

Tendencias del régimen de precipitación y el manejo sustentable de los agroecosistemas: estudio de un caso en el noroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina

Eduardo M. Sierra y Silvia P. Pérez

*Cátedra de Climatología Agrícola, Facultad de Agronomía UBA, Avda. San Martín 4453 (C1417DSE)
Buenos Aires, Argentina. (sierra@agro.uba.ar)*

(Recibido: 19-Abr-2006. Publicado: 16-May-2006)

Resumen

Durante las últimas décadas se ha tomado una creciente conciencia de la importancia del cambio climático sobre el manejo sustentable de los agroecosistemas. El abordaje de esta problemática requiere un enfoque interdisciplinario que puede hacerse a través de la metodología de estudio del caso. Un caso de estudio de notable interés se presenta en el noroeste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina, donde el aumento en las precipitaciones permitió un incremento de la superficie dedicada a la agricultura en secano. Es importante dilucidar si dicho fenómeno constituye un cambio irreversible o forma parte de un ciclo de larga duración, con fases secas y húmedas, separadas por fases de transición. Pudo comprobarse que, aunque la teoría del ciclo de lluvias explica un mayor porcentaje de la varianza total de las series estudiadas, ambas teorías presentan una correlación significativa con los fenómenos observados por lo que no puede excluirse ninguna de las dos hipótesis. Si bien no se cuenta aún con evidencias suficientes como para demostrar la validez de una u otra teoría, deben preverse las decisiones estratégicas necesarias para producir en uno u otro ambiente como así también considerar las posibles consecuencias de un error de evaluación. Finalmente se concluye que en un escenario de incertidumbre, resulta preferible renunciar al máximo beneficio, y apuntar a una máxima seguridad de cosecha, eligiendo variedades, épocas de siembra, densidades, métodos de labranza, y todos los recursos tecnológicos disponibles para producir en un ambiente desfavorable, pues lo que podría causar una catástrofe productiva y ambiental no es que el régimen de precipitaciones sufra una disminución, sino que ésta tome desprevenido al sistema productivo sin que se hayan tomado las medidas necesarias para hacerle frente.

Palabras clave: agroclimatología, decisiones estratégicas, producción agropecuaria, Región Pampeana.

Abstract

During the last few decades the importance of climate change on agroecosystem sustainable management has been realized. Dealing with those matters requires an interdisciplinary approach that can be directed through a case study methodology. A very interesting case study example can be found in northwest Buenos Aires Province (Argentina), where the increase of rainfall regime allowed an increase of dryland agriculture. It is important to elucidate if this phenomenon constitutes irreversible change or it belongs to a long term cycle, with dry and humid phases, separated by transitional phases. It could be verified that, although both theories showed significant correlations with the observed phenomena, the hydric cycle theory explained a higher amount of the total variance of the series under study. Even when evidence enough to demonstrate the validity one or another theory is not yet available, strategic decisions conducive to agricultural production in one or another environment must be taken into consideration. If the theory of permanent increase is taken as valid, the strategy should be directed to take advantage of the high moisture availability, looking for the maximum productivity. On the contrary, if the hydric cycle theory is adopted, it should be necessary to adjust the system looking for the maximum reliability instead of the maximum productivity. Although this precautionary measure would imply a lesser rent, due to the costs of irrigation system and other dryland farming technologies, it would allow the production system to resist long dry periods. It is the lack of adequate preventive measures and not the decrease of rainfall what may cause a productive and environmental catastrophe.

Key words: agroclimatología, strategic decisions, agricultural production, Pampean Region.

1. Introducción

Durante las últimas décadas se ha tomado una creciente conciencia de la importancia del cambio climático sobre el manejo sustentable de los agroecosistemas (Bazzaz y Sombroek, 1995; Wall y Smit, 2005). Para un uso apropiado y eficiente de suelos, plantas y animales, el conocimiento del clima ha pasado a constituir una condición previa esencial (Sivakumar *et al.*, 2000). En este contexto, el clima no sólo es tomado en cuenta como un factor de riesgo, sino como un recurso. Como tal, debe ser conocido, valorado en términos cuantitativos y cualitativos, y manejado apropiadamente (Gommes y Fresco, 1998).

La problemática expuesta genera la necesidad de un enfoque interdisciplinario el cual puede llevarse a cabo a través de la metodología de estudio del caso (Eisenhardt, 1989; Darke *et al.*, 1998).

Un caso de estudio de notable interés se presenta en el noroeste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina (Figura 1). A partir de la década de 1970, la frontera de la agricultura experimentó un marcado corrimiento hacia el oeste, penetrando en zonas que durante las décadas precedentes habían sido predominantemente ganaderas y con poca aptitud para la producción de cultivos de cosecha debido a su clima semiárido.

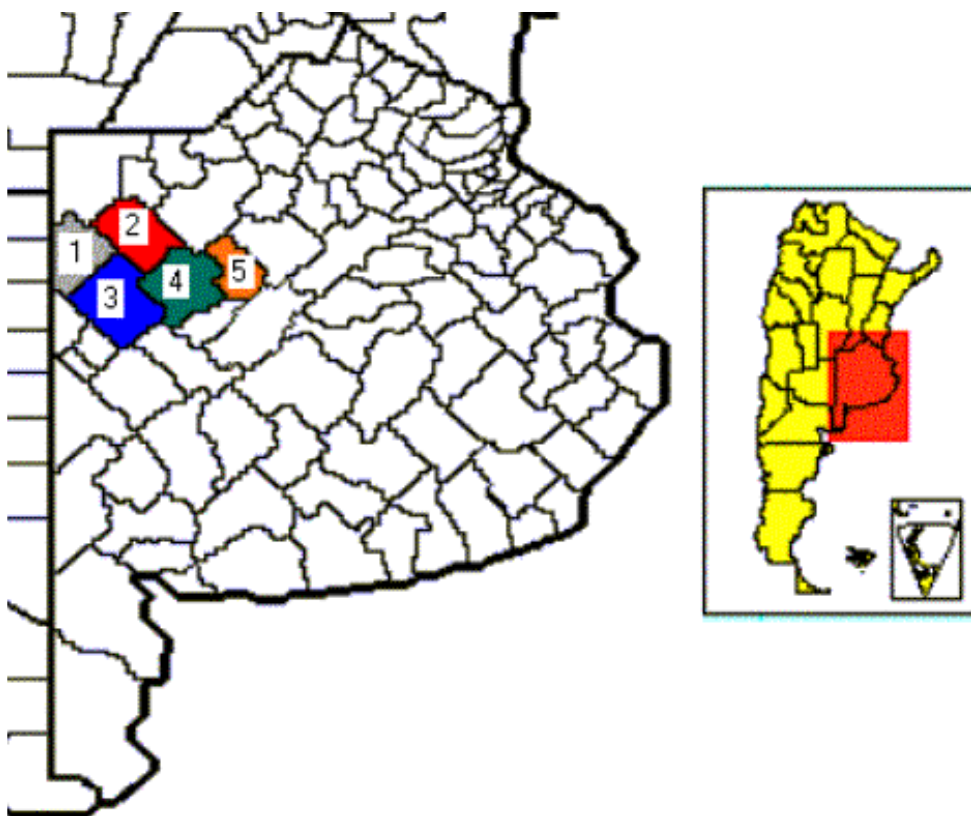


Fig. 1: Ubicación del área en estudio en el noroeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina), mostrando los partidos de Rivadavia (1), Carlos Tejedor (2), Trenque Lauquen (3), Pehuajó (4) y Carlos Casares (5).

Diversos estudios sugieren que dicho avance, observado en la Región Pampeana durante el último cuarto del siglo XX (Sierra *et al.*, 1995; Viglizzo *et al.*, 1995), fue favorecido por un incremento en el régimen de lluvias (Hoffmann *et al.*, 1987; Castañeda y Barros, 1994; Sierra *et al.*, 1994; Casagrande *et al.*, 2000) (Figura 2 y 3), que actuó en forma sinérgica con el incremento en la demanda de los mercados internacionales y las innovaciones tecnológicas (Pizarro y Cascardo, 1991).

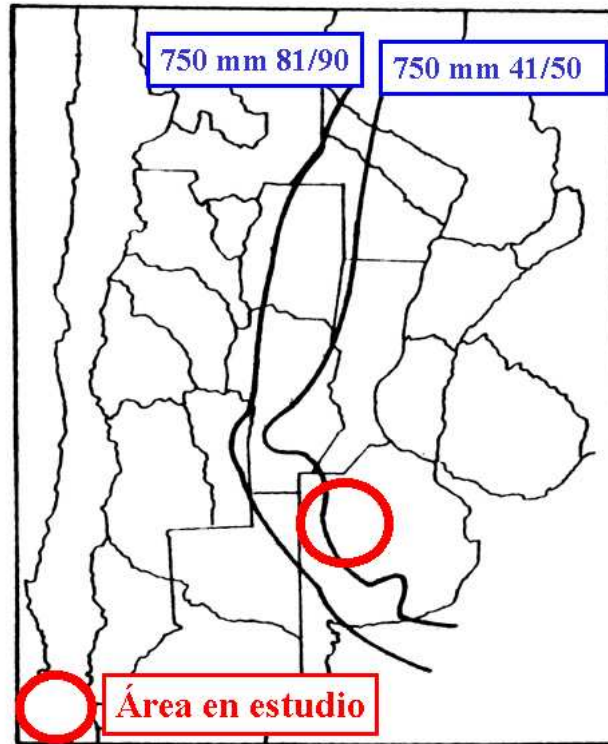


Fig. 2: Corrimiento de la isoyeta anual de 750 mm según Sierra *et al.* (1994).

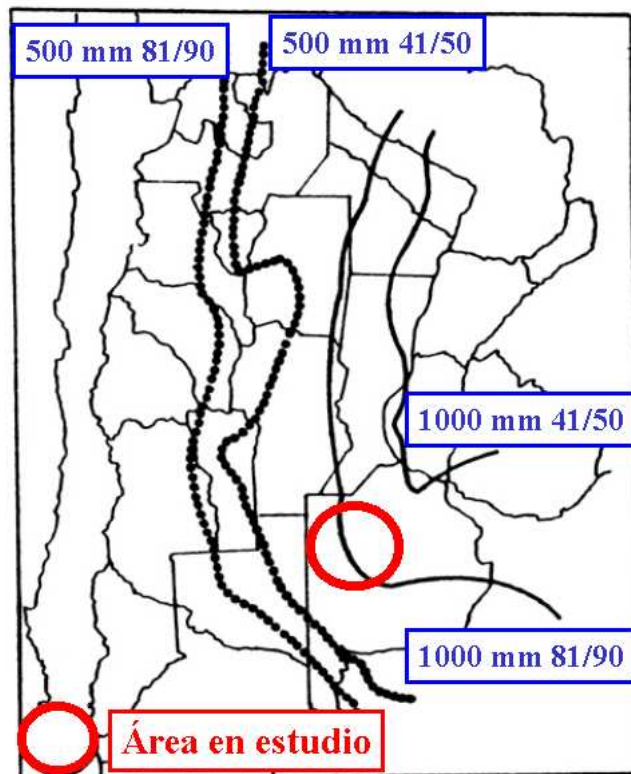


Fig. 3: Corrimiento de las isoyetas anuales de 500 y 1000 mm según Sierra *et al.* (1994).

Sin embargo, aunque la mayoría de los estudios realizados concuerdan en que el incremento de las precipitaciones favoreció el avance hacia el oeste de la frontera de la agricultura, existen discrepancias significativas acerca de la naturaleza de dicho cambio.

Algunos estudios como los realizados por Minetti *et al.*, (2003) afirman que el mencionado incremento de las precipitaciones sería de carácter permanente, y se debería al aumento de la energía del sistema climático provocado por el calentamiento global, cuyos efectos estarían incrementando el régimen térmico del país, afectando al conjunto de su clima (Carril *et al.*, 1997; Núñez y Solman, 1997; Labraga, 1998; Rusticucci y Barrucand, 2001; Barrucand y Rusticucci, 2001).

Según Barros (2005), el retroceso de los glaciares y hielos de montaña, causado por el calentamiento global, produjo el desplazamiento de los sistemas de presión en las zonas subtropicales de América del Sur, trayendo como consecuencia una disminución de hasta un 30 o 40 % en las precipitaciones del lado chileno, y un aumento de más del 20 % del lado argentino.

Asimismo, en su obra "El cambio climático global", Barros (2004) señala que el sistema productivo del país deberá adaptarse a la "tropicalización" del clima, el que, desde el punto de vista hídrico, generará una gran frecuencia de tormentas severas, con vientos y lluvias intensas, que provocarán un alto riesgo de inundaciones.

No obstante, es necesario prestar atención al hecho de que el incremento del régimen de lluvias podría no ser de carácter permanente, dado que otros estudios indican la posibilidad de que la Región Pampeana observe un ciclo de larga duración. Varios trabajos, entre los cuales pueden citarse el realizado por Roberto *et al.* (1994) sobre la evolución y tendencias de las lluvias en la provincia de La Pampa durante el período 1800-1990, los realizados sobre esa provincia por Pérez *et al.*, (1999) y Vergara *et al.*, (2001 y 2002) y el de Pérez *et al.*, (2003) sobre los cambios en la precipitación en el Centro-Oeste de la provincia de Buenos Aires, sugieren que podría existir un ciclo hídrico de larga duración con fases húmedas y secas, separadas por fases de transición, durante las cuales la frontera de la agricultura avanza o retrocede.

Además, numerosos testimonios históricos (Hutchinson, 1866; Gillespie, 1921; Moncaut 1981; Moncaut, 2001), algunos de los cuales se remontan al siglo XVI, contribuyen a prestar verosimilitud a la teoría del péndulo climático (Suriano y Ferpozzi, 1993), según la cual el estado del clima de La Argentina oscila entre posiciones extremas, en la que se alternan en forma periódica situaciones de sequía y de inundación.

Ambas hipótesis implican impactos de distinta naturaleza sobre los agroecosistemas, cuyo equilibrio depende en gran medida del impacto generado por la actividad agrícola. Además implican decisiones estratégicas para la producción agropecuaria (Thompson y Perry, 1997; Motha, 2004).

Se estudió el régimen de precipitación en el Noroeste de la provincia de Buenos Aires durante el período 1918-2000, para el que se dispone de registros instrumentales, a fin de poner en evidencia el rol de la variabilidad del régimen hídrico sobre la productividad y sustentabilidad del agroecosistema.

En tal sentido, se prestó atención a las estrategias de manejo de los factores de incertidumbre (Courtney *et al.*, 1997) que aparecen en la evaluación de la tendencia del fenómeno en estudio, a fin de preparar al agroecosistema para ser capaz de soportar un cambio en las condiciones climáticas con la mínima pérdida de capacidad productiva y conservando al máximo su sostenibilidad física.

2. Materiales y métodos

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

La homogeneidad del régimen de precipitaciones de la zona en estudio se evaluó a través de la matriz de correlación entre los datos de las cinco estaciones empleadas.

La probabilidad de un cambio lineal en el régimen hídrico, consistente con las teorías del incremento permanente de las precipitaciones propuesto por Minetti *et al.* (2003), se evaluó por medio de un análisis de correlación y regresión. En este tipo de ajuste, la ordenada al origen representa el valor inicial de la precipitación en el año uno de la serie, mientras que el coeficiente angular, representa el incremento anual de la precipitación en la época del año considerada.

La teoría acerca de la existencia de un ciclo hídrico de larga duración, propuesta por Roberto *et al.* (1994), se evaluó correlacionando linealmente 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 la función seno en milímetros de lluvia, a través de los parámetros de la recta de ajuste entre las series de precipitación y el ciclo propuesto.

En este tipo de análisis, la ordenada al origen representa el promedio de largo período de la precipitación alrededor del cual se produce el ciclo hipotético propuesto. Por su parte, el coeficiente angular representa la semiamplitud de la oscilación, es decir, el valor en más o en menos abarcado por la onda.

Como indicadores de sustentabilidad se emplearon las evaluaciones de la evolución de la calidad del suelo, en los agrosistemas pampeanos desarrolladas por Solbrig y Viglizzo (1999), Casas (2001), Viglizzo (2001) y Viglizzo *et al.* (2002).

3. Resultados y discusión

La matriz de correlación del conjunto de localidades demostró que tanto las precipitaciones anuales (Tabla 1) como las trimestrales presentaron coeficientes de correlación altamente significativos. El comportamiento observado indicó que las localidades responden al mismo régimen, lo que permitió su análisis en conjunto.

Tabla 1: Matriz de correlación de la precipitación anual. (Nivel de Significación: Significativo al nivel del 5 %, $r = 0,217$; Significativo al nivel del 1 %, $r = 0,283$).

	C. Casares	C. Tejedor	T. Lauquen	Rivadavia	Pehuajó
C. Casares	1,00	0,62	0,70	0,65	0,74
C. Tejedor	0,62	1,00	0,63	0,78	0,58
T. Lauquen	0,70	0,63	1,00	0,77	0,61
Rivadavia	0,65	0,78	0,77	1,00	0,60
Pehuajó	0,74	0,58	0,61	0,60	1,00
Prom. Zonal	0,86	0,84	0,88	0,89	0,81

Por razones de brevedad, en los párrafos siguientes se exponen los resultados correspondientes al promedio zonal, si bien, los valores correspondientes a cada serie individual se comportaron de forma análoga.

La tendencia lineal del trimestre estival y del valor anual alcanzaron niveles de significación estadística muy significativos (Tabla 2). Los coeficientes de determinación de ambos ajustes fueron de 12,99 % y de 16,65 %, respectivamente. Los incrementos fueron de 1,89 mm/año, en el primer caso, y de 3,33 mm/año, en el segundo, poniendo en evidencia que el avance de la frontera de la agricultura fue acompañado por un incremento del régimen de lluvias. Según esta hipótesis, desde el inicio de las series, en 1918, hasta la finalización de las mismas, en 2000, el incremento total de las precipitaciones habría sido de 155 mm, para el trimestre estival, y de 273 mm, para los valores anuales, valores más que suficientes para posibilitar un vigoroso avance hacia el oeste de la frontera de la agricultura manteniendo la sustentabilidad física del sistema de producción.

Tabla 2: Ajuste lineal para la precipitación trimestral y anual. Coeficiente de determinación (R^2); Coeficiente de correlación (R); Nivel de Significación (S: “-” No significativo; “*” Significativo al nivel del 5 %; “**” Significativo al nivel del 1 %); Pendiente de la recta (b); Ordenada al origen (a).

	R^2	R	S	b	a
JAS	0,0006	0,024	-	-0,0504	109,61
OND	0,0501	0,224	*	0,7975	251,68
EFM	0,1299	0,360	**	1,8938	231,58
AMJ	0,0475	0,218	*	0,6886	125,49
ANUAL	0,1665	0,408	**	3,3295	718,36

Por otra parte, la existencia del ciclo de precipitaciones se evaluó a través de un ciclo hipotético basado en la función seno. En este caso se observaron ajustes estadísticamente muy significativos para los valores anuales y para los trimestres de primavera y verano.

Además, se observó que los coeficientes de determinación (26,25 % para los valores anuales, 10,82 % para el trimestre de primavera y 20,73 %, para el trimestre de verano) mostraron que los procesos en estudio se ajustan mejor a la hipótesis cíclica que a la hipótesis lineal (Tabla 3).

Tabla 3: Correlación de distintos períodos de lluvia con la onda cíclica. Coeficiente de determinación (R^2); Coeficiente de correlación (R); Nivel de Significación (S: “-” No significativo; “*” Significativo al nivel del 5 %; “**” Significativo al nivel del 1 %).

	R^2	R	S	Promedio	Semi-amplitud
JAS	0,0003	0,0176	-	107,6	1,2
OND	0,1082	0,3289	**	287,4	36,9
EFM	0,2073	0,4553	**	315,5	75,5
AMJ	0,0336	0,1834	-	155,3	18,3
ANUAL	0,2625	0,5124	**	865,8	131,9

La ordenada al origen de la recta de ajuste entre la precipitación promedio zonal anual y el ciclo propuesto asumió un valor de 865,8 mm, que representa el promedio de largo período de dicha variable, que indica la presencia de un clima húmedo, compatible con una práctica agrícola sustentable.

No obstante, el coeficiente angular de la regresión lineal entre la precipitación promedio zonal anual y el ciclo propuesto alcanzó un valor de 131,9 mm que indica que en la fase negativa de la fluctuación la precipitación anual se reduce a 733,9 mm, nivel que corresponde a un ambiente subhúmedo en el que una práctica agrícola basada en el laboreo convencional puede poner en marcha un perjudicial proceso de erosión, como de hecho tuvo lugar en las décadas de 1930, 1940 y 1950 (Arena y Guiñazú, 1940). Contrariamente, durante la fase positiva, las precipitaciones alcanzarían un nivel de 997,7 mm, capaz de poner en marcha un proceso de anegamiento de los campos bajos, tal como el ocurrido durante las décadas de 1980 y 1990 (Solbrig y Morello, 1997).

Además de haber presentado un mejor ajuste estadístico durante el período cubierto por los datos instrumentales, cabe señalar que la hipótesis del ciclo de larga duración presenta una alta correlación con los fenómenos descritos por Solbrig y Viglizzo (1999), Casas (2001), Viglizzo (2001) y Viglizzo *et al.*, (2002).

Dichos autores desarrollaron un panorama histórico de la sustentabilidad del agro pampeano, identificando tres períodos históricos, (1880-1939 “descarga ecológica”, 1940-1969 “recarga ecológica” y

1970-1990 “agriculturización e intensificación”) marcados por el impacto de la gestión tecnológica y ambiental, que presenta un fuerte paralelismo con las fases correspondientes a la teoría del ciclo hídrico:

1. Entre 1875 y 1900 tuvo lugar una fase húmeda (Figura 4). Tal aseveración se realiza en base al análisis de la documentación histórica (Moncaut, 2001). Las inundaciones ocurridas en este período fueron descritas por Florentino Ameghino en su obra “Las Inundaciones y las secas en la Provincia de Buenos Aires” de 1884. En este período, la calidad del suelo según Casas (2001) (Figura 5) presentó un elevado contenido de materia orgánica (MO), buena condición estructural y leve degradación, pues es recién a partir de 1890 que se inicia la actividad agropecuaria. Las labranzas con herramientas inadecuadas, inicialmente no impactaron negativamente en los suelos en función de la elevada recuperación del sistema, lo cual permitió mantener el “ámbito original”, un ambiente de baja vulnerabilidad con muy escasa disminución de la capacidad productiva de los suelos (Casas, 2001).

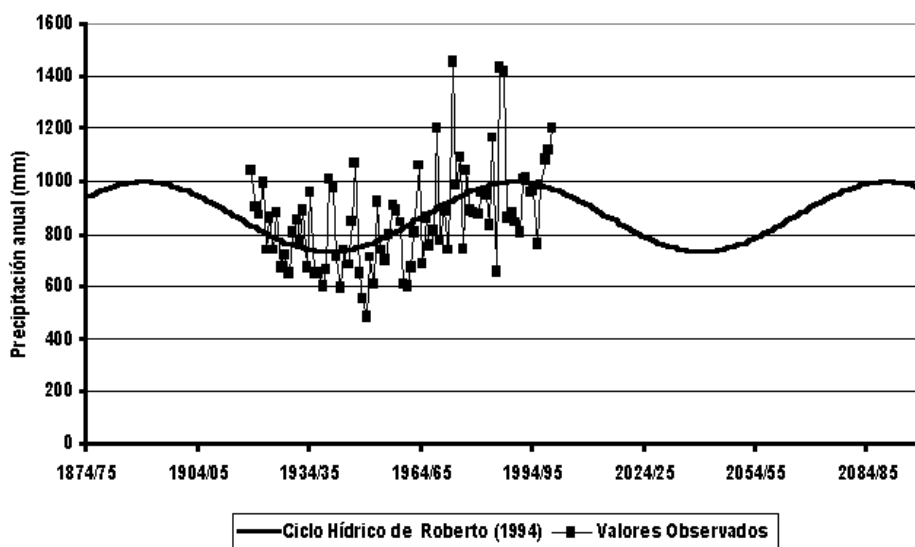


Fig. 4: Ajuste de los valores de precipitación anual al ciclo hídrico de Roberto *et al.*, (1994).

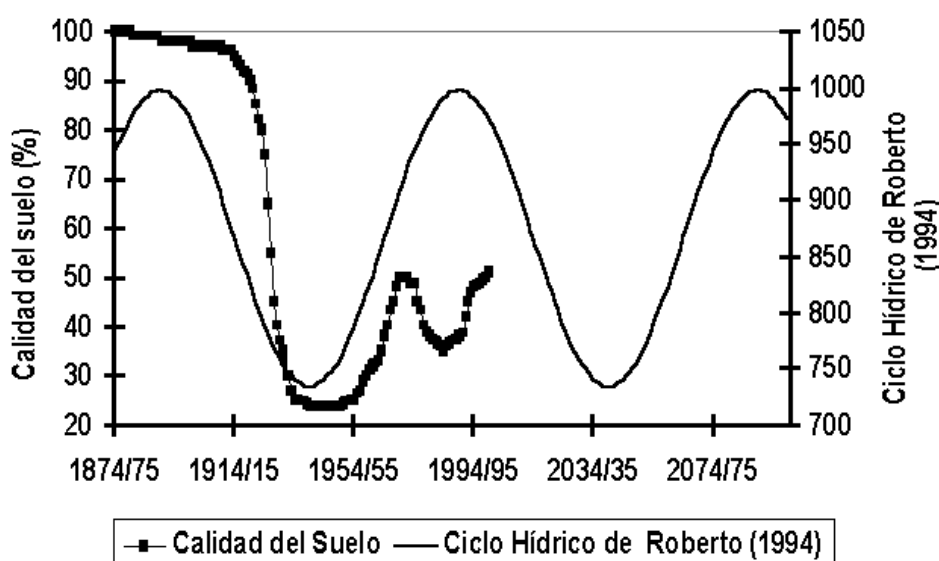


Fig. 5: Comparación de la evolución de la calidad del suelo en los agrosistemas pampeanos según Casas (2001) con el ciclo hídrico de Roberto *et al.*, (1994).

2. De 1901 a 1925 se observó una fase de transición durante la cual las lluvias fueron disminuyendo gradualmente. Paralelamente la calidad de los suelos desmejoró debido a la expansión de la agricultura, las labranzas con arado de reja y vertedera intensificaron los procesos de degradación, con un marcado descenso de los contenidos de materia orgánica.

3. El período 1926/1950 registró una fase seca, que incluyó las fuertes sequías acompañadas por voladuras de campos ocurridas desde fines de la década de 1920 hasta bien entrada la década de 1940. Esta fase del ciclo hídrico coincide con el punto crítico de la llamada “descarga ecológica” caracterizada por el mal uso de los suelos y el ambiente productivo. La evolución de la calidad del suelo según Casas (2001) (Figura 5) acompañó este período, caracterizado por un incremento de la vulnerabilidad de los suelos que se evidenció por el descenso del contenido de materia orgánica e intensos procesos de erosión eólica. Esta situación, generó una toma de conciencia por parte de la sociedad sobre el estado de degradación de los suelos, su fragilidad y las consecuencias negativas desde el punto de vista social y económico.

4. Entre 1951 y 1975 se produjo una fase de transición, durante la cual las lluvias fueron en aumento, mejorando las condiciones para la agricultura. Se logró paulatinamente estabilizar el deterioro y erosión de los suelos a través de medidas de manejo que permitieron restituir la materia orgánica y las condiciones físicas del suelo, dando lugar al llamado período de “recarga ecológica”.

5. A partir de 1976 se instaló una fase húmeda. Según la teoría del ciclo de lluvias, ha finalizado la fase húmeda que se extendió aproximadamente entre 1976 y 2000, durante la cual la frontera de la agricultura se corrió hacia el Oeste. Desde comienzos de esta fase se inició un proceso de agriculturización, en coincidencia con la expansión del cultivo de soja, que impactó negativamente sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos y también sobre su integridad (Casas, 1998). El aspecto más grave de la expansión e intensificación de la agricultura fue el incremento de la erosión hídrica de los suelos, dado su carácter irreversible (Coscia, 1988).

Esta secuencia de fases, explica el hecho de que tanto el ajuste lineal como el cíclico arrojen parámetros estadísticos significativos. Las series de precipitaciones utilizadas arrancan en 1918, o sea durante el final de una transición húmeda seca y casi al inicio de una fase seca, y terminan en el año 2000, al final de una fase húmeda.

Esta circunstancia provoca que el período empleado presente una tendencia lineal estadísticamente significativa. Sin embargo, cuando las series se ajustan al ciclo de Roberto *et al.* (1994), se pone en evidencia que este ajuste explica un mayor porcentaje de la variancia.

Además la teoría del ciclo se ve apoyada por testimonios documentales, como los provistos por los trabajos de Moncaut (2001) y Deschamps *et al.* (2003).

Con la teoría del ciclo hídrico, sería necesario prever las consecuencias que traería aparejado un retorno a períodos de bajas precipitaciones durante las próximas décadas y considerar la posibilidad de que se repita el período de descarga ecológica con el inicio de un nuevo incremento en la vulnerabilidad de los suelos, pero en esta oportunidad desde niveles de calidad del suelo muy por debajo de los valores registrados a principio del siglo XX.

Este escenario exigiría ajustar el sistema productivo buscando el máximo de seguridad, renunciando en alguna medida a la máxima productividad. Esta precaución si bien significaría menor rentabilidad por las mayores erogaciones en el desarrollo de sistemas de riego u otra tecnología, permitiría al sistema de producción adquirir capacidad para resistir años secos.

En cambio si en lugar de un proceso cíclico, el incremento en el régimen de lluvias se atribuye a un proceso lineal, la estrategia adecuada conduciría a ajustar el sistema productivo a un uso eficiente de alta disponibilidad de humedad, buscando la máxima productividad.

Aunque por el momento todavía no existen testimonios suficientes para demostrar en forma definitiva la validez de una u otra teoría, la disyuntiva de atribuir el incremento en el régimen de lluvias a un

proceso cíclico o lineal conlleva importantes decisiones estratégicas y resulta muy prudente evaluar los dos enfoques considerando las consecuencias de cometer un error y optar por la teoría equivocada.

Si se considera la teoría del ciclo hídrico, y se toman precauciones para superar años secos, pero en su lugar se producen lluvias abundantes, se producirá cierta pérdida de esfuerzo. No obstante, no se perderá la totalidad de los mismos, porque el sistema de producción habrá adquirido una capacidad de resistir los años secos, que de todas maneras se presentarán en algún momento, y que en estos momentos no posee (Viglizzo *et al.*, 2002; Ghida Daza, 2003).

En cambio, si se considera la teoría de que van a continuar las lluvias abundantes y esta hipótesis resulta errónea, se tendrán graves problemas, porque el sistema de producción no estará preparado para enfrentar este impacto. Ante un período seco prolongado, con un sistema productivo adaptado a recibir abundantes cantidades de humedad, el mismo puede llegar a perder un porcentaje significativo de su capacidad de producción, causando al mismo tiempo un marcado deterioro ambiental, como el señalado por los trabajos de Solbrig y Viglizzo (1999), Casas (2001), Viglizzo (2001) y Viglizzo *et al.* (2002).

4. Conclusiones

De acuerdo con el estudio del caso efectuado, pudo arribarse a la conclusión de que hasta el momento persiste la incertidumbre acerca de cuál de las interpretaciones del fenómeno en estudio es válida.

Si bien, tanto en lo que hace a los testimonios históricos como al análisis de la serie instrumental, la teoría del ciclo describe el comportamiento observado mejor que la teoría del incremento permanente, es difícil asegurar que dicho patrón continuará repitiéndose en el escenario de cambio climático global que atraviesa actualmente el planeta.

Del reconocimiento de este hecho surgen dos conclusiones acerca de la forma en que deberá actuarse en el escenario de incertidumbre que se presenta:

La primera apunta a la necesidad de mantener un cuidadoso monitoreo de la evolución del fenómeno en estudio a fin de detectar en la forma más temprana posible cuál es su verdadera tendencia.

La segunda hace a las medidas de prevención que convendrá tomar a fin de preparar al sistema productivo para hacer frente a una posible variación de su estado actual sin perder capacidad productiva ni ver mermada su sostenibilidad física.

En particular, será necesario tener en cuenta que las posibles consecuencias ambientales de un error de evaluación difieren considerablemente según se considere una teoría o la otra:

Si se diseña una estrategia productiva basada en la teoría del ciclo hídrico, y se toman precauciones para superar años secos, pero en su lugar se producen lluvias abundantes, se producirá cierta pérdida de rentabilidad. No obstante, no se perderá la totalidad de los mismos, porque el sistema de producción habrá adquirido una capacidad de resistir los años secos, que de todas maneras se presentarán en algún momento, y que en estos momentos no posee.

En cambio, si se diseña una estrategia productiva basada en la teoría del incremento permanente de las lluvias, y esta hipótesis resulta errónea, se tendrán graves problemas, porque el sistema de producción no estará preparado para enfrentar este impacto. Ante un período seco prolongado, con un sistema productivo adaptado a recibir abundantes cantidades de humedad, el mismo puede llegar a colapsar.

Por lo tanto, en un escenario de incertidumbre, resulta preferible renunciar al máximo beneficio, y apuntar a una máxima seguridad de cosecha, eligiendo variedades, épocas de siembra, densidades, métodos de labranza, y todos los recursos tecnológicos disponibles para producir en un ambiente que puede tornarse desfavorable.

Lo que podría causar una catástrofe productiva y ambiental no es que el régimen de precipitaciones sufra una disminución, sino que ésta tome desprevenido al sistema productivo sin que se hayan tomado las medidas necesarias para hacerle frente.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco del Proyecto UBACyT G096.

Bibliografía

Ameghino F (1884): Las sequías y las inundaciones en la provincia de Buenos Aires. Cap. III de la obra "Excursiones geológicas y paleontológicas en la provincia de Buenos Aires". En Torcelli AJ: *Obras completas y correspondencia científica de Florentino Ameghino*, pp. 145-214. Taller impresiones oficiales, La Plata 1915.

Arena A, Guñazú RJ (1940): *La erosión eólica de los suelos en el centro-oeste de la República Argentina. Reconocimiento preliminar del efecto del viento sobre los suelos del territorio de La Pampa y zonas limítrofes*. Dirección de Propaganda y Publicaciones del Ministerio de Agricultura de la Nación. Publicación Miscelánea N° 65. Buenos Aires.

Barrucand M, Rusticucci M (2001): Climatología de temperaturas extremas en la Argentina. Variabilidad temporal y regional. *Meteorológica*, 26:85-101.

Barros V (2004): *El cambio climático global*. Ed. Del Zorzal. 172 pp.

Barros V (2005): Desequilibrios contra el planeta. Disponible en <http://www.lacapital.com.ar/2005/01/16/seniales/noticia> (Último acceso: marzo 2006).

Bazzaz F, Sombroek W (1995): *Changements du climat et production agricole*. FAO. Rome et Polytechnica. Paris. 472 pp.

Carril AF, Menéndez CG, Núñez MM (1997): Climate change scenarios over the South American region: an intercomparison of coupled general atmosphere-ocean circulation models. *International Journal of Climatology*, 17:1613-1633.

Casagrande G, Vergara G, Sierra E, Pérez S (2000): Tendencias de las precipitaciones (1921/1998) en el Centro-Este de la provincia de La Pampa. *VIII Reunión Argentina de Agrometeorología*. Mendoza, Argentina. pp. 15.

Casas RR (1998): Causas y evidencias de la degradación de los suelos en la región Pampeana. En: *Hacia esa agricultura productiva y sostenible en la pampa*. Harvard University; David Rockefeller Center for Latin American Studies; Consejo Profesional de Ingeniería Agronómica. Orientación Gráfica Editora S.R.L. Buenos Aires.

Casas RR (2001): *La conservación de los suelos y la sustentabilidad de los sistemas agrícolas*. Academia nacional de Agronomía y Veterinaria. Tomo LV; Buenos Aires.

Castañeda ME, Barros V (1994): Las tendencias de la precipitación en el Cono Sur de América al este de los Andes. *Meteorológica*, 19:23-32.

Courtney HG, Kirkland J, Viguerie SP (1997): Strategy Under Uncertainty. *Harvard Business Review*, 75:66-79.

Coscia A (1988): La agriculturización en la región Pampeana. En: *Degradación de suelos por intensificación de la agricultura*. Informe del Taller organizado por el CONICET. Estación Experimental del INTA Rafaela. Publicación miscelánea N°47.

- Darke P, Shanks G, Broadbent M (1998): Successfully completing case study research: combining rigour, relevance and pragmatism. *Information Systems Journal*, 8:273-289.
- Deschamps JR, Otero O, Tonni EP (2003): *Cambio climático en la pampa bonaerense: las precipitaciones desde los siglos XVIII al XX*. Documento de Trabajo N° 109, Universidad de Belgrano, 18 pp.
- Eisenhardt KM (1989): Building Theories from Case Study Research. *Academy of Management Review*, 14:532-550.
- Ghida Daza C (2003): Ganancia o Sostenibilidad? Un análisis económico de estrategias agrícolas. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/mjuarez/inf/documentos/economia/gnsst03res.htm> (Último acceso: marzo 2006).
- Gillespie A (1921): *Buenos Aires y el interior*. Bs As La Cultura, 224 pp.
- Gommes R, Fresco LO (1998): Everybody complains about climate... What can agricultural science and the CGIAR do about it? Paper presented at the Mid-Term Meeting of the Consultative Group for International Agricultural Research (CGIAR), FAO, Rome.
- Hoffmann JAJ, Nuñez S, Gómez A (1987): Fluctuaciones de la precipitación en la Argentina, en lo que va del siglo. *II Congreso Interamericano de Meteorología. V Congreso Argentino de Meteorología. Anales*, pp.12.1.1-12.1.5.
- Hutchinson TJ (1866): *Buenos Aires y otras provincias argentinas 1862-1863*. BsAs Imprenta del Siglo, 296 pp.
- Labraga JC (1998): Escenario de cambio climático para la Argentina. *Ciencia Hoy*, (8)44:18-25.
- Minetti JL, Vargas W, Poblete AG, Acuña LR, Casagrande G (2003): Non-linear trends and low frequency oscillations in annual precipitation over Argentina and Chile, 1931-1999. *Atmósfera*, 16:119-135.
- Moncaut CA (1981): *Reducción Jesuítica de Nuestra Señora de la Concepción de los Pampa 1740-1753*. La Plata, 144 pp.
- Moncaut CA (2001): *Inundaciones y Sequías en la Pampa Bonaerense 1576-2001*. Editorial El Aljibe, 107 pp.
- Motha RP (2004): Avances recientes en Aplicaciones Agrometeorológicas a Nivel Global. Organización Meteorológica Mundial. Servicios de Información y Predicción del Clima (SIPC) y Aplicaciones Agrometeorológicas para los Países Andinos. *Actas de la Reunión Técnica* llevada a cabo en Guayaquil, Ecuador, del 8 al 12 de diciembre de 2003. Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial.
- Núñez M, Solman S (1997): Proyecto de Estudio sobre el Cambio Climático en Argentina, ARG/95/G/31-PNUD-SECYT. *Vulnerabilidad y mitigación relacionada con el impacto del cambio global sobre la producción agrícola*, Capítulo 4: Aproximaciones estadísticas, 92, pp.157-282.
- Pérez S, Sierra EM, Casagrande G, Vergara G (1999): Incremento de las precipitaciones (1921/1998) en el Centro-Este de la provincia de La Pampa (Argentina). *Rev. Facultad de Agronomía*, 19:193-196.
- Pérez S, Sierra E, Casagrande G, Vergara G, Bernal F (2003): Comportamiento de las precipitaciones (1918/2000) en el Centro Oeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Rev. Facultad de Agronomía de La Universidad Nacional de La Pampa* 14 (1-2).
- Pizarro JB, Cascardo AR (1991): *El desarrollo agropecuario pampeano*. Cap IV: La evolución de la agricultura pampeana. Grupo Editor Latinoamericano, 799 pp.
- Roberto ZE, Casagrande G, Viglizzo E (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, 25 pp.

- Rusticucci M, Barrucand M (2001): Climatología de temperaturas extremas en la Argentina. Consistencia de datos. Relación entre la temperatura media estacional y la ocurrencia de extremos. *Meteorológica*, 26:69-84.
- Sierra EM, Hurtado RH, Spescha L (1994): Corrimiento de las isoyetas anuales medias decenales en la Región Pampeana 1941-1990. *Rev. Fac. Agr.*, 14:139-144.
- Sierra EM, Conde Prat M, Pérez S (1995): La migración de cultivos de granos como indicador del cambio climático 1941-93 en la Región Pampeana Argentina. *Rev. Fac. Agr.*, 15:171-176.
- Sivakumar MVK, Gomme R, Baier W (2000): Agrometeorology and sustainable agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology*, 103:11-26.
- Solbrig OT, Morello J (1997): Reflexiones generales sobre el deterioro de la capacidad productiva de la Pampa Húmeda argentina. En Morello, Jorge y Otto Solbrig, compiladores, *Argentina granero del mundo: hasta cuando?. La degradación del sistema agroproductivo de la Pampa Húmeda y sugerencias para su recuperación*, ISBN 987-99791-2-5: 1-27, total 280 pp. Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires.
- Solbrig O, Viglizzo E (1999): *Sustainable Farming in the Argentine Pampas: History, Society, Economy and Ecology*. DRCLAS Working Paper No. 99/00-1, Harvard University, Cambridge (E.E.U.U.)
- Suriano JM, Ferpozzi LH (1993): Los cambios climáticos en la Pampa también son historia. *Todo es Historia*, 306:8-25.
- Thompson RD, Perry A (1997): *Applied Climatology. Principles and Practice*. Routledge, London-New York, 352 pp.
- Vergara G, Pérez S, Casagrande G, Sierra E, Cony P (2001): Tendencias de las precipitaciones (1921/2000) en el Noreste de la provincia de La Pampa (Argentina). XII Congresso Brasileiro de Agrometeorología e III Reuniao Latinoamericana de Agrometeorología. Fortaleza, Brasil.
- Vergara G, Sierra E, Casagrande G, Pérez S (2002): Tendencias de las precipitaciones (1921/2000) en el sudeste de la provincia de La Pampa (Argentina). IX Reunión Argentina de Agrometeorología. Vaquerías, Córdoba, Argentina.
- Viglizzo E, Roberto Z, Filippin M, Pordomingo A (1995): Climate variability and agroecological change in the Central Pampas of Argentina. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 55:7-16.
- Viglizzo E (2001): *La trampa de Malthus. Agricultura, competitividad y medio ambiente en el siglo XXI*, Eudeba, Buenos Aires.
- Viglizzo E, Pordomingo A, Castro M, Lértora F (2002): La sustentabilidad de la agricultura pampeana: ¿Oportunidad o pesadilla?. *Revista Ciencia Hoy*, 12:38-51.
- Wall E, Smit B (2005): Climate Change Adaptation in Light of Sustainable Agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 27:114-123.