

ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE LA RELACIÓN ENTRE LA OSCILACIÓN DEL SUR Y LA PRECIPITACIÓN EN AMÉRICA DEL SUR

Patricio Aceituno *

Aldo Montecinos *

Resumen

La Oscilación del Sur (OS) es un factor significativo de la variabilidad interanual de la precipitación en América del Sur, particularmente en el sector norte del continente; en la región costera del norte de Perú; en el nordeste brasileño; en la cuenca del río Paraná; y en Chile central. Utilizando la presión en Darwin como un índice de la OS, se determina que su relación con la precipitación en esas regiones ha cambiado significativamente a lo largo de los últimos cien años. No se excluye la posibilidad que tales fluctuaciones reflejen cambios en el funcionamiento de la OS. Esta situación limita considerablemente la utilización de este índice de la OS en modelos estadísticos de pronóstico climático y añade un grado adicional de incertidumbre a las extrapolaciones hacia el pasado remoto de las relaciones regionales actuales entre la OS y la variabilidad climática interanual.

Palabras claves: América del Sur, clima, precipitación, Oscilación del Sur, fenómeno El Niño.

ANALYSE DE LA STABILITÉ DE LA RELATION ENTRE L' OSCILLATION DU SUD ET LA PRÉCIPITATION EN AMÉRIQUE DU SUD

Résumé

L' Oscillation du Sud (OS) est un facteur important forçant la variabilité interannuelle de la précipitation en Amérique du Sud, notamment dans le secteur nord du continent, dans la région côtière du nord du Pérou, dans le nord-est brésilien, dans le bassin du fleuve Parana, et dans le Chili central. En utilisant la pression à Darwin comme un indice de l' OS, un changement de la relation entre celle-ci et la précipitation est observé au cours du dernier siècle. Il est possible que ces fluctuations mettent en évidence des changements dans le fonctionnement de l' OS. D'une part, cette situation limite considérablement l'utilisation de cet indice de l' OS dans des modèles statistiques de prévision climatique. D' autre part, ce fait introduit un certain degré d' incertitude dans les études basées sur l' extrapolation de relations actuelles OS-variabilité climatique pour l' interprétation du passé lointain.

Mots clés: Amérique du Sud, climat, précipitation, Oscillation Australe, phénomène El Niño.

STABILITY ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE SOUTHERN OSCILLATION AND RAINFALL IN SOUTH AMERICA

Abstract

The Southern Oscillation (SO) is a significant factor of the interannual rainfall variability in South America, particularly in the northern portion of the continent; the coastal sector of northern Peru; Northeast Brazil; the southern part of the Paraná basin; and central Chile. Using sea level pressure at

* Departamento de Geofísica. Universidad de Chile, Casilla 2777 Santiago - Chile

Darwin as an index for the SO, it is determined that its relationship with rainfall in those regions has varied significantly during the past hundred years. The possibility that these fluctuations reflect changes in the functioning of the SO is not excluded. This situation limits considerably the potential of this SO index in statistical models of climate forecasting in South America, and makes uncertain the extrapolation to the past of relationships between the SO and the interannual climate variability, observed during the present.

Key words: South America, climate, rainfall, Southern Oscillation, El Niño phenomenon.

1. INTRODUCCIÓN

La Oscilación del Sur (OS) corresponde a una fluctuación cíclica del sistema océano-atmósfera en el Pacífico tropical. En la atmósfera, este fenómeno se manifiesta como una tendencia al desarrollo de anomalías de presión de signo inverso en el sector occidental del Pacífico tropical y en la región vecina al anticiclón subtropical del Pacífico suroriental. La fase positiva de la OS se refiere a aquellas condiciones cuando la presión es anormalmente alta en esta última región y por debajo de la normal en el sector de Oceanía, en tanto que la fase negativa de la misma corresponde a la situación cuando las anomalías de presión son opuestas a las descritas anteriormente.

La OS constituye un factor significativo de la variabilidad climática interanual en gran parte del trópico. Su influencia se extiende también a las regiones extratropicales a través de esquemas de teleconexiones climáticas que se desarrollan principalmente durante la fase negativa. Una de las perturbaciones más notorias en el sistema océano-atmósfera durante esta fase es la ocurrencia del fenómeno ENOS (El Niño/Oscilación del Sur) que típicamente se asocia con un calentamiento anómalo de la capa oceánica superficial en gran parte del Pacífico ecuatorial.

Numerosos trabajos han documentado el impacto de la OS y de los eventos ENOS en la variabilidad interanual de la precipitación en América del Sur. Entre las anomalías climáticas más notables durante los eventos ENOS destaca la ocurrencia de lluvias torrenciales y condiciones anormalmente cálidas en el sector costero del sur de Ecuador y norte de Perú. La fase negativa de la OS se caracteriza, además, por una tendencia a un déficit pluviométrico en el sector norte del continente (Ropelewski & Halpert, 1987; Rogers, 1988; Aceituno, 1988) y a un exceso pluviométrico en la cuenca del río Paraná (Kousky *et al.*, 1984; Aceituno, 1988) y en Chile Central (Quinn *et al.*, 1978; Rutllant & Fuenzalida, 1991). Otros estudios han mencionado la coincidencia de episodios de El Niño con sequías en el nordeste brasileño (Caviedes, 1973; Hastenrath & Heller, 1977) y en el sector altiplánico (Thompson *et al.*, 1984). El objetivo de este trabajo es analizar la estabilidad temporal de estas relaciones, las que por regla general se han establecido utilizando registros pluviométricos relativamente cortos. Este análisis es relevante en relación a las evidencias de cambios en las relaciones climáticas que involucran a la OS, y en general en los sistemas de teleconexiones climáticas (Ramage, 1983; Pittcock, 1984; Trenberth & Shea, 1987; Elliot & Angell, 1988)

2. DATOS

Como un índice de la OS se consideró la serie de presión media mensual en Darwin (12° 26' S, 130° 52' E) durante el período 1876-1989. La serie inicialmente disponible a partir de 1882, fue extendida hasta 1876 con datos publicados en Allan *et al.* (1991). Este índice resulta

comparable en calidad con otros que se han propuesto para la OS (Trenberth & Shea, 1987; Elliott & Angell, 1988), y cumple además con las condiciones requeridas en cuanto a extensión temporal y homogeneidad.

La distribución espacial de las estaciones pluviométricas y los períodos con datos disponibles a partir de 1876 para cada una de las series se presentan en la Fig. 1 y en la Tabla 1, respectivamente. Todos los registros pluviométricos analizados se inician antes de 1900. En la región del Altiplano se utilizó como un índice pluviométrico la fluctuación en el nivel del lago Titicaca, para el cual existe un registro continuo a partir de 1914.

Los datos mensuales fueron revisados para eliminar errores evidentes. Con la excepción de Georgetown y Quixeramobim, las series fueron obtenidas directamente de los servicios meteorológicos a cargo de las observaciones. No fue posible verificar eventuales problemas de homogeneidad temporal en las series, que pudieran derivarse de cambios de ubicación de las estaciones.

En la Fig. 2 se muestra la evolución anual de la precipitación en cada estación. En Bogotá y Georgetown (Fig. 2a) se distinguen dos máximos relativos durante el año, que reflejan el paso de la banda de convergencia intertropical en sus desplazamientos hacia el norte y hacia el sur a lo largo del ciclo anual. Quixeramobim (Fig. 2b) muestra el régimen pluviométrico característico del sector semi-árido del nordeste brasileño, con un máximo bien definido durante el otoño austral. En Chile central la precipitación se concentra durante el invierno austral (Fig. 2c) y está asociada a la incursión ocasional de frentes fríos desde latitudes medias. Las estaciones Ceres y Corrientes (Fig. 2d) representan el régimen

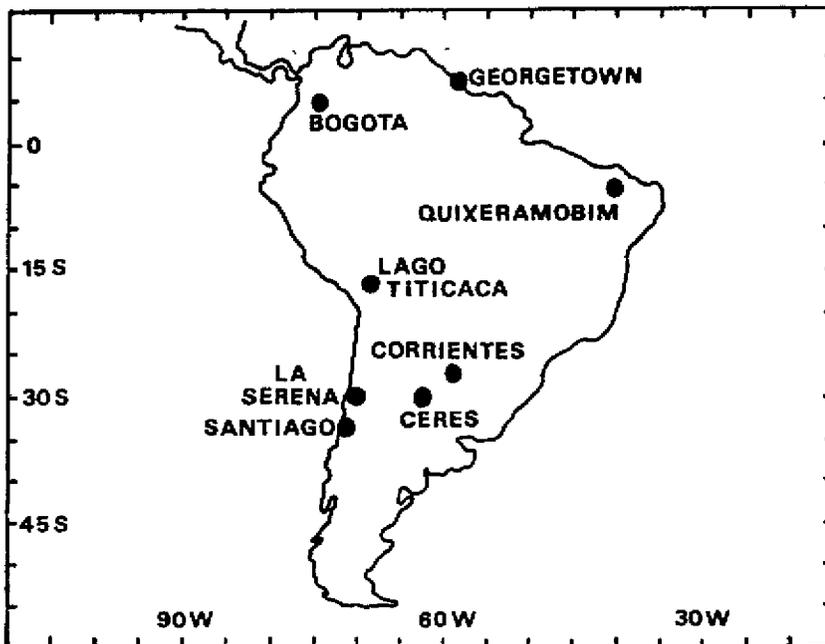


Fig. 1 - Localización de las estaciones pluviométricas y del lago Titicaca.

ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	PERÍODO
Georgetown	6° 49' N	58° 11' O	1894 - 1980
Bogotá	4° 38' N	74° 05' O	1876 - 1985
Quixeramobim	5° 12' S	39° 18' O	1896 - 1989
Corrientes	27° 28' S	65° 46' O	1876 - 1988
Ceres	29° 53' S	61° 57' O	1896 - 1988
La Serena	29° 54' S	71° 15' O	1876 - 1987
Santiago	33° 27' S	70° 42' O	1876 - 1989
Nivel lago Titicaca en Puno	15° 52' S	70° 00'	1914 - 1992

Tabla 1 - Distribución espacial de estaciones pluviométricas y períodos con datos disponibles.

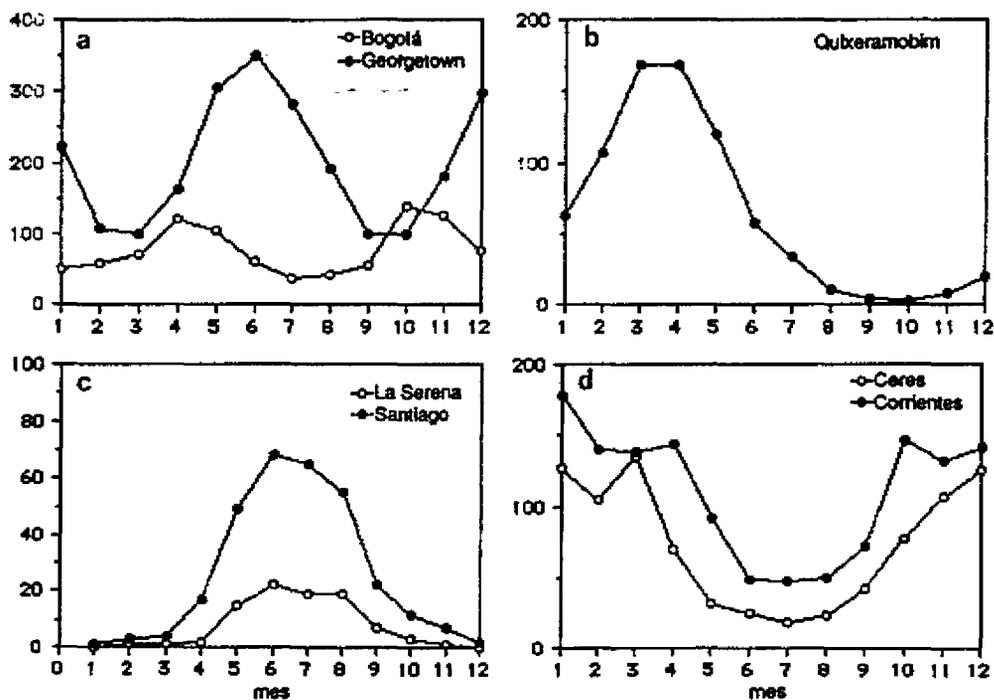


Fig. 2 - Evolución anual de la precipitación, expresada en mm, en las estaciones indicadas en la Tabla 1: a) Bogotá y Georgetown; b) Quixeramobim; c) Santiago y La Serena; d) Corrientes y Ceres.

pluviométrico en el sector sur de la cuenca del río Paraná. La precipitación es más abundante durante el verano austral, como resultado de una mayor advección de aire húmedo y cálido desde el norte. El aumento en el nivel del lago Titicaca durante el verano austral (no mostrado en la Fig. 2) refleja la concentración de las lluvias en el Altiplano durante esta época del año.

3. METODOLOGÍA

Las técnicas más frecuentemente utilizadas para establecer relaciones con la OS han sido los análisis de correlación y estratificación. En este caso se calcularon correlaciones móviles de 30 años entre la precipitación y la presión en Darwin, considerando la época del año para la cual estudios previos han mencionado la existencia de una asociación significativa entre la OS y la precipitación. La significancia estadística de cada valor se estableció según un test convencional.

Adicionalmente, se recurrió a un análisis de estratificación de las series pluviométricas, en base a la ocurrencia de valores anormalmente altos o bajos de presión en Darwin, durante períodos móviles de 30 años. Para cada período se calculó la diferencia (D) entre los valores medios de precipitación durante los 6 años con valores más altos y los 6 años con valores más bajos de presión en Darwin. La significancia estadística de esta diferencia se analizó con un test de Monte Carlo, mediante el cual, para cada período de treinta años se construyó una serie de 500 valores, cada uno calculado como la diferencia de precipitación media entre dos muestras de seis años seleccionados al azar. Si D quedaba fuera del intervalo definido por los percentiles 5% - 95% de la distribución estadística de la serie de 500 diferencias, se consideró que existe una diferenciación significativa entre los regímenes pluviométricos durante los años con valores anormalmente altos y bajos de presión en Darwin.

4. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

La Fig. 3 incluye la evolución de la correlación para dos estaciones en el norte del continente (Bogotá y Georgetown) y dos en el sector subtropical de la costa del Pacífico (Santiago y La Serena) durante el invierno austral (Jun-Jul-Ago). El impacto de la OS sobre la precipitación en ambas regiones es significativo durante esta época del año (Aceituno, 1988; Rutllant & Fuenzalida, 1991). En el caso de Bogotá, este período coincide con un mínimo relativo de precipitación durante el ciclo anual (Fig. 2a). En Georgetown, en cambio, los meses del invierno austral corresponden más bien a una fase de transición, luego del máximo de precipitación que se observa a principios de esta estación del año en asociación al paso hacia el norte de la banda de convergencia intertropical. En Chile central la precipitación se concentra en esta época del año (Fig. 2c).

Se advierte en la Fig. 3 un predominio general de correlaciones negativas en el sector norte del continente y positivas en Chile central. Esto indica la existencia de una tendencia a inviernos australes anormalmente lluviosos en esta última región y secos en el sector más septentrional del continente, durante la fase negativa de la OS. La correlación no siempre ha superado el nivel de significancia de 95% y en el caso de Georgetown se observa que durante un cierto período cambió de signo. Existe un cierto paralelismo en la evolución de la correlación en las duplas Bogotá-Georgetown (Fig. 3a) y Santiago-La Serena (Fig. 3b), lo cual sugiere la existencia de cambios coherentes a nivel regional en la relación OS-precipitación.

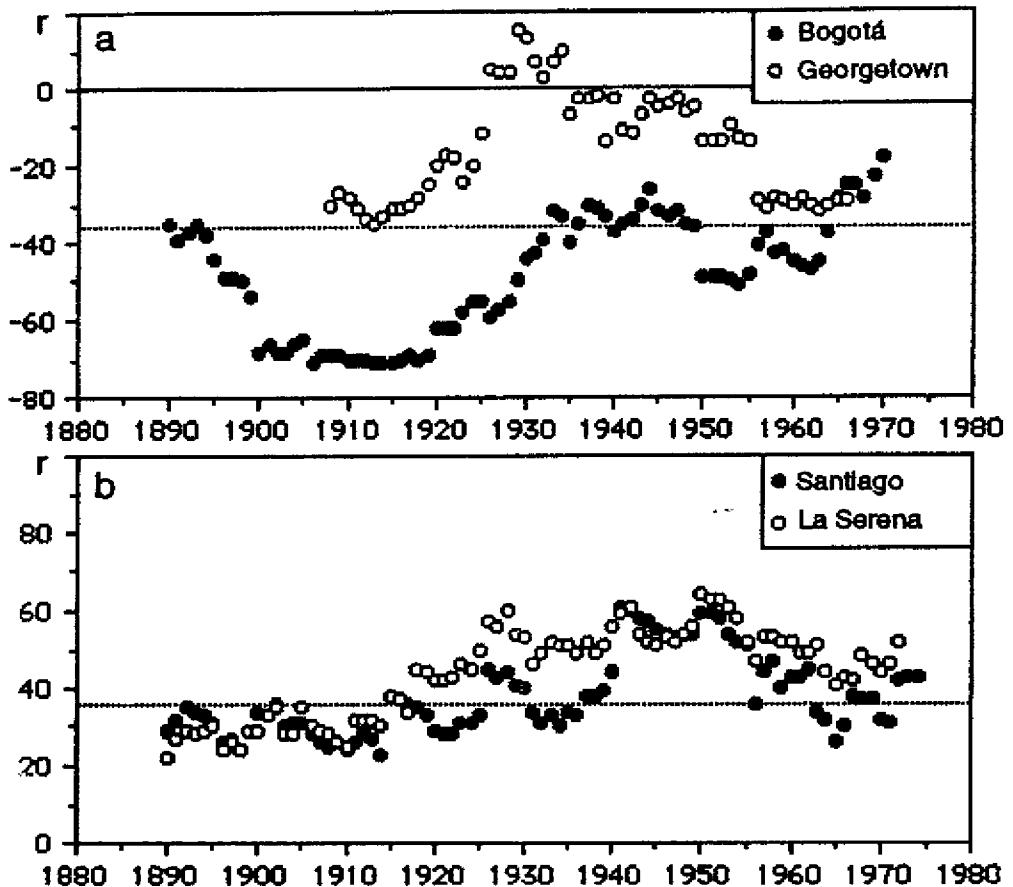


Fig. 3 - Correlación móvil entre la presión media en Darwin y la precipitación en la estación indicada, durante Jun-Jul-Ago, considerando períodos de 30 años: a) Bogotá y Georgetown; b) Santiago y La Serena. Los valores, expresados en centésimos, se asignan al año número 15 del período correspondiente de 30 años. La línea horizontal punteada señala el nivel de significancia de 95%. La localización de las estaciones se indica en la Fig. 1.

En Bogotá y Georgetown las magnitudes más altas se observan en los períodos de treinta años centrados entre 1900 y 1920 y alrededor de 1960. Es notable el caso de Bogotá donde durante un largo período a principios del presente siglo la variación interanual de la presión en Darwin llegó a explicar un 50% de la varianza de la precipitación. En el período más reciente, sin embargo, aunque la correlación sigue siendo negativa no alcanza el nivel de significancia de 95%. En el caso de Chile Central (Fig. 3b) las correlaciones positivas aumentaron sostenidamente hasta mediados del presente siglo, cuando se alcanzan en ambas estaciones valores cercanos a +0.60, observándose posteriormente un debilitamiento.

La Fig. 4 muestra un análisis similar al descrito en relación a la Fig. 3, para las estaciones Bogotá y Georgetown durante el verano austral (Fig. 4a); Quixeramobim durante el período de lluvias en el nordeste brasileño (Fig. 4b); y Ceres y Corrientes en el período de primavera-verano del Hemisferio Sur (Fig. 4c).

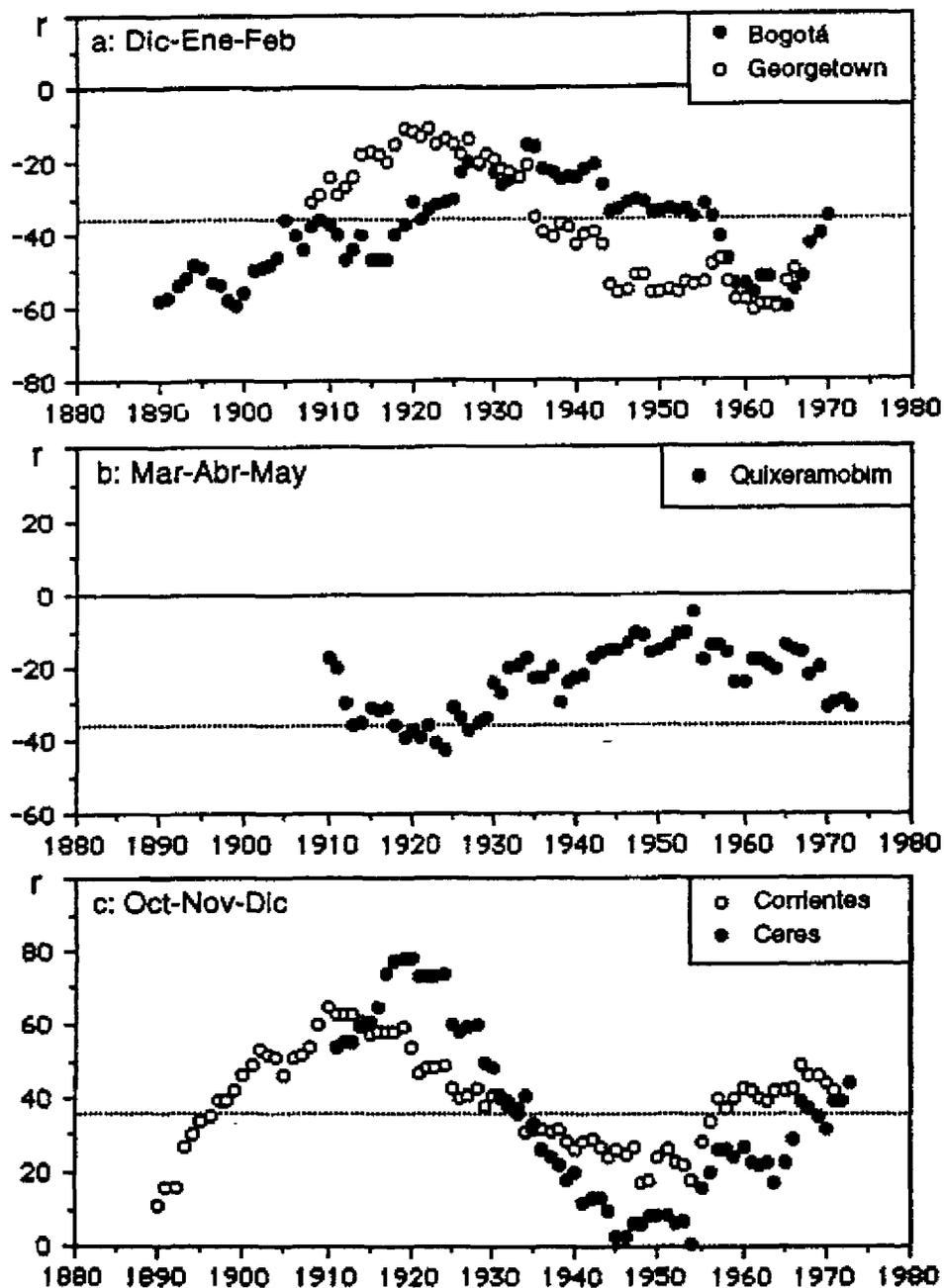


Fig. 4 - Correlación móvil entre la presión media en Darwin y la precipitación en la estación indicada, considerando períodos de 30 años: a) Bogotá y Georgetown durante Dic-Ene-Feb; b) Quixeramobim durante Mar-Abr-May; c) Ceres y Corrientes durante Oct-Nov-Dic. Los valores, expresados en centésimos, se asignan al año número 15 del período correspondiente de 30 años. La línea horizontal punteada señala el nivel de significancia de 95%. La localización de las estaciones se indica en la Fig. 1.

Estudios previos señalan que durante el verano austral la OS también es un factor significativo de la variabilidad interanual de la precipitación en el sector norte de América del Sur (Roger, 1988; Aceituno, 1988; Hastenrath, 1990a). Estos estudios coinciden en indicar la existencia de una tendencia a un déficit pluviométrico durante la ocurrencia de eventos ENOS. La persistente correlación negativa entre la presión en Darwin y la precipitación en Bogotá y Georgetown (Fig. 4a) es consistente con los resultados de los estudios mencionados. Sin embargo, resulta evidente que la intensidad de la relación OS-precipitación ha variado considerablemente a lo largo del tiempo, mostrando además una evolución distinta a la descrita para el invierno austral (Fig. 3a). En Bogotá la magnitud de la correlación negativa disminuye desde valores cercanos a -0.50 a fines del siglo pasado hasta aproximadamente -0.20 en los períodos de treinta años centrados alrededor de 1935. Posteriormente se observó un incremento en la magnitud de la correlación y finalmente una disminución hasta valores cercanos al límite significativo de 95%. Una evolución similar, aunque desfasada en el tiempo, se aprecia en la curva de correlación para Georgetown. La ausencia de estabilidad en la relación OS-precipitación en el sector norte del continente es particularmente relevante en relación al desarrollo de modelos estadísticos de pronóstico climático que incluyen variables relacionadas con la OS (Hastenrath, 1990a).

La evolución de la correlación OS-precipitación en la estación Quixeramobim durante el otoño austral se muestra en la Fig. 4b. La existencia de una persistente correlación negativa es consistente con los resultados de estudios previos que sugieren la existencia de una tendencia a la ocurrencia simultánea de eventos ENOS y déficit pluviométrico en el noreste brasileño (Caviedes, 1973; Hastenrath & Heller, 1977; Kousky *et al.*, 1984). Al igual que en los casos discutidos anteriormente, se observan cambios significativos en los niveles de correlación a lo largo del tiempo. Su magnitud fue máxima a principios de siglo, observándose luego un debilitamiento que culminó en los períodos de treinta años centrados entre 1950-1960. En fechas más recientes, la magnitud de la correlación ha mostrado un aumento hasta valores cercanos al umbral de significancia de 95%. La ausencia de estabilidad temporal en la relación OS-precipitación en esta región, también ilustrada por Hastenrath (1990b), constituye un factor limitante para la aplicación de modelos estadísticos de pronóstico estacional de precipitación que incluyen índices de la OS como variables de pronóstico.

La Fig. 4c muestra la evolución de la correlación para dos estaciones en la cuenca del río Paraná durante el período Octubre-Diciembre. Se han seleccionado estos meses considerando los resultados de un estudio previo que sugiere que la asociación OS-precipitación es más significativa durante esta época del año (Aceituno, 1988). La tendencia de un aumento de precipitación en esta región durante la fase negativa de la OS ha sido también documentada por Kousky *et al.* (1984) y Ropelewski & Halpert (1987). La fluctuación de los niveles de correlación es considerable en ambas estaciones. El caso más extremo corresponde a Ceres donde la correlación varió desde un valor cercano a $+0.80$ en los períodos de treinta años centrados alrededor de 1920, hasta un valor prácticamente nulo en los períodos centrados entorno a 1950. Posteriormente, la correlación ha aumentado hasta superar el nivel de significancia de 95%. En el caso de Corrientes la evolución de la correlación es similar en términos generales. Se puede apreciar en este caso que la correlación aumentó desde valores del orden de $+0.10$ al inicio de la serie, hasta un máximo cercano a $+0.60$ durante los períodos de treinta años centrados entre 1910 y 1920.

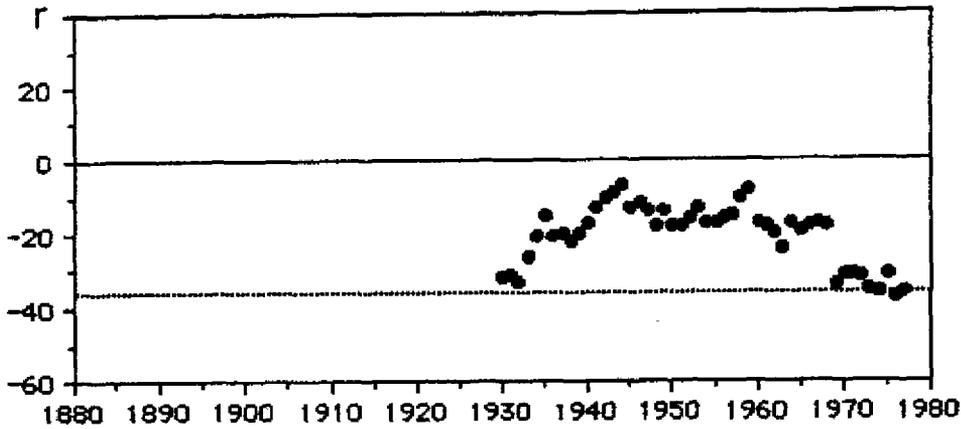


Fig. 5 - Correlación móvil entre la presión media en Darwin en Dic-Ene-Feb y el aumento en el nivel del lago Titicaca durante esos mismos meses, considerando períodos de 30 años. Los valores, expresados en centésimos, se asignan al año número 15 del período correspondiente de 30 años. La línea horizontal punteada señala el nivel de significancia de 95%. La ubicación del lago se indica en la Fig. 1.

Las correlaciones entre la precipitación en estaciones altiplánicas y el índice de la OS definido por la diferencia de presión entre Tahiti y Darwin, durante Enero-Febrero, son predominantemente positivas en el período 1940-1983, aunque por lo general no alcanzan a superar el nivel de significancia de 95% (Accituno, 1988). La tendencia a un déficit pluviométrico en el sector andino del sur de Perú durante la ocurrencia de eventos El Niño (Thompson *et al.*, 1984) es consistente con lo anterior. La Fig. 5 muestra la evolución de la correlación entre la presión en Darwin y la fluctuación en el nivel del lago Titicaca durante el verano austral. La magnitud del aumento de nivel del lago durante esta época del año depende estrechamente de la precipitación en el sector norte del Altiplano. La correlación es débilmente negativa y variable a lo largo del tiempo. Su evolución es muy similar a la descrita para Quixeramobim (Fig. 4b), advirtiéndose en ambos casos que la magnitud es mínima en los períodos de treinta años centrados entre 1950 y 1960.

5. ANÁLISIS DE ESTRATIFICACIÓN

El análisis de la evolución de la relación OS-precipitación utilizando una técnica de correlación fue complementado con un estudio de la evolución de la diferencia de precipitación media entre años con anomalías positivas de presión en Darwin (fase negativa de la OS) y años en que la presión fue anormalmente baja en esa estación (fase positiva de la OS). Para esto se aplicó la técnica de estratificación descrita en la sección 3 considerando períodos móviles de treinta años. Los resultados se resumen en la Fig. 6 donde se incluyen los casos de Bogotá durante el verano austral (Fig. 6a); Santiago durante el invierno austral (Fig. 6b) y Ceres en los meses de octubre a diciembre (Fig. 6c).

Los resultados son concordantes con los obtenidos mediante el análisis de correlación (Figs. 3, 4, y 5). En el caso de Bogotá (Fig. 6a) la diferenciación de precipitación entre la fase positiva y negativa de la OS alcanza significancia estadística sólo al comienzo y al final de la serie, aunque durante un período más restringido en comparación al que se infiere del análisis de correlación presentado en la Fig. 4a.

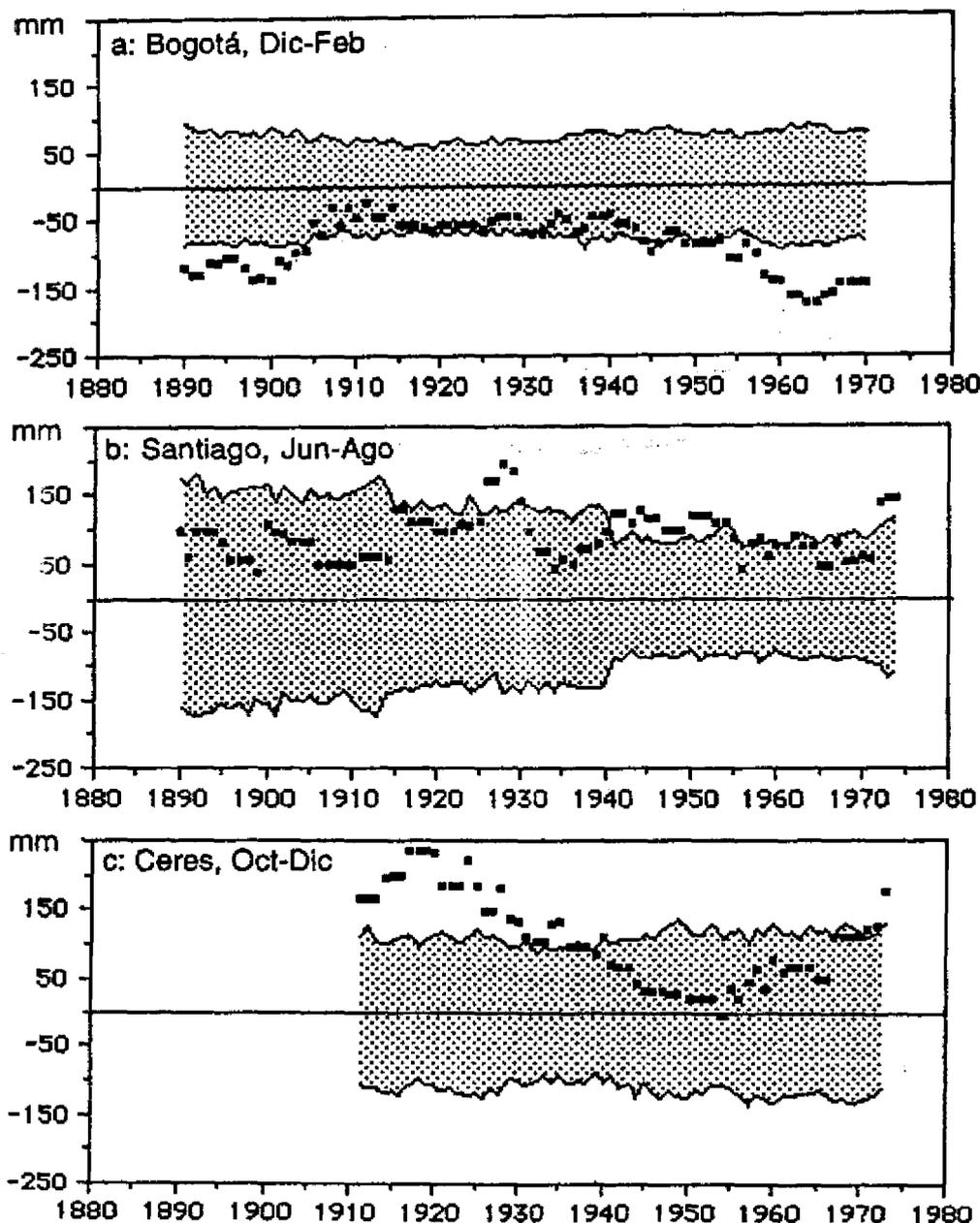


Fig. 6 - Precipitación media en los 6 años con valores más altos de presión en Darwin menos la precipitación media en los 6 años con valores más bajos de presión, considerando períodos móviles de 30 años. Los bordes superior e inferior de la banda sombreada señalan los percentiles 5% y 95% de la distribución empírica de 500 diferencias de precipitación media, cada una calculada entre dos grupos de 6 años, seleccionados al azar dentro del período correspondiente de 30 años. La ubicación de las estaciones se indica en la Fig. 1.

En el caso de Santiago (Fig. 6b) los resultados son coherentes con los presentados en la Fig. 3b. Sin embargo, la diferenciación que se produce en los períodos de treinta años centrados alrededor de 1950, si bien alcanza la significancia estadística de 95%, sugiere una influencia menor de la OS sobre la precipitación en comparación a la que puede inferirse del análisis de correlación mostrado en la Fig. 3b. La progresiva disminución en el ancho de la banda que define los límites de significancia de 95% refleja la tendencia negativa de la precipitación en Chile central durante el presente siglo, hasta la década de 1970.

La aplicación de la técnica de estratificación a la serie pluviométrica de Ceres (Fig. 6c) confirma también los resultados descritos en relación al análisis de correlación (Fig. 4c). Si bien los años cuando la presión es anormalmente alta en Darwin son en promedio más lluviosos que aquellos cuando la presión es relativamente baja, esta diferenciación no es temporalmente estable. En particular durante los períodos de treinta años centrados alrededor de 1950 la presión en Darwin no parece tener ninguna relación con la precipitación en esta región.

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Una primera consideración se refiere a la validez de la presión en Darwin como índice de la OS. Siendo éste un fenómeno que incluye procesos complejos de interacción entre la atmósfera y el océano es esperable que la presión en Darwin no logre capturar la totalidad de las perturbaciones atmosféricas asociadas a la OS que inciden en las anomalías pluviométricas en regiones apartadas. Es posible también que otros indicadores, como por ejemplo la anomalía en la temperatura de la superficie del mar (TSM) integrada en una franja extensa del Pacífico ecuatorial, representen mejor la OS, al menos en lo que se refiere al impacto de este fenómeno sobre la precipitación en América del Sur. A este respecto, resulta pertinente señalar que la correlación entre la precipitación en Chile central y un índice de la TSM en el Pacífico ecuatorial obtenido de Wright (1989), considerando períodos de 30 años, tiene una evolución distinta a la presentada en la Fig. 3b. En ese caso la correlación se mantiene siempre significativa al nivel de 95%, aunque en promedio muestra una tendencia decreciente a partir de los valores cercanos a +0.65 observados a fines del siglo pasado (Aceituno *et al.*, 1989).

Los resultados de este estudio muestran la existencia de fluctuaciones significativas en el grado de asociación entre la presión en Darwin y la precipitación en regiones de América del Sur para las cuales estudios previos han mostrado que la OS constituye un factor significativo de la variabilidad pluviométrica interanual. Otros estudios han documentado resultados semejantes en otras regiones y para otros parámetros, haciendo notar su impacto negativo en el desarrollo de modelos estadísticos de pronóstico climático (Ramage, 1983; Pittock, 1984; Elliot & Angell, 1987). La falta de estabilidad en las relaciones climáticas que incluyen a la OS podrían asociarse a cambios en el funcionamiento de la OS a lo largo del tiempo, cuyo origen no ha sido hasta ahora precisado (Trenberth & Shea, 1987; Elliot & Angell, 1988).

Los resultados presentados refuerzan la idea que las variables asociadas a la OS deben ser utilizadas con cautela en modelos estadísticos de pronóstico climático. Por otra parte, la posibilidad que las fluctuaciones en los patrones de teleconexiones climáticas reflejen cambios en el funcionamiento de la OS añade un grado adicional de incertidumbre a las extrapolaciones hacia el pasado remoto de las relaciones actuales entre la OS y la variabilidad climática interanual a nivel regional.

Agradecimientos

Este estudio fue financiado por el Proyecto Fondecyt 1245-90. Los autores agradecen los comentarios y sugerencias de José Rutllant, así como la colaboración de Carlos Nobre y Silvia Nuñez en la obtención de series pluviométricas homogéneas de las estaciones de Quixeramobim, Ceres y Corrientes. Se agradece también la colaboración de los Servicios Meteorológicos de Chile y Colombia para la actualización de las series pluviométricas de Bogotá, La Serena y Santiago.

Referencias citadas

- ACEITUNO, P., 1988 - On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part I: Surface climate. *Monthly Weather Review*, 116: 505-524.
- ACEITUNO, P., DEL RÍO, A. & RUTLLANT, J., 1989 - Rainfall anomalies in the subtropical west coast of South America. Part I: Relationships with SST and convective activity over the central Pacific. in: *Extended Abstract: Third International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography* (13-17 Noviembre, 1989): 162-166, Buenos Aires.
- ALLAN, R. J., NICHIOLS, N., JONES, P. D. & BUTTERWORTH, I. J., 1991 - A further extension of the Tahiti-Darwin SOI, early ENSO events and Darwin pressure. *Journal of Climate*, 4: 743-749.
- CAVIEDES, C. N., 1973 - Sécas and El Niño: two simultaneous climatical hazards in South America. *Proceeding of the Association of American Geographers*, 5: 44-49.
- ELLIOT, W. P. & ANGELL, J. K., 1987 - The relation between Indian monsoon rainfall, the Southern Oscillation and hemispheric air and sea temperature: 1884-1984. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 26: 943-948.
- ELLIOT, W. P. & ANGELL, J. K., 1988 - Evidences for changes in Southern Oscillation relationships during the last 100 years. *Journal of Climate*, 1: 729-737.
- HASTENRATH, S., 1990a - Diagnostics and prediction of anomalous river discharge in northern South America. *Journal of Climate*, 3: 1080-1096.
- HASTENRATH, S., 1990b - Prediction of Northeast Brazil rainfall anomalies. *Journal of Climate*, 3: 893-904.
- HASTENRATH, S. & HELLER, L., 1977 - Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 103: 77-92.
- KOUSKY, V. E., KAGANO, M. T. & CAVALCANTI, I. F. A., 1984 - A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. *Tellus*, 36A: 490-504.
- PITTOCK, A. B., 1984 - On the reality, stability, and usefulness of southern hemisphere teleconnections. *Australian Meteorological Magazine*, 32: 75-82.
- QUINN, W. H., ZOPF, D. O., SHORT, K. S. & KUOYANG, R. T. W., 1978 - Historical trends and statistics of the Southern Oscillation, El Niño, and Indonesian droughts. *Fisheries Bulletin*, 76: 663-678.
- RAMAGE, C. S., 1983 - Teleconnections and the siege of time. *Journal of Climatology*, 3: 223-232.
- ROGERS, J. C., 1988 - Precipitation variability over the Caribbean and tropical Americas associated with the Southern Oscillation. *Journal of Climate*, 1: 172-182.
- ROPELEWSKI, C. F. & HALPERT, M. S., 1987 - Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, 115: 1606-1626.
- RUTLLANT, J. & FUENZALIDA, H., 1991 - Synoptic aspects of the Central Chile rainfall variability associated with the Southern Oscillation. *International Journal of Climatology*, 11: 63-76.
- THOMPSON, L. G., MOSLEY-THOMPSON, E. & ARNAO, B., 1984 - El Niño-Southern Oscillation events recorded in the stratigraphy of the tropical Quelccaya ice cap, Peru. *Science*, 226: 50-53.
- TRENBERTH, K. E. & SHEA, D. J., 1987 - On the evolution of the Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, 115: 3078-3096.
- WRIGHT, P. B., 1989 - Homogenized long-period Southern Oscillation indices. *International Journal of Climatology*, 9: 33-54.