

# ANALISIS DE LA ESTABILIDAD DE LA RELACION ENTRE LA OSCILACION SUR Y LA PRECIPITACION EN AMERICA DEL SUR

**Patricio ACEITUNO & Aldo MONTECINOS**

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

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

The Southern Oscillation (SO) partially determines 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 the subtropical Pacific coast. Using sea level pressure at Darwin as an index for the SO, it is determined that its relationship with rainfall in these regions has varied significantly during the present century, suggesting changes in the functioning of the SO whose origin has yet to be determined. This lack of stability in the relationship drastically limits the potential of this SO index as a predictive tool. Moreover, the changes in the significance level of the relationships involving the SO make even harder the interpretation of SO-related climate anomalies during past times.

### 1. Introducción

La Oscilación del Sur (OS) constituye un factor significativo de la variabilidad climática interanual en América del Sur, aunque su impacto es regionalmente dependiente y varía considerablemente a lo largo del ciclo anual. En relación a la precipitación, el rasgo más notable es la ocurrencia de intensas precipitaciones en la costa norte de Perú durante episodios de El Niño, en la fase negativa de la OS. Esta fase de la OS se caracteriza también por una tendencia a un déficit pluviométrico en el sector norte del continente (Ropelewski y Halpert, 1987; Rogers, 1988; Aceituno, 1988). Por otra parte, otros estudios han mencionado la coincidencia entre sequías en el nordeste brasileño y episodios de El Niño (Caviedes, 1973, Hastenrath y Heller, 1977), así como la tendencia a un exceso pluviométrico en el sector suroriental de la cuenca del río Paraná (Kousky et al., 1984) y en Chile Central (Quinn et al., 1978, Rutilant y Fuenzalida, 1991). El desarrollo de esquemas de pronóstico climático ha incluido en algunos casos el análisis de la estabilidad de estas relaciones (Aceituno et al., 1989; Hastenrath, 1990a).

El objetivo de este trabajo es analizar con más detalle la estabilidad temporal de la relación OS-precipitación, considerando series pluviométricas largas en estaciones representativas de las regiones antes mencionadas.

### 2. Datos

La presión en Darwin (12° 26'S, 130° 52'E) durante el periodo 1876-1989 se ha utilizado como un índice de la OS, el cual es comparable en calidad con otros índices propuestos (Trenberth y Shea, 1987; Elliott y Angell, 1988), cumpliendo además con las condiciones de extensión temporal y homogeneidad para el objetivo propuesto. La información inicialmente

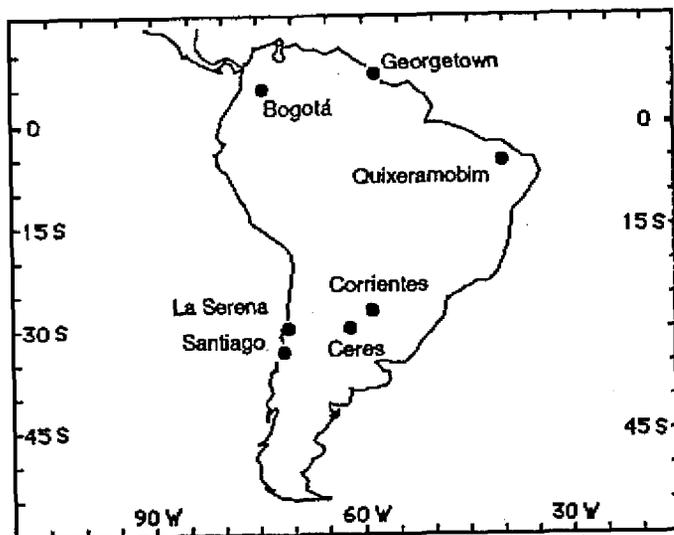


Fig. 1. Ubicación de las estaciones pluviométricas

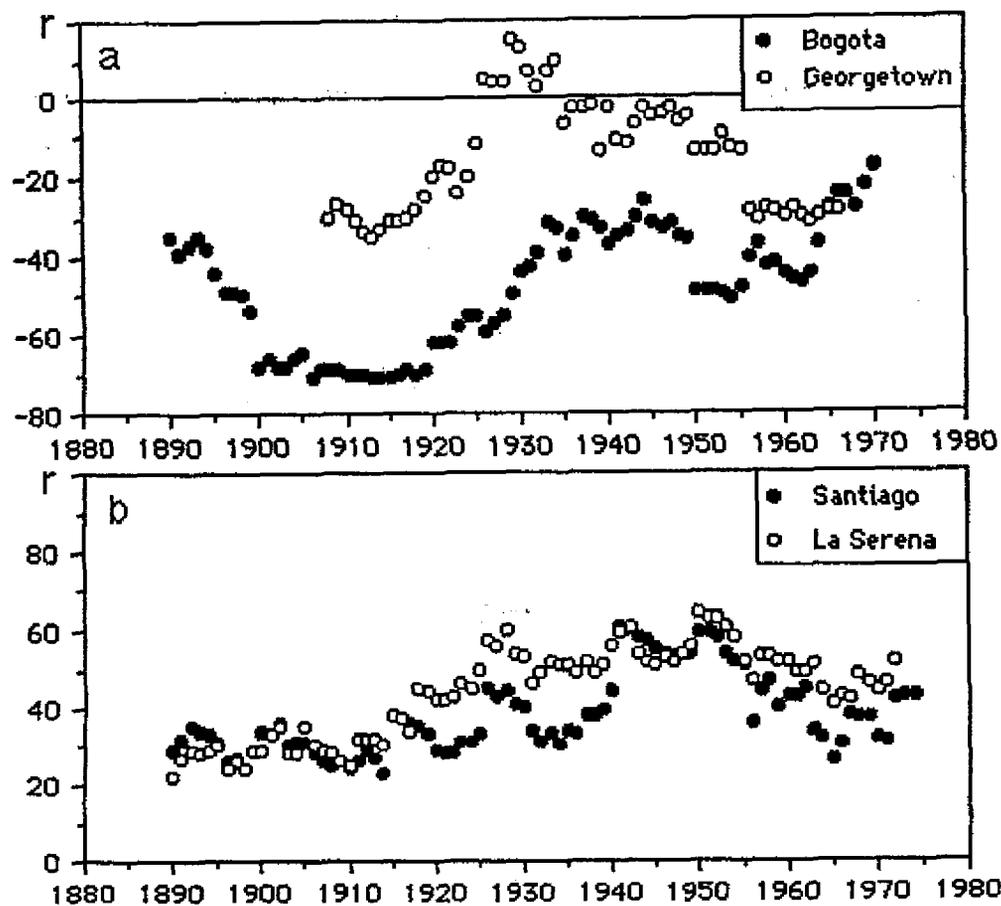


Fig. 2. Correlación móvil de 30 valores, en centésimos, entre la presión media en Darwin y la precipitación, durante Junio-Julio-Agosto. Los valores se asignan al año central del período correspondiente de 30 años. La ubicación de las estaciones se indica en la Fig. 1.

disponible a partir de 1882, fue extendida hasta 1876 según datos publicados en Allan et al. (1991).

La ubicación de las estaciones pluviométricas consideradas y las características de los registros correspondientes se presentan en la Fig. 1 y en la Tabla 1, respectivamente.

Tabla 1

estación	latitud	longitud	periodo
Georgetown	6°49' N	58°11' W	1894-1980
Bogotá	4°38' N	74°05' W	1876-1985
Quixeramobim	5°12' S	39°18' W	1896-1989
Corrientes	27°28' S	65°46' W	1876-1988
Ceres	29°53' S	61°57' W	1896-1988
La Serena	29°54' S	71°15' W	1876-1987
Santiago	33°27' S	70°42' W	1876-1989

### 3. Resultados

El análisis de correlación cuyos resultados se presentan a continuación se realizó en cada estación para periodos trimestrales, cuando de acuerdo a estudios anteriores se observa una correlación significativa entre la OS y la precipitación. Así, durante el invierno austral se analiza esta relación en Chile Central (Santiago y La Serena) y en el sector norte del continente (Bogotá y Georgetown); durante el otoño la estación de Quixeramobim, en el nordeste de Brasil; a fines de primavera las estaciones en la cuenca del río Paraná (Ceres y Corrientes) y durante el verano las estaciones de Bogotá y Georgetown. Estos trimestres no necesariamente coinciden con el periodo de lluvias en cada estación.

La Fig. 2 muestra la evolución de la correlación entre la presión en Darwin y la precipitación durante el invierno austral (Jun-Jul-Ago) en dos estaciones del sector norte del continente y dos en Chile Central. Siguiendo una convención usual para estudios climatológicos los valores de correlación se han calculado sobre un conjunto de 30 años consecutivos. En el caso de Bogotá y Georgetown (Fig. 2.a) la correlación negativa más significativa se advierte a principios del presente siglo, alcanzando valores cercanos a -0.7 en Bogotá. Luego la relación se hace progresivamente más débil, alcanzándose valores mínimos de correlación entre 1920 y 1960, aproximadamente. En el caso de Chile Central (Fig. 2.b) prevalece durante todo el periodo una correlación positiva, la cual, sin embargo, es significativamente más alta a mediados del presente siglo cuando se alcanzan en ambas estaciones valores cercanos a +0.60.

La Fig. 3. resume los resultados de un análisis similar para otros trimestres. Nuevamente aquí se observan fluctuaciones importantes en el grado de asociación entre la OS y la precipitación. En Bogotá y en Georgetown (Fig. 3.a), considerando el trimestre Dic-Ene-Feb, la correlación varía entre -0.10 y -0.60 a lo largo del registro. En particular los niveles de correlación más altos en Bogotá se presentan a principio y final del registro disminuyendo a valores que no alcanzan el nivel de 5% de significancia estadística entre 1920 y 1950, de acuerdo un test convencional. Estos resultados son particularmente relevantes en relación al

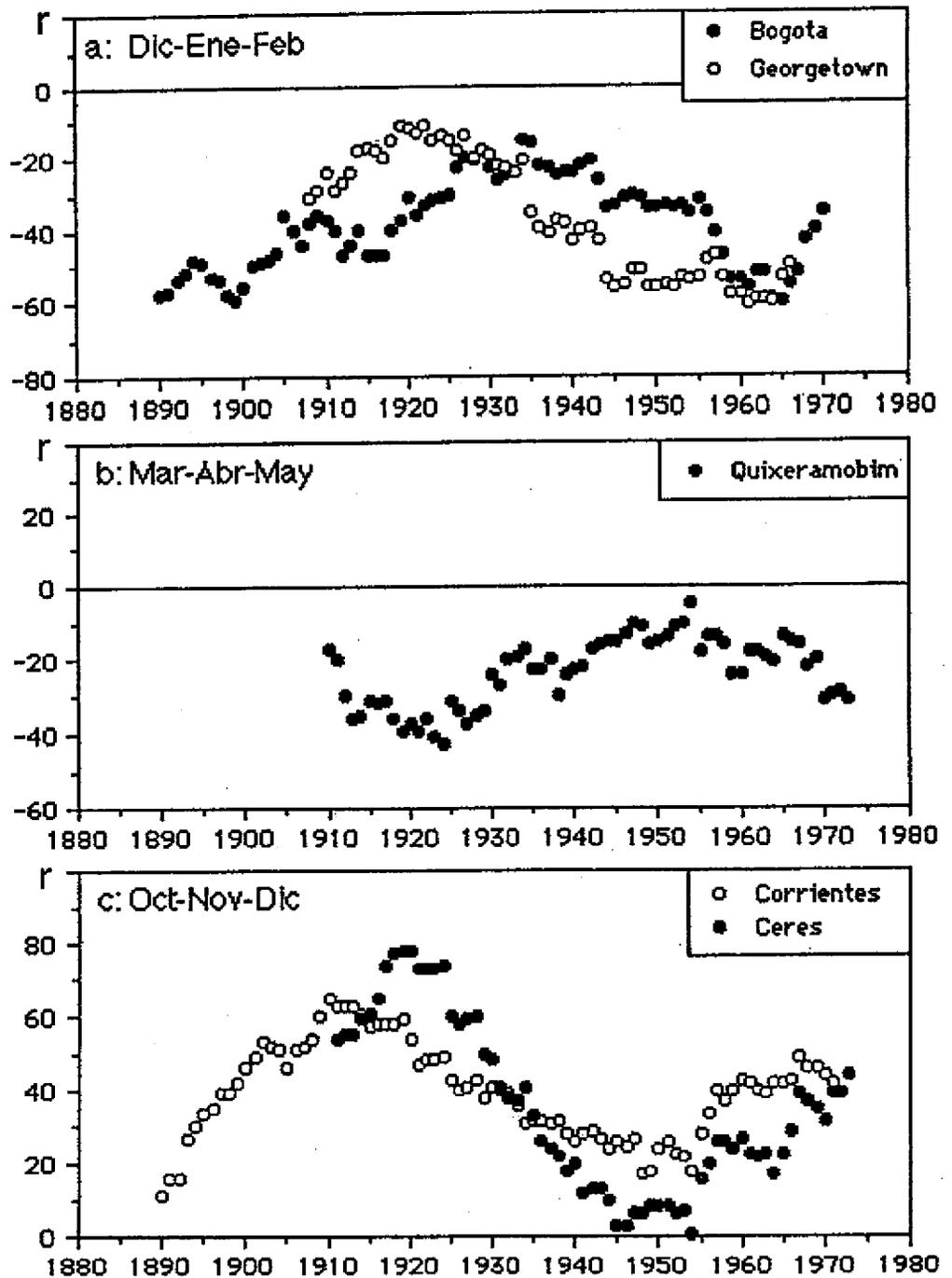


Fig. 3. Correlación móvil de 30 valores, en centésimos, entre la presión media en Darwin y la precipitación, durante periodos de tres meses. Los valores se asignan al año central del período correspondiente de 30 años. La ubicación de las estaciones se indica en la Fig. 1.

uso de variables relacionadas con la OS en pronóstico climático para esta región (Hastenrath, 1990b).

En el caso del nordeste brasileño (Fig. 3.b), durante el trimestre Mar-Abr-May, la correlación negativa durante todo el período y sólo a principios de este siglo alcanza el nivel de 5% de significancia estadística.

Las estaciones de la cuenca del río Paraná (Fig. 3.c), en los meses de Oct-Nov-Dic, son las que muestran las fluctuaciones más dramáticas en la correlación OS-precipitación. Esta oscila entre +0.10 y +0.70 en Corrientes y entre 0 y +0.80 en Ceres. El período con una correlación relativamente débil a mediados de siglo es el mismo observado en el caso de Quixeramobim (Fig. 3.b) y Bogotá (Figs. 2.a, 3.a). Es interesante notar que durante este período se ha detectado una disminución en el grado de asociación de la temperatura superficial del mar observada en el Pacífico ecuatorial oriental con la presión en Darwin y con otros índices de la OS (Elliott y Angell, 1988), lo cual sugiere un cambio en su funcionamiento.

El análisis de correlación fue complementado con un estudio 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 consideraron períodos sucesivos de 30 años, estratificando el registro pluviométrico de acuerdo a los años con valores de presión altos y bajos (20 % superior e inferior de la distribución, respectivamente). La diferencia de precipitación entre los años con presión anormalmente alta menos aquellos con presión relativamente baja se muestran en la Fig. 4. La significancia estadística de las diferencias de precipitación se determinaron mediante un test de Monte Carlo (ver leyenda de la Fig. 4).

En el caso de Bogotá (Fig. 4.a) la diferencia de precipitación durante el verano austral alcanza significancia estadística sólo al comienzo y al final del período de estudio. En Santiago (Fig. 4.b), la diferenciación de precipitación entre los extremos de la OS según la presión en Darwin, es estadísticamente significativa sólo durante la segunda mitad del registro. Este resultado en general concuerda con la tendencia creciente en la correlación móvil presentada en la Fig. 2.b. Sin embargo, es necesario hacer presente que la relación entre la precipitación en Chile Central y la temperatura del mar en el Pacífico central es más estable (Aceituno et al., 1989). La técnica de estratificación aplicada a la estación de Ceres (Fig. 4.c) confirma los resultados descritos en relación al análisis de correlación (Fig. 3.c).

#### 4. Conclusiones

Los cambios en la relación entre la presión en Darwin y la precipitación en estaciones sudamericanas durante un período superior a 100 años, sugiere que la relación OS-precipitación en esta región no es estable. Esta condición que se extiende también a otras regiones del planeta (Pittock, 1984), puede indicar cambios en el funcionamiento de la OS, cuyo origen no ha sido aún determinado (Elliott y Angell, 1988; Trenberth y Shea, 1987).

El análisis de la estabilidad de esta relación es un factor que debe ser considerado cuando se plantea el uso de la OS como un elemento de pronóstico climático. Por otra parte, los cambios en el grado de significancia de las relaciones que involucran la OS añade un grado de incerteza en la extrapolación a tiempos remotos de las relaciones actuales entre la OS y la variabilidad climática interanual a nivel regional.

En todo caso, es necesario considerar que en cada una de las regiones analizadas existen otros factores que contribuyen junto con la OS a la variabilidad interanual, de modo que no se

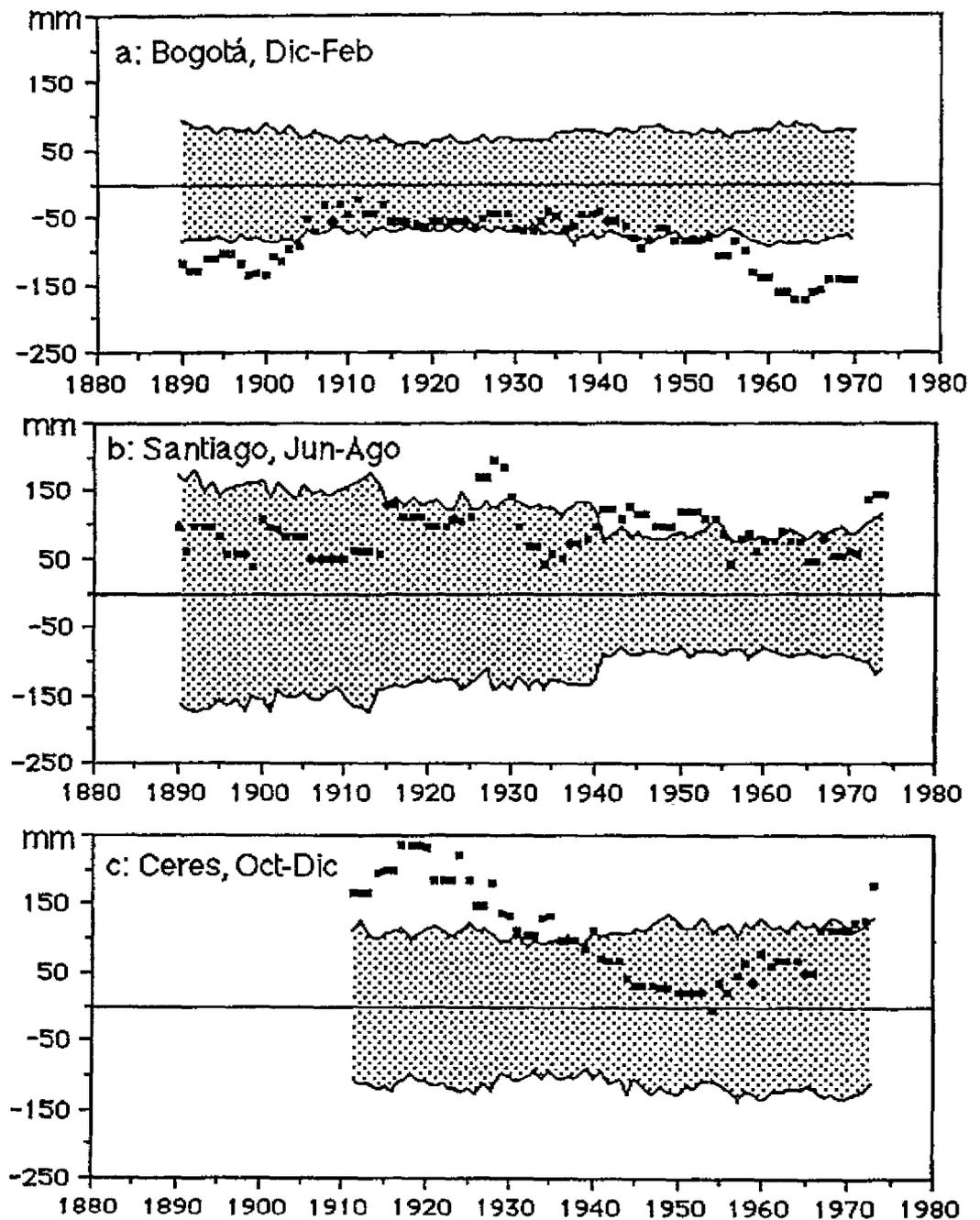


Fig. 4. Diferencia de precipitación entre los 6 años con valores más altos de presión media en Darwin y los 6 años con valores más bajos, en el período indicado, considerando muestras sucesivas de 30 años. Los valores se asignan al año central de la secuencia de años correspondiente. La zona sombreada señala los límites de 5% y 95% de las distribuciones empíricas de 500 diferencias entre dos muestras de 6 elementos c/u, seleccionadas al azar en cada período de 30 años. La ubicación de las estaciones se indica en la Fig. 1.

excluye la posibilidad que los cambios observados en la relación OS-precipitación puedan ser causados por aquellos.

## 5. 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.

## 6. Referencias bibliográficas

- Aceituno, P., 1988: On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part I: Surface climate. *Mon. Wea. Rev.*, **116**, 505-524.
- Aceituno, P., A. del Río y J. Rutllant, 1989: Rainfall anomalies in the subtropical west coast of South America. Part I : Relationships with SST and Convective activity over the Central Pacific. p. 162-166 en *Extended Abstract: Third International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography*. B.Aires, 13-17 Noviembre, 1989, 444 pp.
- Allan, R.J., N. Nicholls, P.D. Jones, y I.J. Butterworth, 1991: A further extension of the Tahiti-Darwin SOI, early ENSO events and Darwin pressure. *J. Climate*, **4**, 743-749.
- Caviedes, C.N., 1973: Sêcas and El Niño: two simultaneous climatical hazards in South America. *Proc. Assoc. Amer. Geogr.*, **5**, 44-49.
- Elliott, W.P., y J.K. Angell, 1988: Evidences for changes in Southern Oscillation relationships during the last 100 years. *J. Climate*, **1**, 729-737.
- Hastenrath, S., y L. Heller, 1977: Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **103**, 77-92.
- Hastenrath, S., 1990a: Prediction of Northeast Brazil rainfall anomalies. *J. Climate*, **3**, 893-904.
- Hastenrath, S., 1990b: Diagnostics and prediction of anomalous river discharge in northern South America. *J. Climate*, **3**, 1080-1096.
- Kousky, V.E., M.T. Kagano, y I.F.A. Cavalcanti, 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. *Aust. Met. Mag.*, **32**, 75-82.
- Quinn, W.H., D.O. Zopf, K. S. Short, y R.T.W. Kuo Yang, 1978: Historical trends and statistics of the Southern Oscillation, El Niño, and Indonesian droughts. *Fish. Bull.*, **76**, 663-678.
- Rogers, J.C., 1988: Precipitation variability over the Caribbean and tropical Americas associated with the Southern Oscillation. *J. Climate*, **1**, 172-182.
- Ropelewski, C.F., y M.S. Halpert, 1987: Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, **115**, 1606-1626.
- Rutllant, J. y H. Fuenzalida, 1991: Synoptic aspects of the Central Chile rainfall variability associated with the Southern Oscillation. *Int. J. of Climatology*, **11**, 63-76.
- Trenberth, K.E. y D.J. Shea, 1987: On the evolution of the Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, **115**, 3078-3096.