

DISPONIBILIDAD DE AGUA PARA LOS CULTIVOS EN LA REGIÓN ORIENTAL DE LA ARGENTINA EN EL PERÍODO 1961-2000

E.A. DAMARIO y A.J. PASCALE (*ex aequo*)¹

Recibido: 10/09/03

Aceptado: 14/10/03

RESUMEN

Mediante un balance hidrológico mensual consecutivo se analizan los cambios producidos en la disponibilidad de agua edáfica para los cultivos agrícolas por efecto del aumento de precipitaciones en los cuarenta años finales del siglo anterior y los resultados se comparan con lo ocurrido en los cuarenta años anteriores.

El análisis confronta las cartas agroclimáticas de ambos períodos para los meses de enero, abril, julio y octubre, considerando los valores correspondientes a la condición mediana y a los excesos y deficiencias posibles de ocurrir en uno de cada veinte años. Se constata que en términos medios hay una importante y generalizada mayor disponibilidad de agua, así como una disminución favorable en la intensidad de las deficiencias primavero-estivales.

El gran aumento de los excesos de agua que, culminando en abril, se continúan durante todo el invierno y principios de la primavera, explican los casos de anegamiento e inundaciones ocurridas en diversas zonas de la región durante este último período.

Palabras clave. Balance hidrológico, cartas agroclimáticas, condición hídrica.

DRY FARMING WATER AVAILABILITY IN THE EASTERN REGION OF ARGENTINA DURING 1961 - 2000 PERIOD

SUMMARY

Changes produced by the 1961-2000 increased rainfalls on the oriental region of Argentina, are analyzed by means of a monthly meteorological water balance and compared with the previous forty year conditions.

In spite of an important and general better water mean availability for crops and the favorable deficiencies decrease, the great increment in the probability of fall-winter excesses show negative agricultural conditions, which could to explain the occurrence of floods in some areas of this region.

Key words. Water balance, agroclimatic charts, hydric condition.

INTRODUCCIÓN

En la segunda mitad del siglo pasado, la mayor parte del territorio de la Argentina al norte de los 40° de latitud, manifestó paulatinamente una variación significativa en el régimen de precipitación. El aumento regional o zonal de la cantidad anual de lluvias, mayormente concentrado en el semestre cálido,

ha sido informado en numerosos estudios (Hoffmann, 1988, Hoffmann *et al.*, 1990; Roberto *et al.*, 1994; Sierra *et al.*, 1994), que señalaron el desplazamiento hacia occidente de las isoyetas anuales, especialmente importante durante la tercera parte final del siglo.

Esta modificación fue acompañada con el desplazamiento en igual sentido por los límites del

¹Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas - Facultad de Agronomía - UBA. Av. San Martín 4453 (1417) Buenos Aires. pascale@agro.uba.ar

área agrícola, dedicándose al cultivo otras áreas o trora destinadas a ganadería o invernada (Pascale *et al.*, 1995; Sierra *et al.*, 1995; Viglizzo *et al.*, 1995).

La modificación en el estado de humedad de los suelos y el cambio en el cubrimiento superficial causó, o cuando menos acentuó, la reducción en la amplitud térmica diaria y anual (Pascale y Damario, 1994; Damario, *et al.*, 2002) y, obviamente, se reflejó en una alteración del balance hidrológico regional.

La información anteriormente disponible sobre cartografía de la condición hídrica mensual en la amplia región argentina de secano durante el período 1931-1970 (Pascale y Damario, 1983), permitió realizar un análisis comparativo con las condiciones del período siguiente 1961-2000. Estudios de este tipo fueron realizados previamente, sea con carácter zonal restringido (Pascale y Torres de Fassi, 1997; Pérez, *et al.*, 1999) o con diferente propósito (Pascale y Damario 1996), por lo que la extensión de la confrontación a toda la región, reviste interés relevante.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información para realizar los balances del período 1961-2000, comprendió las temperaturas medias mensuales y las respectivas precipitaciones de cada año de las series provistas por 102 estaciones meteorológicas oficiales.*

El cómputo electrónico del Balance Hidrológico Seriado, BHS (Pascale y Damario 1977) se realizó siguiendo un procedimiento similar al utilizado para el período anterior 1931-1970, es decir, usando el método de Thorntwaite y Mather (1957), considerando un contenido de agua del suelo de 200 milímetros y la cartografía confeccionada con igual sistema, trazando las isohidras a mano.

La pequeña diferencia en el origen de los datos usados en ambos períodos de cómputo y la corta superposición de los datos de la década 1960/70, son despreciables y no alcanzan a invalidar los resultados de la comparación entre ambas cartografías, la cual se ha reducido a los meses de enero, abril, julio y octubre, como representativos de los meses centrales de las estaciones térmicas del año. Dado que el período analizado es extenso, 40 años, supone que la onda hídrica es continua y señala condiciones de humedad con igual tendencia en los meses restantes.

*Los autores agradecen al Ing. Agr. Rafael Rodríguez del Instituto de Clima y Agua del INTA Castelar por la provisión de este material.

El balance hidrológico seriado o meteorológico mensual, consiste en aplicar consecutivamente mes a mes el cómputo usual del balance de agua a los valores meteorológicos mensuales de la evapotranspiración potencial y precipitación registrados en la serie continua 1961-2000. Para cada elemento del balance y mes de cada año, se dispone entonces de cuarenta términos, cuyo tratamiento matemático permite conocer las características de su distribución y variabilidad, así como calcular la probabilidad de ocurrencia de la "situación" o "condición hídrica" (CH) en cada mes del año, ya sea de milímetros de deficiencia (indicada con valores negativos), o milímetros de exceso (indicada con valores positivos), o de equilibrio, es decir, condición de favorabilidad sin deficiencia ni excesos, calificada con cero e indicada en las cartas mediante rayado.

Para dar una idea primaria de las características que resulta de este tipo de balance, partiendo de la serie ordenada de CH desde la mayor deficiencia hasta la mayor exceso, solamente se consideraron el valor de la condición hídrica posible en el 50% de los años, o condición mediana, y las del 20% y 80% que señalan, respectivamente, la condición posible de decaer o superar en uno de cada cinco años.

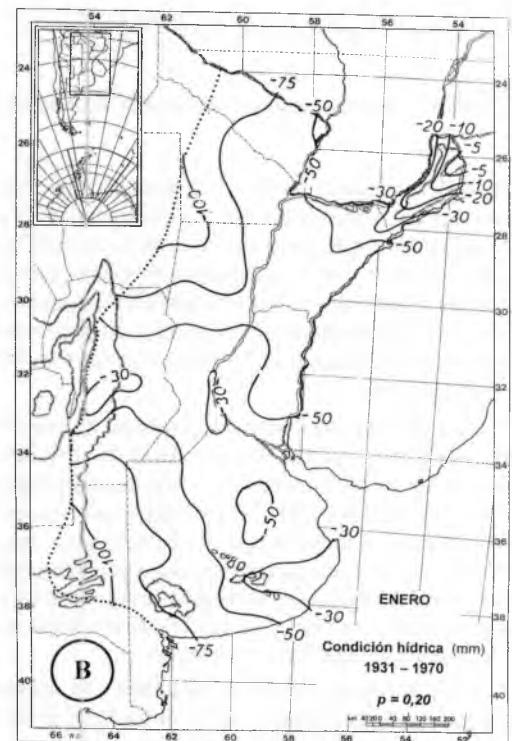
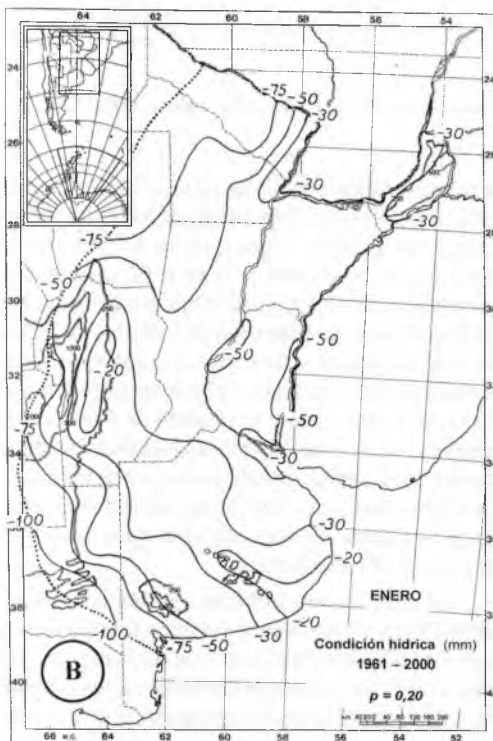
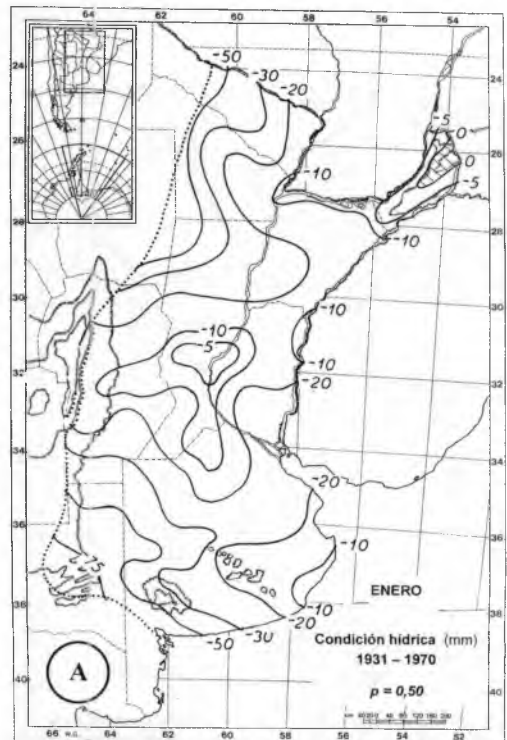
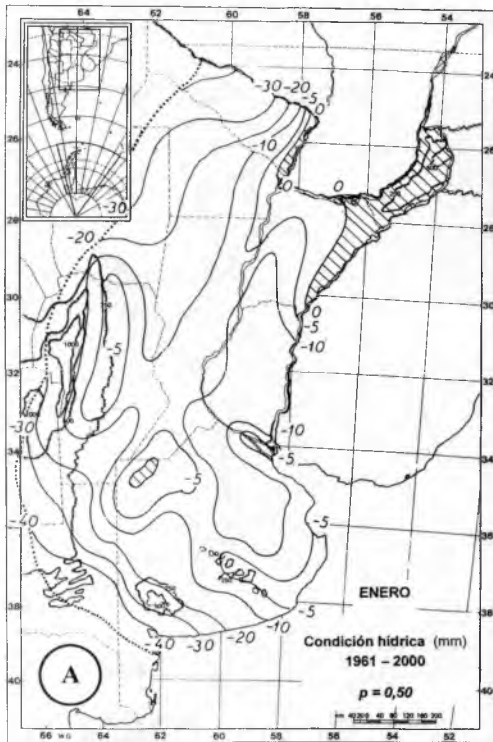
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las cartas de las Figuras 1 a 4 muestran en forma apareada las condiciones hídricas correspondientes a los cuatro meses de los períodos analizados.

La delimitación occidental de la región (en punteado) se corresponde con la isolínea que marca el Índice Hídrico de -20 que según Thorntwaite separa el clima subhúmedo seco del semiárido. Como puede apreciarse, la trayectoria de este límite en las nuevas cartas, con relación a las anteriores, se desplaza unos cien kilómetros hacia occidente en casi todo su recorrido, con excepción de la parte más septentrional, donde son casi coincidentes.

La observación de las cartas en conjunto permite comprobar un hecho general, cual es que en todos los meses se nota la existencia de una condición hídrica más favorable en el último período, por influencia directa del aumento de las precipitaciones en los balances, ya que la evapotranspiración no ha sufrido cambio relevante, dado que las pequeñas variaciones en las temperaturas medias mensuales, con las cuales se la calcula, no han sufrido cambio significativo (Pascale y Damario, 1994).

Las cartas de condición hídrica mediana ($p = 0,50$) del mes de **enero** para el período 1961-2000 (Figura 1 A) indican que, a pesar del aumento en las



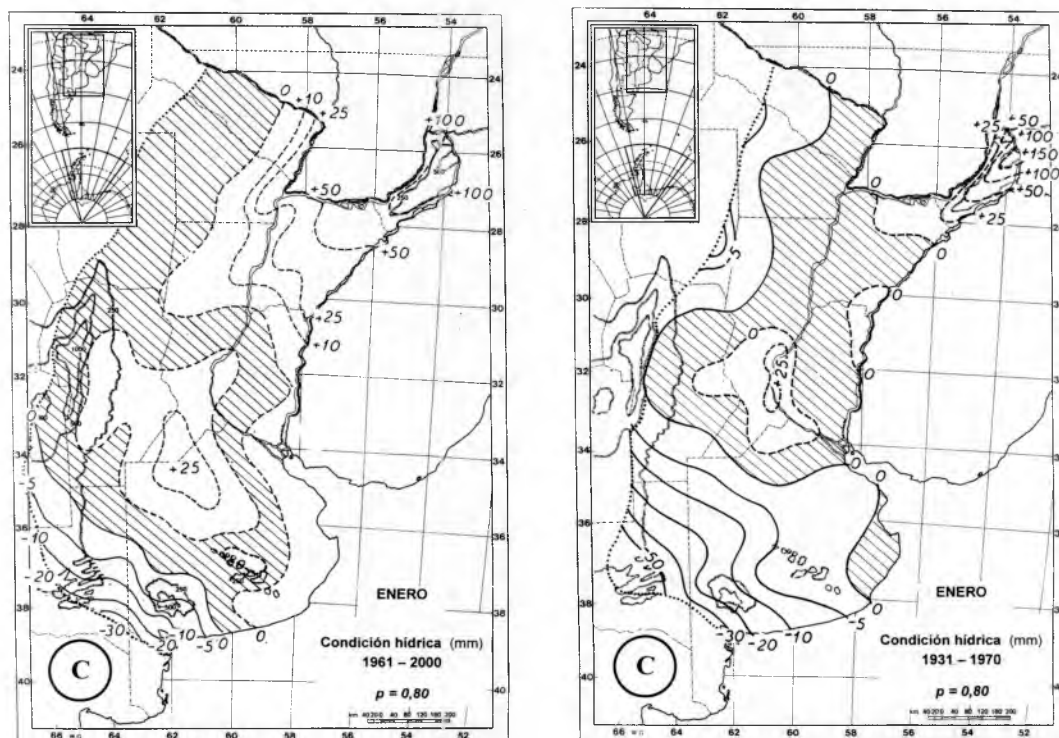


FIGURA 1. Comparación de las condiciones hídricas del mes de enero entre los períodos 1961-2000 y 1931-1970.

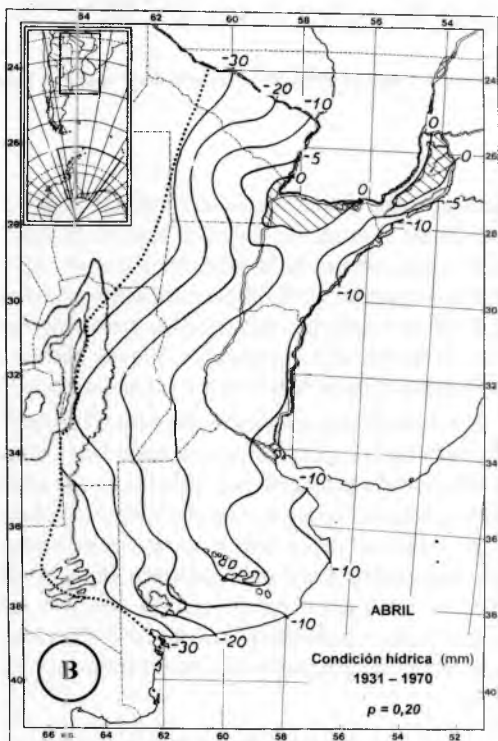
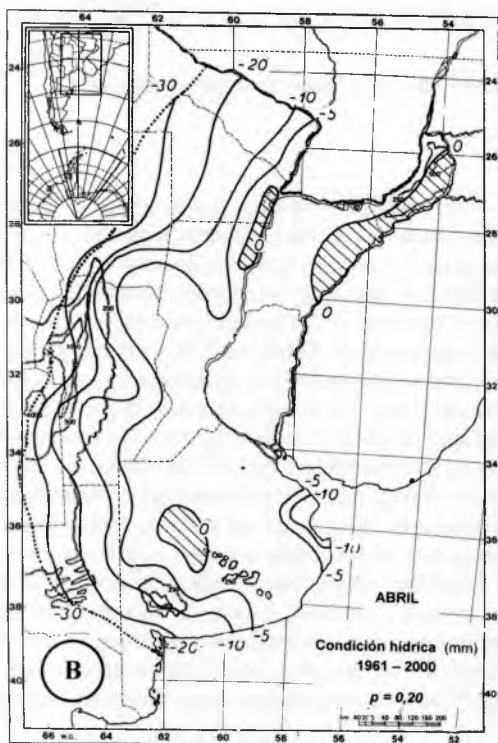
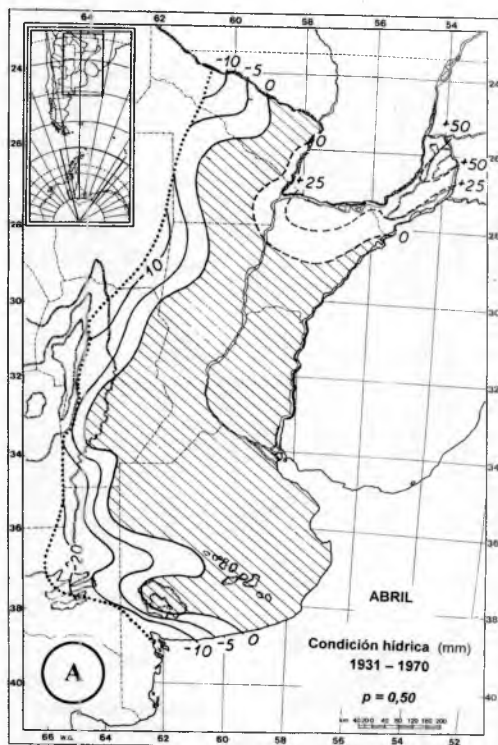
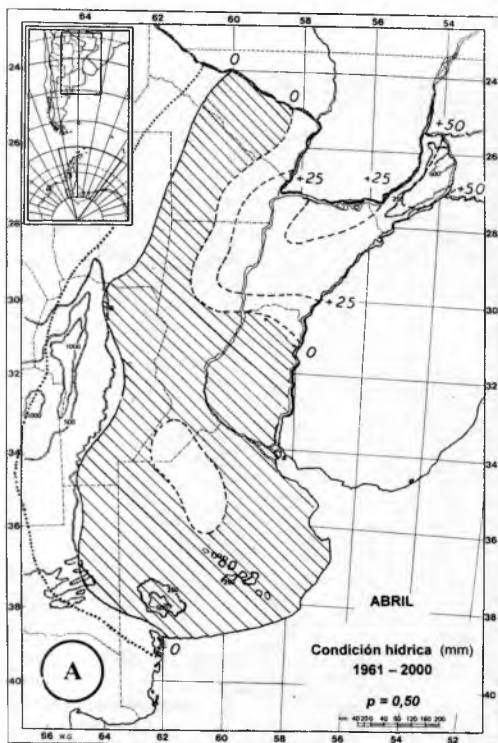
cantidades de lluvia en los tres meses anteriores, persisten las deficiencias que son la característica normal de las condiciones estivales de la región (Damario y Pascale, 1987), aunque disminuidas en alrededor de 10 milímetros con relación a las del período 1931-1970 y, además, con una modificación apreciable en las trayectorias de las isolíneas, con aumento de la CH favorable.

Esta diferencia comparada adquiere mayor magnitud en las cartas B que indican la deficiencia posible de ser superada en uno de cada cinco años, y alcanza a los 20 a 30 milímetros menos, especialmente en la parte noreste de la región. Aún así, las condiciones de este segundo período continúan anticipando la posibilidad de ocurrencia de sequías severas en toda la región y de mediana intensidad en el sudeste bonaerense.

Pero, sin duda, donde se visualiza con mayor énfasis la influencia del aumento de las lluvias en la

condición hídrica es en las cartas C de la Figura 1. Hay un incremento importante de los milímetros de exceso de agua en la porción noroccidental, desplazando hacia el oeste a la zona de equilibrios, la que ahora se prolonga para llegar a cubrir gran parte de la provincia de Buenos Aires. Dentro de esta zona, una pequeña área de exceso que anteriormente se reducía al sur santafesino, ahora se amplía hasta el noroeste bonaerense y gran parte de Córdoba. Las mejores condiciones hídricas en este período, coincidente con el período crítico para agua de los cultivos estivales, es el factor que ha permitido la extensión hacia occidente del área cultivada y los buenos rendimientos allí alcanzados.

Las condiciones hídricas medianas del mes de abril (Figura 2 A) indican también la expansión del área con excesos en el noroeste de la región, y una casi total desaparición de las deficiencias anteriores en la faja occidental. Se mantiene la gran zona de



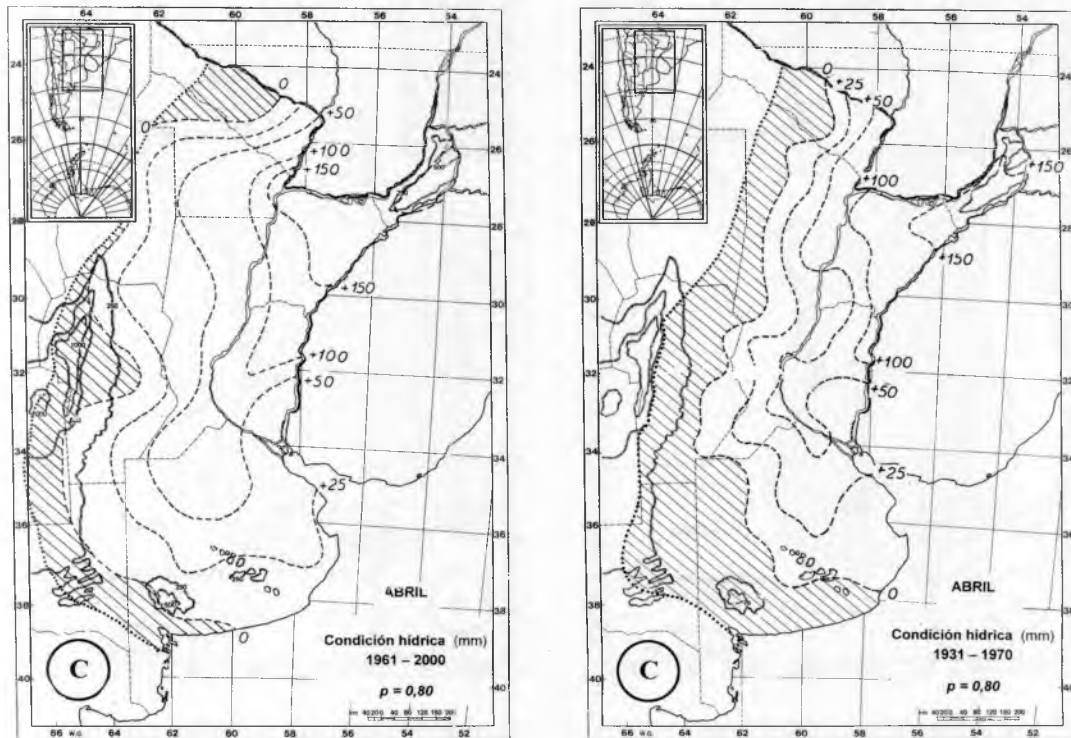
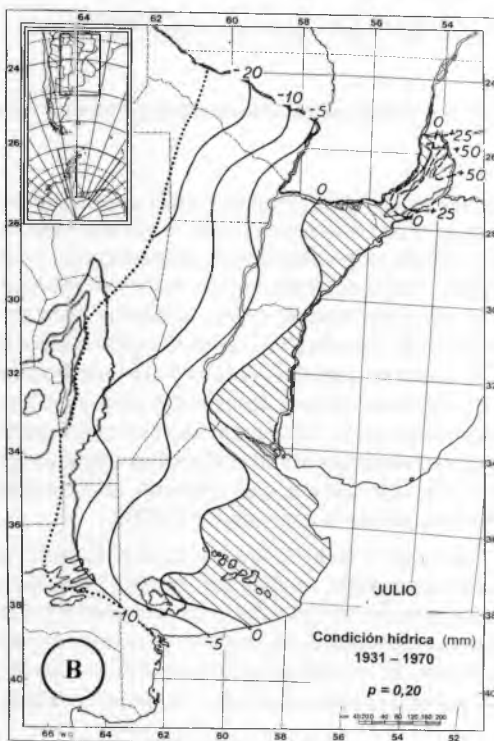
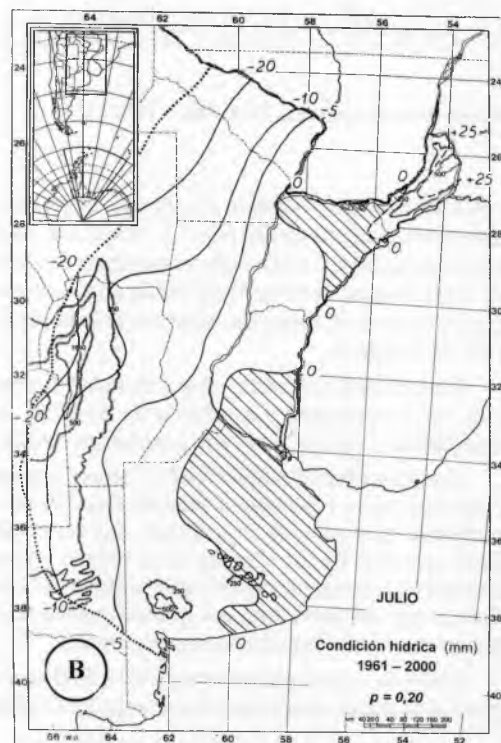
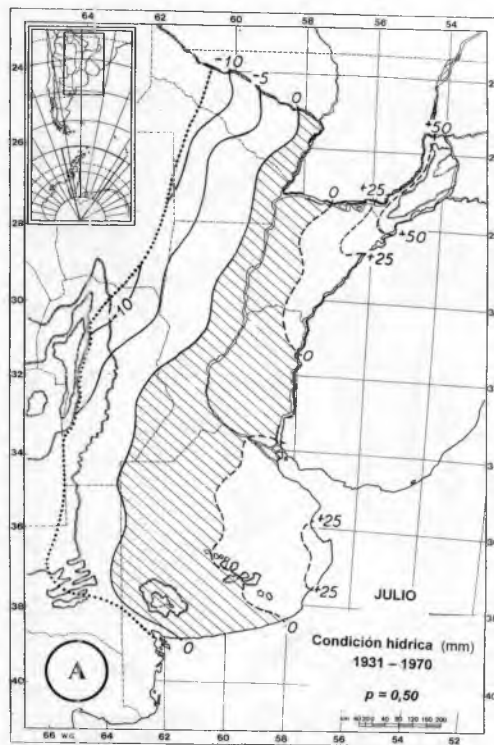
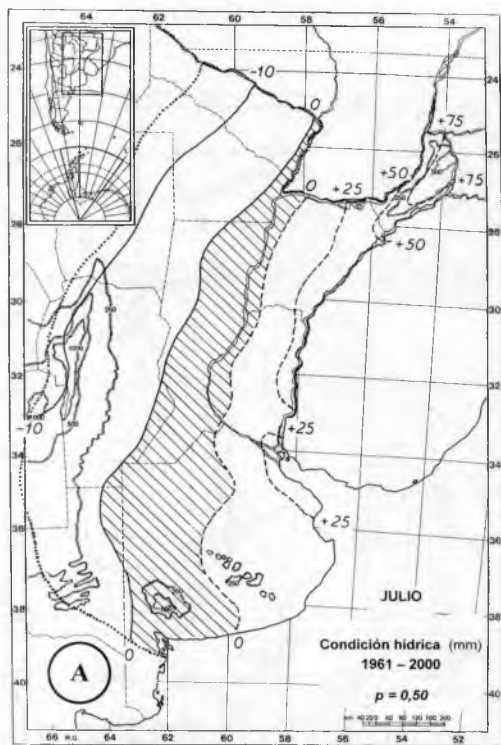


FIGURA 2. Comparación de las condiciones hídricas del mes de abril entre los períodos 1961-2000 y 1931-1970.

equilibrios que indica a este mes como el más favorable desde el punto de vista del balance de agua, como consecuencia de la disminución en las temperaturas y el aumento de lluvias otoñales en muchas áreas del sur regional. Un pequeño exceso aparece en el sur de Santa Fe, noroeste de Buenos Aires, en coincidencia con la observada en el mes de enero.

Las cartas B, correspondientes a las CH negativas posibles de superar en uno de cada cinco años, no ofrecen diferencias dignas de mencionar entre ambos períodos, en los que las deficiencias cubren la casi totalidad de la región, aunque con magnitudes muy reducidas que no suponen situación de sequía o falta importante de agua la que, por otra parte, favorecería la etapa final del ciclo de los cultivos de verano, en proceso de desecamiento y cosecha.

De igual manera que en el mes anterior, la comparación de las cartas C de ambos períodos, sobre los mayores excesos posibles de ocurrir en el 20% de los años, muestran una apreciable modificación por el aumento de las precipitaciones, con una notable expansión del área con CH positiva, que desaloja completamente a la anterior área occidental de equilibrios. Siendo que este mes se corresponde con la época de finales de maduración o cosecha de los cultivos de verano, esta CH de mucho exceso se presenta como una seria adversidad agroclimática, ocasionando perjuicios de diversa índole como: detención de las maduraciones, aparición de enfermedades criptogámicas, pérdida de calidad de los granos y semillas, atrasos en las cosechas, impedimento para maquinarias, posibles erosiones hídricas, inundaciones, etc. Excesos mayores a los 25/30 milímetros pueden causar daños en la etapa



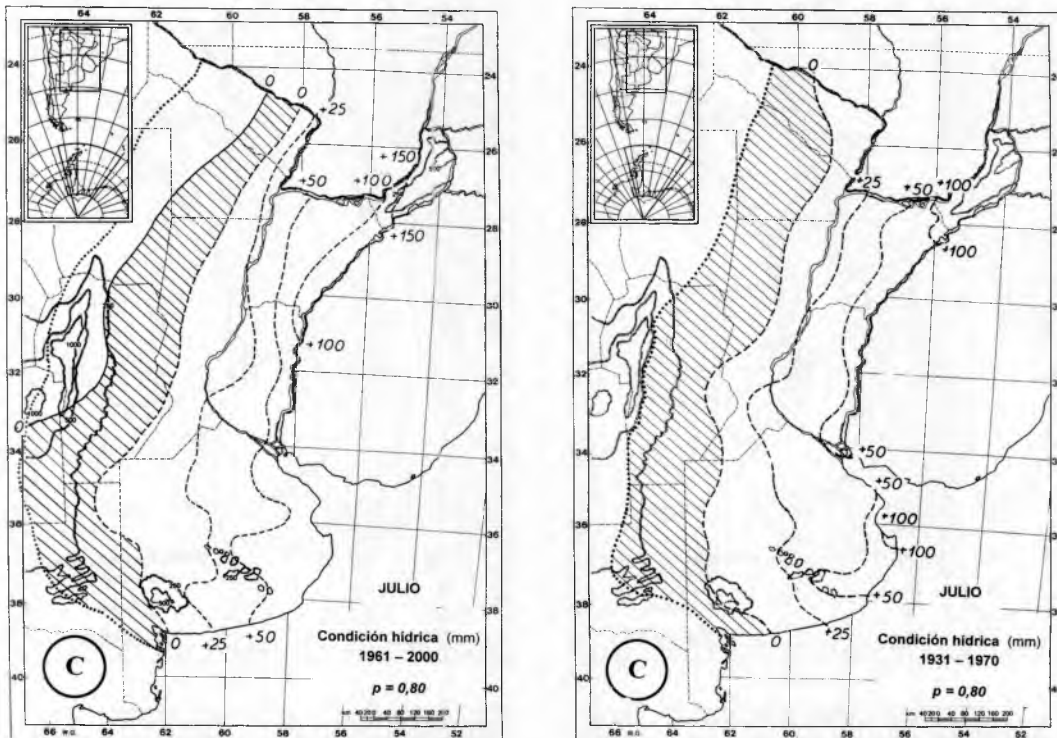


FIGURA 3. Comparación de las condiciones hídricas del mes de julio entre los períodos 1961-2000 y 1931-1970.

final de cultivos como girasol y maíz, especialmente en soja, ya que esta especie suele sembrarse algunos años tardíamente por falta de humedad adecuada, o “de segunda” luego del trigo, lo cual determina maduraciones dilatadas durante otoños húmedos. Esta circunstancia ha llevado a utilizar en la región núcleo de sur de Santa Fe, este de Córdoba y norte de Buenos Aires, cultivares de soja de ciclo más corto para permitir la maduración y cosecha antes de la ocurrencia de condiciones hídricas desfavorables. Las siembras tardías o con cultivares de ciclo dilatado, tuvieron este inconveniente en la campaña 2002/2003.

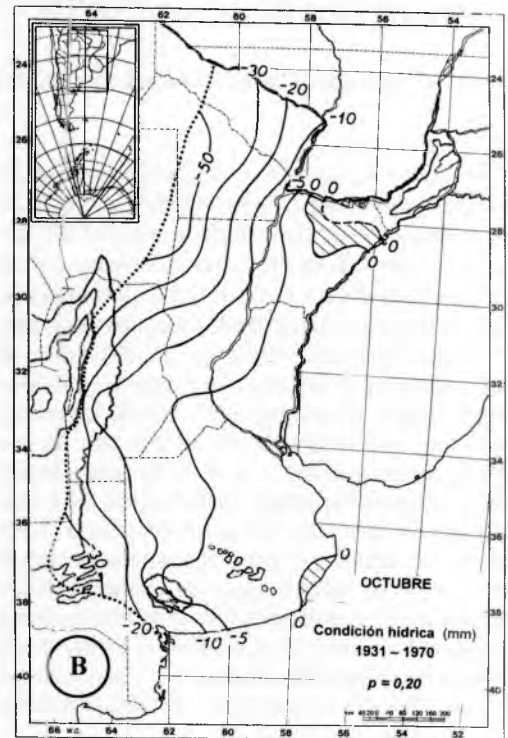
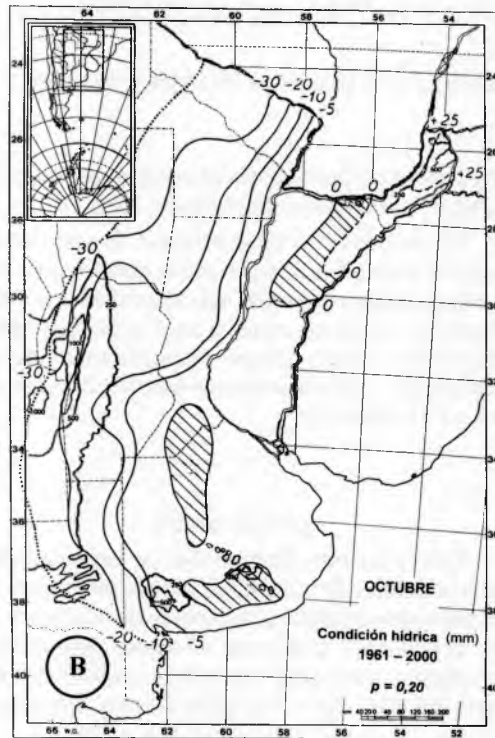
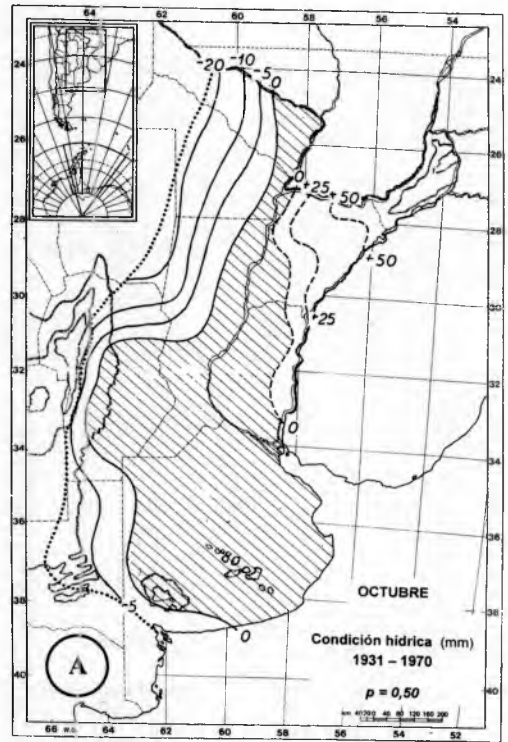
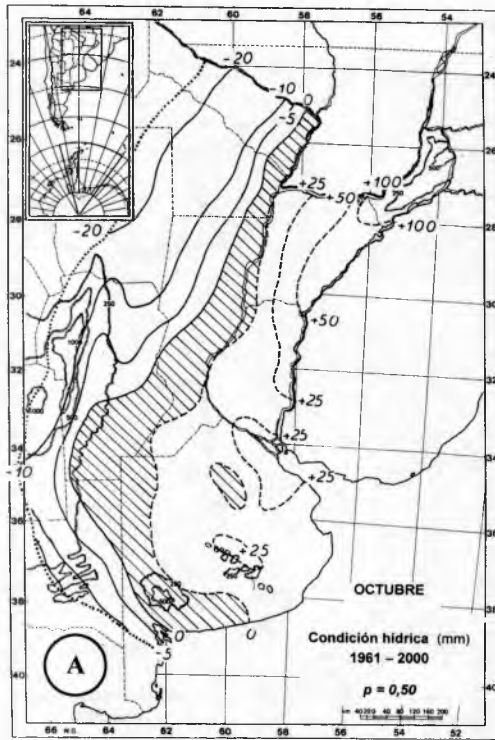
Las cartas A de la Figura 3, sobre la CH mediana para el mes de julio, señalan que, en ambos períodos, la desaparición casi total de las lluvias invernales en áreas occidentales de la región, ocasionan un retraimiento de las deficiencias hacia el este. Las lluvias, aunque escasas, en el resto de la región, alcan-

zan a compensar o superar, en algunos casos, a las reducidas evapotranspiraciones y desplazan hacia el sur las zonas de excesos que ya aparecían en el mes de abril. Para el período 1961-2000, son evidentes los excesos en la situación mediana al este de los 60° de longitud.

Las cartas B muestran muy reducidas diferencias, en la magnitud y extensión de las áreas con equilibrios y deficiencias entre ambos períodos.

Con la probabilidad del 0,80 (Cartas C) puede apreciarse que, mientras el área de equilibrios se mantiene mayormente sin cambio, hay un importante aumento de los excesos en la región noreste con diferencias que superan los 50 milímetros, condición que sin duda anticipa grandes perjuicios a las producciones agropecuarias regionales.

Todas las cartas del período 1961-2000 para el mes de octubre, muestran claramente como el au-



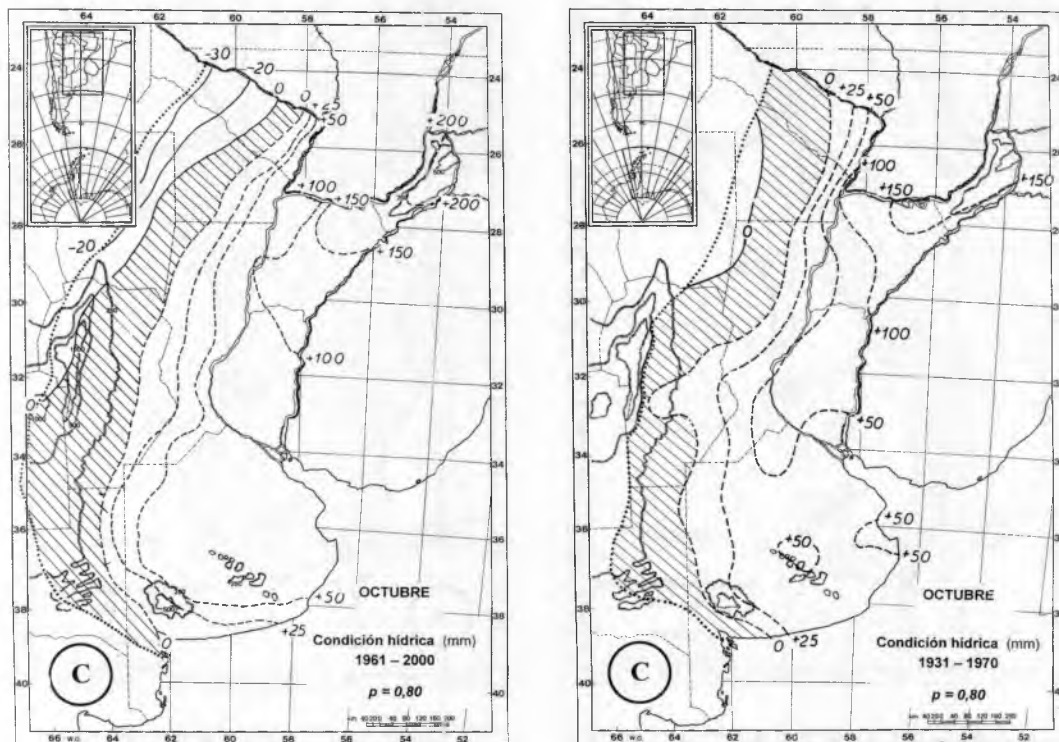


FIGURA 4. Comparación de las condiciones hídricas del mes de octubre entre los periodos 1961-2000 y 1931-1970.

mento de las lluvias primaverales repercute en las situaciones del balance hidrológico. Las condiciones de humedad de suelo durante este período primaveral, son importantes pues coinciden con las espigazones y floraciones de los cultivos de invierno y los trabajos de preparación de los suelos y siembras de verano. Debe recordarse que en el balance de agua climático, octubre es el mes con mayor almacenaje de agua en gran parte de la región, lo que significa una condición hídrica favorable para las manifestaciones agrícolas. Las cartas de situación mediana del segundo período, muestran una mayor seguridad en la provisión hídrica al reemplazar el área anterior de equilibrios, con CH positivas de pequeños excesos, sin peligro alguno de causar perjuicios. Sin embargo, los probables daños por excesivo tenor de agua en los suelos y la posibilidad de anegamientos zonales queda indicado en las cartas C, que muestran el aumento de la magnitud de CH positivas,

especialmente importantes en la parte centro-sur de la región, la de mayor importancia agrícola.

La probabilidad de ocurrencia de sequías de regular intensidad, se sigue manteniendo con similar magnitud en la parte noroccidental de la región, según lo indican las cartas B para ambos períodos. En cambio, en todo el resto, solamente en uno de cada cinco años se podrían esperar deficiencias mayores a los 10 milímetros.

CONCLUSIONES

Las variaciones de humedad de suelo de la región argentina de cultivos de secano en los setenta últimos años del siglo pasado, obtenidas comparando las condiciones resultantes de sendos balances hidrológicos mensuales consecutivos (BHS) de los períodos 1931-70 y 1961-2000 señalan, en general,

una situación decididamente más favorable en la disponibilidad de agua para los cultivos agrícolas en el segundo período debido, sin duda, al reconocido incremento que tuvieron las lluvias en la mayor parte de la región.

La comparación de las cartas agroclimáticas de condición hídrica mediana ($p=0,50$) para los cuatro meses analizados, enero, abril, julio y octubre, presentan para el período 1961-2000 valores regionalmente más húmedos, lo mismo que una apreciable reducción en los milímetros de las deficiencias posibles de ocurrir en uno de cada 5 años ($p=0,20$).

Esta condición de mayor humedad, especialmente en el semestre caliente del año, favoreció a los cultivos de verano, los que no solamente aumentaron los rendimientos sino que se expandieron hacia occidente desplazando a las áreas ganaderas de invernada. Por el contrario, los excesos posibles de ocurrir una vez cada cinco años en el segundo período, mostraron valores de magnitud muy superior durante los meses otoño-invernales sugieren la ocurrencia de situaciones desfavorables, confirmada por los anegamientos e inundaciones ocurridas en diferentes zonas de la región en la últimas décadas.

BIBLIOGRAFÍA

- DAMARIO, E.A. y A.J. PASCALE. 1987. Deficiencias hídricas estivales para los cultivos extensivos en la Región Pampeana. III Reunión Argentina de Agrometeorología, *Actas*:125-131, Vaquerías Córdoba (Argentina).
- DAMARIO, E.A.; A.J. PASCALE; R. RODRÍGUEZ y M. ALONSO. 2002. Amplitud térmica extrema anual en la Argentina en el período 1965-2000. *Revista Facultad de Agronomía*, Buenos Aires 22(2-3):173-178.
- HOFFMANN, J.A. 1988. Las variaciones climáticas ocurridas en la Argentina desde fines del siglo pasado hasta el presente. *En*: El deterioro del ambiente en la Argentina. Ed. Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura: 275-290. Buenos Aires.
- HOFFMANN, J.A.; S. NÚÑEZ and W. VARGAS. 1990. Temperature, humidity and precipitation variations in Argentina and the adjacent sub-antarctic region during present century. *Meteorológica* 17(1-2):11-16.
- PASCALE, A.J. y E.A. DAMARIO. 1977. El Balance Hidrológico Seriado y su utilización en estudios agroclimáticos. *Revista Facultad de Agronomía* (3ª Etapa) La Plata (Argentina), 50(1-2):15-34.
- PASCALE, A.J. y E.A. DAMARIO. 1983. Variación del agua edáfica, para los cultivos en la región Oriental de la Argentina. *Revista Facultad de Agronomía*, Buenos Aires, 4(2):141-181. (Argentina) .
- PASCALE, A.J. y L. TORRE DE FASSI. 1987. Régimen hídrico estival en la Región Semiárida sudoccidental pampeana durante la década del 70. III Reunión Argentina de Agrometeorología, *Actas*:155-163. Vaquerías, Córdoba, (Argentina).
- PASCALE, A.J. y E.A. DAMARIO. 1994. Tendencia de la amplitud térmica diaria en la Argentina desde 1901 a 1990. *Revista Facultad de Agronomía*, Buenos Aires 14(2):127-138.
- PASCALE, A.J.; E.A. DAMARIO y J. FORTE LAY. 1995. Zonificación por aptitud mesoagroclimática de la subregión oriental para el cultivo de soja. Primer Congreso Nacional de Soja. Pergamino (Argentina), Cap. II. *Actas*: 1:9-16.
- PASCALE, A.J. y E.A. DAMARIO. 1996. Changes in Agroclimatic conditions for sunflower crop in Argentina. *Proc. of 14th International Sunflower Conference*, Beijing. China: 1:315-320.
- PÉREZ, S.; E. SIERRA; G. CASAGRANDE y G. VERGARA. 1999. Incremento de las precipitaciones 1921/1981 en el centro-este de la Provincia de La Pampa, Argentina. *Revista Facultad de Agronomía*, Buenos Aires, 22(2-3):173-178.
- ROBERTO, Z.E.; G. CASAGRANDE y E. VIGLIZZO. 1994. Lluvias en la Pampa Central. Tendencias y variaciones del siglo. Publ. N° 2. INTA, Centro Regional La Pampa, San Luis (Argentina): 25 p.
- SIERRA, E.M.; M. CONDE PRAT y S. PÉREZ. 1995. La migración de cultivos de granos como indicador del cambio climático en 1941-1993 en la Región Pampeana Argentina. *Revista Facultad de Agronomía*, Buenos Aires, 15(2-3):171-176.

- SIERRA, E.M.; R. HURTADO y L. SPESCHA. 1994. Corrimiento de las isoyetas anuales medias decenales en la Región Pampeana, 1941-1990. *Revista Facultad de Agronomía*, Buenos Aires 14(2):139-144.
- THORNTHWAITE, C.W. and J.R. MATHER. 1957. Instruction and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Drexel Institute of Technology. *Publications in Climatology*, 10(3):185-311.
- VIGLIZZO, E.F.; Z. ROBERTO; M. FILIPPINI and A. PORDOMINGO. 1995. Climatic variability and agroecological change in the Central Pampas of Argentina. *Ecosystems and Environments*, 55:7-16.