

Comportamiento de las precipitaciones (1918/2000) en el centro oeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina)

Precipitation behavior (1918/2000) in west central Buenos Aires province (Argentina)

Recibido: 02/10/03 Aceptado:19/02/04

Pérez, S.¹; E. Sierra¹; G. Casagrande²; G. Vergara² y F. Bernal³

Resumen

Durante las últimas décadas, debido al incremento de la demanda de cereales y oleaginosas y a las innovaciones tecnológicas, el centro oeste de la provincia de Buenos Aires registró un significativo aumento de la superficie sembrada con granos. Existen indicios de que dicho proceso se vio favorecido por el incremento en las precipitaciones que tuvo lugar a partir del inicio de la década del 60. Por esta causa se llevó a cabo un estudio de los cambios operados en el régimen de precipitaciones del área, a fin de evaluar su influencia en el proceso. En el período evaluado (1918/2000), pudo comprobarse que, de acuerdo a lo señalado en trabajos de investigación realizados previamente, la región presentó un ciclo de larga duración con fases húmedas y secas, separadas por fases de transición, que se extendieron aproximadamente durante los siguientes períodos: 1) Final de una fase de transición húmeda/seca entre el inicio del período evaluado y mediados de la década de 1920; 2) Fase seca entre mediados de la década de 1920 y fines de la década de 1940; 3) Fase de transición seca/húmeda entre el comienzo de los años 1950 y mediados de la década del 1970; 4) Fase húmeda entre mediados de la década de 1970 y fines de la década del 1990. Por tratarse de una franja de transición entre el clima húmedo de la región oriental y el clima semiárido que se extiende hacia el oeste de la Argentina, el área presenta una alta vulnerabilidad a las fluctuaciones del régimen de lluvias, por tanto es necesario prever las consecuencias que traería aparejado el retorno a períodos de bajas precipitaciones. Debe tenerse en cuenta la importancia de desarrollar recursos tecnológicos que permitan superar una posible disminución de las lluvias durante las próximas décadas.

Palabras clave. Ciclo, precipitación, Centro Oeste de Buenos Aires

¹ Cátedra de Climatología Agrícola. Facultad de Agronomía. UBA. Av. San Martín 4453 (C1417DSE). Buenos Aires. Argentina.

² Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola. Facultad de Agronomía. UNLPam. Casilla de Correo 300 (6300). Santa Rosa, La Pampa, Argentina. e-mail: casagrande@agro.unlpam.edu.ar

³ Ingeniero Agrónomo, egresado de la Facultad de Agronomía de la UBA.

Abstract

During the last decades, the western centre of the province of Buenos Aires registered a significant increase of the grain cultivation area due to the increase of the demand of cereals and oil crops and to the technological innovations. There are indications which show that that process was favored by the increase in the precipitations which started in the beginnings of the 60. From this, a study of the changes of the precipitations in the area was carried out, with the purpose to evaluate its influence in the process. In the evaluated period (1918/2000), it could be verified that, according to the indicated works of investigation made previously, the region presented a cycle of long duration with damp and dry phases, separated by phases of transition, that extended approximately during the following periods: 1) End of a phase of transition wet/dry between the beginning of the period evaluated and the mid 20s; 2) Dry phase between the mid 20s and the late 40s; 3) Phase of transition dry/wet between the early 50s and the 70s; 4) wet phase between the mid 70s and the late 90s. To be a strip of transition between the damp climate of the Eastern region and the semi-arid climate that extends towards the west of Argentina, the area presents a high vulnerability to the fluctuations of the rain regime, therefore it is necessary to anticipate the consequences that would bring entailed the return to periods of low precipitations. It must be considered the importance of developing technological resources that allow to surpass a possible diminution of rains during the next decades.

Key words. Cycle, precipitation, Western Center of Buenos Aires

Introducción

El cambio climático afecta todos los sectores económicos, pero el sector agrícola es quizás el más sensible y vulnerable, tanto en países desarrollados como en desarrollo (Downing, 1996; Watson *et al.*, 1996). Los cambios climáticos en las precipitaciones son muy importantes en regiones donde limitan la producción (Parry, 1990). Durante las últimas décadas el centro oeste de la provincia de Buenos Aires registró un considerable incremento del área cultivada con granos (Sierra *et al.*, 1995), que algunos autores atribuyeron a la innovación tecnológica y a el incremento mundial de la demanda (Pizarro y Cascardo, 1991), pero recientes trabajos demostraron que este proceso no solo obedeció a dichas causas, sino que fue acompañado por un incremento en las precipitaciones (Sierra *et al.*, 1994; Pérez *et al.*, 1999) que lo favoreció considerablemente. Castañeda y Barros (1994) señalaron tendencias posi-

vas de la precipitación en el Cono Sur de América al este de los Andes, en el período 1916-1991. Estableciendo que la mayor parte de esa tendencia positiva se dio a partir de fines de la década del 50. Con valores de 3 a 5 mm por año en el este, decreciendo hacia el oeste hasta valores de 0,5 a 1 mm por año. Durante los 75 años analizados los aumentos de 50 mm en el oeste y 250 a 350 mm en el este fueron de gran significación para la ecología y la producción rural del lugar.

Roberto *et al.* (1994) analizaron las estadísticas pluviométricas de 97 localidades distribuidas en la provincia de La Pampa. Del análisis estadístico efectuado y de la interpretación que se ha dado al mismo, surgieron varios resultados como la existencia de un importantísimo gradiente pluviométrico Este-Oeste que cuantifica el pasaje de un ambiente subhúmedo a uno semiárido, y luego a otro árido. Detectaron variaciones en la cantidad absoluta de lluvias caídas y va-

riaciones en la distribución de esas lluvias dentro del año, que introducen cambios en el perfil productivo de la región. Entre 1920 y 1990 identificaron un comportamiento pluviométrico cíclico, destacando la salida de una fase húmeda en la década de 1920 y el ingreso a otra fase húmeda en los años 1960, con un cenit en la década de 1990. La variación cíclica de las lluvias resultó una explicación más plausible que la del incremento lineal permanente e irreversible.

En el presente trabajo se analizan los cambios en la precipitación durante los últimos ochenta y dos años en el cen-

tro oeste de la provincia de Buenos Aires, a fin de poner en evidencia su importancia como factor determinante de la difusión de cultivos de granos en la zona.

Materiales y Métodos

Se emplearon registros mensuales de lluvia 1918-2000, de las cabeceras de partido de las localidades de Carlos Tejedor ($35^{\circ} 27' S, 62^{\circ} 43' W$), Rivadavia ($35^{\circ} 30' S, 62^{\circ} 58' W$), Trenque Lauquen ($35^{\circ} 58' S, 62^{\circ} 44' W$), Pehuajó ($35^{\circ} 48' S, 61^{\circ} 54' W$) y Carlos Casares ($35^{\circ} 55' S, 61^{\circ} 31' W$) (Figura 1).

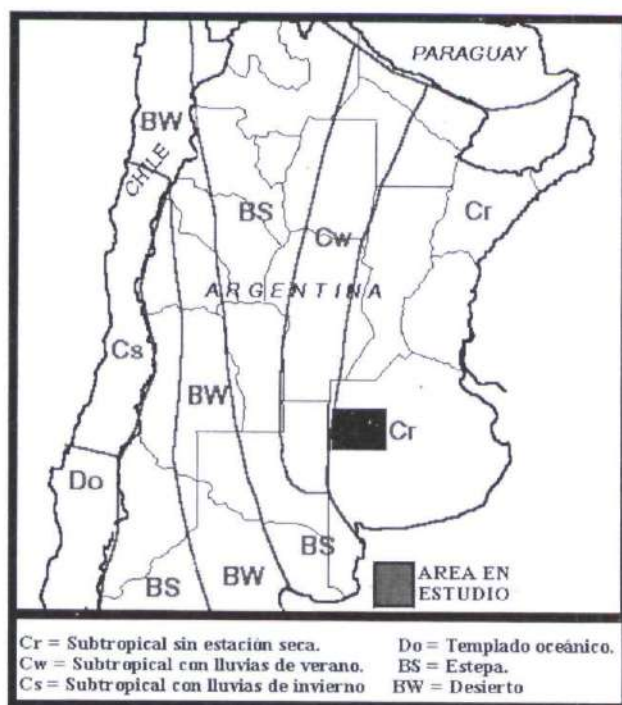


Figura 1. Ubicación geográfica y clasificación climática según el sistema de Köppen Trewartha (Trewartha, 1968) del área en estudio.

A fin de demostrar que las cinco localidades responden al mismo régimen y tendencias, lo cual justifica su evaluación conjunta, se calculó la matriz de correlación del conjunto de localidades (Snedecor and Cochran, 1980). Se evaluaron estadísticamente las tendencias de las lluvias a nivel mensual, estacional, y por campaña agrícola (julio de un año a junio del siguiente), para las cinco localidades y para el promedio conjunto de las mismas (promedio zonal), por medio de un análisis de correlación y regresión lineal y polinomial. En cada caso se buscó el mejor ajuste empleando polinomios de distinto orden según la naturaleza de la serie en estudio. (Snedecor and Cochran, 1980). Se evaluó la existencia del ciclo de precipitaciones propuesto por Roberto *et al.* (1994) correlacionando las series de precipitación con un ciclo hipotético basado en la función seno. Para poder llevar a cabo dicha correlación, los datos calculados se obtuvieron de la transformación de los datos de la función seno en valores de milímetros de lluvia, a través de los parámetros de la recta de ajuste entre la precipitación promedio zonal (de los trimestres o anual, según corresponda) y el ciclo propuesto.

Resultados y Discusión

La matriz de correlación del conjunto de localidades demostró que tanto las precipitaciones anuales (Tabla 1) como las correspondientes a los trimestres invernal (Julio-Agosto-Septiembre) (Tabla 2), primaveral (Octubre-Noviembre-Diciembre) (Tabla 3), estival (Enero-Febrero-Marzo) (Tabla 4) y otoñal (Abril-Mayo-Junio) (Tabla 5), presentaron coeficientes de correlación altamente significativos. Ello hizo posible analizar adicionalmente el promedio zonal de las cinco localidades. El comportamiento observado, indicó que las localidades responden al mismo régimen y tendencias, lo que permitió su análisis en conjunto.

Se realizó un análisis exploratorio empleando polinomios de distinto grado, desde 1 a 5. Los mejores ajustes se obtuvieron por medio de polinomios de tercer orden para los totales por campaña agrícola (Tabla 6). Se evidencia que a comienzos del período evaluado se produjo un ciclo seco que alcanzó su clímax hacia 1940, extendiéndose hasta fines de la década de 1960. A continuación, se inició una tendencia positiva que alcanzó su máximo durante la década de 1990, pareciendo haberse estabilizado posteriormente.

Tabla 1. Matriz de correlación de la precipitación anual

ANUAL	C. Casares	C. Tejedor	T. Lauquen	Rivadavia	Pehuajó
C. Casares	1,000	0,618	0,700	0,646	0,743
C. Tejedor	0,618	1,000	0,632	0,778	0,577
T. Lauquen	0,700	0,632	1,000	0,770	0,605
Rivadavia	0,646	0,778	0,770	1,000	0,601
Pehuajó	0,743	0,577	0,605	0,601	1,000
Prom.Zonal	0,863	0,838	0,876	0,891	0,813

Nivel de Significación: Significativo $r = 0,217$; Muy Significativo $r = 0,283$

La tendencia de los trimestres primavera (OND) y estival (EFM) (Tabla 6) alcanzaron un nivel de significación estadística muy significativo, aunque algo menor que para el total por campaña, ajustándose a un polinomio de tercer orden

que explica un 12% y 21% respectivamente de la variabilidad total con un mínimo alrededor de los años 40 y un máximo comenzando los 90. Los cambios durante estos trimestres fueron los más marcados, pudiendo señalarse que la mayor

Tabla 2. Matriz de correlación de la precipitación del trimestre Julio Agosto Septiembre (JAS).

JAS	C. Casares	C. Tejedor	T. Lauquen	Rivadavia	Pehuajó
C. Casares	1,000	0,634	0,570	0,578	0,718
C. Tejedor	0,634	1,000	0,601	0,791	0,743
T. Lauquen	0,570	0,601	1,000	0,668	0,665
Rivadavia	0,578	0,791	0,668	1,000	0,638
Pehuajó	0,718	0,743	0,665	0,638	1,000
Prom.Zonal	0,828	0,884	0,816	0,855	0,884

Nivel de Significación: Significativo $r = 0,217$; Muy Significativo $r = 0,283$

Tabla 3. Matriz de correlación de la precipitación del trimestre Octubre Noviembre Diciembre (OND).

OND	C. Casares	C. Tejedor	T. Lauquen	Rivadavia	Pehuajó
C. Casares	1,000	0,427	0,580	0,484	0,746
C. Tejedor	0,427	1,000	0,500	0,661	0,516
T. Lauquen	0,580	0,500	1,000	0,676	0,655
Rivadavia	0,484	0,661	0,676	1,000	0,590
Pehuajó	0,746	0,516	0,655	0,590	1,000
Prom.Zonal	0,766	0,772	0,842	0,855	0,843

Nivel de Significación: Significativo $r = 0,217$; Muy Significativo $r = 0,283$

Tabla 4. Matriz de correlación de la precipitación del trimestre Enero Febrero Marzo (EFM).

EFM	C. Casares	C. Tejedor	T. Lauquen	Rivadavia	Pehuajó
C. Casares	1,000	0,653	0,686	0,572	0,773
C. Tejedor	0,653	1,000	0,684	0,834	0,662
T. Lauquen	0,686	0,684	1,000	0,782	0,639
Rivadavia	0,572	0,834	0,782	1,000	0,617
Pehuajó	0,773	0,662	0,639	0,617	1,000
Prom.Zonal	0,852	0,882	0,871	0,876	0,855

Nivel de Significación: Significativo $r = 0,217$; Muy Significativo $r = 0,283$

Tabla 5. Matriz de correlación de la precipitación del trimestre Abril Mayo Junio (AMJ).

AMJ	C. Casares	C. Tejedor	T. Lauquen	Rivadavia	Pehuajó
C. Casares	1,000	0,689	0,718	0,714	0,770
C. Tejedor	0,689	1,000	0,690	0,838	0,685
T. Lauquen	0,718	0,690	1,000	0,650	0,648
Rivadavia	0,714	0,838	0,650	1,000	0,725
Pehuajó	0,770	0,685	0,648	0,725	1,000
Prom.Zonal	0,894	0,891	0,839	0,891	0,872

Nivel de Significación: Significativo $r = 0,217$; Muy Significativo $r = 0,283$

Tabla 6. Parámetros de las curvas de ajuste de la precipitación promedio zonal por trimestre y anual

	R	Sig	b ³	b ²	b	a
JAS	0,085	-	-0,0002	0,0343	-1,5386	124,17
OND	0,353	**	-0,0017	0,2422	-8,7305	336,11
EFM	0,462	**	-0,0026	0,3692	-12,815	363,74
AMJ	0,275	*	0,0007	-0,0684	1,976	127,79
Anual	0,530	**	-0,0038	0,5773	-21,109	951,80

R = Coeficiente de correlación

Sig = Significación

** = Muy significativo (1%)

* = Significativo (5%)

- = No significativo

b³ = Coeficiente de tercer orden

b² = Coeficiente de segundo orden

b = Coeficiente de primer orden

a = ordenada al origen

parte del incremento de las precipitaciones observado en la zona se concentra en dichos trimestres.

El trimestre otoñal (AJM) (Tabla 6) también mostró una tendencia significativa de la misma naturaleza que las anteriores. No obstante, el valor de la misma es mucho menor que para los trimestres primaveral y estival, por lo que su contribución al cambio del régimen pluviométrico de la zona es mucho menor. Por su parte la tendencia del trimestre invernal (JAS) no alcanzó significación. El análisis exploratorio permitió comprobar la hipótesis de Roberto *et al.* (1994) en tal

sentido, en el período evaluado (1918/2000), la región presenta un ciclo de larga duración con fases húmedas y secas, separadas por fases de transición, que se extendieron aproximadamente durante los siguientes períodos:

1) Final de una fase de transición húmeda/seca al inicio del período evaluado;

2) Fase seca entre mediados de la década de 1920 y fines de la década de 1940;

3) Fase de transición seca/húmeda entre el comienzo de los años 1950 y me-

diados de la década de 1970;

4) Fase húmeda a partir de mediados de la década de 1970.

Se evaluó la existencia del ciclo de precipitaciones a través de un ciclo hipotético basado en la función seno, que permitió correlacionar los datos observados con los datos calculados. El análisis de correlación señaló que un 26% de la variabilidad de las precipitaciones anuales puede ser explicado por el ciclo de lluvias propuesto (Figura 2).

La ordenada al origen de la recta de ajuste entre la precipitación promedio zonal anual y el ciclo propuesto representa el promedio de precipitación de la serie (865,8 mm), y el coeficiente de primer orden indica la fluctuación de la precipitación (131,9 mm) respecto al promedio en el período seco y húmedo del ciclo propuesto. La disminución o el incremento de 131,9 mm de precipitación resulta de gran significación para la producción agrícola de la región.

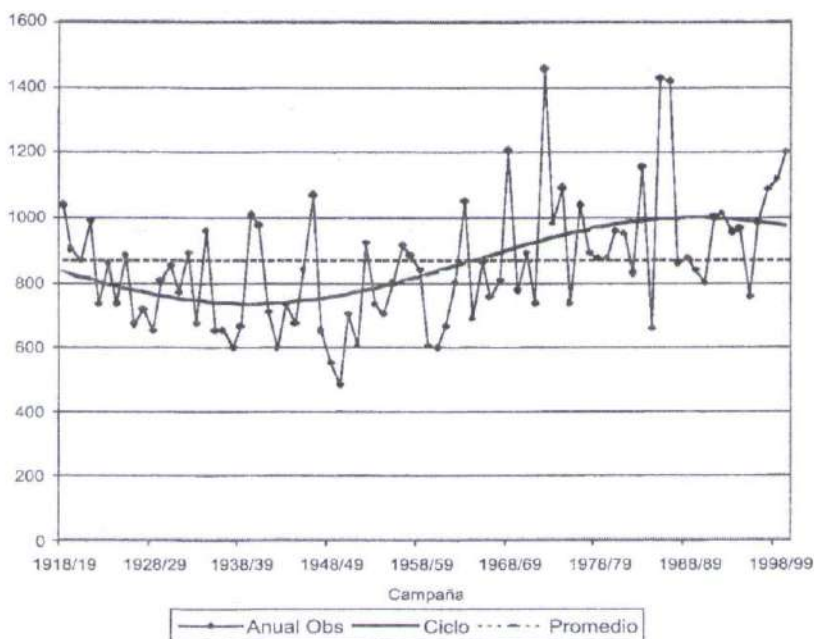


Figura 2. Precipitación anual observada, ciclo hipotético y promedio de largo período

Conclusiones

Los cambios positivos observados en el régimen de lluvias del área, corroboran que la difusión de los cultivos de cosecha gruesa en la zona fue facilitada considerablemente por este factor. Cabe hacer notar que el trimestre estival (EFM) concentró la mayor proporción de lluvias

en tanto que la menor se ubicó en el trimestre invernal (JAS). Estas características inciden significativamente en el patrón productivo regional, pues los meses de primavera-verano constituyen los de mayor actividad biológica y productiva para el ámbito agropecuario.

No obstante, debe tenerse en cuenta que dichos cambios pueden ser reversibles, debiendo preverse las consecuencias que traería aparejado el retorno a períodos de bajas precipitaciones. Si bien los interrogantes persistirán hasta que se manifiesten las tendencias de las próximas décadas, resulta imprescindible hacer hincapié en la necesidad de una planificación de la actividad agropecuaria del centro oeste de Buenos Aires en función de los cambios y fluctuaciones que se registren o puedan esperarse, lo que incluye programas de desarrollo tecnológico sustentables, monitoreo del deterioro del ambiente, vigilancia climática del área previendo posibles retornos a condiciones adversas. Cabe señalar que, durante la campaña 2002/2003, se observó una prolongada sequía que causó importantes mermas en la mayor parte de los cultivos de granos y determinó una interrupción de la cadena forrajera, causando estrés al ganado bovino, lo cual genera una llamada de atención sobre este importante factor.

Bibliografía

- Castañeda M.E. & V. Barros. 1994. Las tendencias de la precipitación en el Cono Sur de América al este de los Andes. *Metorológica*, 19(1y2):23-32.
- Downing T.E. 1996. Climate change and world food security. NATO ASI Series I: Global Environmental Change 37, Springer, Berlin, 662 pp.
- Parry, M.I. 1990. Climate Change and world agriculture. Earthscan. London. 157 pp.
- Pizarro, J.B. & A.R. Cascardo. 1991. El desarrollo agropecuario pampeano. 799 Pag. Cap IV La evolución de la agricultura pampeana. Grupo editor latinoamericano. Osvaldo Barsky editor.
- Pérez, S., E.M. Sierra, G. Casagrande & G. Vergara. 1999. Cambios en el régimen de precipitaciones del oeste de la Región Pampeana Argentina 1921-98. XI Congreso Brasileiro de Agrometeorología y II Encuentro Latinoamericano de Agrometeorología. Florianópolis. Brasil. Anales 499.
- Roberto, Z.E., G. Casagrande & E.F. Viglizzo. 1994. Lluvias en la Pampa Central: tendencia y variaciones del siglo. Cambio Climático y Agricultura Sustentable en la Región Pampeana. Bol. INTA Centro Regional La Pampa-San Luis, N°2, 25pp.
- Sierra, E.M., R.H. Hurtado & L. Spescha. 1994. Corrimiento de las isoyetas anuales medias decenales en la Región Pampeana 1941-1990. *Rev.Fac.Agr*, 14(2):139-144.
- Sierra, E.M, M. Conde Prat & S. Perez. 1995. La migración de cultivos de granos como indicador del cambio climático 1941-93 en la Región Pampeana Argentina. *Rev.Fac.Agr*, 15(2-3):171-176.
- Snedecor, G.W. & W.G. Cochran. 1980. Statistical methods. The Iowa State University Press. 507 pp.
- Trewartha G.T. 1968. An introduction to weather and climate. New York. Mc.Graw-Hill.
- Watson R., M. Zinyowera & R. Moss. 1996. Climate Change 1995- Impacts, Adaptation and Mitigation of Climate Change. Contribution of WG II to the Second Assessment Report of the IPCC, Cambridge University Press, Cambridge.