



SALINIDAD DEL AGUA FREÁTICA EN EL ÁREA REGADÍA DEL RÍO MENDOZA

PHREATIC WATER SALINITY IN THE MENDOZA RIVER COMMAND AREA

Gonzalo Ortíz Maldonado ^{1,2}

José Morábito ^{2,3}

Emilio Rearte ²

Leandro Mastrantonio ²

Originales

Recepción: 26/05/2005

Aceptación: 04/08/2005

RESUMEN

La provincia de Mendoza tiene la mayor superficie regada de Argentina y cuenta con una vasta infraestructura de riego y drenaje en los cinco ríos aprovechados. Los suelos son de origen aluvial, con perfiles que alternan capas de distintas texturas, observándose la presencia de estratos muy finos -casi impermeables- que impiden el libre drenaje del agua de riego. Esta situación dinámica es más evidente a medida que el río disminuye su pendiente coincidiendo con los sectores bajos de la cuenca. La acumulación de agua produce el ascenso de los niveles freáticos hasta aproximarse a la superficie del suelo, incrementando la salinización del mismo. El área de riego del río Mendoza, con valores de salinidad media del agua en su derivación hacia la red de riego menor de $1 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, es una de las más intensamente explotadas del país y presenta dos sectores con problemas de freática cercana a superficie. Los mismos corresponden a una zona central llamada Área de Surgencia AS y a otra llamada Área Lavalle AL. En AS hay una red de 98 pozos de observación (freatímetros) para conocer las profundidades, direcciones de flujos y calidad del agua freática. El AL tiene una red de 100 freatímetros distribuidos en tres subáreas correspondientes a tres colectores de drenajes: Tres de Mayo-Jocolí TMJ, Villa Lavalle VL y Costa de Araujo-Gustavo André CG. El presente trabajo muestra los resultados de la evaluación de la salinidad del agua freática expresada como salinidad total a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ (CE) para las dos áreas de estudio. Las muestras han sido extraídas en 2002 y 2004. Los resultados indican que en los dos momentos de muestreo la mediana es menor que la media correspondiente, lo que evidencia asimetría positiva en las distribuciones. Las medianas obtenidas fueron: $6180 \mu\text{S cm}^{-1}$ (2002) y $6195 \mu\text{S cm}^{-1}$ (2004). Además se observan cambios en las distribuciones entre los momentos de muestreo y entre las áreas: en 2004 aparecen valores extremos superiores mucho mayores que en 2002, y el área VL acusa frecuencias relativas más uniformes y los mayores incrementos de CE. Se distingue también que en los dos momentos de muestreo el área AS posee los valores de posición de CE más bajos, aunque también es la zona con mayor cantidad

ABSTRACT

The Province of Mendoza has the largest irrigated area in Argentina with a vast irrigation and drainage infrastructure in the oases of its main five rivers. Soils are alluvial and their profiles reveal alternate layers of different textures, and very thin -almost impervious- strata prevent free drainage of irrigation water. This dynamic situation is more evident as the river slope diminishes in the lower sectors of the basin. Water accumulation raises water table level practically up to soil surface, which increases soil salinization. The command area of the Mendoza River, with mean water salinity values of less than $1 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ at its point of diversion to the irrigation system, is one of the most intensely exploited areas in the country and has two sectors with very high water tables (our study areas): a central area known as spring water area AS, and another area identified as the Lavalle Area AL. At AS there are 98 observation wells to determine depths, flow direction, and phreatic water quality. The AL has 100 observation wells distributed in three subareas corresponding to three drainage collectors: Tres de Mayo-Jocolí TMJ, Villa Lavalle VL, and Costa de Araujo-Gustavo André CG. This paper presents the results of a phreatic water salinity assessment, which are expressed as total salinity at $25 \text{ }^\circ\text{C}$ (EC) for both study areas. Samples were drawn in 2002 and 2004. Results obtained show that, at the two sampling moments, the median is smaller than the corresponding mean, which is indicative of positive asymmetry in the distributions; median values were $6180 \mu\text{S cm}^{-1}$ (2002) and $6195 \mu\text{S cm}^{-1}$ (2004). There were also changes in distribution between the sampling moments and between the areas. In 2004 extreme upper values were much higher than in 2002; and in the VL area relative frequencies were more uniform while EC increments were greater. It was also observed that the AS area had the lowest EC values at both sampling moments, although it was also the area with more outliers; that there have been no significant ($\alpha = 0.05$) changes in EC in the TMJ, CG and AS areas in two years but that there has been a substantial rise in EC in VL. Refined data were used to draw isolines for various intervals of the variable under analysis (EC), and they show the sectors affected by different phreatic salinity intervals.

1 Departamento General de Irrigación. Av. España 1776. Mendoza. Argentina. M5500DWE.

2 Facultad de Ciencias Agrarias. UNCuyo. Alte. Brown 500. Chacras de Coria. Mendoza. Argentina. M5528AHB. ccea@fca.uncu.edu.ar

3 Instituto Nacional del Agua - Centro Regional Andino (INA-CRA). Belgrano Oeste 210. Mendoza. Argentina. M5500FIF.

de outliers; las áreas TMJ, CG y AS no han sufrido cambios importantes en los valores de CE en dos años, pero sí se advierte un sensible aumento de la CE en VL. Con la base de datos depurados se realizaron isolinéas para diferentes intervalos de la variable analizada (CE) que muestran espacialmente los sectores afectados con los distintos intervalos de salinidad freática.

Palabras clave

contaminación salina • agua subterránea • freaímetro • río Mendoza • Argentina

Key words

saline contamination • groundwater • observation wells • Mendoza River • Argentina

INTRODUCCIÓN

La provincia de Mendoza es la que tiene la mayor superficie regada de Argentina y por su condición semidesértica, la vida de sus habitantes y su desarrollo económico se deben exclusivamente al aprovechamiento integral de sus recursos hídricos. Una vasta infraestructura hidráulica -compuesta por seis diques de embalse y una red de canales de 13 000 km de longitud- hace posible el aprovechamiento de los cinco ríos para uso agrícola: Mendoza, Tunuyán, Diamante, Atuel y Malargüe. La figura 1 presenta las áreas de riego de dichos ríos.

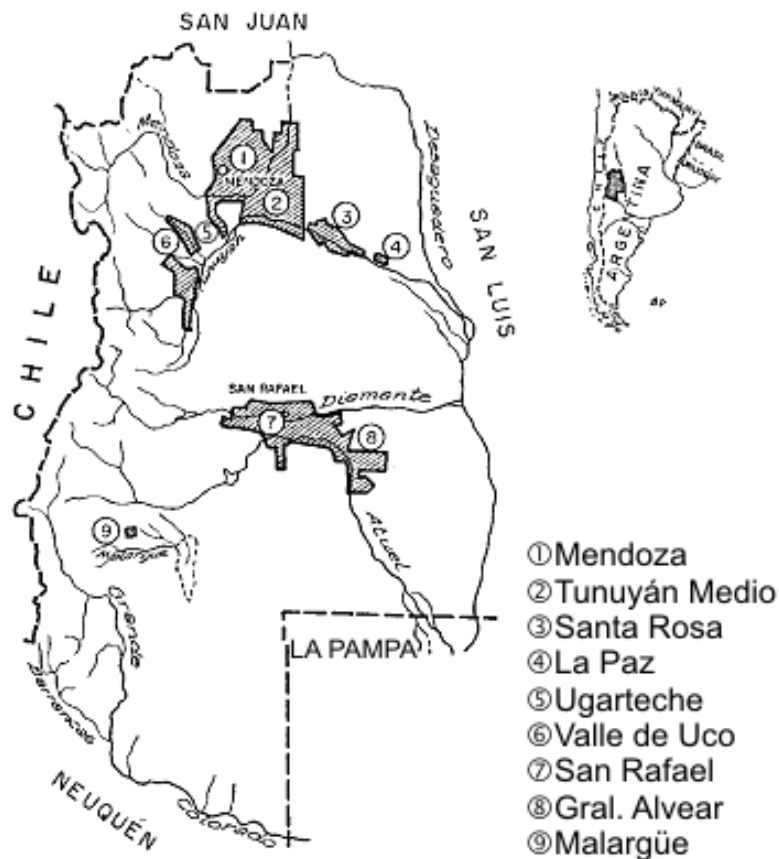


Figura 1. Áreas de riego de la provincia de Mendoza.

El oasis norte de la provincia de Mendoza es una de las áreas agrícolas con riego integral más intensamente explotadas del país, comprendida por los ríos Mendoza y Tunuyán Inferior.

En las zonas correspondientes a las planicies de ambos ríos donde se presentan pendientes escasas, del orden del 0.15 % en ambos sentidos, suelos de textura variada conforman capas alternadas y dan origen a perfiles heterogéneos que dificultan la infiltración de los sobrantes de riego en profundidad.

De acuerdo con los monitoreos de la profundidad freática, que se mide en forma trimestral, el río Mendoza presenta dos importantes sectores con problemas de freática cercana a superficie, asociados con problemas importantes de salinidad (no sodicidad) en los suelos. Dichos sectores corresponden a una zona central llamada Área de Surgencia AS y a otra, un poco más distal, ubicada hacia el extremo noreste del oasis, Área Lavalle AL.

La denominada AS tiene forma de media luna y comprende los distritos de: La Isla, Santa Blanca, Fray Luis Beltrán, Kilómetro 8, La Primavera, Los Corralitos, Colonia Molina y El Algarrobal, pertenecientes a los Departamentos de Maipú, Guaymallén y Las Heras.

Los suelos son intrazonales, ricos en materia orgánica, con tendencia a la salinización. En general hay un horizonte orgánico en superficie con o sin concreciones y estrías salinas, el cual puede estar sepultado y soportando una capa de sedimento areno-limoso. Estas capas descansan a su vez sobre arcillas que impiden o retardan la percolación de las aguas de riego. Hay zonas donde pueden presentarse capas de tosca (carbonato de calcio) con grietas por donde penetra el agua que disuelve el material, produciéndose sumideros y volcanes de agua.

El AS es la zona hortícola más importante de la provincia de Mendoza pues el 56 % del total de las fincas hortícolas de la provincia se encuentran allí (Dptos. de Maipú y Guaymallén); abastecen de verduras durante todo el año al Gran Mendoza al igual que a los principales mercados de Buenos Aires.

Braun et al. (1), haciendo referencia a la calidad del agua freática, indican que la CE en general es elevada, superior a $5000 \mu\text{S cm}^{-1}$ a 25°C , con la sola excepción de la calicata XXVII ($1581 \mu\text{S cm}^{-1}$). Mencionan también que la suma de los iones nocivos (Mg y Na) supera en todos los casos el 50 % del total; en algunos casos, los valores de salinidad igualan o superan a los del extracto de saturación de las muestras de suelo correspondientes a las capas próximas, y agregan: «La proporción de bicarbonatos es, en todas las muestras analizadas, bastante elevada. En cuanto a la de cloruros, en ningún caso es inferior (incluso es ampliamente superior) a 11.6 me.l^{-1} . Este último es el valor mínimo encontrado por Nijensohn en freáticas asociadas al desecamiento de vides por absorción excesiva de esos iones», y en referencia al boro concluyen diciendo que «el tenor de boro, en capas freáticas de lugares donde se encontraron vides afectadas, es superior al que Eaton (1944) estimó como nocivo para los cultivos: 1 ppm.»

Otro antecedente es el estudio realizado por Nijensohn (5) en varios departamentos de la provincia de Mendoza, entre ellos Lavalle, en el cual hace referencia a la calidad de las aguas freáticas; menciona valores de conductividad eléctrica actual y potencial de $5714 \mu\text{S cm}^{-1}$ y $10223 \mu\text{S cm}^{-1}$ respectivamente. Para cloruros indica valores entre 11.6 me/litro (Buena Nueva-Dpto. Guaymallén) y 51.4 me/litro en el distrito de Colonia Nueva Italia del Departamento de Lavalle.

Con el objeto de efectuar las prospecciones de los niveles freáticos y conocer las profundidades, direcciones de flujos y calidad del agua, el Departamento General de Irrigación (DGI) construyó en 1986 una red de 98 pozos de observación (freatímetros) que consiste en perforaciones de 3 m de profundidad, distanciadas 2 km entre sí (6).

Con los registros de las lecturas sistematizadas en el tiempo se elaboró la tabla 1 que presenta las áreas afectadas (ha) y los porcentajes respecto del total, por estrato de profundidad de suelo (desde 0 hasta más de 2.5 m).

Tabla 1. Superficie afectada por problemas de drenaje en el AS del río Mendoza (8).

Profundidad de la freática (m)	Superficie afectada			
	Máxima (ha)	Máxima (%)	Media (ha)	Media (%)
0.0 – 0.5	297	0.9	0	0.0
0.5 – 1.0	16122	46.5	1496	4.3
1.0 – 1.5	10634	30.7	11733	33.8
1.5 – 2.0	6257	18.0	12593	36.3
2.2 – 2.5	1230	3.5	6423	18.5
2.5 o más	147	0.4	2442	7.0
Total	34687	100.0	34687	100.0

La superficie afectada denominada máxima corresponde a la peor situación que podría llegar a producirse (altos niveles de agua freática) y la superficie afectada denominada media corresponde a la situación normal.

De los gráficos de los hidrogramas de la serie 1989/1996 se desprende que: los niveles freáticos medios mensuales oscilan entre un mínimo de 1.4 y un máximo de 2.1 m de profundidad. Analizando la tabla 1 se puede concluir que el 38.1 % del área estudiada (13 229 ha) tiene problemas de drenaje con freática comprendida hasta 1.5 m de profundidad ya que se trata de una zona eminentemente hortícola.

Por otra parte, el río Mendoza en su tramo inferior abastece los Departamentos de Lavalle y San Martín caracterizados por ser fundamentalmente agrícolas. Su topografía es llana con tierras de origen aluvial y eólico, de textura predominante franco y franco-arcillosa con alternancia de capas de textura más finas, con concreciones y estrías salinas sobre arcilla plástica rojiza.

Sobre la base de la red de 100 freatímetros existentes (DGI, 1983), Ortíz Maldonado realizó en el 2000 (7) el siguiente estudio: dividió el Departamento de Lavalle en tres sistemas correspondientes a tres grandes colectores de drenajes que definen sus respectivas subáreas: Tres de Mayo-Jocolí, Villa Lavalle y Costa de Araujo-Gustavo André.

En la tabla 2 se consigna información altamente significativa: considerando las isolíneas medias de la serie estudiada, el 49 % del área resultaría seriamente afectada (23 091 ha) con el nivel freático a menos de 2 m ya que en dicha área se cultivan principalmente vid y frutales.

Profundidad del nivel freático (m)	Afectación Superficie (ha)	%
0.0 – 0.5	0	0
0.5 – 1.0	0	0
1.0 – 1.5	6028	13
1.5 – 2.0	17063	36
2.0 – 2.5	10973	23
> 2.5	12714	27
Total	46778	100

Tabla 2.

Área afectada con problemas de reve-nición en Lavalle - Mendoza.

Isolíneas medias de la serie 1983/97 (7).

Cabe señalar que no sólo resulta importante conocer la profundidad de los niveles freáticos sino también la calidad del agua, ya que la peligrosidad freática aumenta en forma directa con el incremento de la salinidad, reduciendo también la aptitud productiva de los suelos.

Ortíz Maldonado et al. (9) realizaron en el 2002 el análisis de salinidad del agua freática a través de la red de freatómetros del AS y Lavalle, respectivamente, y obser-varon un incremento paulatino de los valores de salinidad media en el AS desde el SO hacia el NE (6.5 a 9 dS.m⁻¹) y, en igual dirección en Lavalle (11.6 a 15.5 dS.m⁻¹). Morábito et al. (4) presentaron datos de análisis de agua de la red de riego y drenaje de la zona regadía del río Mendoza: sobre la base de muestras de agua extraídas en seis puntos de la red de drenaje, que ocasionalmente suelen recibir agua de desagüe -que es de mejor calidad- obtuvieron los valores medios y desviación estándar de los siguientes parámetros: pH = 7.98 (± 0.19) a 7.80 (± 0.18); salinidad total expresada como conductividad eléctrica CE (µS cm⁻¹) = 5086 (± 603) a 1878 (± 623); relación de adsorción de sodio RAS = 7.64 (± 2.39) a 1.88 (± 0.63). Asimismo, calificaron las aguas de drenaje según Riverside modificada por Thorne y Petersen como C4S1 y C3S1, con datos puntuales de peligrosidad salina media alta a muy alta y peligrosidad sódica baja a muy alta.

Objetivos

- Analizar la variable salinidad total del agua freática expresada en µS cm⁻¹ a 25 °C (CE) para las dos subáreas con problemas de drenaje subsuperficial del río Mendoza: AS y AL.
- Determinar la variabilidad y confeccionar mapas para el análisis espacial.
- Generar una base de datos que posibilite estudiar la evolución de la salinidad en el tiempo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos campañas de medición y toma de muestras de aguas freáticas en las dos áreas de estudio, con fechas junio 2002 y agosto 2004 y se efectuó un análisis exploratorio de los datos considerando todas las observaciones en los dos momentos de muestreo. Se calcularon medidas de tendencia central (media, me-

diana y percentiles) y de dispersión (varianza y desviación estándar). Se realizaron diagramas de caja según las distintas áreas y se elaboraron histogramas de frecuencias relativas según momento de muestreo y área (2).

Con el fin de encontrar posibles valores outliers (atípicos) y/o leverage (palanca) se llevó a cabo el diagnóstico de influencia a través del cálculo de los residuos estudentizados (student) y de los elementos de la diagonal de la matriz HAT (h_{ii}). Una vez eliminados aquellos registros en los que no existían lecturas de conductividad eléctrica en los dos momentos de muestreo, se eliminaron las observaciones con $h_{ii} > 0.0426$ ($=2p/n$) o con student $> |2|$, donde p es el número de coeficientes estimados y n el número de observaciones. La metodología aplicada fue extraída de Mendenhall (3).

Con la base de datos depurada se estimaron, por interpolación, las superficies con conductividades eléctricas. Para ello se utilizó la extensión Spatial Analyst de ESRI aplicando el método de interpolación de la inversa del cuadrado de la distancia (IDW) y se seleccionaron los doce vecinos más cercanos.

RESULTADOS

Análisis descriptivo

La tabla 3 presenta los valores medios, la desviación estándar, la varianza y el número de observaciones de la variable CE para 2002 y 2004.

Tabla 3.
Estimadores muestrales según momento de muestreo.

Estimador / año		2002	2004
Media	($\mu\text{S cm}^{-1}$)	8475	11341
Desviación estándar	($\mu\text{S cm}^{-1}$)	7587	14088
Varianza	($\mu\text{S cm}^{-1}$) ²	$5.76 \cdot 10^7$	$1.98 \cdot 10^8$
N° de observaciones		105	130

Se observa un aumento del 34 % en la conductividad eléctrica media desde 2002 a 2004. La tabla 4 presenta los percentiles para los dos momentos de muestreo.

Tabla 4.
Percentiles según momento de muestreo.

Percentiles (%)	CE_2002 ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	CE_2004 ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
1	1707	1674
5	1878	2380
10	2390	2580
25	3750	4130
50	6180	6195
75	9620	12120
90	18090	23550
95	24900	36990
99	38200	67900

En los dos momentos de muestreo la mediana es menor que la media correspondiente, lo que indica asimetría positiva en las distribuciones. La figura 2 (pág. 57) muestra el histograma de frecuencias relativas de todas las muestras de 2002. La figura 3 (pág. 57) es similar pero en ella se ha desagregado cada una de las subáreas mencionadas: 3 de Mayo-Jocolí (3_Mayo_Joco), Costa de Araujo y Gustavo André (Arauj_Andre), área de surgencia (Surgencia) y área Lavalle (V_Lavalle).

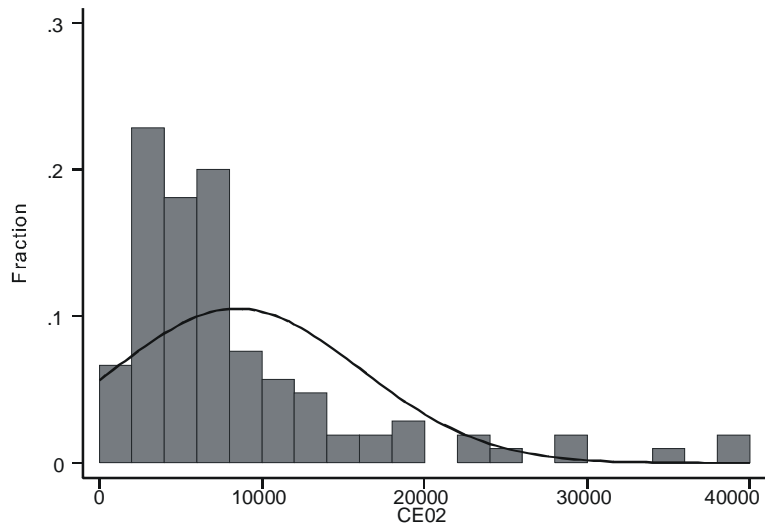


Figura 2. Histograma de frecuencias relativas de CE_2002 ($\mu\text{S cm}^{-1}$).

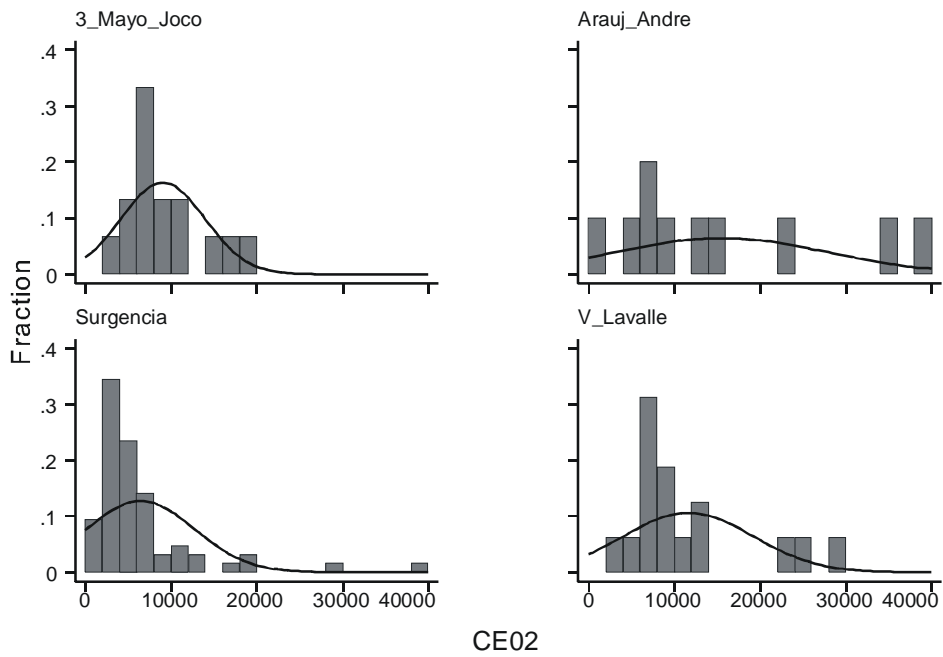


Figura 3. Histogramas de frecuencias relativas de CE_2002 ($\mu\text{S cm}^{-1}$), según área.

Las figuras 4 y 5 muestran los histogramas de frecuencia relativa de CE para 2004 correspondientes a toda el área y a cada una de las subáreas, respectivamente.

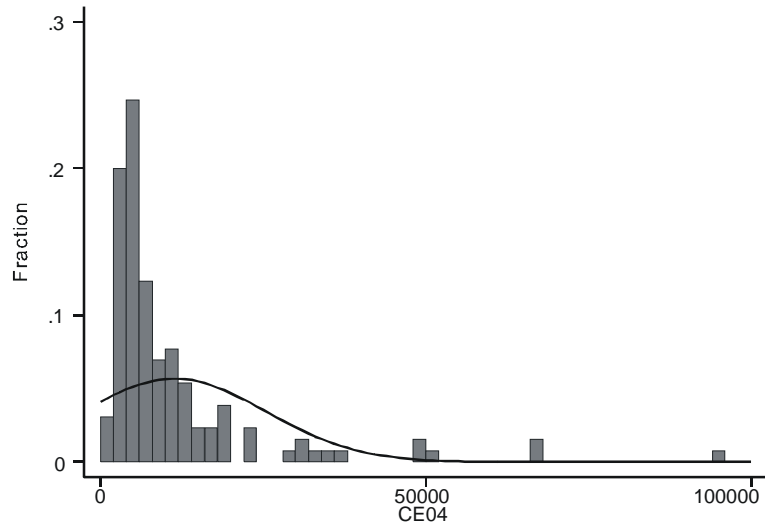


Figura 4. Histograma de frecuencias relativas de CE_2004 ($\mu\text{S cm}^{-1}$).

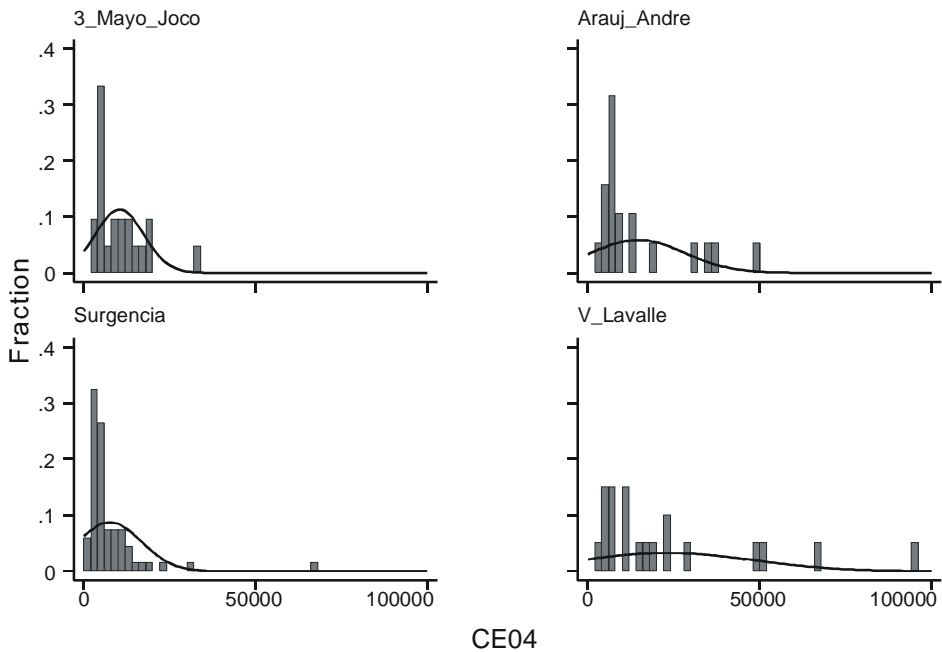


Figura 5. Histogramas de frecuencias relativas de CE_2004 ($\mu\text{S cm}^{-1}$), según área.

Si se comparan las figuras 2, 3, 4 y 5 se observan cambios en las distribuciones entre los momentos de muestreo y entre las áreas. En 2004 aparecen valores extremos superiores, mucho mayores que en 2002. El área de Villa Lavalle acusa frecuencias relativas más uniformes y los mayores incrementos de CE.

Las figuras 6 y 7 muestran que en los dos momentos de muestreo el AS posee los valores de posición de CE más bajos, aunque también es la zona con mayor cantidad de outliers. Se observa que las áreas 3 de Mayo-Jocolí, Araujo-André y Surgencia no han sufrido cambios importantes en los valores de CE en dos años, pero sí se advierte un sensible aumento de la CE en Villa Lavalle.

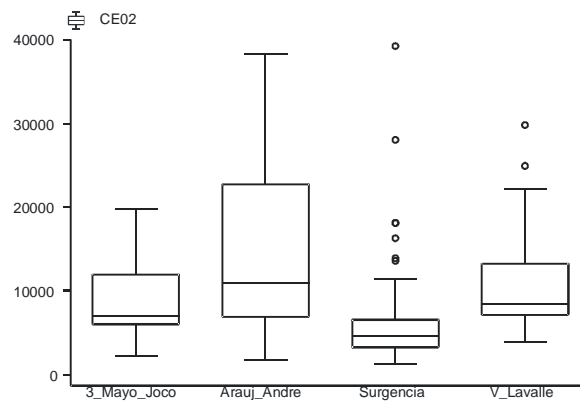


Figura 6. Diagrama de caja de CE_2002 ($\mu\text{S cm}^{-1}$) según área.

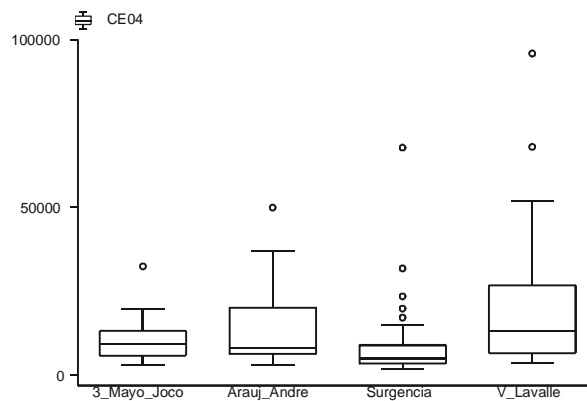


Figura 7. Diagrama de caja de CE_2004 ($\mu\text{S cm}^{-1}$) según área.

Diagnósticos de influencia

En la figura 8 (pág. 60) se observan numerosos valores outliers y leverage, es decir, valores fuera del rango del eje de ordenadas, y valores fuera del rango del eje de abscisas, respectivamente. Los primeros producen un desplazamiento de la recta de regresión, y los segundos modifican la pendiente de la misma.

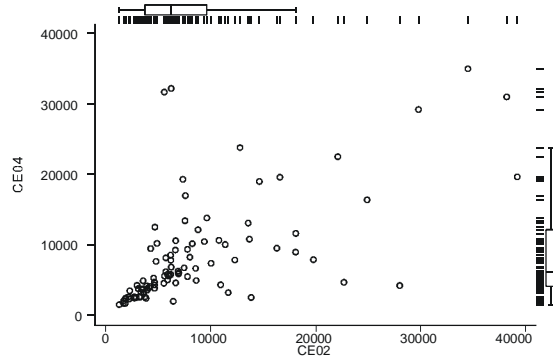


Figura 8. Dispersión CE_2004 ($\mu\text{S cm}^{-1}$) vs CE_2002 ($\mu\text{S cm}^{-1}$) y diagramas de caja de cada una de las variables.

En la figura 9 se observa que la varianza de los términos de error ϵ_i no es constante.

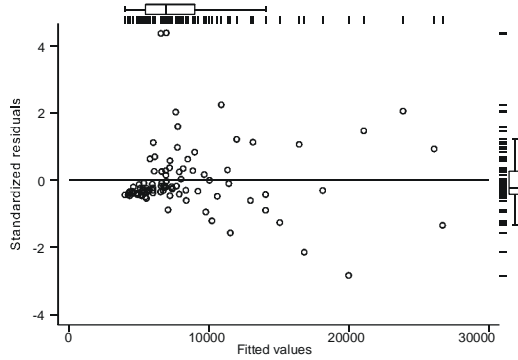


Figura 9. Residuales estandarizados versus valores predichos, diagramas correspondientes.

Con la base de datos depurados se realizó la figura 10.

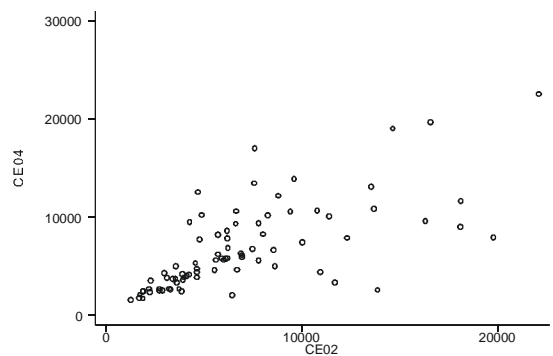


Figura 10. Dispersión CE_2004 ($\mu\text{S cm}^{-1}$) vs CE_2002 ($\mu\text{S cm}^{-1}$), de observaciones depuradas.

Las figuras 11 y 12 muestran superficies de igual valor de salinidad freática.

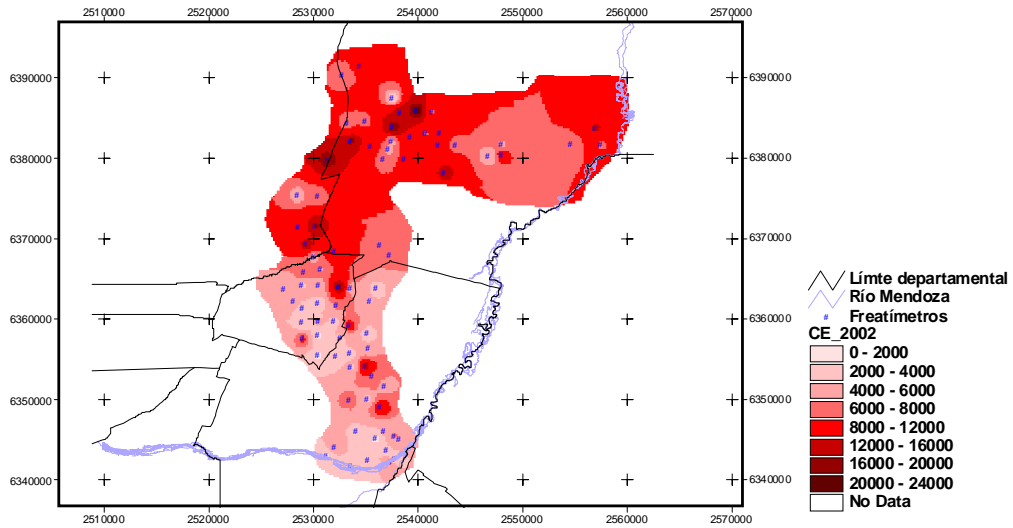


Figura 11. Plano de isosalinidad: superficies afectadas en CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$) de 2002 y ubicación de los freáticos.

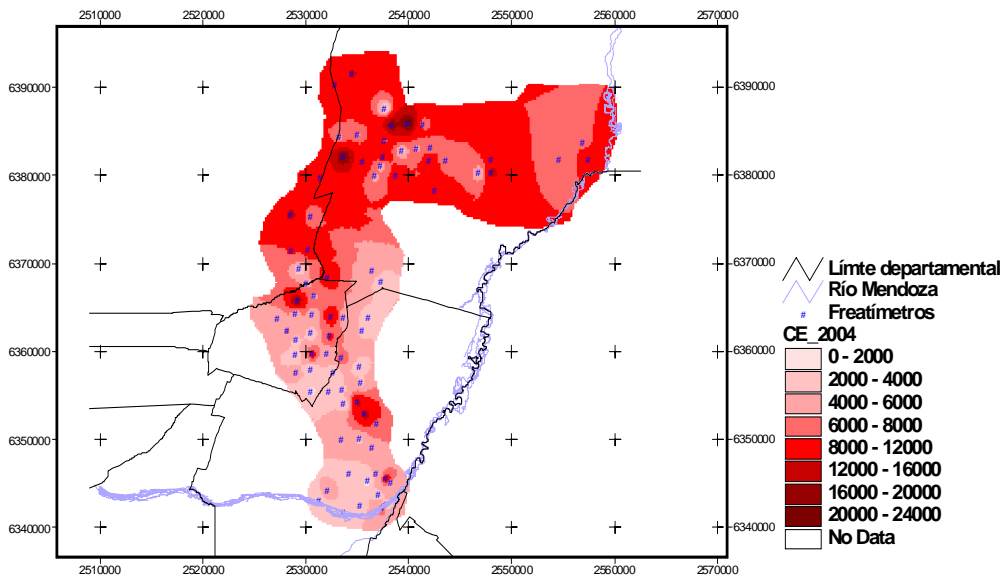


Figura 12. Plano de isosalinidad : superficies afectadas en CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$) de 2004 y ubicación de los freáticos.

En la tabla 5 se muestran las respectivas superficies y porcentajes para intervalos de 2000 y 4000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ para 2002 y 2004.

Tabla 5. Superficie por categoría de CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$) según momento de muestreo.

CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Superficie			
	2002		2004	
	ha	%	ha	%
0 - 2000	165.7	0.2	159.1	0.2
2000 - 4000	9584.2	9.3	12136.0	11.8
4000 - 6000	17073.9	16.6	18744.1	18.2
6000 - 8000	28573.5	27.8	24722.6	24.1
8000 - 12000	41862.8	40.7	44699.6	43.5
12000 - 16000	4719.2	4.6	1736.5	1.7
16000 - 20000	749.0	0.7	530.2	0.5
20000 - 24000	59.7	0.1	59.7	0.1
Total	102788	100	102788	100

En general, el agua freática es altamente salina: el 98 % del área de influencia de la red de freatómetros supera los 2000 $\mu\text{S cm}^{-1}$, y aproximadamente el 90 % supera los 4000 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

Realizando un análisis comparativo de las figuras 11 y 12 y la tabla 5, se advierte que no se han producido cambios significativos respecto de la superficie afectada por cada categoría de salinidad del agua freática. Sin embargo, se observan cambios en la ubicación espacial de las categorías salinas en el Área Lavalle, manteniéndose casi constante en el Área de Surgencia.

CONCLUSIONES

- ❖ Hay asimetría positiva en el muestreo de 2002 y 2004.
- ❖ Las medias son 6180 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (2002) y 6195 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (2004).
- ❖ En el AS los muestreos de 2002 y 2004 arrojaron valores de posición de CE más bajos, porque los aportes provienen de los acuíferos confinados de baja salinidad respecto de los aportes superficiales provenientes de la red de distribución de riego.
- ❖ En la subzona VL del AL se observa aumento de la salinidad entre las de 2002 y 2004.
- ❖ El 98 % del área de influencia de la red freatómétrica tiene salinidades superiores a los 2000 CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$).
- ❖ No se han producido cambios significativos por intervalos de salinidad entre mediciones de 2002 y 2004.
- ❖ Se observan cambios en la distribución espacial de la salinidad.

RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar un adecuado y permanente mantenimiento de la red de drenaje y de verificación topográfica del punto final de desagüe, que implica la salida de sales de la zona cultivada.
- ✓ Incrementar el abatimiento de la freática salina construyendo drenes secundarios en aquellas zonas de los sectores Oeste y Norte del área prospectada, brindando una rápida salida a las aguas salinas del sector.
- ✓ Ejecutar programas de monitoreos que correlacionen la salinidad de las aguas freáticas y de los suelos vs. rendimiento de cultivos.
- ✓ Difundir entre los usuarios de riego las ventajas del uso eficiente del agua y la construcción de drenes parcelarios.
- ✓ Evitar la contaminación producida por efluentes industriales y cloacales en los centros rurales poblados.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. Braun, R.; Pizarro, O. C.; Pacheco, M. y Gilbert, V. 1964. Intoxicación salina de vides en Costa de Araujo-Mendoza. Rev. de Invest. Agropec. Serie 3-Clima y suelo. Vol. I. N° 5. Buenos Aires. Argentina. 131 p.
2. Canavos, G. C. 1987. Probabilidad y Estadística. Mc Graw-Hill Ed. México. 651 p.
3. Mendenhall, W.; Scheaffer, R. L. y Wackerly, D. D. 1986. Estadística matemática con aplicaciones. Grupo Editorial Iberoamérica. México. 626 p.
4. Morábito, J.; Salatino, S. E.; Medina de Días, R.; Zimmermann, M.; Dediol, C.; Nacif, N.; Campos, S.; Genovese, D.; Filippini, M. F.; Bermejillo, A.; Mirábile, C. M.; Pizzuolo, P. y Mastrantonio, L. 2004. Eficiencia de riego y calidad del agua en el área regadía del río Mendoza, Argentina. Informe de avance a SECyT UNCuyo. Mendoza. Argentina. 82 p.
5. Nijensohn, L. 1960. Intoxicación de vid por cloruros. Instituto Provincial Agropecuario. Boletín Técnico N° 2. Mendoza. 30 p.
6. Ortíz Maldonado, G. 1988. Instalación de redes freáticas en las áreas irrigadas de la Provincia de Mendoza - Plan Provincial de Drenaje. Publicación Técnica N° 11. Departamento General de Irrigación, Facultad de Ciencias Agrarias-UNCuyo. Mendoza. Argentina. 99 p.
7. Ortíz Maldonado, G. et al. 2000. Tramo inferior del río Mendoza. Niveles freáticos 1983-1997. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo. 32(1): 55-69.
8. Ortíz Maldonado, G. y H. W. Gómez. 2001. Tramo medio del río Mendoza. Niveles freáticos 1986-1996. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo. 33(1): 53-63.
9. Ortíz Maldonado, G.; Morábito, J. y Rearte, E. 2002. Calidad del agua freática en el área regadía del río Mendoza. Departamento General de Irrigación, Instituto Nacional del Agua, Facultad de Ciencias Agrarias-UNCuyo. 12 p.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Chambouleyron, J.; Salatino, S. E.; Drovandi, A.; Filippini, M. F.; Medina, R.; Zimmermann, M.; Nacif, N.; Dediol, C.; Camargo, A.; Campos, S.; Genovese, D.; Bustos, R. M.; Marre, M. y Antonioli, E. R. 2002. Conflictos ambientales en tierras regadías. Evaluación de impactos en la cuenca del río Tunuyán, Mendoza, Argentina. UNCuyo-FONCYT-INA. Mendoza. Argentina. ---- p.
- Departamento General de Irrigación (DGI). 1996. Reglamento general para el control de contaminación hídrica. Resolución 778. Mendoza. Argentina. ---- p.
- FAO. 1976. Irrigation and drainage. Paper 29. Water quality for agriculture. Rome. Italy. ---- p.
- Morábito, J. 1997. El riego en el mundo, Argentina y Mendoza. Publicación interna INA-CRA. 39 p.