

SALINIDAD DEL AGUA FREÁTICA EN EL ÁREA REGADÍA DEL RÍO TUNUYÁN SUPERIOR, Mendoza-ARGENTINA

Gonzalo Ortíz Maldonado ¹⁻³, J. Morábito ¹⁻², L. Mastrantonio ³, E. Rearte ³, P. Bueno ¹, N. Mustoni ¹

¹DGI-Mendoza, ²INA-CRA, ³FCA-UNCuyo

RESUMEN

El área de estudio es una zona pedemontana denominada "Valle de Uco", está compuesta por los departamentos: Tunuyán, Tupungato y San Carlos, tiene forma de un gran anfiteatro de 72 kilómetros de sur a norte y 20 kilómetros de oeste a este. El área bajo riego esta alimentada por el río Tunuyán y un profuso sistema de arroyos que tienen origen en los deshielos de la cordillera de Los Andes. Los suelos son de origen fluvio-aluvial, con perfiles que alternan capas de distintas texturas y en profundidad predomina la grava. En general son suelos de buena permeabilidad. El clima es continental, mesotermal y árido, la temperatura media es de 15 °C y la precipitación media anual es de 370 mm. La superficie cultivada es de 35.000 hectáreas, compuesta por: vid, nogales, frutales de pepita (manzanas y perales), frutales de carozo (duraznos y cerezas) y cultivos hortícolas (tomates y ajos). Como toda área bajo riego tiene la problemática de los niveles de freáticos cercanos a superficie y el riesgo de salinización secundaria de los suelos.

Existe una red de 100 freatómetros con equidistancia, aproximada, de 2 kilómetros, 3 metros de profundidad y 63 mm de diámetro. En los mismos se realizan mediciones de profundidad freáticas cuatro veces al año (marzo, junio, septiembre y diciembre) y una vez de salinidad correspondiente al mes de septiembre. Esta última a partir del año 2005. Las muestras son analizadas en el laboratorio del Departamento General de Irrigación de Mendoza. (DGI).

El presente trabajo muestra la evaluación de la salinidad del agua freática, expresada como conductividad eléctrica a 25 °C (CE). Con la base de datos depurados se realizaron isolíneas para diferentes intervalos de la variable analizada (CE) que muestran espacialmente los sectores con distintos grados de afectación

En la extensa zona oeste del área estudiada (anfiteatro) se observan los valores más bajos de CE y de menor variabilidad, coincidentes con los aportes del sistema de arroyos. En general no existen riesgos de salinización de suelos. Comparativamente con las otras áreas cultivadas de la provincia, es la que posee la menor salinidad de las aguas freáticas.

Palabras clave: freatómetro; salinidad; conductividad eléctrica, revenición, calidad

INTRODUCCIÓN

La provincia de Mendoza tiene la mayor superficie regada del país 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 es más evidente en los extremos distales del área regada donde disminuye la pendiente coincidiendo con los sectores bajos de la cuenca. La aplicación del agua de riego y las pérdidas por infiltración en la red de distribución producen el ascenso de los niveles freáticos invadiendo la rizosfera.

En la provincia de Mendoza se encuentra el río Tunuyán, uno de los cinco ríos que atraviesa su territorio. Este cauce, tiene un caudal promedio de $30 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ y ha permitido el desarrollo del oasis centro de la provincia. Este territorio se encuentra dividido en dos subcuencas, la superior con una superficie regada de 35.000 ha y la inferior con 81.000 ha. El área regada por el río Tunuyán superior está comprendida por los departamentos de Tunuyán, Tupungato y San Carlos. Se trata de un área muy importante desde el punto de vista agrícola por cuanto en ella confluyen una serie de particularidades climáticas y calidad de suelo y agua que la ubican como muy apta para cultivos de uva de alta calidad enológica (para vinos de exportación), además de ser el área que concentra la casi totalidad de la producción de manzanos y perales de la provincia de Mendoza.

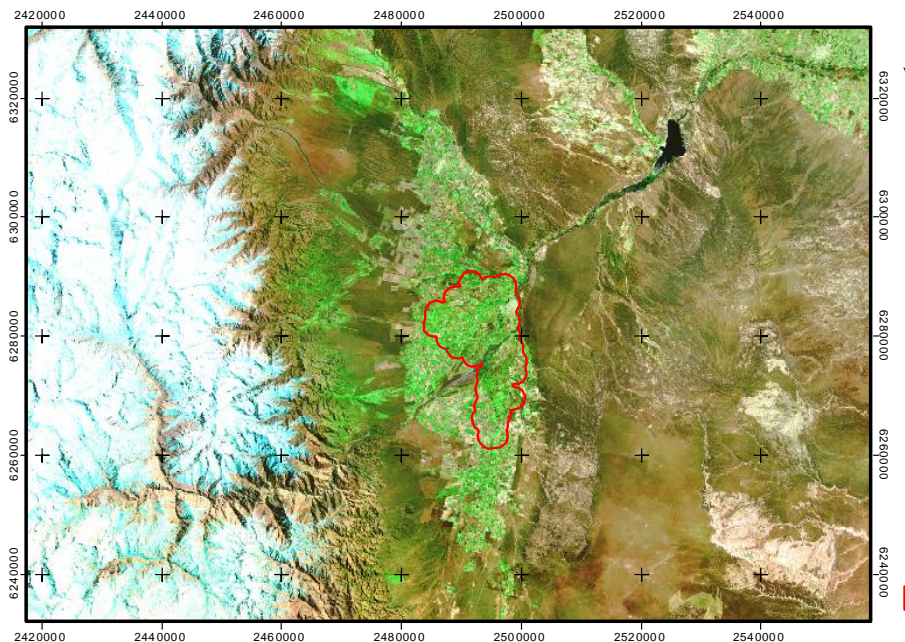


Figura 1: Valle de Uco (Tupungato, Tunuyán y San Carlos).
Superficie cultivada y delimitación del área dominada por la red freaticimétrica.

La calidad del agua de riego del río Tunuyán y de los arroyos localizados en el área de estudio ha sido reportada por Chambouleyron et al. (2002) y Morábito et al. (2008), los valores registrados son los siguientes: en arroyo Aguanda $0,43 \text{ dS m}^{-1}$, dique Yaucha $0,26 \text{ dS m}^{-1}$, dique Las Tunas $0,45 \text{ dS m}^{-1}$, dique Valle de Uco $1,16 \text{ dS m}^{-1}$, río Tunuyán en Costa Anzorena $1,27 \text{ dS m}^{-1}$ y río Tunuyán en Dique Tiburcio Benegas $1,26 \text{ dS m}^{-1}$. El área cuenta con una red de 60 freaticímetros, instalados por el Departamento General de Irrigación en 1984, proyectada a escala zonal con distanciamientos de 2,5 kilómetros, el objeto de la misma es de conocer las variaciones de los niveles freáticos, dirección de flujo y calidad de las aguas freáticas.

Tabla 1: Área afectada por el nivel freático en el río Tunuyán superior (Ortíz Maldonado, 2000)

Profundidad	Isobatas mínimas absolutas		Isobatas medias	
	hectáreas	porcentaje %	hectáreas	porcentaje %
0,0 - 0,5	860	3	0	0
0,5 - 1,0	17.472	60	4.228	14
1,0 - 1,5	4.980	17	10.955	37
1,5 - 2,0	1.433	5	6.851	23
2,0 - 2,5	2.646	9	2.985	10
2,5 - 3,0	1.843	6	4.215	14
Total	29.234	100	29.234	100

El mismo autor cita entre las conclusiones más importantes del estudio que: 1) La suma de las superficies afectadas por nivel freático en el intervalo entre 0 - 1 metro de profundidad de suelo, extraído del plano de isobatas mínimas (figura 1), es de 18.332 hectáreas, que equivalen al 63 % del área de influencia de la red freaticométrica. Este porcentaje indica un riesgo potencial elevado de revenición de suelos. Si se toma en consideración el plano de isobatas medias (figura 2) la zona afectada se reduce a 4.228 hectáreas (14 % del total analizado) lo que indica un moderado riesgo actual de problemas de saturación del suelo. El sector “este” del área es el que presenta mayores limitaciones en correspondencia con el levantamiento de la roca o material terciario (material base). En general las recomendaciones para reducir el impacto de la freática elevada se concentran en el adecuado mantenimiento de la red de colectores para asegurar así un buen drenaje natural.

Ortíz M. y Carmona (2008) dan recomendaciones para solucionar los problemas de freática alta en el oasis norte de Mendoza: a nivel de parcela se sugiere la instalación de freatómetros para conocer la oscilación freática a lo largo del año y, fundamentalmente, antes y después de cada riego. Esta oscilación le brindará al agricultor la posibilidad de regular las láminas de riego de acuerdo con la profundidad radical y la sensibilidad de los cultivos a la asfixia radical. Indica además que los planos de isobatas realizados son de escala zonal, producto de interpolaciones entre freatómetros distanciados 2 km, por lo tanto hay que analizar las particularidades a nivel de finca para conocer con certeza el comportamiento freático puntual. Respecto de la sensibilidad de los cultivos perennes a la salinidad es importante asesorarse en relación con los portainjertos adecuados.

Con respecto al Departamento General de Irrigación (DGI) se aconseja modificar el método de mantenimiento de la red principal de desagües realizado con retroexcavadoras y/o dragalinas. Esta práctica rompe la rasante de fondo del colector, provocando lagunas y favoreciendo el crecimiento de “totora”, principal obstáculo para el escurrimiento de las aguas. Otro inconveniente es el incremento progresivo de las dimensiones de los colectores. Se propone por lo tanto la siguiente metodología:

- a) el mantenimiento periódico de los caminos de servidumbre;
- b) el mantenimiento químico con el uso de herbicidas con frecuencia semestral;
- c) el mantenimiento mecánico con baldes segadores acoplados a maquinaria pesada complementado con el uso de motoguadañas manuales;
- d) limpieza manual de los puentes carreteros con frecuencia anual.

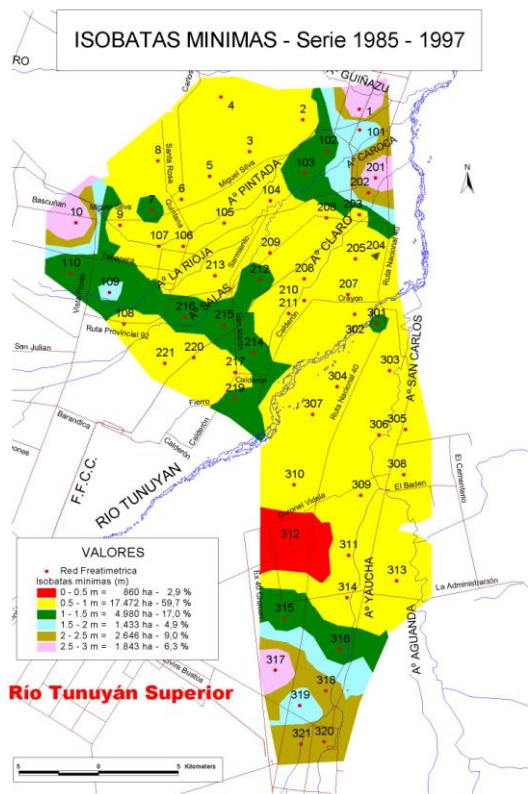


Figura 2: Plano de isolíneas de igual profundidad freática para el caso de máxima peligrosidad. Río Tunuyán superior (Ortíz Maldonado, 2000).

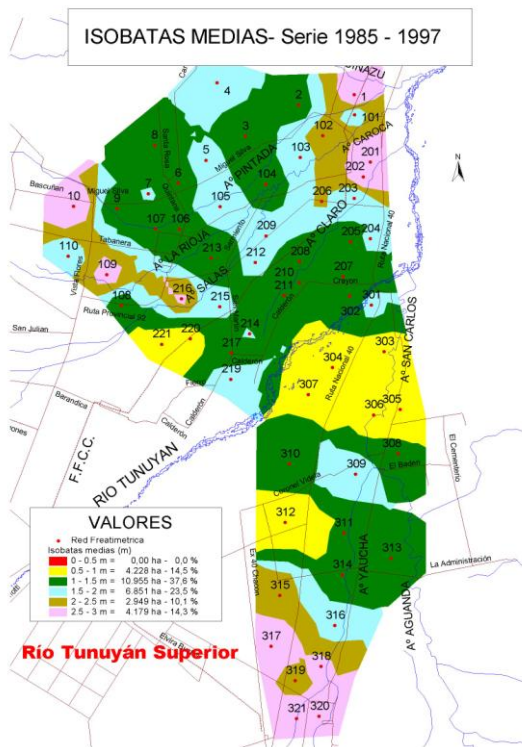


Figura 3: Plano de isolíneas de igual profundidad freática, situación promedio. Río Tunuyán superior (Ortíz Maldonado, 2000).

Morábito y otros (2008) estiman la demanda de riego de los principales cultivos de la zona centro de la provincia a los fines de una planificación racional del uso del agua y de un manejo eficiente del riego a nivel parcelario. Para lograr el objetivo propuesto se seleccionaron dos (2) estaciones meteorológicas, una del INTA La Consulta y la otra del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) que se encuentran en el área de estudio, sistematizándose adecuadamente la información básica disponible de cada una de ellas. Para cada estación y para cada uno de los 10 años del período seleccionado y mediante la aplicación del programa CROPWAT se modeló la evapotranspiración del cultivo de referencia mensual (ET_o). Utilizando el programa SMADA se obtuvieron valores de ET_o para tres probabilidades de ocurrencia (80, 50 y 20 %). Los resultados se presentan –para el área de influencia de cada estación meteorológica- en forma de tablas (ET_o, ET_c, Nn). Se pretende que la información aquí obtenida sea de utilidad inmediata tanto para los profesionales encargados del manejo del riego en una propiedad, para una mejora de la programación de los riegos, así como para la simulación de la asignación del recurso agua en los distintos niveles de la administración (inspecciones de cauce, asociaciones de inspecciones de cauce, etc.) a fin de realizar una entrega más ajustada a la realidad y considerando las eficiencias de riego factibles de alcanzar.

Chambouleyron y otros (2002) indican “la necesidad de una administración única en la cuenca y no dividida en dos sub-cuencas tal como se lo hace en la actualidad. También indican que un incremento de la superficie cultivada de 20.000 hectáreas en la cuenca superior generará un impacto que reducirá la calidad del agua en la cuenca regadía del río Tunuyán inferior.

OBJETIVOS

El presente trabajo tiene por objeto analizar la variable salinidad total del agua freática expresada en dS m^{-1} a 25 °C (CE) para las áreas con niveles freáticos cercanos a la superficie en la cuenca río Tunuyán Superior. Se plantea también como objetivo realizar un análisis de la variabilidad y obtener mapas para el análisis espacial. Se pretende además generar una base de datos que contribuya a analizar la evolución de la salinidad en el tiempo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un análisis exploratorio de los datos considerando todas las observaciones en los siete momentos de muestreo: mayo de 2005, agosto de 2006, abril y octubre de 2007, febrero y agosto de 2008, y febrero de 2009. Se calcularon medidas de tendencia central (media, mínimo y máximo) y de dispersión (desviación estándar).

Con el fin de encontrar posibles valores outliers o leverage se realizó diagnóstico de influencia a través del cálculo de los residuos estudentizados y de los elementos de la diagonal de la matriz HAT. 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 $h_{ii} > 0,0426$ ($=2p/n$) ó con $r_{student} > |2|$.

Se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson, entre los momentos de muestreo. Con la base de datos depurada se realizaron planos de isosalinidad, mediante el método de los vecinos más cercanos, previo se definió los intervalos de salinidad de 2 dS m^{-1} en base a la sensibilidad de los cultivos y a la amplitud de los datos de conductividad eléctrica observados.

RESULTADOS OBTENIDOS

La tabla 2 presenta el número de observaciones de la variable CE para los meses y años medición, los valores medios, la desviación estándar, los valores mínimos y máximos registrados.

Tabla 2: número de observaciones de la variable CE, media, desviación estándar, valores mínimos y máximos registrados para las distintas fechas de registro

Variable Fecha de medición	n	Media (dS m ⁻¹)	Desviación estándar (dS m ⁻¹)	Mínimo (dS m ⁻¹)	Máximo (dS m ⁻¹)
Mayo 05	29	2,61	1,98	0,62	8,98
agosto 06	47	2,17	1,42	0,48	7,33
abril 07	52	2,19	1,35	0,45	6,88
octubre 07	55	2,55	1,59	0,47	9,90
febrero 08	46	2,06	1,23	0,32	5,46
agosto 08	52	2,54	1,33	0,83	6,64
febrero 09	33	2,27	1,29	0,76	6,63

En general se observan valores medios estables en el tiempo, variando entre francamente salina (C5) y fuertemente salina (C6) según Wainstein.

Cuando se analizan los coeficientes de correlación de Pearson, se observa que existe correlación lineal positiva entre todos los momentos de muestreo, excepto entre mayo de 2005 y febrero de 2009.

Tabla 3: Coeficientes de correlación de Pearson

	mayo05	agosto06	abril07	octub07	febre08	agosto08	febr09
mayo05	1,00						
agosto06	0,67*	1,00					
abril07	0,70*	0,75*	1,00				
octub07	0,46*	0,81*	0,79*	1,00			
febr08	0,89*	0,72*	0,57*	0,60*	1,00		
agosto08	0,72*	0,62*	0,70*	0,61*	0,75*	1,00	
febr09	0,48ns	0,51*	0,65*	0,48*	0,71*	0,80*	1,00

Las siguientes figuras ilustran el área de localización y acción de los freáticos en la cuenca del Valle de Uco y las otras figuras (4 a 10) las áreas con distintos valores de salinidad de agua freática expresada a través de la conductividad eléctrica (dS m⁻¹) desde mayo de 2005 a febrero del año 2009.

Se presentan a continuación los planos de isolíneas de salinidad freática en el área de estudio, para las fechas comprendidas entre mayo de 2005 y febrero de 2009. El color verde representa el valor más bajo de salinidad freática correspondiente a 2.000 d S m⁻¹ y van pasando a amarillo claro, amarillo fuerte, rosado, rojo, rojo púrpura y marrón que corresponde a valores de 16.000 dS m⁻¹ ó más.

La tabla 4 presenta la superficie afectada por agua freática salina para distintos intervalos de salinidad de la misma y su porcentaje respecto del total analizado. Así pues para un área total de

29.145 ha, se puede observar que, aproximadamente el 38 % del área dominada por la red de freáticos (11.007 hectáreas) tienen una salinidad inferior a 2 dS m^{-1} y en promedio el 57 % del área posee salinidad freática entre 2 y 4 dS m^{-1} representado un área media de 16.721 hectáreas (figura 11).

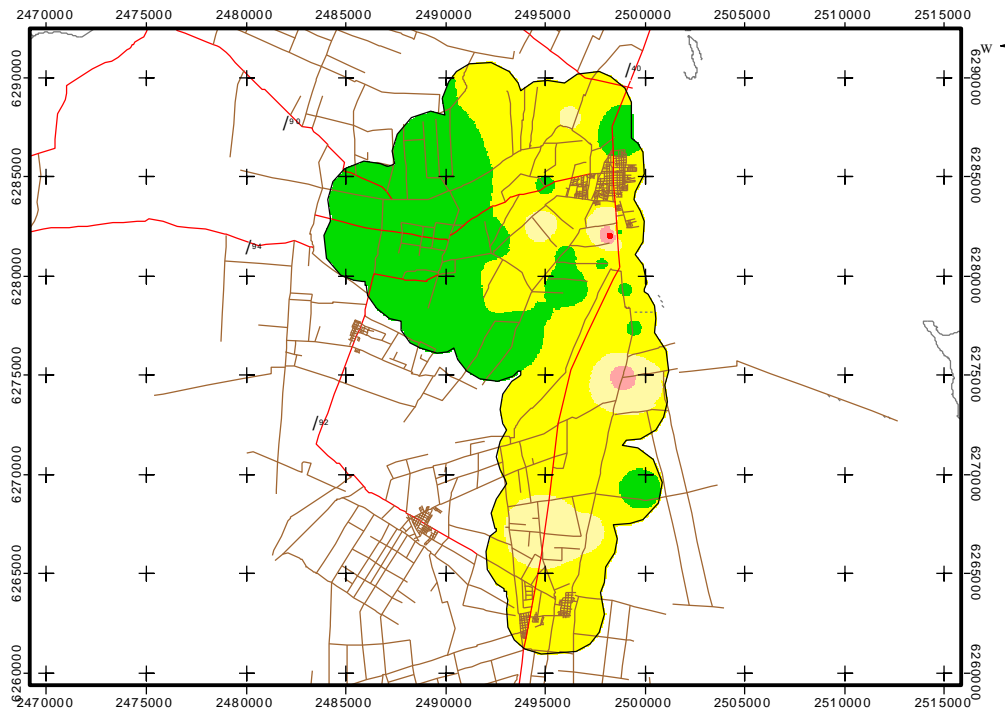


Figura 4: Conductividad eléctrica (dS m^{-1}) del agua freática, mayo de 2005.

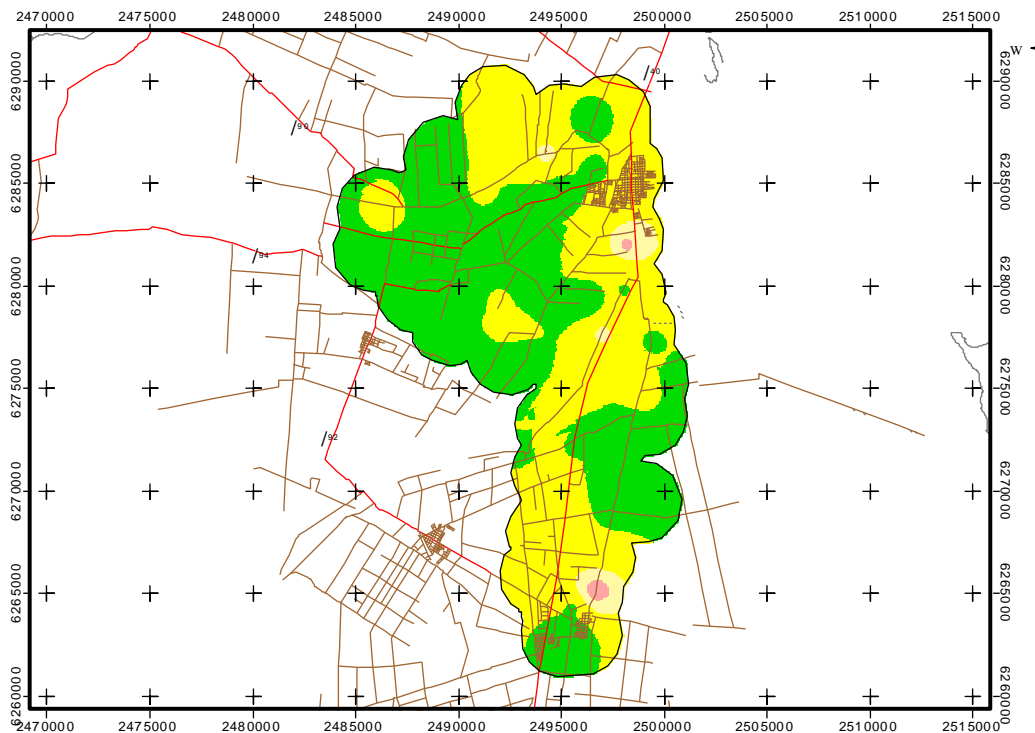


Figura 5: Conductividad eléctrica (dS m^{-1}) del agua freática, agosto de 2006.

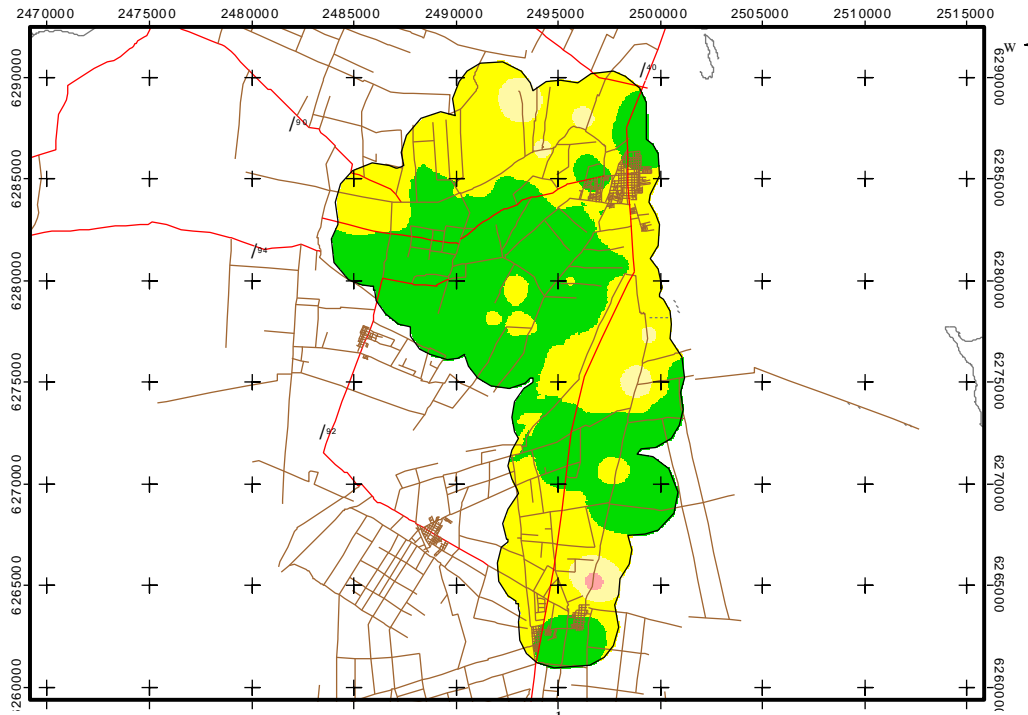


Figura 6: Conductividad eléctrica (dS m^{-1}) del agua freática, abril de 2007.

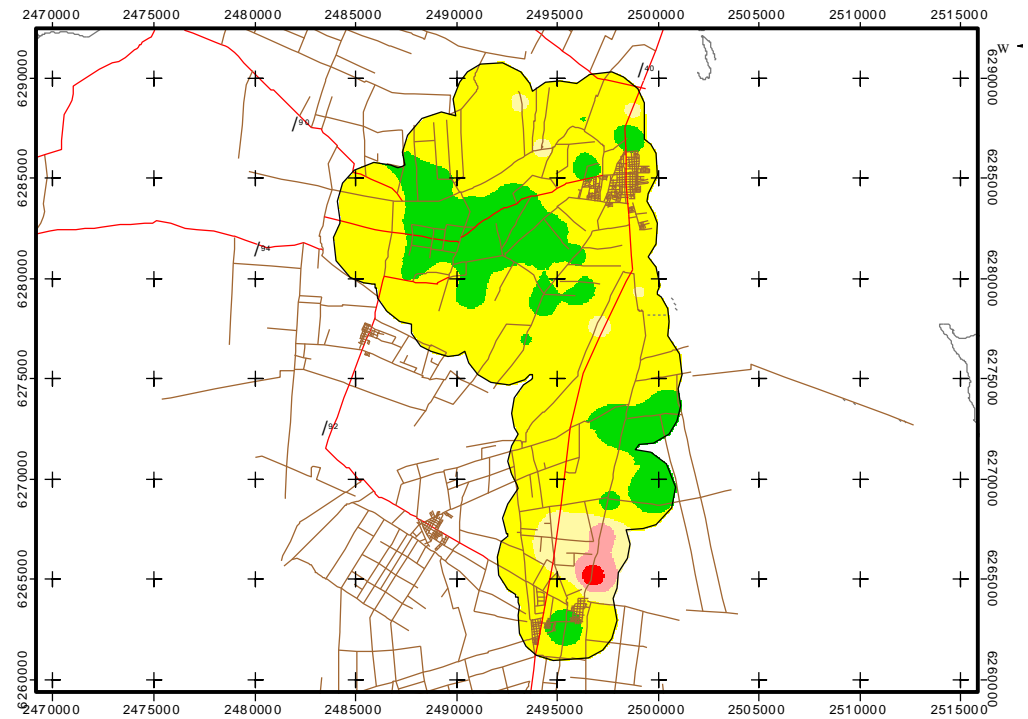


Figura 7: Conductividad eléctrica (dS m^{-1}) del agua freática, octubre de 2007.

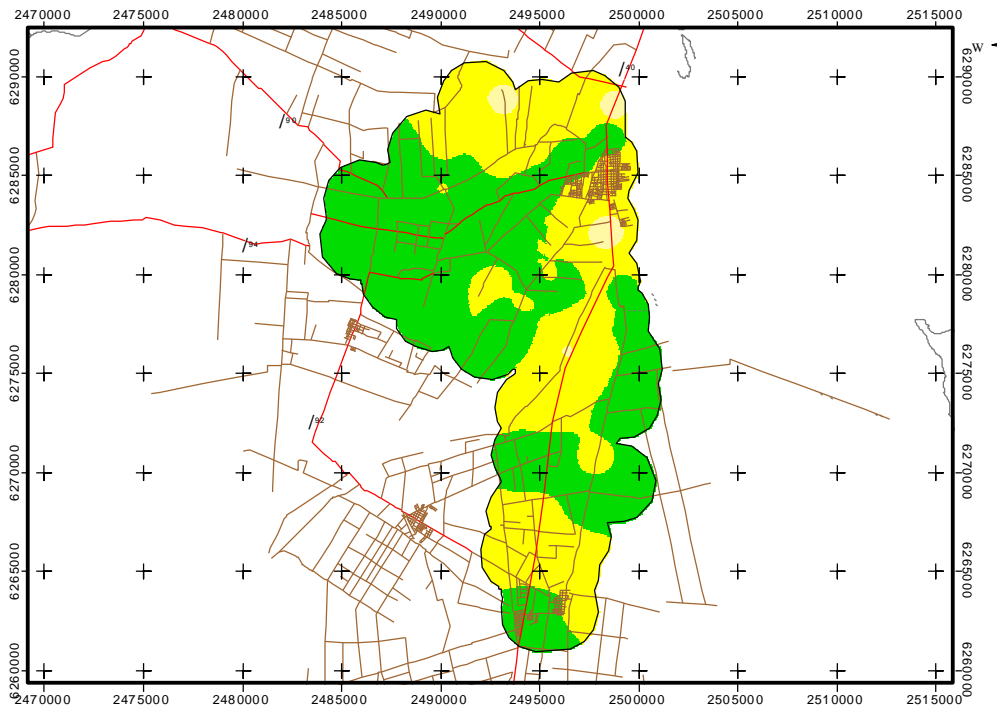


Figura 8: Conductividad eléctrica (dS m^{-1}) del agua freática, febrero de 2008.

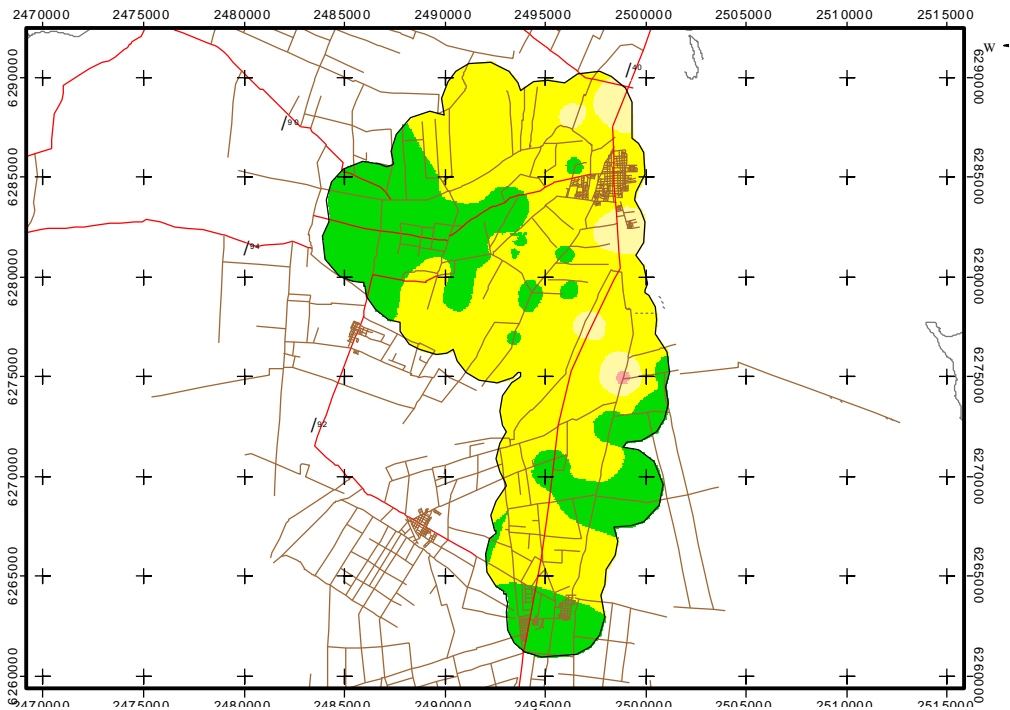


Figura 9: Conductividad eléctrica (dS m^{-1}) del agua freática, agosto de 2008.

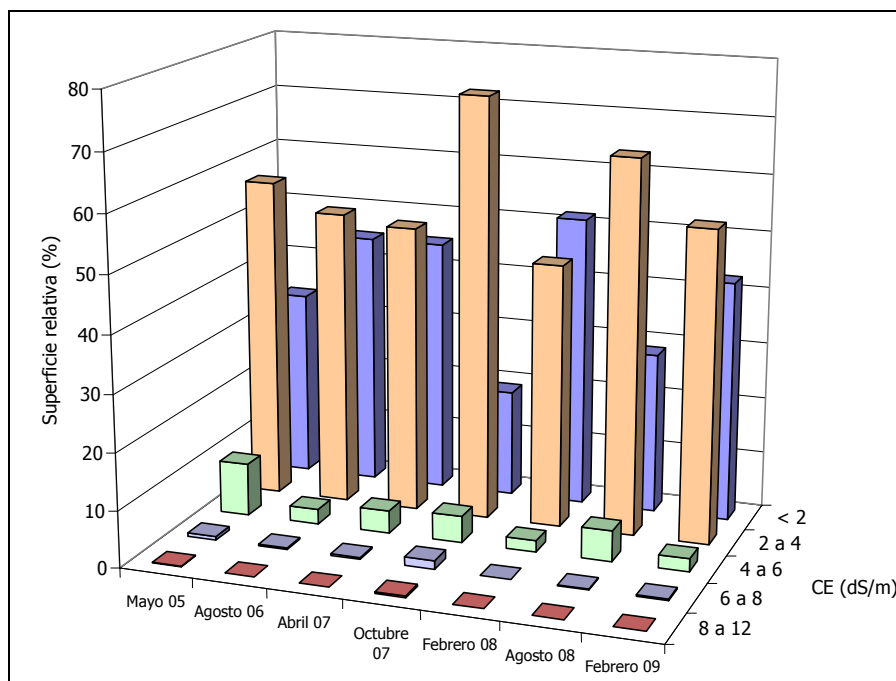


Figura 11: Superficie relativa (%) según el grado de afectación a la salinidad del agua freática para distintas fechas de registro.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Más de un tercio (38%) de la superficie total analizada presenta niveles de salinidad de agua freática inferiores a 2 dS m^{-1} , lo cual indica que no presenta serios riesgos de afectación a los cultivos. Estas salinidades muestran pequeñas variaciones en función del tiempo. Las áreas afectadas se encuentran localizadas en el sector Oeste del área de estudio, correspondiente a los distritos de “Las Pintadas, Cordón del Plata, Villa Seca y Vista Flores.

También se observan en los sectores Este en las inmediaciones del río Tunuyán y arroyo San Carlos.

Los niveles de mayor salinidad, entre 2 y 6 dS m^{-1} , se observaron en las inmediaciones de la ciudad de San Carlos, Capiz e inmediaciones de la ciudad de Tunuyán.

En general, la calidad del agua freática del lugar puede clasificarse como buena (C1S2), motivo por el cual el mayor problema es la saturación del suelo, más que la salinidad, no obstante ello existen sectores con valores de salinidad freática que constituyen un peligro desde el punto de vista de su calidad.

Por ello las recomendaciones se centran en asegurar un mantenimiento periódico de los arroyos que actúan como desagües, tales como los arroyos: Guiñazú, Salas Caroca, Claro y Negro.

Ampliar la red de desagües mediante la construcción de drenes secundarios, en aquellas zonas con drenaje deficitario como son los distritos de “Salto de las Rosas”, “La Primavera” y “Capiz”, aprovechando que se dispone de desniveles topográficos adecuados.

Evaluar la maquinaria y la tecnología que se está usando actualmente para el mantenimiento de las redes de drenaje. Del estudio técnico económico deberá surgir la necesidad o no, de adquirir nuevas maquinarias más modernas y eficientes. Además la capacitación de los maquinistas locales deberá ser considerada.

BIBLIOGRAFÍA

- Chambouleyron J., S. Salatino, A. Drovandi, M. Filippini, R. Medina, M. Zimmermann, N. Nacif, C. Dediol, A. Camargo, S. Campos, D. Genovese, R. Bustos, Marre y E. Antonioli** (1992). *Conflictos ambientales en tierras regadías. Evaluación de impactos en la cuenca del río Tunuyán, Mendoza, Argentina*. Editor: UNCuyo – Coeditores: FONCYT – INA. ISBN: 987-1024 – 17 – 7.
- Schilardi C., J. Morábito y R. Vallone** (2008). “*Desempeño del riego por superficie en el área de regadío de la cuenca del río Tunuyán superior, Mendoza, Argentina*”. IV Jornadas de actualización en riego y fertirriego. Hacia un manejo sustentable de los recursos naturales ante escenarios de escasez hídrica. 4 y 5 de diciembre. FCA-UNCuyo, INA, INTA, DGI e CIAM. Mendoza, Argentina.
- Morábito J., R. Hernández y S. Salatino.** (2008) *Necesidades de riego de los cultivos más relevantes de las áreas de regadío del oasis centro de la provincia de Mendoza – Argentina*. INA-CRA - FCA-UNCuyo. Mendoza, Argentina.
- Ortíz Maldonado Gonzalo y J. Jordá.** “*Análisis de la serie 1985 – 1997 de registros de niveles freáticos, río Tunuyán superior*”. IX Jornadas de Investigación y Docencia de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo. 16 al 17 de noviembre del 2000, Mendoza – Argentina.
- Ortíz Maldonado Gonzalo y Víctor Carmona** (2008). *Comportamiento y clasificación de riesgo freático Lavalle, Mendoza, Argentina*. Rev. FCA UNCuyo. Tomo XL. N° 2. Año 2008. 25-40.
- Ortíz Maldonado G., J. Morábito, E. Rearte, L. Mastrantonio** (2005). *Salinidad del agua freática en el área regadía del Río Mendoza*. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo. Mendoza. Argentina. 37(2): 51-64.