

COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACION EN LA PLATA DURANTE EL PERÍODO 1938-2001

Pablo Luis Antico y Nora Cristina Sabbione

Departamento de Sismología e Información Meteorológica, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de La Plata, Universidad Nacional de La Plata, Paseo del Bosque s/n, 1900 La Plata, Provincia de Buenos Aires. E-mail: pantico@fcaglp.unlp.edu.ar

RESUMEN

El comportamiento de la precipitación en la estación meteorológica La Plata Observatorio, se estudia durante el período comprendido entre los años 1938 y 2001. Los datos utilizados han sido obtenidos de la base de datos meteorológicos del Departamento de Sismología e Información Meteorológica y consisten en totales anuales, mensuales y diarios, y el número de días con precipitación. En los totales anuales de precipitación se observa una tendencia creciente durante todo el período, y dos oscilaciones con períodos de 4,5 y 2,1 años. El análisis de los totales mensuales indica que el aumento de la precipitación anual responde a un aumento de la precipitación entre octubre y marzo. La serie de tiempo de los máximos anuales de precipitación diaria también revela un incremento en los valores registrados, como así también en su frecuencia de ocurrencia, a partir de la década del '70.

Palabras claves: precipitación, cambio climático, La Plata.

ABSTRACT

The precipitation pattern at La Plata Observatorio meteorological station is analyzed for the 1938-2001 period. The data were obtained from the Departamento de Sismología e Información Meteorológica database, and consist of annual, monthly and daily rainfall totals and the number of days with precipitation. An increasing trend is observed in the annual totals during the whole period, as well as two oscillations with periods of 4.5 and 2.1 years. The analysis of monthly totals indicates that the observed increase in annual totals is accounted for by an increase in monthly rainfall through October to March. The time series of annual daily precipitation maxima reveals also an increase in the observed values, as well as in their frequency of occurrence, since the 1970s.

Keywords: precipitation, climatic change, La Plata.

INTRODUCCION

La existencia de tendencias en la precipitación, como así también la ocurrencia de cambios en su régimen, tiene impactos sobre las actividades humanas que afectan al desarrollo económico, los programas sociales y la gestión de los recursos hídricos (OMM 1990). Al mismo tiempo, estas tendencias pueden representar una señal de un cambio del clima ya sea a nivel local o regional. En este último caso, deberían hallarse señales

similares en las series temporales de precipitación de estaciones ubicadas en la misma estación.

Se ha observado una tendencia creciente de la precipitación registrada durante la mayor parte del siglo XX en Argentina (Dai *et al.*, 1997). Hoffmann *et al.* (1987), a partir del estudio de la fluctuación de la precipitación en Argentina, encuentran un aumento de los promedios decádicos, en particular sobre estaciones del centro y este de Argentina durante la segunda mitad del siglo XX. Krepper

et al. (1991) también detectan una tendencia creciente de la precipitación en dicha región. Más tarde, Krepper y Scian (1994) encuentran una tendencia similar en base a datos de estaciones de la Región Pampeana. Otra evidencia de un aumento en la precipitación en el sudeste de América del Sur a partir de la década del '60, viene dada por el aumento de los caudales de los principales ríos de la región (García y Vargas 1998; Genta *et al.*, 1998).

En este trabajo se busca identificar cambios en la precipitación en La Plata Observatorio durante el período 1938-2001. En primer lugar se analiza la tendencia a largo plazo dominante en los totales anuales y en el número de días con precipitación por año. Luego se estudia la distribución de la precipitación durante el año haciendo uso de los totales mensuales y el número de días con precipitación por mes. Por último, se utilizan los valores máximos anuales de precipitación diaria. El estudio de estos últimos brinda un panorama de los valores extremos que puede tomar la precipitación diaria, a la vez que revela los cambios que ésta sufre tanto en su monto como en su frecuencia de ocurrencia a lo largo del período de estudio.

DATOS

La estación meteorológica del Observatorio Astronómico de La Plata (en adelante referida como La Plata Observatorio), que actualmente depende del Departamento de Sismología e Información Meteorológica de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata, efectúa la tarea de recolectar y preservar los datos meteorológicos de superficie. La Plata Observatorio está emplazada en la ciudad de La Plata, situada al noreste de la Provincia de Buenos Aires a los 34° 55' S y 57° 56' O.

Los datos utilizados consisten en totales diarios, mensuales y anuales de precipitación obtenidos durante el período 1938-2001. Los datos diarios corresponden a la precipitación

acumulada entre las 0 y 24 hora local, a partir de los cuales se computan los totales mensuales y luego con éstos los totales anuales. También se utilizan los datos correspondientes a la cantidad de días en los cuales ocurre precipitación al mes, y a partir de éstos se obtienen los días con precipitación al año. Se considera que en un día dado ocurre precipitación cuando se registra un total de al menos 0,2 mm. Previamente a su utilización en este estudio los datos han sido sometidos a un control de calidad, de manera tal que cumplen con las condiciones necesarias para ser utilizados en estudios climatológicos (OMM 1990).

METODOLOGIA

Se utiliza la serie temporal completa de precipitación para el período 1938-2001. Debido a las variaciones relativamente grandes que ocurren de un año a otro, la serie de la precipitación anual presenta irregularidades de corto período que en principio podrían enmascarar a otras de mayor período y tendencias.

En primer lugar se analizan los saltos en la media a lo largo del período completo 1938-2001. Para detectar estos cambios se aplica el test de desvíos acumulados (Q) (Buishand 1982). Este mismo test ha sido aplicado para el análisis de series de precipitación y caudales en la cuenca del Río de la Plata (García y Vargas 1998). El test Q detecta los puntos de cambio de la media al cabo de m observaciones en la serie temporal $\{x_i : i = 1, \dots, k, \dots, N\}$. Se define el desvío acumulado $S_k^* = \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})$ con $S_0^* = 0$ para $k = 1, \dots, N$. Luego, utilizando la desviación standard de la serie de

observaciones $\sigma_x^2 = \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 / N$ se define el desvío acumulado normalizado

$S_k^{**} = S_k / \sigma_y$ para $k = 0, 1, \dots, N$. Los puntos de cambio en el valor de la media de la serie vienen dados por los máximos de $|S_k^{**}|$.

La presencia de una tendencia en la serie temporal de la precipitación anual podría significar un cambio real en la precipitación o bien un cambio en las condiciones ambientales de la estación meteorológica en donde fueron efectuadas las observaciones. En ese sentido se podrían señalar como posibles forzantes ambientales al crecimiento edilicio y demográfico, como así también a la actividad industrial en los alrededores (Jaschek, 1994). Sin embargo no queda claro qué efecto ejercen estos forzantes sobre la precipitación.

En el caso que exista un cambio en la precipitación debido a una alteración de la circulación general de la atmósfera, éste debería manifestarse en otras estaciones cercanas. Se efectúa entonces una comparación con las medias decádicas de la precipitación anual de la estación Buenos Aires, perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional. Esta última se escogió para hacer la comparación por tratarse de la estación disponible con registros completos más cercana a La Plata Observatorio. Luego se calculan las diferencias entre las medias decádicas de La Plata Observatorio y las correspondientes a Buenos Aires para las cinco décadas comprendidas en el período 1941-1980, definidas como: 1941-1950, 1951-1960, 1961-1970, 1971-1980, y 1981-1990. La década del '90 para Buenos Aires aún no ha sido publicada, por lo tanto la comparación se extiende solamente hasta los '80.

Para detectar la existencia de oscilaciones regulares en las series de datos se aplica el análisis de espectro singular (SSA, del inglés *Singular Spectrum Analysis*) a la serie completa de precipitación anual (Vautard *et al.*, 1992). El SSA es un método no paramétrico

aplicable a series cortas y ruidosas de datos geofísicos. A diferencia de los métodos clásicos que ajustan un modelo previamente definido a la serie de muestra (senos y cosenos en el análisis armónico clásico) (Panofsky y Brier, 1958; Wilks, 1995) el SSA utiliza un conjunto de bases que se adaptan a los datos. Entre otros resultados que se obtienen al aplicar el SSA, es posible identificar tanto tendencias como oscilaciones que no necesariamente sean armónicas.

Para el cálculo del SSA aplicado a las series de precipitación en este estudio se utiliza el conjunto de herramientas desarrollado por Ghil *et al.* (2002). Para una descripción minuciosa del método el lector debe remitirse a esta última referencia. Se escogió una longitud de ventana espectral $M = 30$, es decir 30 años, tanto para los totales anuales como para la cantidad de días con precipitación por año, cuya longitud es de 64 años. Una vez construido el SSA para cada una de las series se calcularon los correspondientes componentes reconstruidos (RC's, del inglés *Reconstructed Components*). La suma de todos los RC's permite reconstruir la serie original de datos, en cuyo caso se dice que el conjunto de RC's utilizado posee $S = 30 = N$ elementos. Dado que el objetivo es encontrar aquellas oscilaciones periódicas que constituyen una señal discernible respecto del ruido blanco en el espectro de potencias, se retienen únicamente las S primeras RC's que contienen a la señal. Para separar el conjunto de RC's que contienen a la señal para un determinado valor de N y M , se aplicó el algoritmo desarrollado por Vautard *et al.* (1992), basado en la tasa de reducción del ruido. De esta manera, para la serie de totales anuales resulta $S = 5$ y para la serie de cantidad de días $S = 3$, es decir que sobre un total de 30 RC's se tomaron solamente las cinco primeras para reconstruir la serie de totales y las tres primeras para la serie de días. El valor relativamente pequeño de S es coherente con

el espectro de ruido blanco que domina a las series. El método también permite identificar a los RC's que reconstruyen exclusivamente a la tendencia de la serie, procedimiento que también se efectúa para cada una de las series anuales.

Para estudiar la distribución media anual de la precipitación se calculan los valores medios para cada uno de los doce meses. Utilizando éstos se construyen histogramas en base al período 1938-2001. También se construyeron histogramas similares para distintos períodos, con el propósito de estudiar los cambios en la distribución anual de la precipitación.

Para cada uno de los años comprendidos en el período 1938-2001 fue seleccionado el valor máximo de precipitación diaria. Éstos se

utilizan para construir la serie temporal de los máximos anuales absolutos de precipitación diaria. Además se calculó la frecuencia de ocurrencia para cada mes del año, lo cual da una noción de la distribución anual de los máximos diarios de precipitación.

RESULTADOS

Precipitación anual

En la Figura 1 se muestran la serie temporal completa de los totales anuales de precipitación, los promedios para cada una de los cinco períodos determinados entre los años 1938 y 2001 y la reconstrucción de la serie de tiempo reteniendo por un lado a las oscilaciones con períodos de 4,5 y 2,1 años (línea discontinua) y por otro lado a las tendencias

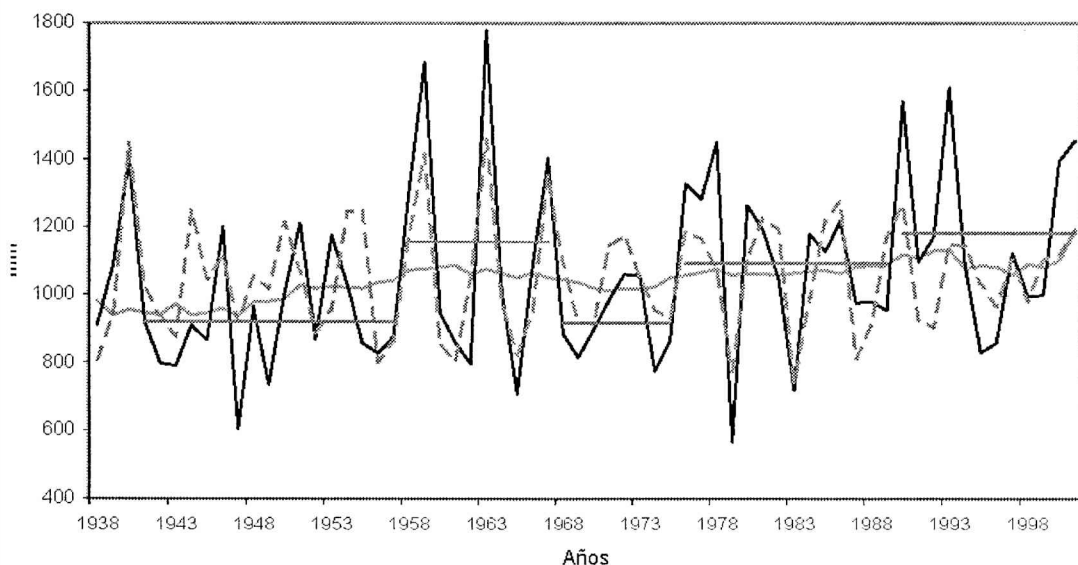


Figura 1. Serie temporal de la precipitación total anual en La Plata Observatorio durante el período 1938-2001 (línea continua delgada). Mediante el análisis de espectro singular (SSA) se reconstruye la serie original utilizando los primeros cinco RC's que corresponden a oscilaciones con períodos de 4,5 y 2,1 años (línea a trazos), y los RC's que constituyen la tendencia de la serie (línea continua gruesa). Las líneas horizontales de a tramos indican los promedios para cada uno de los períodos comprendidos entre los años 1938 y 2001 determinados a partir del test de desvíos acumulados (Q). Los valores de precipitación están expresados en milímetros.

Comportamiento de la precipitación en La Plata durante el período 1938-2001

(línea continua). Los cinco períodos para los cuales se calculó la media se definen a partir de los resultados del test Q que indica los años en los cuales la media sufre un cambio. Para la serie de totales anuales estos años son: 1941, 1958, 1968, 1976 y 1990.

Entre los años 1941 y 1975 se define un período con una precipitación media de 1.157 mm que supera a los 919 mm del período anterior, que se extiende entre 1958 y 1967 y que además manifiesta fluctuaciones interanuales de gran amplitud (Fig. 1). En 1976 se inicia un período que se prolonga hasta 1989 con un valor de 1.091 mm, seguido por un quinto período con una media aún mayor de 1.182 mm.

De la comparación entre las series de precipitación anual correspondiente a Buenos Aires y La Plata Observatorio (Tabla 1) surge que las diferencias entre las décadas sucesivas presentan un comportamiento similar durante el período 1941-1980. Si calculamos el promedio de las diferencias para cada estación, con lo cual se logra filtrar a las fluctuaciones interdecádicas, obtenemos un valor de +54,4 mm para La Plata y +59,6 mm para Buenos Aires. La diferencia relativa entre ambas tendencias es de 3,8% y cada una de ellas representa un incremento del 5,3% en la media decádica de la precipitación anual en cada estación.

Tendencias del mismo tipo han sido observadas por otros autores (Krepper *et al.*, 1991; Krepper y Scian 1994). Mediante la

utilización del análisis de componentes principales, Krepper *et al.* (1991) detectaron una tendencia creciente en las precipitaciones en el centro y este de Argentina. Esta tendencia también se evidencia en las series de precipitación anual de estaciones ubicadas en la denominada región Pampeana (Krepper y Scian 1994), dentro de la cual queda comprendida la ciudad de La Plata. García y Vargas (1998) detectaron un cambio en la tendencia de la media entre los años 1970 y 1972, correspondiente a los caudales de los principales tributarios del Río de la Plata en base al período de registros 1901-1992. Otros cambios en las tendencias de las medias de los caudales en la cuenca del Río de la Plata también fueron determinados por Genta *et al.* (1998) a mediados de los años 60, en base al período de registro 1901-1995.

Los resultados del SSA aplicado a la serie de totales anuales de precipitación indican la existencia de dos picos espectrales significativos con períodos de 4,5 años y 2,1 años. En la Figura 1 se reconstruye la serie de precipitación a partir de estas oscilaciones, que vienen dadas por los primeros cinco RC's ($S = 5$). El mismo análisis también sugiere la existencia de una tendencia, pero que no está incluida en el conjunto de los cinco primeros RC's debido a su débil potencia en el espectro. Esto explica el alejamiento de la serie reconstruida (línea a trazos) con respecto a la original (línea continua) en la Figura 1. Volviendo al análisis de la tendencia, se aprecia

Tabla 1. Promedios decádicos de la precipitación anual en las estaciones La Plata Observatorio (FCAGLP-UNLP) y en Buenos Aires (SMN) entre los años 1941 y 1990 expresados en milímetros. En *italicas* se indica la diferencia en milímetros entre una década dada y la anterior. En la última columna a la derecha se muestran los promedios sobre las cinco décadas.

	1941-50	1951-60	1961-70	1971-80	1981-90	Promedio
Buenos Aires	975,5	1.089,0 <i>+113,5</i>	1.076,0 <i>-13,0</i>	1.143,0 <i>+67,0</i>	1.214,0 <i>+71,0</i>	1.099,5 <i>+59,6</i>
La Plata Observatorio	878,1	1.077,8 <i>+199,7</i>	1.022,9 <i>-54,9</i>	1.062,6 <i>+39,7</i>	1.095,9 <i>+33,3</i>	1.027,5 <i>+54,4</i>

en la misma figura que la misma es creciente y manifiesta fluctuaciones irregulares que acompañan a los períodos que marcan los saltos en la media de la serie determinados a partir del test Q. En la década de los 90 la tendencia sufre una rápida fluctuación debida al comportamiento de los totales anuales que determinan una época con abundante precipitación (valores cercanos o mayores que la media decádica durante la primera mitad de la década) seguida de otra que se caracteriza por totales relativamente bajos (valores por debajo de la media decádica).

En la Figura 2 se presenta la serie completa de la cantidad de días con precipitación durante el período 1938-2001, que fue sometida a un análisis similar al aplicado a la serie de los totales anuales. En este caso, los resultados del SSA indican en primer lugar una marcada tendencia que domina a la serie de datos, mientras que en segundo lugar se manifiesta

una oscilación con un período de 4,5 años, similar a la encontrada en la serie de totales de precipitación. También se detecta otra oscilación con un período de 2,1 años, aunque de menor importancia comparada con la correspondiente a la serie de los totales.

Al aplicar el test Q a la serie de días con precipitación quedan definidos cuatro períodos dentro del período completo 1938-2001, cuyas fechas de cambio son los años 1942, 1957, 1971 y 1988. Las medias registran un aumento continuo desde unos 87 días al año con precipitación entre 1942 y 1956 hasta alcanzar los 106 días entre 1971 y 1987. Sin embargo, en el período más reciente que comienza en 1988 la media disminuye a los 103 días. Debido a esta disminución en la media, la tendencia creciente que domina la serie sufre una disminución en los últimos años de la serie de días con precipitación.

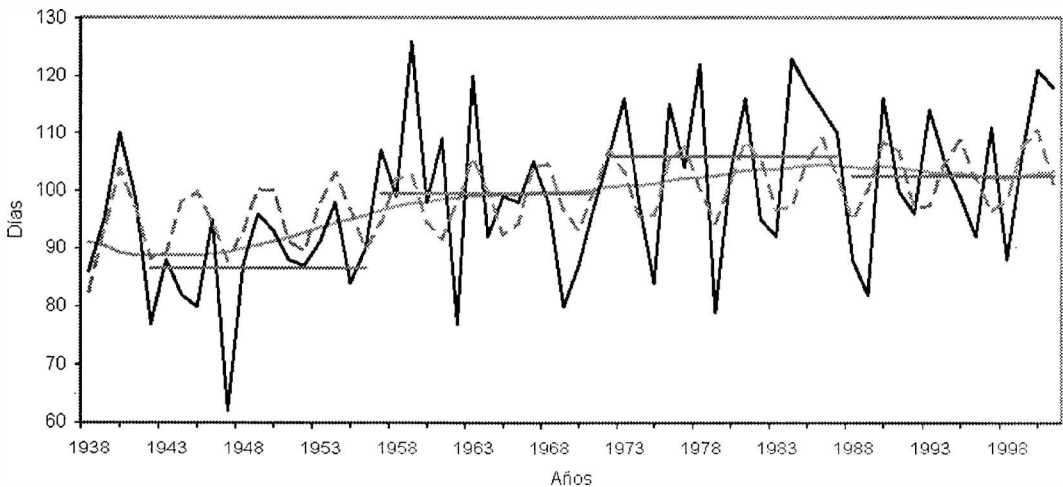


Figura 2. Serie temporal del número de días con precipitación al año en La Plata Observatorio durante el período 1938-2001. Mediante el análisis de espectro singular (SSA) se reconstruye la serie original utilizando los primeros tres RC's que representan a una porción de la tendencia de la serie y a una oscilación con período de 4,5 años (línea a trazos), y los RC's que constituyen la tendencia completa de la serie (línea continua gruesa). Las líneas horizontales de a tramos indican los promedios para cada uno de los períodos comprendidos entre los años 1938 y 2001 determinados a partir del test de desvíos acumulados (Q). El eje vertical indica el número de días al año en los cuales se registró precipitación.

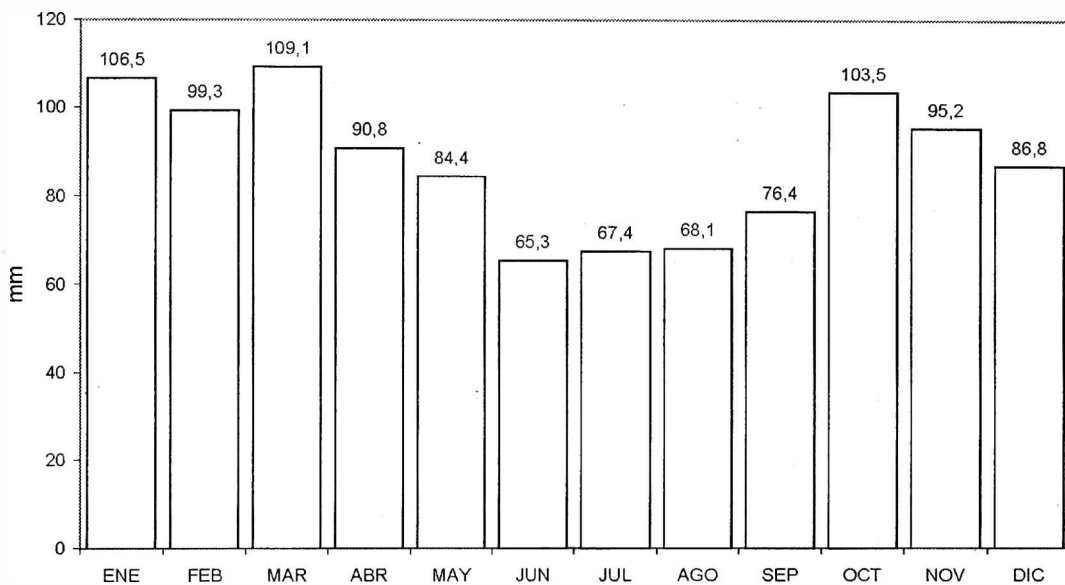


Figura 3. Distribución anual de la precipitación media mensual en La Plata Observatorio durante el período 1938-2001. Los números sobre las barras indican los valores de precipitación expresados en milímetros.

Distribución anual de la precipitación

La precipitación media para cada mes del año durante el período 1938-2001 se representa en forma de histograma en la Figura 3. Si bien no existe una estación seca, se distingue una época que abarca el invierno, en la que se registran los valores más bajos del año, con un mínimo absoluto de 65,3 mm en junio. En la época de mayor precipitación que abarca el resto del año, los dos máximos más importantes corresponden a los meses de marzo y enero con 109,1 mm y 106,5 mm, respectivamente. En octubre ocurre un máximo relativo de 103,5 mm que precede al mínimo de diciembre de 86,8 mm.

La distribución observada de la precipitación anual está gobernada entonces por una doble onda anual con un máximo en primavera y otro en otoño, típico del régimen pluviométrico del litoral argentino y la provincia de Buenos Aires (Prohaska 1952). Si consi-

deramos los seis meses con mayor precipitación, se observa que el 57 % de la precipitación anual, cuyo valor medio para el período 1938-2001 es de 1.052,83 mm, se distribuye entre octubre y marzo. Esta distribución refleja una onda anual que en el caso de las estaciones costeras de la provincia es débil en comparación con la doble onda anual (Penalba y Vargas 1992).

Habida cuenta de la tendencia detectada al analizar la precipitación anual, se muestran los histogramas correspondientes a la primera y a la segunda mitad del período de estudio (Fig. 4). Las barras en el gráfico indican que el incremento en la precipitación anual responde a un aumento de la precipitación fundamentalmente en el período comprendido entre octubre y marzo. Esto significa que el porcentaje de la precipitación anual registrado entre dichos meses es mayor durante el período 1970-2001.

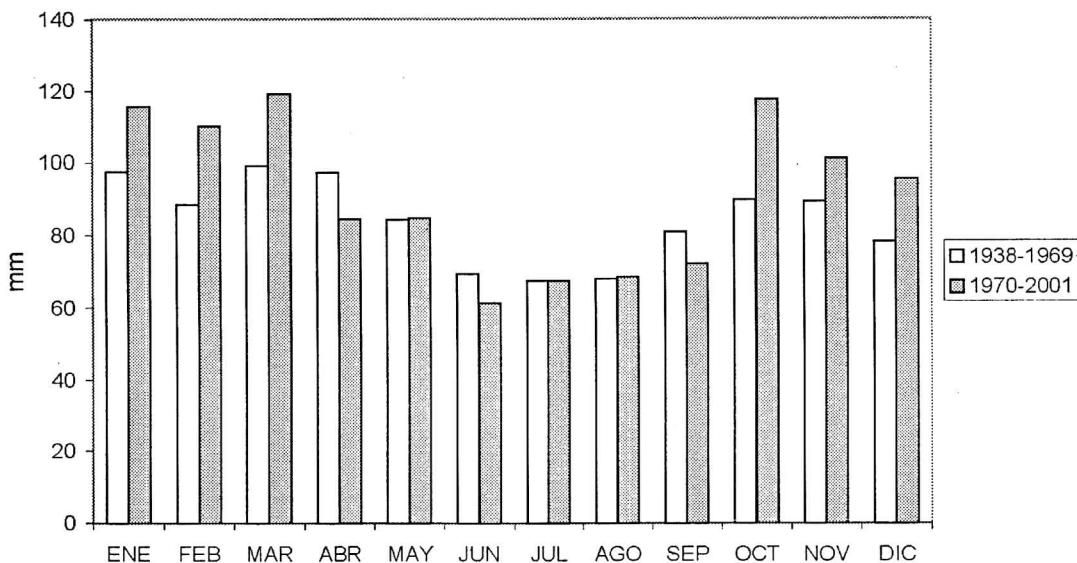


Figura 4. Comparación de la distribución anual de la precipitación media mensual en La Plata Observatorio para los períodos 1938-1969 (sombreado claro) y 1970-2001 (sombreado oscuro). Precipitación expresada en milímetros.

La evolución de esta tendencia en la distribución anual de la precipitación, se puede observar en la Figura 5 al comparar los porcentajes de la precipitación anual correspondiente a octubre-marzo y abril-septiembre. Mientras que en la primera década la precipitación de octubre-marzo apenas superaba el 50 %, en la década del '80 este valor supera el 60 % tras haber sufrido un progresivo aumento desde el comienzo del período. Sin embargo, en la última década la distribución de la precipitación durante el año tiende a equilibrarse entre los dos semestres definidos acercándose a los valores medios correspondientes al período completo de 64 años. De todas maneras, en este último caso, el porcentaje correspondiente a octubre-marzo es mayor que en las tres primeras décadas, lo cual resulta coherente con la tendencia creciente de la precipitación observada en estos meses.

La distribución anual de los días con precipitación al mes, (Fig. 6) muestra un leve incremento entre octubre (cuando ocurre el máximo de 9,8 días) y enero. Durante el resto del año el promedio de cada mes se ubica entre 7 y 8 días.

La comparación de los histogramas para los períodos 1938-1969 y 1970-2001, (Fig. 7) muestra que el aumento de los días con precipitación al año responde a un incremento en los días con precipitación durante todo el año, excepto en septiembre cuando ocurre una reducción de los días con lluvia.

Máximos valores anuales de precipitación diaria

En la Figura 8, se observa un aumento en la frecuencia de ocurrencia de los valores más elevados a partir de la década del '70. Por ejemplo, si se consideran los diecinueve años con máximos mayores que 100 mm, se observa

Comportamiento de la precipitación en La Plata durante el período 1938-2001

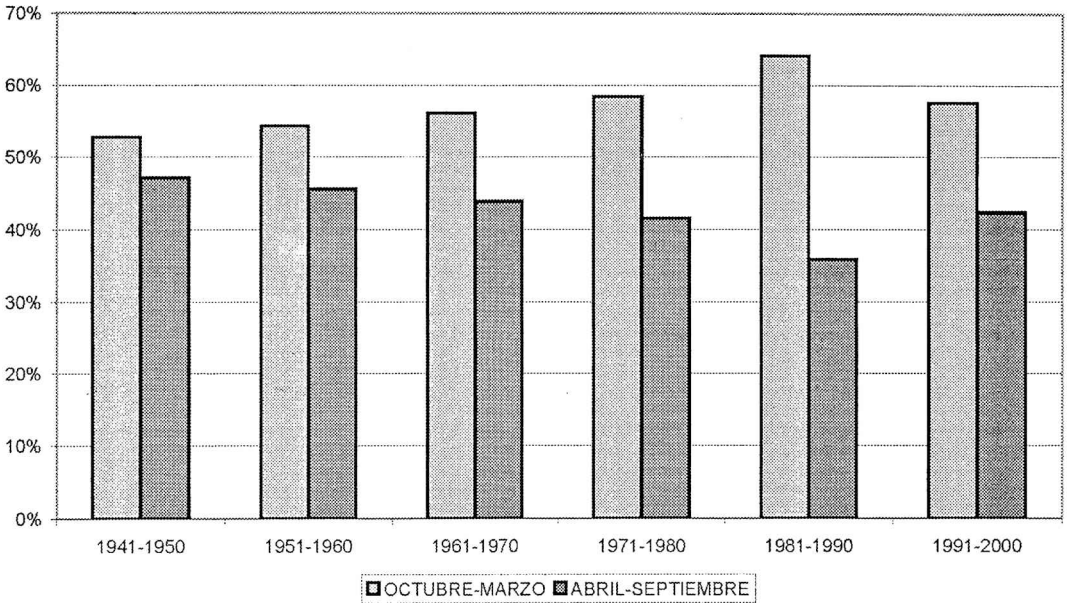


Figura 5. Porcentaje de la precipitación anual correspondiente a los meses comprendidos entre octubre y marzo (sombreado claro) y entre abril y septiembre (sombreado oscuro) por década entre los años 1941 y 2000. Valores expresados como porcentaje de la precipitación anual.

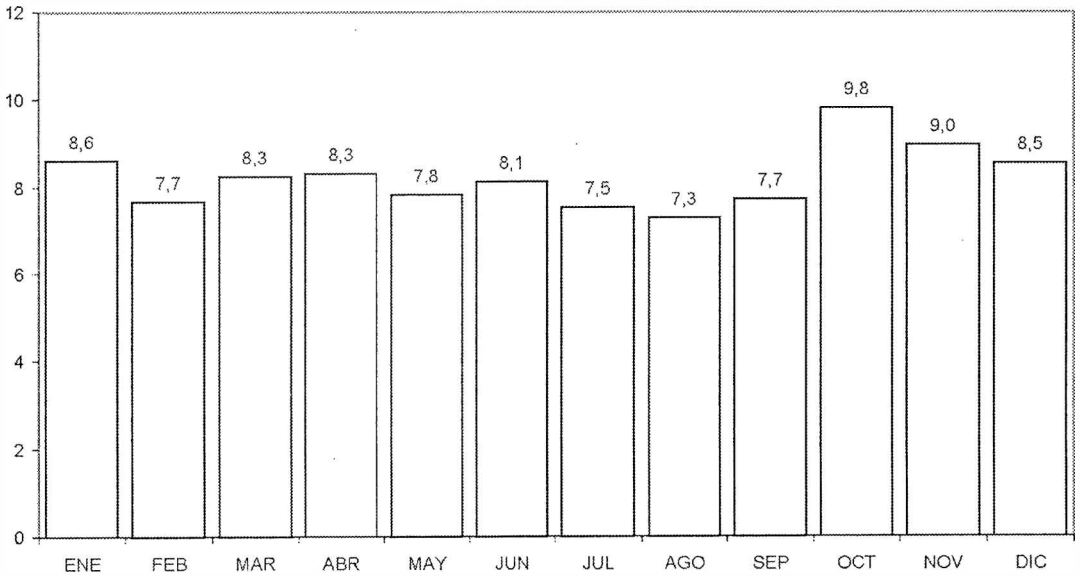


Figura 6. Distribución anual del promedio de número de días con precipitación por mes en La Plata Observatorio durante el período 1938-2001. Los números sobre las barras indican el número de días con precipitación.

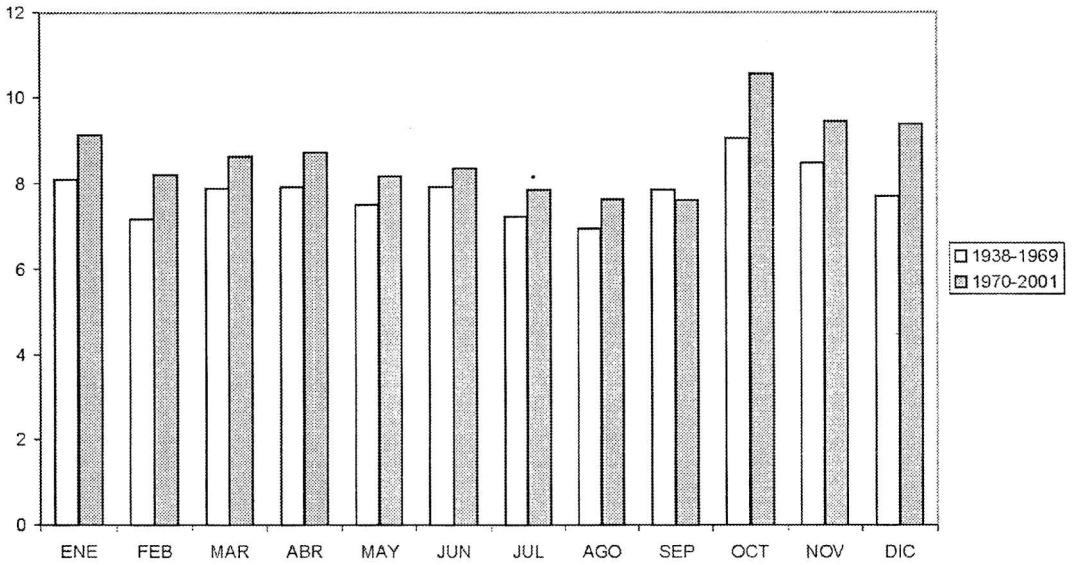


Figura 7. Comparación de la distribución anual del número de días con precipitación por mes en La Plata Observatorio para los períodos 1938-1969 (sombreado claro) y 1970-2001 (sombreado oscuro). Precipitación expresada en milímetros.

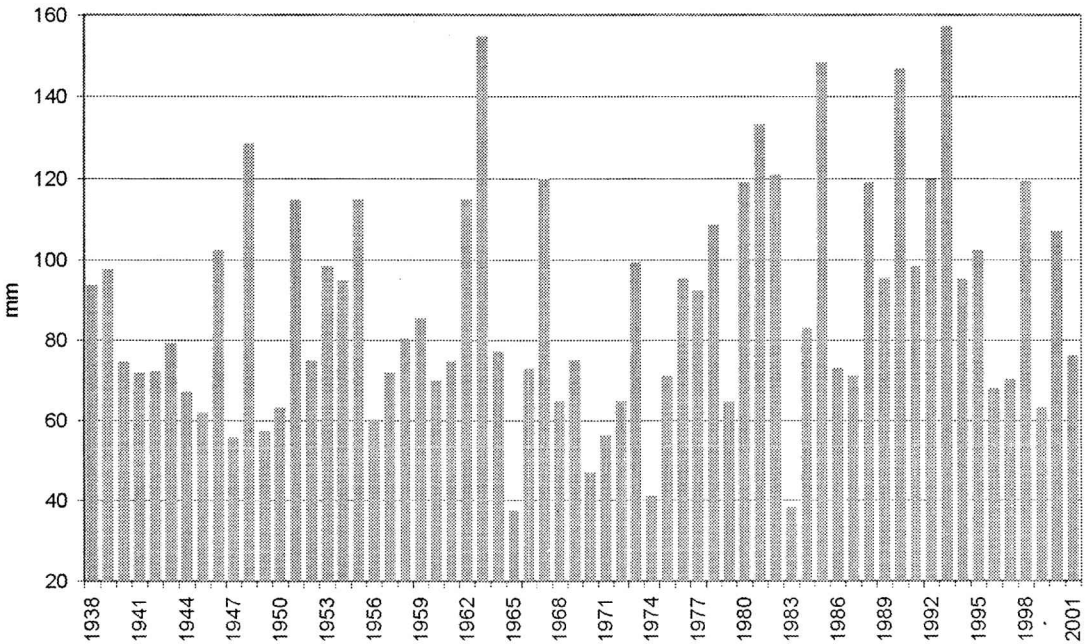


Figura 8. Máximos anuales de precipitación diaria en La Plata Observatorio durante el período 1938-2001. Precipitación expresada en milímetros.

Comportamiento de la precipitación en La Plata durante el período 1938-2001

Tabla 2. Frecuencia absoluta de ocurrencia por mes del máximo anual de precipitación diaria en La Plata Observatorio durante el período 1938-2001. También se indica el valor en milímetros del máximo absoluto para cada mes y su fecha de ocurrencia.

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Frecuencia absoluta	9	8	7	7	9	3	1	0	5	5	6	4
Máximo absoluto (mm)	119,8	157,2	119,0	114,9	148,3	108,5	63,1	-	114,8	98,3	146,8	154,7
Fecha de ocurrencia (mes-año)	1-92	8-93	22-88	7-62	31-85	15-78	21-50	-	20-55	22-91	20-90	10-63

que siete de éstos ocurren antes de 1970 mientras que los doce restantes tuvieron lugar en los años posteriores. Esta tendencia es más evidente aún en el caso de los máximos anuales de precipitación diaria mayores que 130 mm, de los cuales cuatro ocurren después de los '70 y tan sólo uno de ellos tuvo lugar en el año 1963.

Los resultados obtenidos evidencian una tendencia creciente tanto en la frecuencia de ocurrencia como en la magnitud de los valores extremos de precipitación diaria.

Para analizar la distribución de los máximos a lo largo del año, en la Tabla 2 se muestra la frecuencia de ocurrencia absoluta de los valores correspondientes a la serie temporal de la Figura 8 para cada uno de los meses del año. En primer lugar, se observa que no existe un mes privilegiado para la ocurrencia del máximo anual de la precipitación diaria. Sin embargo, es más común que éste ocurra durante los meses comprendidos entre enero y mayo, cuando las frecuencias absolutas varían entre 7 y 9. Por otro lado, la misma tabla también muestra que el máximo anual de precipitación diaria jamás se ha observado durante el mes de agosto, y tan sólo un caso tuvo lugar en julio, siguiendo luego el mes de junio con una frecuencia absoluta igual a 3. En la tabla también se muestra el máximo absoluto en milímetros para cada mes y su fecha de ocurrencia.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta la similitud entre las tendencias observadas en este estudio y las detectadas por otros autores, es muy probable entonces que las diferencias entre las medias de los períodos definidos entre 1938 y 2001 marquen una tendencia real en la precipitación anual observada en La Plata Observatorio. Todos los resultados obtenidos en este estudio indican que la precipitación anual en La Plata Observatorio ha sufrido un aumento durante el período 1938-2001.

Los cambios en la media ocurren casi simultáneamente en las series de totales anuales y el número de días con precipitación al año. La única excepción la constituye el período 1958-1967 en los totales anuales que no tiene su contraparte en la serie de días. Debido a este período, es que la tendencia de la serie de totales alcanza un mínimo relativo a comienzos de los '70.

También se encontró que el aumento de la precipitación anual responde fundamentalmente a un aumento de la precipitación durante los meses comprendidos entre octubre y marzo. Este resultado indica que, al mismo tiempo que aumenta la precipitación anual, también ocurre un cambio en la distribución de la misma durante el año.

La precipitación anual en La Plata está afectada por una oscilación de 4,5 años, y en

menor medida por otra de 2,1 años tal como lo indican los resultados del SSA. Estos períodos probablemente estén vinculados con algún proceso asociado a la circulación atmosférica que a su vez afecte a la precipitación en esa escala de tiempo. En ese sentido, el análisis espectral de la serie temporal del Índice de Oscilación del Sur (SOI, del inglés *Southern Oscillation Index*) asociado al evento de El Niño, indica que este fenómeno se manifiesta con un período entre 2 y 5 años (Philander, 1990). Es sabido que en la región en donde se encuentra La Plata Observatorio existe una relación entre el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur y la precipitación. Sin embargo, para profundizar el estudio de este tipo de relación es necesario trabajar con una resolución mensual debido a que la respuesta en la lluvia se manifiesta de diferente manera en distintos épocas del año (Aceituno, 1988; Ropelewski y Halpert, 1987, 1989).

El análisis de los máximos anuales de la precipitación diaria indica un aumento tanto en la magnitud como en la frecuencia de ocurrencia de los mismos, especialmente a partir de la década del '70. Por otro lado, la distribución de los máximos anuales de la precipitación diaria muestra que éstos ocurren en su mayoría entre los meses de enero y mayo.

Estos últimos resultados sugieren un aumento en la intensidad y frecuencia de las precipitaciones intensas en La Plata, especialmente en los últimos 30 años.

Agradecimientos: Este trabajo no hubiese sido posible sin el apoyo del personal técnico del Departamento de Sismología e Información Meteorológica de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata. Los autores deseamos expresar nuestro agradecimiento a uno de los revisores por haber enriquecido este trabajo con sus comentarios, críticas y sugerencias.

REFERENCIAS

- Aceituno, P., 1988. On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part I: surface climate. *Mon. Wea. Rev.*, vol. 116, págs. 505-524.
- Buishand, T.A., 1982. Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *J. Hidrol.*, 58, 11-27.
- Dai, A., I.Y. Fung, y A.D. Del Genio. 1997. Surface observed global land precipitation variations during 1900-88. *J. Climate*, 10, 2943-2962.
- García, N.O. y W.M. Vargas. 1998. The temporal climatic variability in the 'Rio de la Plata' Basin displayed by the river discharges. *Clim. Change*, 38, 359-379.
- Genta, J.L., G. Perez-Iribarren, y C.R. Mechoso. 1998. A recent increasing trend in the streamflow of rivers in southeastern South America. *J. Climate*, 11, 2858-2862.
- Ghil M., R.M. Allen, M.D. Dettinger, K. Ide, D. Kondrashov, M.E. Mann, A. Robertson, A. Saunders, Y. Tian, F. Varadi y P. Yiou. 2002. Advanced spectral methods for climatic time series. *Rev. Geophys.*, 40, 3.1-3.41, 10.1029/2000GR000092.
- Hoffmann, J.A.J., S.E. Núñez y A.T.M. Gómez. 1987. Fluctuaciones de la precipitación en la Argentina, en lo que va del siglo. II Congreso Interamericano de Meteorología y V Congreso Argentino de Meteorología, Centro Argentino de Meteorólogos. Buenos Aires, 12.1.1-12.1.5.
- Jaschek, E., 1994. Análisis de los valores de las temperaturas del aire registradas en La Plata entre 1889 y 1993. 18ª Reunión Científica de Geofísica y Geodesia, Asociación Argentina de Geofísica y Geodesia. La Plata, p. 68.
- Krepper, C.M., B.V. Scian, y J.O. Pierini. 1991. Distribución y características de la precipitación en el centro y este de Argentina. *Geoacta*, 18, 49-59.
- Krepper, C.M. y B. Scian. 1994. Climatología de la precipitación en la Región Pampeana: I. Variabilidad decádica, tendencias y eventos extremos. *Geoacta*, 21, 159-174.

Comportamiento de la precipitación en La Plata durante el período 1938-2001

- OMM (Organización Meteorológica Mundial), 1990. Guía de prácticas climatológicas. Publicación N 100.
- Panofsky, H.A. y G.W. Brier. 1958. Some applications of statistics to Meteorology. The Pennsylvania State University. Pennsylvania, 224 p.
- Penalba, O.C. y W.M. Vargas. 1992. Estudio de la estacionalidad de la lluvia mensual en una región de la provincia de Buenos Aires. *Geoacta*, 19, 63-69.
- Philander, S.G.H. 1990. El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation. Academic Press. San Diego.
- Prohaska, F.J. 1952. Regímenes estacionales de precipitación de Sudamérica y mares vecinos (desde 15°S hasta Antártida). *Meteoros*, 4, 66-100.
- 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.
- Ropelewski, C.F. y M.S. Halpert. 1989. Precipitation patterns associated with the High Index phase of the Southern Oscillation. *J. Climate*, 2, 268-284.
- Vautard, R., P. Yiou y M. Gil. 1992. Singular-spectrum analysis: A toolkit for short, noisy chaotic signals. *Physica D*, 58, 95-126.
- Wilks, D.S., 1995. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. Academic Press.