

RELACIÓN ENTRE ANOMALÍAS DE SST EN EL OCEANO PACIFICO TROPICAL Y EL ÍNDICE SPI-12 EN COLOMBIA.

David Enrique Trujillo Osorio y Juan Diego Giraldo Osorio

Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.

E-mail: david.trujillo@javeriana.edu.co, jgiraldo@javeriana.edu.co

Introducción

La fase cálida del ENSO (El Niño) se manifiesta sobre Colombia con una baja en las cantidades de agua precipitada y temperaturas altas generalizadas para todo el país, condiciones las cuales son propicias para las sequías. Por lo tanto, las sequías y su relación con fenómenos de carácter macro-climático son un tema vital de investigación. Para respaldar lo anterior, la principal cuenca colombiana (Cuenca Magdalena – Cauca, el 80% de la población colombiana habita en ella), es afectada regularmente por el fenómeno del El Niño, un ejemplo de esto fue El Niño ocurrido en los años 2012 – 2013, en donde el caudal del río Magdalena presentó una reducción media del 26%. Por esto, y las implicaciones que tienen afectaciones de este tipo, es necesario profundizar en las relaciones existentes entre fenómenos de escala macro-climática con los fenómenos regionales de sequía.

Colombia esta localizada al noreste de Sur América con características topográficas e hidro-climáticas que se mezclan con altos gradientes topográficos que se presentan en los Andes cruzando de sur a norte, los patrones de circulación atmosférica de Pacífico Tropical y el Mar Caribe, la dinámica hidro-climática de la cuenca del Amazonas y Orinoco y la fuerte retro-alimentación tierra-atmosfera hacen de Colombia el centro de nuevas investigaciones dirigidas a comprender las relaciones existentes entre los fenómenos ya descritos (Poveda, 2011).

En esta región, las dinámicas de la variabilidad climática a escalas temporales inter-anales están principalmente controladas por las dos fases del ENSO (El Niño Southern Oscillation): La fase cálida es conocida como El Niño y la fase fría como La Niña. Dinámicas las cuales deben ser analizadas para anticipar, mitigar y tomar acciones con respecto al cambio climático global (Poveda, 2009). Los eventos de El Niño se presentan cuando los vientos de este del Pacífico se debilitan o en ocasiones en el oeste, prevalecen los vientos del oeste. Esta condición genera una temperatura oceánica superficial más cálida que la normal en el eje este que puede asociarse a anomalías en la termoclina y en la circulación atmosférica que hace que el este sea más húmedo y el oeste más seco presentándose el patrón opuesto en La Niña. También se habla de El Niño Modoki, el cual es una condición anómala de este fenómeno, el cual se manifiesta con un patrón diferente: la temperatura superficial del mar (SST por sus siglas en inglés) más cálidas ocurren en el Pacífico central, con aguas más frías en el este y oeste, y están asociados con patrones anómalos de convección atmosférica; la fase fría de esta anomalía es llamada La Niña Modoki. (Ashok, 2009).

Los eventos de la fase cálida del ENSO afectan a Colombia con una reducción de la precipitación, lo cual puede ser visto como una sequía. La sequía es quizás el peligro natural más complejo, se puede definir como un evento meteorológico temporal que aduce a la falta de precipitación durante un período prolongado de tiempo en comparación con una condición promedio a largo plazo, sin embargo se desarrollan lentamente, son difíciles de detectar y pueden presentar diferentes facetas en una misma región (Morid et al, 2006).

Fuentes de datos

Para este trabajo fueron usadas dos bases de datos globales de libre acceso a todo público. La primera de estas es llamada SST, el cual representa el campo de temperaturas de la superficie oceánica global.

La NOAA ha estado midiendo las temperaturas de la superficie del mar satelitalmente desde 1972, Los datos de SST son captados en la noche para eliminar el efecto del deslumbramiento solar y reduce los datos atípicos causados por el calentamiento durante el día. Estos datos provienen de satélites con órbita polar, que miden la radiación infrarroja de la superficie del océano en todo el mundo todos los días.

La segunda llamada CHIRPS que representa el campo global de precipitación terrestre. Esta captura información de 50 ° N a 50 ° S y todas las longitudes, comenzando en 1981 hasta la actualidad. La resolución espacial incorpora imágenes satelitales de 0,05 ° (6 km) con datos de estación in situ que crean series temporales de lluvia. CHIRPS fue creado para ser utilizado en el análisis de tendencias y el monitoreo estacional de la sequía.

Ambas bases de datos recortadas a nuestro dominio de interés que, para el caso de la SST, se trabajó a resolución temporal mensual y espacialmente de 50 km recortada de los 40°N a los 40°S y de los 130°E hasta los 70°O, con una cobertura temporal que inicia en 1981-01-01 hasta 2016-12-31. Para el caso de CHIRPS la cobertura y resolución temporal es la misma, con respecto a la cobertura espacial, esta fue recortada desde los 13°N a los 05°S y 80°O a 65°O a resolución de 6 km por pixel.

Metodología

Con el fin de encontrar las relaciones existentes entre la temperatura superficial oceánica y la precipitación colombiana se implementó la descomposición por valores singulares (SVD, por sus siglas en inglés). Para ejecutarla, fue necesario tratar previamente los datos, pues que el método SVD entrega resultados más comprensibles cuando se ejecuta con valores estandarizados, que en este caso serán las anomalías de ambas variables.

Para obtener las anomalías de temperatura superficial (SSTa) se estandarizaron los valores para cada mes, es decir, para cada uno, la media y la desviación estándar de SST fueran extraídas, y esto teniendo en cuenta el ciclo anual de calentamiento y enfriamiento del océano. Continuando con CHIRPS, para extraer los valores de anomalías estandarizados el índice SPI con resolución anual (12 meses) fue usado con el objetivo de capturar los fenómenos de sequía en el tiempo teniendo en cuenta el ciclo anual de precipitación. Usando el paquete SPEI-R del lenguaje de programación R este índice fue calculado sobre la precipitación captada con CHIRPS sobre el territorio colombiano.

Para ejecutar el análisis de SVD entre SSTa y el SPI-12, el paquete en lenguaje R SVD-R fue utilizado. El SVD encuentra pares de patrones espaciales acoplados y su variación en el tiempo, cada par explicado una fracción de la co-varianza entre los dos campos es explicado. Para encontrar estos pares, se debe construir la matriz de covarianza cruzada temporal entre estos campos espaciales y dependientes, esta matriz puede ser rectangular ya que los dos campos pueden tener un número diferente de puntos de cuadrícula. Sin embargo, se requiere que ambas variables tengan el mismo período de tiempo.

Para encontrar los coeficiente de expansión para las variables se proyectó el vector singular en el campo de datos correspondiente, después de esto, el valor de correlación entre el coeficiente de expansión de las dos variables indica qué tan fuerte es la relación para cada par de patrones [eof manual y svd].

Para presentar los resultados se optó por el mapa de correlación heterogénea, el cual se construye con una correlación entre un modo de vibración de un campo y los valores del otro campo

presentes en su grilla original (SSTa o SPI-12), que indica qué tan bien pueden predecirse los valores de ese pixel de la grilla a partir del conocimiento del coeficiente de expansión del primer campo. Usando la función de correlación cruzada entre las series temporales de los coeficientes de expansión de ambos campos fue posible identificar el desfase entre los fenómenos capturados por el método SVD. Esto solo lo hizo para los modos principales seleccionados (1, 2 y 3). Para la incertidumbre de los valores de correlación heterogenea calculados el análisis iterativo de Montecarlo fue ejecutado.

Resultados

Como resultado, de SVD en los dos campos combinados (SSTa y SPI-12) se identificaron los tres modos principales de vibración acoplada, estos se eligieron porque representan el 89% de la covarianza cuadrada total. Ver tabla 1

Tabla 1.-Fracciones de la covarianza cuadrada entre SSTa y SPI-12 explicadas por cada modo conjunto de vibración. (Elaborado por el autor).

MODO	SCF
1	67%
2	16%
3	6%
TOTAL	89%

Los mapas de correlación heterogénea entre los coeficientes de expansión y cada campo de datos fueron desplegados en la figura 1, uno para cada variable y para cada modo de vibración principal, Pacifico tropical y SPI-12 sobre Colombia respectivamente, de igual forma, en las mismas figuras las series de tiempo que representa los coeficientes de expansión calculados y su función de correlación cruzada.

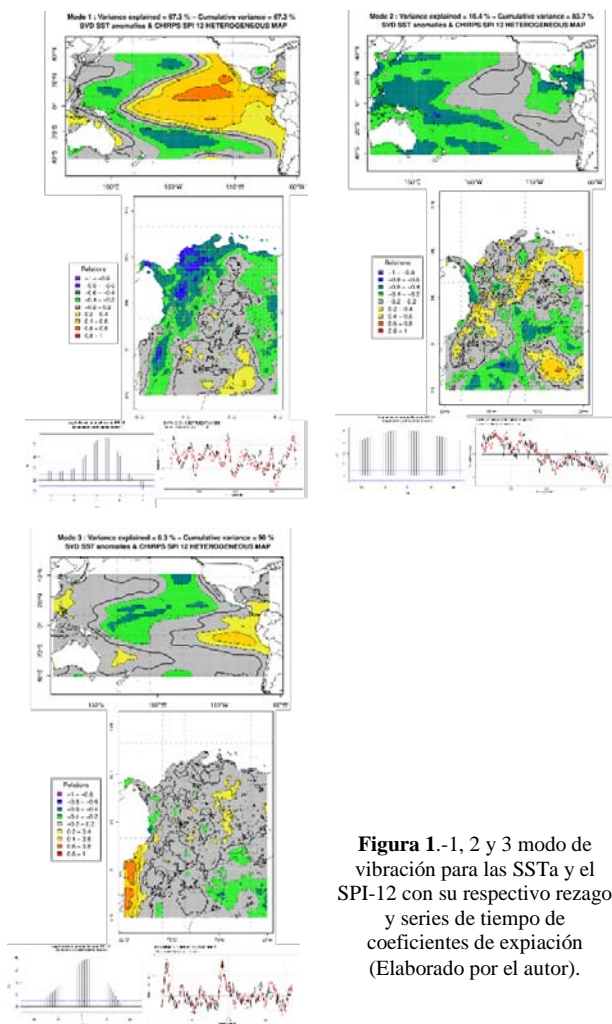


Figura 1.-1, 2 y 3 modo de vibración para las SSTa y el SPI-12 con su respectivo rezago y series de tiempo de coeficientes de expiación (Elaborado por el autor).

El primer modo de vibración conjunta explica el 67.3% de la varianza, este muestra sobre las zonas de El Niño 3-4, que SSTa positivas están correlacionadas con anomalías negativas de SPI-12 sobre los Andes colombianos. Por otro lado, los coeficientes de expansión muestran claramente que este patrón está relacionado con el fenómeno ENSO en donde pudieron ser identificados los fenómenos El Niño de 1991-92, 1997-98, 2012-2013, estos con 3 meses de rezago entre los picos de anomalías de SST inicialmente y déficits en la precipitación posteriormente. El segundo modo de vibración explica el 16.4% de la varianza conjunta, este muestra tendencias negativas de SSTa en el este del Pacifico y algunas áreas sobre el oeste, cercanas a América Central relacionadas con valores positivos de SPI-12 en pocas áreas sobre la zona Andina y valores negativos en algunas áreas de la región del Choco y la cuenca Amazónica. Las series de tiempo de los coeficientes de expansión muestran un cambio repentino de valores positivos a valores negativos en los años 98-99, la cual coincide con el cambio de fase de la Oscilación Decadal de Pacifico o por sus siglas en inglés (PDO), dicho esto por la similitud entre zonas de calentamiento y enfriamiento sobre el Océano Pacifico que presenta esta oscilación calculadas con el SVD. El tercer modo de vibración principal explica el 6.3% de la varianza conjunta, teniendo en este punto ya una explicación acumulada del 89 %, con lo que podemos relacionar ese porcentaje del comportamiento de las anomalías de la precipitación en Colombia están ligados con buenos valores de correlación a lo que suceda con las temperaturas superficiales del Océano Pacifico. Este último patrón esta probablemente ligado con El Niño Modoki por sus tendencias negativas sobre los ejes este y oeste y tendencias positivas en la zona central del Océano Pacifico tropical, las cuales son muy similares con esta alteraciones del ENSO en sus zonas de enfriamiento y calentamiento normales.

Conclusiones

La fuerte influencia que tiene el Océano Pacifico sobre la precipitación en Colombia esta descrita en este estudio, únicamente usando los 3 modos principales, se logra describir un 89% de la variabilidad conjunta, con valores de correlación heterogénea, la cual describe como la vibración de un campo predice la del otro, en este caso, como fuente el Océano Pacifico. Los 3 modos principales fueron escogidos por tener similitud con patrones espaciales y temporales ya medidos, como los fenómenos de El Niño captados por las series de tiempo de los coeficientes de expansión y los patrones espaciales como las zonas 3-4 del ENSO, el patrón de calentamiento y enfriamiento de la PDO y las zonas de El Niño Modoki. Sin embargo solo una fracción del territorio colombiano esta explicada con valores de correlación buenos, hablando principalmente de la zona Andina. Esto significa que es necesario ampliar el espectro de posibles factores involucrados en esta dinámica climática, claros ejemplos de estos pueden ser el Mar Caribe, la cuenca Amazónica, los vientos Alisios y demás. Con el objetivo de mejorar la comprensión para ganar tiempo frente a estos fenómenos y tomar decisiones adecuadas.

Referencias

Ashok Karumuri y Yamagata Toshio.(2009) Climate change: The El Niño with a deference. Nature, 461(7263):481{484, 2009. ISSN 0028-0836.

Poveda G, Alvarez Dm, y Rueda Oa. (2001). Hydro-climatic variability over the Andes of Colombia associated with ENSO: a review of climatic processes and their impact on one of the Earth's most important biodiversity hotspots. CLIMA- TE DYNAMICS, 36(11-12):2233-2249, 2011.

Poveda G. y Pineda K (2009). Reassessment of Colombia's tropical glaciers retreat rates: are they bound to disappear during the 2010{2020 decade Adv. Geos- ci.22:107{116, 2009. ISSN 1680-7359.