

Análisis de la Influencia del Atlántico en la Variabilidad Interanual del Pacífico Tropical

Marta Martín-Rey^(1,2), Irene Polo⁽³⁾, Belén Rodríguez-Fonseca^(1,2)

(1) Instituto de Geociencias (CSIC-UCM), Facultad de CC. Físicas, Plaza de Ciencias 1. 28040-Madrid, Spain (mmartindelrey@fis.ucm.es)

(2) Universidad Complutense Madrid, Departamento de Física de la Tierra Astronomía y Astrofísica I, 28040 Madrid, Spain

(3) NCAS-Climate, University of Reading, Reading, United Kingdom

Introducción

Trabajos previos han puesto de manifiesto la existencia de una relación entre la variabilidad interanual de la Temperatura de la Superficie del Mar (TSM) en la región ecuatorial de los océanos Atlántico y Pacífico desde la década de los 70 (Polo et al., 2008; Rodríguez-Fonseca et al., 2009; Ding et al., 2011; Martín-Rey et al., 2012). Estos estudios muestran como cuando tiene lugar un Niño (Niña) en el Atlántico ecuatorial durante el verano boreal, se favorece el desarrollo de una Niña (Niño) en el Pacífico al invierno siguiente, confiriendo al Atlántico una capacidad predictiva importante del fenómeno El Niño y la Oscilación del Sur (ENSO). Estos estudios muestran como la conexión entre ambas cuencas se produciría a través de una alteración de la circulación de Walker, con ascensos (descensos) de aire en el Atlántico ecuatorial y subsidencia (movimientos ascendentes) en el Pacífico central para el caso de un Niño (Niña) Atlántico (Rodríguez-Fonseca et al., 2009; Ding et al., 2011). Esta relación no se encuentra antes de los 70, aunque la razón de esta modulación en la variabilidad interanual está todavía sin explicar, y por tanto el estudio de la no estacionariedad de la relación Atlántico-Pacífico requiere una mayor investigación.

El presente trabajo analiza el cambio en la variabilidad interanual de la TSM del Pacífico Tropical y la influencia del Atlántico mediante el uso de observaciones y de un reanálisis de océano (Rayner et al., 2003; Carton et al., 2000).

Datos y Metodología

Se han utilizado variables oceánicas y atmosféricas procedentes de dos bases de datos diferentes.

En primer lugar, se ha considerado la temperatura de la superficie del mar (TSM), la tensión del viento en superficie (*wind stress*), y la profundidad de la termoclina, tomando como proxy la isoterma de 20°C (z20), del reanálisis de océano SODA (Simple Ocean Data Assimilation, Carton et al. 2000) para el periodo 1948-2002.

Además, se han usado datos de TSM de HadISST (Rayner et al. 2003), viento en superficie del reanálisis atmosférico ERA-40 (Uppala et al. 2005) y profundidad de la termoclina, tomando como proxy la isoterma de 20°C de HadGOA (Palmer et al. 2007) para el periodo 1948-2002.

Se ha hecho uso de los índices Atl3 y Atl4, definidos como el promedio de la TSM sobre la región 20°W-0°E; 3°N-3°S y 50°W-20°W; 3°N-3°S respectivamente, durante los meses de verano (Junio-Julio-Agosto-Septiembre, JJAS) como indicadores de los eventos Niño Atlántico.

El estudio de la variabilidad interanual de la TSM del Pacífico Tropical, se ha realizado aplicando el método de Análisis Componentes Principales, PCA (Von Storch and Frankignoul 1998) a las anomalías estacionales de los meses de invierno (Diciembre-Enero-Febrero-Marzo, DJFM). Con el fin de aislar la parte interanual frente a la variabilidad de baja frecuencia, se ha calculado la diferencia entre dos años consecutivos de los campos de estudio, creándose un nuevo campo $\Delta y = y_k - y_{k-1}$. Este método es ampliamente usado para filtrar series temporales (Bjerknes 1964, Stephenson *et al.* 2000).

Para evaluar si los resultados son robustos o no se ha aplicado un test de Monte Carlo. El test de Monte Carlo es un test no paramétrico que permite crear una distribución aleatoria de la muestra, permutando las series temporales originales y analizando los resultados originales con los obtenidos por azar. En el presente trabajo se muestran los valores significativos con un nivel de confianza del 90% de acuerdo con el test de Monte Carlo aplicado.

Resultados

El primer modo de variabilidad de la TSM en el Pacífico en invierno (DJFM) muestra un patrón de tipo Niño que se anticorrelaciona con los índices característicos del Niño del Atlántico (índices Atl3 y Atl4) en verano (JJAS) desde principios de los años

70, poniendo de manifiesto que la influencia del Atlántico sobre el Pacífico no es estacionaria (Figura 1). Cabe destacar la existencia de una correlación significativa entre el oeste del Atlántico ecuatorial (Atl4) y el Niño del Pacífico desde mediados de los 60, anterior a la establecida con el índice característico del Niño Atlántico (Atl3) desde comienzos de los 70. La persistencia de la relación entre Atl4 y el primer modo de variabilidad a lo largo del tiempo, junto con la simultánea contribución del Atl3 parece sugerir la necesidad de una alteración de la TSM de toda la banda ecuatorial del Atlántico para que se establezca la conexión entre cuencas.

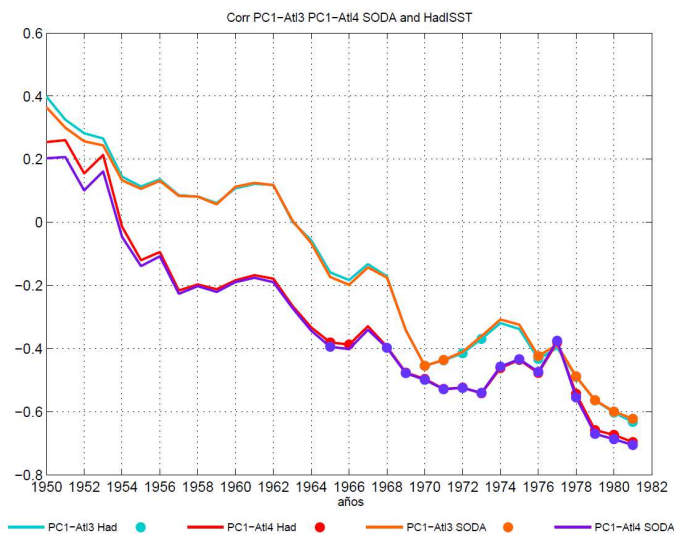


Figura. 1.- Correlación en ventanas móviles de 20 años desde 1950-69 hasta 1981-2000 entre la primera componente principal de la SST en el Pacífico tropical (PC1) y el índice Atl3 y Atl4 en JJAS para HadISST y SODA. Se ha aplicado un test de Monte Carlo y los valores estadísticamente significativos se muestran con un nivel de confianza del 90% y vienen representados por círculos.

Esta hipótesis ya fue sugerida en trabajos previos que analizaban la variabilidad oceánica del Pacífico a partir de datos de un modelo que consideraba solamente la TSM observada del Atlántico como único forzamiento externo (Martín-Rey et al. 2012). La influencia de la región occidental del Atlántico ecuatorial en el aumento de la convección ha sido ampliamente documentada, poniendo de manifiesto la estrecha relación que existe entre la TSM y la tensión de viento en la región occidental de la cuenca (Chang et al. 2000; Munnich and Neelin 2005) y su relación con la TSM del Pacífico, pudiéndose conectar ambas cuencas a través de la circulación de Walker (Chang et al. 2006; Wang et al. 2006).

La regresión de la componente principal (PC) del primer modo de variabilidad sobre las anomalías estacionales de TSM, tensión del viento y z20 antes y después de los 70 muestra distintos comportamientos asociados a distintos modos de variabilidad, reafirmando la influencia del Atlántico sobre el Pacífico tropical a partir de los 70 (Figuras 2-3).

En el periodo 1950-69, cuando no se observa relación entre el Atlántico y el Pacífico, se observa un primer modo de variabilidad caracterizado por un patrón de anomalías positivas en el este de la cuenca, asociado con una convergencia anómala de viento durante los meses de verano que parece producir un hundimiento de la termoclina en dicha región al invierno siguiente (Figura 2). Esta alteración de tensión de viento y profundidad de la termoclina no aparecían en Martín-Rey et al. 2012, donde se comparaban los modos de variabilidad interna con los debidos a un forzamiento Atlántico, sugiriendo la acción de otros forzamientos externos sobre los campos de viento y z20, y requiere por tanto un mayor análisis para su comprensión.

Por el contrario, en el periodo 1971-90, cuando la conexión entre los Niños del Atlántico y del Pacífico se ha establecido, se observa que, para un caso de calentamiento del Pacífico ecuatorial (Niño), se produce una convergencia anómala de viento en el centro del Pacífico durante los meses de verano (JJAS, Figuras 2-3), que estaría asociada con un enfriamiento en el Atlántico ecuatorial, contrariamente a las anomalías positivas que se observan en el primer periodo (Figuras 2e-3e). Esta alteración de viento, produciría un apilamiento de agua en el Pacífico central generaría un hundimiento de la termoclina, que se propagaría hacia el Este en los meses siguientes en forma de una onda de Kelvin, incrementando las anomalías de TSM y de z20 en el Pacífico oriental (Figuras 2-3).

La concordancia de estos resultados con los mostrados en trabajos anteriores que consideraban los datos de un modelo, confirma el papel del Atlántico a la hora de perturbar la variabilidad del Pacífico, lo que podría explicar en parte los cambios observados en la actividad de ENSO en las últimas décadas del siglo XX.

Sin embargo, las causas de la conexión entre cuencas y de la no estacionaridad de la influencia del Atlántico sobre el Pacífico están aún sin resolver. Por lo cual se requiere una mayor investigación de los procesos que tienen lugar en el océano Atlántico responsables de generar los Niños Atlánticos capaces de impactar en los Niños del Pacífico, así como el papel que juega la variabilidad natural. Estos temas serán investigados por los autores en futuros trabajos.

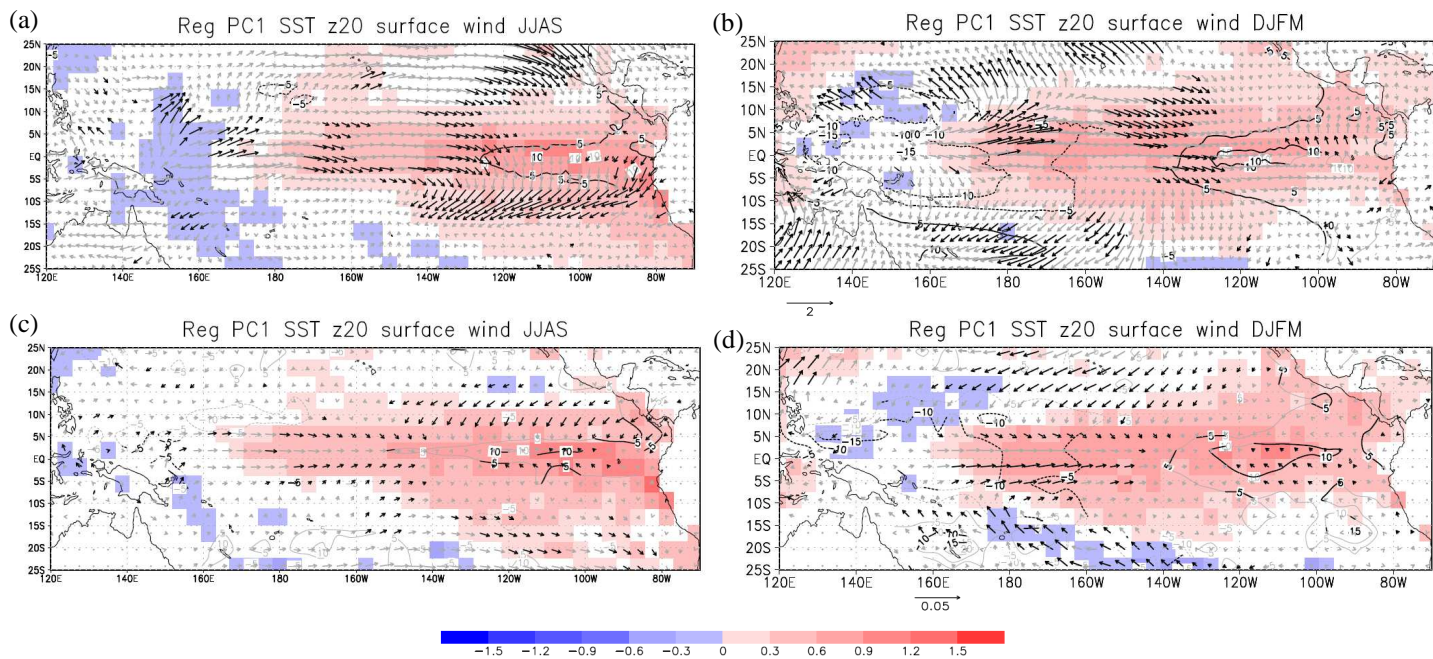


Figura 2. Regresión de las anomalías estacionales de TSM, tensión del viento y profundidad de la isoterma de 20°C sobre la componente principal (PC) del primer modo de variabilidad del Pacífico Tropical para el periodo 1950-69 en verano e invierno para HadISST, ERA y HadGOA (a-b) y SODA (c-d). (e) Regresión de la PC1 sobre SST el Atlántico tropical. Se ha aplicado un test de Monte Carlo y los valores estadísticamente significativos se muestran con un nivel de confianza del 90%.

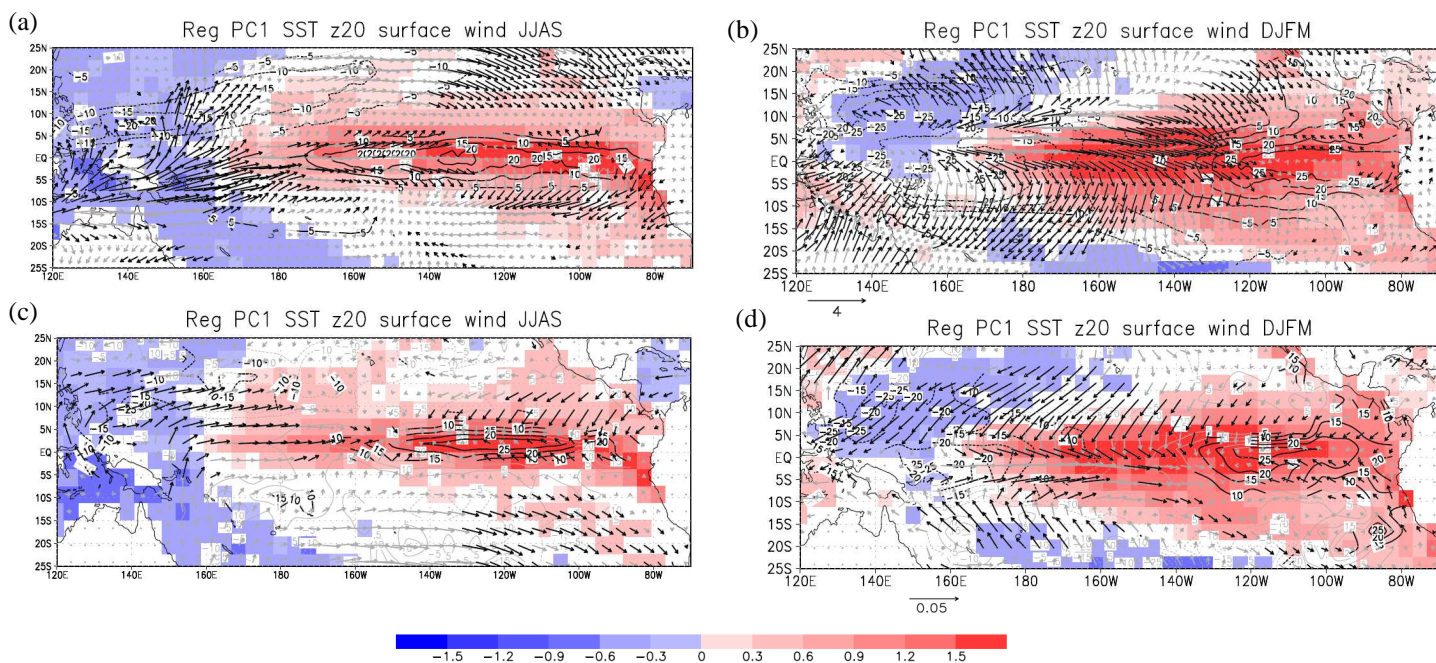
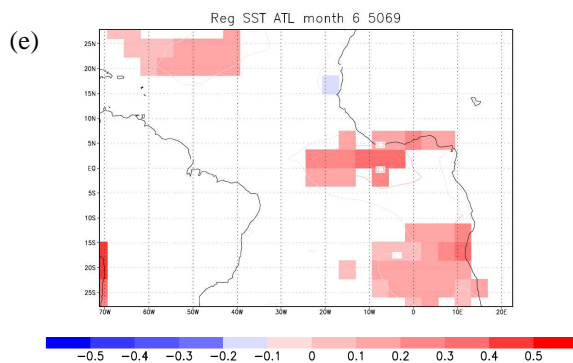
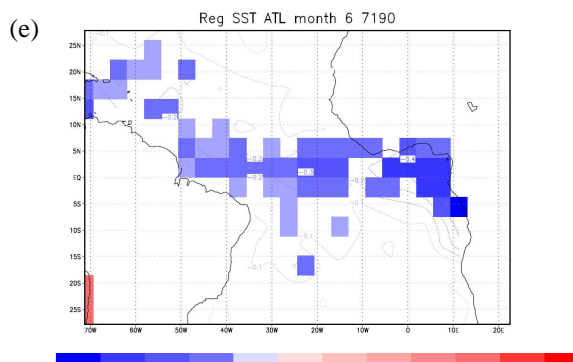


Figura 3. Como la figura 2 pero para el periodo 1971-90.



Conclusiones

El estudio de la variabilidad oceánica interanual del Pacífico tropical mediante observaciones muestra:

- Un cambio en la correlación entre el Atlántico ecuatorial en el primer modo de variabilidad del Pacífico antes y después de la década de los 70.

- Un enfriamiento de la TSM de la banda ecuatorial del Atlántico se relaciona con un calentamiento de la TSM del Pacífico en las últimas décadas.

- Los Niños del Pacífico en el periodo en el cual no existe relación con el Atlántico (1950-69) muestran cambios en la TSM de la parte occidental de la cuenca, asociados con una convergencia anómala de viento y profundización de z20 en dicha región.

-Sin embargo, cuando se establece la conexión entre cuencas (1971-90), los Niños del Pacífico parecen generarse por una convergencia anómala de viento en el centro de la cuenca en verano que alteraría z20, propagándose en forma de onda de Kelvin hacia el este e impactando en la TSM en los meses de invierno.

-Estos resultados se obtienen con las dos bases de datos consideradas y concuerdan con los mostrados en trabajos previos que usaban un modelo que consideraba la TSM observada del Atlántico como único forzamiento externo.

Referencias

Bjerknes J. 1964. Atlantic air-sea interaction. *Adv. Geophys.* 10: 10-82

Carton J.A., Chepurin G., Cao X.H., Giese B.S. 2000. A Simple Ocean Data Assimilation analysis of the global upper ocean 1950–95. Part I: Methodology. *J. Phys. Oceanogr.* 30: 294-309.

Chang P., R. Saravanan, L. Ji and G.C. Hegerl 2000. The effect of the Local Sea Surface Temperature on Atmospheric Circulation over the Tropical Atlantic Sector, *J. Clim.*,13,2195-2216.

Chang P., Fang Y., Saravanan R., Ji L., Seidel H. 2006. The cause of the fragile relationship between the Pacific El Niño and the Atlantic Niño. *Nature* 443: 324-328

Ding H., Keenlyside N.S., Latif M. 2011. Impact of the Equatorial Atlantic on the El Niño Southern Oscillation. *Clim. Dyn.* doi: 10.1007/s00382-011-1097-y.

Martín-Rey M., I. Polo, B. Rodríguez-Fonseca and F. Kucharski. 2012. Changes in the interannual

variability of the tropical Pacific as a response to an equatorial Atlantic forcing. *Sci. Mar.* 76S1, ISSN: 0214-8358

Münnich M., Neelin J. D. 2005. Seasonal influence of ENSO on the Atlantic ITCZ and equatorial South America. *Geophys. Res. Lett.* 32: L21709

Palmer M. D., K. Haines, S. F. B. Tett and T. J. Ansell 2007. Isolating the signal of ocean global warming, *Geophys. Res. Lett.*,34,L23610,doi:10.1029/2007GL031712.

Polo I., Rodríguez-Fonseca B., Losada T., García-Serrano J. 2008. Tropical Atlantic variability modes (1979–2002). Part I: Time-evolving SST modes related to West African rainfall. *J. Clim.* 21: 6457-6475

Rayner, N.A., Parker D.E., Horton E.B., Folland C.K., Alexander L.V., Rowell D.P., Kent E.C. and Kaplan A. 2003. Globally complete analyses of sea surface temperature, sea ice and night marine air temperature, 1871-2000. *J. Geophys. Res.*, 108 4407. DOI 10.1029/2002JD002670.

Rodríguez-Fonseca, B., Polo I., García-Serrano J., Losada T., Mohino E., Mechoso C.R. and Kucharski F. 2009. Are Atlantic Niños enhancing Pacific ENSO events in recent decades? *Geophys. Res. Lett.*, 36. L20705. DOI:10.1029/2009GL040048.

Stephenson D.B., Pavan V., Bojariu R. 2000. Is the North Atlantic oscillation a random walk? *Int. J. Climatol.* 20: 1-18.

Uppala SM et al (2005) The ERA-40 re-analysis. *Q J R Meteorol Soc.* 131(612):2961–3012.

Von Storch H., Frankignoul C. 1998. Empirical Modal Decomposition in coastal oceanography. In: Brink K.H., Robinson A.R. (eds.) *The Sea: Vol. 10, the Global Coastal Ocean.* John Wiley, p. 419-455.

Wang C. 2006. An overlooked feature of tropical climate: Inter- Pacific-Atlantic variability. *Geophys. Res. Lett.* 33: L12702

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado gracias a los proyectos financiados por el MEC, con referencia

CGL2009-10285, TRACS: Variabilidad del Atlántico Tropical y la Transición Climática.

MOVAC (ref. 200800050084028): Modelización de la variabilidad climática global mediante una jerarquía de modelos climáticos. Relevancia en el clima de la península ibérica - MOVAC. Ref: 200800050084028