

EL COMPORTAMIENTO TEMPORO ESPACIAL DE LOS MONTOS ANUALES DE PRECIPITACIÓN EN EL NORDESTE ARGENTINO – 1931/2005

BEHAVIOR OF SPATIAL TEMPORE ANNUAL AMOUNT OF PRECIPITATION IN ARGENTINA NORTHEASTERN - 1931/2005

PROF. MARÍA EMILIA PÉREZ

Prof. Titular Cátedra: Seminario de Fisiografía - Prof. Adjunta Cátedra: Climatología. Dpto. e Instituto de Geografía - Facultad de Humanidades – UNNE E-mail: meperez@hum.unne.edu.ar

RESUMEN

La detección de “anomalías climáticas” ocurridas en gran parte del planeta durante los últimos años y las pérdidas económicas derivadas de ellas, generan interés por el conocimiento de las fluctuaciones, variabilidad y tendencias de los parámetros climáticos más importantes: temperatura y precipitación. Basados en la información disponible nuestro objetivo fue analizar el comportamiento temporal y espacial de las precipitaciones en el Nordeste Argentino, a efectos de detectar fluctuaciones y tendencias interanuales a corto y mediano plazo y su variabilidad durante el período 1931/2005.

El análisis realizado permitió concluir que los montos pluviométricos presentan con el correr de los años, una tendencia positiva en su comportamiento, han aumentado en todas las estaciones, aunque en distinto grado. No obstante, el aumento no ha sido continuo ni uniforme en el tiempo, tal como se desprende del comportamiento de las tendencias polinómicas y promedios suavizados, sino que indican la presencia de fluctuaciones u “oscilaciones” interdecenales, que delimitan períodos secos interpuestos con períodos húmedos, si bien el incremento ha sido más notable durante las últimas dos décadas del siglo XX.

PALABRAS CLAVES:

Nordeste Argentino, Fluctuaciones climáticas, Fluctuaciones pluviométricas, Tendencias y Variabilidad climática.

SUMMARY

The detection of climatic anomalies happened in a large part of the planet during the last years and the derived economic losses of them, generate interest for the knowledge of the fluctuations, variability and trends of the most important climatic parameters: temperature and precipitation. Based on the available information our objective was to analyze the temporary and space behavior of the precipitations in the Argentinean Northeast, to effects of detecting fluctuations and interannuals trends to short and medium term and their variability during the period 1931/2005.

The carried out analysis allowed concluding that the pluviometrics amounts presents with running of the years, a positive tendency in its behavior, they have increased in all the stations, although in different degree. Nevertheless, the increase has not been continuous neither uniform in the time, just as he comes off of the behavior of the polynomial tendencies and softened averages, but rather they indicate the presence of fluctuations or " oscillations " inter decade that define dry periods interposed with wets periods, although the increment has been more remarkable during the last two decades of the XX century.

KEY WORDS:

Argentinean Northeast, Climatic Fluctuations, Pluviometric Fluctuations, Climatic Trends and Variability.

INTRODUCCIÓN

Desde mediados del siglo pasado, y desde diversos ámbitos, tanto los meteorólogos como los ingenieros agrónomos e hidrólogos de nuestro país, han estado profundamente interesados en el comportamiento y distribución de las lluvias, en sus montos, variabilidad y frecuencia, debido a la influencia que las mismas poseen sobre las actividades agrícolas, ganaderas y la disponibilidad del recurso agua.

Así lo demuestran los numerosos estudios que se han ocupado del tema, tales como Marchetti, A. (1951) que determinó las oscilaciones extremas de la lluvia en el país, Weber (1951) que estudió las tendencias de las lluvias en la Argentina, Prohaska (1952) quien clasificó la distribución de la lluvia anual para diferentes regiones geográficas de acuerdo con la circulación atmosférica, Marchetti (1952) que llevó a cabo un profundo estudio sobre el régimen de las precipitaciones durante el período 1905/1946, Díaz (1953) que analizó las correlaciones entre las anomalías de precipitación mensual y los índices de circulación, gradientes de temperatura y pasaje de frentes, Wolcken (1954) que seleccionó dos años de eventos de precipitación y analizó su origen sinóptico, Machado y Marchetti (1954) quienes estudiaron el régimen de días con lluvia, Schwerdtgeger y Vasino (1954) que determinaron las variaciones seculares de las precipitaciones en las regiones central y oriental de Argentina, posteriormente revisado por Hoffman (1970), quien confirmó algunos de sus resultados. ⁽¹⁾

Los años posteriores marcan una pausa en los trabajos de esta naturaleza, ya que se dedicó más tiempo al estudio de otras condiciones climáticas, tales como el régimen de aridez (Capitanelli, 1955; Galmarini y Raffo del Campo, 1963; Bruniard, 1982); las heladas (Burgos, 1963), la distribución y clasificación de los climas (Burgos y Vidal, 1951; Brazol, 1954; Capitanelli, 1956 y 1960; las masas de aire y su relación con las precipitaciones (Hoffmann, 1971). ⁽²⁾

La década de 1980 anota un nuevo comienzo para las investigaciones climáticas, especialmente a partir de los catastróficos efectos del evento El Niño de 1982/83, reiniciándose los trabajos dedicados a investigar el comportamiento y variabilidad, los montos y tendencias de las precipitaciones en relación con la temperatura del agua del mar, la circulación atmosférica y la hipótesis del calentamiento global. Se pueden destacar de esta manera, los trabajos de Minetti y Sierra (1984), Ropelewski y otros (1987), Aceituno (1988), Hoffmann (1988), Krepper y otros (1989), Minetti (1998), Nicholls (1998), Lucero (1998), Lucero y Rodríguez (1999), Castañeda y Barros (1999), Rusticucci y otros (2000), Grimm y otros (2000), Lucero y Rodríguez (2001), Minetti y otros (2003), Liebmann y otros (2004) y Haylock y otros (2006). ⁽³⁾

En estos estudios se destaca que durante las últimas décadas del siglo XX y en particular, a partir de 1960, se ha experimentado un aumento de las precipitaciones en el sur de América del Sur, especialmente en las regiones Nordeste y Pampeana de nuestro país. Esta característica se evidencia claramente si comparamos estos montos con los de las décadas anteriores (fundamentalmente los del período 1930/1960). Situaciones similares se verificaron en otras partes de Sudamérica (Castañeda y Barros, 1999), por lo que es importante poder determinar si este comportamiento forma parte de la variabilidad natural del clima, o si como es aceptado por numerosos investigadores, se debe a la presencia de un cambio climático a raíz del aumento de la temperatura del planeta.

Si bien los registros pluviométricos muestran que a lo largo del siglo XX la tendencia fue globalmente positiva, hay grandes áreas caracterizadas por tendencias negativas; los estudios demuestran que durante las últimas décadas la precipitación ha tendido a aumentar en las latitudes medias, ha disminuido en las zonas subtropicales del Hemisferio Norte, y generalmente ha aumentado a lo largo del Hemisferio Sur, destacándose especialmente el fuerte incremento de las precipitaciones en el sector oriental desde 1976. (Trenberth, 1998, Doherty et al., 1999).

Minetti y otros (2003) expresan que durante las décadas de 1950 y 60, una gran región de Argentina experimentó bruscos cambios positivos en los promedios anuales de precipitación computados en 30 años o más, y que tales cambios trajeron aparejados considerables impactos en las actividades humanas. Por este motivo es importante establecer si tales cambios son permanentes o sólo corresponden a fluctuaciones interdecenales, por lo que se podría esperar un retorno a las condiciones previas. Sugieren además, que dos eventos intensos de La Niña producidos en 1988/89 y 1995/96 han producido una

declinación en las tendencias de la precipitación sobre una gran porción de la zona semiárida argentina, que hicieron pensar a muchos investigadores que, finalmente, se había terminado el período húmedo.

2. Objetivos

Dentro de este contexto general, y basados en la información disponible, nuestro objetivo es:

- Analizar el comportamiento temporal y espacial de las precipitaciones en el Nordeste Argentino, a efectos de detectar fluctuaciones interanuales.
- Estudiar las tendencias pluviométricas a corto y mediano plazo.
- Determinar la variabilidad pluviométrica durante el período 1931/2005.

3. Información y Metodología utilizadas

Se analizaron para este estudio, los registros mensuales de precipitación de las 5 estaciones del Nordeste Argentino que poseen series de 75 años (Figura 1 y Tabla 1), comprendidas en el período 1931/2005 ⁽³⁾



Figura 1. Localización de las estaciones meteorológicas

Los datos fueron proporcionados por el sitio web de la NOAA y el National Climatic Data Center (<http://lwf.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html>), que cuenta con las series históricas de temperatura y precipitación,

con resolución mensual, a partir de 1880. Todos los gráficos y tablas que figuran en el trabajo, fueron elaborados a partir de la normalización de estas series. ⁽⁵⁾

Tabla 1. Localización y series de las Estaciones del Nordeste.

Estación	Latitud	Longitud	Altura	Período Datos
Posadas	27° 22' S	55° 58' S	133 m	1931/2005
Corrientes	27° 27' S	58° 46' W	62 m.	1931/2005
Sáenz Peña	26° 49' S	60° 27' W	92 m	1931/2005
Rivadavia	24° 10' S	62° 54' W	205 m	1931/1990
Paso de los Libres	29° 41' S	57° 09' W	70 m	1931/2005
Ceres	29° 53' S	61° 57' W	88 m	1931/2005
Sgo. del Estero	27° 46' S	64° 18' W	199 m	1931/2005

FUENTE: datos del Servicio Meteorológico Nacional

La metodología de trabajo consistió en el desarrollo de cinco etapas fundamentales, que comprendieron: a) localización y selección de las estaciones existentes, b) recopilación, ordenamiento y procesamiento de la información, c) representación gráfica y cartográfica de los valores registrados y calculados anual y estacionalmente, d) análisis e interpretación, e) elaboración de conclusiones finales.

Una vez seleccionadas y localizadas las estaciones, se prepararon las series de precipitación en escala temporal anual del período de 75 años. Para cada estación, se promediaron los valores mensuales para obtener valores anuales. Se utilizaron además, técnicas estadísticas complementarias para detectar con mayor claridad las fluctuaciones interanuales de la precipitación. La magnitud de las tendencias se estableció a través de las pendientes de regresión lineal mediante el método de los mínimos cuadrados (que es una manera simple y útil para caracterizar las variaciones climáticas de largo plazo). Para obtener un mejor y más preciso análisis e interpretación del comportamiento temporal y espacial se utilizaron también las curvas de tendencia polinómica. ⁽⁶⁾

Las diferencias o fluctuaciones que experimentan de un año a otro los elementos climáticos pueden enmascarar cambios graduales que se producen en el tiempo, a mediano o a largo plazo. El efecto de estas “irregularidades” puede eliminarse con diversas técnicas estadísticas; la más simple y utilizada de todas ellas es la “media o promedio móvil”, también denominada “media o promedio suavizado” “método que consiste en calcular los valores medios para períodos consecutivos de 5, 11, 15 ó más años, de acuerdo con la longitud de las series que se posean. Este es un procedimiento convencional que se utiliza para reducir la variabilidad interanual y estacional de los valores, y destacar las tendencias a mediano y largo plazo cuando se utilizan series superiores a treinta años (Grisollet et al. 1962 y Monkhouse y Wilkinson, 1966), en esta oportunidad y debido a la longitud de las series se utilizaron promedios móviles de 15 términos. ⁽⁷⁾

4. Comportamiento de los montos anuales de precipitación

Con el presente trabajo se trata de responder a una de las más importantes cuestiones de orden climático que actualmente se plantean investigadores y público en general, tales como: ¿se están incrementando cada vez más los montos pluviométricos? ¿este comportamiento responde al “calentamiento global” inducido por el hombre o se debe a fluctuaciones naturales? ¿es real la tendencia continua al aumento de las lluvias o la misma se ha revertido durante los últimos años? ¿si es así, se está registrando actualmente una disminución de los montos y podría volverse a las condiciones de los años 1930/1940?

Estos y otros interrogantes, se plantean continua e insistentemente desde los más diversos ámbitos debido al comportamiento pluviométrico de las últimas décadas del siglo XX y principios del XXI. Los diversos períodos de grandes lluvias registrados durante los años 1980 y 1990, parecen acrecentarse especialmente cuando se hace referencia a los efectos que los mismos generaron sobre la población y las actividades económicas. Algo similar sucede con los períodos de sequías interpuestos a los de inundaciones, no obstante, pareciera que estas situaciones no formaran parte del clima de nuestra región y del país en general.

Por ello las variaciones y fluctuaciones climáticas recientes han sido el objeto de numerosos estudios durante las últimas décadas, no obstante, hay algunas áreas del mundo, como Sudamérica, que todavía cuentan con muy poca información, debido en parte, a la escasez de los registros, a la pobre calidad de los datos (series incompletas, cambios en el instrumental, errores de medición, traslado de estaciones) y a la inadecuada instalación y distribución de las estaciones, entre otras.

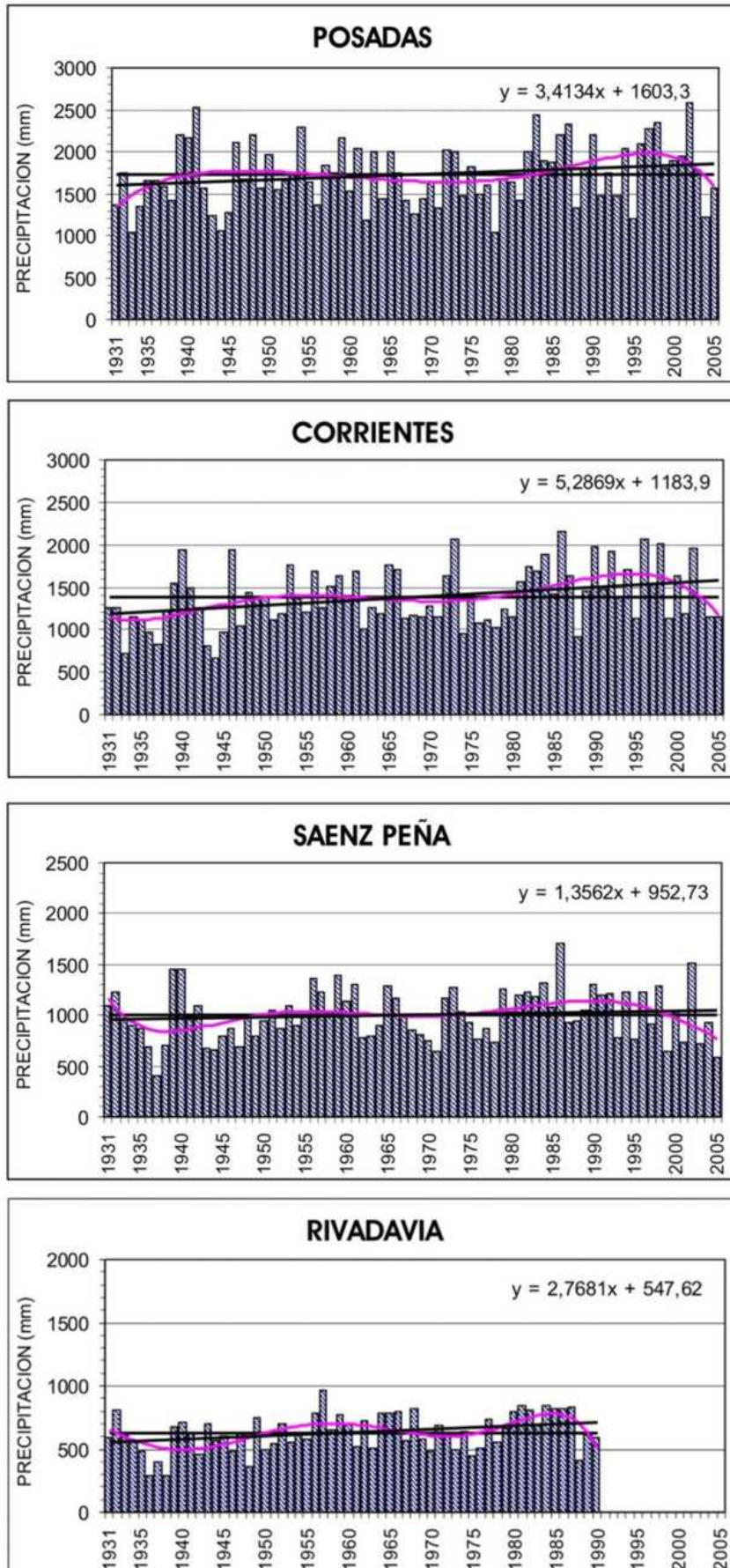
Las series obtenidas del sitio web de la NOAA y el NATIONAL CLIMATIC DATA CENTER nos brindan la posibilidad de analizar y evaluar el comportamiento temporal y espacial de la precipitación en el Nordeste Argentino, a lo largo de 75 años, con lo cual se estaría en condiciones de detectar fluctuaciones a corto y mediano plazo.

4.1. Tendencias y Fluctuaciones de los Montos Anuales de Precipitación

La Figura 2 muestra los montos pluviométricos anuales a lo largo de los 75 años de registros que cubre la serie analizada.

El comportamiento de los mismos muestra marcadas diferencias en el tiempo y en el espacio, y nos permiten detectar la amplitud que poseen las lluvias en el Nordeste. Los registros de los años 1931/2005 indican claramente el aumento de las precipitaciones a lo largo del período de estudio, destacándose el marcado incremento que tuvo lugar durante las décadas de 1980 y 1990 (con excepción de Santiago del Estero).

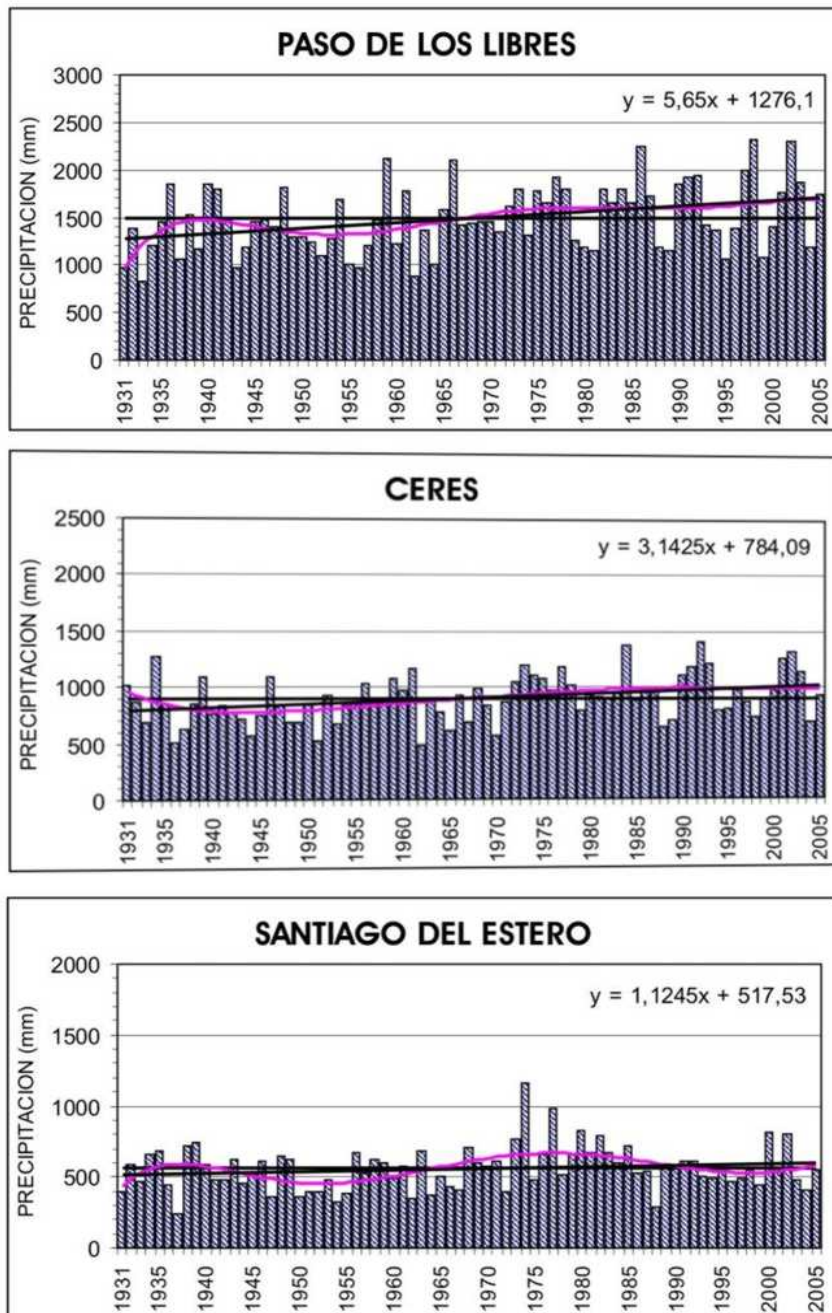
Figura 2. Montos Anuales de Precipitación (en mm). Período 1931/1960.



La tendencia lineal incorporada a estos gráficos es fuertemente positiva en todos los casos (salvo en Santiago del Estero, en que es poco marcada), evidenciando el aumento de las lluvias en el Nordeste (Tabla 2), mientras que las curvas de tendencia polinómica exponen las fluctuaciones temporales y espaciales, en especial los incrementos de los años 1950/60 y 1980/1990 en Posadas, Corrientes, Paso de los Libres y Sáenz Peña, no así en Ceres y Santiago del Estero que poseen sus máximos montos en la década anterior (1971/80).

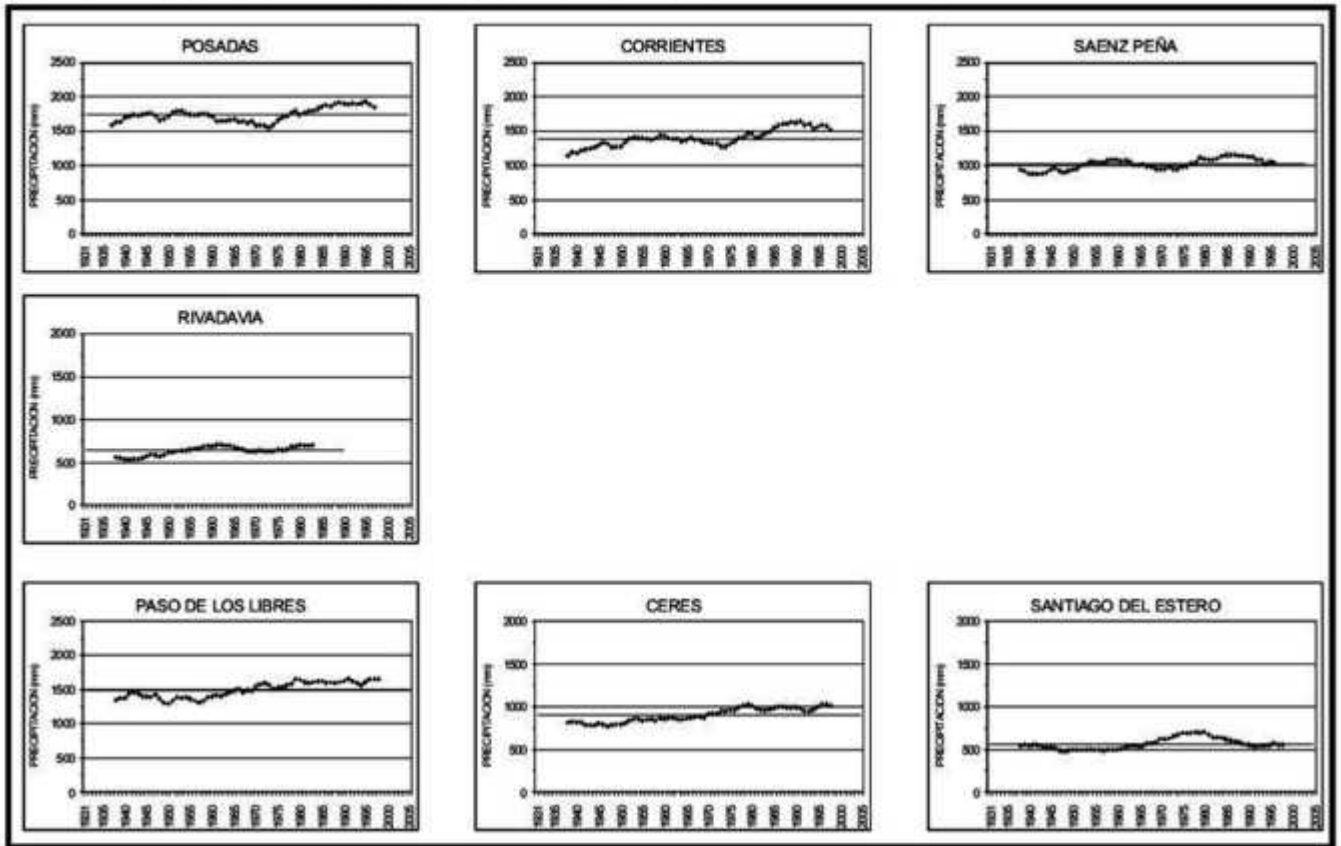
La probabilidad de un clima cada vez más lluvioso en el Nordeste, parece haberse revertido a partir de la década de 2000, tal como se observa en los trazados de las tendencias polinómicas, que señalan un marcado descenso de los montos anuales, fundamentalmente en Posadas, Corrientes y Sáenz Peña (donde se registraron los incrementos más marcados), mientras se mantienen relativamente estacionarios en Paso de los Libres y Ceres, y denotan un ligero aumento en Santiago del Estero.

Figura 2.B. Montos Anuales de Precipitación (en mm). 1931/2005



Las tendencias o fluctuaciones de las lluvias se detectan con mayor nitidez cuando se las representa a través de la marcha suavizada de los montos anuales mediante las *medias o promedios móviles* (Figura 3). En este caso, como la longitud de la serie lo permitía, se calcularon sobre la base de 15 términos, que nos habilitan para identificar fluctuaciones de mediano plazo. En todas las estaciones representadas se observan fluctuaciones u oscilaciones, sobresale la existencia de períodos húmedos (de unos 20/25 años de duración) separados por otros más secos interpuestos entre ellos, destacándose los situados al principio y en el medio del período de las series analizadas en las estaciones Posadas, Corrientes, Sáenz Peña y Rivadavia. Las restantes estaciones presentan un comportamiento diferente, Paso de los Libres y Ceres se caracterizan por registrar un descenso de los montos al comienzo de los registros durante los años 1940/50 y luego poseen un aumento casi continuo, Santiago del Estero por su parte, posee un ritmo casi inverso a las estaciones del oriente.

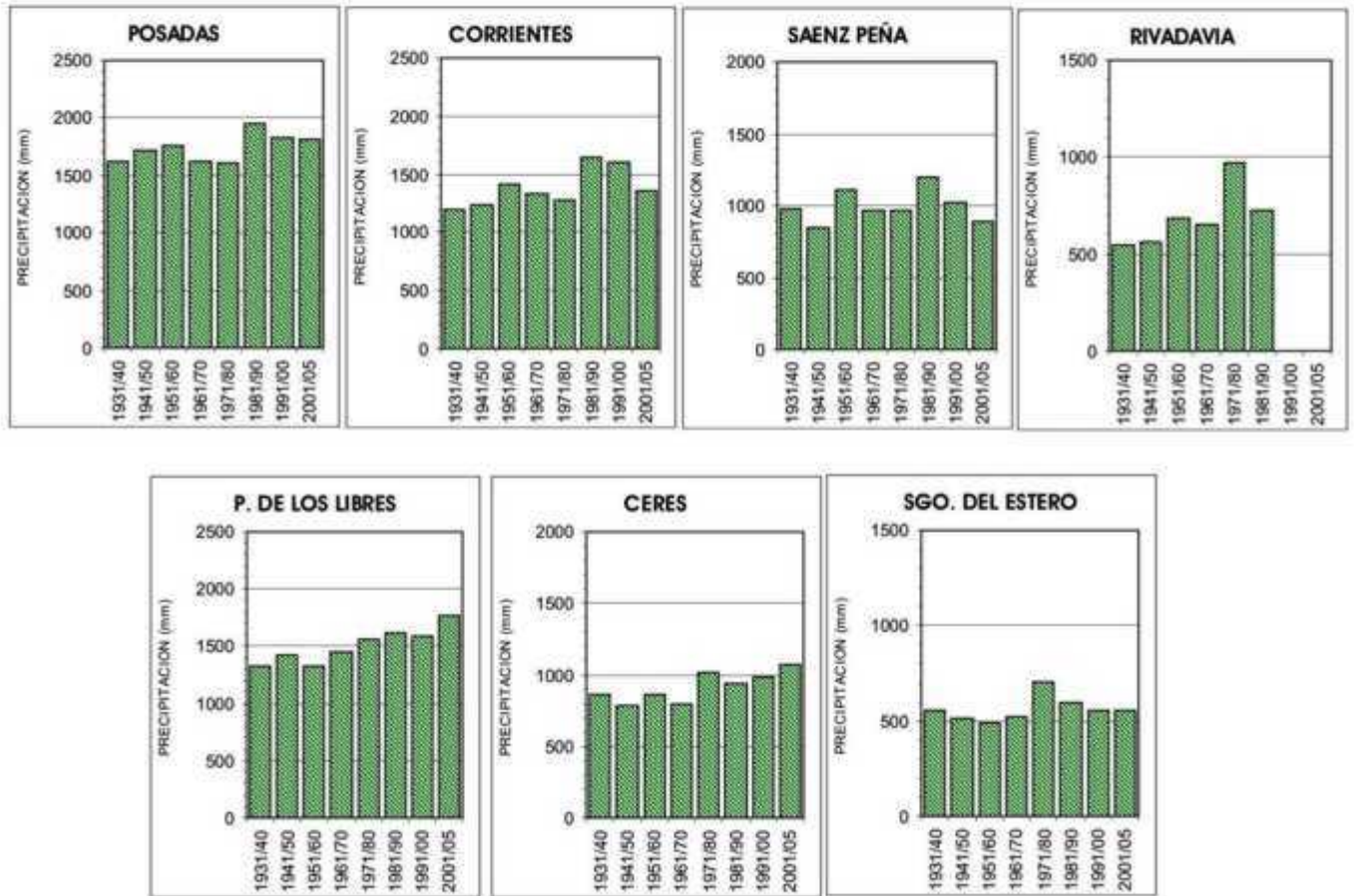
Figura 3. Promedios móviles o suavizados (de 15 términos) de los Montos Anuales de Precipitación (en mm). Período 1931/2005.



En el comportamiento/fluctuaciones de mediana escala, Minetti y otros (2003) también encontraron tendencias y oscilaciones de frecuencia media de 18 a 26 años, importantes en la observación de saltos y discontinuidades en los promedios de 30 años, que se explican por desplazamientos a mayor latitud de la oscilación subtropical. Por otra parte, también encontraron que el período 1981/85 fue el más húmedo en la Argentina Subtropical, si bien los eventos de La Niña mencionados anteriormente, revertieron esta tendencia durante los últimos años. Detecta una franja en el centro del país, en la que están incluidas entre otras, las localidades de Rivadavia, Sáenz Peña, Santiago del Estero, Córdoba y Río Cuarto, Ceres, Rosario, Gualeguaychú, que se caracteriza por presentar una tendencia decreciente en las precipitaciones.

Los montos medios decenales (Figura 4 y Tabla 2) indican que en el Nordeste se han producido aumentos notorios durante las últimas décadas, especialmente en el sector oriental, mientras que en centro y occidente se registra una leve disminución de los mismos durante la última década del siglo XX. Además, no se detecta una tendencia continua al aumento de las precipitaciones desde 1951/60 en adelante, sino y tal como se indicara anteriormente, la alternancia de décadas más secas con otras más húmedas.

Figura 4. Montos Anuales Decenales de Precipitación (en mm) - Período 1931/1990



El notable aumento en los montos pluviométricos fue estudiado por Minetti y Vargas (1998), quienes concluyen que este cambio en los valores anuales se muestra más como un salto que como una tendencia, posiblemente originado por discontinuidades en la intensidad de las corrientes húmedas desde el Noreste. Estos “saltos” detectados en la precipitación por Minetti y Vargas (1998), tuvieron como consecuencia cambios ambientales, tanto naturales como antrópicos, y explican la expansión de la frontera agropecuaria en el borde semiárido occidental del Nordeste Argentino (oeste de Chaco y Formosa). El incremento de las precipitaciones durante las últimas décadas del siglo XX también fue analizado por Hoffmann (1988), quien destaca que el Nordeste pasó de un período considerablemente más seco, que afectó a la mayor parte del país durante las décadas de 1930 y 1940 (Tabla 2), cuyos efectos se hicieron sentir con mayor o menor intensidad en la degradación y erosión de los suelos, a un período de excesos hidrológicos durante las décadas de 1981/90 y 1991/2000, con periódicas inundaciones, tanto fluviales (ríos de la cuenca del Plata) como por el anegamiento de grandes áreas, causadas por lluvias intensas. ⁽⁸⁾

Tabla 2. Montos Anuales Decenales de Precipitación - Período 1931/1990

Estación	1931/40	1941/50	1951/60	1961/70	1971/80	1981/90	1991/00
Posadas	1615	1717	1754	1615	1609	1948	1832
Corrientes	1199	1236	1412	1333	1281	1645	1598
Sáenz Peña	976	850	1105	965	970	1193	1027
Rivadavia	545	566	685	656	614	727	s/d
P. de los Libres	1328	1418	1331	1447	1566	1621	1585
Ceres	857	782	865	792	1019	942	985
Sgo. del Estero	552	514	489	519	705	593	552

Los saltos detectados por Minetti y Vargas (1998) también son elocuentes cuando se analizan los valores de las Normales Climatológicas (CLINO) que incluye el período analizado.

Tabla 3. Normales Climatológicas 1931/60 y 1961/90 (en mm)

Estación	CLINO 1931/60	CLINO 1961/90
Posadas	1695	1724
Corrientes	1283	1420
Sáenz Peña	977	1043
Rivadavia	599	665
P. de los Libres	1359	1546
Ceres	835	918
Sgo. del Estero	518	606

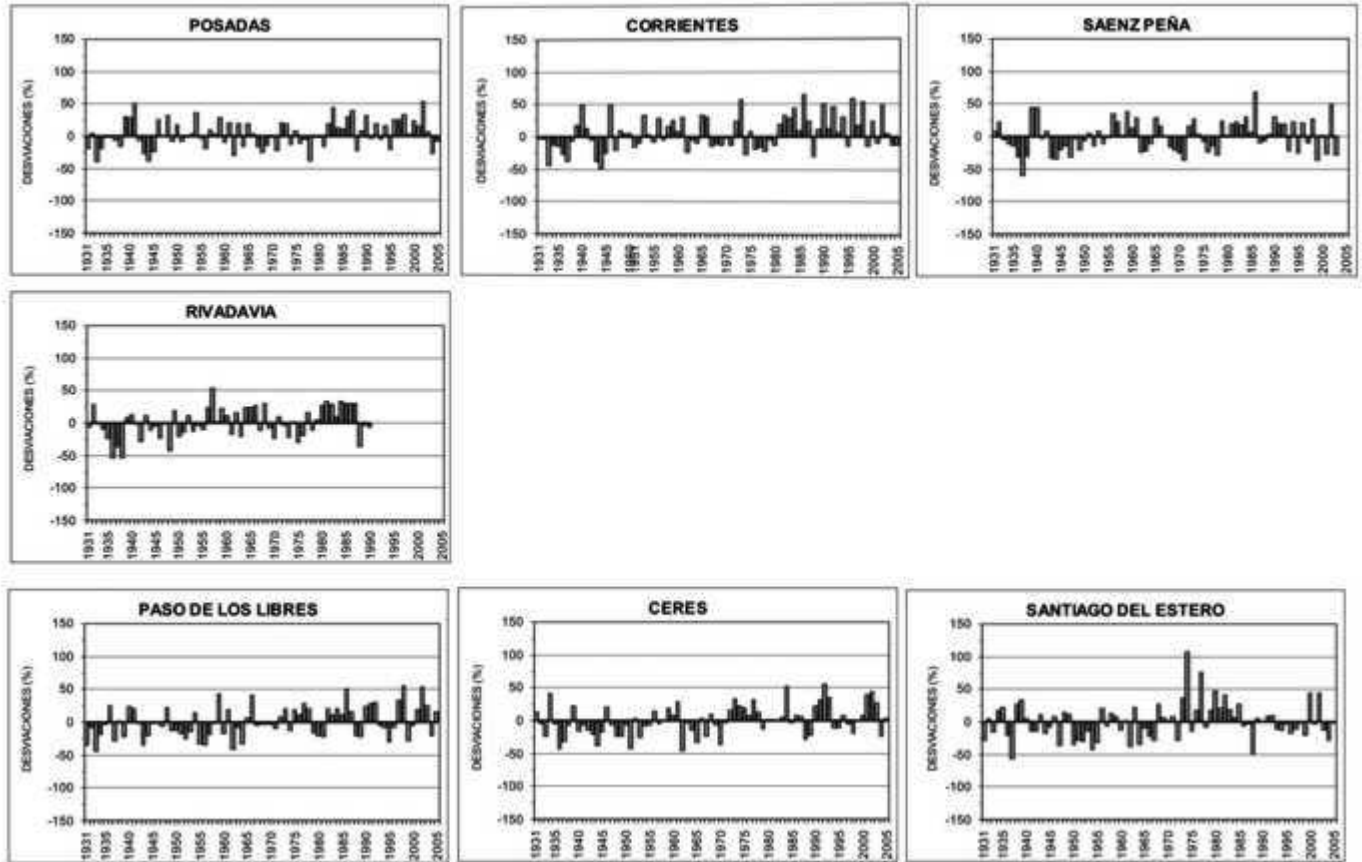
El aumento registrado durante el segundo período climatológico ha sido atribuido al desarrollo de dos o tres de los eventos de El Niño más fuertes del siglo pasado, como fueron los de los años 1965/66 – 1982/1983 y 1997/1998.

4.2. Variabilidad interanual de los Montos Anuales de Precipitación

Otra manera de cotejar la variabilidad de las precipitaciones, respecto de las tendencias de las mismas, es mediante el cálculo de las desviaciones desde la normal, es decir, la diferencia de los valores pluviométricos anuales en relación con el promedio del período considerado (Figura 5). La representación de estas diferencias mediante gráficos de barras, permite comprobar que la variabilidad de las precipitaciones es menor en el oriente del Nordeste (apenas llega al 50% en Posadas y Paso de los Libres), aumenta algo en el centro (escasamente se supera el 50 % en Sáenz Peña, Ceres y Rivadavia) y se acentúa marcadamente en el occidente (Santiago del Estero). Creemos que la escasa variabilidad que muestra Rivadavia es una consecuencia de lo incompleto de la serie. ⁽⁹⁾

Este tipo de procesamiento de la información también permite detectar la presencia de cambios en la variabilidad de las precipitaciones. En muchos trabajos se hace especial referencia al aumento en la variabilidad interanual de las lluvias, en relación con los mayores montos de las décadas de 1970/1980/1990 y a la mayor intensidad de las precipitaciones. No obstante en estas series normalizadas, no se denotan cambios manifiestos, sólo un leve aumento en los valores de las desviaciones, durante algunos años de las décadas 1970 y 1980 en Corrientes, Sáenz Peña y Santiago del Estero, mientras que se mantienen prácticamente constantes en Paso de los Libres y Ceres.

Figura 5. Desviaciones Relativas de los Montos Anuales de Precipitación (en %). Período 1931/2005.

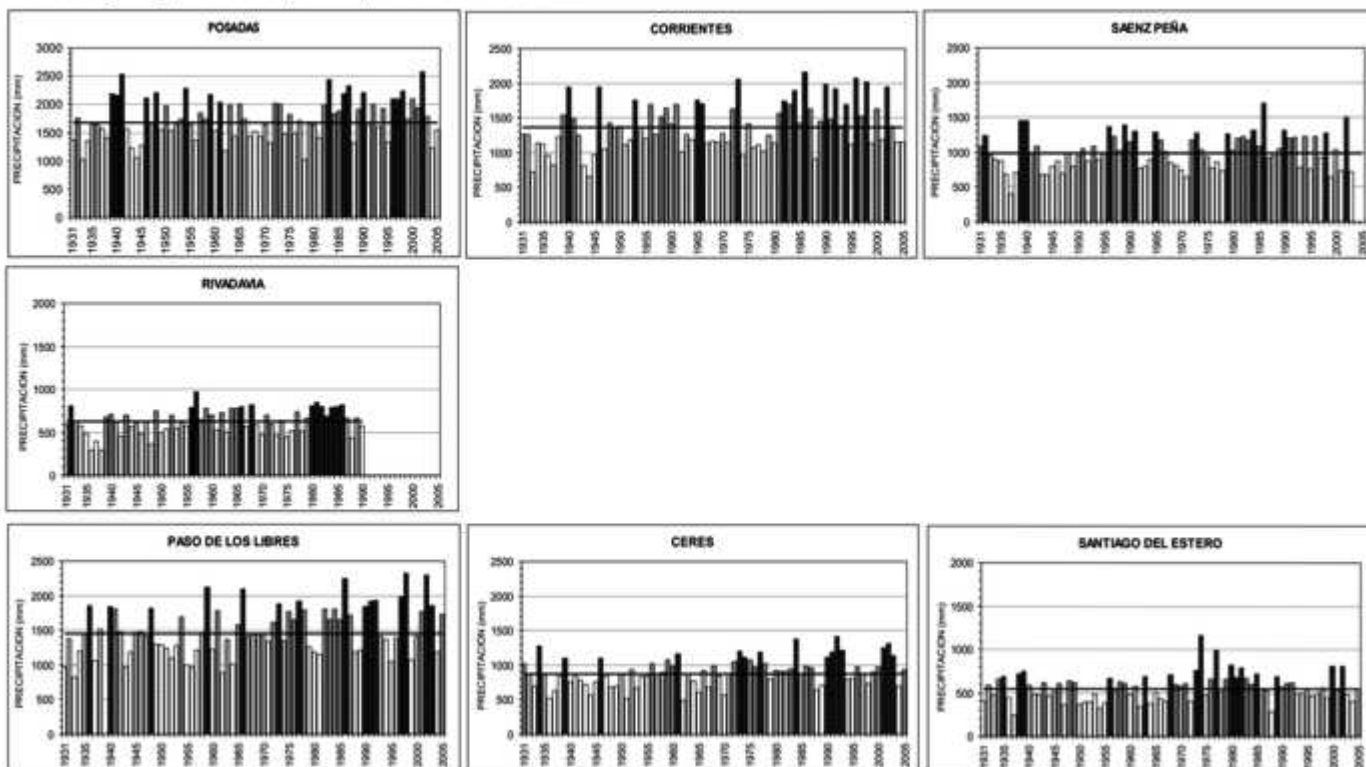


También se advierte que, salvo la estación Santiago del Estero que en el año 1974 alcanzó el 108%, las desviaciones escasamente superan el 50% durante todo el período de estudios.

Otra manera de estudiar las diferencias espaciales de la precipitación y comprobar su variabilidad temporal, es clasificar a las lluvias mediante cuantiles. Los *cuantiles* que dividen una muestra o población estadística en cinco partes o subconjuntos de igual tamaño, de modo que sus valores serán mayores o iguales que el 20, el 40, el 60 y el 80 % de los efectivos muestrales o poblacionales, reciben el nombre de quintiles. En el análisis de los totales anuales de la precipitación, los quintiles son los cuantiles más utilizados, pues su cálculo nos provee de umbrales que permiten establecer la clasificación, recomendada incluso por la Organización Meteorológica Mundial, de los meses o años en cinco categorías: meses o años muy secos, secos, normales, lluviosos y muy lluviosos. ⁽¹⁰⁾

Los quintiles anuales, calculados a partir de las series existentes (Figura 6) muestran la sucesión de años muy secos, secos, normales, húmedos y muy húmedos en el Nordeste. Lo primero que se advierte es que la distribución de los años secos y húmedos no se presentan aislados, sino agrupados durante varios años seguidos. Esta disposición da origen a la alternancia de períodos secos y húmedos bastante marcados, que con diferente extensión e intensidad caracterizan al Nordeste de nuestro país, originando los períodos con déficit y excesos hídricos, que lo convierten en un área susceptible de riesgo natural, ambiental y social bastante frecuente. Nos permite confirmar al mismo tiempo, que con algunas variantes, la mayor sucesión de años secos y muy secos se encuentran en las décadas de 1930/1940/1970 y 2000, mientras que la de años muy húmedos y húmedos se concentra, fundamentalmente, en las décadas de 1980 y 1990. Las secuencias húmedas y muy húmedas por su parte, están comprendidas preferentemente entre los años 1950/55 y 1960/66 y 1975/80 a 1997/2000. La excepción la constituye Paso de los Libres durante el primer período, a la que se suman Santiago del Estero y, en menor medida Ceres.

Figura 6. Quintiles anuales de Precipitación: años muy secos, secos, normales, húmedos y muy húmedos (en mm) - Período 1931/2005.



La amplitud extrema de las oscilaciones de las precipitaciones en las estaciones del Nordeste (Tabla 5), pone de manifiesto que las cantidades anuales extremas de lluvia varían entre 659 mm y más de 2500 mm en el oriente, de 410 mm a 1700 mm en el centro y de 239 mm a 1100 mm en el occidente. A partir de estos montos determinó *el coeficiente de fluctuación* anual de las lluvias que es el cociente entre el mínimo y el máximo registro, de manera que el valor obtenido refleja cuántas veces el año más lluvioso de una serie es superior al año más seco. Los valores calculados demuestran que las menores fluctuaciones se manifiestan en el oriente donde la variabilidad es menor, aumentan en las estaciones del centro, en concordancia con el incremento de la variabilidad y se elevan abruptamente en el extremo occidental de la llanura chaqueña, indicando una marcada variabilidad.

Tabla 4. Valores Máximos y Mínimos de los Montos Anuales de Precipitación

Estación	Valor Mín.	AÑO	Valor Máx.	AÑO	Coef. Fluctuac.
Posadas	1029	1933	2583	2002	2,51
Corrientes	659	1944	2164	1986	3,28
Sáenz Peña	410	1937	1702	1986	4,15
Rivadavia	288	1936	968	1957	3,36
Paso de los Libres	821	1933	2323	1998	2,83
Ceres	486	1962	1408	1992	2,90
Santiago del Estero	239	1937	1163	1974	4,87

Del tratamiento estadístico de las series se desprende que los mínimos montos anuales se produjeron durante las décadas de 1930 y 1940, con la excepción de Ceres (1962), mientras que los valores máximos,

con excepción de Rivadavia) 1957) y Santiago del Estero (1974) se concentran durante las dos últimas décadas del siglo XX, en correspondencia con los eventos de El Niño ya mencionados.

5. Conclusiones

El análisis de las series históricas de los registros pluviométricos de las estaciones del Nordeste Argentino nos permitió bosquejar las siguientes conclusiones:

- los montos anuales de precipitación han fluctuado entre décadas marcadamente secas (1931/1940 y 1941/50) y décadas marcadamente húmedas o lluviosas (1981/90 y 1991/2000),
- los mayores diferencias en los promedios decenales se produjeron en las estaciones Posadas, Corrientes y Sáenz Peña durante la década 1981/90, en Paso de los Libres el aumento fue progresivo y paulatino, mientras que en Ceres y Santiago del Estero el salto se produjo en la década 1971/80.
- las tendencias lineales de los montos anuales son ascendentes en todas las estaciones analizadas, las de mayor peso en los montos anuales corresponden a las lluvias de verano y otoño,
- las tendencias polinómicas y promedios suavizados señalan períodos más lluviosos separados por períodos más secos,
- no se advierte por lo tanto, una tendencia definida y continua, ascendente o descendente de los montos pluviométricos, por lo que consideramos que no se trata de tendencias permanentes sino de ciclos naturales con fases temporalmente positivas y negativas, cuyo origen pareciera estar asociado a factores dinámicos, ligados a la circulación atmosférica.

Podemos concluir que las variaciones detectadas corresponden a “fluctuaciones climáticas”, es decir, modificaciones a corto y mediano plazo que provocan alteraciones temporales y espaciales en ambos sentidos, pero que mantienen al clima dentro de sus caracteres esenciales y no a un cambio climático, puesto que desde el punto de vista climático este concepto implica diferencias más marcadas en los valores registrados y mayor variabilidad de las lluvias, aspectos que no se evidencian en las series analizadas.

6. NOTAS

1. Casi todos estos trabajos fueron publicados en las Revistas METEOROS (editada por el Servicio Meteorológico Nacional) entre los años 1951 y 1955 e IDIA, (publicación del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, y se citan en la Bibliografía.
2. Nos referimos, entre otros, a los siguientes trabajos: Capitanelli, R. (1955). *Régimen de aridez de la provincia de San Luis*; Capitanelli, R. (1956). *Las clasificaciones climáticas y sus aplicaciones regionales*; Capitanelli, R. (1960). *Estadísticas y clasificaciones climáticas*; Galmarini, A. y Raffo del Campo, J. (1963) *Condiciones de aridez y humedad en la República Argentina*; Bruniard, E. (1982) *La diagonal árida argentina. Un límite climático real*; Burgos, J. (1963) *Las heladas en la Argentina*; Hoffmann, J. (1971) *Frentes, Masas de aire y Precipitaciones en el Norte Argentino*.
3. Estos trabajos figuran en la Bibliografía adjunta.
4. A estas estaciones se agregaron dos más, que si bien están fuera de la región Nordeste, se encuentran localizadas próximas a ella, en el Chaco occidental: Rivadavia y Santiago del Estero. A pesar de no contar con la serie completa, se incluyó la estación Rivadavia (Pcia. de Salta), en primer lugar porque carecemos de estaciones localizadas en el occidente de la región NEA, y en segundo lugar, porque por su cercanía a la región, nos indicaría las condiciones pluviométricas del occidente de la planicie chaqueña, su ejemplo por lo tanto, nos serviría para comparar las semejanzas/diferencias existentes en el comportamiento pluviométrico

entre el oriente, centro y occidente de nuestra área de estudio. Por las condiciones expuestas, también se incluyó la estación Santiago del Estero, que nos mostraría las condiciones extremas de precipitación que se pueden registrar en el límite occidental del NEA. Por el contrario, no se incluye en el trabajo la estación Las Lomitas, debido a que su serie comienza en 1941 y los datos de los años 2000 a 2005 se encuentran muy incompletos.

5. Originalmente los registros provienen de los Servicios Meteorológicos Nacionales de todo el mundo, los que posteriormente son revisados y corregidos para salvar errores tales como saltos o discontinuidades, debidos a cambios en los instrumentos y a la relocalización de las estaciones. El mayor inconveniente encontrado, consistió en la presencia de lagunas de datos, bastante extensas en algunos casos, especialmente a partir de la década de 1990, motivo por el cual se tuvo que recurrir al relleno de las mismas, utilizando el método de las proporciones porcentuales.

6. Como la recta de tendencia lineal normalmente muestra que algo aumenta o disminuye a un ritmo constante, hecho que no se observa en las series de precipitación, aún en aquellas estaciones con las tendencias más marcadas, también se incorporó a cada gráfico la curva de tendencia polinómica, línea curva que se utiliza cuando los datos fluctúan alrededor de un valor medio, tal como lo hace la precipitación.

7. Las figuras se han realizado teniendo en cuenta la localización de las estaciones y las variaciones espaciales de la precipitación, a manera de dos perfiles o cortes transversales de este a oeste y de norte a sur, que comprenden las siguientes estaciones: el 1º. Posadas-Corrientes-Sáenz Peña-Rivadavia, el 2º. Paso de los Libres-Ceres-Santiago del Estero.

8. Los resultados de la comparación de los campos de la precipitación media anual realizados por Hoffmann (1988) muestran que entre los períodos 1921/50 y 1971 /80 las isoyetas se desplazaron varios cientos de kilómetros hacia el oeste en la Mesopotamia y en la llanura Chaco-pampeana, a las que correspondía un período más lluvioso. Advierte también, que en 1971/80 la isoyeta de 800 mm ocupaba el lugar de la de 600 mm y la de 1000 mm ocupaba el lugar de la de 800 mm del período 1921/50, mientras que la de 1000 mm del período 1921/50 fue reemplazada por de 1400 mm durante las últimas décadas en el sur de Corrientes. Pérez (2007) también comenta acerca de los desplazamientos que sufrieran las isohietas de 600, 1000 y 1500 mm en el Norte de Argentina, concluyendo al igual que Bruniard (1990) que los mismos no se tratarían de tendencias permanentes sino de oscilaciones, avances y retrocesos correspondientes a décadas más húmedas y más secas, y también a entrecruzamientos que indican compensaciones, quedando delimitadas en cada caso, según Bruniard (1990) “áreas de migración dentro de las cuales se localizan los valores medios del período”.

9. En esta oportunidad hemos calculado las desviaciones desde la normal (anomalías) en función de las diferencias que presenta cada monto anual con el monto promedio de la serie completa, luego, estas diferencias absolutas (en mm.) se expresan en proporción porcentual del promedio, para salvar la amplitud de las diferencias absolutas y convertir el dato en un valor comparable. Los valores negativos indican las diferencias existentes por debajo del promedio del período, mientras que los positivos señalan aquellos que lo superan.

10. Esta clasificación es, obviamente, relativa a cada observatorio y presenta el mismo o parecido porcentaje de años en cada una de las categorías, es decir, un 20% serán años muy secos, otro 20% secos, etc., a partir de la cual pueden hallarse, para cada lugar, los umbrales que permiten calificar a un mes o a un año de muy seco, seco, etc. en ese mismo punto. Por el mismo motivo, los umbrales detectados pueden variar, aún para una misma estación, de acuerdo con la longitud de las series analizadas.

11. Determinar los períodos de sequía en las estaciones del Nordeste es una tarea bastante difícil, especialmente en lo que se refiere a los criterios a utilizar, debido a la amplitud de la variación existente en los montos mensuales entre el oriente y occidente de la región. Por este motivo, el criterio comúnmente utilizado para determinar la sequía climática cuando la precipitación es inferior al 50% de la media normal

del mes, estación o año en particular, no se ajusta para todas las estaciones del Nordeste, en especial, para las localizadas en centro y occidente del área, debido a los ya de por sí bajos montos mensuales que presentan. De la misma manera sucede si consideramos la evapotranspiración potencial, que se ajusta muy bien para determinar períodos de excesos y déficit hídricos en el oriente del Nordeste, pero no para las estaciones del centro y occidente, ya que los elevados valores de evapotranspiración debido a la latitud, nos determina déficit hídrico durante todo el año.

BIBLIOGRAFÍA

- Aceituno, Patricio (1989). *On the Functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector. Part II: Upper Air Circulation*. En: Journal of Climate, Vol. 2, N° 4, pp. 341/355.
- Bruniard, Enrique (1990). *El clima de las planicies del norte argentino*. Resistencia, Facultad de Humanidades, UNNE.
- Bruniard Enrique D. (1992). *El ámbito subtropical en la República Argentina (Climatología dinámica y límites climáticos)*. En: Estudios Geográficos. Madrid, Instituto de Economía y Geografía Aplicadas, N° 208, pp. 419-445.
- Bruniard, E., Pérez, M. E., González, C. D. y Bianconi, A. (2000). *El Clima de la Región Algodonera Argentina*. Informe Elaborado para el Proyecto Integral Algodonero. Resistencia, Convenio Gobierno de la Provincia del Chaco – UNNE.
- Díaz, H. and Bradley, R. (1994). *Documenting Natural Climatic Variations: How Different is the Climate of the Twentieth Century from That of Previous Centuries?* En: Natural Climate Variability on Decade-to-Century Time Scales. Washington, National Academy Press, pp. 12/37.
- Folland, C. K., Karl, T. R. and Vinnikov, K. Y. (1990). *Observed climate variations and change, in Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*, edited by J. T. Houghton, G. J. Jenkins, and J. J. Ephraums. Cambridge Univ. Press, New York.
- Folland, C. K., Karl, T. R., Christy, J. R. y otros. (2001). *Observed climate variability and change. Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge UK and New York USA.
- Grimm, A., Barros, V. and Doyle, M. (2000). *Climate Variability in Southern South America Associated with El Niño and La Niña Events*. En: Journal of Climate, Vol. 13, N° 1, pp. 35/58.
- Grisollet H., Guilmet B. y Arlery R. (1962). *Climatologie, méthodes et pratiques*. París, ed. Gauthier-Villars.
- Hoffmann, José A. (1988). *Las variaciones climáticas ocurridas en la Argentina desde fines del siglo pasado hasta el presente*. En: El deterioro del ambiente en la Argentina (suelo, agua, vegetación, fauna). Buenos Aires, Fundación para la educación la ciencia y la cultura (FECIC), pp. 275-290.
- Krepper, C., Csian, B. and Perill, J. (1989). *Time and Space Variability of Rainfall in Central-East Argentina*. En: Journal of Climate. Vol. 2, N° 1, pp. 39/47.
- Minetti, J. y Vargas, W. (1998). *Trends and Jumps in the annual precipitation in South América, south of the 15° S*. En: Atmósfera, México, Vol. 11, N° 4, pp. 205-221.
- Minetti, J. L., Vargas, W. M., Poblete, A. G. y otros. *Non Lineal Trends and low frequency oscillation in annual precipitation over Argentina and Chile. 1931/1999*. En: Atmósfera, Vol. 16, pp. 119/135.
- Mitchell, T. and Wallace, J. (1996). *ENSO Seasonality: 1950/78 versus 1979/92*. En: Journal of Climate, Vol. 9, N° 12, pp. 3149/3161.
- Nicholls, N. (1988). *El Niño Southern Oscillation and Rainfall Variability*. En: Journal of Climate, Vol. 1, N° 4, pp. 418/421.
- Olcina Cantos, J. (2006). *¿Riesgos Naturales? I. Sequías e inundaciones*. Barcelona, Davinci Continental.
- Schwerdtfeger, W. y Vasino, C. (1953). *La variación secular de las precipitaciones en el este y centro de la República Argentina*. Revista METEOROS. Buenos Aires, AMN, Servicio Meteorológico Nacional, N° 3, pp. 174/193.

