



Bulletin de l'Institut français d'études andines

ISSN: 0303-7495

secretariat@ifea.org.pe

Institut Français d'Études Andines

Organismo Internacional

Caviedes, César; Waylen, Peter R.

Respuestas del clima de América del Sur a las fases de ENSO

Bulletin de l'Institut français d'études andines, vol. 27, núm. 3, 1998

Institut Français d'Études Andines

Lima, Organismo Internacional

Available in: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12627325>

- How to cite
- Complete issue
- More information about this article
- Journal's homepage in redalyc.org

redalyc.org

Scientific Information System

Network of Scientific Journals from Latin America, the Caribbean, Spain and Portugal

Non-profit academic project, developed under the open access initiative

Segunda parte:
Consecuencias locales y
regionales del ENSO

RESPUESTAS DEL CLIMA DE AMÉRICA DEL SUR A LAS FASES DE ENSO

César N. CAVIEDES *, Peter R. WAYLEN *

Resumen

Las fases altas de ENSO, El Niño (EN), y las fases bajas, Anti-Niño (AN), se relacionan diferentemente con los regímenes de lluvias en América del Sur. Para establecer el carácter de estas relaciones, se ha analizado la precipitación anual de estaciones típicas, considerando tres subpoblaciones: totales anuales de años EN, totales de años AN, y el resto o años "normales". Precediendo a veranos australes con fenómenos EN, la precipitación invernal en Chile Central y los Andes de Argentina es abundante. Durante los veranos con episodios EN en el Pacífico tropical, suelen afectar sequías el Noreste de Brasil especialmente en el otoño o verano precedente. De diciembre a marzo de años EN, llueve copiosamente a lo largo de la costa oeste de América del Sur comprendida entre la Bahía de Tumaco y Pacasmayo. En el interior de la Sierra y el Altiplano peruano boliviano tienen lugar sequías. En las tierras bajas de Bolivia, Paraguay, y el sureste de Brasil hay fuertes lluvias anormales durante el verano y otoño austral. En medio del otoño hay precipitaciones intensas en las tierras bajas del Río de la Plata y el sur de Brasil. El segmento norte y la cuenca inferior del Amazonas tienen menos pluviosidad durante EN y niveles mayores durante AN. La cuenca interior del Amazonas reacciona inversamente, ya que tiene pluviosidad excesiva durante algunos EN. Las regiones de Venezuela y Colombia bajo la influencia del Caribe y el Atlántico experimentan anomalías negativas de lluvias durante EN y alta pluviosidad en AN. Algunas regiones de la Pampa y Patagonia no reaccionan a los impulsos de EN. Las lluvias en el centro de Brasil son independientes también de las fases de ENOS. Las precipitaciones durante los llamados años "normales" sugieren que existe una independencia con respecto a los mecanismos generadores de lluvias condicionados por las fases extremas de ENOS, hecho que reclama una mejor investigación de otras fluctuaciones de la circulación tropical que condicionan anomalías de precipitación.

Palabras claves: *Fases de ENOS, anomalías de pluviosidad, teleconexiones, mecanismos de precipitaciones, El Niño, América del Sur.*

RÉPONSE DU CLIMAT DE L'AMÉRIQUE DU SUD AUX PHASES DE L'ENSO

Résumé

Les phases hautes de l'ENSO, El Niño (EN), ou basses, Anti-Niño (AN), ont des répercussions diverses sur la pluviométrie de l'Amérique du sud. Pour caractériser ces diverses réponses, les précipitations annuelles ou saisonnières ont été réunies en trois groupes : celui des années EN, celui des années AN et celui des années normales. Les années qui précèdent les étés australs avec EN, les pluies hivernales dans le centre du Chili et dans les Andes de l'ouest de

* Department of Geography, University of Florida, Gainesville, Fla. U.S.A.

l'Argentine sont renforcées. Certaines années, on observe des sécheresses dans le Nordeste du Brésil au cours de l'été et de l'automne austral qui précèdent le phénomène El Niño dans le Pacifique Tropical. Au cours des mois de décembre à mars des années EN, il pleut abondamment sur la côte ouest de l'Amérique du Sud, depuis la baie de Tumaco jusqu'à Pacasmayo. À l'intérieur, dans la Sierra et l'Altiplano péruano-bolivien, on observe des sécheresses au cours de cette période alors qu'il pleut abondamment au cours de l'été et de l'automne austral dans les basses terres de l'Est de la Bolivie, du Paraguay et du Sud-Est du Brésil. À mesure que l'on s'avance vers l'automne austral, on observe de fortes précipitations dans la partie basse du bassin du Rio de la Plata et du Sud du Brésil. Dans la partie septentrionale et la partie inférieure du bassin amazonien les pluies sont déficitaires au cours des EN, pour devenir excédentaires au cours des AN. La partie intérieure du bassin amazonien réagit de manière inverse : on y observe des excès pluviométriques certaines années EN. Les régions du Venezuela et de la Colombie, sous l'influence climatique des Caraïbes et de l'Atlantique présentent des anomalies négatives de précipitation au cours des EN et une forte pluviosité au cours des AN. Une partie de la Pampa et de la Patagonie ne réagit pas aux impulsions de El Niño. Les régions du centre du Brésil semblent aussi ne pas dépendre du phénomène.

Durant les années classées comme normales, on n'observe pas de dépendance des contrôles climatiques qui agissent au cours des phases extrêmes de l'Oscillation du Sud. Ceci montre que l'on doit approfondir l'étude des autres causes de variation de la circulation tropicale responsables des anomalies de précipitation.

Mots-clés : *El Niño, Amérique du Sud, Phases de l'ENSO, anomalies de précipitations, téléconnections, mécanismes des précipitations.*

SOUTH AMERICA CLIMATIC RESPONSE TO ENSO PHASES

Abstract

The high phases of ENSO, El Niño (EN), and the low phases, Anti-Niño (AN) relate differently with the precipitation regimes of South America. In order to establish the character of these relations the annual precipitation totals have been analysed with a probabilistic approach corresponding to three sub-populations: totals of EN, totals of AN, and totals of the rest of the years, or "normal" years. Preceding southern summers with EN, precipitation in Central Chile and Andean Argentina is above average. During particularly strong EN events in the tropical Pacific, droughts affect Northeast Brazil during the summers and falls preceeding EN. From December to March of EN years, it rains copiously along the west coast of South America between the Bay of Tumaco and Pacasmayo. In the interior of the Sierra and the Peruvian/Bolivian Altiplano droughts occur during the same period. In the Bolivian lowlands, Paraguay, south-eastern Brazilian rains are abnormally high during the southern summer and fall. In mid fall, abundant rains occur in the Rio de la Plata lowlands and in southern Brazil. The northern segment and lower basin of the Amazon experience less rains during EN and higher pluviosity during AN. The interior Amazon basin tends to react inversely as it experiences higher totals during some extraordinary EN events. Over Venezuela and Colombia under the influence of the Caribbean and North Atlantic rains during EN years are lower than normal but high during AN. Some regions of the Pampa and Patagonia do not react to EN impulses. Also independent is the behaviour of rains along the central part of Brazil. Precipitation during years termed as "normal" suggest an independence of the rain-generating mechanisms from the extreme phases of ENSO, and impose the study of anomalous precipitation associated to other tropical circulation fluctuations.

Key words: *South America, ENSO phases, El Niño, rainfall anomaly, teleconnections, rain mechanisms.*

INTRODUCCIÓN

De primaria importancia para estudiar los efectos que tienen las diversas fases de ENOS para la climatología de América del Sur, es establecer en qué años, meses, o estaciones estos efectos son más marcados, sea en las precipitaciones, las temperaturas del aire, la nubosidad, la descarga de los ríos, o la velocidad de los vientos. Para esto se requiere hacer, primeramente, un ordenamiento de los datos disponibles (sean anuales o mensuales) en tres *subpoblaciones*: una que corresponda a las fases bajas o cálidas de ENOS (El Niño), otra que incluya las fases altas o frías (Anti-Niño o La Niña), y una tercera que agrupe los años, meses, o estaciones en que no estén incluida ninguna de las otras dos categorías. Una cuestión fundamental que se impone antes de hacer la separación de las poblaciones es el criterio a adoptar. Como se acepta generalmente que las distintas fases de la Oscilación del Sur influyen notablemente sobre las variabilidades climáticas y oceánicas de la franja tropical, el **índice de la oscilación del sur** (SOI), es decir, se utiliza como base de referencia la diferencia estandarizada de las presiones atmosféricas en Tahití y Darwin (norte de Australia). El índice computado para cada mes desde 1872 por Schneider & Schönwiese (1989) es bastante aceptable, y si existen dudas, se puede comparar con el índice calculado por P. B. Wright (1989). Para afinar aún más el criterio de la clasificación en tres poblaciones, se ha utilizado los promedios mensuales de la temperatura superficial del mar en las estaciones de Puerto Chicama y Callao (Perú), las cuales tienen mediciones continuas desde 1925. Nótese que estas estaciones son representativas de las áreas “El Niño 1” y “El Niño 2”. En estudios acerca de las reacciones de la pluviosidad y los regímenes fluviales de Chile central y el oeste de Argentina, hemos calibrado más estas clasificaciones mediante la comparación del SOI con las temperaturas superficiales del mar en Antofagasta, Valparaíso y Talcahuano. En lo referente a la calificación de cada año (o estación), se ha empleado los años El Niño compilados por Quinn, Neal & Antunes de Mayolo (1987), refinados por Hocquenghem & Ortlieb (1992). Como estos autores hacen referencia sólo a las fases bajas y cálidas de ENOS —El Niño— hemos establecido también una lista de años con fases altas y frías de ENOS (Anti-Niños o La Niña), y otra para años considerados como “normales” u “otros” (Caviedes & Waylen, 1991). Debemos reiterar que estos criterios de clasificación parten de la premisa de que el fenómeno El Niño es un término que se refiere —*prima facie*— al calentamiento oceánico del Pacífico ecuatorial frente a las costas del Ecuador y el norte del Perú, y a las invasiones de masas de aire húmedo marítimo y lluvias torrenciales que caen en aquella región normalmente árida. Un calentamiento sólo del Pacífico central (áreas “El Niño 3” o “El Niño 4”), o descensos del SOI que no son acompañados por calentamientos oceánicos o las secuelas mencionadas, no pueden ser indicadores de una condición El Niño, y conducen al error de designar como “El Niño” a meses o años en los cuales esta condición del aire o del océano no han estado presentes (véase a Kiladis & Diaz, 1989).

Hay que considerar también que para la comparación de la presencia de El Niño frente a las costas de Ecuador y Perú con los volúmenes de precipitaciones o descargas de ríos en otras regiones del continente, se debe establecer con claridad la época en que tienen lugar el máximo de precipitaciones anuales (o estacionales) o las descargas más altas. Para las regiones templadas de América del Sur el calendario astronómico es el

más conveniente ya que las precipitaciones tienen lugar en la estación de invierno que se halla ubicada en el centro del año calendario. Para ciertas regiones en las cuales las precipitaciones y/o descargas más bajas tienen lugar al final del verano austral, el año hidrológico comienza en abril, como ocurre en el norte de Argentina. Las estaciones dentro de los trópicos tienen, comúnmente, sus más bajas precipitaciones y descargas durante septiembre, razón por la cual el año hidrometeorológico comienza en este mes.

1. METODOLOGÍA

Para caracterizar la reacción de las precipitaciones o descargas de una región a los estímulos causados por las distintas fases de ENOS, la serie total de años es descompuesta en tres subpoblaciones: El Niño, Anti-Niño y Normal. Se asume que los totales anuales (o estacionales) en cada una de las subpoblaciones pueden ser modelados por una distribución normal (Gaussiana) usándose el "t" test para probar la similaridad estadística de los promedios y el test de Fisher para las varianzas. Así se establece que cada una de las tres subpoblaciones distinguidas tiene su propio promedio y su propia varianza. En la figura 1 se ha graficado las distintas combinaciones de promedios y varianzas. Los tipos en la primera columna (tipos I, IV y VII) tienen promedios diferentes en cada una de las subpoblaciones y también dos de las combinaciones de varianzas (estúdiense cuidadosamente la leyenda del eje vertical). Los tipos de la segunda columna (II, V, y VIII) tienen dos subpoblaciones con promedios estadísticamente similares mientras que el promedio de una subpoblación es diferente. Las varianzas son como las de la columna anterior. En la tercera columna (tipos III, VI, IX), los promedios de las tres subpoblaciones son similares pero las varianzas son distintas, con excepción de caso IX.

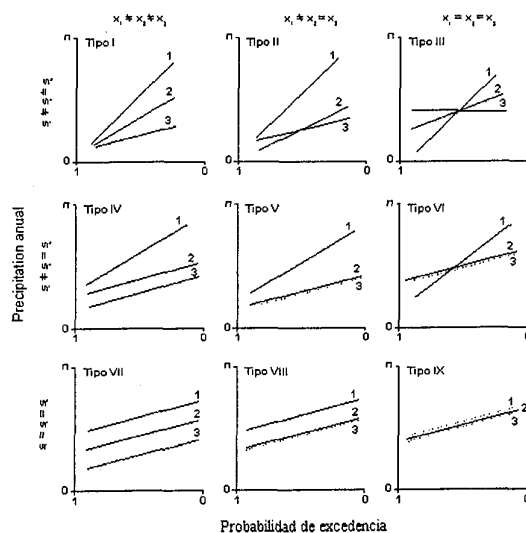


Fig. 1 - Combinaciones posibles de promedios y de varianzas en tres subpoblaciones (El Niño, Anti-Niño y normal) usadas para identificar estaciones tipo.

En cada condición de ENOS los datos individuales de cada población son ordenados de acuerdo a un rango de menor a mayor precipitaciones (o descargas) y se calcula la función probabilística acumulativa de cada una de las tres subpoblaciones. De esta manera resultan tres líneas de ajuste, cada una de ellas caracterizada por valores extremos y una pendiente. Mientras más inclinada es la pendiente, tanto más grande es la varianza. La normalidad de la línea de ajuste de cada una de las subpoblaciones se controla usándose el test de Kolmogorov-Smirnov. Combinando la distribución acumulativa de las líneas de promedio de cada subpoblación y sus correspondientes líneas de varianza, se puede establecer diversos tipos de respuestas a ENOS. Para las precipitaciones anuales de América del Sur, Caviedes & Waylen (1991) determinaron nueve tipos de combinaciones posibles (Fig. 1), no todas ellas presentes en América del Sur.

1. 1. Tipo I: caso Valparaíso (Chile)

Los años con El Niño tienen las más altas precipitaciones de las tres subpoblaciones y también las más altas varianzas (Fig. 2). No sólo llueve más durante estos años sino que las variaciones entre los diferentes años con el El Niño son las más pronunciadas. Sin duda, la costa de Chile central demuestra de esta manera su reacción a las respuestas de El Niño. Inversamente, los años con más bajas precipitaciones son aquellos con Anti-Niño, es decir con altos valores de la SOI, cuando el anticiclón del Pacífico sur se ve muy fortalecido, la surgencia a lo largo de la costa oeste de Sudamérica es potente, y reina gran estabilidad atmosférica a lo largo de la corriente de Humboldt. Estos son años de severas sequías en Chile central. Por último, la subpoblación de años normales se halla claramente ubicada entre las dos anteriores y su varianza puede ser considerablemente alta.

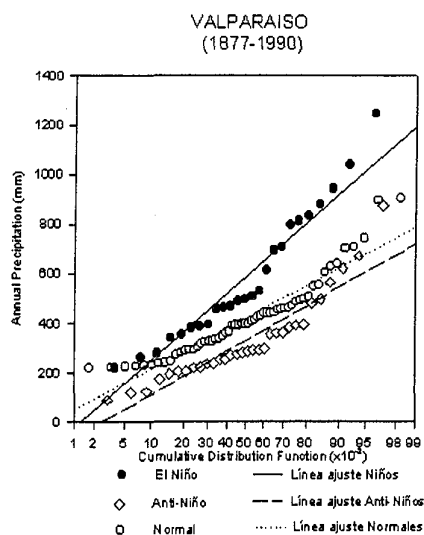


Fig. 2 - Valparaíso, total de lluvias anuales y probabilidad de ocurrencia durante años con El Niño, Anti-Niño y normales.

1. 2. Tipo II: caso Guayaquil (Ecuador)

El promedio de los años El Niño es el más alto y así es también su varianza (Fig. 3). Las otras dos subpoblaciones tienen promedios bajos pero la varianza de los años normales es mayor que la de los años Anti-Niño, indicando que hay una cierta variabilidad de las precipitaciones anuales en estos años.

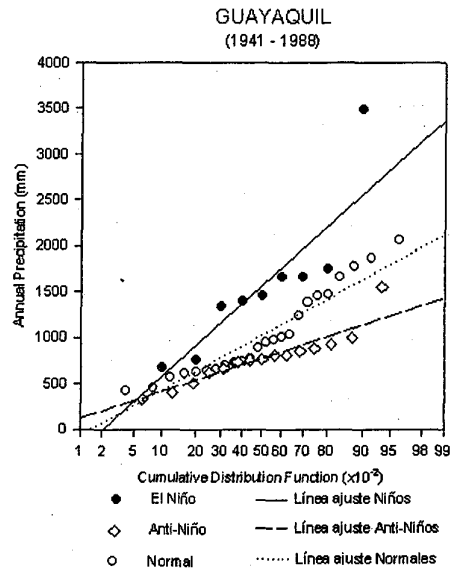


Fig. 3 - Guayaquil, total de lluvias anuales y probabilidad de ocurrencia durante años con El Niño, Anti-Niño y normales.

1. 3. Tipo III: caso Santa Cruz (Argentina)

Los promedios de las tres subpoblaciones son similares, pero las tres varianzas son muy diferentes (Fig. 4). En esta parte de Patagonia los años normales exhiben promedios altos pero también bajos, denotando la falta de influencia sea de las fases frías (Anti-Niño) como de las fases cálidas (El Niño) de ENOS. Naturalmente que esto significa que otros **controles** climáticos dominan las variaciones interanuales de precipitaciones en el extremo sur Atlántico de Sudamérica.

1. 4. Tipo IV: caso Buenos Aires

En este caso los promedios de dos de las tres subpoblaciones son diferentes, pero la varianza de una de las tres subpoblaciones —la de años El Niño— es mayor que las otras, denotando gran variabilidad en este grupo (Fig. 5). Los años con El Niño demuestran ser los más lluviosos, hecho que comprueba que la parte baja de la cuenca del Río de la Plata registra altas precipitaciones —sobre todo en el otoño— cuando el Pacífico suroriental se ha visto sometido a las influencias de un calentamiento oceánico.

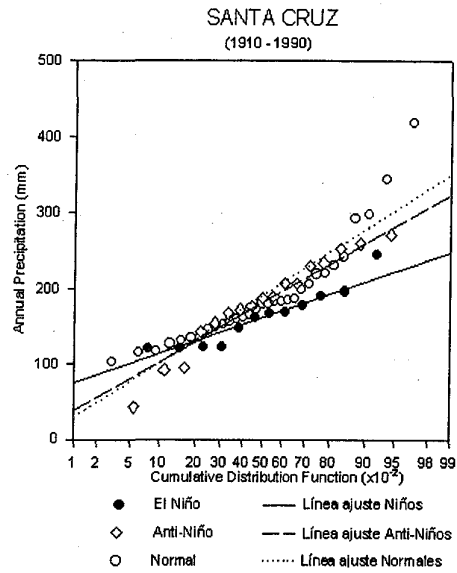


Fig. 4 - Santa Cruz (Argentina), total de lluvias anuales y probabilidad de ocurrencia durante años con El Niño, Anti-Niño y normales.

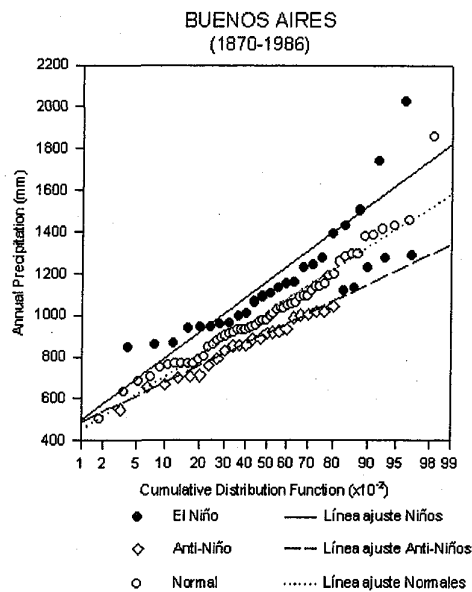


Fig. 5 - Buenos Aires, total de lluvias anuales y probabilidad de ocurrencia durante años con El Niño, Anti-Niño y normales.

1. 5. Tipo V: caso Manaus

La varianza de las precipitaciones anuales durante años Anti-Niño es más grande que durante años El Niño, pero no muy diferente de la varianza de los años normales. De igual manera, las precipitaciones de los años Anti-Niño son significativamente más altas que las de las otras poblaciones. Los años El Niño constituyen la subpoblación con las precipitaciones anuales más bajas, aún cuando hay ciertos valores anuales en estos años mezclados en la parte superior de las distribuciones (Fig. 6), lo que parece ser más bien consecuencia de que ciertos años calificados como El Niño corresponden a la fase de disolución de tal fenómeno, como ocurrió en 1973. La mayor pluviosidad durante Anti-Niños sugiere obviamente que los mecanismos de circulación operantes en Sudamérica ecuatorial, durante las fases frías de ENOS (acentuación de la parte ascendente de la circulación Walker sobre la región amazónica y estimulación de las células convectivas en esta región), son los responsables de las altas precipitaciones sobre esta parte del continente. Se debe hacer la aclaración de que esta observación se refiere solamente a los alrededores de Manaus, porque las reacciones de otros segmentos de la cuenca amazónica divergen de este patrón, como muestra Marengo (1992).

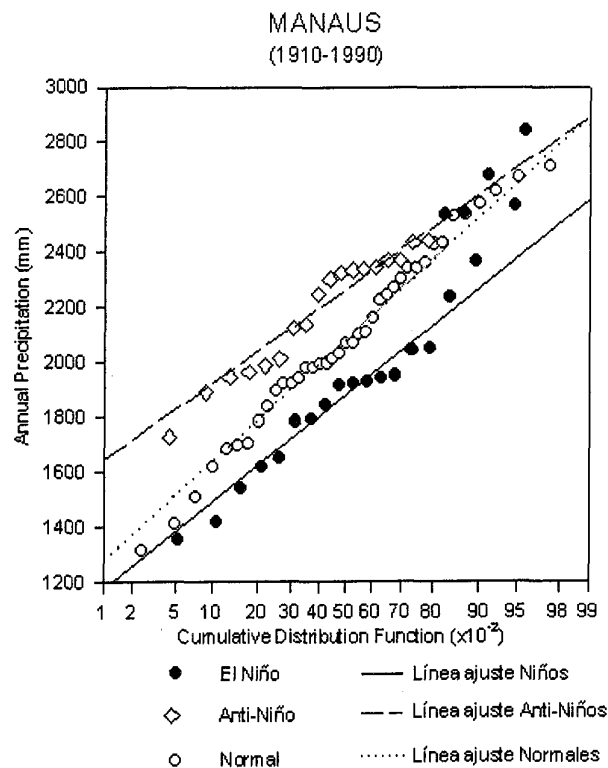


Fig. 6 - Manaus, total de lluvias anuales y probabilidad de ocurrencia durante años con El Niño, Anti-Niño y normales.

1. 6. Tipo VI

No se ha detectado en América del Sur, pero el estudio de Caviedes & Waylen (1991) señala La Habana como una estación en la cual los promedios en las tres condiciones son estadísticamente indiferenciables, pero donde la varianza de los años normales es significativamente diferente.

1. 7. Tipo VII

No ha sido detectado en el continente sudamericano ni en el Caribe.

1. 8. Tipo VIII: casos de Quito, Bogotá, Fortaleza y Caracas

En estos casos los promedios de dos de las tres subpoblaciones son estadísticamente similares, pero no así el de uno de los grupos. En cambio, las varianzas son bastante similares en las tres subpoblaciones, lo que quiere decir que las variaciones de precipitaciones en cada uno de los grupos no es muy grande. En el caso de Quito (Fig. 7), el promedio de los años Anti-Niño es más alto que el de los demás grupos. En segundo lugar se hallan los años El Niño y al final los años normales. La serie de años con El Niño se halla en el medio de las otras, pero algunos de estos años se hallan alternando en el tope de la distribución, lo cual hace pensar que los procesos que generan altas lluvias en la costa de Ecuador expanden también su influencia hacia las regiones andinas del Ecuador.

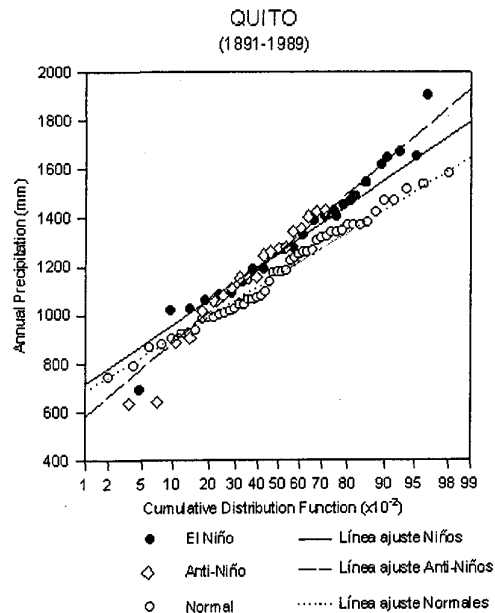


Fig. 7 - Quito, total de lluvias anuales y probabilidad de ocurrencia durante años con El Niño, Anti-Niño y normales.

Bogotá, en los Andes del norte, tiene el más alto promedio de precipitaciones durante los años Anti-Niño cuando las influencias del Atlántico norte y el Mar Caribe son mayores (Fig. 8). El promedio más bajo corresponde al de los años con El Niño en el Pacífico oriental, mientras que los años “normales” se encuentran entremedio de las dos subpoblaciones pero denotan más altos promedios que el de la serie de años El Niño.

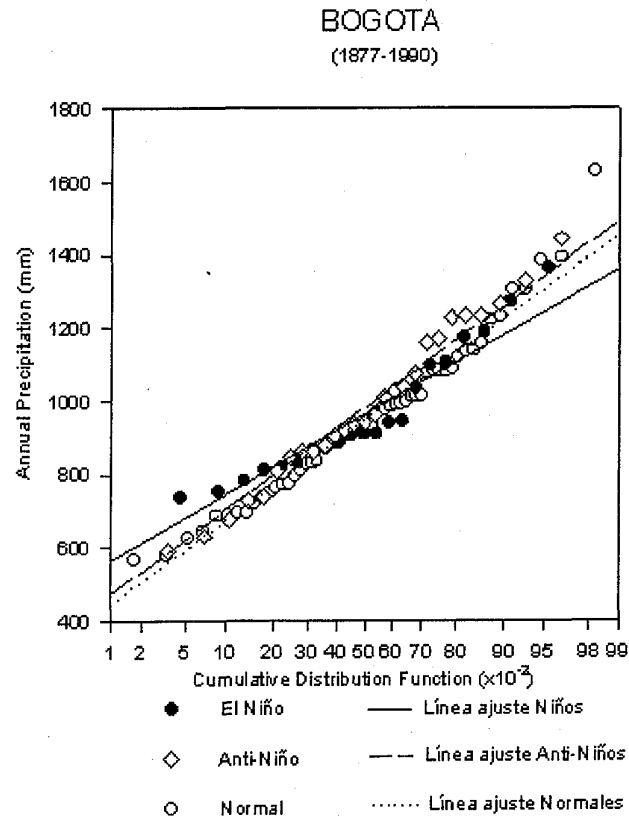


Fig. 8 - Bogotá, total de lluvias anuales y probabilidad de ocurrencia durante años con El Niño, Anti-Niño y normales.

En Fortaleza, costa del noreste de Brasil (Fig. 9), las precipitaciones anuales durante años Anti-Niño son mayores y estadísticamente superiores a las de años normales y años El Niño, los cuales exhiben las más bajas precipitaciones. Esto es consistente con el hecho que los años con fases bajas de ENSO suelen ser acompañados por disminuciones en las lluvias estivales que caen sobre la costa Atlántica del norte del Brasil.

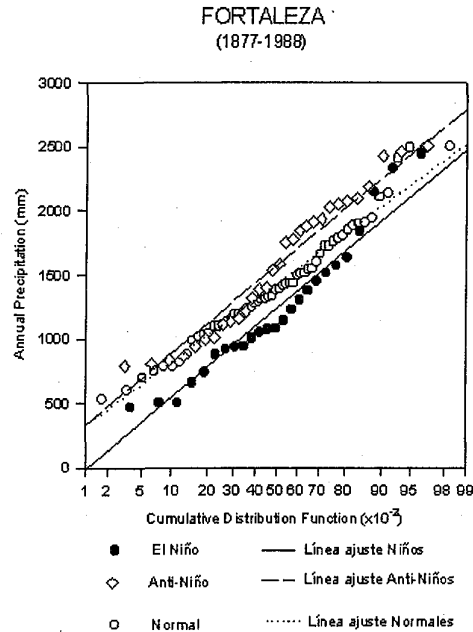


Fig. 9 - Fortaleza, total de lluvias anuales y probabilidad de ocurrencia durante años con El Niño, Anti-Niño y normales.

En Caracas, casi en el borde Caribe del continente sudamericano, los años con más bajos totales anuales son aquellos de El Niño (Fig. 10). Los promedios más altos son los de años Anti-Niño, un hecho que revela de manera similar al caso de Bogotá que los controles climáticos que determinan acentuada pluviosidad en esta parte de Sudamérica no dependen de un calentamiento del Pacífico tropical, sino que ocurren en fase con SOI alto y con enfriamientos del Pacífico tropical oriental.

1. 9. Tipo IX: casos de Río de Janeiro y Recife

En estas dos estaciones ninguno de los parámetros pueden ser separados y las tres subpoblaciones no tienen promedios anuales y varianzas estadísticamente diferentes de las otras. Esto significa que ninguna de las fases de ENOS parece tener implicaciones sobre las precipitaciones anuales en la costa central de Brasil, ya que los años normales dominan con los valores más altos. Cuando las tres subpoblaciones se mezclan (no ilustrado en este trabajo) hay ciertos años Anti-Niños y El Niño que aparecen en la parte superior de la distribución mixta. Tal distribución da a entender que los mecanismos causantes de lluvias en la costa central de Brasil no son diferentes de aquellos que corresponden a años con fases extremas de ENOS en el Pacífico tropical. En el caso de Río de Janeiro (Fig. 11) la línea de ajuste de los años normales se halla muy cercana a la de Anti-Niño (aun cuando los años normales dominan en la parte alta) y la línea de

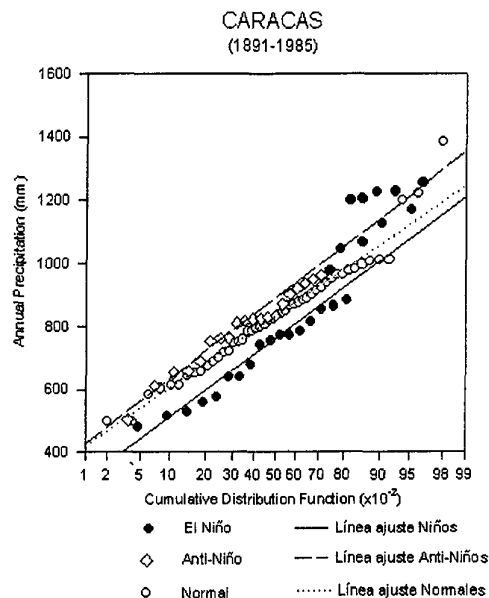


Fig. 10 - Caracas, total de lluvias anuales y probabilidad de ocurrencia durante años con El Niño, Anti-Niño y normales.

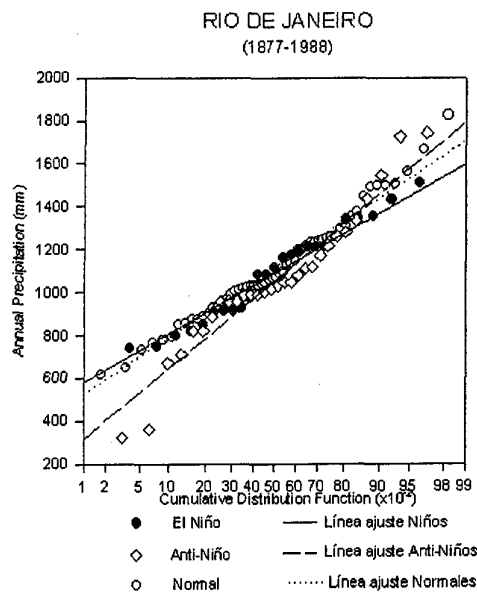


Fig. 11 - Rio de Janeiro, total de lluvias anuales y probabilidad de ocurrencia durante años con El Niño, Anti-Niño y normales.

El Niño es la más baja, mientras que en el caso de Recife (Fig. 12) los años con Anti Niño son aquellos que ofrecen precipitaciones anuales algo mayores que las otras subpoblaciones, y El Niño definitivamente las más bajas.

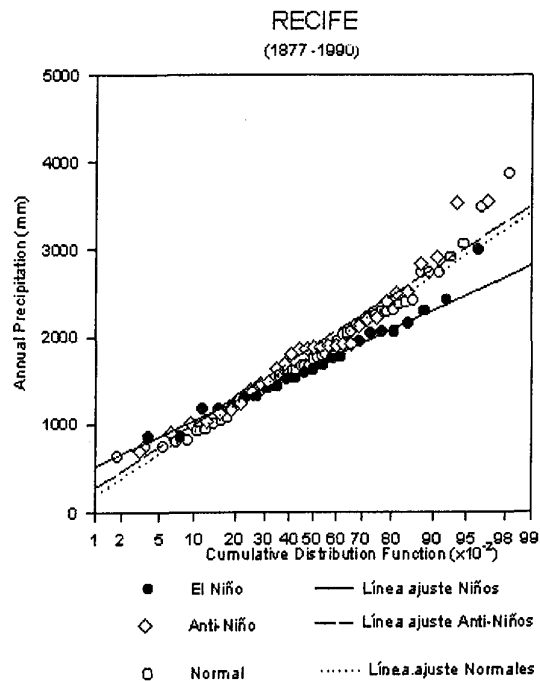


Fig. 12 - Recife, total de lluvias anuales y probabilidad de ocurrencia durante años con El Niño, Anti-Niño y normales.

2. LA VARIEDAD DE LAS RESPUESTAS

Considerada en una vasta escala regional, esta primera aproximación a las influencias de ENOS (basada solamente en los totales de precipitación anual) comienza a revelar claramente las conexiones que tienen las distintas fases de la Oscilación del Sur con las precipitaciones en el continente, y que son mucho más complejas de lo que se suponía (Ropelewski & Halpert, 1987). Se detecta, asimismo, que existen ciertas regiones, como la costa central de Brasil, el sur de Chile y la Patagonia argentina (por lo menos como parecen sugerir algunas estaciones tipo, usadas en este trabajo) en las cuales **otros controles climáticos**, fuera de ENOS, deben ser considerados para explicar variaciones interanuales de pluviosidad. Para el resto de las regiones donde se nota una influencia de ENOS, algunos investigadores (Aceituno, 1990; Poveda & Mesa, 1997) han establecido relaciones más precisas a nivel de precipitaciones trimestrales o semestrales, señalando los lapsos en los cuales ocurren las variaciones trimestrales o semestrales de precipitación con respecto a ENOS. Sólo una vez que sean establecidas

estas bases, puede comenzarse un trabajo serio de explicación de estas variabilidades, problema en el cual tienen también injerencia los meteorólogos regionales y los modeladores de la atmósfera.

Otra utilidad práctica que tiene este tipo de aproximación es que como los valores de las series de precipitación anual disponibles han sido expresados en términos de su probabilidad de ocurrencia, se puede estimar con cierto grado de confiabilidad cuál es la probabilidad de que una cierta cantidad de precipitación anual se presente en cada una de las tres fases de ENOS. Esto tiene una implicación importante para la planificación de los recursos hídricos, sea en años de abundantes precipitaciones o en años de sequías.

Referencias citadas

- ACEITUNO, P., 1990 - Anomalías climáticas en la región sudamericana durante los extremos de la Oscilación Austral. *Revista Geofísica IPGH*, **32**: 65-78.
- CAVIEDES, C.N. & WAYLEN, P.R., 1991 - Chapters for a climatic history of South America. in: *Beiträge zur Regionalen und Angewandten Klimatologie. W. Weischet zum 70. Geburtstag* (W. Endlicher & H. Gossmann, eds.): 149-180; Freiburger Geographische Hefte, N° 32.
- HOCQUENGHEM, A. M. & ORTLIEB, L., 1992 - Historical record of El Niño events in Peru (XVI-XVIIIth centuries): The Quinn et al. (1987) chronology revisited. in: *Paleo-ENSO Records. International Symposium. Extended Abstracts* (L. Ortlieb & J. Macharé, eds.): 143-149; Lima: Orstom/Conyctet.
- KILADIS, G. & DIAZ, H.F., 1989 - Global climatic anomalies associated with extremes of the Southern Oscillation. *Journal of Climate*, **9**: 1069-1090.
- MARENGO, J.A., 1992 - Interannual variability of surface climate in the Amazon basin. *Int. Journal of Climatology*, **12**: 853-863.
- POVEDA, G. & MESA, O.J., 1997 - Feedbacks between hydrological processes in tropical South America and large-scale ocean-atmosphere phenomena. *Journal of Climate*, **10**: 2690-2702.
- QUINN, W.H., NEAL, V.T. & ANTUNES DE MAYOLO, S., 1987 - El Niño occurrences over the past four and half centuries. *Journal of Geophysical Research*, **92**: 14449-14461.
- ROPELEWSKI, C.F. & HALPERT, M., 1987 - Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Monthly Weather Rev.*, **115**(8): 1606-1626.
- SCHNEIDER, U. & SCHÖNWIESE, C.D., 1989 - Some statistical characteristics of El Niño/Southern Oscillation and North Atlantic oscillation indices. *Atmósfera*, **2**: 167-180.
- WRIGHT, P.B., 1989 - Homogenized long-term period Southern Oscillation indices. *International Journal of Climatology*, **9**: 33-54.