

CRONOLOGIA DE INUNDACIONES Y SEQUIAS EN EL NORESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES 1911-89

E.M. SIERRA; MARIA E. FERNANDEZ LONG y C. BUSTOS.⁽¹⁾

Recibido: 24/05/94

Aceptado: 07/11/94

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo consistió en reproducir, por medio del balance hídrico del suelo, la cronología de inundaciones y sequías del Noreste de la Provincia de Buenos Aires y evaluar si la misma pudo darse dentro de un régimen de lluvias completamente aleatorio o si requirió que el mismo contuviera componentes determinísticas, como ciclos, periodicidades o saltos climáticos para producirse. Muchas de las series de datos mensuales empleadas presentaron una leve tendencia positiva, aunque en ningún caso resultó significativa debido a la alta variabilidad natural del fenómeno, que también puede ser interpretado como un salto de los promedios 1971-89 con respecto a los 1911-70, dado que tomados aisladamente ninguno de los dos períodos presenta tendencia. El análisis espectral reveló algunos picos levemente significativos y cuasi significativos, pero con una contribución muy pequeña a la variancia total, lo que hace descartar los efectos de procesos periódicos o cuasi periódicos. El estudio de rachas reveló que las de precipitación son completamente aleatorias y raramente exceden los tres meses de duración, mientras que las de humedad del suelo muestran un proceso markoviano con alta persistencia pudiendo llegar a los 18 meses de extensión. Comparado con el período 1911-70, el período 1971-89 presentó un predominio de las rachas húmedas.

Palabras clave: Inundaciones, sequías, Provincia de Buenos Aires.

1911-89 DROUGHT AND FLOOD REGIME OF NORTHEASTERN BUENOS AIRES PROVINCE

SUMMARY

The aim of this paper was to simulate, by means of the soil water balance, the drought and flood regime of Northeastern Buenos Aires Province.

The persistence of dry conditions, intermediate conditions (between the 33,4 % and 66,6 % probability levels), and humid conditions was evaluated for monthly rainfall data and monthly soil available water data in Northeastern Buenos Aires Province. The Buenos Aires City record 1911 - 1970 was selected as representative of the area because it is the very dependable, it is correlated at the 1 % level with all surrounding locations, and it is homogeneous showing neither trends nor jumps.

Persistence was evaluated by comparison with a binomially distributed purely random process. Rainfall periods showed no significant difference to the theoretical distribution, but available soil water showed significant differences which increased with the water table considered. For water tables of 200 mm or more persistence was about 66%, which is approximately double the value given by the binomial distribution, providing an useful tool for climatic monitoring.

Key words: Floods, droughts, Buenos Aires Province, causes

⁽¹⁾ Catedra de Climatología y Fenología Agrícolas, Facultad de Agronomía, U.B.A., Av. San Martín 4453 (1417) Buenos Aires.

INTRODUCCION

El noreste de la Provincia de Buenos Aires es el área más importante de agricultura en secano en la Argentina. Cuando la agricultura comenzó a reemplazar a la cría de ganado hacia 1870, se evidenció que la principal limitación climática era la ocurrencia de largos periodos de sequía e inundación (Ameghino, 1886; Molina, 1969, 1987).

En los informes periódicos y publicaciones estadísticas producidos por organizaciones públicas y privadas como Bolsa de Cereales (1953-1990), Cámara Industrial Aceitera de la República Argentina (C.I.A.R.A. 1983-1986), Junta Nacional de Granos (J.N.G. 1978-1990) las anomalías en las precipitaciones aparecen como el principal factor natural que afecta el desarrollo de cada campaña agrícola.

Durante las últimas décadas, varios fenómenos hídricos han sido ampliamente publicitados debido a sus efectos sobre la producción agrícola: durante las campañas de 1949-50, 1962-63 y 1988-89 severas sequías redujeron la producción nacional de granos en más de un 30%, mientras que durante el período de 1985 a 1987, sucesivas inundaciones dificultaron las tareas agrícolas, retrasando considerablemente la cosecha, aunque sin llegar a provocar pérdidas graves de producción.

Las características del régimen de lluvias de la Provincia de Buenos Aires han sido estudiadas detalladamente (Weber, 1951; Schwerdtfeger, 1952, 1954; Hoffmann, 1970, 1978 a, 1978 b; Prohaska, 1952; Krepper, 1987; Compagnucci y Vargas, 1983), pero aunque las inundaciones y sequías intensas pueden identificarse en los datos de precipitación correspondientes a periodos largos, del orden estacional o mayor, la alta variabilidad de los datos correspondientes a periodos de menor duración hace muy difícil el seguimiento de un evento durante su proceso de ocurrencia por medio de los mismos.

Esto fue particularmente evidente durante la sequía que afectó a la campaña agrícola 1988-1989, produciendo la pérdida de casi la mitad de la cosecha de maíz y causando graves pérdidas a la soja, el sorgo y el girasol. Durante el desarrollo del evento, su finalización fue anunciada varias veces

ante la ocurrencia de precipitaciones de moderada intensidad, a pesar de que el balance hídrico del suelo indicaba que la cantidad de agua necesaria para que ello ocurriera efectivamente era muy superior a la aportada.

En este trabajo se evalúan las persistencias de los fenómenos de exceso y déficit hídricos tales como son reflejados por los datos de precipitaciones mensuales, por un lado, y por el balance mensual de agua del suelo por el otro, a fin de poner en evidencia que dichos fenómenos se reflejan mucho más claramente en los segundos, aunque se emplee un método de estimación muy sencillo, como el de Thornthwaite Mather (1957), mientras que son muy difíciles de seguir mediante los primeros.

Asimismo se evalúa si una serie completamente aleatoria, que no contiene componentes periódicos o cuasi periódicos, ni fluctuaciones o cambios climáticos de ningún tipo, puede presentar periodos prolongados de exceso o de déficit de agua en el suelo, poniendo en evidencia que las sequías e inundaciones son una característica normal del clima de la Región Pampeana, no requiriendo otra causa que la alta variabilidad natural de su régimen de precipitaciones.

MATERIALES Y METODOS

Se emplearon registros históricos de precipitaciones correspondientes a 15 localidades de las provincias de Buenos Aires, Santa Fé y Entre Ríos (Figura 1 y Cuadro 1).

Aunque varias de las series se iniciaban en el siglo pasado, se seleccionó el período 1911-1989, dado que los registros anteriores a 1911 deben manejarse con cuidado debido a la incertidumbre que generan los métodos de observación empleados en esa época.

El registro perteneciente al Observatorio Central Buenos Aires se tomó como representativo de la región por juzgárselo el más confiable desde el punto de vista observacional, estando correlacionado muy significativamente (Nivel del 1%) con los restantes (Cuadro N° 1).

Testimonios acerca de las sequías e inundaciones en la provincia de Buenos Aires.

Duran (1981, 1982, 1985) recogió testimonios acerca de numerosos eventos hídricos ocurridos en la Provincia de Buenos Aires (Cuadro 2). Llama la

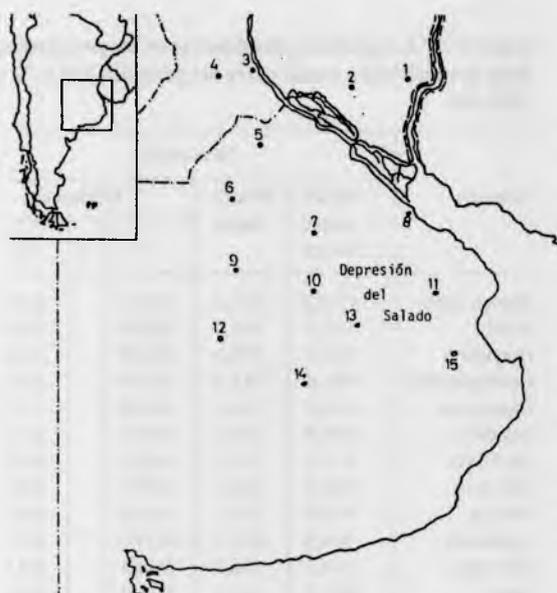


Figura 1: Noroeste de la Provincia de Buenos Aires. (1) Gualeguay, (2) Gualeguaychú, (3) Rosario, (4) Casilda, (5) Pergamino, (6) Junín, (7) Chivilcoy, (8) Buenos Aires, (9) Nueve de Julio, (10) Saladillo, (11) Chascomús, (12) Bolívar, (13) Las Flores, (14) Azul, (15) Dolores.

Cuadro N° 1. Coordenadas geográficas de las estaciones utilizadas y correlación de las respectivas series de precipitación anual con la de Buenos Aires.

Estación	Lat (°)	Lon (°)	AASL (m)	Correl. Bs.As.
Buenos Aires	34,58	58,48	25	-
Junín	34,58	60,95	80	0,65
Pergamino	33,87	60,58	66	0,64
Gualeguaychú	33,02	58,52	22	0,64
Chascomús	35,34	58,01	13	0,64
Saladillo	35,38	59,46	43	0,63
Las Flores	36,10	59,02	35	0,63
Chivilcoy	34,92	60,00	54	0,60
Dolores	36,32	57,70	9	0,59
Gualeguay	33,09	59,22	15	0,57
9 de Julio	35,45	60,87	76	0,54
Azul	36,75	59,83	113	0,54
Casilda	33,05	61,18	74	0,52
Rosario	32,55	60,47	22	0,48
Bolívar	36,25	61,10	94	0,43

Cuadro N° 2. Eventos hídricos 1911-1990.

Evento	Durán	Balance Hídrico
	Período	Período
Inundación	Ago. 1913	Ago.1913 - Nov.1913
Inundación	Oct. 1914	Apr.1914 - Dic.1914
Inundación	Abr. 1915	Feb.1915 - Abr.1915
Sequía		Mar.1916 - Mar.1917
Sequía		Sep.1917 - Feb.1919
Inundación	Jun. 1919	Mar.1919 - Jul.1919
Sequía		Jun.1920 - Oct.1920
Inundación		Nov.1920 - Jun.1921
Inundación	Sep. 1922	Jun.1922 - Ago.1922
Sequía		Dic.1922 - Jun.1923
Sequía		Abr.1924 - Feb.1925
Inundación	1925	Sep.1925 - Ene.1926
Inundación	Ago. 1926	Ago.1926 - Ago.1926
Sequía		Feb.1927 - Ago.1927
Inundación	Abr. 1928	Abr.1928 - May.1928
Sequía	1929 - 1930	Ene.1929 - Sep.1929
Inundación		Feb.1930 - Jun.1930
Sequía		Mar.1931 - Oct.1931
Sequía		Mar.1935 - Nov.1935
Inundación		Mar.1936 - Ago.1936
Inundación	1940	Abr.1940 - Jul.1940
Sequía		Nov.1942 - Abr.1943
Inundación		Dic.1943 - Nov.1944
Inundación		Dic.1945 - Abr.1946
Sequía		Ago.1947 - Dic.1947
Inundación		Ene.1948 - May.1948
Sequía	1950	Nov.1948 - Feb.1950
Inundación	1951	Nov.1951 - Nov.1951
Sequía	1952	Ene.1952 - Feb.1952
Sequía	1956	Nov.1956 - Abr.1957
Inundación	May. 1957	Jun.1957 - Jul.1957
Inundación	1959	Nov.1958 - Ago.1959
Inundación	1962	Oct.1961 - Feb.1962
Inundación	1963	Jun.1963 - Jun.1964
Inundación	1967	Jul.1967 - Oct.1967
Sequía		Dic.1967 - Sep.1968
Inundación		Jun.1970 - Oct.1970
Inundación		Jul.1972 - Abr.1973
Inundación		Jul.1976 - Mar.1977
Inundación	1978	Sep.1978 - Dic.1978
Sequía	1979	Feb.1979 - Jul.1979
Inundación	1980	Nov.1979 - Jul.1980
Sequía		Mar.1983 - Sep.1983
Inundación	1985	Dic.1984 - Dic.1987 (Con interrupción)
Sequía		May.1988 - Sep.1988
Sequía		Nov.1988 - Feb.1989

atención que la mayor parte de los mismos se refieren a inundaciones, las cuales son mucho más notorias que las sequías debido a sus más amplios efectos sociales, aunque los efectos económicos de estas últimas suelen ser devastadores.

Lamentablemente, las fechas de comienzo y fin de cada evento quedan definidas muy imprecisamente, pero todos los indicios apuntan a que muchos de los mismos fueron de considerable duración, superando a menudo el año. Como se ha dicho anteriormente, los testimonios acerca de las sequías resultan escasos, pero, sin embargo, las Memorias de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires (1895 - 1989) hablan de frecuentes sequías persistentes, que en muchos casos excedieron la duración de un año.

Procesos detectables en la serie pluviométrica de Buenos Aires

La serie no está completamente libre de elementos determinísticos, aunque su contribución a la variancia total es muy leve. La Figura 3 señala que el espectro de poder, calculado por el método descrito en la WMO *Técnical Note 79* (1966) usando una ventana de Hamming, reveló varios picos casi significativos, aunque su contribución a la variabilidad total es tan pequeña que la serie puede considerarse completamente libre de procesos periódicos o cuasi periódicos.

Cuando se consideró el período total 1911-89, las series estudiadas presentan leves tendencias positivas que hacen pensar en una gradual intensificación del régimen hídrico regional durante el transcurso de este siglo. No obstante, en ningún caso pudo validarse estadísticamente la significación de dicha tendencia, dado que la alta variabilidad del fenómeno no lo permite, ni aún cuando se emplean valores anuales, y mucho menos con los mensuales.

Asimismo debe señalarse que, cuando se eliminan los valores posteriores a 1970, las distintas localidades dejan de tener un comportamiento uniforme y pasan a registrar tendencias no significativas de signo variable (Cuadro N° 3), tanto en el período 1911-70 como en el 1971-89. Ello hace inferir que una mejor interpretación de lo observado consiste en un salto climático ubicado a comien-

Cuadro N° 3. Cambios y tendencias en los promedios de la precipitación anual entre los períodos 1911-70 y 1971-89.

Estación	1911-1970				
	Media anual (mm)	Des.Es. (mm)	tendencia		
			r	s	b
Buenos Aires	1038,8	251,5	0,034		0,49
Junin	948,6	203,0	-0,009		-0,10
Pergamino	924,0	178,6	-0,135		-1,38
Guauguaychú	981,4	221,3	0,114		1,44
Chascomús	916,0	219,5	-0,105		-1,32
Saladillo	884,9	188,5	0,017		0,18
Las Flores	879,1	177,6	0,024		0,24
Chivilcoy	936,7	206,1	0,071		0,84
Dolores	899,0	207,6	-0,002		0,02
Guauguay	984,8	228,8	0,299	*	4,85
9 de Julio	914,7	171,3	0,140		1,37
Azul	847,5	163,1	0,069		0,64
Casilda	938,1	187,3	0,174		1,86
Rosario	984,8	204,5	0,153		1,79
Bolivar	787,2	138,6	-0,219		-2,33

Estación	1971-1989				
	Media anual (mm)	Des.Es. (mm)	tendencia		
			r	s	b
Buenos Aires	1154,0	167,4	0,152		4,53
Junin	978,4	163,1	-0,177		5,14
Pergamino	1032,2	243,0	0,055		2,39
Guauguaychú	1076,1	301,5	-0,437	**	23,43
Chascomús	911,8	205,3	-0,021		0,78
Saladillo	910,3	167,7	-0,287	*	8,57
Las Flores	970,3	191,2	0,015		0,52
Chivilcoy	923,9	130,1	0,188		4,37
Dolores	902,3	191,3	-0,131		4,46
Guauguay	1096,8	258,7	-0,176		8,95
9 de Julio	1061,4	206,9	-0,332	**	12,21
Azul	965,0	222,1	-0,155		6,14
Casilda	901,7	184,5	-0,022		0,73
Rosario	981,4	187,6	-0,515	**	17,23
Bolivar	860,6	195,4	0,4929	**	17,16

zos de la década del 70, que se tradujo en un aumento de los promedios con respecto a la situación anterior (Figura 2). Aunque esto tampoco puede ser demostrado estadísticamente, constituye la mejor interpretación que los autores han podido encontrar hasta el momento acerca de las recientes inundaciones, fenó-

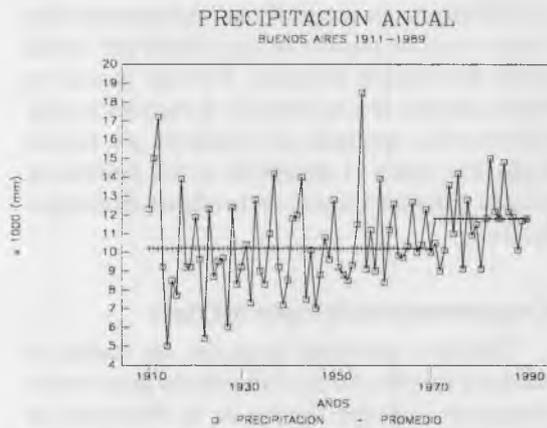


Figura 2: Precipitación anual en Buenos Aires 1911-1989

meno que aunque es de estado público resulta extremadamente difícil de analizar debido a la alta variabilidad de las series pluviométricas.

Computo de rachas

Dado que el análisis convencional de las series hidrológicas resultó muy dificultoso es imposible de ser validado estadísticamente, se optó por ensayar una metodología hasta ahora muy poco usada, pero que presenta considerables posibilidades desde el punto de vista teórico.

Usualmente se atribuye la ocurrencia de sequías e inundaciones a la persistencia de niveles de precipitaciones anormalmente bajos o anormalmente altos. Siguiendo el criterio de Yevjevich (1972a y b), ello puede ser interpretado como la ocurrencia de rachas, o sea de períodos durante los cuales la variable considerada se mantiene dentro de ciertos parámetros estadísticos. Aunque Yevjevich sólo definió rachas por encima o por debajo de un nivel de referencia, como la media o la mediana, en este trabajo fue necesario considerar un rango intermedio a fin de separar entre sí los extremos de sequía e inundación que se deseaba evaluar.

Con dicho criterio se definieron tres tipos de rachas, tanto para las precipitaciones como para el contenido de humedad del suelo:

- Racha de déficit: Secuencia de meses en que

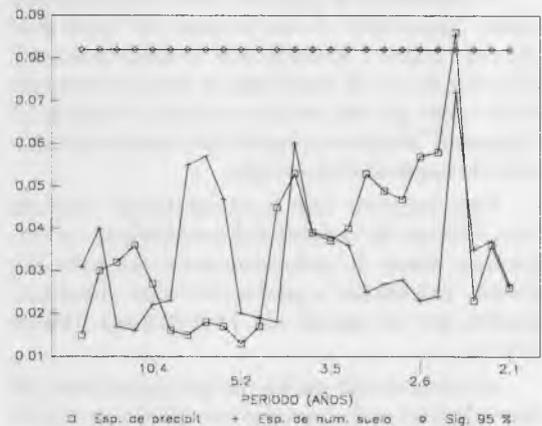


Figura 3: Espectro de Poder para la precipitación y la humedad del suelo del mes de enero de 1912-1989

la variable se mantiene por debajo del nivel de probabilidad del 33,3 %.

- Racha normal: Secuencia de meses en que la variable se mantiene entre los niveles de probabilidad del 33,3 % y 66,6 %.

- Racha de exceso: Secuencia de meses en que la variable considerada se mantiene por encima del nivel de 66,6 %.

El contenido de agua del suelo fue estimado por el método de Thornthwaite Mather (1957), con las modificaciones introducidas por Pascale y Damario (1977) para el procesamiento de series temporales mensuales, empleando el procedimiento desarrollado por Sierra (1983) para láminas desde 10 mm hasta 500 mm. Este método fue adoptado porque, a pesar de su simplicidad, su confiabilidad ha quedado demostrada en numerosos estudios agroclimáticos sobre cultivo de cereales y porque se deseaba trabajar con variables lo más claramente interpretables que fuera posible, cosa que en los casos de los balances modulado (Palmer, 1965) o versátil (Baier y Robertson, 1966) ya no es tan directo. En este sentido el método de Thornthwaite Mather es el más conveniente, ya que se limita a introducir un reservorio (el suelo), de capacidad limitada (la lámina) al cual el agua entra o sale de acuerdo a dos procedimientos muy sencillos, lo cual ha servido efectivamente a Damario y Pascale (1987) para evaluar el efecto de la sequía actual sobre los cultivos intensivos.

El contenido de agua del suelo fue expresado como "agua total", o sea la suma del "agua útil" más el "exceso" (cuando éste se halla presente). Ello obedeció a la necesidad de evitar el truncado de la serie que se produce cuando se emplea el "agua útil" debido a la repetición de valores máximos de capacidad de campo.

Para asegurar que la precipitación fuera la única fuente de variabilidad considerada, se emplearon datos de evapotranspiración potencial media, calculados a partir de datos climáticos medios por el método de Thornthwaite Mather (1957).

Al computar las rachas, las precipitaciones y la humedad del suelo fueron convertidos a su clasificación decilica con el objeto de filtrar la onda anual y de compensar posibles desigualdades en las variancias de las series mensuales.

Comportamiento de la lluvia

El Cuadro N° 4 muestra que las rachas de

lluvias mensuales se ajustan casi exactamente a las duraciones que pueden ser calculadas por medio de la distribución binomial. Por esta causa, las rachas de más de tres meses de duración son muy infrecuentes, poniendo en evidencia que resulta imposible seguir el desarrollo de los eventos de exceso o déficit a través de los datos de precipitación.

Comportamiento del agua del suelo

Debido a su escasa duración, las rachas de lluvia no constituyen en sí mismas los persistentes fenómenos hídricos típicos de la Provincia de Buenos Aires, dado que es evidente que no guardan relación con los testimonios contenidos en el Cuadro N° 2, pero pueden constituir el disparador que inicia las rachas de humedad del suelo que son la manifestación física más palpable del fenómeno en estudio.

Cuadro N° 4. Frecuencias observadas y teóricas de las longitudes de racha de precipitación y humedad del suelo. (Teor. Teóricos; Obs. Observados; Ale. Aleatorios)

Rachas	Precipitación				Humedad del suelo					
	Seco		Inter-medio	Húmedo	Seco		Intermedio		Húmedo	
	Teor.	Obs.	Obs.	Obs.	Obs.	Ale.	Obs.	Ale.	Obs.	Ale.
1	107	92	97	112	23	32	79	79	54	50
2	36	38	43	27	16	10	33	28	18	28
3	12	16	14	15	6	9	13	13	8	12
4	4	5	3	3	7	3	6	3	9	6
5	1		1	1	2	3	1	4	6	4
6				1	2	2		1	2	4
7					1	2				
8				1	1	3	2	2	2	1
9					2	1				
10					1	2			1	1
11					1	1			1	
12										
13					1	1				
14										
15										
16					1	1				
17										
18					1					

Cuadro N° 5. Crecimiento del ruido rojo en función de la lámina de humedad del suelo.

Lámina de agua	obs.	aleat.
mm	r	r
10	0,111	0,324
25	0,499	0,503
50	0,628	0,645
100	0,705	0,713
200	0,784	0,791
350	0,839	0,851
500	0,864	0,881

Cuadro N° 6. Parámetros estadísticos de la distribución gamma.

Meses	Alfa	Beta
Enero	2,08587	2,1665E-3
Febrero	2,57589	3,0232E-3
Marzo	2,59896	2,2461E-3
Abril	2,03779	1,9519E-3
Mayo	1,98760	2,3888E-3
Junio	1,99326	3,2951E-3
Julio	1,58138	2,7558E-3
Agosto	1,40997	2,0729E-3
Septiembre	2,05252	2,6084E-3
Octubre	1,73351	1,8197E-3
Noviembre	2,99233	3,0945E-3
Diciembre	2,10795	2,1618E-3

Esto último puede comprobarse en el Cuadro N° 2, en el que se observa que los testimonios de sequías e inundaciones recogidos por Duran (1981, 1982 y 1985) guardan una excelente relación con las rachas de déficit y de exceso, respectivamente.

El Cuadro N° 4 muestra que las rachas de humedad del suelo, calculadas para una lámina de 200 mm, representativa de los cultivos de cereales típicos del área, presentan una distribución completamente diferente de la calculada por medio de la distribución binomial, con rachas secas de hasta 18 meses de duración se generan a causa de la interacción suelo-atmósfera. Las rachas húme-

das no son tan persistentes, aunque ello puede deberse, no sólo a la naturaleza física del fenómeno, sino también a la menor capacidad del modelo empleado para reproducirlas.

Dicha persistencia se debe esencialmente al efecto de memoria introducido por el reservorio (suelo). El Cuadro N° 5 muestra cómo crece la dependencia de los valores de humedad del suelo con respecto a sus respectivos valores precedentes (autocorrelación de primer orden) a medida que la lámina considerada aumenta desde un valor nulo (rachas de lluvia) hasta un valor de 500 mm. La autocorrelación de primer orden ("Lag 1") muestra un rápido y creciente proceso de "ruido rojo", que produce largas rachas de humedad del suelo a partir de las cortas y casi totalmente aleatorias rachas de lluvia, actuando en forma similar a un filtro markoviano de primer orden.

Las rachas de humedad del suelo calculadas a partir de una serie de precipitaciones artificial, generada mediante los parámetros estadísticos de la distribución gamma de la serie de precipitaciones de Buenos Aires (Cuadro 6) reproducen casi exactamente las derivadas de la serie real (Cuadro 4), demostrando lo dicho anteriormente.

Valor predictivo de las rachas de humedad del suelo.

Aunque no necesariamente determinísticas, las rachas de humedad del suelo poseen una cierta capacidad predictiva a causa de su dependencia de los valores precedentes.

El Cuadro N° 7 muestra la persistencia media de cada situación. Las condiciones de sequía tienen una gran preferencia por permanecer dentro del nivel inferior, peculiaridad que puede ser empleada como herramienta predictiva. Las condiciones de alta humedad parecen ser menos persistentes, aunque esto podría deberse, al menos parcialmente, a la menor habilidad del modelo empleado para describirlas. Las condiciones intermedias son las de menor persistencia, lo cual es coherente con su naturaleza de estados de tránsito.

Asimismo, la frecuencia relativa de meses con situaciones de déficit, normalidad y exceso (Cuadro 8) a lo largo de los cuatro periodos de 20 años

Cuadro N° 7. Probabilidad condicional para la lámina de 200 milímetros. (O: Observado; A: Aleatorio)

Nivel	1		2		3	
	O	A	O	A	O	A
1	88	86	8	7	3	7
2	76	71	15	15	8	14
3	60	60	18	25	22	15
4	48	43	27	43	25	13
5	30	35	45	42	25	24
6	14	19	42	44	44	37
7	10	11	53	42	37	47
8	6	17	50	45	44	48
9	7	15	29	32	64	63
10	5	8	28	23	69	69

Cuadro N° 8. Porcentajes relativos de meses secos, intermedios y húmedos para el período 1911-1989 y para períodos de 20 años.

	Seco	Intermedio	Húmedo
1911-1930	34	31	34
1931-1950	37	33	29
1951-1970	32	33	34
1971-1989	29	31	39
1911-1989	33	32	34

considerados, pone en evidencia las diferencias entre las mismas. Los períodos 1911-30 y 1951-70, fueron aproximadamente normales, sin predominio de ningún tipo, mientras que el período 1931-50 mostró un predominio de las situaciones de déficit, y el 1971-90 el de las de exceso.

Ello induce la inferencia de que durante los 80 años considerados, el régimen hídrico pasó gradualmente por todas las situaciones posibles: normal - seco - normal - húmedo. Esto explica, también la causa de que el prolongado período 1911-70 no presente tendencia, ya que se inició y terminó con condiciones normales, albergando en su parte central un período seco.

CONCLUSIONES

El estudio realizado permite ver que la interpretación más aceptable del reciente ciclo de inundaciones en el Noreste de la Provincia de Buenos Aires es el de un salto climático a comienzos de la década del 70 que incrementó los valores pluviométricos e hizo aumentar considerablemente la frecuencia relativa de situaciones de exceso hídrico.

No obstante, y aunque no puede descartarse la presencia de otros procesos determinísticos, como fluctuaciones, ciclos cuasi periódicos, etc, en la climatología histórica del régimen hídrico de la Provincia de Buenos Aires, el estudio efectuado pone de manifiesto que la interacción suelo-atmósfera puede generar persistentes situaciones de déficit o de exceso hídricos a partir de series de lluvias totalmente aleatorias.

Tener presente esta característica de los fenómenos en cuestión puede ayudar a evitar exageraciones innecesarias cuando se producen los frecuentes casos de inundaciones y sequías, a los que, casi siempre se les da un carácter de hechos anómalos y se los vincula con cambios climáticos, cuando en realidad son una consecuencia normal del clima regional.

BIBLIOGRAFIA

- BAIER W. AND G.W. ROBERTSON. 1966. A New versatile soil moisture budget. *Can. J. Plant. Sci.* Vol (46): 299: 315.
- BOLSA DE CEREALES DE BUENOS AIRES. Números Estadísticos 1953-1990. Buenos Aires, Argentina.
- BOLSA DE CEREALES DE BUENOS AIRES. Memorias Anuales, 1895-1989.
- C.I.A.R.A., 1983-1986. Anuario Estadístico de Oleaginosas. Cámara de la Industria Aceitera de la Industria de la República Argentina. Buenos Aires, Argentina.
- DURAN, D. 1981. La Pampa deprimida. Un balance geográfico. Estudios Geográficos Pampeanos III, *Ed. Oikos*, Buenos Aires.

- DURAN, D.** 1982. La alternancia de sequías e inundaciones (Un problema clave de la Pampa Deprimida). Contribuciones 0-012. Ed. Oikos, Buenos Aires, 117 p.
- DURAN, D.** 1985. Las Inundaciones en la Provincia de Buenos Aires. Ed. Oikos, Buenos Aires, 192 p.
- PALMER, W.C.** 1965. Meteorological drought U.S. Weather Bureau. Research paper N° 45, 58p. Washington USA.
- JUNTA NACIONAL DE GRANOS.** Boletines Informativos 1978-1990. Buenos Aires Argentina.
- PASCALE, A. J. y E. A. DAMARIO.** 1977. El balance hidrológico seriado y su utilización en estudios agroclimáticos *Rev. Fac. Agr. La Plata*, 53(1-2): 15-34, 1977.
- SIERRA, E. M.** 1983. Procesamiento automático del balance hidrológico seriado mensual. *Rev. de la Facultad de Agronomía. (UBA)*, 5(1-2):115-124
- TORNTHWAITE, C. W. y R. V. MATHER.** 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Drexel Institute for Techonology, *Publication in Climatology*, 10(3):185-311.
- YEVJEVICH, V.**1972a. Statistical analysis in hydrology. Water Resources Publication, Fort Collins Colorado U.S.A., pages 301.
- YEVJEVICH, V.**1972b. Stochastic processes in hydrology. Water Resources Publication, Fort Collins Colorado U.S.A., pages 275.
- W.M.O.** 1966. Climatic changes. Tech. Note 79, p:79.