

# LOS EXCESOS DE AGUA EDÁFICA Y SU RELACIÓN CON EL ENSO EN LA REGIÓN PAMPEANA

LILIANA SPESCHIA<sup>1</sup>; J. FORTE LAY<sup>2</sup>; OLGA SCARPATI<sup>2,3</sup> y R. HURTADO<sup>1</sup>

Recibido: 30/08/04

Aceptado: 29/10/04

## RESUMEN

Se analizaron los excesos de agua edáfica en 76 localidades de la Región Pampeana para el período 1961-2003. Se determinó que los mayores excesos se dan en otoño y que existe una tendencia creciente durante los últimos años, coherente con el aumento de las precipitaciones. Estos se incrementan hacia el nordeste de la Región Pampeana, aunque los efectos adversos de los mismos se potencian en áreas planas, deprimidas y sin redes de drenaje eficientes. Son mucho mayores las probabilidades de ocurrencia en los años con evento El Niño y no tan marcados en años con La Niña, aunque no siempre van asociados a los años con El Niño, en algunos casos estos se dan en los años neutros y con La Niña. En la distribución espacial, en toda la Región Pampeana, se verifica un mayor volumen de los excesos en años bajo la fase El Niño y un menor volumen en los años bajo la fase La Niña. Las mayores diferencias entre los años con El Niño y los años con La Niña se dan en el sector este de la Región Pampeana (norte de Buenos Aires, oeste de Entre Ríos), que en algunos casos supera los 100 mm de exceso de lámina de agua.

**Palabras clave.** Excesos de agua edáfica, Enso.

## SOIL WATER SURPLUS DURING ENSO EVENTS IN ARGENTINE PAMPEAN FLATLANDS

### SUMMARY

Soil water surplus by 76 localities of the Pampas region for period 1961-2003 were analyzed I determine myself that the greater excesses occur in autumn and that exist an increasing tendency during the last years, coherent with the increase of precipitations. These are increased towards the northeast of the Pamean Flatlands region, although the adverse effects such are harnessed in planar areas, depressed and without efficient networks of drainage. The probabilities of occurrence in the years with event are much greater El Niño and not so marked in years with La Niña although not always associate go the years with the Boy, in some cases these occur in the Neutral years and with LaNiña. In the spacial distribution, in all the Pampan Region, a greater volume of the water surplus in years under the phase is verified El Niño and a smaller volume in the years under the phase La Niña La greater differences between the years with El Niño and the years with La Niña occurs in the sector this of the Pampan region (North of Buenos Aires, the west of Entre Rios), that in some cases surpasses 100 mm of water lamina.

**Key words.** Enso, Soil Water Storage.

## INTRODUCCIÓN

Los excesos de agua en el suelo son los milímetros de lámina de agua precipitada que una vez colmada la capacidad de almacenaje de este, pasan a capas profundas del subsuelo para alimentar a las napas freáticas (infiltración profunda). También escurren superficialmente hacia las depresiones

naturales del terreno o hacia la red hidrográfica de la región (escurrimiento superficial). Este último destino también lo pueden alcanzar las aguas sin necesidad de haber colmado la capacidad de almacenaje del suelo, principalmente cuando se producen lluvias torrenciales, dependiendo de la tasa de infiltración del suelo, de la intensidad de la lluvia,

<sup>1</sup>Cátedra de Climatología Agrícola. Facultad de Agronomía. U.B.A. <sup>2</sup>CONICET-CONAE.

<sup>3</sup>CONICET-Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. UNLP.

de la cobertura vegetal, etc. Por su parte, las aguas subterráneas también pueden alimentar a la red hidrográfica (ríos o lagunas) o moverse lentamente hacia el mar.

El estudio de los excesos de agua es un tema muy complejo y multidisciplinario (hidrometeorología, hidrogeología etc.).

En regiones muy planas y deprimidas, como ocurre en extensas áreas de la zona pampeana, predominan los movimientos verticales del agua: precipitación y evapotranspiración, sobre los horizontales: escurrimiento superficial y profundo. En períodos en que predominan los excesos, la napa freática va ascendiendo y eventualmente llega a la superficie produciendo inundaciones y aumento en la superficie de las lagunas. Esta situación se ha intensificado en las últimas tres décadas debido al aumento de las precipitaciones en la Región Pampeana, especialmente al oeste de la misma y durante el semestre cálido, como lo señalaron (Castañeda y Barros, 1994 y Rusticucci y Penalba, 2000 )

En trabajos anteriores (Kruse *et al.*, 2001) se describe la relación entre las precipitaciones, la evapotranspiración, los almacenajes de agua en el suelo, los excesos, el drenaje profundo, la napa freática y los escurrimientos superficial y profundo, en distintos ambientes del noroeste de la provincia de Buenos Aires.

Por otra parte, son numerosos los estudios que muestran la relación entre el fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS) y diferentes elementos meteorológicos sobre todo en lo concerniente a temperatura y precipitación. En particular para la Argentina merecen citarse entre otros los trabajos de Tanco (1994), Aiello *et al.*, (1997/1998), Barros *et al.*, (2000), Forte Lay y Aiello (2001) y Scarpati *et al.*, (2002). Sin embargo, existen pocos trabajos que vinculen al ENOS con las variables agrohidrológicas que son de fundamental importancia en los rendimientos de los cultivos (Forte Lay y Spescha, 2001; Spescha y Forte Lay, 2002 y Scarpati *et al.*, 2003).

El objetivo de este trabajo es el de analizar los excesos de agua en el suelo en la Región Pampeana, determinar la estación del año con mayor probabilidad de ocurrencia y evaluar los efectos asociados del fenómeno ENOS sobre los mismos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos de precipitación diaria correspondientes al período 1961-2003 de un total de 76 estaciones de las provincias Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, La Pampa y San Luis y de su entorno, de las cuales 63 pertenecen al Servicio Meteorológico Nacional, 13 al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, y datos de evapotranspiración potencial normal mensual según Penman (1948) (Damario y Cattáneo, 1982).

Se procedió al cálculo de los balances hidrológicos diarios utilizando una capacidad de campo específica para cada localidad (Forte Lay y Spescha, 2001).

Se calcularon los excesos a lo largo del año, el valor mensual, el total anual y las posibles tendencias. Mediante la distribución empírica de frecuencias se determinó la estación del año con mayor probabilidad de excesos.

Para analizar la distribución espacial normal de los excesos se calculó el valor mediano, para el período en estudio o sea una probabilidad del 50%.

El criterio utilizado para identificar las distintas fases del ENOS fue el de los terciles calculados a partir de ordenamientos del MEI (Índice Multivariado del ENOS) para cada período bimensual (Wolter, 2004)

Así se obtuvieron 15 años con evento El Niño, utilizando el criterio de considerar el bimestre anterior a cada estación del año del período 1961-2003 y 14 años con eventos La Niña, con el mismo criterio.

Los resultados obtenidos se volcaron en mapas de la región y se trazaron isolíneas de excesos, considerando, todos los años de la serie, los años bajo fase El Niño y los años bajo fase La Niña, para la probabilidad considerada del 50%.

## RESULTADOS OBTENIDOS

En la Figura 1 se observa una estación representativa de las estaciones más occidentales de la Región Pampeana, que presentan menor probabilidad de excesos anuales. La mayor probabilidad de ocurrencia es a fines de verano y principios del otoño (febrero-abril), siendo prácticamente nula a fines de invierno (julio-agosto). Esta distribución es representativa de casi todo el oeste y noroeste del área que tiene una estacionalidad de precipitaciones estivales más marcada que el resto de la región, aunque la elevada evapotranspiración estival impide un máximo en pleno verano (enero), en que se observa un mínimo secundario.

Hacia el este (Ejemplo: Nueve de Julio, Buenos Aires) las mayores probabilidades ocurren en abril (Figura 2), pero además hay una alta incidencia en el resto del otoño: marzo y mayo. Durante el invierno, los excesos, no desaparecen, aunque son moderados. El aumento de los mismos empiezan en primavera, especialmente en octubre, para posteriormente descender en pleno verano, especialmente en enero.

En la Figura 3 se observa una estación representativa de la zona más oriental con lluvias de menor estacionalidad, la máxima incidencia de excesos sigue siendo otoñal, aunque desplazada mas hacia el invierno. Durante todo el invierno las probabilidades se mantienen relativamente altas, disminuyendo a fines de la primavera y sobre todo en verano (diciembre-enero-febrero).

Por lo tanto, en toda el área estudiada, la mayor probabilidad de excesos se observa durante el otoño (marzo-abril-mayo), lo que constituye un obstáculo para las tareas de cosecha de los cultivos de verano (soja, maíz, girasol, etc.), de gran importancia económica en todo el sector centro y norte de la región. Esto se manifiesta con encharcamientos del terreno, ablandamiento de la superficie que impide el paso de maquinarias, y mayor incidencia de enfermedades criptogámicas en las últimas etapas de los cultivos o durante la cosecha.

Al observar los valores anuales de los excesos para algunas localidades (Figura 4) se puede apreciar una tendencia creciente, con el agravante de que en los últimos años, debido a razones económicas, gran parte de la superficie se destinó al cultivo de la soja, caracterizado por menor consumo de agua, por menor exploración en el espesor de suelo que otros cultivos de mayor porte y sistema radical mas desarrollado, como el maíz o el girasol, generando por ello un balance anual aún más positivo.

La Figura 6 representa el patrón de distribución espacial para la probabilidad 0,5 de los excesos de agua otoñales en el suelo. Los máximos valores se encuentran en el extremo nordeste de la región que superan los 150 milímetros y los mínimos se producen en el centro-este de la provincia de Córdoba y llegando a ser nulos al sur de Buenos Aires. Al oeste de las provincias de La Pampa y San Luis también aparecen valores nulos, esto se debe a que se ubican en áreas semiáridas, fuera de la Región Pampeana. La mitad nordeste de la provincia de Buenos Aires habitualmente recibe excesos supe-

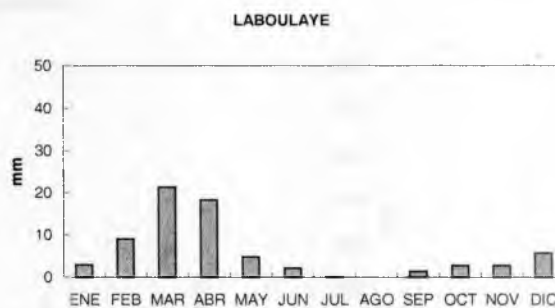


FIGURA 1. Régimen medio de excesos de Laboulaye para el periodo 1961-2003.

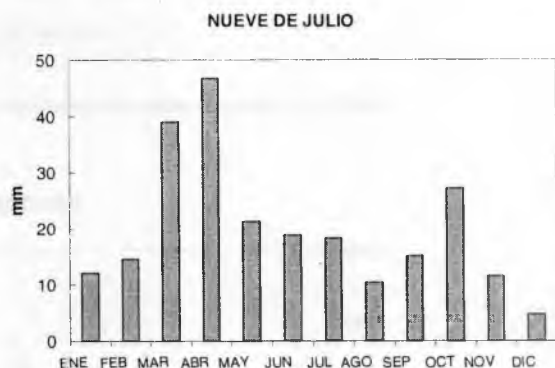


FIGURA 2. Régimen medio de excesos de Nueve de Julio para el periodo 1961-2003.

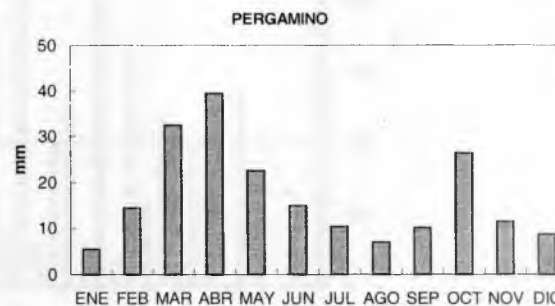


FIGURA 3. Régimen medio de excesos de Pergamino para el periodo 1961-2003.

riores a 50 milímetros en el otoño, los que tienen un mayor impacto hacia el centro y este de esta provincia (cuenca baja del río Salado), correspondiente a la región más plana y deprimida. El área con máximos excesos de la provincia de Entre Ríos, es me-

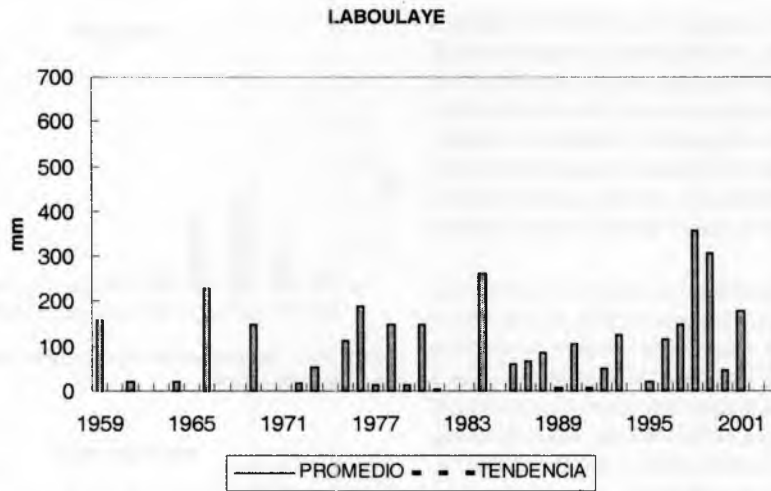


FIGURA 4. Excesos anuales de Laboulaye y su tendencia para el período 1961-2003.

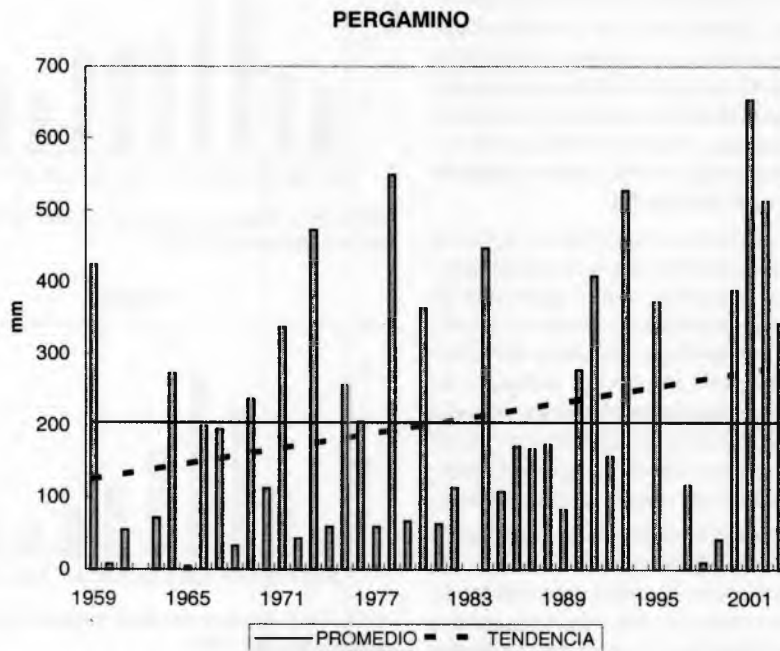


FIGURA 5. Excesos anuales de Pergamino y su tendencia para el período 1961-2003.

nos susceptible de anegamientos por tener cierto relieve (lomas o cuchillas) y una red de drenaje bien diferenciada, con ríos y arroyos que evacuan los excesos rápidamente.

La zona con altos excesos del nordeste de Santa Fe, es un área anegable con bañados y más susceptible de ser afectada por inundaciones, lo mismo que la del sudoeste de Entre Ríos, pero ambas áreas

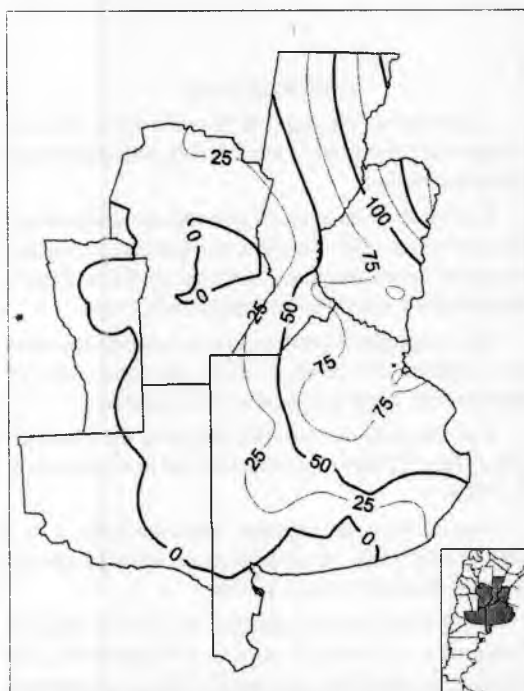


FIGURA 6. Excesos otoñales normales para el período 1961-2003.

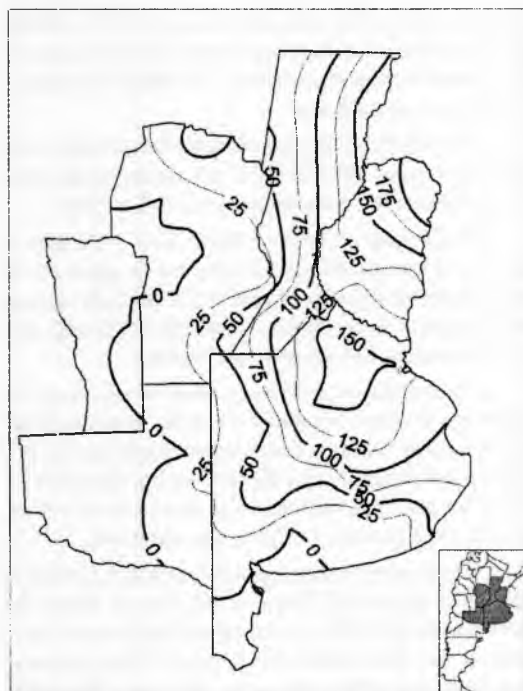


FIGURA 7. Excesos otoñales para el año Niño.

son poco desarrolladas para la agricultura, teniendo un preferente uso ganadero.

La Figura 7 muestra la distribución espacial de los excesos otoñales durante los años El Niño. Se observa un aumento general de los valores en comparación con el mapa anterior, llegando a 200 milímetros en el noreste de Entre Ríos. La isolínea de 50 milímetros se ubica desplazada hacia el oeste-sudoeste, ocupando la de 100 milímetros el mismo lugar que la de 50 del mapa anterior. Todo el centro-nordeste de la provincia de Buenos Aires muestra valores superiores a 150 milímetros.

La Figura 8 muestra la distribución espacial de los excesos otoñales durante los años con evento La Niña.

Se observa en general, una disminución de los valores y de las áreas encerradas por las mismas isolíneas, aunque el efecto no es tan evidente como en el caso anterior.

En todos los casos se verifica que, en los años con evento El Niño se dan las mayores probabilidades de excesos otoñales. La variabilidad de los

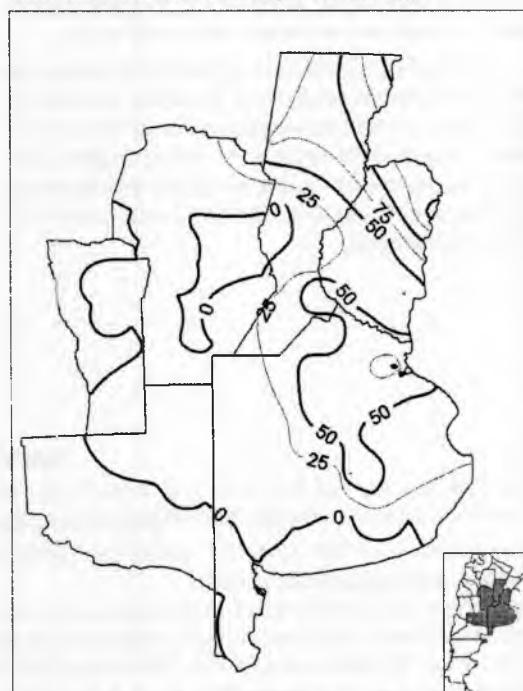


FIGURA 8. Excesos otoñales para los años Niña.

mismos es superior a los años con evento La Niña. En Pergamino los años con evento El Niño corresponden a los mayores excesos y los años con evento La Niña a los menores.

Cabe destacar que no siempre los excesos van asociados a los años El Niño, en algunos casos estos se dan en los años neutros y con La Niña

En trabajos recientes (Forte Lay y Scarpati, 2004), se comprobó que la reserva de agua en el suelo durante los años El Niño tiende a ser mayor en gran parte de la región, hacia fines de primavera y a comienzos del verano (diciembre).

Con el evento La Niña se observa un comportamiento inverso, las mayores reservas ocurren en pleno verano (enero). Por otra parte, queda demostrado en el presente estudio que en los años con El Niño los excesos otoñales son mayores mientras que en los años con La Niña son menores.

De lo expuesto se puede recomendar que en los años con evento El Niño se adelante la fecha de siembra de los cultivos estivales, para hacer coincidir la máxima demanda de agua de los mismos con la mayor oferta de agua del suelo. Por otra parte, una cosecha más temprana, coherente con siembras tempranas, evitaría los inconvenientes anteriormente mencionados durante el otoño

En los años La Niña es recomendable atrasar la fecha de siembra, para evitar la sequía de fines de primavera y poder aprovechar la mayor disponibilidad de agua en el suelo en el verano (enero). En este caso, la cosecha tardía no ocasionaría inconvenientes, pues los excesos del otoño con evento La Niña son menores.

## CONCLUSIONES

Los excesos de agua en el suelo en la Región Pampeana presentan el mayor volumen durante el trimestre otoñal.

Los excesos de agua en el suelo se incrementan hacia el nordeste de la región, aunque los efectos adversos de los mismos se potencian en áreas planas, deprimidas y sin redes de drenaje eficientes.

Se comprobó la tendencia creciente de los mismos durante los últimos años, coherente con el aumento de la precipitación en la región

Los excesos son mucho mayores en los años con evento El Niño y no tan marcados en años con La Niña.

Los excesos no siempre van asociados a los años con El Niño, en algunos casos estos se dan en los años neutros y con La Niña.

En la distribución espacial, en toda la Región Pampeana, se verifica un mayor volumen de los excesos en años bajo la fase El Niño y un menor volumen en los años bajo la fase La Niña.

Las mayores diferencias entre los años con El Niño y los años con La Niña se dan en el sector este de la Región Pampeana (norte de Buenos Aires, oeste de Entre Ríos), que en algunos casos supera los 100 milímetros de lámina de agua.

Sería conveniente adelantar la fecha de siembra de los cultivos estivales en los años con fase El Niño y atrasar la misma en la fase opuesta.

## BIBLIOGRAFÍA

- AIELLO, J.L.; J.A. FORTE LAY y A.B. BASUALDO. 1997. El Niño. Un Fenómeno del Pacífico Ecuatorial con consecuencias en la Pampa Húmeda. <http://www.conae.gov.ar/caratula.html>
- AIELLO, J.L.; J.A. FORTE LAY y A.B. BASUALDO. 1998. La Niña y las lluvias en las cinco provincias pampeanas. <http://www.conae.gov.ar/caratula.html>
- BARROS, V.; M. GONZALEZ; B. LIEBMANN and I. CAMILLONI. 2000. Influence of the South Atlantic convergence zone and South Atlantic sea surface temperature on interannual summer rainfall variability in Southeastern South America. *Theoretical and Applied Climatology*. Ed. Springer. 3(67):123-133.
- CASTAÑEDA M. y V. BARROS. 1994. Las tendencias de la precipitación en el cono sur de América al este de lo Andes. *Meteorológica* (21):23-32.

- DAMARIO, E.A. y C. CATTÁNEO. 1982. Estimación climática de la evapotranspiración potencial en la Argentina por el método de Penman. *Rev. Fac. Agr.*: 3(3).
- FORTE LAY, J.A. y J.L. AIELLO. 2001. Relaciones entre el MEI (Multivariate ENSO Index) y las precipitaciones en la Argentina continental. IX Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología. VIII Congreso Argentino de Meteorología. CLIMET IX-CONGREGMET VIII. CD Rom.
- FORTE LAY, J.A. y L. SPESCHA. 2001. Método para la estimación de la climatología del agua edáfica en las provincias pampeanas de la Argentina. *RADA*. 1 (1): 67-75
- FORTE LAY, J.A. y L. SPESCHA. 2001. El Niño y su impacto en la reserva de agua edáfica en la región pampeana". VIII Congreso Argentino de Meteorología y IX Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología Argentina. CD Rom.
- KRUSE, E. J. A. FORTE LAY; J. L. AIELLO; A. BASUALDO and G. HEINZENKNECHT. 2001. Hydrological processes on large flatlands: case study in the northwest region of Buenos Aires Province (Argentina) IAHS International Association of Hydrological Sciences. 267
- RUSTICUCCI, M. and O. PENALBA. 2000. Interdecadal changes in the precipitation seasonal cycle over Southern South America and their relationship with surface temperature. *Climate Research* 16(.1):1-15
- SCARPATI, O.E.; L.B. SPESCHA; M.J. FIORITI and A. CAPRIOLO. 2002. El Niño driven climate variability and drainages anomalies in Patagonian region, Argentina. Environmental change and water sustainability. Pag 183-195. Eds. J. M. García Ruiz, J. J. A. Jones & J. Arnaez. Instituto Pirenaico de Ecología. Zaragoza, España. 360 págs.
- SCARPATI, O.E.; A. FORTE LAY; L. SPESCHA and A. CAPRIOLO. 2003. Summer Soil Water Storage in Pampean Flatlands (Argentina) During ENSO Events". Proceedings of the International Scientific Conference (Annual Commission Conference), devoted to the International Year of Fresh Water. IGU (International Geographic Union) Commission for Water Sustainability. Yerevan, Armenia 10-15 July 2003. (En prensa.)
- SPESCHA, L. y J.A. FORTE LAY. 2002. Impacto de La Niña en la reserva de agua edáfica en la región pampeana. *RADA*. 2 (1): 81-88.
- TANCO, R.A. 1994: Relationship between ENSO cycle and rainfall in Argentina and its short term prediction using Canonical Correlation Analysis". Second Training Course on Practical and Theoretical Aspects of Short term Prediction. IRICP. Lamont Doherty Earth Observatory of Columbia University. Palisades, New York, USA.
- WOLTER K. 2004. <http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolte>