

# CORRIMIENTO DE LAS ISOYETAS SEMESTRALES MEDIAS DECENALES (1941-1990) EN LA REGION PAMPEANA

E.M SIERRA, R. HURTADO, LILIANA SPESCHA, IRENE BARNATAN y C. MESSINA

Recibido: 04/07/95

Aceptado: 17/10/95

## RESUMEN

Mediante los promedios decádicos publicados por el Servicio Meteorológico Nacional (1941-50 a 1981-90) se estudió el corrimiento hacia el oeste de las isoyetas (250,500,750 y 1000 mm) correspondientes al semestre cálido (octubre a marzo) y al semestre frío (abril a septiembre). El clima de la Región Pampeana varía desde un tipo húmedo en su margen oriental hasta un tipo subhúmedo en su margen occidental, donde linda con las Regiones de Cuyo y Noroeste de régimen semiárido. Por lo tanto, el corrimiento hacia el oeste de las isolíneas pone en evidencia un cambio climático que, de hecho, ha permitido la introducción de la agricultura pampeana de secano en áreas antes dedicadas a la cría extensiva de ganado y a la explotación forestal. El semestre cálido fue el más afectado por el proceso, mientras que el semestre frío permaneció casi inalterado.

**Palabras Clave:** Semestral, Isoyeta, Corrimiento.

## WESTWARD SHIFT OF THE SEMESTER ISOHYETAL LINES IN THE PAMPA REGION OF ARGENTINA (1941-1990).

### SUMMARY

The westward shift of the isohyetal lines for the warm semester (october through march) as well as for the cold semester (April through september) in the Pampa Region of Argentina was evaluated by means of the ten year climatological averages (1941-50 through 1981-90) issued by the Servicio Meteorológico Nacional (Argentine Meteorological Service). The climate of the Pampa Region varies from a humid one in the East to a subhumid one on its western border, where the semiarid Cuyo and Northwestern Regions begin. Therefore, the westward shift of the isohyetal lines points out a climatic change which, in fact, allowed introduction of the pampean rainfed crop agriculture in areas formerly devoted to extensive cattle breeding and forestry. The warm semester was the most affected season, with a very marked westward shift of the isohyetal lines, while the cold semester remained almost unchanged.

**Key Words:** Semester, Isohyetal Line, Shift

### INTRODUCCION

El régimen de precipitaciones de la Región Pampeana es el principal determinante del comportamiento de los cultivos de granos que constituyen la más importante actividad agrícola en La Argentina. Esta circunstancia ha hecho que desde hace mucho tiempo se estudiara su variabilidad y

se analizara la posibilidad de cambios en sus valores medios (Weber, 1951; Schwerdtfeger y Vasino, 1954; Díaz, 1959; Hoffmann, 1970). Durante los últimos años se han encontrado evidencias de que, a partir de los inicios de la década del 70 se está atravesando una fluctuación positiva (Compagnucci y Vargas, 1983; Minetti y Vargas,

1984; Minetti y Sierra, 1984 y 1989; Hoffmann *et al*, 1987; Krepper *et al*, 1987; Sierra y Montecinos, 1991; Castañeda y Barros, 1994; Sierra *et al*, 1994) que podría formar parte de un cambio climático o constituir la fase positiva de una onda de largo período.

En un trabajo anterior (Sierra *et al*, 1994) pusieron en evidencia el corrimiento hacia el oeste de las isoyetas anual medias durante el período 1941-90 en la Región Pampeana.

Pudo observarse que la isoyeta de 500 mm. anuales que constituye el límite occidental de la Región registró un considerable corrimiento hacia el oeste, que alcanzó su mayor magnitud durante la década 1981-90, lo cual podría contribuir a explicar la penetración de los cultivos de granos en el oeste de Buenos Aires, La Pampa y San Luis. La isoyeta anual de 750 mm. que corresponde aproximadamente al límite entre la Pampa Húmeda y la Pampa Seca, también sufrió un corrimiento semejante, contribuyendo a explicar el avance de la agricultura sobre la ganadería en áreas que anteriormente eran tradicionalmente mixtas. Por último, la isoyeta de 1000 mm anuales, que durante la década 41-50 apenas tocaba la región, protagonizó una verdadera invasión explicando el ciclo de inundaciones registrado recientemente, así como la notable disminución relativa del cultivo de granos en las áreas más afectadas por los excesos hídricos, como es el caso de la Provincia de Entre Ríos.

En este trabajo se aborda la comparación de los semestres cálido (octubre a marzo) y frío (abril a septiembre) a fin de establecer si el fenómeno en estudio posee algún tipo de estacionalidad o si se reparte uniformemente a lo largo del año. Los diversos escenarios posibles implican muy diferentes consecuencias, tanto para la actividad agropecuaria, como para la actividad económica en general. Una predominancia del incremento de las precipitaciones del semestre cálido con respecto al semestre frío constituye muy posiblemente la mejor situación, pues vendría a compensar los déficits hídricos que son comunes durante los meses de enero y febrero y que afectan a menudo a los cultivos de granos de verano (maíz, soja, girasol, etc.). Por el contrario, un aumento de las precipitaciones durante el semestre

frío, incrementaría los excesos hídricos comunes en esa parte del año, favoreciendo la ocurrencia de inundaciones primaverales, y afectando a los cultivos de granos de invierno (trigo, cebada, avena, centeno y lino) que normalmente tienen sus requerimientos hídricos plenamente satisfechos y presentan problemas sanitarios y de secado en años húmedos.

## MATERIALES Y METODOS

La región analizada se halla extendida en latitud, entre el extremo norte de la Argentina (22° 03' y 42° 00' L. S. y en longitud entre 55° 00' y 70° 00' L. W.), y está comprendida dentro del clima templado en el área de dominio de los sistemas de origen Atlántico en el cual se distinguen dos zonas bien diferenciadas en área oriental con gran influencia de oceanidad que va disminuyendo hacia el oeste y el área occidental, en el que se da una marcada continentalidad. El anticiclón Atlántico situado a los 30° de L.S. aporta masas de aire cálido y húmedo del norte y noreste constituyendo esta corriente una rama desviada de los vientos alisios del sudeste. Las precipitaciones se producen debido al pasaje de frentes fríos del sudoeste que al avanzar provocan lluvias y descensos de temperaturas.

Se trabajó con la información media decádica publicada en las Estadísticas Climatológicas correspondiente al período 1941-1950, 1951-1960, 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, por el Servicio Meteorológico Nacional (Argentina, 1958, 1972, 1981, 1986, 1992), y se utilizaron los índices climáticos correspondientes a la precipitación media mensual. Se analizó este elemento por ser una variable física medida con instrumental estándar que representa una consecuencia directa del nivel y modalidad de funcionamiento de la atmósfera. Se descartó el uso de información correspondiente a series cronológicas compuestas por datos anuales, dado que su altísima variabilidad enmascara totalmente el fenómeno en estudio.

Se confeccionaron los mapas de isoyetas semestrales decádicas medias, tanto para el semestre cálido como para el frío, para los períodos 1941-50, 1951-60, 1961-70, 1971-80 y 1981-90. Se seleccionaron las isoyetas semestrales de 250, 500, 750 y 1000 mm, mediante las cuales resultó posible describir y analizar con claridad el fenómeno en estudio, ya que un mayor número de isolíneas sólo hubiera logrado hacer más confusa la discusión e incrementar innecesariamente la extensión del trabajo.

Para mayor claridad, para cada isolínea semestral decádica media, se marcaron y se calcularon las superficies de las envolventes, que determinan el área de mayor extensión barrida por la misma, y se señaló su posición media durante la década 1941-50, es decir al inicio del

proceso de corrimiento, y durante la década 1981-90, es decir al final del mismo.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Semestre Cálido

Las figura 1 muestra las isoyetas medias decádicas de 1000 y de 500 mm para el semestre cálido. Las isoyetas decádicas medias de 250 y 750 mm para el semestre cálido, debieron ser ploteadas por separado (figura 2) ya que sus envolventes se superponen con las de las anteriores, impidiendo apreciar con claridad sus respectivos comportamientos (Figura 2).

Con respecto a la de 1000 mm (figura 1) debe hacerse notar que, al principio del proceso, no existía en la región, apareciendo recién durante el período 1961-70, aunque quedando restringida a la provincia de Misiones y sin llegar a abarcar una superficie significativa. En lo que hace a la de 500 mm puede observarse claramente su desplazamiento hacia el oeste, así como la notable superficie abarcada por su envolvente (cuadro N°1).

La de 750 mm (figura 2) presenta una amplia envolvente y, de la misma manera que sucede con la de 500 mm, su posición media durante la década inicial (1941-50) se corresponde muy estrechamente con el margen oriental de la envolvente, mientras que su posición final (1981-90) lo hace con el margen occidental de la misma, poniendo en evidencia la continuidad y carácter progresivo del proceso.

La isoyeta semestral de 250 mm, que corre fuera de la Región Pampeana, muestra una envolvente de ancho mucho menor, señalando que la mayor intensidad del proceso de corrimiento de las isoyetas tuvo lugar en el centro de esta última y en su margen occidental, aunque con menor intensidad llegó a afectar a Cuyo y al Noroeste.

### Semestre Frío

La figura 3 muestra las isoyetas semestrales decádicas medias de 1000 y de 500 mm y la Figura 5 lo hace para las de 750 y 250 mm.. Esta disposición debió adoptarse para evitar la superposición de las envolventes de las distintas isolíneas.

La de 1000 mm (figura 3) que no existía en la

Región durante el semestre frío, apareció recién al final del período estudiado, es decir durante la década 1981-90 y, aunque sólo abarca un área muy restringida, corrobora la inferencia de que el proceso ha venido en aumento a medida que transcurrió el tiempo.

La isoyeta de 750 mm (figura 4) fue la que registró el mayor corrimiento hacia el oeste de todas las correspondientes al semestre frío, aunque sin llegar a igualar, tampoco, el avance de la isoyeta del mismo valor del semestre cálido.

Por su parte, la de 500 mm (figura 3) protagonizó un cierto avance hacia el oeste, abarcando una envolvente que alcanza su mayor ancho en la parte norte de su Recorrido, pero su superficie total resulta reducida, tanto por su escaso ancho, como por la forma que tiene el territorio nacional en el área mesopotámica en la que se desarrolla su recorrido, aunque sin llegar a igualar el corrimiento de la isoyeta del mismo valor correspondiente al semestre cálido.

El corrimiento de la isoyeta de 250 mm se manifestó con mayor intensidad en la parte norte de su recorrido (norte de Santa Fe, Chaco y Formosa), y se mantuvo prácticamente en su posición inicial en la parte sur del mismo.

### Comparación entre ambos semestres

El semestre cálido mostró un corrimiento de las isoyetas mucho más definido y amplio que el semestre frío. Aunque debe tenerse en cuenta que los valores medios de la precipitación durante el

**Cuadro N°1. Superficies aproximada cubiertas por el corrimiento de las isoyetas semestrales decádicas medias.**

Area delimitada	Superficie aproximada (km <sup>2</sup> )	
	Semestre cálido	Semestre frío
Envolvente de 1000 mm.	39.900	
Envolvente de 750 mm.	54.5200	57.600
Envolvente de 500 mm.	69.4400	12.4000
Envolvente de 250 mm.	34.8300	21.8000

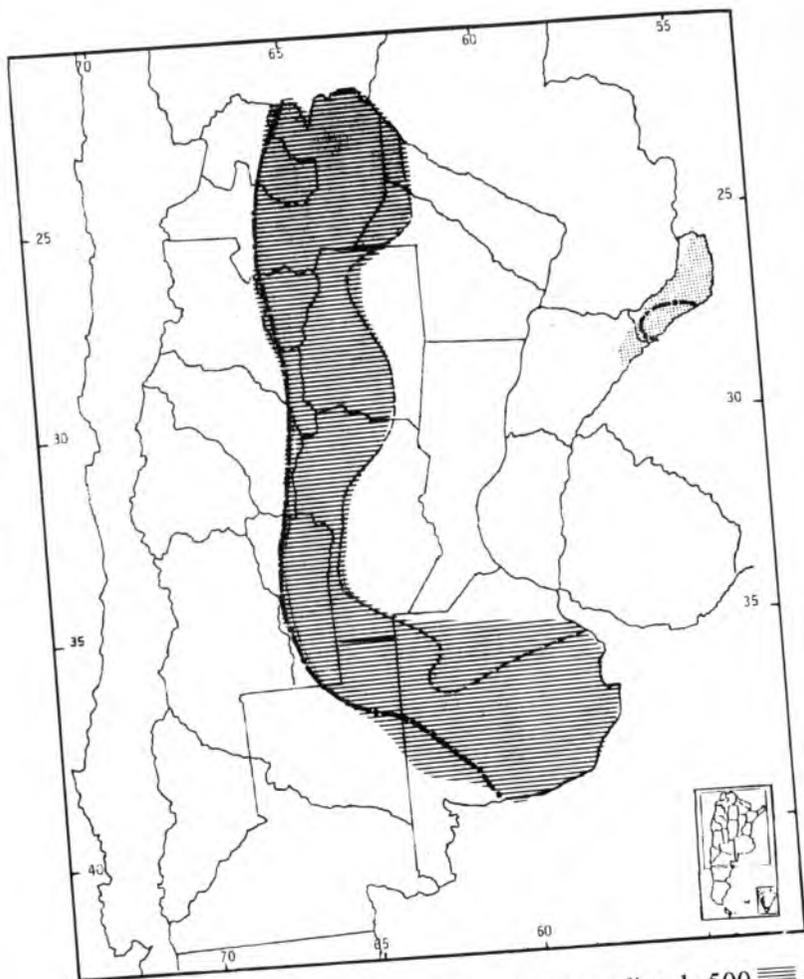


Fig. 1: Envolvente de las isoyetas decádicas medias de 500 mm y 1000 mm y posición de las mismas 1941-50 y 1981-90, del semestre cálido.

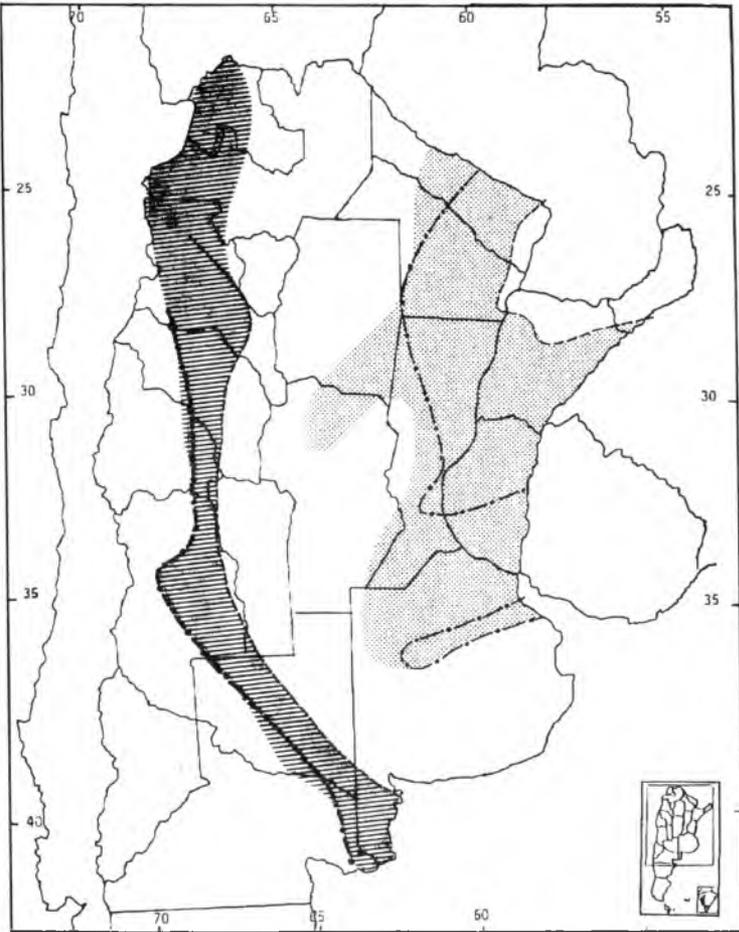


Fig. 2: Envoltante de las isoyetas decádicas medias de 250  y 750 mm  y posición de las mismas 1941-50 (----) y 1981-90 (- - -), del semestre cálido.

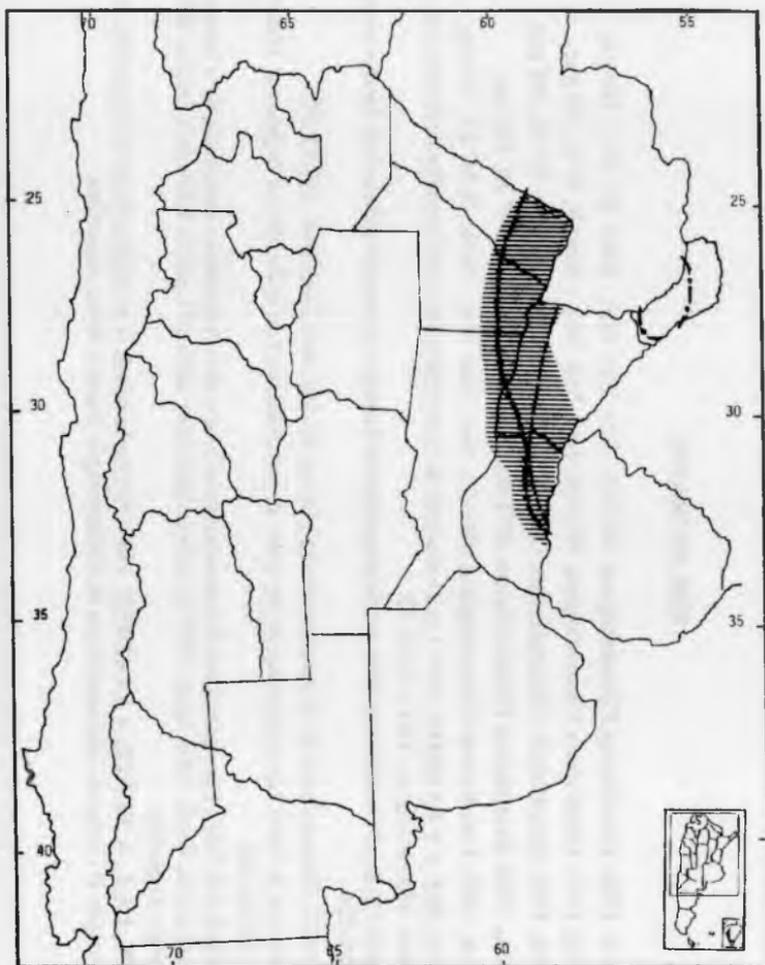


Fig. 3: Envolvente de las isoyetas decádicas medias de 500  y 1000 mm  y posición de las mismas 1941-50 (----) y 1981-90 (- - -), del semestre frío.

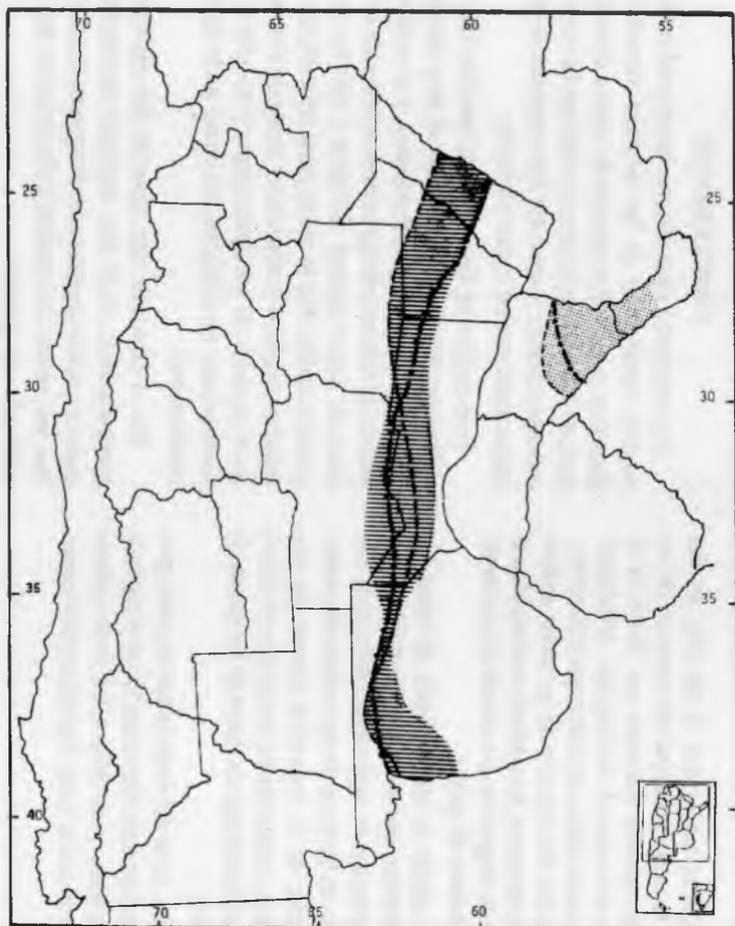


Fig. 4: Envolvente de las isoyetas decádicas medias de 250 mm y 750 mm y posición de las mismas 1941-50 (---) y 1981-90 (-.-), del semestre frío.

semestre cálido es mayor que la del frío, resulta evidente que la causa principal del aumento de las precipitaciones anuales descripto por Sierra *et al* (1994) es el corrimiento de las isoyetas correspondientes al semestre cálido, mientras que la contribución del semestre frío ha sido de un orden mucho menor y, aparentemente, ha quedado restringida a la parte norte de la Argentina, sin afectar mayormente sus áreas de cultivo de granos.

Como se señaló en Introducción, de todos los escenarios posibles, éste es el más favorable, sobre todo para la práctica de agricultura continuada que se ha impuesto en las áreas de agricultura de secano más importantes de la Argentina durante las dos últimas décadas, ya que viene a compensar el déficit de humedad del suelo que es típico de los meses de enero y febrero.

Por lo tanto, parte del éxito de ese esquema productivo debería ser atribuido al cambio en el régimen de precipitaciones, y no sólo a las innovaciones tecnológicas, tal como suele hacerse comúnmente.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos ponen en evidencia un notable corrimiento de las isoyetas semestrales decádicas medias del semestre de verano durante el período 1941-90 analizado, mientras que las isoyetas correspondientes al semestre frío muestran un comportamiento mucho menos definido.

Este cambio ha favorecido la introducción del cultivo de granos en secano en el área marginal occidental de la Región Pampeana, y el establecimiento de sistemas de agricultura continuada en las áreas de mayor aptitud climática y edáfica de su porción central. Por lo tanto, parte del éxito de ese esquema productivo debería ser atribuido al cambio en el régimen de precipitaciones, y no sólo a las innovaciones tecnológicas, tal como suele hacerse comúnmente.

Por el contrario, este aumento del régimen de precipitaciones en el área marginal occidental ha causado problemas de exceso de agua en el suelo que han provocado una paulatina disminución del área cultivada con granos.

## BIBLIOGRAFIA

- ARGENTINA. 1958. *Estadísticas Climatológicas 1941-50..* Serv. Met. Nac. - Publ. B1, N° 3, 160 pag.
- ARGENTINA. 1972. *Estadísticas Climatológicas 1951-60.* Serv. Met. Nac. - Serie B, N° 6, 156 pag.
- ARGENTINA. 1981. *Estadísticas Climatológicas 1961-70..* Serv. Met. Nac. - Serie B, N° 35, 188 pag.
- ARGENTINA.. 1986. *Estadísticas Climatológicas 1971-80..* Serv. Met. Nac. - Est N° 36, 169 pag.
- ARGENTINA. 1992. *Estadísticas Climatológicas 1981-90..* Serv. Met. Nac. - Serie. B, N° 37, 709 pag.
- CASTAÑEDA, M.E. y V BARROS. 1994. Las Tendencias de la precipitación en el Cono Sur de América al este de los Andes. *Meteorológica*, 19(1 y 2):23-32.
- COMPAGNUCCI, R. y W VARGAS. 1983. Análisis espectral de las series de precipitación estival. *Meteorologica*. 14(1-2):213-224.
- DIAZ, E.L. 1959. Fluctuaciones de la continentalidad y en las lluvias. *Anal.Soc.Cient.* 157:73-97.
- HOFFMANN, J.A.J. 1970. Características de las series de precipitaciones de la República Argentina. *Meteorológica*. 1 (3):166-190.
- HOFFMANN, J.A.J. 1991. Las variaciones de la temperatura del aire en la Argentina y estaciones de la zona sub-antártica adyacente desde 1903 hasta 1989 inclusive. Seminario sobre el Cambio Climático Global. IPCC. Buenos Aires, Argentina.
- HOFFMANN, J.A.J., S, NUÑEZ. y A GOMEZ. 1987. Fluctuaciones de la precipitación en la Argentina, en lo que va del siglo. II Congreso Interamericano de Meteorología. Buenos Aires, Argentina.

- KREPPER, C.M., B.V. SCIAN y J. PIERINI.** 1987. Variabilidad de la precipitación en la región sudoccidental Pampeana. II Congreso Interamericano de Meteorología. V Congreso Argentino de meteorología. *Anales*, 12.2.1-12.2.5.
- MINETTI, J.A. y E.M. SIERRA** 1989. The influence of general circulation patterns on humid and dry years in the Cuyo andean region of Argentina. *Intl.J.Clim.*, 9:55-68.
- 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*, 61(2):109-126.
- MINETTI, J.L. y W.M. VARGAS** 1983. Comportamiento del borde anticiclónico subtropical en Sudamérica. I parte. *Meteorológica*, 14 (1-2):645-656.
- SCHWERDTFEGER, W. y C.J. VASINO.** 1954. La variación secular de las precipitaciones en el Este y Centro de la República Argentina. *Meteoros.* 4 (3):174-193.
- SIERRA, E.M., R.H. HURTADO y 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 y E.R. MONTECINOS.** 1990. Cronología de inundaciones y sequías en la Depresión del Salado. *Rev. Fac. Agr.*, 11(1):35-45.
- SIERRA, E.M., M.E. FERNANDEZ LONG y C. BUSTOS.** 1994. Cronología de inundaciones y sequías en el Noreste de la Provincia de Buenos Aires 1911-1989. *Rev.Fac.Agr.* 14(3):241-249.
- WEBER, T.F.A.** 1951. Las tendencias de las lluvias en la Argentina en lo que va del siglo. *IDIA.* Nº 48. INTA.