

---

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

9 de marzo, 2016

**Resumen Ejecutivo**

Continúa la fase de decaimiento del evento El Niño 2015-16, que alcanzó su fase madura en diciembre de 2015. Los vientos alisios comienzan a fortalecerse, a su vez que los vientos del oeste en el Pacífico ecuatorial occidental se encuentran totalmente debilitados. Además, continúa el proceso de descarga del contenido de calor ecuatorial. Esto se sigue reflejando en la menor intensidad de las anomalías del contenido de calor, la profundidad de la isoterma de 20°C y de la TSM en el Pacífico ecuatorial oriental. Además, el Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur (ASPS) se ha fortalecido por medio de sus anomalías positivas en la circulación anticiclónica frente a las costas de Chile. Por otro lado, los índices que nos ayudan a monitorear la evolución del actual, indican que ya se alcanzó su máxima amplitud en enero de 2016, desarrollado principalmente en el Pacífico ecuatorial central. El proceso de descarga sigue intensificándose durante el mes de febrero, por lo que se espera que en los meses siguientes se mantenga la evolución hacia condiciones normales.

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](mailto:boc@dgeo.udec.cl).

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

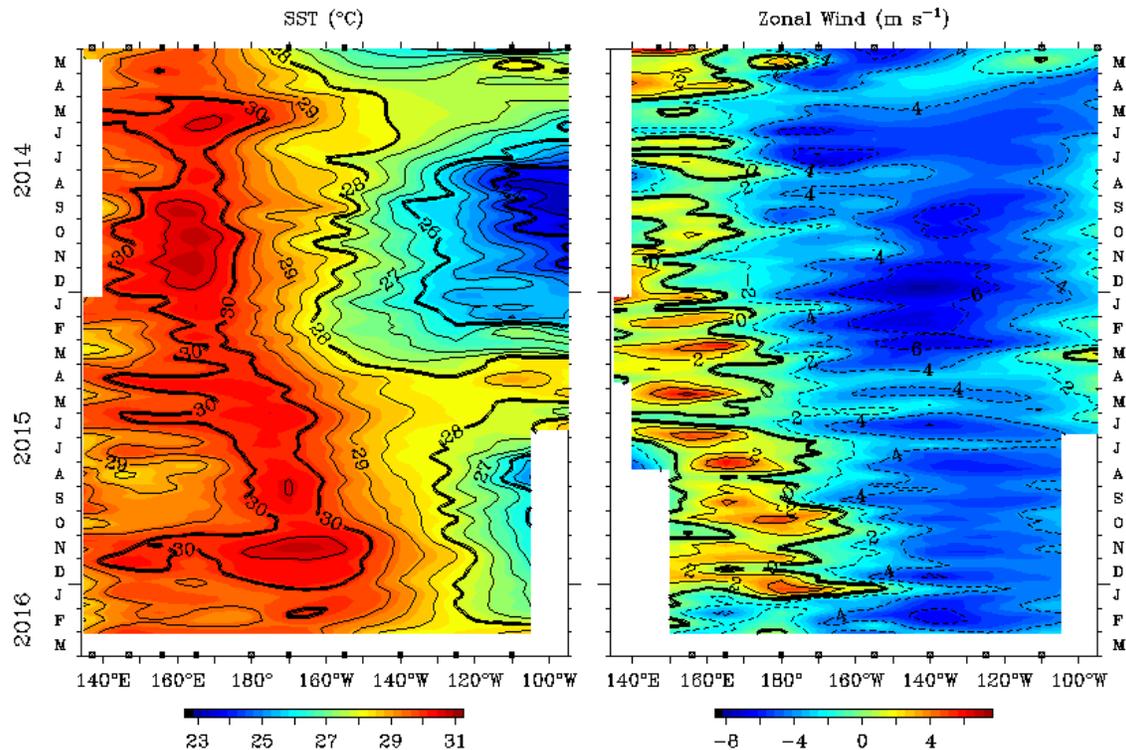
## Pacífico Ecuatorial

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 temperatura superficial del mar (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

Durante febrero de 2016, la TSM en la banda ecuatorial ( $2^{\circ}\text{N}$ - $2^{\circ}\text{S}$ ) comenzó a disminuir, principalmente en el Pacífico ecuatorial central y occidental (Figura 1, panel izquierdo). Sin embargo, cabe destacar que la isoterma de  $28^{\circ}\text{C}$  se desplazó desde  $120^{\circ}\text{W}$  hasta el borde oriental desde principios de febrero. Este desplazamiento corresponde al ciclo anual, que se caracteriza por un debilitamiento del gradiente zonal de temperatura desde fines de febrero y marzo. Además, en los boletines de diciembre de 2015 y enero de 2016 se mencionó que el desplazamiento de la isoterma de  $27^{\circ}\text{C}$  hacia el borde oriental es asociado con la llegada de una onda de Kelvin de subsidencia. Pues bien, durante febrero este desplazamiento de las isotermas se intensificó, esperando que el arribo de esta onda se observe durante el mes de marzo para las costas de Ecuador y norte de Perú. El núcleo de la poza cálida (sobre  $30^{\circ}\text{C}$ ) se ha debilitado durante el mes de febrero, entre  $160^{\circ}\text{E}$  y  $160^{\circ}\text{W}$ . Por otro lado, los vientos del oeste en la banda ecuatorial se debilitaron completamente durante febrero de 2016, dando paso al fortalecimiento de los vientos alisios alrededor de  $170^{\circ}\text{W}$  y  $130^{\circ}\text{W}$  (Figura 1, panel derecho). Esto muestra que la fase madura del evento El Niño alcanzó su máxima intensidad en el Pacífico ecuatorial central durante los meses de noviembre y diciembre de 2015, iniciando la fase de decaimiento durante los meses de enero y febrero de 2016.

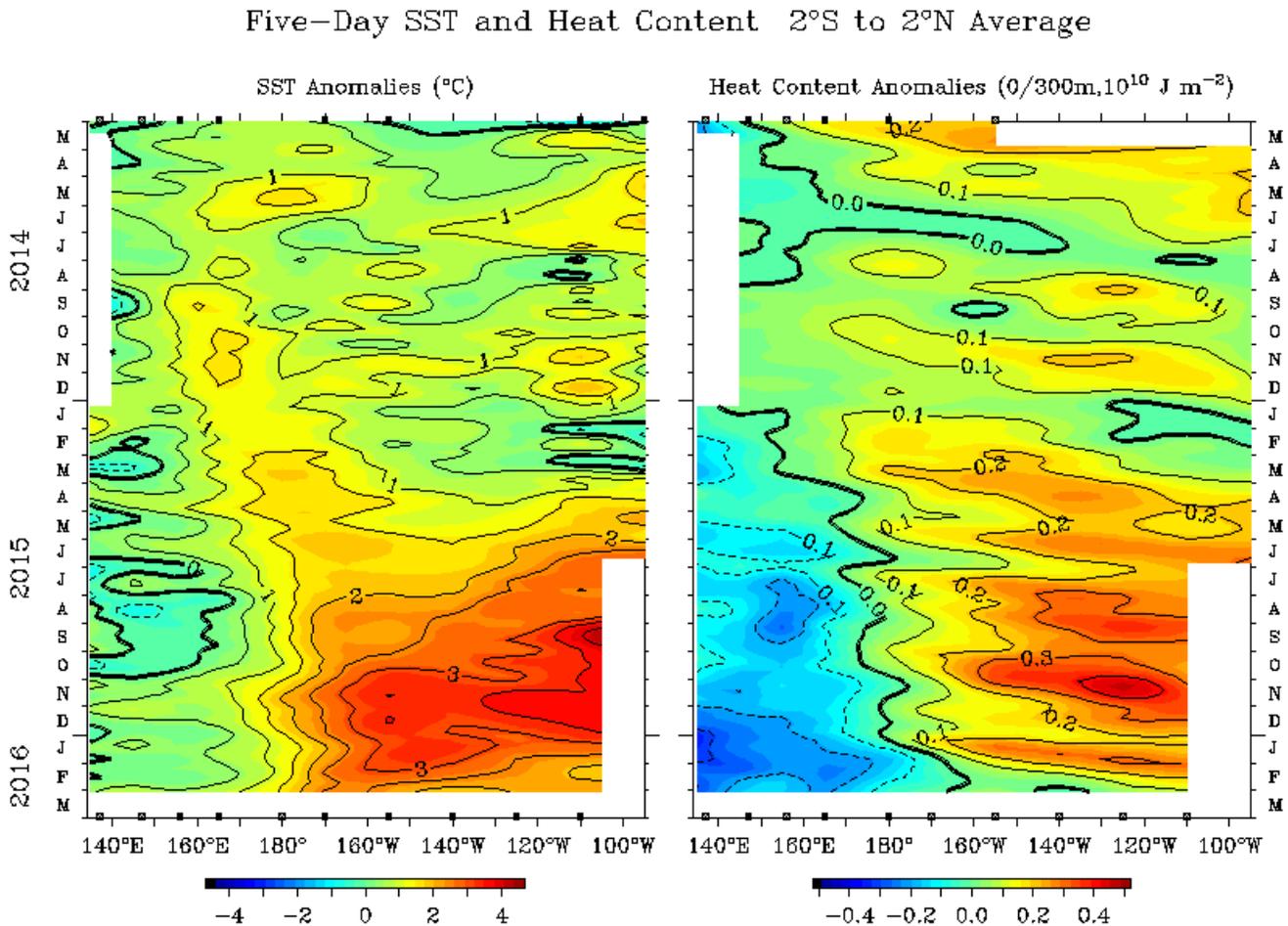
Five-Day SST and Zonal Wind  $2^{\circ}\text{S}$  to  $2^{\circ}\text{N}$  Average



**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 ( $\text{m s}^{-1}$ , panel derecho), entre  $2^{\circ}\text{N}$ - $2^{\circ}\text{S}$ , desde marzo de 2014 a febrero de 2016. Fuente: TAO/TRITON.

## Anomalías de la TSM y Contenido de calor

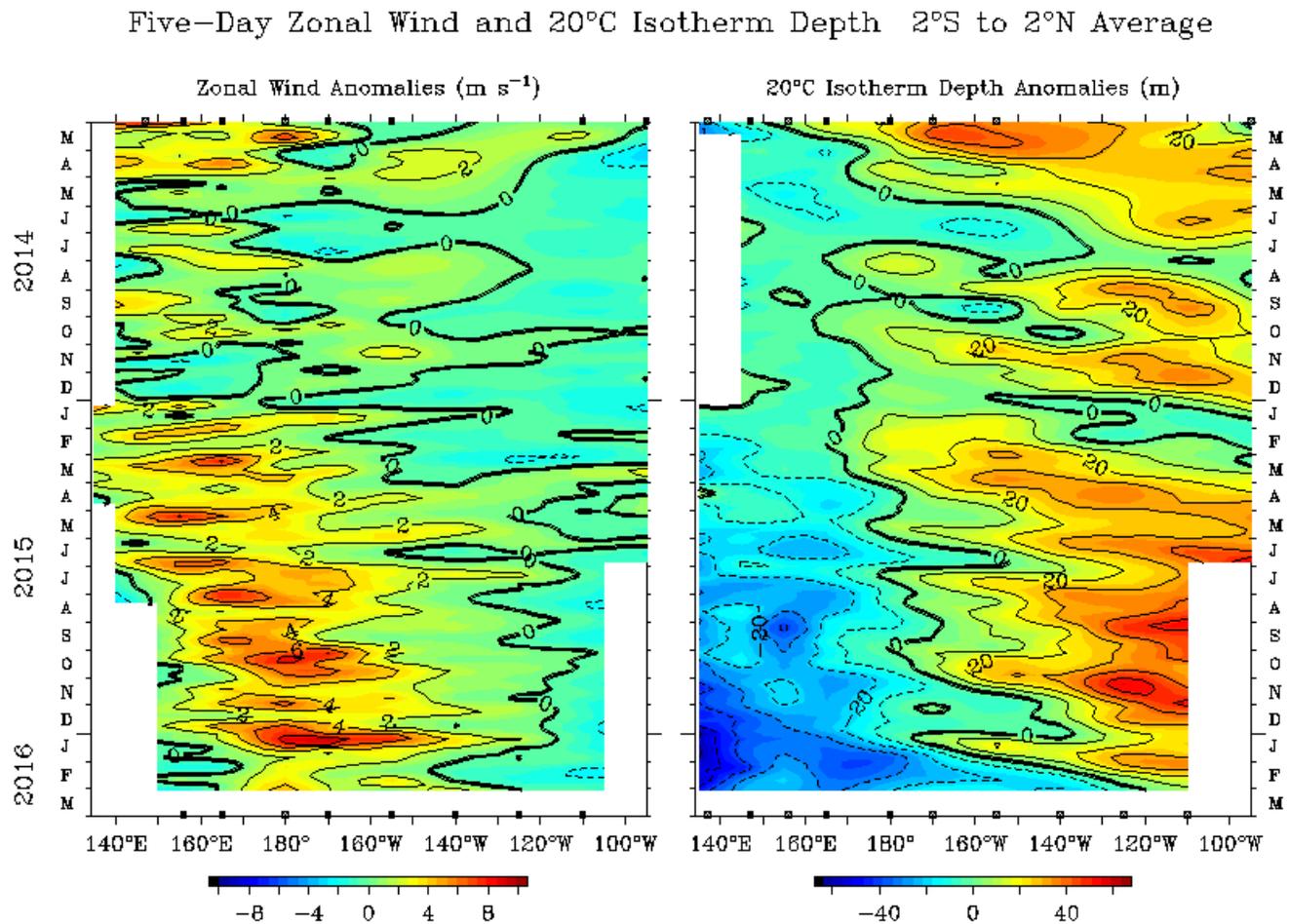
Las anomalías de TSM en la banda ecuatorial ( $2^{\circ}\text{N}$ - $2^{\circ}\text{S}$ ) comienzan a mostrar una disminución de las anomalías positivas al este de  $160^{\circ}\text{W}$  y principalmente en la costa oriental (Figura 2, panel izquierdo). Durante febrero, las anomalías positivas de la TSM alcanzaron los  $2^{\circ}\text{C}$  en  $110^{\circ}\text{W}$ . A pesar que las anomalías positivas del contenido de calor aumentaron en el borde oriental durante fines de enero y principios de febrero (Figura 2, panel derecho), en respuesta a la onda de Kelvin de subsidencia generada a fines de diciembre de 2015, éstas no fueron capaces de seguir incrementando la TSM en el borde oriental, debido a la menor cantidad de calor almacenado en esta nueva onda de Kelvin. La isolínea del contenido de calor de  $0.0 \text{ J m}^{-2}$  (Figura 2, panel derecho), siguió desplazándose hacia el este durante febrero, tal como venía ocurriendo desde fines de diciembre, lo que hará disminuir aún más el contenido de calor del Pacífico ecuatorial occidental. Como se mencionó en el boletín de enero de 2016, el incremento de las anomalías negativas del contenido de calor en el Pacífico ecuatorial occidental y central durante febrero, confirman el inicio del proceso de descarga propuesto por Jin (1997).



**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 ( $\text{J m}^{-2}$ , panel derecho), entre  $2^{\circ}\text{N}$ - $2^{\circ}\text{S}$ , desde marzo de 2014 a febrero de 2016. Fuente: TAO/TRITON.

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

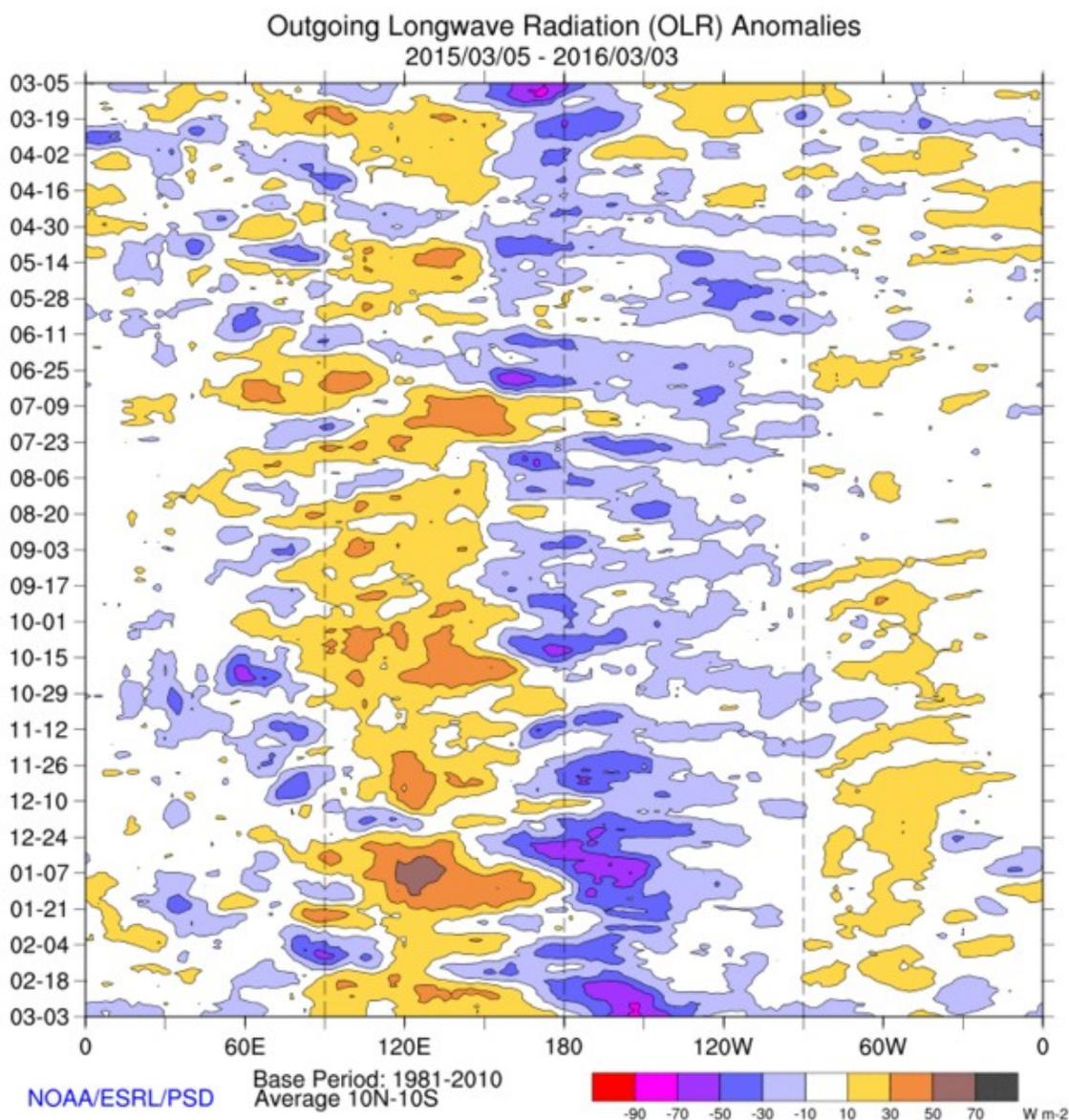
Durante febrero de 2016, las anomalías positivas del viento zonal o viento anómalo del oeste disminuyeron considerablemente sus valores en comparación al mes anterior (Figura 3, panel izquierdo). Los mayores valores anómalos del viento zonal alcanzaron los  $2 \text{ m s}^{-1}$  en su núcleo, alrededor de la línea de cambio de fecha. Por el momento, este debilitamiento de los vientos del oeste no generarían una nueva onda de Kelvin que pueda provocar una perturbación en la profundidad de la termoclina, como ha ocurrido en los meses anteriores. Como se sugirió en los boletines anteriores, la onda de Kelvin de subsidencia gatillada durante finales de diciembre de 2015, podría impactar las costas de Chile y Perú durante marzo de 2016. Esto es visible en la anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C (Figura 3, panel derecho). Sin embargo, cabe destacar que estas anomalías positivas son de menor magnitud ( $\sim 30 \text{ m}$ ) en comparación al arribo de las ondas de Kelvin durante el periodo junio-diciembre de 2015 ( $\sim 50 \text{ m}$ ). Además, en el borde occidental del Pacífico ecuatorial la profundidad de la isoterma de 20°C ha disminuido considerablemente, alcanzando los maximos valores del levantamiento de la termoclina, lo que coincide con el proceso de descarga que se está desarrollando.



**Figura 3.** Promedios cada 5 días (pentadas) de la evolución longitud-tiempo de las anomalías del viento zonal ( $\text{m s}^{-1}$ , panel izquierdo) y la profundidad de la isoterma de 20°C (m, panel derecho), entre 2°N-2°S, desde marzo de 2014 a febrero de 2016. Fuente: TAO/TRITON.

## Nubosidad Convectiva

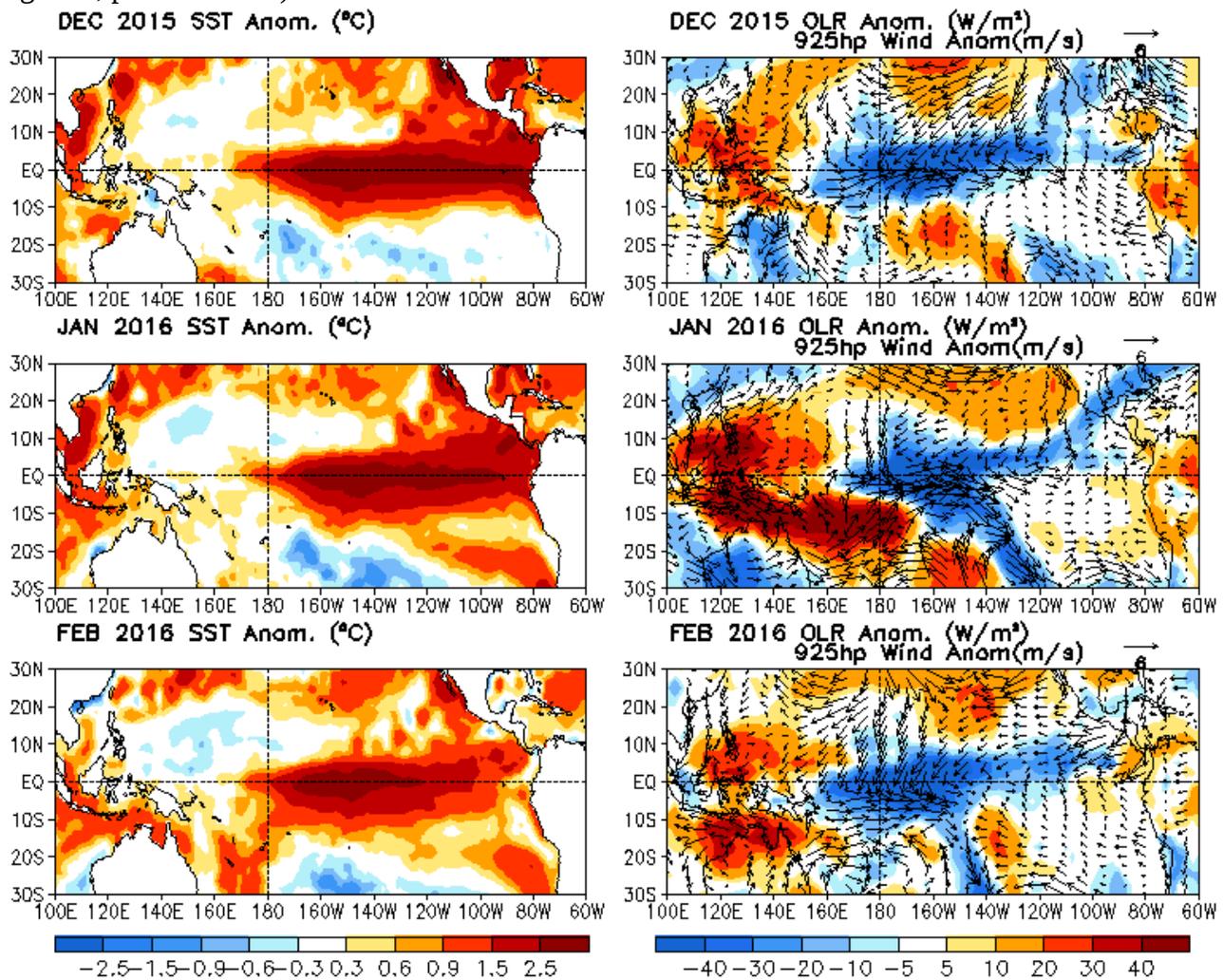
Durante finales del mes de febrero volvió a incrementarse la actividad convectiva en el Pacífico ecuatorial, concentrando su núcleo alrededor de 150°W, muy similar a lo ocurrido durante fines de diciembre de 2015 y enero de 2016, descrito en el boletín anterior. Por otro lado, sobre la poza cálida (borde occidental de la cuenca del Pacífico ecuatorial) disminuyó la ausencia de actividad convectiva (anomalías positivas) durante este periodo. Como se mencionó en el boletín anterior, desde mediados de enero hasta mediados de febrero, existe un debilitamiento de la actividad convectiva en concomitancia con el fortalecimiento de los alisios a lo largo del Pacífico ecuatorial (Figura 1, panel derecho) y el debilitamiento de las anomalías positivas de TSM en el sector oriental (Figura 2, panel izquierdo). Sin embargo, desde las últimas semanas de febrero hay un fortalecimiento de las anomalías negativas en el Pacífico ecuatorial central.



**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 5 de marzo de 2015 y el 3 de marzo de 2016. Fuente: NOAA/ESRL/PSD.

### Cuenca del Pacífico (TSM-OLR-Vientos)

Durante el mes de febrero de 2016 se evidencia un debilitamiento las anomalías de TSM en el Pacífico ecuatorial central y oriental (Figura 5, panel izquierdo). Este enfriamiento (o disminución de la magnitud de las anomalías positivas de TSM) está en progreso desde diciembre de 2015, cuando las anomalías positivas de la TSM alcanzaron su máximo valor, siendo esto más notorio en el borde oriental. La disminución de TSM es de casi  $1^{\circ}\text{C}$  con respecto al mes anterior, principalmente al este de  $100^{\circ}\text{W}$ . Es importante destacar que se mantienen las anomalías positivas de TSM frente a la costa norte de Perú y Chile, por sobre  $0,9^{\circ}\text{C}$ . Con respecto al dipolo zonal (oeste-este) de anomalías de TSM entre  $20^{\circ}\text{S}$  y  $30^{\circ}\text{S}$ , identificado en el boletín anterior, éste se mantiene durante febrero, pero su intensidad ha disminuido. Sin embargo, a diferencia del mes anterior, el Anticiclón subtropical del Pacífico Sur (ASPS) ha comenzado a fortalecerse, de forma muy similar a lo ocurrido en diciembre de 2015 (Figura 5, panel derecho). Esto da indicios de que las condiciones anómalas asociadas al actual evento El Niño 2015-16 comienzan a volver a su estado normal. Por otro lado, las anomalías negativas de OLR alrededor de  $20^{\circ}\text{S}$  se han ido desplazando desde  $100^{\circ}\text{W}$  hacia el oeste desde diciembre hasta la fecha (Figura 5, panel derecho).



**Figura 5.** Evolución de los últimos 3 meses de las anomalías de temperatura superficial del mar ( $^{\circ}\text{C}$ , colores panel izquierdo), radiación de onda larga emergente ( $\text{W}/\text{m}^2$ , colores panel derecho) y viento a 925 hPa ( $\text{m}/\text{s}$ , vectores panel derecho). Diciembre (panel superior) de 2015, enero (panel medio) y febrero (panel inferior) de 2016. 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**

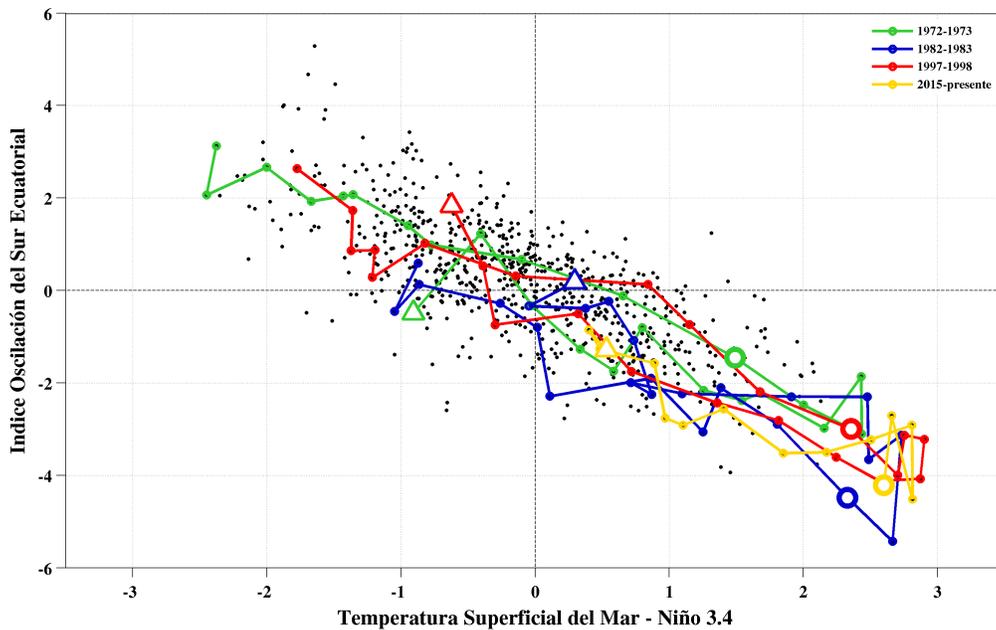
En el diagrama de dispersión de la Figura 6 se muestra la relación, mes a mes, de las anomalías de un índice ecuatorial de presión que representa las fluctuaciones de los vientos alisios (IOS ecuatorial), con las anomalías de la TSM en la región ecuatorial central o región Niño 3.4. El mecanismo de Bjerknes (Bjerknes, 1969) es explicado en el boletín de octubre 2015.

Durante el mes de febrero de 2016 el IOS ecuatorial aumenta considerablemente su valor negativo, muy por el contrario a lo ocurrido el mes anterior, observándose valores similares a diciembre de 2015 (Figura 7, línea amarilla). A pesar del aumento del valor negativo del IOS ecuatorial, existe una disminución de los vientos del oeste en el Pacífico ecuatorial occidental (Figura 1, panel derecho; Figura 3, panel izquierdo) y a la vez un fortalecimiento del ASPS (Figura 5, panel derecho). Por otro lado, las anomalías positivas de la TSM en la región 3.4 siguen disminuyendo lentamente. Cabe destacar que basados en estos índices, se puede establecer que el actual evento El Niño 2015-16 tiene características muy similares a la evolución del evento moderado El Niño 1972-73. Sin embargo, estos índices son bastantes más intensos durante el evento actual. Basados en estos resultados y el de boletines anteriores, el actual evento El Niño 2015-16 se encuentra en su fase de decaimiento, donde durante los próximos meses se espera que evolucione hacia condiciones normales.

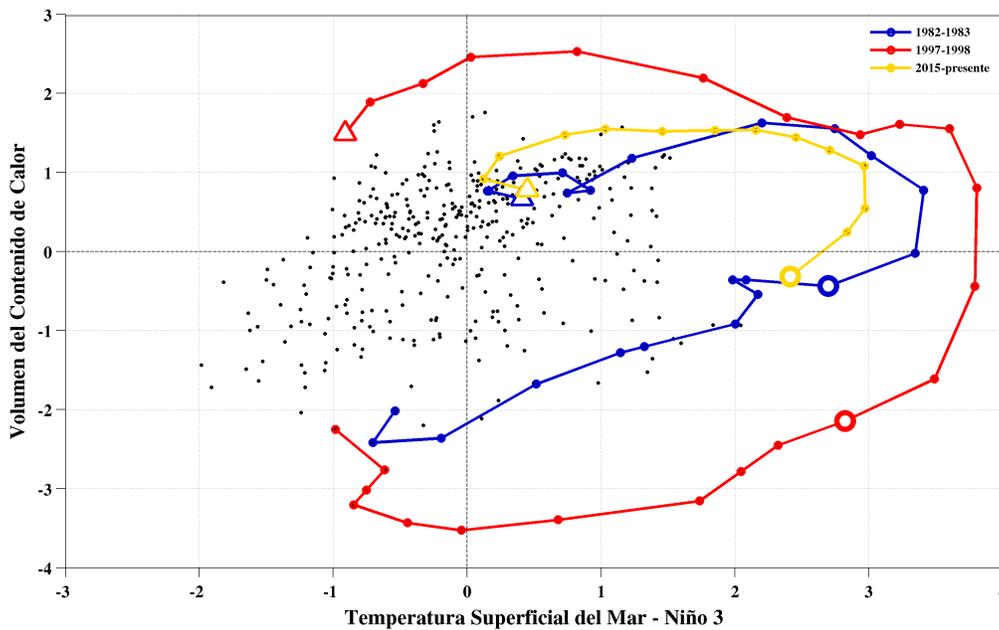
### **Modelo de recarga-descarga, Volumen del Contenido de Calor v/s TSM región 3**

La Figura 7 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.

Al igual que los meses anteriores, durante febrero continúa el proceso de descarga del volumen del contenido de calor del Pacífico ecuatorial. El evento actual de descarga posee características similares al evento extraordinario El Niño 1982-83, inclusive alcanzando un valor de la anomalía del contenido de calor muy cercano al valor de febrero de 1983, aunque la anomalía positiva de la TSM en la región 3 es levemente inferior. Sin embargo, el actual evento no se acerca a los valores ocurridos durante el otro evento extraordinario El Niño 1997-98, como se ha mencionado en los boletines anteriores. Ya alcanzada la fase madura de este evento El Niño, se espera que continúe el proceso de descarga propuesto por Jin (1997).



**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°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 (febrero) del año siguiente. Fuente de datos : IOS: NCEP-NCAR & TSM – Niño 3.4: ERSST v.4.

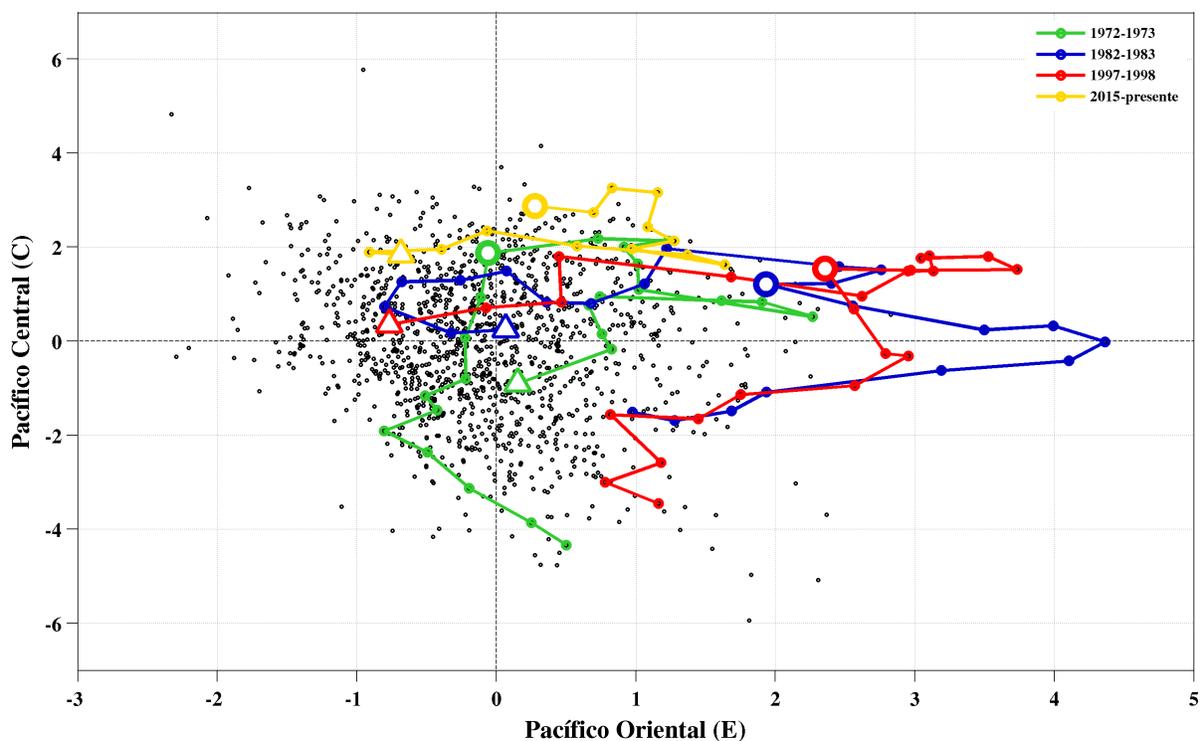


**Figura 7.** Diagrama de dispersión de los valores mensuales de la anomalía de la temperatura superficial del mar en la región Niño 3 (5°S-5°N, 150°W-90°W) y del Volumen del Contenido de Calor a lo largo del Pacífico ecuatorial. Los colores representan la evolución de los eventos extraordinarios El 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 (febrero) del año siguiente. 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.

El diagrama de dispersión de la Figura 8 muestra que el índice C ha mantenido su valor con respecto al mes anterior, es decir, el Pacífico central mantiene anomalías positivas de TSM similares al mes enero de 2016. Por otro lado, el índice E continúa debilitándose durante febrero. Estos resultados siguen demostrando, al igual que en los boletines anteriores, que el evento El Niño 2015-16 corresponde a un evento moderado-intenso desarrollado en el Pacífico ecuatorial central, siendo similar al evento El Niño 1972-73 y no a los eventos extraordinarios de 1982-83 y 1997-98.



**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 (febrero) del año siguiente. Fuente de datos: 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.