

Relación entre las precipitaciones y un índice agrometeorológico para maíz

Ateca, M.R.; Edreira, G. y Zanvettor, R. At equo

RESUMEN

Se realizó el estudio estadístico de las series pluviométricas de tres localidades: Córdoba, Manfredi y Marcos Juárez con el objetivo de determinar la variabilidad anual y estacional de las precipitaciones y su relación con los rendimientos de los cultivos. Se analizaron las precipitaciones anuales y estacionales de las series calculándose los promedios móviles de 3, 6 y 9 años para Córdoba y de 6 años para Manfredi y Marcos Juárez, quedando determinada la presencia de ciclos pluviométricos de 21 y 11 años en Córdoba y Manfredi. En Marcos Juárez los ciclos no son tan evidentes como en las otras dos localidades. Se determinó, además, la tendencia secular positiva de las precipitaciones anuales y estacionales, en las tres localidades. Se relacionaron las precipitaciones con los rendimientos del maíz a través del índice agrometeorológico YMI para establecer la productividad del cultivo e identificar campañas con rendimientos extremos, encontrándose un buen ajuste entre el índice YMI calculado y la producción obtenida.

Palabras clave: precipitación - variabilidad de la precipitación - ciclos hídricos - tendencia de las precipitaciones - índice agrometeorológico - maíz.

ABSTRACT

To determine the yearly and seasonal variability of rainfall and its relationship with crops yields, statistic survey of the pluviometric series was carried out in three places: Córdoba, Manfredi and Marcos Juárez, their yearly and seasonal rainfall was analyzed. The mobile averages were estimated for periods of 3, 6 and 9 years in Córdoba and 6-year-periods for Manfredi and Marcos Juárez. As result of this analysis it was concluded that there exist pluviometric cycles of 21 and 11 years in Córdoba and Manfredi. On the other hand, in Marcos Juárez the cycles are not as evident as in the other places. Moreover, the positive secular trend of the yearly and seasonal rainfall was determined in the three places.

The rainfall was related with the maize yields through the Agrometeorological Index, YMI, to determine the crop's yield and to discriminate years with maximum and minimum yields. A good fit between the calculated YMI index and the yield obtained was found to exist.

M.R. Ateca, G. Edreira y R. Zanvettor. Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC, C.C 509, (5000) Córdoba.

INTRODUCCION

La producción de los cultivos depende en gran medida de las precipitaciones ocurridas durante su ciclo, adquiriendo suma importancia la cantidad, frecuencia y la intensidad del hidrometeoro. El conocimiento de estos aspectos conduce a mejorar los criterios en el momento de decidir el manejo agronómico de los cultivos

El análisis de las precipitaciones ha sido motivo de trabajo de diversos autores. Marchetti (1951) sostiene que la cantidad de lluvias anuales, máximos y mínimos y la diferencia entre estos extremos, no permiten conocer la medida de la fluctuación de las precipitaciones. Prohaska (1961) expresa que para obtener resultados representativos de la variabilidad pluviométrica se requieren series largas de observaciones, de forma de considerar la alternancia de períodos de años con lluvias escasas o abundantes. Palmer (1964) destaca el creciente interés en los modelos cíclicos de la precipitación para determinar el grado de regularidad en la ocurrencia de sequías severas en los estados maiceros de EE.UU.. Ante el mismo problema, Thompson (1973) dice que existen evidencias de modelos cíclicos de precipitación que se repiten cada 20 años, en las latitudes medias del hemisferio Norte y hemisferio Sur.

Desde el punto de vista agrícola, la variabilidad de las precipitaciones anuales presenta períodos secos y húmedos los cuales determinan distintas alternativas en el uso de la tierra frente a la mayor o menor disponibilidad de agua para los cultivos. Para el territorio argentino, el aumento en la tendencia secular de las precipitaciones observadas por Schwerdtfeger y Vasino (1954) produjo una extensión de la frontera agropecuaria (Minetti y Sierra, 1984; Pascale y de Fassi, 1987).

El objetivo del presente trabajo fue determinar la variabilidad anual y estacional de las precipitaciones en tres localidades de la provincia de Córdoba y la relación de un índice agrometeorológico con la productividad del maíz.

MATERIALES Y METODOS

Se seleccionaron tres localidades de la provincia de Córdoba: Córdoba capital (31°24'S, 64°11'WG, 425 m.s.n.m.); Manfredi (31°49'S, 63°46'WG, 292 m.s.n.m.) y Marcos Juárez (32°41'S, 63°07'WG, 110 m.s.n.m.). La información para el análisis corresponde a 80 años de datos pluviométricos mensuales (1908-1989), provenientes de los archivos del Servicio Meteorológico Nacional y del INTA.

Los datos de rendimientos del maíz fueron extraídos de las estadísticas del Ministerio de Agricultura y

Ganadería de la Nación para el período 1923-1978, y rendimientos estimados por la Secretaría de Agricultura de la Provincia de Córdoba, en el lapso 1956-1980. No existe un seguimiento fenológico del cultivo en la región; sólo se dispone de información bibliográfica que señala que la floración, momento crítico que influye sobre los rendimientos, ocurre en el mes de diciembre, en la zona de influencia de las localidades estudiadas (Marino, 1947; Pascale, 1953; INTA, 1980; Sierra y Porfido, 1980).

Mediante el programa estadístico SAS se calcularon los siguientes parámetros para cada localidad:

- precipitación anual
- precipitación media anual
- precipitación estacional (octubre a marzo)
- precipitación media normal estacional
- desviación estándar (anual y estacional)
- coeficiente de variación
- percentiles correspondientes a la precipitación anual y estacional
- promedios móviles (correspondientes a 3, 6 y 9 años) anuales y estacionales

Las relaciones entre las lluvias y rendimientos del maíz, se estudiaron mediante un índice agrometeorológico YMI (CEAS, 1979). Este índice de humedad para el rendimiento, YMI, se define mediante la siguiente ecuación:

$$YMI_i = \sum_{i=1}^n P_i K C_i$$

- donde: P_i = precipitación durante el mes i .
 KC_i = coeficiente de cultivo para cada subperíodo fenológico del maíz de acuerdo a Doorenbos and Pruitt (1977) y para el mes i .
 $i = 1$ (octubre), 2 (noviembre), etc.

El índice YMI representa un mejoramiento sobre la precipitación acumulada debido a que los valores KC_i son función del requerimiento hídrico del cultivo en cada etapa fenológica del mismo. El índice está calculado para períodos largos (20-30 años) y calibrado para datos puntuales.

El índice YMI se expresa de manera adimensional, en percentiles, para facilitar la comparación entre localidades.

El índice YMI fue aplicado al cultivo de maíz y se determinó que cuando el índice asume valores en percentiles de 1 a 15, los rendimientos son bajos; cuando asume valores de 15 a 30, los rendimientos son regulares, y cuando el índice supera el percentil 30, los rendimientos son buenos a muy buenos (CEAS, 1979).

RESULTADOS Y DISCUSION

Precipitaciones anuales:

Las tres localidades presentan un régimen monzónico, es decir una concentración estival de las precipitaciones y un semestre frío muy seco, con valores extremos de 0 mm registrados en los meses de abril a setiembre inclusive. En la Tabla 1 se muestran los valores medios, extremos y medidas de variabilidad de las precipitaciones anuales.

Se observa que los coeficientes de variación de las precipitaciones anuales se encuentran en el orden de 21.7 y 23.6% para Córdoba y Manfredi, respectivamente; valores aceptables de acuerdo a la longitud del período analizado (Kenning, 1963) y que reflejan las fluctuaciones de los montos anuales de lluvia. En cuanto a Marcos Juárez, el coeficiente de variación es mayor, 33.2%; se supone que en las regiones más lluviosas, existe mayor alternancia en los valores anuales (Weber, 1951).

Considerando los valores medios mensuales de la serie, Córdoba y Manfredi muestran a junio como el mes más seco con 10.9 y 11.2 mm, respectivamente; y a diciembre como el mes más húmedo con 118 y 112.2 mm, respectivamente. En Marcos Juárez la precipitación media de agosto es de 22.0 mm y la de marzo de 117.3 mm.

En la Tabla 2, se observan las características de las precipitaciones estacionales, de octubre a marzo, para las mismas localidades.

Al analizar los coeficientes de variación de la precipitación estacional, se observa que Manfredi posee la mayor variabilidad y Córdoba la menor. Marcos Juárez presenta un valor intermedio del coeficiente de variación. Esto significa que en los meses de verano las precipitaciones son más variables en Manfredi. En cambio, en Marcos Juárez las precipitaciones invernales presentan mayor errática de acuerdo con lo expresado por Puricelli (1978).

En las Fig. 1, 2 y 3 se presentan los valores anuales de precipitación y los promedios móviles de 3, 6 y 9 años para Córdoba. Considerando que los promedios móviles de 6 años presentan una suficiente atenuación de la variabilidad anual de las precipitaciones, se

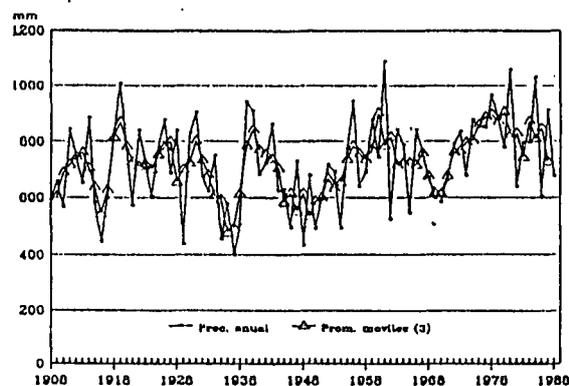


Figura 1: Precipitación anual y promedios móviles de 3 años para Córdoba.

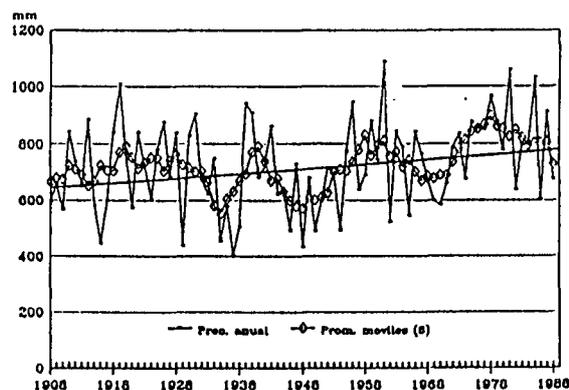


Figura 2: Precipitación anual, promedios móviles de 6 años y tendencia secular para Córdoba.

calcularon los promedios móviles para ese mismo período para las tres localidades, Córdoba, Manfredi y Marcos Juárez (Fig. 4 y 5).

En las localidades de Córdoba y Manfredi (Fig. 2 y 4) se observa la existencia de ciclos hídricos, cuya duración coincide con los ciclos encontrados por

Tabla 1: Precipitaciones anuales, valores extremos, desviación estándar y coeficiente de variabilidad de Córdoba, Manfredi y Marcos Juárez (1908-1989)

	Córdoba	Manfredi	Marcos Juárez
PP media anual (mm)	743	742	841
mínima anual de la serie	401 (1937)	375 (1916)	470 (1929)
máxima anual de la serie	1087 (1961)	1235 (1984)	1271 (1976)
Desviación estándar	157	175.2	281
Coeficiente de variabilidad (%)	21.7	23.6	33.2

Tabla 2: Precipitaciones del semestre cálido (octubre-marzo), valores extremos, desviación estándar y coeficiente de variabilidad de Córdoba, Manfredi y Marcos Juárez (1908-1989).

	Córdoba	Manfredi	Marcos Juárez
PP media anual (mm)	584	590	606
mínima estacional	304 (1909)	252 (1909)	311 (1909)
máxima estacional	861 (1975)	1014 (1978)	1128 (1977)
Desviación estándar	135.2	161.3	159.3
Coefficiente de variabilidad (%)	22.8	27.4	26.3

Thompson (1973) en Nebraska, EE.UU.. Este autor señala la ocurrencia de períodos con precipitaciones escasas en las décadas de 1910, 1930 y 1950, encontrándose correspondencia con lo ocurrido en las mismas décadas en las localidades cordobesas. Dichos ciclos no han sido corroborados por los estudios de Weber (1951), Prohaska (1960, 1961) y Kenning (1963).

En Marcos Juárez, y de acuerdo con lo observado por Díaz (1980), dichos ciclos no están claramente definidos (Fig. 5).

Los ciclos identificados para las precipitaciones anuales son los siguientes:

1. **Córdoba:** Se observa la ocurrencia de 5 ciclos de precipitación durante el período 1896-1988 (Fig. 2).

1º ciclo (1896-1916): de 21 años de duración con una precipitación media de 663 mm. La precipitación más baja fue de 447 mm.

2º ciclo (1917-1937): de 21 años de duración con una precipitación media de 692 mm. La precipitación más baja de todo el período analizado se encuentra en este ciclo: 401 mm.

3º ciclo (1938-1949): de 12 años de duración con una precipitación media de 689 mm. La precipitación más baja del ciclo fue de 434 mm.

4º ciclo (1950-1970): de 21 años, con una precipi-

tación media de 696 mm. Siendo la precipitación más baja de 491 mm. Presentando además el valor más alto de la serie de 1087 mm.

5º ciclo (1971-...): ciclo no concluido (18 años transcurridos desde su iniciación) con una precipitación media de 815 mm. Con dos valores anuales altos de 1060 y 1031 mm.

Es necesario aclarar que para esta localidad se dispone de información pluviométrica desde el año 1872, por lo que se pudo determinar la duración del primer ciclo. Además, se encontró un ciclo anterior de 13 años (1883-1895).

2. **Manfredi:** presenta 5 ciclos (Fig. 4).

1º ciclo (...-1916): con una precipitación media de 643 mm. Presenta el valor más bajo de la serie: 375 mm.

2º ciclo (1917-1937): de 21 años de duración con una precipitación media de 748 mm.

3º ciclo (1938-1948): de 11 años de duración con una precipitación media de 671 mm.

4º ciclo (1949-1970): de 22 años de duración y una precipitación media de 726 mm.

5º ciclo (1971-...): ciclo no concluido con una precipitación media de 816 mm presentando el valor más alto de la serie de 1255 mm.

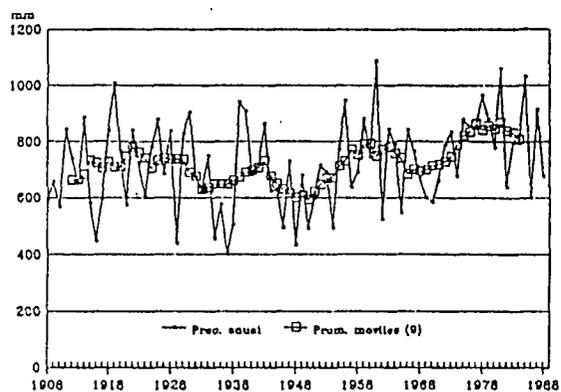


Figura 3: Precipitación anual y promedios móviles de 9 años para Córdoba.

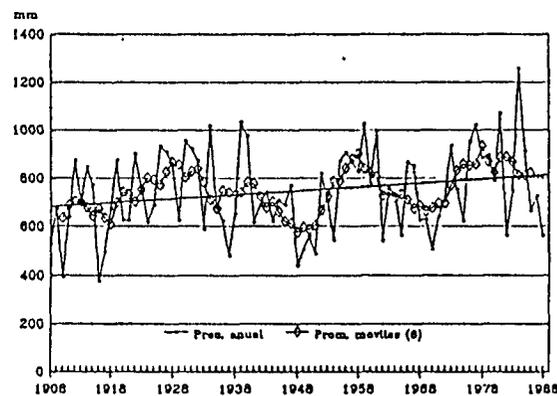


Figura 4: Precipitación anual, promedios móviles de 6 años y tendencia secular para Manfredi

Tabla 3: Valores de la precipitación anual y estacional ordenados de manera creciente (mm y percentil).

Córdoba			Manfredi			Marcos Juárez								
Año	PP Anual	Per-centil	Año	PP es-tacio-nal	Per-centil	Año	PP es-tacio-nal	Per-centil	Año	PP Anual	Per-centil	Año	PP es-tacio-nal	Per-centil
1937	401	1	1909	304	1	1929	336	1	1929	470	1	1909	311	1
1948	434	2	1938	331	2	1916	375	2	1909	507	2.5	1943	344	2
1929	438	3	1976	350	3	1910	392	3	1910	507	2.5	1922	350	3
1916	447	4	1988	389	4	1948	438	4	1916	515	4	1930	367	4
1935	454	5	1949	400	5	1937	478	5	1937	570	5	1911	384	5
1950	491	6	1935	408	6	1951	489	6	1972	342	6	1966	579	6
1946	493	7.5	1950	415	7	1917	495	7.5	1911	354	7	1974	401	6
1954	493	7.5	1937	418	8	1949	506	7.5	1950	356	8	1924	591	7
1938	504	9	1911	425	9	1950	506	9	1921	404	9	1917	402	7
1962	522	10	1917	436	10	1908	524	10	1974	598	9	1918	412	9
1965	546	11	1914	438	11	1914	411	10	1965	623	10	1910	421	10
1910	567	12	1936	447	12	1962	539	11	1916	412	11	1927	639	11
1921	573	13	1930	452	13	1954	542	12	1969	422	12	1985	427	11
1936	576	14	1972	455	14	1988	559	13	1935	660	12	1929	431	12.5
1915	582	15	1970	456	15	1965	561	14	1924	429	13	1908	669	13
						1943	448	14	1950	431	12.5	1917	675	14
						1982	562	14.5	1943	448	14	1916	441	14
						1912	449	15	1942	676	15	1957	442	15

Se considera que el primer ciclo es de mayor duración pero se carece de información suficiente para determinarlo; y que el quinto ciclo, también correspondería a un ciclo largo que todavía no ha terminado.

Existe correspondencia entre los ciclos anuales y estacionales de Córdoba y Manfredi con alternancia de ciclos largos de aproximadamente 21 años y cortos de alrededor de 11 años (Fig. 2, 4, 6 y 7). El ciclo más seco es el comprendido entre los años 1938 y 1949. Como ya se adelantó, no fue posible definir ciclos precisos en Marcos Juárez (Fig. 5 y 8) excepto para la

última parte de la serie considerada.

Valores de precipitación anual, estacional y su correspondiente percentil.

En la Tabla 3 se observan sólo los primeros 15 valores anuales y estacionales de precipitación ordenados de manera creciente y los percentiles correspondientes, de las tres localidades analizadas.

Se puede notar que en Córdoba el valor más bajo de la precipitación anual es de 401 mm (percentil 1) y el estacional de 304 mm, con igual percentil. En Manfredi, dichos valores fueron de 336 y 252 mm, y por

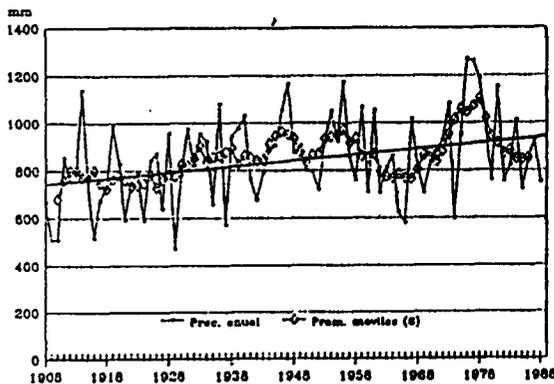


Figura 5: Precipitación anual, promedios móviles de 6 años y tendencia secular para Marcos Juárez.

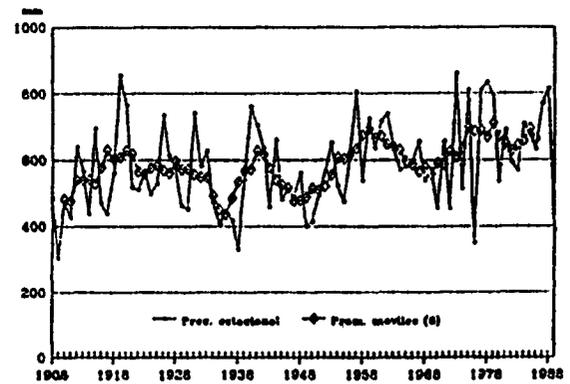


Figura 6: Precipitación estacional y promedios móviles de 6 años para Córdoba

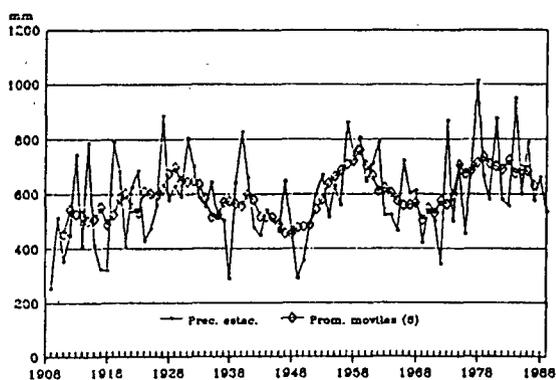


Figura 7: Precipitación estacional y promedios móviles de 6 años para Manfredi.

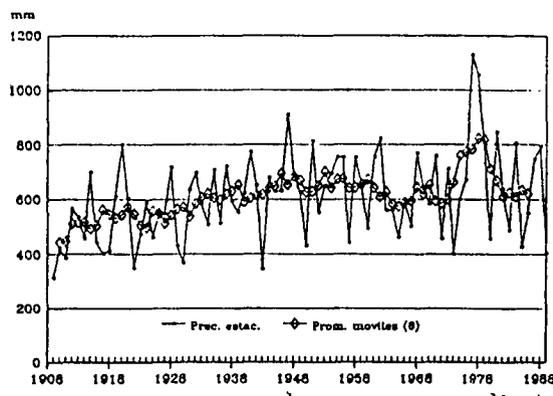


Figura 8: Precipitación estacional y promedios móviles de 6 años para Marcos Juárez.

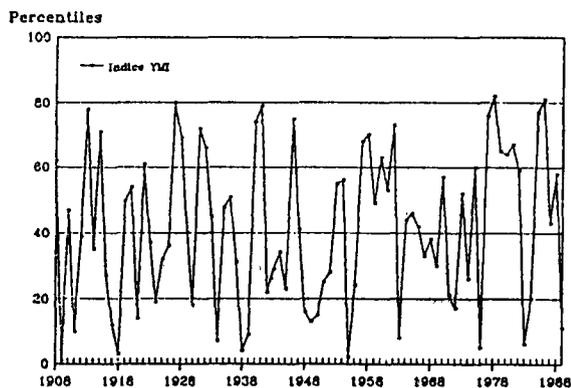


Figura 9: Índice agrometeorológico para el mes de diciembre para Manfredi

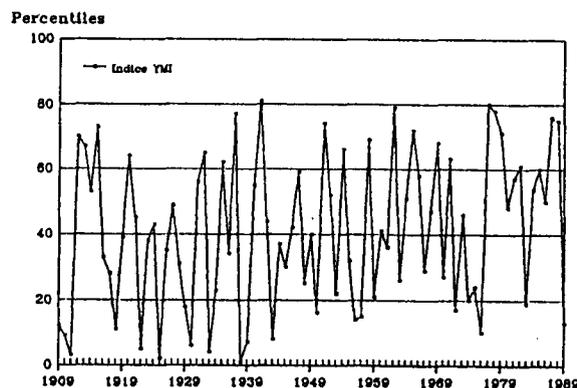


Figura 10: Índice agrometeorológico para el mes de diciembre para Marcos Juárez.

último en Marcos Juárez 470 y 311 mm respectivamente.

También se pone en evidencia la importancia de considerar, desde el punto de vista agrícola, las precipitaciones durante el período de cultivo y no, el monto anual de precipitación.

El año 1909, es el de menor precipitación durante los meses de octubre a marzo, en las tres localidades; sin embargo, la precipitación total del año no aparece en el mismo orden.

Otro ejemplo corresponde a lo ocurrido durante la reciente campaña 1988-89; en Córdoba el valor correspondiente está ubicado en el cuarto lugar de las precipitaciones estacionales, lo que significó considerables daños a los cultivos por sequía, pero no se ve reflejado en la precipitación anual de 1988 que con 675 mm no está incluida en el ordenamiento de la Tabla 3.

Tendencia de las precipitaciones

En las tres localidades se observa una tendencia positiva (Fig. 2, 4 y 5) en las precipitaciones anuales. Los coeficientes angulares de la recta de ajuste son los siguientes: Córdoba: 1.57 mm/año; Manfredi: 1.67 mm/año y Marcos Juárez: 2.54 mm/año.

Es necesario señalar que para esta última localidad, la tendencia positiva no ha sido demostrada por Díaz (1980), argumentando la no confiabilidad de la serie por él analizada, 1902—1947, y en la serie 1948—1977 no obtiene evidencias estadísticas que corroboren la existencia de una tendencia real.

La tendencia observada en las precipitaciones confirma lo sostenido por Weber (1951), Schwerdtfeger y Vasino (1954), Prohaska (1961), Minetti y Sierra (1984), Pascale y de Fassi (1987), Sallies (1989) quienes han trabajado en la región central de la República Argentina.

Con respecto a las precipitaciones estacionales, la tendencia también es positiva asumiendo valores de 1.80 mm/año, 2.07 mm/año y 2.57 mm/año, para Córdoba, Manfredi y Marcos Juárez, respectivamente.

Índice agrometeorológico (YMI)

Las relaciones entre los rendimientos del maíz y las lluvias han sido estudiadas por varios autores. Marino (1947) y Zaffanella y Zaffanella (1960) determinaron la importancia de las lluvias en el momento de la floración y madurez lechosa del cultivo, considerándolas como el factor limitante de los rendimientos. Caminotti Raspo (1969) señaló que la falta de lluvias en los meses de diciembre y enero, afectan seriamente los rendimientos de los ensayos realizados en el SE de la provincia de Córdoba.

Además de los mencionados, otros autores han concluido que las precipitaciones durante el mes de diciembre en la provincia de Córdoba, son las que están mejor relacionadas con los rendimientos.

Se estudiaron, entonces, las relaciones de las precipitaciones y los rendimientos del maíz a través del índice agrometeorológico YMI, que combina las precipitaciones (correspondientes al mes de diciembre) con el coeficiente de cultivo que corresponde a la fase floración. Para facilitar la comparación entre las distintas localidades analizadas se convirtió el índice YMI en percentiles. Comparando los rendimientos con el índice agrometeorológico, se comprobó que el menor rendimiento corresponde a un valor del índice de 6 (expresado en percentil) para diciembre, mientras que para los más altos rendimientos, el valor para el mismo mes es de 80, aproximadamente, para Manfredi y Marcos Juárez. Las figuras 9 y 10 presentan el índice YMI para las localidades de Manfredi y Marcos Juárez.

Analizando los rendimientos de maíz y el YMI en Marcos Juárez, en el período 1923-1978, se observó por ejemplo que la campaña 1949/50 tiene uno de los más bajos rendimientos: 700 kg/ha, mientras que los más altos rendimientos de 3.100 kg/ha se produjeron en la campaña 1962/63.

Según los datos estadísticos de la provincia de Córdoba, en Marcos Juárez se destacan como excelentes campañas, las correspondientes a las campañas agrícolas 1931/32, 1932/33, 1941/42, 1962/63. En cambio, han sido de muy baja producción las campañas 1937/38, 1938/39, 1949/50, 1971/72.

Por otra parte, el estudio de los datos de rendimientos de maíz en Manfredi y su relación con el YMI, mostró la misma relación que en Marcos Juárez, siendo diciembre el mes crítico para la floración.

En la campaña 1988/89 el índice señala para diciembre un descenso considerable en los rendimientos de maíz en Manfredi y Marcos Juárez. Resultados

experimentales de rendimientos de maíz en Manfredi avalan lo señalado por el índice (Sola y Dardanelli, 1990).

CONCLUSIONES

- Si bien las tres localidades tienen el mismo régimen monzónico de precipitación, la variabilidad de las precipitaciones aumenta de oeste a este. Esta variabilidad anual es mayor durante el período invernal, especialmente en Marcos Juárez.

- Existen ciclos largos de precipitaciones anuales y estacionales de 21 años y cortos de 11 años, en las localidades de Córdoba y Manfredi. La variabilidad interanual en Marcos Juárez no posibilita la identificación de ciclos.

- En estudios con fines agrícolas se deben considerar a las precipitaciones estacionales en lugar de valores anuales, de acuerdo al ciclo de cultivo. La información sobre la presencia de ciclos pluviométricos puede ser utilizada para ajustar las prácticas agrícolas en regiones marginales para determinados cultivos.

- La tendencia secular es positiva en las precipitaciones anuales y estacionales en las tres localidades estudiadas.

- El índice agrometeorológico YMI permite en las localidades estudiadas, relacionar los rendimientos con las precipitaciones y establecer los niveles de productividad de las campañas agrícolas.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Dr. Andrés C. Ravelo los aportes durante la realización del trabajo como en la corrección del manuscrito.

BIBLIOGRAFIA

- Caminotti Raspo, S., 1969. "Comportamiento de los maíces incluidos en los E.C.R.S. de la R.O.E.T. el año agrícola 1968/69". Marcos Juárez (Córdoba). Estación Experimental Agropecuaria. 17 pp.
- CEAS, 1979. "A study of the Caribbean Drought/Food Production Problem: Final Report". Center for Environmental Assessment Services. Climatic Impact Assessment Division-Models Branch of NOAA/EDIS and University of Missouri - Columbia Atmospheric Science Department, May.
- Díaz, R.A., 1980. "Las lluvias en Marcos Juárez (Pcia. de Córdoba). I. Régimen pluviométrico. Período 1948-1977". Publicación Técnica. Serie Suelos y Agroclimatología N° 1.
- Doorenbos, J. y W.O. Pruitt, 1977. "Las necesidades de agua de los cultivos". FAO. Estudios sobre riego y drenaje. 24. 194 pp.
- INTA, 1980. "El cultivo del maíz".

- Kenning, W., 1963. "Las lluvias en San Miguel de Tucumán, Argentina (1884/85-1961/62)". IDIA Nº 189: 19-27.
- Marchetti, A.A., 1951. "Oscilaciones extremas de la cantidad de precipitación en la República Argentina". *Meteoros* 1 (1): 46-54.
- Marino, A.E., 1947. "Estudios estadísticos de la correlación entre las lluvias y los rendimientos del maíz". *Rev. Argentina de Agronomía* 14 (3): 189-209.
- Minetti, J.L. y E.M. Sierra, 1984. "La expansión de la frontera agrícola en Tucumán y el diagnóstico climático". *Rev. Ind. y Agrícola de Tucumán* 6 (2): 109-126.
- Palmer, W.C., 1964. "Climatic variability and crop production". CAED rpt 20. Center for Agr. Econ. Dev., Washington D.C. p.p. 173-188.
- Pascalo, A.J., 1953. "Mapa fenológico del maíz en la República Argentina". *Meteoros* Nº 3 (4): 383-394.
- Pascale, A.J. y L.T. Fassi, 1987. "Régimen hídrico estival en la Región Semiárida Sudoccidental pampeana durante la década del 70". *Actas III Reunión Argentina de Agrometeorología. Vaquerías (Córdoba)*. 155-163.
- Prohaska, F.J., 1960. "El problema de la sequía en la región semiárida pampeana y la sequía actual". IDIA Nº 155: 53-63.
- Prohaska, F.J., 1961. "Las características de las precipitaciones en la región semiárida pampeana". *Rev. de Investigaciones Agrícolas* XV (2): 199-232.
- Puricelli, C.A., 1978. "Carta de Suelos de Marcos Juárez. Hoja Nº 3363-17. Marcos Juárez. Capítulo de Condiciones Agroclimáticas". INTA, ed. p.p. 16-21.
- Sallies, A.R., 1989. "Tendencia de la pluviosidad anual con cien años de registros en Miramonte, Serie 1887-1986". *Actas IV Reunión Argentina de Agrometeorología. Río Cuarto (Córdoba)*: 159-166.
- Schwerdtfeger, W. y C. Vasino, 1954. "La variación secular de las precipitaciones en el E y centro de la República Argentina". *Meteoros* 4 (3): 174-193.
- Sierra, E.M. y O.D. Porfido, 1980. "Factores que afectan los rendimientos en la región maicera argentina". *Rev. Fac. Agronomía* 1 (2): 49-64.
- Sola, J.C. y J.L. Dardanelli, 1990. "Calibración preliminar del balance hídrico versátil para un cultivo de maíz en condiciones semiáridas". *Rev. Agron. de Manfredi (en prensa)*.
- Thompson, L.M., 1973. "Cyclical weather patterns in the middle latitudes". *Journal of Soil and Water Conservation*. 28 (2): 87-89.
- Weber, T.F.A., 1951. "Tendencias de las lluvias en la Argentina en lo que va del siglo". IDIA Nº 48: 6-12.
- Zaffanella M.J.R. y M.G. Zaffanella, 1960. "Rendimientos decrecientes del maíz en relación con factores edafoclimáticos". IDIA Nº 150: 33-43.