

# PRESENCIA DE NITRATOS EN EL ACUÍFERO FREÁTICO DEL OASIS CENTRO, RÍO TUNUYÁN SUPERIOR, MENDOZA – ARGENTINA

*Mirabile Carlos<sup>1</sup>, Ortiz Maldonado G.<sup>1-2</sup>, Mastrantonio L.<sup>2</sup>, Morsucci Aldo<sup>1</sup> & Morábito José<sup>1-2</sup>*

<sup>1</sup> Instituto Nacional del Agua, Centro Regional Andino, Mendoza – Argentina.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Agrarias, Mendoza – Argentina.

cmirabile@ina.gob.ar

## Resumen

El área de estudio está localizada en Valle de Uco, provincia de Mendoza y es regada por el río Tunuyán y un profuso sistema de arroyos que tienen origen en los deshielos de la Cordillera de los Andes. En ella se cultivan aproximadamente 51.000 ha de vid, nogales, frutales de pepita y carozo, cultivos hortícolas y aromáticos. Como toda área de regadío tiene niveles freáticos cercanos a superficie en el sector de menos cota con el riesgo de salinización secundaria de los suelos. Desde 1984 se realizan anualmente, 4 mediciones de profundidad de nivel freático y una medición de conductividad eléctrica (CE) del agua, en la red compuesta de 70 freatómetros de 3 metros de profundidad, con una equidistancia aproximada de 2 km.

La infiltración y/o percolación profunda del agua de lluvia, el riego, el lavado de suelos salinos, los desechos y efluentes de industrias, etc., afectan y modifican, desde el punto de vista químico, el acuífero superior. En los últimos años se observa una transformación en el uso del suelo debido al incremento de “fincas country” que poseen cabañas, hoteles y casas sin servicio de alcantarillado que acentúan esta variación. La presencia de nitratos y nitritos en el ambiente se produce naturalmente, no obstante, las actividades antrópicas influyen notoriamente alterando sus concentraciones, pudiendo alcanzar niveles peligrosos para la salud del hombre y de los animales.

El objetivo del trabajo es evaluar los contenidos de nitratos en el agua freática del oasis y su variabilidad espacial, determinando fuentes y sus posibles efectos. Durante los meses de abril, julio y diciembre de 2014 se realizó una campaña de muestreo en 30 freatómetros estratégicamente distribuidos en el área de estudio, donde se midió además de lo anteriormente indicado, la concentración de nitratos.

Los resultados, sometidos a análisis estadísticos descriptivos, muestran valores de nitratos comprendidos entre 0,4 y 157,5 mg.L<sup>-1</sup> (de un total de 86 mediciones sólo 6 superaron los 45 mg.L<sup>-1</sup>). En julio se presentan los menores valores medios y abril es el de mayor variabilidad. Se confeccionaron, además, mapas de isovalor que muestran espacialmente los sectores con distintos grados de afectación con su coeficiente de variabilidad. El área localizada al oeste de la Ruta 40 y al sur del río Tunuyán presenta los mayores contenidos, debido a la contaminación difusa producida esencialmente por fertilizantes y puntualmente por pozos sépticos que podrían incrementar los valores provenientes de las fertilizaciones. Se plantea, además, la pertinencia de realizar una mayor cantidad de determinaciones para identificar con mayor precisión los procesos contaminantes que puedan tener lugar en el suelo y subsuelo de la cuenca.

**Palabras clave:** contaminación, agua subterránea, polución, freatómetro; salinidad; revenición, calidad

## INTRODUCCIÓN

El agua subterránea proporciona alrededor del 50 % de toda el agua potable y el 43% de todo el riego agrícola; la agricultura de regadío representa el 20% de la tierra cultivada pero aporta el 40 % del total de alimentos producidos en el mundo (FAO, 2015). Los enormes progresos en la producción alimentaria en los últimos años han hecho posible proporcionar alimentos de mejor calidad a mayor número de personas. Sin embargo, con demasiada frecuencia, esto se logra a expensas de los recursos hídricos y de la salud de los ecosistemas que sustentan. Para hacer frente a este desafío, la FAO propone modelos para utilizar más eficientemente los recursos, aumentando la productividad del agua para los usos domésticos, industriales y agrícolas, (FAO, 2015).

La contaminación de este vital recurso puede ocasionar graves problemas habida cuenta de que la producción agrícola mendocina se basa en una agricultura bajo riego, que desde fines del siglo pasado el recurso hídrico superficial está totalmente comprometido y que los pronósticos de cambio climático auguran para esta región una reducción de la disponibilidad hídrica.

El acuífero superior o freático está sometido a distintas acciones que lo modifican desde el punto de vista químico. La infiltración y/o percolación profunda del agua de lluvias, riegos, lavados de suelos salinos, como también desechos y efluentes de industrias son, entre otros, los principales modificadores.

Hay que recordar que la presencia de nitratos y nitritos en el ambiente se produce naturalmente; no obstante las actividades del hombre influyen notoriamente en la variación de las concentraciones presentes las que, cuando superan un nivel determinado, son peligrosas para la salud humana y de los animales. Los compuestos de nitrógeno y fósforo son nutrientes esenciales, responsables del crecimiento desmesurado de algas y otras especies sintomáticas de masas de agua eutróficas. Tanto en el agua subterránea como en el suelo, los nitratos presentes provienen o se originan a partir de la descomposición natural realizada por bacterias, de materiales nitrogenados orgánicos como proteínas de plantas y animal y de excretas humanas y de animales. Otras fuentes antropogénicas importantes son el uso de fertilizantes nitrogenados en la agricultura y la disposición de excretas y desechos industriales. Si bien el nitrito es el compuesto tóxico (se forma a partir de los nitratos), son estos últimos los que dan idea del grado de contaminación y toxicidad existente. El nitrógeno puede encontrarse en el agua en tres maneras diferentes: disuelto como gas y en combinaciones inorgánicas y orgánicas.

La movilidad horizontal del agua freática, en los tres primeros metros de profundidad de suelo, es escasa y muy lenta, ésto unido a particulares condiciones estacionales de manejo del riego dan una marcada influencia hidroquímica local sobre el acuífero. Esas condiciones “determinan gran variabilidad hidroquímica horizontal y estacional del acuífero freático con fuerte impacto antropogénico lo que incide en un paulatino abandono de perforaciones someras e incremento de la explotación del acuífero principal” (Álvarez, 1995).

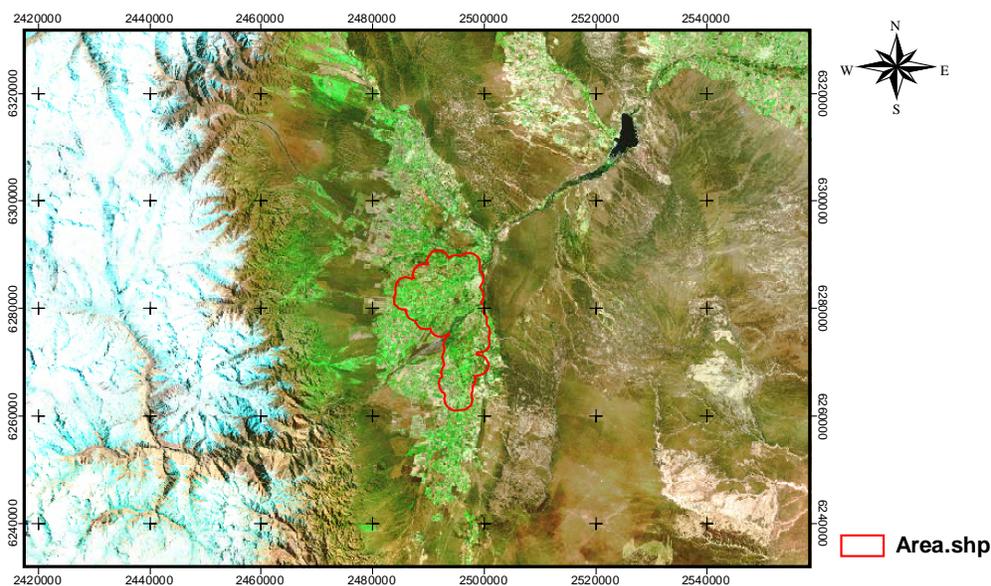
Los oasis regadíos de Mendoza (Norte y Centro) no son la excepción; en ellos se desarrolla una agricultura intensiva en donde predominan la vid y los frutales (de carozo y de pepita) acompañados de hortalizas (tomate, ajo, cebolla, papa, entre otras), que necesitan frecuentes fertilizaciones de base nitrogenada, para desarrollar su máximo potencial productivo. Estas prácticas culturales, tienen su impacto en la contaminación nitrogenada del agua.

El contaminante inorgánico más común en el agua subterránea es el nitrógeno disuelto (nitratos, su forma más estable), y su presencia en concentraciones no deseables (mayores a  $45 \text{ mg L}^{-1}$ ) es potencialmente peligrosa en los sistemas acuíferos (Freeze y Cherry, 1979). Aunque el nitrato es la forma principal en que el Nitrógeno está en el agua subterránea, también puede estar presente en otras formas: amonio, amoníaco, nitrito, óxido nitroso y nitrógeno orgánico incorporado a sustancias orgánicas

## DESCRIPCIÓN DEL AREA y ANTECEDENTES

La provincia de Mendoza, una de las de mayor superficie regada del país, cuenta con una vasta infraestructura de riego y drenaje. El módulo del río Tunuyán, de  $30 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  ha permitido el desarrollo del Oasis Centro. En la misma cuenca se encuentran, además, el río Las Tunas ( $2,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) y una serie de arroyos importantes entre los que se destacan el Aguanda ( $4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) y el Yaucha ( $6,7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ). Existe además un número importantes de afloramientos que dan origen a arroyuelos menores que dan a la zona una característica muy particular. Este territorio se encuentra dividido en dos subcuencas: la superior, con una superficie regada de 51.000 ha y la inferior con 81.000 ha.

El área regada por el río Tunuyán superior (RTS) comprende los departamentos de Tunuyán, Tupungato y San Carlos y en ella confluyen una serie de particularidades climáticas y calidad de suelo y agua que la ubican como muy apta para cultivos de vid de alta calidad enológica. Concentra, además, una importante producción frutí-hortícola. La zona dispone de una excelente red vial, la ubicación de importantes centros urbanos y turísticos y una importante industria agroalimentaria.



**Figura 1: Valle de Uco (Tupungato, Tunuyán y San Carlos). Superficie cultivada y delimitación del área dominada por la red freática (Ortíz Maldonado y Jordá, 2000)**

La calidad del agua del río Tunuyán y de los arroyos localizados en el área de estudio ha sido estudiada por investigadores del Centro Regional Andino del INA (Chambouleyron et al., 2002 y Morábito et al., 2008). Los valores de salinidad obtenidos fueron los siguientes: Arroyo Aguanda:  $0,43 \text{ dS m}^{-1}$ , Arroyo Yaucha:  $0,26 \text{ dS m}^{-1}$ , río Las Tunas:  $0,45 \text{ dS m}^{-1}$ , río Tunuyán en 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 posee un importante acuífero que se hace confinado en la zona central-baja de la cuenca, sobre el cual se distingue un acuífero superficial o freático y otro más profundo, que en algunos sectores presenta surgencia. Existe un sector con problemas de aguas freáticas cercana a la superficie que cuenta con una red de 70 freátímetros, instalados por el Departamento General de Irrigación (DGI), en 1984. Los pozos de observación presentan un distanciamientos de –aproximadamente– 2 km y el objeto de la misma es el de conocer las variaciones de los niveles freáticos, la dirección de flujo y la calidad de las aguas freáticas. Ortiz Maldonado y Jordá (2000) mencionan que, sobre las 29.234 ha que cubre la red freática, “la suma de las superficies afectadas por nivel freático en el intervalo entre 0 - 1 m de profundidad de suelo es de 18.332 ha, lo que equivale al 63 % del área de influencia de la red freática”. El sector “este” del área es el que presenta mayores afectaciones en correspondencia con el levantamiento de la roca o 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. Los mismos autores señalan, en mediciones realizadas en los años 2005 a 2009, que más del 90 % del área estudiada tiene una freática cuya salinidad está por debajo de  $4 \text{ dS.m}^{-1}$

Chambouleyron y otros (2002) proponen “la necesidad de una administración única de la cuenca y no dividida en dos sub-cuencas tal como se lo hace en la actualidad”. Mencionan, además, que un incremento de la superficie cultivada en la cuenca superior generará un impacto que reducirá la calidad del agua en la cuenca regadía del río Tunuyán inferior (este del Oasis Norte). Por su parte, 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; Schilardi et al (2011) obtienen que las eficiencias de riego en finca, de la cuenca alta del río Tunuyán se califican como “pobres” y podrían mejorarse en un 25 % si se mejorase la gestión del riego.

Perdomo et al (2001), en Uruguay, en zonas agrícolas del sud oeste evalúa los niveles de nitratos en las agua subterráneas e identifica fuentes de contaminación. Su trabajo vincula distintas características de las perforaciones (antigüedad, profundidad, tipo de construcción, distancia a fuente de contaminación), determinando que la variable más asociada a la contaminación nitrogenada era la distancia de los pozos a las fuentes localizadas.

Los nitratos están naturalmente presentes en medios líquidos en valores que oscilan alrededor de los  $3 \text{ mg L}^{-1}$ ; de hecho, se considera contaminación antrópica cuando estos valores superan los  $5 \text{ mg L}^{-1}$  (Lavie, 2009). Asimismo cuando se superan los  $10 \text{ mg L}^{-1}$  se enciende una señal de alerta. Estimaciones realizadas en Francia (Hoffmann y Tarrise, 2000) consideran que las consecuencias para el ecosistema son irreversibles a partir de una concentración superior a  $10 \text{ mg L}^{-1}$ . En ese país la Agencia del Agua clasifica como de muy buena calidad aguas con menos de  $2 \text{ mg L}^{-1}$  y como de buena calidad aguas que posean hasta  $10 \text{ mg L}^{-1}$  de nitratos (Lavie, 2009). En Mendoza, la calidad de vertidos directos e indirectos a los cuerpos receptores (red de riego y drenaje) está regida por la Resolución 778/96 del D.G.I. que establece dos (2) límites: un “máximo permitido” y un “máximo tolerable”. Para el caso del nitrato estos límites son  $\leq 45$  y  $45 \text{ mg. L}^{-1}$ , respectivamente.

Para la Organización Mundial de la Salud (OMS) los criterios de calidad para agua potable establecen una concentración máxima de nitratos de  $45 \text{ mg L}^{-1}$ ; de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de nitratos; cuando estos estándares se superan constituyen un riesgo sanitario para la población. Según Morabito et al., (2012) el valor medio del nitratos en el agua superficial obtenido en el dique Valle de Uco (cabecera del sistema de riego) entre los años 2007 y 2009 fue de  $1,92 \text{ mg. L}^{-1} (\pm 1,85)$  y en Costa Anzorena -para el mismo período- el valor fue  $1,5 \text{ mg L}^{-1}$

En estudios realizados en el área del Gran Mendoza sobre contaminación del agua subterránea, Álvarez (1995) determinó que el primer nivel de explotación en la cuenca del río Mendoza poseía concentraciones de nitratos superiores a los  $20 \text{ mg.L}^{-1}$  aumentando a tenores superiores a  $100 \text{ mg.L}^{-1}$  en las zonas más pobladas de los departamentos de Guaymallén, Las Heras, Godoy Cruz y Capital. En el segundo nivel de explotación se observaron -en general- tenores inferiores ( $20$  a  $50 \text{ mg.L}^{-1}$ ) por lo que se consideró que el proceso de contaminación era incipiente. En el tercer nivel, estas concentraciones no superaban el valor de  $1 \text{ mg.L}^{-1}$ . Posteriormente, en el año 2006 Álvarez et al concluyen que el proceso es de contaminación continúa y que el primer nivel de explotación del área de estudio se encuentra muy impactado por la presencia de concentraciones elevadas de nitratos ( $170 \text{ mg L}^{-1}$ ) y de sales disueltas, que representan indicadores de un alto nivel de contaminación.

Álvarez et al (2008, 2011) en un trabajo que pretende identificar para el noreste de la ciudad de Mendoza el origen de la contaminación utilizando tecnología hidroquímica mediante la evaluación de diversos parámetros físico químicos y biológicos y técnicas isotópicas para corroborar la procedencia del agua demuestran que la presencia de nitratos en los acuíferos semiconfinado y confinado no proviene de la influencia del acuífero libre suprayacente (afectado por el re-uso de efluentes) sino que se relaciona con el ingreso de flujo horizontal de

aguas subterráneas contaminadas provenientes del área del Gran Mendoza, debido a las pérdidas en las redes de alcantarillado y obras de saneamiento “in situ”.

Se podría pensar entonces que así como los estratos acuíferos superiores de la cuenca del río Mendoza están contaminados con nitratos, los del río Tunuyán Superior no serían una excepción. En ellos se desarrolla una agricultura intensiva en donde predominan la vid y frutales, acompañados de hortalizas, que reciben las aplicaciones frecuentes de fertilizaciones de base nitrogenada (abonos orgánicos e inorgánicos), para desarrollar su máximo potencial productivo. Estas prácticas culturales, lógicamente tienen sus implicancias en la contaminación nitrogenada del agua. Hay que destacar que actualmente existen en la provincia más de 20 áreas de cultivos restringidos especiales (ACRE), que abarcan más de 7000 ha. Los cultivos se riegan con efluentes domésticos tratados bajo estrictas normas sanitarias establecidas por la OMS pero con niveles de contenidos de nitratos mayores a los naturales, por lo que las aguas percoladas por riegos excesivos podrían incrementar las concentraciones en los acuíferos superficiales.

## **OBJETIVOS**

El presente trabajo tiene por objeto cuantificar el nivel de nitratos en el agua subterránea del acuífero freático del Oasis Centro de la provincia de Mendoza, su dinámica temporal y espacial, determinando fuentes y sus posibles efectos; realizar un análisis de la variabilidad y obtener mapas para el análisis espacial, determinado aéreas de peligrosidad y -por último- generar una base de datos que contribuya a analizar la evolución en el tiempo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

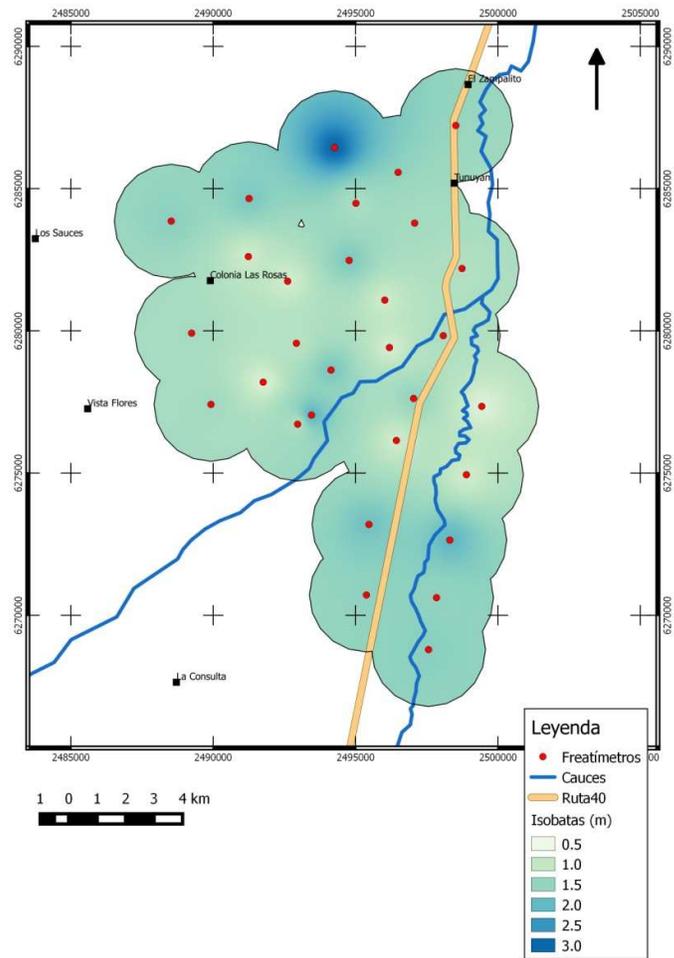
Sobre la base de las campañas de registro de niveles freáticos, se extrajeron muestras de agua freática en 30 pozos de observación de la red freática operada por el Departamento General de Irrigación. Los freáticos tienen una profundidad de 3 m, están georeferenciados, espacialmente distribuidos y el muestreo se realizó durante los meses de abril (otoño), julio (invierno) y diciembre (verano) de 2014. Simultáneamente con las extracciones de muestras de agua, se realizaron “in situ” determinaciones de conductividad eléctrica (salinidad) y temperatura y mediciones de niveles estáticos del agua freática.

Los análisis de nitratos y la determinación de salinidad del agua se llevaron a cabo en el Laboratorio de suelos y riego del INA-CRA. Las determinaciones de nitratos se realizaron a través del método de “reducción con cadmio” utilizando un espectrofotómetro (marca Hach), mientras que los de conductividad eléctrica se efectuaron con un conductímetro (Hach) con corrector automático de temperatura a 25°. La salinidad del agua se expresó como conductividad eléctrica específica (C:E.) a 25 °C y la concentración de nitratos en  $\text{mg. L}^{-1}$ . Se calcularon las medias, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

Con la información obtenida se elaboró una base de datos y la misma se volcó a la confección de mapas (1) de iso-valor de los parámetros analizados para el área de estudio y (2) de iso-valor del coeficiente de variación de cada parámetro. Los mapas se realizaron con el método de interpolación IDW, utilizando software Qgis 2.4.0 ([www.qgis.org](http://www.qgis.org)).

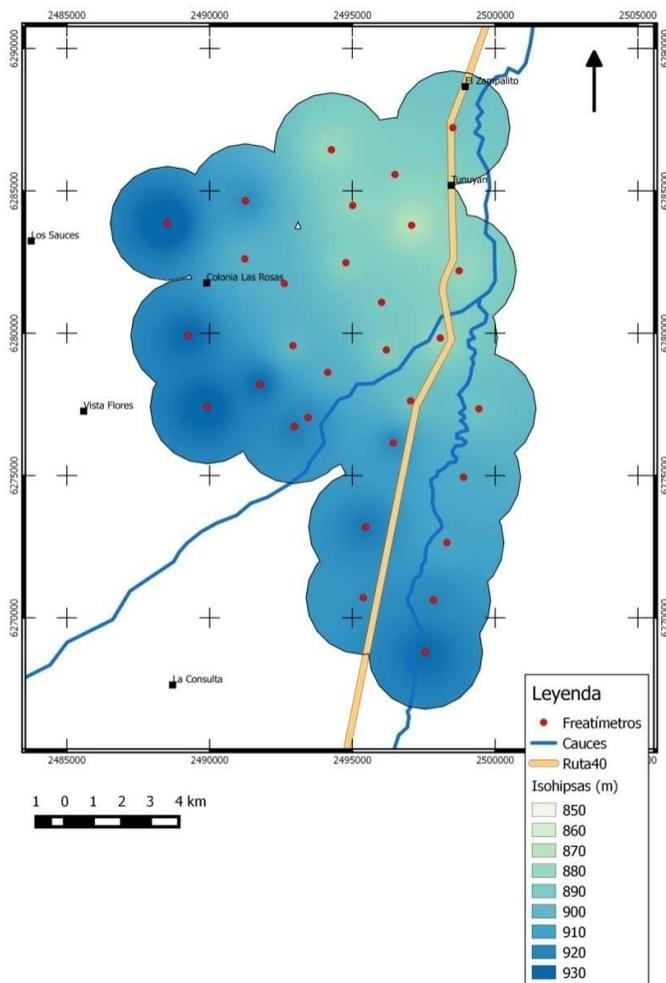
## **RESULTADOS OBTENIDOS**

La figura 2 presenta un mapa de profundidad del agua freática de la zona estudiada (septiembre del año 2013).



**Figura 2: isobatas del agua freática**

La figura 3 de isohipsas (cotas de agua a septiembre de 2013) permite visualizar el sentido del avance del agua desde el noroeste (zona azul oscura) hacia el este (zona azul más clara).



**Figura 3: isohipsas del agua freática**

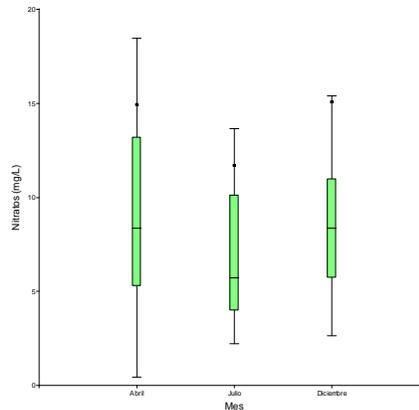
La tabla 1 presenta los resultados del análisis estadístico descriptivo del contenido de nitratos para los meses registrados.

**Tabla 1: Valores estadígrafos de nitratos (abril, julio, diciembre 2014) en mg.L<sup>-1</sup>**

Estadígrafos	Año 2014		
	Abril	Julio	Diciembre
Nº de datos	30	30	26
Media (mg L <sup>-1</sup> )	14.9	11.7	15.1
Desv. estándar (mg L <sup>-1</sup> )	21.0	17.3	29.7
CV (%)	141	148	197
Mínimo (mg L <sup>-1</sup> )	0.44	2.20	2.64
Máximo (mg L <sup>-1</sup> )	92.0	72.2	157.5

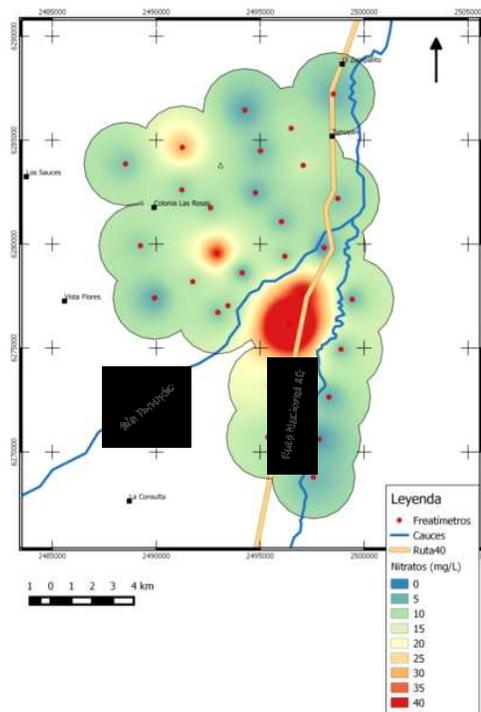
Se encontraron valores de nitratos comprendidos entre 0,4 y 157,5 mg.L<sup>-1</sup>. El mes de diciembre resultó el mes con mayor valor medio (15,1 mg.L<sup>-1</sup>) y mayor coeficiente de variación, mientras que julio exhibió el valor medio más pequeño (11,7 mg.L<sup>-1</sup>)

La figura 4 muestra el diagrama de caja de la variable analizada para los meses en que se realizó la medición. Si bien no existen muchas diferencias entre éstas, los meses de abril y diciembre presentan valores medios mayores y abril la mayor variación.



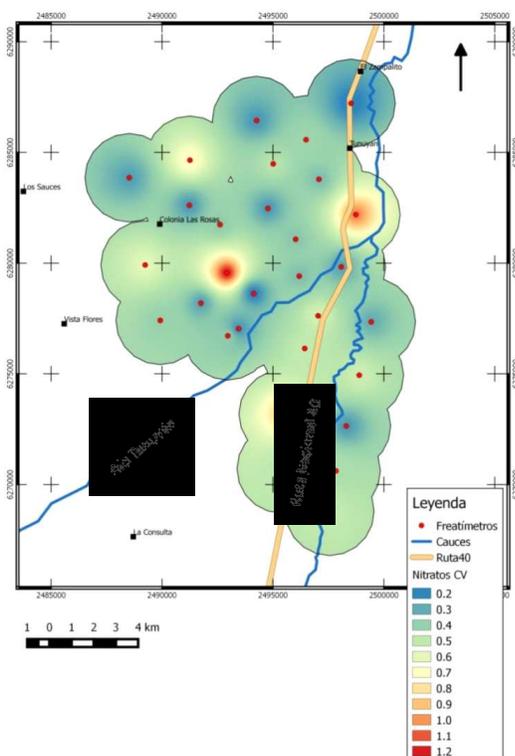
**Figura 4: Variación del contenido de nitratos en agua freática (mg.L<sup>-1</sup>)**

De un total de 86 registros sólo 6 superan los 45 mg.L<sup>-1</sup>, límite máximo establecido por la reglamentación del DGI. Es importante resaltar que -en los cursos de agua superficial- Morábito et al (2012) han encontrado contenidos menores a 2 mg.L<sup>-1</sup>, tanto en Valle de Uco como en Costa Anzorena. Por lo tanto se estima que gran parte de los nitratos presentes en el agua freática son asimilados / absorbidos por la vegetación del lugar, cuando la freática se aproxima a la superficie o, simplemente, cuando el agua freática llega a los drenes y circula por los mismos hacia los puntos más bajos (vegetación que se encuentra en las márgenes de los drenes), reduciendo su concentración y diluyéndose al alcanzar el río Tunuyán. Se debería recordar, además, que estimaciones realizadas en Francia por Hoffmann y Tarrise (2000) consideran que las consecuencias para el ecosistema son irreversibles a partir de una concentración superior a 10 mg L<sup>-1</sup>.



**Figura 5: concentración de nitratos (mg L<sup>-1</sup>) en el agua freática del área de regadío del RTS**

En referencia a su localización espacial, los mayores valores se encuentran en el triángulo comprendido por el río Tunuyán (al Oeste) en su encuentro con la ruta 40 (al Este) avanzando hacia el sur unos 6 km aproximadamente. Incluso éste área pasa hacia el Este de la ruta 40 (superficie mayor roja en figura 5). Los otros dos sectores observados están localizados uno, aproximadamente 4 Km al “sureste” de Colonia Las Rosas y otro -aún más reducido- unos 3 km al “noreste” de la misma localidad (todos ellos situados en áreas agrícolas). Esto podría deberse a la contaminación difusa por el uso de excesivos fertilizantes que no son aprovechados por los cultivos y percolan en profundidad, alcanzado la freática. En dicha área se localiza una empresa productora de césped bajo riego destinado al uso en campos deportivos y se debería estudiar si las fertilizaciones que recibe el pasto resultan o no, excesivas.



**Figura 6: coeficiente de variación (CV) de la concentración de nitratos en el agua freática del área de regadío del RTS**

La mayor variabilidad del parámetro (figura 6) se localiza en tres (3) sectores del área de estudio: uno aproximadamente 3 km al sur de la ciudad de Tunuyán -en una zona suburbana- sobre el este de la Ruta 40; otro, al sureste de Colonia las Rosas y un tercero, unos 10 Km al sur del cruce del río Tunuyán con la Ruta 40 y al oeste de la misma (los dos últimos ubicados en áreas agrícolas).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos en estas investigaciones han permitido constatar contaminación por nitratos en los niveles del acuífero freático del río Tunuyán superior. Si bien los valores promedio obtenidos son menores al límite propuesto por la OMS se encontraron valores puntuales superiores al mismo. Dado que los valores más altos están localizados en las áreas agrícolas sin presencia de industrias cercanas, se piensa que los mismos provienen de la fertilización. Solo dos freatímetros (identificados como 3-7 y 3-4) están localizados cerca de una vivienda cuyo pozo séptico podría incrementar los valores de nitratos mezclándose con los provenientes de las fertilizaciones agrícolas.

Las recomendaciones que surgen del trabajo se deben centrar en la promoción de actividades de capacitación a los productores agrícolas para que puedan realizar una mejor planificación de las fertilizaciones, evitando dosis excesivas acompañadas por láminas altas de riego.

Por último, para asegurar el adecuado saneamiento del área en referencia a la elevación de los niveles freáticos se deberá continuar con el mantenimiento periódico de aquellos los arroyos del sistema que actúan como desagües. Se plantea, además, la pertinencia de realizar una mayor cantidad de determinaciones en tiempo y espacio para complementar la información disponible e identificar con mayor precisión los procesos contaminantes que puedan tener lugar en el suelo y subsuelo de la cuenca.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**Álvarez A.** 1995. Estudios de contaminación del agua subterránea, Salinización de acuíferos y contenido de arsénico, flúor y nitrato en la zona norte de la provincia de Mendoza. En: Mendoza Ambiental. Gobierno de Mendoza - Ministerio de Medio Ambiente, Urbanismo y Vivienda; IADIZA. Mendoza, Argentina. p. 29-43

**Álvarez A., D'Elía M., Paris M., Fasciolo G. y Barbazza C.** 2011. Evaluación de la contaminación de acuíferos producida por actividades de saneamiento y re-uso de efluentes en el norte de la provincia de Mendoza. Rev. FCA UNCUYO. ISSN 0370-4661. Tomo 43. N° 1. 19-39

**Álvarez A., Lorenzo F., Fasciolo G. y Balanza M.** 2008. Impactos en el agua subterránea de un sistema de efluentes para riego. El Sistema Paramillos (Lavalle, Mendoza, Argentina). Rev. FCA U N Cuyo. Tomo XL. N° 2. Año 2008. 61-81

**Álvarez A.; J. Robles, J. Villalba.** 2006. Aspectos hidrogeológicos del sector noreste del conurbano del gran Mendoza. Sector Las Heras-Guaymallén. INA-CRA (IT Nro 85-CRA). 11 p.

**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.

**FAO.** 2015. Datos claves. <http://www.fao.org/water/es/>

**Freeze, R. A. and Cherry J. A.** 1979. Groundwater. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 604 pp.

**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.

**Morábito J., S. Salatino, M. Filippini, A. Bermejillo, E. Lavie.** 2012. Presencia de nitratos en agua en los oasis Norte y Centro de Mendoza, Argentina: áreas regadías de los ríos Mendoza y Tunuyán Superior. VI Jornadas de R&F, Mendoza – Argentina, 2012.

**Ortiz Maldonado G. y J. Jordá.** 2000. 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. Mendoza – Argentina.

**Perdomo C.H., Casanova O.N. y Ciganda V.S.** 2001. Contaminación del agua subterránea con nitratos y coliformes en el litoral sudoeste de Uruguay. Agrociencia, vol. V n° 1, pág. 10-22. Uruguay.

**Schilardi C., J. Morábito y R. Vallone.** 2010. 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.