

Influencia de la SST y la SLP sobre la variabilidad de la temperatura en Colombia

Influence of SST and SLP on temperature variability in Colombia

Samir Córdoba-Machado^{1,2}, Reiner Palomino-Lemus^{1,2}, María Jesús Esteban-Parra¹

Resumen

Objetivo: En este trabajo se estudia la influencia de los campos globales de presión a nivel del mar (SLP) y de la temperatura superficial del mar (SST), así como de varios índices climáticos de teleconexión (NAO, PDO, NIÑO 3,4, etc) sobre la temperatura del aire en superficie en Colombia. **Metodología:** Mediante un análisis de componentes principales (PCA) aplicado sobre 42 estaciones de temperatura distribuidas sobre Colombia, se han identificado los principales modos de variabilidad de la temperatura del aire para las estaciones de invierno (DEF) y verano (JJA) en el país. **Resultados:** Los resultados muestran una importante influencia de la SLP y la SST del Pacífico, esencialmente asociadas con el ENSO, así como del Atlántico tropical, más significativa para la temperatura de invierno que para la de verano. **Conclusión:** Como las relaciones encontradas entre los campos globales y las temperaturas de Colombia aparecen desfasadas, podrían ser de gran utilidad para la predicción de las temperaturas de Colombia.

Palabras clave: Teleconexión, Temperatura del aire, Temperatura superficial del mar, Presión a nivel del mar, Variabilidad climática.

Abstract

Objective: This work presents the study of the influence of global fields of sea level pressure (SLP) and sea surface temperature (SST), as well as the impact of various climatic indices of teleconnections (NAO, PDO, NIÑO 3,4, etc.) on the air temperature in Colombia. **Methodology:** Applying a principal component analysis (PCA) on 42 temperature stations distributed over Colombia, we have identified the main modes of variability of air temperature for the winter (DJF) and summer (JJA) in the country. **Results:** The results show a significant influence of the SLP and the SST from the Pacific, essentially associated with the ENSO, and from the tropical Atlantic, more significant for winter temperatures than for summer. **Conclusions:** The relationships found between the global patterns and the Colombia temperatures are not in phase, showing important correlations several seasons in advance, these results could be very useful for the prediction of temperatures in Colombia.

Keywords: Air temperature, Climate variability, Teleconnection, Sea level pressure, Sea surface temperature.

Introducción

Las condiciones climáticas de Colombia no sólo generan un ambiente para el normal funcionamiento de los ecosistemas y biomas establecidos en él, sino que propician el desarrollo de diferentes actividades socioeconómicas, entre las que destaca la agricultura del café, el plátano y las flores. El territorio co-

lombiano se ve afectado por las fases extremas de la variabilidad climática, que causan en muchas ocasiones desastres naturales como inundaciones, deslizamientos de tierras, o pérdidas de cultivos, entre otros, con importantes consecuencias económicas para el desarrollo del país.

En la actualidad se dispone de diversas descripciones del clima colombiano (IDEAM 2005); sin em-

¹ Departamento de Física Aplicada, Universidad de Granada, Granada, España. e-mail: scordobam1@ugr.es rpalomino@ugr.es esteban@ugr.es

² Universidad Tecnológica del Chocó, Quibdó, Colombia.

Fecha recepción: Febrero 11, 2014

Fecha aprobación: Abril 29, 2014 *Editor asociado: Jiménez AM*

bargo, aún están por explorar las fluctuaciones de diversa escala temporal de las variables climatológicas cuyas fases extremas generan fuertes impactos en el país. A pesar de las evidencias de estos efectos, el conocimiento existente no es suficiente para una comprensión óptima de los procesos que se desarrollan e influyen en el clima de Colombia.

Ante la necesidad de un conocimiento más profundo sobre los procesos atmosféricos y el clima de Colombia, algunos autores han desarrollado estudios específicos a partir de la década 1990. Así, Mesa *et al.* (1997) resumen aspectos del clima del Pacífico colombiano no presentados antes; Pabón (1996) y Zea y León (2000) describen en términos generales la denominada baja anclada de Panamá; Poveda (1999) menciona por primera vez el chorro de bajo nivel del Chocó y sus efectos en la hidrología colombiana, Pabón (2003a, b) alude al efecto de El Niño y La Niña en varias regiones del país; Mapes *et al.* (2003) realizaron un estudio especial sobre los procesos convectivos en Colombia; Poveda (2004) hace una síntesis bastante completa de los avances en el estudio del clima y de la variabilidad climática de Colombia, obtenida mediante estudios en la década de 1990. También Poveda *et al.* (2002) presentan estudios sobre la influencia de fenómenos macroclimáticos en Colombia, donde se destaca la relación entre la NAO, El Niño, la PDO y algunas variables hidroclimáticas del país (precipitación, temperatura del aire y caudal). Otros estudios relacionados con el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia (IDEAM 2002; Montealegre y Pabón 2000, Pabón 2003a, Poveda y Mesa 2000), afirman que tal variabilidad climática puede generar situaciones de exceso o de déficit de precipitación que propicia inundaciones o sequías y causan desastres, estimulan el desarrollo de enfermedades como malaria y dengue, daños a la producción agropecuaria, entre otros. Por la importancia de esta variabilidad es necesario profundizar en el estudio de la variabilidad climática en el país.

El presente trabajo realiza un estudio sobre los mecanismos físicos que pueden afectar la variabilidad de la temperatura del aire en Colombia, explorando las relaciones de la temperatura del aire con las variaciones de la temperatura del mar en superficie (SST), los campos de presión a nivel de mar (SLP) y diversos patrones de teleconexión conocidos, con

el objetivo global de contribuir al conocimiento del clima del país.

Datos y metodología

Para el desarrollo de este trabajo se han utilizado los datos de temperatura del aire (T_{mp}), obtenidos de estaciones meteorológicas pertenecientes al IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia). En total se dispuso de 120 estaciones para todo el país, todas ellas en escala mensual, de las cuales se utilizaron solo 42 estaciones para el área de estudio, durante el período 1960-2004.

Por otra parte, para los datos de temperatura superficial del mar del planeta se ha empleado la base de datos del Hadley Centre Ice and Sea-surface Temperature dataset, HadISST (Rayner *et al.* 2003), y como datos de presión a nivel del mar (SLP) se usaron los datos de reanálisis 1 del NCEP/NCAR (Kalnay *et al.* 1996). Por último, con el fin de establecer la relación de diversos fenómenos macroclimáticos de acoplamiento océano-atmósfera (NAO, ENSO, PDO, etc) con la variabilidad de la precipitación en Colombia, se utilizaron índices de teleconexión calculados por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), obtenidos de la página web <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.derived.surface.html>. El período analizado para todas las bases de datos fue 1960-2004.

Las series de datos de temperatura del aire se sometieron a un control de calidad, que consistió en desechar aquellas series con menos de 30 años de registros en un período continuo y series que contenían más de 15% de datos faltantes (huecos). Con estas condiciones se obtuvo un total de 64 estaciones cubriendo el período de 1961 a 2004. Luego se analizó la homogeneidad de estas series, siguiendo test de las rachas propuesto por Thom (1966); este es un test de homogeneidad absoluta no paramétrico recomendado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), el cual detecta cambios en la media y en la tendencia de la serie analizada. Al culminar el control de homogeneidad se obtuvo finalmente un total de 42 estaciones de precipitación mensual, distribuidas en el territorio colombiano (Figura 1).

Como se aprecia en la Figura 1, la cobertura es-

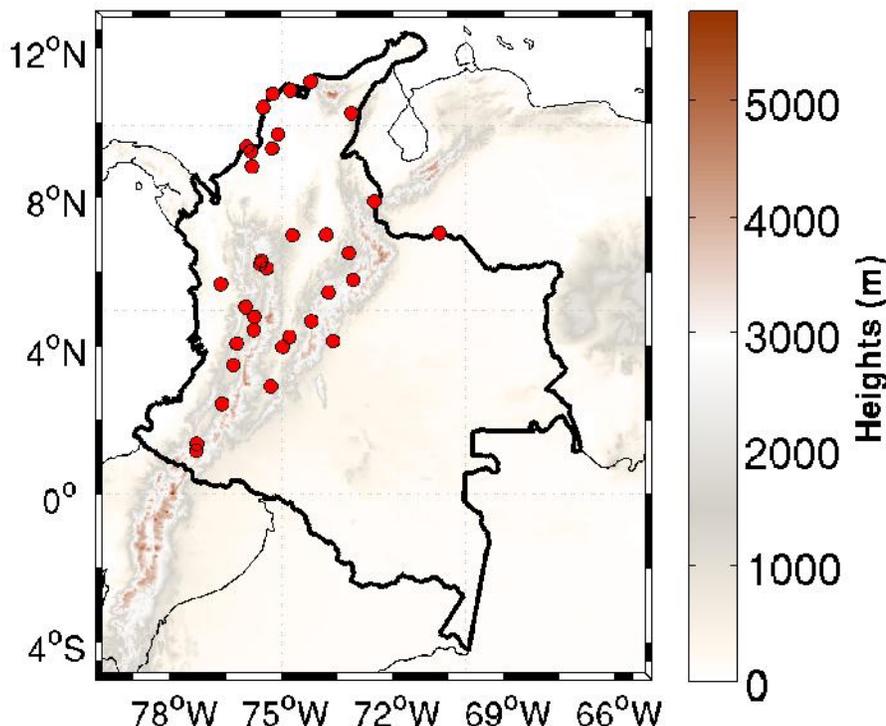


Figura 1. Ubicación de las estaciones de temperatura del aire en Colombia.

pacial de los datos de temperatura se limita a la mitad norte de Colombia, sin que exista ninguna serie en la mitad sur, que corresponde a las regiones selváticas del Orinoco y Amazonas. Por esta razón los resultados se limitan a la región donde se encuentran las estaciones.

Con el fin de obtener los principales modos de variabilidad espacio-temporal de la temperatura del aire en Colombia, se aplicó un análisis de componentes principales (PCA) a los promedios de temperatura del aire estacionales de invierno (DEF) y verano (JJA), a partir de la diagonalización de la matriz de correlaciones. La selección de los EOF (funciones ortogonales empíricas) significativos, obtenidos a través del PCA, se realizó aplicando la regla de North (North *et al.* 1982).

Después de obtener los resultados del PCA, se analizó el impacto de la variabilidad temporal de la SLP y la SST del planeta, en los patrones de la Tmp de invierno y verano encontrados en Colombia. Para ello se estudiaron las correlaciones coetáneas y con retrasos estacionales de hasta más de un año entre las series temporales estacionales de SLP y SST del planeta y las PCs correspondientes a los primeros modos de la temperatura del país. También se estu-

dió la posible influencia de los índices climáticos de teleconexión (Itele), en las series PC de Tmp de invierno y verano, a través de las correlaciones entre estas variables a escala estacional.

Antes de realizar el cálculo de las correlaciones, se sustrajo la tendencia de las PCs resultantes de Tmp ya que, algunas mostraron una tendencia significativa, lo cual podría afectar de manera considerable el valor de las correlaciones, introduciendo correlaciones espurias y ocasionando la autocorrelación de los residuos. La significación de las correlaciones se establece mediante el contraste de la hipótesis nula (correlación nula) a un nivel de significación del 95%.

Resultados

Modos de variabilidad. En total se obtuvieron 3 modos significativos de variabilidad para la temperatura durante el período 1960-2004, en la estación de invierno (DEF) y dos modos significativos durante la estación de verano (JJA), de acuerdo con la regla de North. Los tres primeros modos de la temperatura en la estación de invierno explican 73,8% de la variabilidad, mientras que los dos primeros modos de la estación de verano representan 61% de la varianza

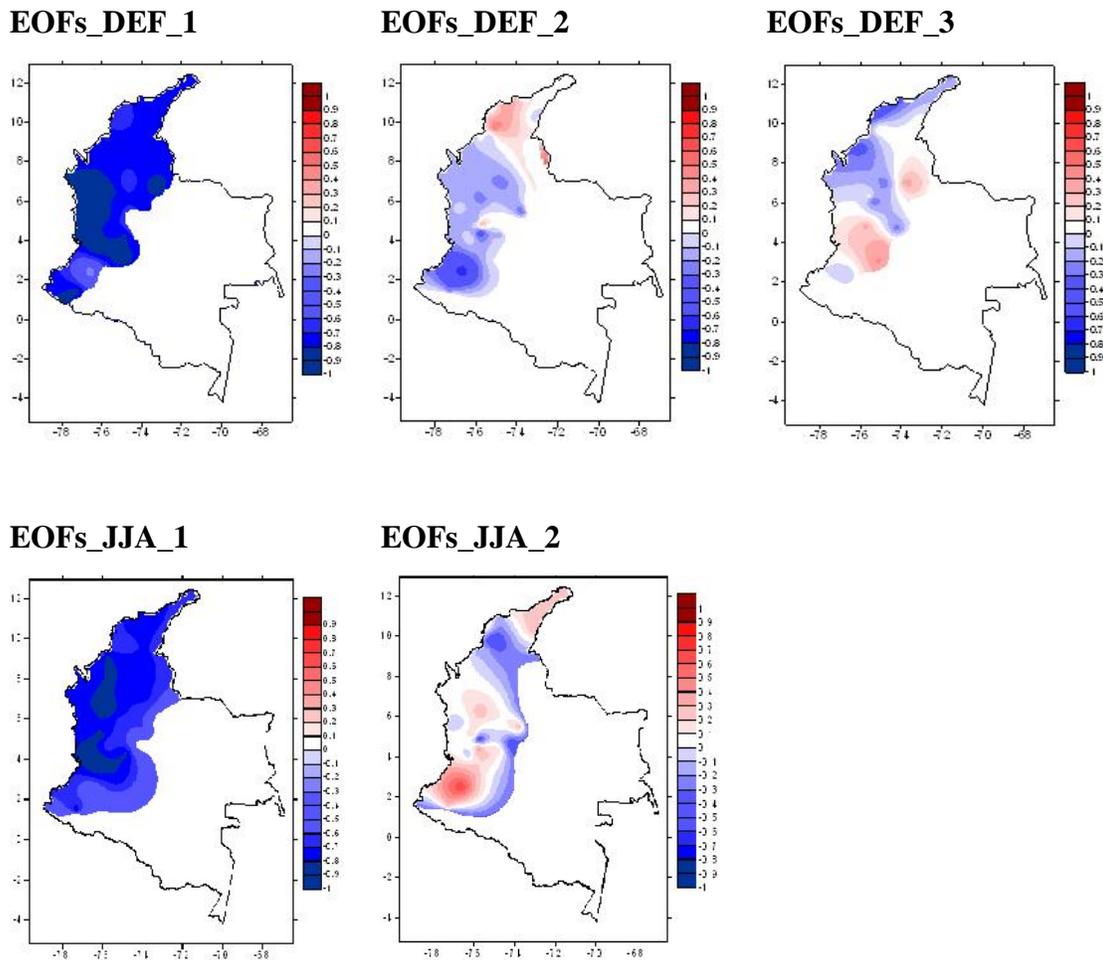


Figura 2. EOFs obtenidos del PCA de temperatura en DEF y JJA (período 1960-2004).

total de las estaciones de temperatura empleadas.

La Figura 2 muestra los factores de carga de las primeras EOFs de la temperatura del aire en las estaciones de estudio. Se observa que la primera EOF de la estación de invierno, con un porcentaje de varianza explicada de 56,8%, exhibe altas correlaciones negativas en toda la zona donde se encuentran distribuidas las estaciones (regiones central, occidental y norte de Colombia), mostrando una alta homogeneidad en el comportamiento de la temperatura, por tanto este patrón representa un modo global de variabilidad de la precipitación en toda la región. La segunda EOF, que explica 9,4% de la varianza, muestra un patrón dipolar con correlaciones negativas hacia el occidente y centro de Colombia, con valores entre -0,3 y -0,6, mientras que en la zona norte del país muestra correlaciones positivas débiles (significativas) comprendidas entre 0,3 y 0,4. La ter-

cera EOF, con un porcentaje de varianza asociado de 7,6%, muestra sólo unos pequeños centros de correlación negativa al norte del país, mientras que valores positivos se ubican al centro de Colombia.

Respecto a la estación de verano (JJA), la primera EOF (con una varianza explicada del 46,4%) está asociada con la región norte, centro y occidente de Colombia, mostrando fuertes correlaciones negativas que logran alcanzar valores hasta de -0,9. La segunda EOF, con un porcentaje de varianza asociado de 14,5%, presenta algunos centros reducidos con correlaciones positivas en el occidente y norte del país. En la Figura 3 se presentan las series temporales (PC) asociadas con los principales modos de temperatura obtenidos con el análisis de PCA.

Se puede observar que la mayoría de los patrones temporales presentan una considerable variabilidad, mientras que sólo para algunas series PC se

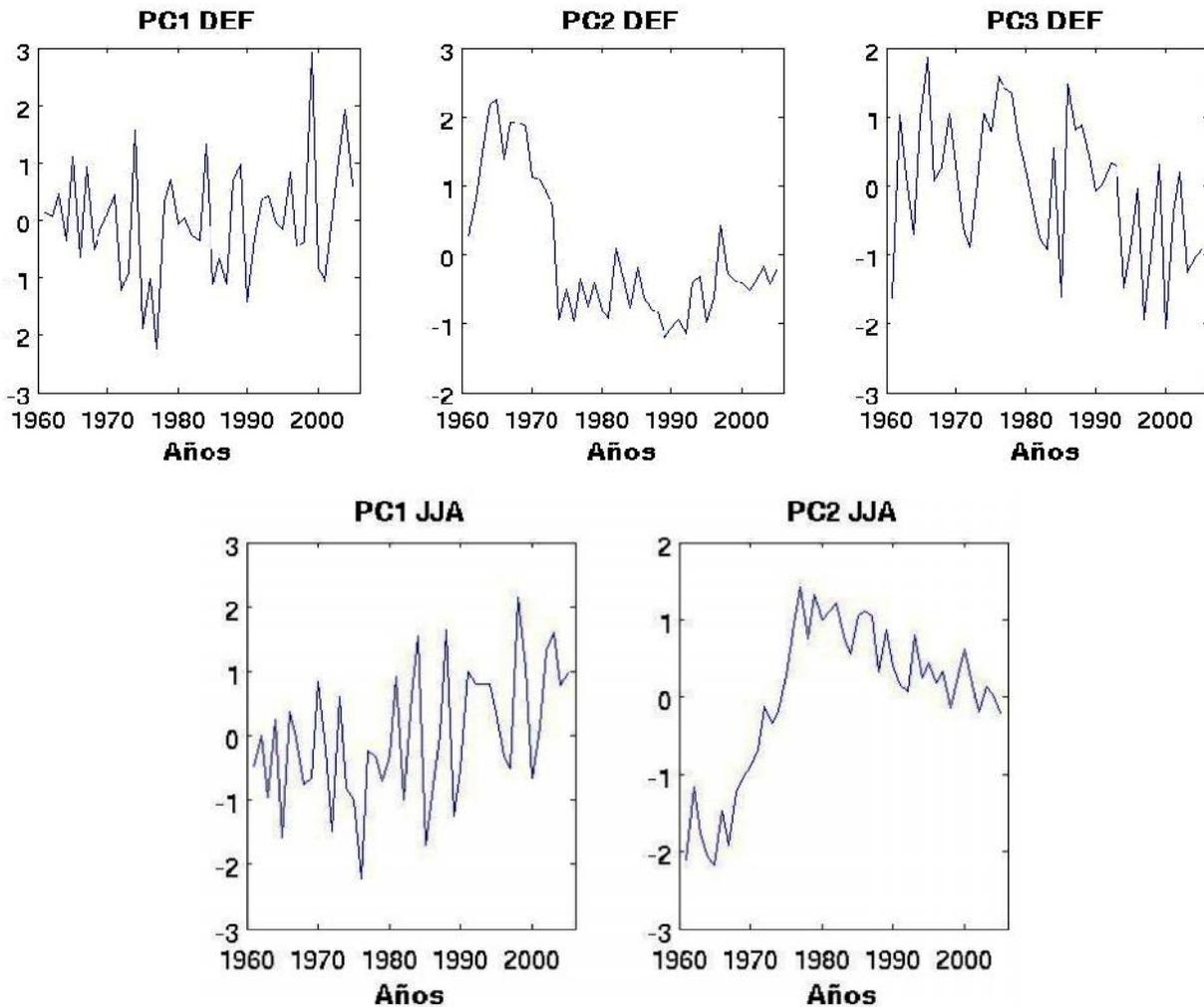


Figura 3. Series de PCs (T_{mp}) asociadas con las EOFs, obtenidas para DEF y JJA (1960-2004).

evidencia la existencia de tendencias (positiva para la región central, occidental y norte del país en verano, asociada con la primera PC).

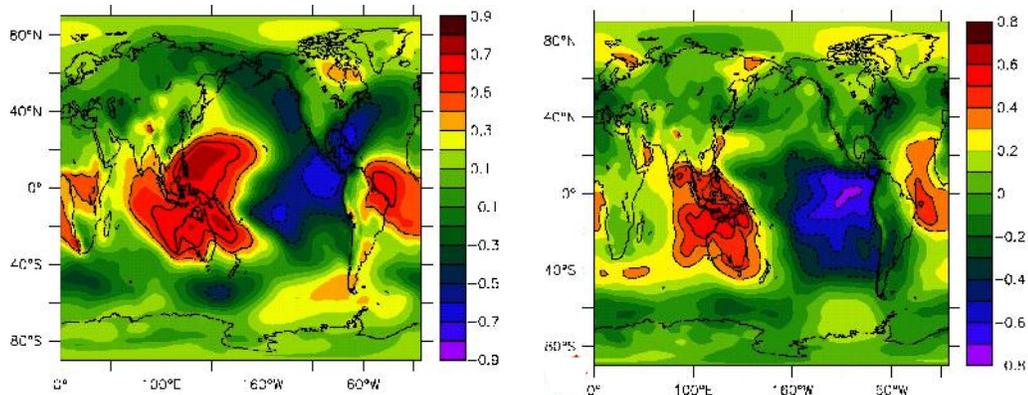
Índices de teleconexión y modos de variabilidad. Al estudiar las correlaciones entre los principales índices de teleconexión (Itele) y los modos de variabilidad de la temperatura de invierno y verano (Tabla 1), se observa que las mayores correlaciones positivas (con valores entre los 0,6 y 0,9) se presentan entre la primera serie PC de cada estación y los índices que están asociados con la SST del Pacífico tropical (regiones El Niño). De igual forma se muestra una fuerte correlación negativa (-0,7) entre el Índice de Oscilación del Sur (SOI), componente atmosférico del ENSO y los primeros modos de temperatura, de tal forma que en la mayor parte de Colom-

bia, las fases positivas de El Niño tenderían a estar asociadas con un aumento de las temperaturas.

Las correlaciones con otras teleconexiones son en general más pequeñas o no significativas, aunque alguna de ellas parece mostrar cierta influencia importante en la temperatura, mayor en la estación de invierno que en verano (tabla no mostrada). Por ejemplo, algunos índices, como la PNA (0,4), WP (0,4), EA (0,4) y PDO (0,4), presentan correlaciones débiles pero significativas, principalmente con la serie PC1 de la estación de invierno. Por otro lado, al estudiar las correlaciones con retraso, se evidencia que el impacto de los índices asociados con el ENSO, se prolonga en general durante varias estaciones, dejando ver su capacidad predictiva sobre la variabilidad de la temperatura del aire en Colombia.

Tabla 1. Coeficientes de correlación entre los Itele (El Niño) DEF y JJA y las primeras dos series pc (Tmp) en DEF y JJA.

| Itele_DEF | PC1_DEF | PC2_DEF | Itele_JJA | PC1_JJA | PC2_JJA |
|-----------|---------|---------|-----------|---------|---------|
| A_SST 1+2 | 0,7 | -0,2 | A_SST 1+2 | 0,6 | -0,1 |
| A_SST 3 | 0,9 | -0,1 | A_SST 3 | 0,8 | -0,1 |
| A_SST 4 | 0,8 | 0,0 | A_SST 4 | 0,7 | -0,1 |
| A_SST 3,4 | 0,9 | -0,1 | A_SST 3,4 | 0,8 | -0,2 |
| SOI | -0,7 | -0,2 | SOI | -0,7 | -0,1 |

**Figura 4.** Mapas de correlaciones simultáneas entre la SLP y la primera PC de temperatura del aire en las estaciones de invierno (izquierda) y verano (derecha). En contorno las correlaciones significativas al 95%.

Debido que el primer modo de variabilidad, EOF1, tanto en la estación de invierno como en verano, explica el mayor porcentaje de variabilidad de la precipitación; en las siguientes secciones solo se muestran los resultados obtenidos sobre la primera PC de dichas estaciones.

Impactos de la SLP. En la Figura 4 se muestra el mapa de correlaciones simultáneas entre la SLP y la primera PC de precipitación de invierno (izquierda), así como también, las correlaciones entre la SLP y la primera PC de precipitación en la estación de verano (derecha).

Se aprecia un centro de correlaciones negativas significativas (-0,3 a -0,8), sobre el océano Pacífico oriental y central, más extendido en verano (derecha) que en invierno (izquierda), junto con un centro de correlaciones positivas al sureste de Asia, asociado con la Oscilación del Sur (SO). Además se tienen correlaciones positivas sobre el Atlántico tropical (con valores entre los 0,5 y 0,6), con valores más grandes en la estación de invierno. Las regiones que muestran correlaciones positivas inducen una disminución de la temperatura del aire en Colombia, mientras que

las correlaciones negativas producen el efecto contrario.

Por otro lado, las correlaciones con retraso de hasta un año (figura no mostrada) entre la SLP de cada una de las estaciones del año y las primeras PCs de temperatura del aire tanto de invierno como de verano, presentan fuertes centros de correlaciones positivas y negativas en muchas regiones del planeta (Atlántico tropical, continente africano y en el océano Índico entre otras), pero principalmente sobre el océano Pacífico en la región asociada con el ENSO, evidenciando la relación que hay entre la SLP de este área y la temperatura del aire en Colombia.

Impactos de la SST. La Figura 5 presenta las correlaciones coetáneas entre la SST del planeta y la serie PC1 de la temperatura del aire en las estaciones de invierno (izquierda) y verano (derecha). Los datos de SST fueron filtrados para eliminar la tendencia presente en ellos. Como puede apreciarse en ambas estaciones, gran parte del océano Pacífico ecuatorial oriental y central, aparece un centro con correlaciones positivas (0,4 a 0,8), flanqueado por correlaciones negativas significativas (-0,4 a -0,6), de

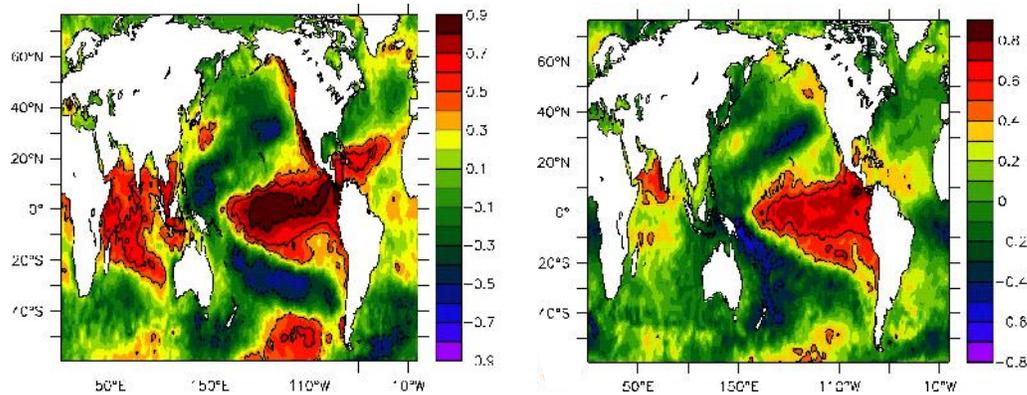


Figura 5. Mapas de correlaciones simultáneas entre la SST y la primera PC de temperatura del aire en las estaciones de invierno (izquierda) y verano (derecha). En contorno las correlaciones significativas al 95%.

las cuales se destacan los altos valores positivos cercanos a 0,9 en el Pacífico ecuatorial, en la región donde se desarrolla el fenómeno de EL Niño, más aún, se observa que el patrón de correlación en el Pacífico tropical en el mapa de invierno (izquierda), tiene un grado de similitud con el patrón de invierno de El Niño Modoki (Ashok *et al.* 2007).

Por otra parte en la estación de invierno se muestran correlaciones positivas significativas sobre el océano Índico, en el Atlántico tropical y en la parte sur del océano Pacífico (50°S - 110°W).

Respecto a la correlaciones con retraso de hasta un año entre la SST estacional y la primera PC de temperatura del aire de las estaciones de invierno y verano, se han encontrado correlaciones fuertemente significativas, sobre todo en el Pacífico tropical, con mayor capacidad predictiva para el invierno que para el verano.

La Figura 6 muestra las correlaciones con retraso entre la SST de las estaciones anteriores y la PC1 de precipitación en la estación de invierno. Se observa que la SST de las estaciones de otoño (MAM) y verano (JJA) presentan fuertes correlaciones positivas (0,6 a 0,7) sobre el Pacífico tropical (en la región del fenómeno El Niño) y correlaciones negativas significativas (-0,6 a -0,8) en el Pacífico occidental cerca de las costas de Australia. Estas correlaciones tienden a debilitarse conforme aumenta el retraso en la SST, de tal forma que el patrón de correlaciones no aparece en el mapa de correlaciones con la SST de invierno del año anterior (DEF). Así, para retrasos de la SST de un año y superiores los centros de correlaciones en muchas regiones tienden a cambiar de signo.

El fuerte impacto del ENSO en la región, da lugar a que anomalías positivas o negativas de la SST en el Pacífico tropical induzcan un ascenso o descenso de la temperatura del aire en Colombia. La amplia extensión de la zona de correlación en el Pacífico tropical explica las correlaciones obtenidas entre la temperatura y todos los índices asociados con El Niño evaluados. Además, la persistencia en el tiempo de correlaciones en el Pacífico tropical en donde el ENSO tiene su escenario principal, muestra el potencial predictivo que puede tener sobre la variabilidad de la temperatura en el país.

Conclusiones

En este trabajo se muestra que la variabilidad de la temperatura del aire en Colombia está fuertemente ligada con las variaciones del campo de presión en el Pacífico asociadas con el ENSO, no sólo en la estación contemporánea, sino también con las estaciones del año precedentes, lo que conferiría al ENSO una capacidad predictiva, más prolongada en el tiempo para el invierno que para el verano. Asimismo, existe cierto impacto de la SLP de otras regiones sobre la temperatura, en particular del Atlántico tropical, en el área de El Niño Atlántico, así como cierta influencia del Pacífico que podría estar ligada con cambios de la presión inducidos por variaciones del Niño Modoki (Ashok *et al.* 2007).

Se encuentra una fuerte relación entre la temperatura del aire y la SST estacional, especialmente en la región del Pacífico tropical, con fuerte capacidad predictiva para el invierno y en menor medida para el

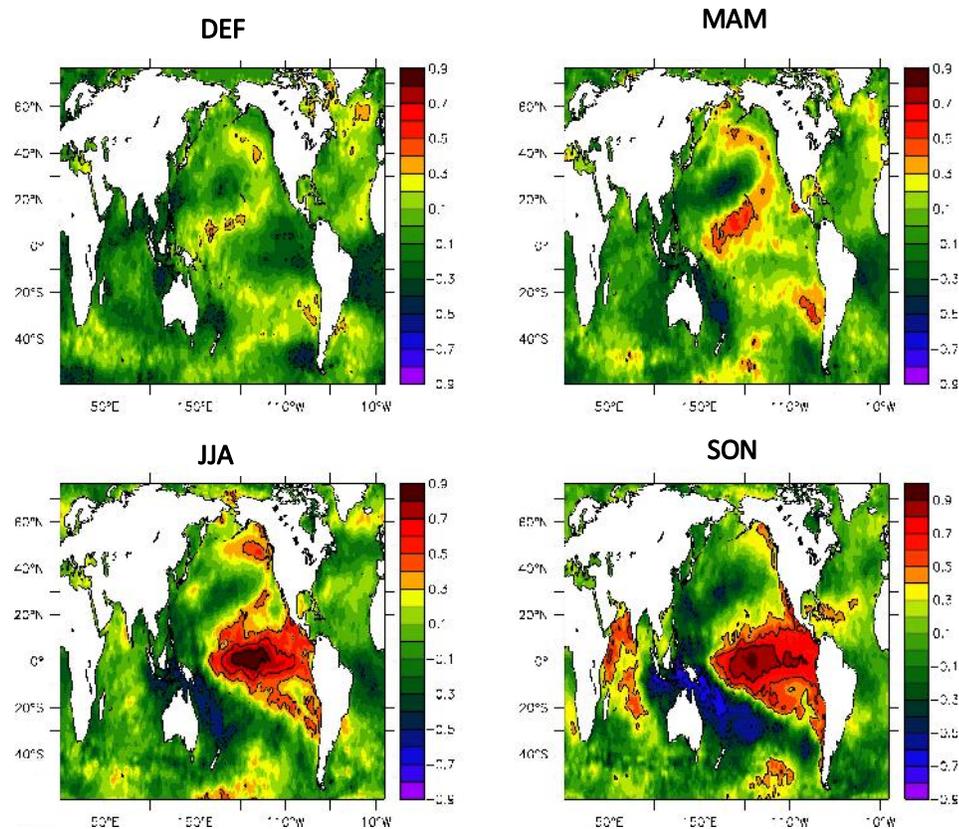


Figura 6. Mapas de correlaciones con retraso entre la SST estacional (invierno, primavera, verano y otoño) y la PC1 de temperatura de invierno. En contorno las correlaciones significativas al 95%.

verano. Es reseñable el fuerte impacto del ENSO en la región, de forma que anomalías positivas o negativas de la SST en el Pacífico tropical inducen un ascenso o descenso de la temperatura en Colombia, lo cual está de acuerdo con los resultados encontrados por otros autores (Pabón 2003a, Poveda 2000, 2002, 2004, Montealegre 1996, Montealegre y Pabón 2000, Poveda y Mesa 2000, Poveda *et al.* 2002, IDEAM 2002). La amplia extensión de la zona de correlación en el Pacífico tropical explica las correlaciones obtenidas entre la temperatura y los índices de teleconexión asociados con El Niño, esto es, independientemente de cuál sea la región donde se calcula el índice. Además, el patrón de correlaciones en el Pacífico occidental muestra la sensibilidad de la temperatura en Colombia a El Niño Modoki. Cabe destacar también la influencia de otras regiones de la SST, entre ellas la del Atlántico tropical, que presentan también cierto potencial predictivo. Por último, para al-

gunos índices como la PNA, WP, EA, y PDO, presentan correlaciones débiles significativas simultáneas, con la temperatura de las estaciones de invierno y verano. Estas relaciones pueden indicar algún efecto de las teleconexiones asociadas sobre la variabilidad de la temperatura y podrían ser útiles al explorar en más detalle la variabilidad del clima de Colombia.

Agradecimientos

Al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (COLCIENCIAS) y a la Universidad Tecnológica del Chocó (UTCH), por financiar los estudios de doctorado de S. Córdoba y R. Palomino en la Universidad de Granada, España. Este trabajo se ha realizado en parte en el marco del proyecto CGL2010-21188/CLI, financiado por el Ministerio Español de Ciencia e Innovación y los Fondos FEDER de la Comunidad Europea.

Literatura citada

- Ashok K, Behera SK, Rao SA, Weng H, Yamagata T. 2007. El Niño Modoki and its possible teleconnection. *J Geophys Res.* 112. C11007. doi: 10.1029/2006JC003798.
- IDEAM. 2002. *Efectos naturales y socioeconómicos del fenómeno El Niño en Colombia*. Bogotá: Dirección para la Prevención de Desastres. 80 pp.
- IDEAM. 2005. *Atlas climatológico de Colombia*. Bogotá: IDEAM.
- Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, Collins W, Deaven D, Gandin L, et al. 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull Am Meteorol Soc.* 77 (3): 437-71.
- Mapes BE, Warner W, Xiu XP. 2003. Diurnal patterns of rainfall in northwestern Southamerica. Part I: Observations and context. *Mon Wea Rev.* 131: 799-812.
- Montealegre J. 1996. *Análisis del comportamiento de la precipitación en Colombia durante los períodos de ocurrencia de los fenómenos ENOS (EL Niño-Oscilación del Sur) y el anti Niño*. Memorias IV Congreso Colombiano de Meteorología. Bogotá, pp.157-169.
- Montealegre J, Pabón JD. 2000. La variabilidad climática interanual asociada al ciclo El Niño-La Niña-Oscilación del Sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia. *Meteorol Colomb.* 2: 7-21.
- North GR. 1982. Empirical orthogonal functions and normal modes. *J Atmos Sci.* 41: 879-87.
- Pabón JD. 1996. *Variabilidad interanual de la precipitación estacional en el Pacífico y en la Amazonía colombiana*. Memorias del XIII Congreso de Geografía, Florencia, Colombia. Universidad de la Amazonía-ACOGÉ-OEA-PROMESUP. pp. 87-96.
- Pabón JD. 2003a. Fenómeno El Niño: efectos e impactos en el Pacífico colombiano. En: *El mundo marino de Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional. pp. 64-74.
- Pabón JD. 2003b. El cambio climático global y su manifestación en Colombia. *Cuad Geograf.* XII (1-2): 111-9.
- Poveda G. 1999. La corriente en chorro superficial del oeste (del Chocó) y otras dos corrientes de chorro atmosféricas sobre Colombia: Climatología y variabilidad durante las fases del ENSO. *Rev Acad Colomb Cien.* 23 (89): 517-28.
- Poveda, G, Mesa O. 2000. *Las fases extremas del fenómeno ENOS El Niño y La Niña y su influencia sobre la hidrología de Colombia*. Postgrado de Aprovechamiento de Recursos Hídricos. Medellín: Facultad de Minas, Universidad Nacional.
- Poveda G, Vélez JI, Mesa O, Hoyos CD, Mejía J, Barco OJ. 2002, et al. Influencia de fenómenos macro climáticos sobre el ciclo anual de la hidrología colombiana: cuantificación lineal, no lineal y percentiles probabilísticos. *Meteorol Colomb.* 6: 121-30.
- Poveda G. 2004. La hidroclimatología de Colombia: una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diurna. *Rev Acad Colomb Cien.* 28 (107): 20122.
- Rayner NA, Parker DE, Horton EB, Folland CK, Alexander LV, Rowell DP, et al. 2003. Globally complete analyses of sea surface temperature, sea ice and night marine air temperature, 1871-2000. *J Geophys Res.* 108: 4407.
- Thom HC. 1966. *Some methods of climatological analysis*. Technical note n° 81. World Meteorologica Organization. 52 p.