

# Potencial uso agrícola del agua de la laguna Unamuno. Buenos Aires, Argentina

V. Bohn<sup>1</sup>, M. Piccolo<sup>2</sup>, G. Perillo<sup>3</sup>

(1) CONICET. Instituto Argentino de Oceanografía, C.C. 804 (8000) Bahía Blanca, Argentina. - Departamento de Geografía y Turismo, UNS, Bahía Blanca, Argentina.

(2) CONICET. Instituto Argentino de Oceanografía, C.C. 804 (8000) Bahía Blanca, Argentina. - Departamento de Geografía y Turismo, UNS, Bahía Blanca, Argentina.

(3) CONICET. Instituto Argentino de Oceanografía, C.C. 804 (8000) Bahía Blanca, Argentina. - Departamento de Geología, UNS, Bahía Blanca, Argentina.

➤ Recibido el 13 de noviembre de 2006, aceptado el 17 de enero de 2007.

**Potencial uso agrícola del agua de la laguna Unamuno. Buenos Aires, Argentina.** La laguna Unamuno se localiza en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina) y pertenece a la cuenca del arroyo Napostá Chico. Su origen se relaciona con la topografía y con el incremento de las precipitaciones promedio de la región durante las últimas décadas. Debido a que no existen experiencias de riego con agua de la laguna, el objetivo de este trabajo es determinar su aptitud para riego y el riesgo de sodificación del suelo de la cubeta de inundación. El grado de dicho riesgo es un aporte al conocimiento del estado actual de los suelos de la cubeta de inundación y es un parámetro a tener en cuenta en futuros planes de manejo para el uso de la laguna en suelos aludados. Los parámetros físicos y químicos del agua se obtuvieron a partir del análisis de muestras correspondientes al período abril/04-junio/05. Se aplicó el índice de absorción de sodio y el de carbonato sódico residual. Se determinó que existe un alto riesgo de sodificación de los suelos que están en contacto con el agua de la laguna. Sin embargo, la permanencia de los mismos y la variación areal de la laguna contrarrestaron los efectos de la permanencia de agua con alto contenido de sodio (Na), cloro y sulfatos sobre tierras productivas.

Palabras clave: drenaje, riesgo de sodificación, Sistemas de Información Geográfica, índice de absorción de sodio.

**Potential agricultural use of the Unamuno pond water, Buenos Aires, Argentina.** The Unamuno shallow pond is located in the southwest Buenos Aires Province (Argentina) and belongs to the Napostá Chico creek basin. Its origin is related to the topography and to the average precipitation increase of the region during the last years. The aim is to determine the irrigation water quality and the soil sodification risk of the storage flood area. The physical and chemical parameters of the pond water were obtained through the analysis of samples corresponding to the period april/04 – june/05. For the data analysis and interpretation, the sodium absorption ratio and the residual sodium carbonate were applied. The soil permeability and the Unamuno shallow pond spatial variation resisted the sodic water permanence effect on farm land. However, a high soil sodification risk was determined.

Key words: drainage, sodification risk, Geographic Information System, sodium adsorption ratio.

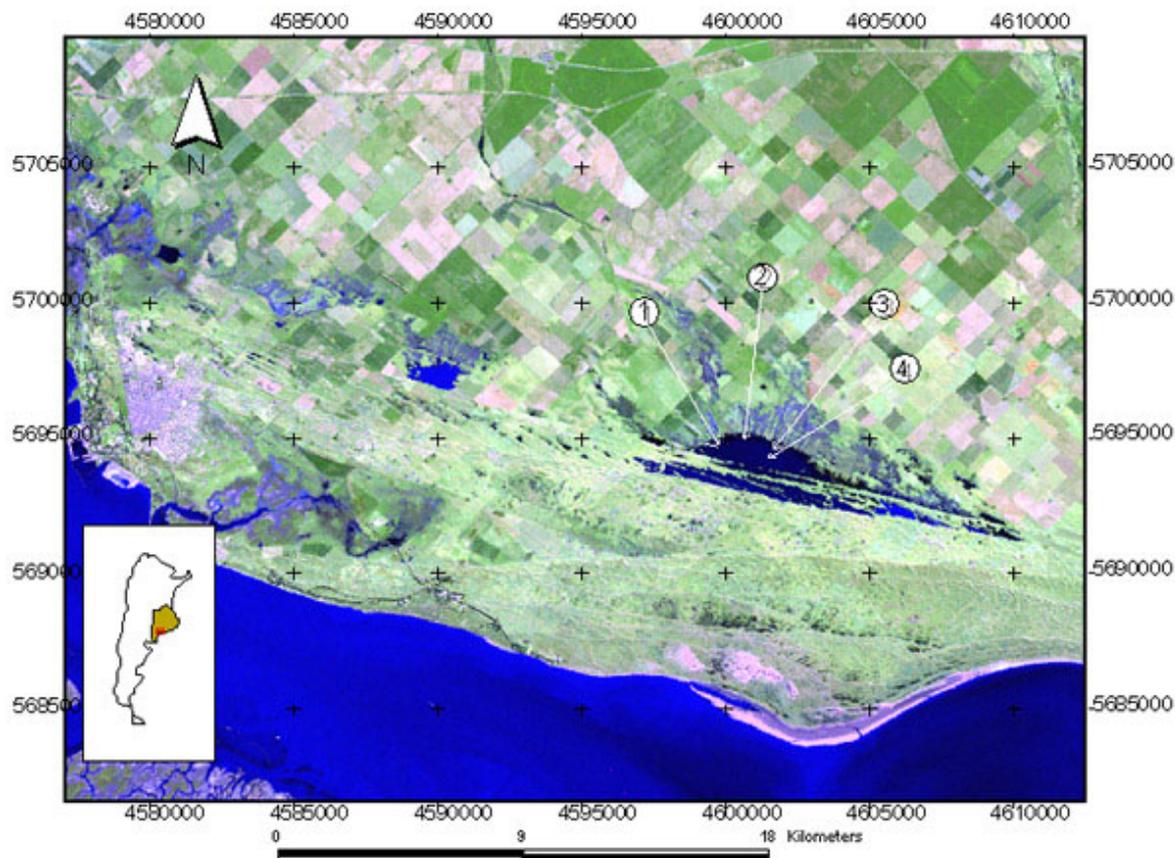
## Introducción

Las inundaciones generan alteraciones ambientales de difícil reversión. Localidades anegadas con tasa alta de evacuados y grandes extensiones rurales inutilizadas, producen entre otros, daños en la infraestructura, interrupción de las vías de comunicación, canalizaciones anárquicas y problemas sanitarios (Montico, 2004). En particular, el clima en el humedal pampeano está caracterizado por ciclos de sequía e inundación. En gran parte de la planicie pampeana, el drenaje es endorreico o arreico con inundaciones periódicas y prolongadas, alternando con períodos de sequía (Sosnovsky y Quirós, 2005). Las primeras, generan volúmenes de agua suficientes para las necesidades de los cultivos, la formación de lagunas (temporarias / permanentes) en tierras productivas y salinización de los suelos. Mientras tanto, en los períodos de sequía se hace necesaria la aplicación de riego artificial como complemento de las escasas (o inexistentes) precipitaciones. Las fuentes de agua superficial predominan sobre las de aguas subterráneas.

La hidrografía de las lagunas pampeanas ha sido relativamente poco estudiada. La falta de información ha impedido la conceptualización mínima necesaria para desarrollar medidas adecuadas de manejo sustentable en relación a los suelos y al agua. La laguna Unamuno (**Fig. 1**) es un caso representativo, dado que estos son los primeros estudios que se realizan en este cuerpo de agua y sus aguas no son utilizadas debido a la falta de conocimiento de sus propiedades. Se localiza en cercanías de Bajo Hondo (provincia de Buenos Aires, Argentina), en áreas rurales cuyo uso del suelo es predominantemente ganadero. En la actualidad, constituye uno de los casos de anegamiento más importantes de la región, vinculándose su origen y permanencia a la topografía de la zona, variabilidad de las precipitaciones y dominios edáficos subyacentes. Si bien no se cuenta con series completas de datos de variación de los niveles freáticos del sector de la laguna, se tiene conocimiento de que en épocas de mayor precipitación, dichos niveles se encuentran a escasos metros de la superficie. Por este motivo y teniendo en cuenta que la laguna Unamuno es de carácter permanente, de tipo armónico y con perfil típico de *Pfanne* o *Wanne* (Ringuélet, 1967), no se descarta la existencia de una relación entre el caudal de agua de la laguna y el aporte del acuífero en las etapas húmedas de los ciclos de sequía-inundación. Como la gran mayoría de las lagunas del sudoeste de la provincia de Buenos Aires, la laguna Unamuno pertenece a un sistema endorreico en donde es predominante el intercambio vertical de agua (evaporación, precipitación) sobre el horizontal (afluencia de ríos/arroyos, intercambio con el agua subterránea), favoreciéndose la concentración paulatina de nutrientes, aniones y cationes.

La región en la que se localiza está comprendida en la faja zonal de climas templados con veranos e inviernos bien marcados y primaveras y otoños moderados. Las temperaturas medias oscilan entre 14 y 20°C. El régimen de precipitación presenta máximos en primavera y otoño y mínimos en invierno (Campo *et al.*, 2004). En relación a los suelos, predominan los de escasa alcalinidad. Los horizontes superficiales están bien provistos de materia orgánica y la textura predominante es la franco-arcilloso a franco-arenosa. Las unidades taxonómicas son los hapludoles, haplustoles y argiustoles. Debido al incremento de su extensión en los últimos años, la laguna Unamuno ha generado la pérdida de tierras productivas cuyos usos del suelo eran ganaderos hasta el momento de la inundación.

En general, los horizontes superficiales experimentan alteraciones en su composición química y física como consecuencia de la permanencia de una masa de agua por un determinado tiempo o bien, por la realización de prácticas de riego inadecuadas. En relación a este último aspecto, se efectuaron análisis (Losinno *et al.*, 2005) de las propiedades del acuífero y de las propiedades del suelo de la subregión ondulada, en la llanura pampeana argentina. Determinaron que la aptitud del agua para riego se evalúa no sólo teniendo en cuenta las características del agua sino que también debe conocerse el estado real del suelo y las condiciones climáticas de la zona. Debido a que no existen experiencias de riego con agua de la laguna, el objetivo de este trabajo es determinar su aptitud para riego y el riesgo de sodificación del suelo de la cubeta de inundación. Se espera obtener el grado de dicho riesgo como aporte al conocimiento del estado actual de los suelos de la cubeta de inundación así como también como parámetro a tener en cuenta en futuros planes de manejo para el uso de la laguna en suelos aledaños.



**Figura 1.** Localización de la laguna Unamuno. Se indican los cuatro sitios de muestreo.

## Método de trabajo

Se efectuaron mediciones durante el período abril 2004 – agosto 2005. Se seleccionaron cuatro sitios de muestreo del agua de la laguna (**Fig. 1**) denominadas estación 1 a 4 de oeste a este. La conductividad eléctrica (CE  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y el pH fueron medidos in situ mediante un Horiba U-10 y la concentración de cationes (sodio (Na), calcio (Ca) y magnesio (Mg)), aniones (carbonato y bicarbonato) y sólidos disueltos totales (SDT) mediante la técnica Apha-Awwa-WPCF, métodos estándar de análisis de aguas (Grasshof, 1969). El índice de absorción de sodio (SAR), el de carbonato sódico residual (RSC) y la dureza del agua, fueron calculados a partir de:

$$S.A.R = \frac{|Na|}{\sqrt{1/2 * (|Ca| + |Mg|)}} \quad (1)$$

$$RSC = ([CO_3^{2-}] + [HCO_3^-]) - ([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]) \quad (2)$$

$$Dureza = \frac{(Ca \times 2,5) + (Mg \times 4,12)}{10} \quad (3)$$

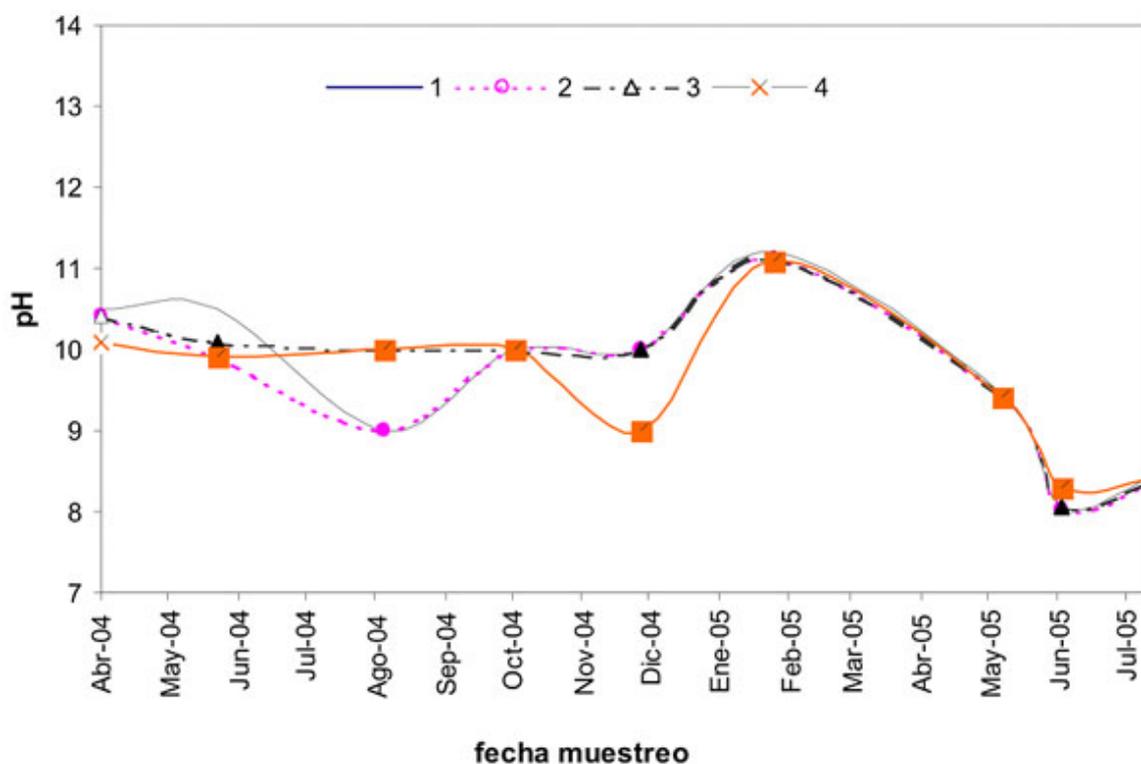
Los registros pluviométricos utilizados en el estudio (INTA, 2005) correspondieron a la estación Bahía Blanca debido a la similitud climática y cercanía con la laguna Unamuno. A partir de los datos de CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y RAS se estableció la clasificación del agua según las normas Riverside. Con el diagrama de Piper se completó la interpretación de los datos químicos.

El estudio de la variación areal de la laguna se realizó para el período 1997-2006 mediante el análisis de imágenes satelitales (path/row 228/087) relacionándolas con datos edafológicos (INTA y SAGPyA, 1989). Se utilizó información satelital Landsat 5 y 7 ETM, path/row 228/087. Las imágenes fueron corregidas y clasificadas mediante los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ILWIS 3.1 y ArcGis 9.

## Resultados

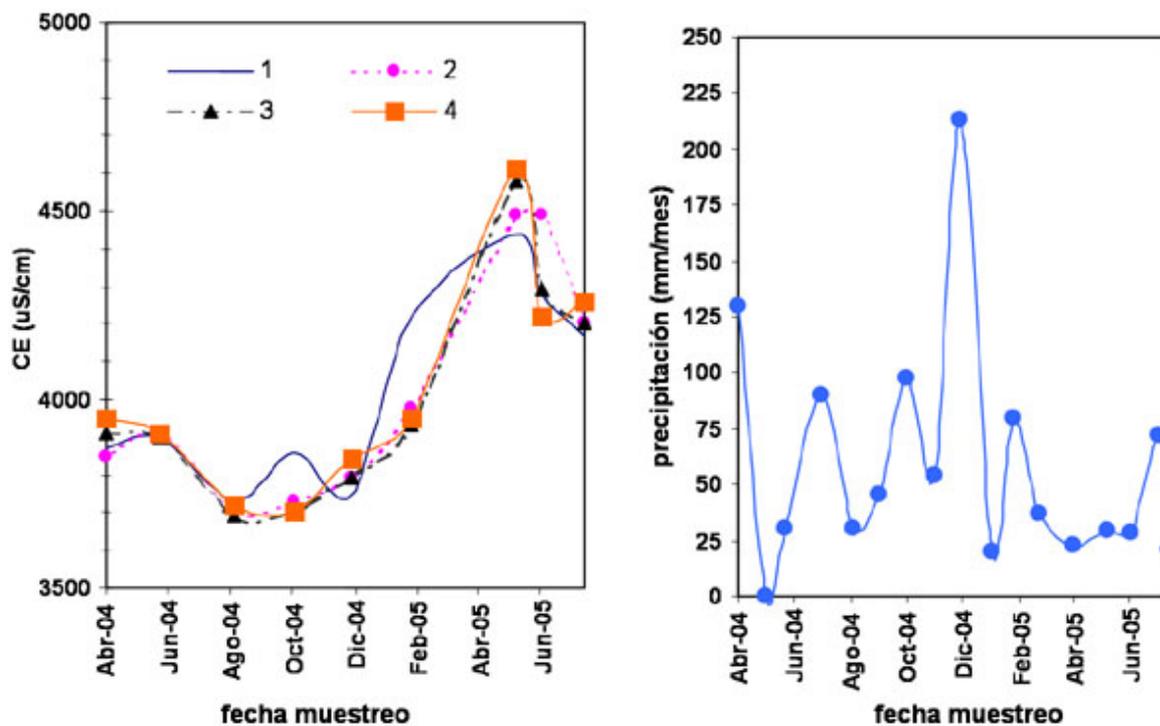
### Calidad agronómica del agua

Según los datos medidos y calculados en la laguna Unamuno, la variación entre los sitios de muestreo es mínima (**Figs. 2 y 3**). Los valores de pH variaron entre 8 y 11 (**Fig. 2**) a lo largo del período superando valores óptimos de aptitud de aguas para riego (Peinemann *et al.*, 1998).



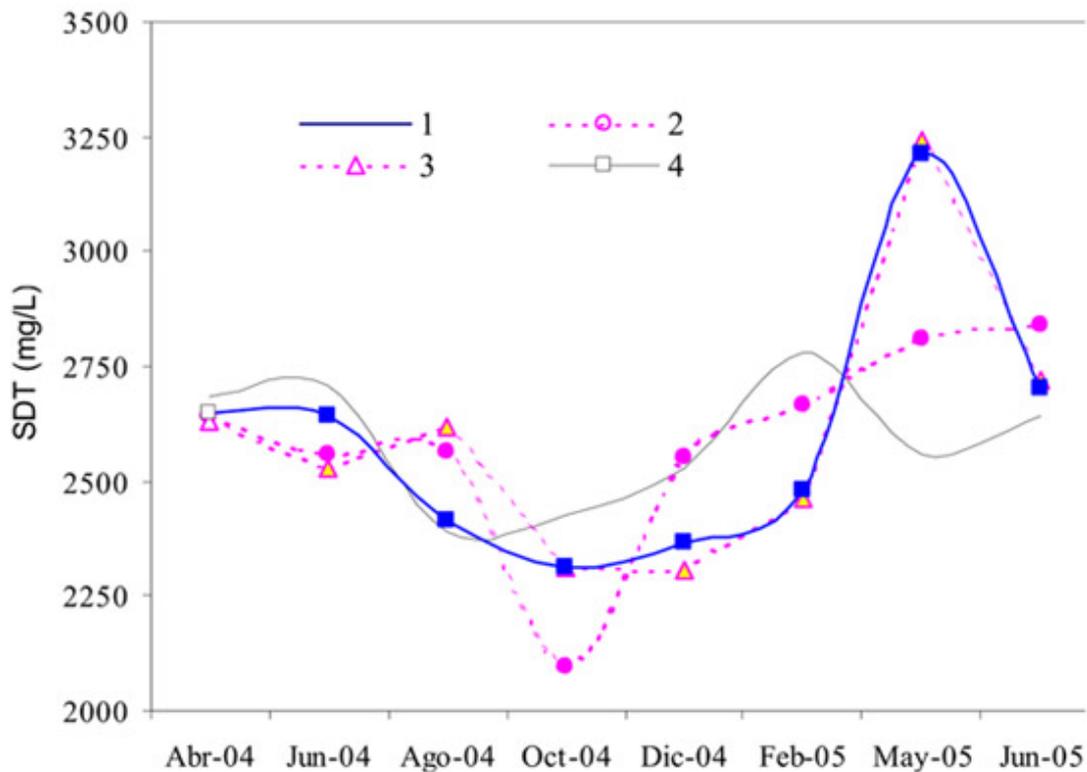
**Figura 2.** Variación anual del pH del agua superficial en los sitios de muestreo 1 a 4 de la laguna Unamuno.

Los contenidos de sales en las aguas de la laguna fueron superiores a los límites de aptitud de agua para riego. Se halló una CE mínima de 3700 y una máxima de 4610  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . En el período febrero-mayo de 2005 se observaron los máximos de CE debido a la alta evaporación que caracteriza a esa estación del año. En agosto-octubre se alcanzaron los mínimos del período (**Fig. 3**) debido a que en esa estación del año se registran las mayores precipitaciones.



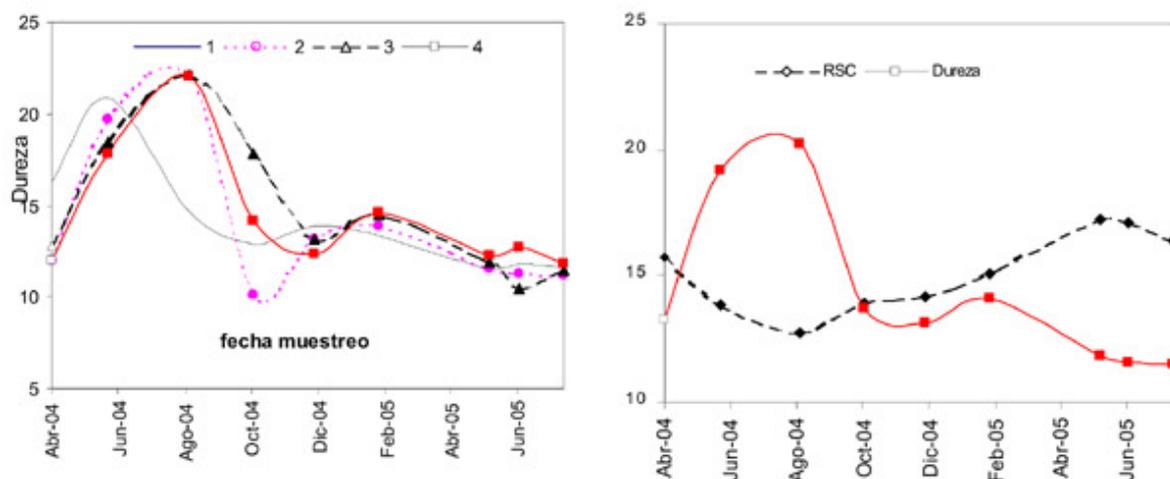
**Figura 3.** Conductividad eléctrica superficial ( $\mu\text{S/cm}$ ) en la laguna Unamuno (izquierda) y precipitaciones mensuales (abril 2004 – junio 2005) de la estación Bahía Blanca (derecha). Los números 1 a 4 en la gráfica izquierda corresponden a puntos de muestreo.

Al respecto, algunos autores (Sosnovsky y Quirós, 2005) sugieren que la concentración salina de una laguna pampeana se explica por la variación anual e interanual de las precipitaciones. Como consecuencia, a valores altos de CE se observó coincidencia con precipitaciones mínimas (febrero/junio 2005) y viceversa. Para propósitos de uso de agua en agricultura e irrigación, los valores de CE y sólidos disueltos totales (SDT) están relacionados de modo que, a un determinado valor de SDT, le corresponden mayores valores de CE (1:640 aproximadamente). Por lo tanto, los contenidos de SDT (**Fig. 4**) en el agua presentaron una variación cíclica anual similar a la de la CE. Según el sistema propuesto por Aguesse y luego modificado (Ringuelet, 1967), las aguas de la laguna Unamuno son oligohalinas con variación anual oligopoiquihalina. Con esta categorización, se indica que la laguna posee un tenor de residuo sólido medio anual comprendido entre los 0.5 y 5 g/l y que la amplitud de la variación cíclica anual de los SDT no excede de los límites de su categoría.

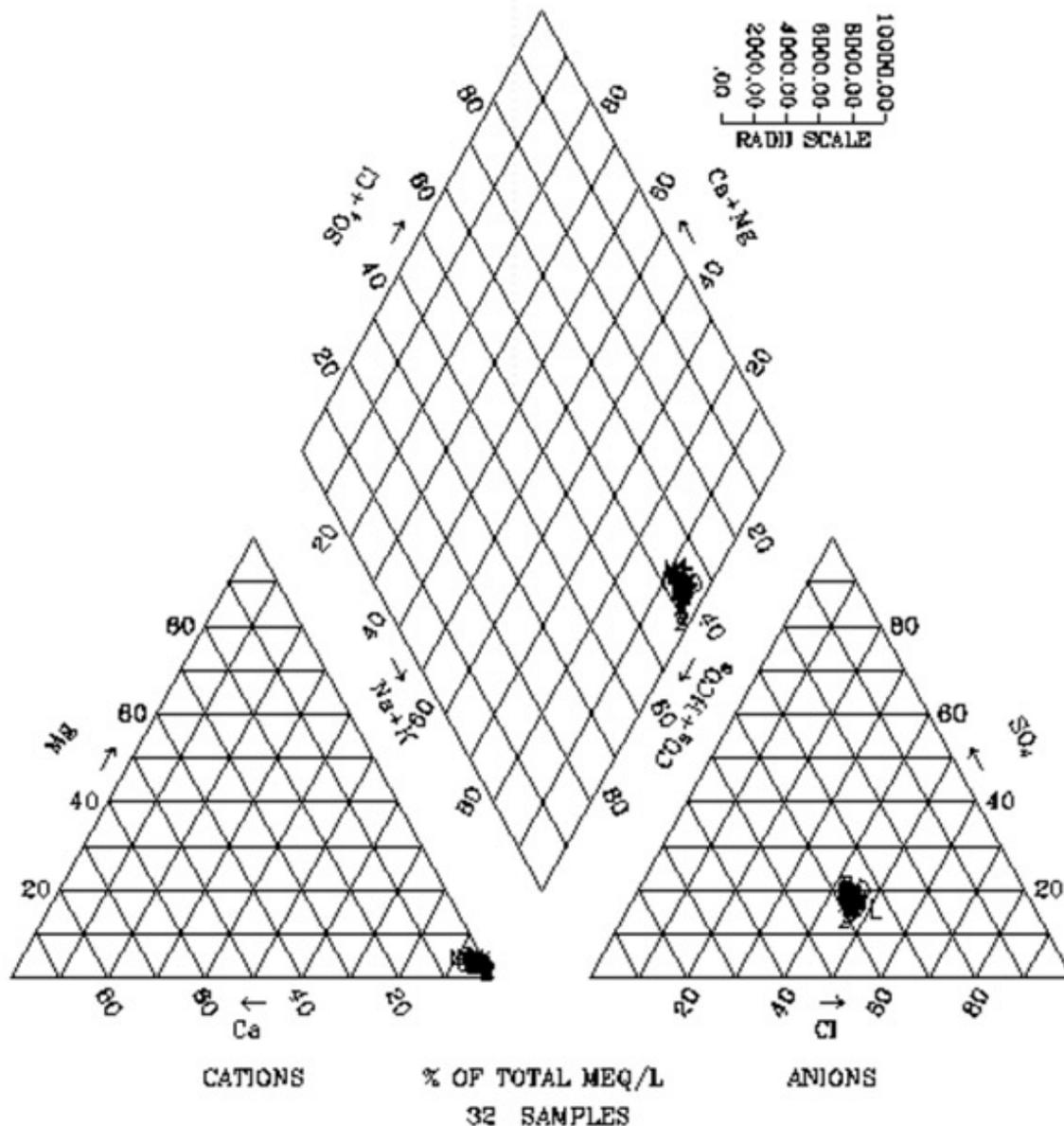


**Figura 4.** Sólidos Disueltos Totales (mg/L) en el agua superficial de la laguna Unamuno. Los números 1 a 4 corresponden a puntos de muestreo.

La evolución del índice de dureza (**Fig. 5**) indica aguas blandas y medianamente blandas sólo en el período julio/agosto de 2004 y se registró un riesgo alto de sodificación del suelo, con variaciones estacionales. En los meses de junio y julio el riesgo de sodicidad fue menor y por lo tanto más altos los valores de dureza (**Fig. 5**). En los meses de febrero a junio se observó un aumento en el riesgo de sodificación del suelo con valores de RSC > 15. De acuerdo a su posición en el diagrama de Piper (**Fig. 6**), las aguas de la laguna Unamuno fueron consideradas salinas con alto contenido de Na, cloro (Cl) y sulfatos. Las muestras se hallaron agrupadas muy cerca del límite entre aguas salinas y carbonatadas.

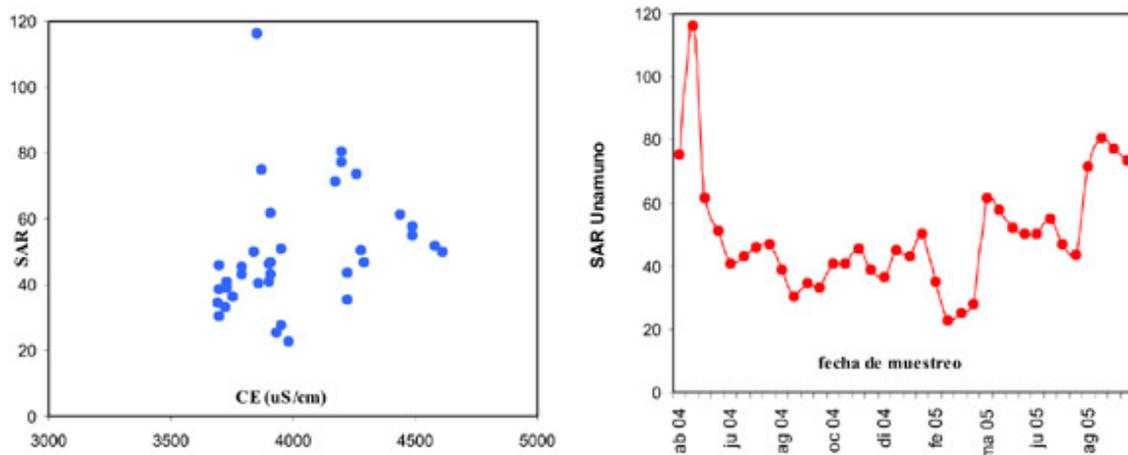


**Figura 5.** El índice de dureza caracterizó a las aguas de la laguna Unamuno como aguas blandas y medianamente blandas. Los números 1 a 4 corresponden a puntos de muestreo (izquierda). Se registró un alto riesgo de sodificación del suelo (derecha), inversamente relacionado con la dureza del agua.



**Figura 6.** De acuerdo a la posición de las muestras en el Diagrama de Piper, las aguas de la laguna Unamuno son consideradas salinas con alto contenido de Na, Cl y sulfatos.

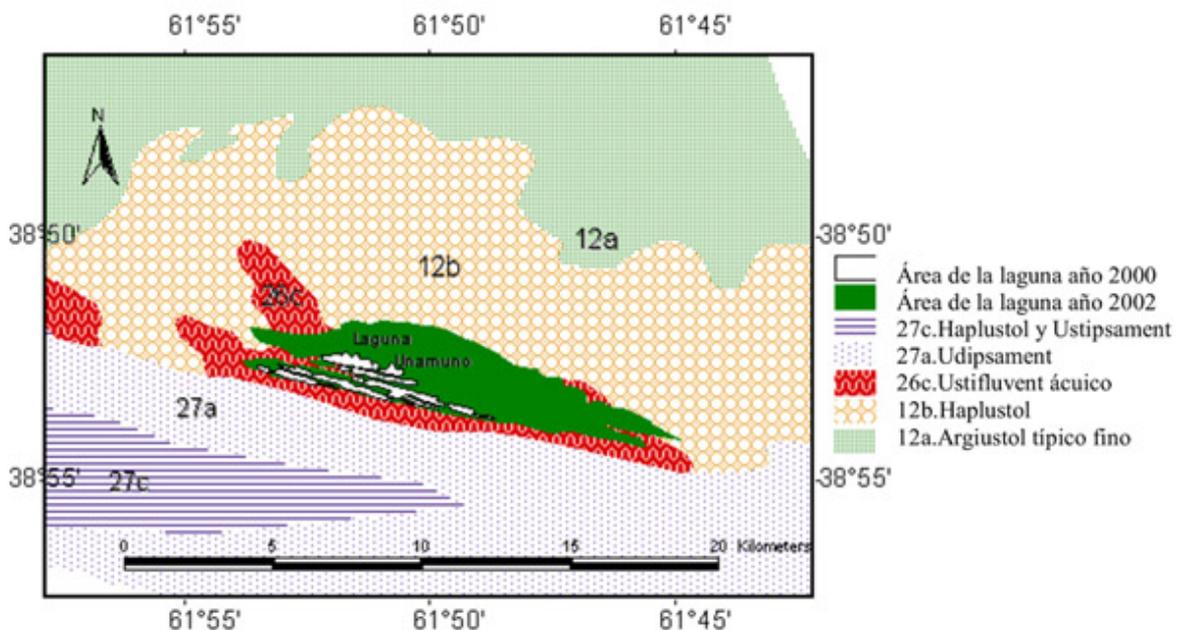
En cuanto a la variación cíclica anual de los factores químicos, ésta coincidió con estudios previos en lagunas de la pampa deprimida (Ringuelet, 1967). Los valores mínimos del índice se obtuvieron en el período estival mientras que los mayores aumentos se observaron en los meses de marzo-abril de 2004 y julio-agosto de 2005. El elemento más variable en el cálculo del RAS fue el Mg. De la relación SAR - CE (**Fig. 7**) surge que las aguas corresponden al tipo C4S4, durante todas las estaciones del año y que su utilización para riego no es recomendada.



**Figura 7.** La calidad del agua de la laguna Unamuno se evaluó mediante la aplicación del SAR (derecha). En base a los valores de SAR y CE, las aguas correspondieron al tipo C4S4 por lo que su utilización para riego no es recomendada (izquierda).

#### Relación entre tipo de suelo y calidad de agua

De acuerdo a la clasificación de suelos de la provincia de Buenos Aires, la zona de estudio presenta distintos dominios edáficos divididos en unidades cartográficas. El área presenta los dominios 12, 26 y 27 representados por las unidades cartográficas 12a, 12b, 26c, 27a y 27c (**Fig. 8**). La primera de ellas se caracteriza por su escasa profundidad y drenaje deficiente. El dominio 26 posee elevada concentración de sales y sodio. En cuanto al dominio 27, los sedimentos originarios de estos suelos son arenas de playa marina con lo cual la mayor parte del paisaje consiste en colonias de médanos costeros. La unidad cartográfica 27a presenta permeabilidad muy rápida y erosión eólica severa. La unidad 27c se ubica en áreas planas con buena cobertura vegetal y también posee muy escasa retención de humedad.



**Figura 8.** Los suelos de la zona fueron clasificados en Dominios edáficos (INTA, 1989), subdivididos en unidades cartográficas. En el área de estudio, los dominios edáficos 12, 26 y 27 están representados por las unidades cartográficas 12b (Argiustol típico fino), 26c (Ustifluent ácuico), 27a (Haplustol) y 27c (Argiustol típico fino).

Si bien el RSC determinó un alto riesgo de sodificación del suelo en base a parámetros medidos en el agua, se detectó que estos resultados no se aplican a la capa superficial de los suelos. Este fenómeno se comprobó para el sector noreste de la

laguna mediante la incorporación de la variable edáfica. Los suelos del área en torno a la laguna mostraron 12000 ppm de Na mientras que en el sedimento superficial del fondo de la laguna se halló un valor de 2100 ppm debido al lavado de las capas superficiales. Ambas muestras pertenecen al mismo dominio edáfico (Dominio 12) y en su textura las arenas se presentan en un 87.5% con lo cual el lavado de las capas superficiales del suelo fue favorecido por la alta permeabilidad de los mismos.

Otro parámetro a tener en cuenta es la variación areal de la laguna. Durante el período 1997/2006, el sector noreste fue el más variable en cuanto a la presencia de agua. La mínima extensión registrada fue de 5.62 km<sup>2</sup> en el mes de diciembre de 2000, alcanzando su máximo en noviembre de 2002, con 24.7 km<sup>2</sup> aproximadamente (**Fig. 8**). La variabilidad espacial de la laguna y la permeabilidad de los suelos minimizaron el efecto de la permanencia de aguas con alto contenido de Na en tierras productivas.

## Conclusiones

La calidad del agua de la laguna no es apta para riego de acuerdo a la clasificación Riverside. El RSC calculado en base a parámetros medidos en el agua indicó valores de riesgo altos para los suelos que están en contacto con aguas de la laguna. Sin embargo, al incorporar la variable edáfica mediante determinación del contenido de Na en el sedimento se determinó que el riesgo de sodificación fue menor en las capas superficiales del fondo de la laguna debido al lavado de los suelos.

La segunda variable considerada fue la variación areal de la laguna. Esta osciló entre 5.62 km<sup>2</sup> (diciembre de 2000) y 24.7 km<sup>2</sup> (noviembre de 2002) en el período estudiado. El sector NE presentó las mayores variaciones en cuanto a la permanencia del agua manifestando alternancia de fenómenos de anegamiento/inundación. La variabilidad espacial de la laguna y la permeabilidad de los suelos, minimizaron el efecto de la permanencia de aguas sódicas sobre tierras productivas.

## Agradecimientos

El trabajo fue realizado a partir de subsidios otorgados por la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires y aportes parciales del Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y Universidad Nacional del Sur (UNS). Los autores agradecen al Dr. H. Freije y al Lic. R. Asteasuain por su colaboración profesional, al INTA Castelar y CONAE por los datos otorgados y, a los Sres. G. Kamplachas y R. Unamuno por permitir el acceso al área de estudio.

## Referencias

- Campo, A., Capelli, A. y Diez, P., 2004. *El clima del suroeste bonaerense*. Departamento de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina.
- Grasshof, K., 1969. Un sistema de canal múltiple para análisis de nutrientes en aguas de mar con récord de datos analógicos y digitales. *Avances en análisis automáticos*. Technicon International Symposium, Chicago (in Manuel D'Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer P. Treguer, P.Le Corre, 1975).
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria y Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, 1989. Mapa de Suelos de la provincia de Buenos Aires. Proyecto PNUD ARG 85/019. CIRN. *Instituto de Evaluación de Tierras*. Buenos Aires. 472 pp.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2005. *Estadísticas climatológicas*. Base de datos INTA Castelar. Argentina.
- Losinno, B., Sainato, C. y Giuffrè, L.. *Propiedades edáficas y del agua subterránea: Riesgos de salinización y sodificación de los suelos, en la zona de Pergamino-Arrecifes*. Ciencia del Suelo, jan./jul. 2005, vol.23, no.1, p.47-58. ISSN 0326-3169.
- Montico, S., 2004. El manejo del agua en el sector rural de la región pampeana argentina. *Revista Theomai*. Edición especial. Universidad Nacional de Quilmes. Red AlyC. Hemeroteca Científica en línea de Ciencias Sociales. [www.redalyc.com](http://www.redalyc.com). Quilmes, Argentina.
- Peinemann, N., Díaz Zorita, M., Villamil, M., Lusarreta, H. y Grunewald, D., 1998. Consecuencias del riego complementario sobre propiedades edáficas en la llanura pampeana. *Ciencia del suelo*, 16:39-42.
- Ringuelet, 1967. Limnología química de las lagunas pampásicas (provincia de Buenos Aires). *Physis*. Tomo XXVII, nro. 74, pág. 201-221. Buenos Aires, septiembre de 1967.
- Sosnovsky, A. y Quirós, R., 2005. Efectos de la intensidad de uso de la tierra en pequeñas lagunas pampeanas (Argentina). CYTED XVII B. *Eutrofización de lagos y embalses*. Ed.: Vila Pinto, I. Y Pizarro Konsak, J.. Patagonia Impresores.