

PATRONES DE PRECIPITACIÓN EN SURAMÉRICA Y VARIABILIDAD DE GRAN ESCALA DURANTE LA PRIMAVERA

RAINFALL PATTERNS IN SOUTH AMERICA AND THE LARGE SCALE VARIABILITY DURING SPRING

GUILLERMO O. OBREGÓN*

RESUMEN

Se determinaron los patrones dominantes de la precipitación de la estación de primavera (SON) sobre América del Sur y su relación con el campo de la presión atmosférica a nivel medio del mar, mediante el método de descomposición de valores singulares para el período 1951-1990. El primer (segundo) modo de la precipitación es similar al patrón Pacífico-América del Sur (oscilación de la Antártica), donde la TSM de los océanos Índico y Pacífico tienen el papel principal de forzante dinámica que se propagan para las latitudes mayores a través de ondas de Rossby. También, las tendencias observadas durante este período parecen estar relacionados con el cambio climático brusco de corta duración, similar a «El Niño», ocurrido a mediados de la década de 1970.

Palabras clave: Patrones de precipitación; Suramérica; Tendencia lineal.

ABSTRACT

The dominant patterns of the rainfall over South America, related to the global sea level pressure, for the spring (SON) season were determined using the singular value decomposition for the period 1951-1990. The first (second) rainfall mode is similar to Pacific-South America pattern (Antarctic Oscillation), with the SST over Indian and Pacific oceans are the mainly forcing propagating to higher latitudes through Rossby waves. The observed linear trend during this period seems to be related to the abrupt short climate change «like ENOS» occurred at middle of 1970.

Keywords: Rainfall patterns; South America; Linear trend.

INTRODUCCIÓN

Los análisis mensuales de tendencia lineal y cambio climático sobre América del Sur (AS), con base en los datos mensuales de precipitación para el período 1951-1990, muestran la presencia de un patrón espacial de intensidad de inclinación de la tendencias, geográficamente coherente, durante los meses de primavera (SON), los cuales, aparentemente, están asociados con el cambio climático de corta duración ocurrida en la mitad de la década de 1970.

El objetivo de este trabajo es determinar los modos dominantes de anomalías de precipitación sobre AS para la primavera y su relación con determinados

patrones oceánicos y atmosféricos globales, con la finalidad de identificar posibles mecanismos físicos relacionados con cada patrón espacial de la precipitación sobre AS.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos básicos utilizados son las series de precipitación total mensual de 97 estaciones, desde 1951 a 1990, distribuidas al este de la cordillera de Los Andes, entre 5°N y 35°S. Además se utilizaron datos de presión a nivel medio del mar (PNMM) de los reanálisis del National Center for Environmental Prediction (NCEP). Los análisis de tendencia lineal se realizaron a través del método no paramétrico de

* Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Centro de Ciência do Sistema Terrestre (INPE/CCST), Cachoeira Paulista, São Paulo, Brasil. e-mail: obregon@cptec.inpe.br

Fecha de recibido: Junio 11, 2008

Fecha de aprobación: Octubre 2, 2008

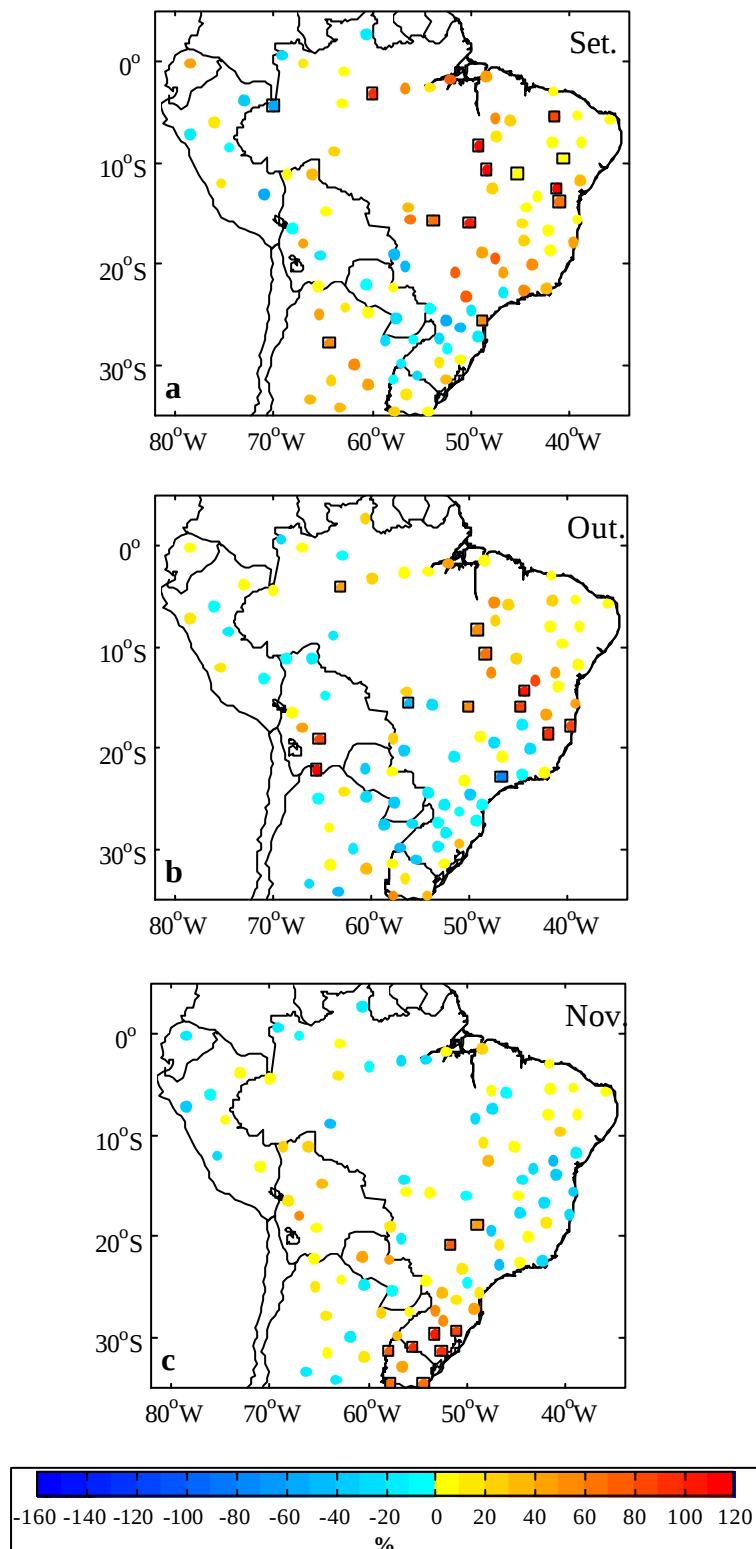


Figura1. Porcentaje de la tendencia lineal de la precipitación, en relación con la media climática para los meses de setiembre (a), octubre (b) y noviembre (c). Se indica el porcentaje en la escala de colores.

Sen (Sen 1968) y el método de Mann-Kendall (Gilbert 1983) se utilizó en la prueba de significancia estadística. Mediante el análisis de descomposición de valores singulares se determinaron los modos de acoplamiento entre las anomalías de precipitación mensual sobre AS y la PNMM para los meses entre septiembre y noviembre.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tendencias lineales de la precipitación en los meses de primavera. Al inicio del período lluvioso, de septiembre a octubre, sobre la mayor parte de AS (Figura 1 a y b), se observa un patrón de tendencias positivas, estadísticamente significativas al nivel de 95%, distribuidas coherentemente sobre el noreste del Brasil y este de la Amazonía. Este patrón cambia de fase abruptamente en noviembre (Figura 1 c), cuando se observan tendencias negativas no significativas sobre gran parte de la Amazonía y el noreste del Brasil y, al mismo tiempo, se registran tendencias positivas significativas sobre el sur de Brasil y Uruguay.

En la Figura 2 se observa un resumen de la distribución de tendencias a lo largo del año, para una estación localizada en la región sur de Brasil (31.4° S -52.7° W). Se observa que la tendencia lineal de cada mes está intrínsecamente relacionada con la alteración del régimen anual de la precipitación, como son evidentes entre los meses de mayo y agosto; sin embargo, el valor significativo ocurre en noviembre. Otra característica importante observada entre los meses de marzo a diciembre es el cambio de comportamiento de precipitación mensual a mediados de la década de 1970.

Análisis de descomposición de valores

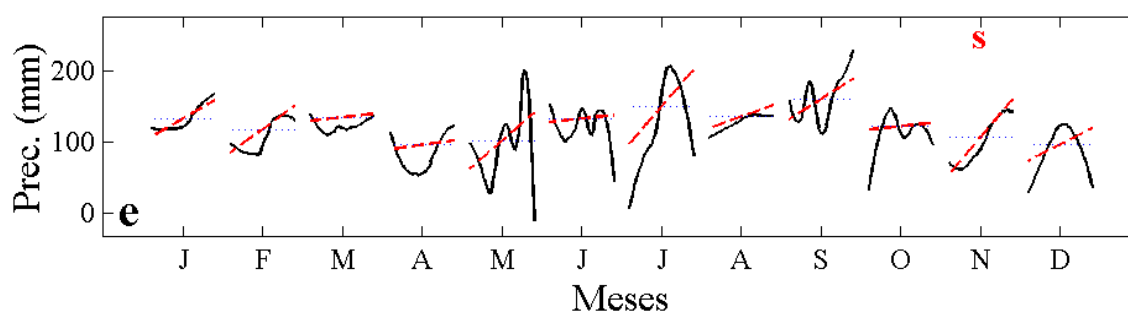


Figura 2. Distribución mensual de las series de precipitación suavizadas mediante el método de regresión local (líneas negras continuas) y tendencia lineal mensual según el método de Sen (líneas rojas discontinuas) para el sur de Brasil. La tendencia lineal es significativa al nivel de 95%, indicado en la parte superior por (s).

singulares de la precipitación. El análisis de descomposición de valores singulares (DVS) se utiliza como herramienta para determinar los modos acoplados de variabilidad entre la precipitación sobre SA y el campo de PNMM en la faja latitudinal entre 80° S y 20° S. Esto se realizó con base en diversos estudios relacionados con la oscilación semi-anual del hemisferio sur y oscilación de la Antártica que presentan evidencias de oscilaciones cuasi-decadales y tendencia lineal, particularmente en la estación de primavera (Hurrell y Van Loon 1994, Chen y Yen 1997, Thompson y Wallace 2000).

Los resultados de los análisis de DVS indican que los tres primeros modos explican: 37%, 19% y 9.8% de la covarianza cuadrática total, respectivamente. Y como el cuarto modo, que explica 7.2% de la covarianza, no se encuentra estadísticamente separado del tercer modo, los análisis se enfocarán sólo en los dos primeros.

Primer modo: Patrón Pacífico-América del Sur.

El patrón espacial de las anomalías de la precipitación sobre América del Sur de este modo (Figura 3 a) presenta valores con señales opuestas entre las latitudes menores que 20° S y mayores que ésta. Anomalías centradas sobre la región sudeste y sur del noreste del Brasil, con extensión hacia la Amazonía, son opuestas a las que están centradas en la región sur. La serie temporal (Figura 3 a) muestra la fuerte existencia de variabilidad casi decadal y débil variabilidad interanual e intra-estacional.

Las anomalías de la PNMM (Figura 3c) presentan un patrón de onda número tres en latitudes altas (~60° S) y un tren de ondas bien definido que se extiende desde el Pacífico tropical hasta SA, similar al patrón Pacífico-América del Sur (Mo y Higgins, 1998). La serie temporal de las anomalías de la PNMM (Figura 3d) presenta variabilidad similar que el observado en la serie de precipitación (Figura 3b).

Segundo modo: Patrón de oscilación de la Antártica.

El campo de anomalías de la precipitación (Figura 4a) es semejante al primer patrón (Figura 3a), con la diferencia en la localización de las anomalías que son más latitudinales. Este patrón se caracteriza sobre todo por las anomalías de precipitación de señal opuesta entre el sudeste y centro-oeste del Brasil con la región Sur. La serie temporal (Figura 4b) indica la naturaleza de baja frecuencia de este modo, capturando las características de las tendencias lineales de la precipitación de primavera. Esto sugiere que la región Sur de Brasil viene sufriendo un incremento constante de precipitación y una disminución en las otras regiones.

El patrón espacial de la PNMM (Figura 4 b) muestra una simetría zonal intensa con reversión de fase entre latitudes alta y medias, particularmente sobre el sur del Océano Índico y este del Pacífico. La serie temporal de este modo (Figura 4d) muestra tendencia lineal positiva y poca variabilidad interanual e intra-estacional a lo largo de todo el período del análisis.

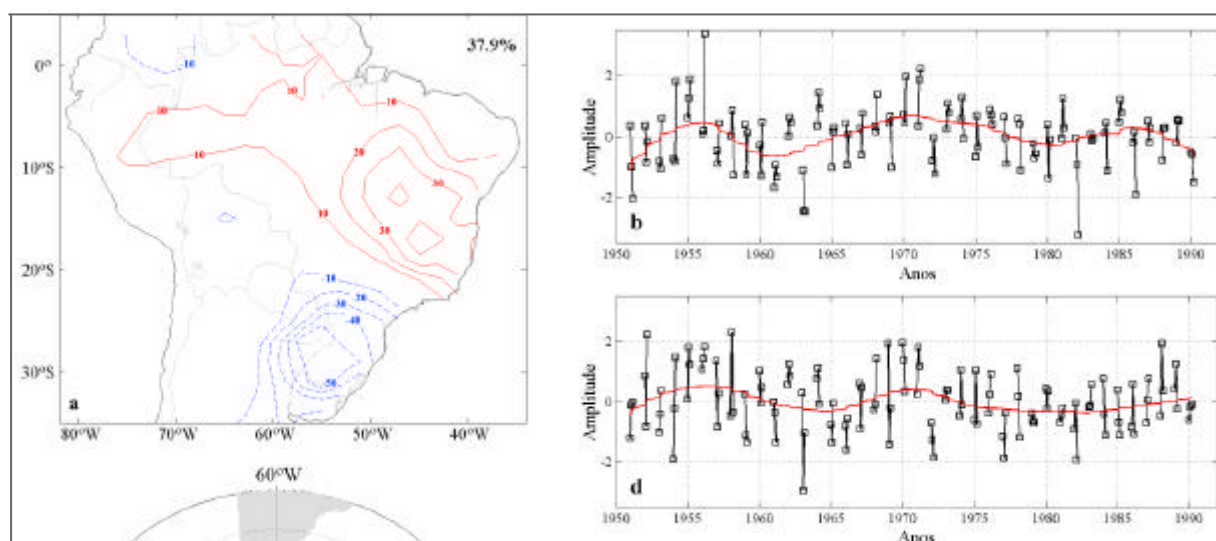


Figura 3. Patrones espaciales para el DVS de la precipitación de primavera (SON) sobre AS (a) y de la PNMM (c), presentados como mapas de regresión homogénea. Línea de contorno positiva (negativa) indicada por isolínea roja continua (azul discontinua). Intervalo de 10 mm en (a) y 1 hPa en (c). Se omite la línea de contorno cero. Coeficientes temporales de expansión normalizados para el DVS₁ de la precipitación (b) y de la PNMM (d). La línea roja continua indica series suavizadas por el método de regresión local.

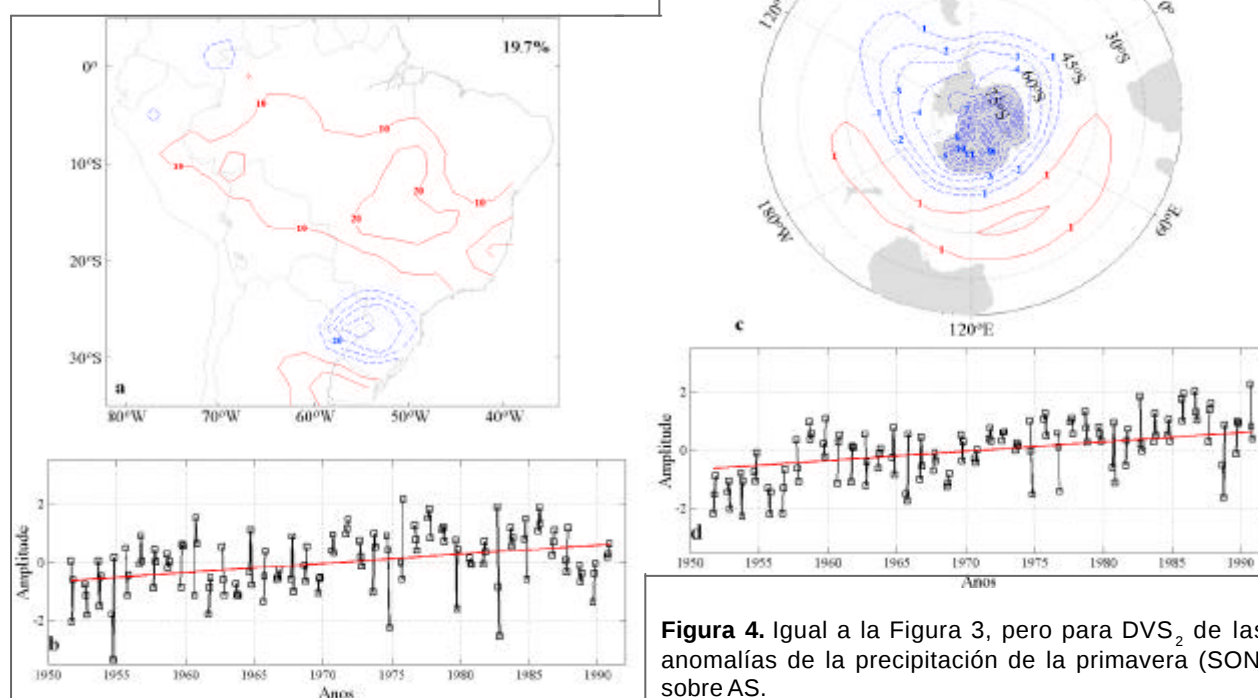


Figura 4. Igual a la Figura 3, pero para DVS₂ de las anomalías de la precipitación de la primavera (SON) sobre AS.

CONCLUSIONES

El análisis multivariado de DVS entre la precipitación de primavera sobre SA y el campo de la PNM realizados para el período de 1951-1990, sugieren que las anomalías de TSM sobre el Océano Índico y Pacífico oeste son las forzantes de ondas barotrópicas equivalentes que se propagan como ondas de Rossby, siguiendo patrones de teleconexiones para América del Sur. Estas ondas son causales físicos para la ocurrencia o no de precipitación durante los meses de primavera (SON). Los patrones espaciales de tendencias lineales coherentes parecen ser resultados de los cambios temporales ocurridos en la mitad de la década de 1970, asociados directamente con los cambios de TSM del Pacífico.

LITERATURA CITADA

- Chen, T. C.,** Yen, M. C. 1997. Interdecadal variation of Southern Hemisphere circulation. *J Climate*. **10**: 805-12.
- Gilbert, R. O.** 1983. *Statistical methods for environmental pollution monitoring*. New York: Van Nostrand Reinhold; 320 p.
- Hurrell, J. W.,** Van Loon, H. 1994. A modulation of atmospheric annual cycle in the Southern Hemisphere. *Tellus*. **46A**: 325-38.
- Mo, K. C.,** Higgins, W. 1998. The Pacific South American modes and tropical convection during the Southern Hemisphere winter. *Monthly Weather Rev.* **126**: 1581-96.
- Sen, P. K** 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendalls's tau. *J Am Stat Asso.* **63**: 1379-89.
- Tompson, D. W. J.,** Wallace, J. M. 2000. Annular modes in the extratropical circulation. Part I: Month to month variability. *J Climate*. **13**: 1000-1016.