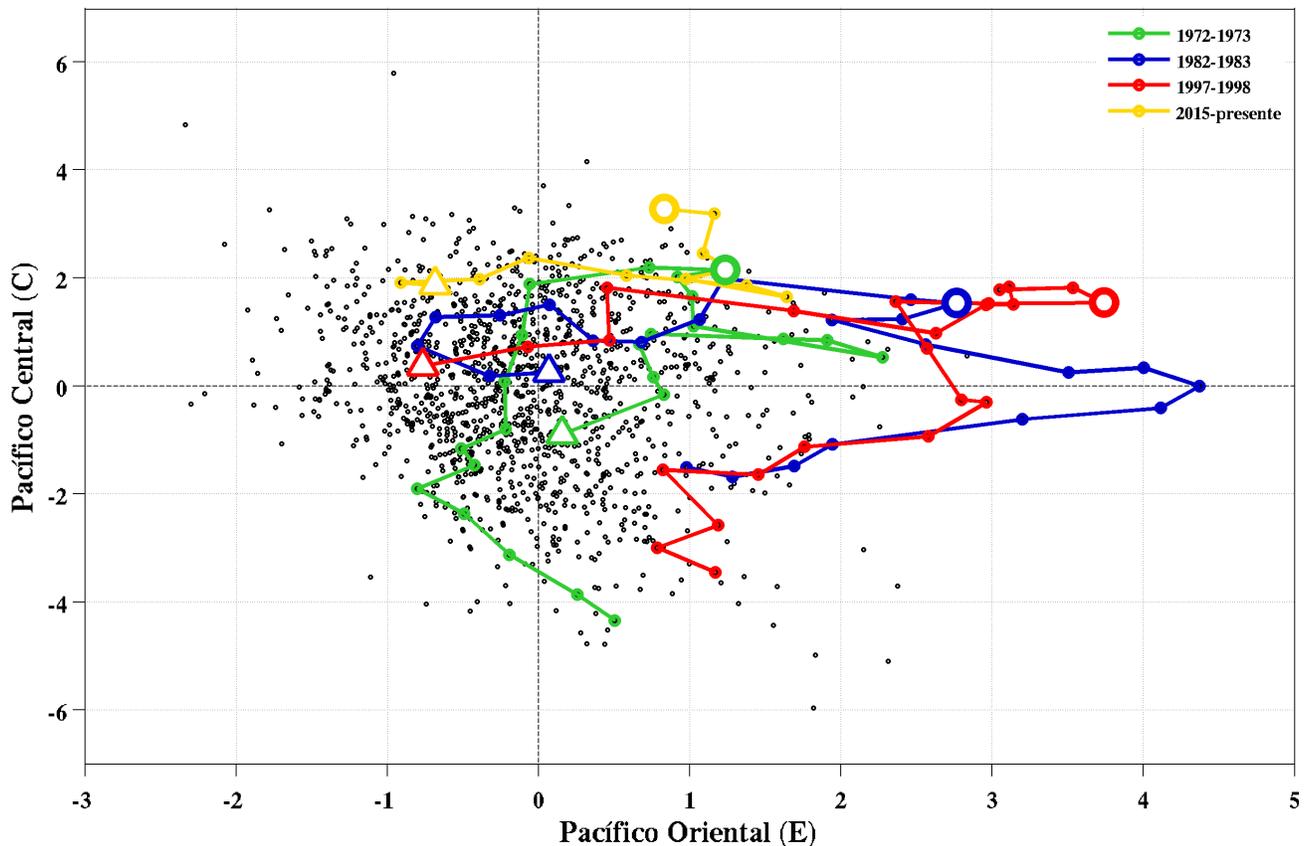


Figura 9. Diagrama de dispersión de los valores mensuales del índice E (Niño 1+2 – 0,5 Niño 4) y el índice C (1,7 Niño 4 – 0,1 Niño 1+2), basados en el trabajo de Takahashi et al., (2011). Los colores representan la evolución de los eventos extraordinarios El Niño (1982-83 color azul; 1997-98 color rojo); 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 (diciembre) 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.