

**Prácticas agropecuarias y efectos ambientales en el recurso hídrico subterráneo
en el partido de Tandil**

**Agricultural practices and environmental affections on groundwater resources
in Tandil's county**

**Rosario Soledad Barranquero^{1;2}; Darián Saraceno³; María Florencia Galecio^{1;2};
Nicolás Eloy Cisneros Basualdo¹; Miguel Ángel Quiroga⁴; Roberto Landa⁴;
Alejandro Ruiz de Galarreta¹; Roxana Banda Noriega^{1;5}**

¹Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales (CINEA). Facultad de Ciencias Humanas (FCH), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN) - Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CICPBA). Paraje Arroyo Seco s/n, Campus Universitario Tandil, CP. 7000, Tandil, Buenos Aires, Argentina.

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Godoy Cruz 2290, C1425FQB, CABA, Argentina.

³ FCH, UNICEN

⁴ Laboratorio de Análisis Bioquímicos y Minerales, Facultad de Ciencias Veterinarias (FCV), UNICEN. Campus Universitario Tandil.

⁵ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CICPBA)
E-mail: rosariobarranquero@yahoo.com.ar

Barranquero, R.S., Saraceno, D., Galecio, M.F., Cisneros Basualdo, N.E., Quiroga, M.A., Landa, R., Ruiz de Galarreta, A., Banda Noriega, R. (2019). Prácticas agropecuarias y efectos ambientales en el recurso hídrico subterráneo en el partido de Tandil. *Revista Estudios Ambientales*, 7(1), 5-32.

Recibido: 21 de noviembre de 2018

Aceptado: 15 de mayo de 2019

Publicado: 30 de junio de 2019

RESUMEN

Los arroyos con nacientes en el sistema serrano de Tandilia son relictos únicos de ciertas especies acuáticas en la provincia de Buenos Aires. En tanto el recurso subterráneo constituye la fuente de agua tanto para consumo humano como para el desarrollo de las distintas actividades socioeconómicas. Se planteó como objetivo del trabajo evaluar las prácticas agropecuarias del espacio rural del partido de Tandil en el período 2012-2013, en relación a la afectación del recurso hídrico subterráneo, teniendo en cuenta las características edáficas más relevantes y la dinámica y calidad del agua subterránea. Las actividades rurales incluyen producción agrícola exclusiva, feed-lot, tambos y agrícola-ganadera; en ninguno de ellos el monitoreo y la protección de los recursos hídricos es un tema prioritario. Se hallaron valores de profundidad del agua subterránea de 1,7 a 22,6 metros. Su evolución temporal respondió a los momentos de déficit y excesos en el balance hídrico. Los valores promedio de conductividad eléctrica (CE) y cloruros fueron coherentes con la dinámica de flujo y los estudios antecedentes. El 15 % de las muestras (5) presentó valores promedio de nitratos por encima de los 45 mg/l establecidos en el Código Alimentario Argentino (CAA) para agua de consumo humano; en tres de ellas se identificaron pozos ciegos cercanos que constituirían la fuente contaminante, mientras que en las restantes se infirió que proviene de la aplicación de fertilizantes. Respecto a las variaciones temporales de nitratos, se detecta que la dinámica puntual de la contaminación con este compuesto está vinculada parcialmente al comportamiento del nivel freático, y su respuesta a la situación del balance hídrico, pero también tiene mucha relevancia el manejo antrópico. Es fundamental continuar trabajando para que todos los actores involucrados en la actividad rural tomen conocimiento y conciencia sobre el uso y manejo integral del recurso hídrico, desde su extracción hasta su devolución al medio como efluente.

Palabras clave: agua subterránea, partido de Tandil, problemática ambiental, contaminación, prácticas agropecuarias

ABSTRACT

The streams with headwaters in the Tandilia hill system are only areas of certain aquatic species in the province of Buenos Aires. The groundwater is the source both for human consumption and for the development of different socio-economic activities. The objective of this work was to evaluate the agricultural practices of the rural area of the Tandil County in the period 2012-2013, in relation to the groundwater resources impact considering the most relevant soils characteristics and the groundwater dynamics and quality. The rural activities include exclusive farming production, feed-lot, dairy farms and farming-livestock; in none of them monitoring and protection of water resources is a priority issue. Groundwater depth values from 1.7 to 22.6 meters were found. Groundwater levels temporal evolution is related with the deficit and excesses moments in the water balance. The average values of electrical conductivity (EC) and chlorides were consistent with the groundwater flow dynamics and background studies. 15% of the samples (5) presented nitrates average values higher than the 45 mg/l that the Argentine Food Code (CAA) established for human consumption water; in three of them, nearby cesspool were identified that would constitute the contamination source, while in the others fertilizers origin it was inferred. Regard to the nitrates temporal variations, it is detected that the point dynamics of the contamination with this compound is partially related to the water table behaviour, and its response to the water balance situation, but it also has a lot of relevance the anthropic management. It is essential to continue working so that all the actors involved in the rural activity take knowledge and awareness about the use and integral management of the water resource, from its pumping until its return to the environment as an effluent.

Keywords: groundwater, Tandil County, environmental problems, pollution, agricultural practices

INTRODUCCIÓN

Como ocurre en toda la región Centro-Sudeste bonaerense, en el partido de Tandil la agricultura ejerce un predominio en cuanto a la superficie utilizada para el total de las actividades socioeconómicas. Específicamente de la superficie total discriminada en el censo 2008 como explotaciones agropecuarias (487.915,5 ha) el 66,2% corresponde a

superficie implantada (322.765,7 ha) y el 33,8% a otros usos (pastizales, bosques y/o montes naturales, etc.). De la superficie implantada el 97,9% corresponde a tierras destinadas a cultivos y forrajeras, con 74,3% (239.662,3 ha) y 23,6% (76.102,3 ha) respectivamente; sólo 2,1% (7.001,1 ha) corresponden a bosques y/o montes (INDEC, 2008).

Respecto a la actividad ganadera en el partido de Tandil, Zulaica (2005) registró 85 tambos, entre los cuales 16 elaboraban además productos lácteos. Por su parte, el engorde de ganado también se ha intensificado en nuestro país a partir de la década del 90' (Nogar, 2001; Ferrari y Speroni, 2008; Nogar y Jacinto, 2010); en este caso se cuenta con datos más actualizados a nivel de partido, habiéndose registrado en Tandil 35 establecimientos dedicados a feed-lot en su mayoría con cría de entre 500 y 1000 cabezas de animales (Basla *et al.*, 2017).

El partido de Tandil forma parte del sistema orográfico de Tandilia que posee recursos hídricos de gran importancia ambiental y con escasa representatividad en áreas protegidas. Los arroyos serranos con nacientes en este sistema presentan la singularidad biológica de ser únicos relictos de ciertas especies acuáticas en la provincia de Buenos Aires (Bilenca y Miñarro, 2004; Rodrigues Capítulo *et al.*, 2010; Cortelezzi *et al.*, 2015). En tanto el recurso subterráneo, que constituye la fuente de agua tanto para consumo humano como para el desarrollo de las distintas actividades socioeconómicas, se halla en acuíferos freáticos especialmente vulnerables en sus áreas de recarga (serranías) y en los sectores de descarga (llanura) con escasa profundidad del nivel freático (Montico, 2004; Reynoso *et al.*, 2005; Barranquero *et al.*, 2016).

Se planteó como objetivo del trabajo evaluar las prácticas agropecuarias del espacio rural del partido de Tandil en el período 2012-2013, en relación a la afectación del recurso hídrico subterráneo, teniendo en cuenta las características edáficas más relevantes y la dinámica y calidad del agua subterránea.

Área de estudio

El partido de Tandil, ubicado en el Sureste de la provincia de Buenos Aires (Figura 1), contaba con una población de 123.870 habitantes según el censo de 2010 (INDEC, 2010), 90% de la cual se asienta en la ciudad cabecera de denominación homónima.

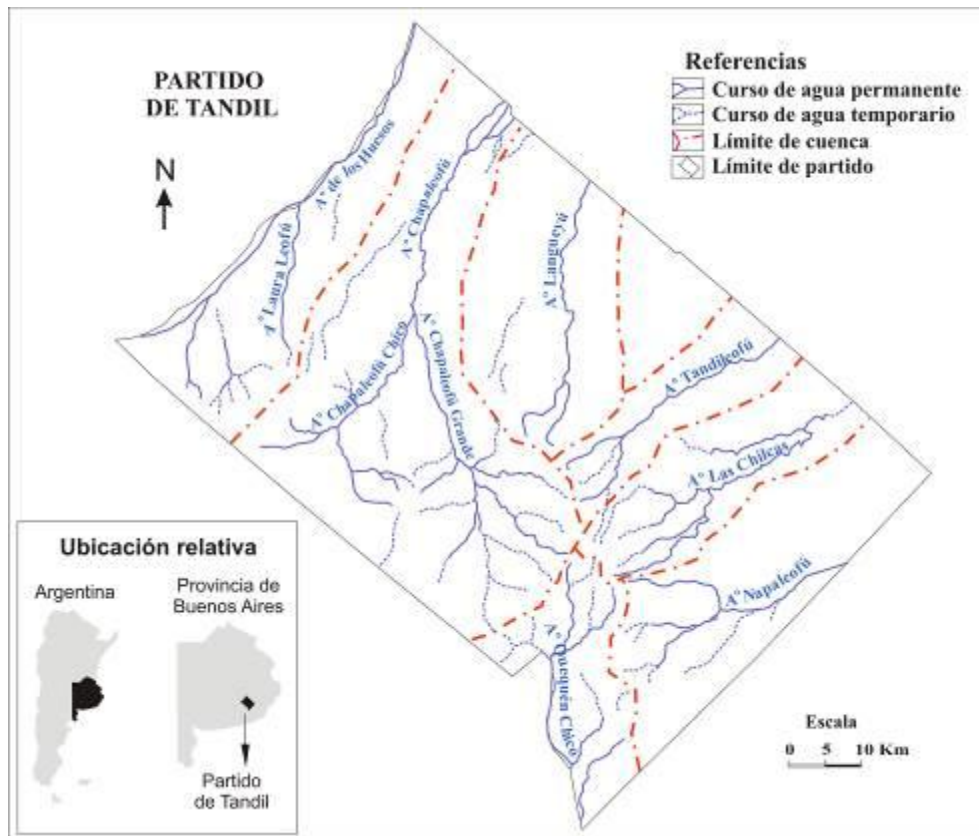


Figura 1. Ubicación del partido de Tandil en la provincia de Buenos Aires y en Argentina.

En el área se identifican dos unidades geológicas: a) El Basamento Cristalino precámbrico, compuesto por rocas precámbricas ígneas plutónicas con diferentes grados de metamorfismo; y, b) La Cubierta Sedimentaria Cenozoica, integrada mayormente por Sedimentos Pampeanos y, en menor medida, Sedimentos Pospampeanos correspondientes al Pleistoceno superior-reciente (Teruggi y Kilmurray, 1975).

Dichas unidades geológicas, basamento cristalino y cubierta sedimentaria, se corresponden con ambientes hidrolitológicos:

- ✓ En el sector serrano, en el cual el basamento aflora o se encuentra a muy poca profundidad, domina el ambiente hidrolitológico fisurado con una porosidad y permeabilidad que se consideran secundarias por la fisuración que le otorgan las fallas y diaclasas. Los caudales erogados en pozos ubicados en este medio no superan en general 1 m³/hora (Ruiz de Galarreta, 2004).

✓ El sistema acuífero explotado para el abastecimiento humano por la mayor parte de la población, tanto rural como urbana, de la ciudad de Tandil y localidades vecinas, corresponde al ambiente hidrolitológico poroso-clástico. El mismo presenta permeabilidad primaria y flujo de tipo laminar, con rendimientos mayores a los 100 m³/hora (Ruiz de Galarreta, 2004).

El clima de la ciudad de Tandil puede ser tipificado como subhúmedo húmedo, mesotermal, con un déficit de agua poco significativo, en base al balance hídrico de Thornthwaite y Mather (1957) y datos de temperaturas y precipitaciones mensuales de la Estación Tandil Aero correspondientes al período 1900-2000. Ruiz de Galarreta y Banda Noriega (2005) determinaron un valor medio anual de precipitación de 838 mm y una evapotranspiración real y potencial de 649 mm y 712 mm respectivamente, obtuvieron un déficit poco significativo de 18 mm correspondiente a los meses de enero, febrero y diciembre, y excesos hídricos de 144 mm distribuidos de mayo a noviembre.

El análisis hidrodinámico regional del conjunto de cuencas del partido muestra una tendencia al movimiento del agua en sentido SO-NE en todas ellas, exceptuando la cuenca del arroyo Quequén Chico cuyo flujo es hacia el Sur. En general el agua subterránea es influente, descargando sus aguas en los arroyos de régimen perenne; en tanto, los cursos efímeros en zonas de divisorias presentan el carácter inverso (Ruiz de Galarreta y Banda Noriega, 2005). La recarga es debida a precipitaciones en cada cuenca, siendo preferencial en zonas de divisorias.

METODOLOGÍA

Se evaluaron las prácticas agropecuarias del partido analizando distintos aspectos vinculados al peligro de contaminación del agua subterránea a partir de ellas: uso de agroquímicos y fertilizantes, manejo de agua y/o efluentes en las producciones, características de construcción y mantenimiento de las perforaciones, entre los más relevantes. Se trabajó con varias fuentes de información: datos de los censos agropecuarios (INDEC, 2002 y 2008); observación directa en las salidas de campo para medición de niveles y toma de muestras de agua subterránea; y, entrevistas semi-estructuradas a informantes clave (un integrante de la Agencia de Extensión de INTA Tandil, un docente-investigador de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la

UNICEN y productores o encargados de algunos de los campos a los que pertenecen las perforaciones censadas). Los campos seleccionados para entrevistar al productor o encargado correspondieron a distintas actividades agropecuarias: tambos, feedlot, agrícola y agrícola-ganadera.

Para la caracterización general del área de estudio, en los aspectos geológicos, climáticos e hidrogeológicos se utilizó información de trabajos antecedentes a nivel regional (Thorntwaite y Mather, 1957; Ruiz de Galarreta, 2004; Ruiz de Galarreta y Banda Noriega, 2005).

A partir de la capa de suelos a escala 1:50.000 (Geo INTA, 2018) se generó el mapa de suelos del partido, realizando una recategorización en base a las series principales con mayor extensión areal de los complejos y asociaciones en el área de estudio. En base al mismo se evaluaron las condiciones de drenaje y las pendientes, además, se discriminaron las series con presencia de tosca y su contenido de materia orgánica.

Por otro lado, el mapa de pendientes del partido de Tandil se realizó en el Sistema de Información Geográfica ArcGis (v 10.1)¹. Se utilizó un Modelo Digital de Elevación (MED) provisto por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), de tipo SRTM 1 Arc-seg (resolución: 30 metros). El modelo fue re-proyectado con un sistema de coordenadas geográficas basada en la red IGN "Posiciones Geodésicas Argentinas" (POSGAR '94 Zona 5). Se calculó la pendiente en porcentaje y se clasificó según Ruiz de Galarreta (2006) con ajustes en base al mapa de suelo generado.

Se utilizó el método de Thorntwaite-Mather (1957) para realizar un balance hídrico seriado, mes a mes, para el período enero de 2009 a diciembre de 2013. Los datos mensuales de precipitación y temperatura utilizados fueron los registrados en la estación meteorológica Tandil Aero (175 msnm, 37°23'S y 59°25'O). Se trabajó con una capacidad de almacenaje de 150 mm, de acuerdo a las características de los suelos representativos del partido. Se compararon los excesos y déficit en los años 2012 y 2013 con el balance modular 1900-2000 (Ruiz de Galarreta y Banda Noriega, 2005) para conocer las condiciones hídricas en los momentos de muestreo.

La calidad del agua subterránea se evaluó a partir de una red de monitoreo de perforaciones preexistentes que habían sido utilizadas en un trabajo previo con la

¹ Licencia Facultad de Ciencias Humanas -UNICEN

Comisión de Lucha Contra Plagas Agrícolas de Tandil (CLCPAT) (Ruiz de Galarreta y Banda Noriega, 2005). Las perforaciones son en todos los casos someras, es decir que tienen poca profundización por debajo del nivel freático; se registran profundidades aproximadas entre 2 y 23 metros dependiendo del sector en el que se encuentran en la cuenca a la que pertenecen. La red monitorea constó de 34 puntos (Figura 2), en los cuales se determinó el nivel freático y se tomaron muestras en diciembre de 2012 y marzo, junio y septiembre de 2013. En las muestras se determinó conductividad eléctrica (CE), en campo inmediatamente después de extraer la muestra, y cloruros y nitratos, en el Laboratorio de Análisis Bioquímicos y Minerales (LAByM) de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNICEN, siguiendo métodos normalizados (APHA, 2005).



Figura 2. Ubicación de las perforaciones de la red monitorea de aguas subterráneas.

Se analizaron las variaciones temporales y espaciales de los tres parámetros fisicoquímicos, relacionando los casos de aparente contaminación puntual con las prácticas agropecuarias preponderantes en las inmediaciones de cada perforación y

sus características de diseño, construcción y mantenimiento, así como los aspectos más relevantes del medio físico. Especialmente para evaluar las variaciones temporales de los parámetros analizados en relación a la situación del balance hídrico, se dividieron las perforaciones en dos grupos: uno de ellos integrado mayormente por las que se ubican en cabeceras y sector medio de cuenca (Grupo I, 9 pozos), que mostraron un comportamiento de nivel disímil al de la mayoría, y el otro por el resto de los pozos (Grupo II, 25 pozos). De estos dos grupos se calcularon los promedios de profundidad del agua subterránea, CE, cloruros y nitratos para cada una de las campañas.

RESULTADOS

Prácticas agropecuarias

Los campos en los que se situaron las perforaciones de la red monitorea se dedican en la mitad de los casos exclusivamente a la producción agrícola, dos establecimientos poseen feed-lot, tres tambos y los restantes realizan producción agrícola-ganadera. Los cultivos predominantes en los campos agrícolas son en la mitad de ellos soja, seguido de cebada, maíz y trigo, y, en menor proporción, papa, girasol, avena, pasturas y sorgo.

Los usos principales del agua son: el riego suplementario, particularmente en el caso del cultivo de papa y en menor proporción del maíz, así como para la preparación de las soluciones de agroquímicos utilizados en los campos con producción agrícola; en tanto, en los campos dedicados a producción de leche y/o tambo es muy importante el uso de agua para lavado de ubres, refrescado de la leche y limpieza del establecimiento, en especial el corral de espera, así como para bebida de ganado. Además en la mayor parte de los campos se utiliza agua subterránea, extraída del mismo pozo usado para las actividades agropecuarias o de otro de menores dimensiones y rendimiento, para el consumo doméstico. A partir de las entrevistas y la observación directa se pudo determinar que no es una práctica común el cuidado del agua. Esto es así en lo que respecta a la cantidad utilizada, puesto que no se implementan medidas de reducción de consumo y/o reutilización, como a la protección de su calidad como recurso vital. En este sentido no hay esfuerzos en implementar cambios en el manejo de las actividades productivas que permitan minimizar la

generación de efluentes y/o implementar sistemas adecuados para su tratamiento posterior. Esta es una problemática compleja, con muchas variables involucradas y múltiples causas, que concatenadas hacen que el monitoreo y la protección de los recursos hídricos no sea un tema prioritario. Se detallan a continuación sólo las consideradas más relevantes:

- Los problemas de control y registro de uso de agua y disposición de efluentes por parte de las autoridades de contralor y fiscalización (Autoridad del Agua, Organismo Provincial de Desarrollo Sostenible, Dirección de Asuntos Agropecuarios Municipal).
- El bajo nivel de comunicación entre los productores y los profesionales que los asesoran para concientizar respecto a la importancia de la adecuada manipulación y aplicación de agroquímicos, el manejo de cultivos, las alternativas de producción sostenible, etc.
- Las dificultades que a diario enfrentan en el desarrollo de sus tareas muchos productores rurales, especialmente los pequeños y medianos, de índole económica, administrativa, de conectividad, etc.

Características edáficas relevantes

Las series principales corresponden a: Tandil, Mar del Plata, Rauch, Sierra de los Padres, Azul y Balcarce (Figura 3). De ellas, cuatro (Tandil, Mar del Plata, Azul y Balcarce) presentan drenaje bien drenado, escurrimiento medio, permeabilidad moderada y nivel freático profundo, mayor a 1,00 m; mientras que la serie Sierra de los Padres presenta drenaje bien a algo excesivamente drenado, escurrimiento rápido a muy rápido, con permeabilidad moderadamente lenta; a diferencia de la serie Rauch, que es algo pobremente drenada, con escurrimiento lento, permeabilidad lenta y con un nivel freático cuya profundidad es mayor a 1,20 m.

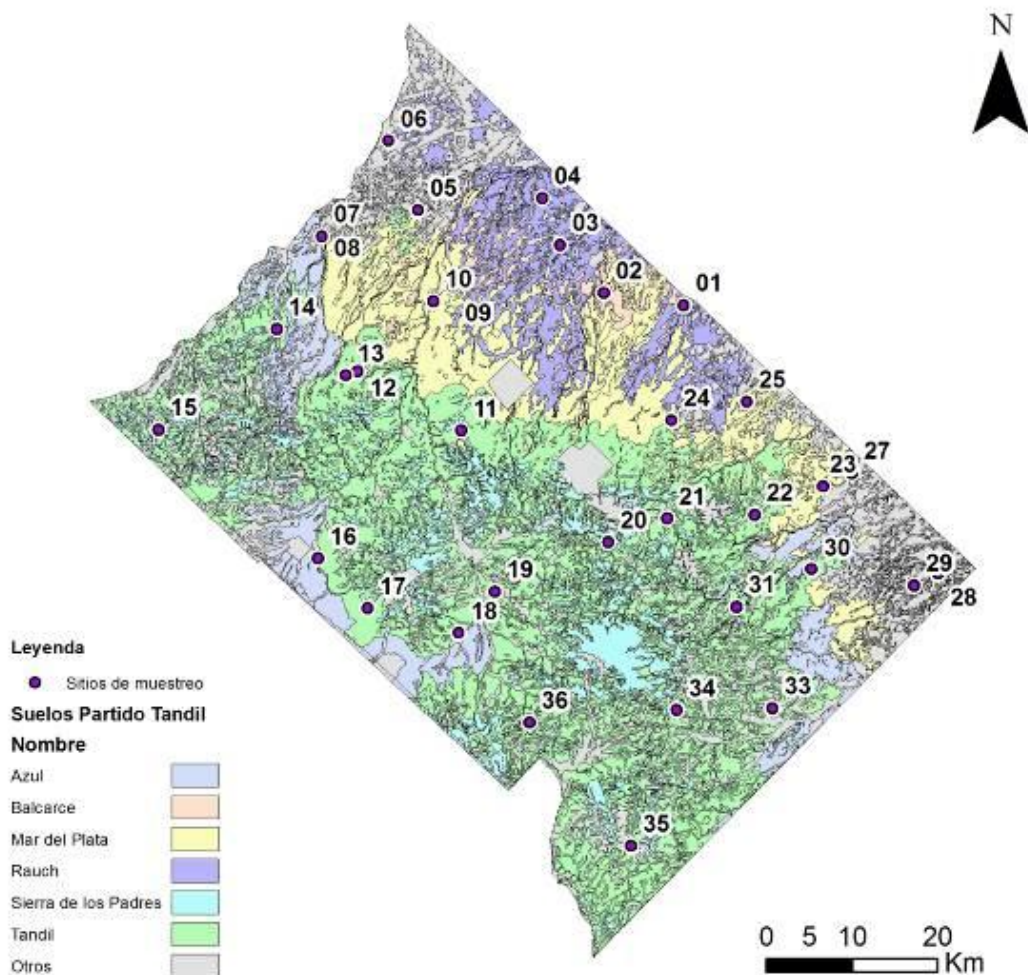


Figura 3. Series principales de suelos de los distintos complejos y asociaciones con mayor extensión areal en el partido de Tandil y sitios de muestreo. Elaboración propia con base en la capa de suelos a escala 1:50.000 (GeoINTA, 2018).

Los espesores del horizonte A se encuentran entre 15 cm, en la serie Sierra de los Padres, limitada por roca, hasta los 30 cm en la serie Tandil. Los contenidos de materia orgánica varían desde 15,3%, en la serie Sierra de los Padres, a 5,5% en la serie Rauch, siendo en las demás series de alrededor del 7%. Debido a la distribución de las series, podemos afirmar que los suelos de todo el partido están bien provistos de materia orgánica.

De las seis series estudiadas, tres contienen presencia de tosca, la serie Azul, posee escasa profundidad del solum a causa de la misma, en la serie Rauch se ha

encontrado costra calcárea a partir de los 106 centímetros de profundidad y en la serie Balcarce la misma se encuentra antes del metro de profundidad.

Si analizamos las pendientes del partido (Figura 4) junto al mapa de suelos (Figura 3), podemos observar que los mayores valores se encuentran en las zonas de afloramientos rocosos, seguidas con las ocupadas por la serie Sierra de los Padres, variando en el resto del partido entre el 0% y el 3%.

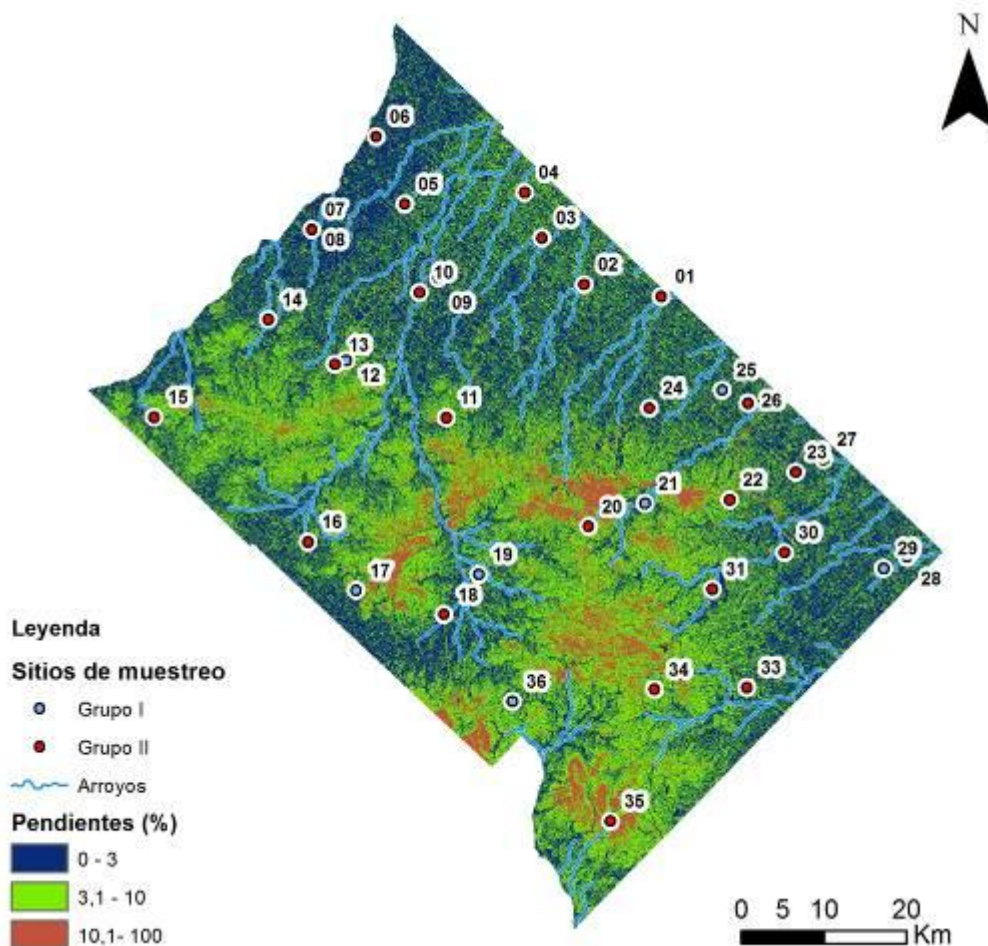


Figura 4. Mapa de pendientes de los suelos del partido de Tandil y sitios de muestreo.

Balance hídrico y niveles de agua subterránea

En la Tabla 1 se presentan los resultados del balance hídrico seriado de los años de 2012 y 2013 a fin de visualizar el período que pudo tener mayor influencia en los

momentos de muestreo, aunque, como se detalló en metodología el período utilizado para el cálculo del balance fue más amplio (2009-2013).

Podría señalarse que el año 2012 es similar al balance modular (en el período de 100 años -1900/2000-) en cuanto a déficit ya que presenta un total de 10 mm frente a 18 mm del modular, no obstante los excesos lo superan en más del 300 %. El año 2013 se diferencia notablemente del balance modular y podría definirse como un año seco, ya que presenta un total de 57 mm de déficit y 122 mm de excesos frente a los 144 mm promedio de 100 años (Tabla 1).

En la Figura 5 se grafica la evolución de los excesos y déficit en el balance modular y en los años 2012, 2013. En el año 2012 los excesos se producen en marzo, mayo, y de agosto a diciembre, mientras que los momentos de déficit corresponden al mes de enero y, aunque no se muestra en el gráfico, diciembre del año anterior. El 2013 presenta déficit en enero, febrero y diciembre, y excesos en abril, mayo, julio, octubre y noviembre. Comparando con el balance modular tanto en 2012 como en 2013, pero sobre todo en este último, las condiciones hídricas se asemejaron más en cuanto a los momentos de déficit que a los de excesos.

En cuanto a los niveles freáticos, lógicamente se determinaron las mayores profundidades en las cabeceras de cada cuenca y disminuyeron en todas ellas hacia el N o NE ya que su descarga se produce hacia la cuenca del río Salado, exceptuando el arroyo Quequén Chico al SE del partido. Las profundidades medidas estuvieron en el rango entre 1,7 y 22,6 metros en la primera campaña (diciembre 2012).

Se determinó una variación estacional importante entre la primera campaña y la siguiente, es decir marzo 2013; en casi la totalidad de las perforaciones hubo un descenso del nivel de agua con un valor promedio de 0,9 metros, lo cual es coherente con el balance hídrico calculado.

En tanto, los niveles de junio 2013 muestran comportamientos disímiles, con aumentos promedio de 0,4 metros en un poco más de la mitad de las perforaciones, en tanto que en las restantes el nivel desciende alrededor de 1,5 metros; en la campaña de septiembre de 2013 tampoco se visualiza un comportamiento unificado, dado que el nivel disminuye en más de la mitad de las perforaciones con un valor medio de 0,3 metros y aumenta en las restantes con promedio de 1,2 metros.

Las perforaciones que presentan un comportamiento diferenciado en las campañas de

junio y/o septiembre de 2013 se ubican en los sectores de cabeceras de cuenca o bien en su parte media. Puede señalarse entonces que la evolución de la profundidad del agua subterránea responde a los momentos de déficit y excesos en el balance hídrico en la mayor parte de las perforaciones, pero no en todas, y ante los excesos o déficit superiores a 20 mm, lo cual sería coherente con los retrasos de respuesta del medio subterráneo respecto a la dinámica superficial.

Tabla 1. Balance Hídrico de los años 2012 y 2013.

	Ene. 2012	Feb. 2012	Mar. 2012	Abr. 2012	May. 2012	Jun. 2012	Jul. 2012	Ago. 2012	Sept. 2012	Oct. 2012	Nov. 2012	Dic. 2012	Ene. 2013	Feb. 2013	Mar. 2013	Abr. 2013	May. 2013	Jun. 2013	Jul. 2013	Ago. 2013	Sept. 2013	Oct. 2013	Nov. 2013	Dic. 2013	Total 2012 2013
Pp (mm)	97	151	144	40	91	6	1	330	42	78	110	165	51	24	109	133	59	5	37	5	38	109	94	63	
EVPP	128	101	76	45	34	14	8	28	39	65	89	107	116	91	67	56	29	17	15	20	30	62	82	133	
Pp – EVPP	-30	50	68	-5	57	-8	-7	303	3	13	20	58	-65	-68	42	76	30	-12	21	-14	8	48	12	-70	
Pérdida potencial	-79			-5		-8	-15						-65	-133				-12		-14				-70	
Almacenaje	87	137	150	145	150	142	135	150	150	150	150	150	97	61	103	150	150	138	150	136	144	150	150	93	
Diferencia Almacenaje	-20	50	13	-5	5	-8	-7	15	0	0	0	0	-53	-36	42	47	0	-12	12	-14	8	6	0	-57	
Déficit	10												12	32										13	10 57
Excesos			55		52			288	3	13	20	58				29	30		9			42	12		489 122
EVTR	117	101	76	45	34	14	8	28	39	65	89	107	104	60	67	56	29	17	15	19	30	62	82	120	

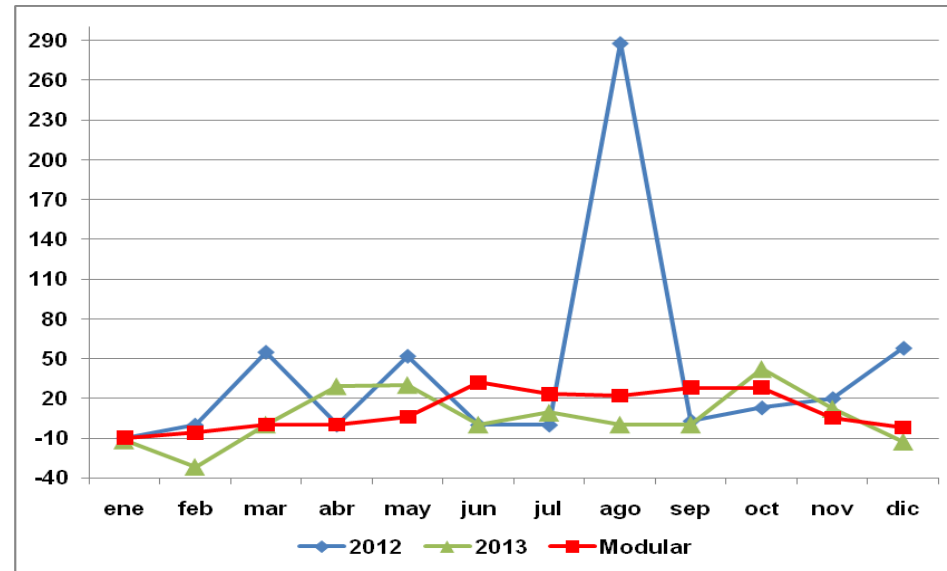


Figura 5. Evolución de excesos y déficit en el balance modular y los correspondientes a 2012 y 2013.

Calidad del agua

Análisis general a nivel de partido

Los valores promedio de CE y cloruros son coherentes con la dinámica de flujo y los resultados hallados en estudios antecedentes (Ruiz de Galarreta, 2004; Ruiz de Galarreta y Banda Noriega, 2005). Son aguas de poco recorrido lo cual se refleja en su bajo contenido total de sales disueltas y en que el cloruro no es el anión predominante (Tabla 2).

Los nitratos presentan valores promedio de 29, 26, 29 y 42 mg/l en los muestreos de diciembre de 2012, marzo, junio y septiembre de 2013, respectivamente. Si se comparan estos valores con el trabajo antecedente de Ruiz de Galarreta y Banda Noriega (2005) (33 mg/l) sólo en septiembre de 2013 se detecta una concentración mayor; la desviación estándar en esta campaña es baja con lo cual el promedio sería representativo de lo que sucede con el conjunto de datos. Cabe destacar que el valor promedio antecedente se registró para una sola campaña.

Tabla 2. Estadísticos de CE, cloruros y nitratos para cada campaña de muestreo.

		CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Cloruros (mg/l)	Nitratos (mg/l)
Diciembre de 2012	Máximo	1470	135	106
	Mínimo	590	20	4
	Promedio	803	43	29
	Desviación estándar	179	23	20
Marzo de 2013	Máximo	1270	325	83
	Mínimo	560	20	3
	Promedio	722	50	26
	Desviación estándar	162	51	18
Junio de 2013	Máximo	1200	80	84
	Mínimo	250	25	1
	Promedio	713	45	29
	Desviación estándar	156	12	21
Septiembre de 2013	Máximo	920	70	134
	Mínimo	470	13	7
	Promedio	668	37	42
	Desviación estándar	109	13	25

En las Figura 6 se representan los promedios de profundidad del agua subterránea,

CE, cloruros y nitratos del Grupo I (9 pozos) para cada una de las campañas, y en la Figura 7 del Grupo II (25 pozos).

La CE y los cloruros tienen variaciones de poca magnitud en ambos grupos con una disminución en la última campaña; dicho descenso de conductividad eléctrica y cloruros se condice sólo en el Grupo II con un aumento del nivel freático, por lo que podría suponerse una dilución.

Los nitratos en el Grupo I presentan un aumento sostenido a lo largo de las cuatro campañas de muestreo; en marzo y septiembre de 2013 se condicen con un descenso del nivel freático lo que podría deberse a una concentración del compuesto.

En el Grupo II el promedio de nitratos se mantiene prácticamente constante hasta la campaña de septiembre 2013 en la cual muestra un aumento superior a los 10 mg/l. Esto no podría correlacionarse con el comportamiento regional del nivel freático, y su respuesta a la situación del balance hídrico, lo cual es coherente con la dinámica puntual de la contaminación por nitratos, en la cual influye más el manejo antrópico que el comportamiento físico del acuífero.

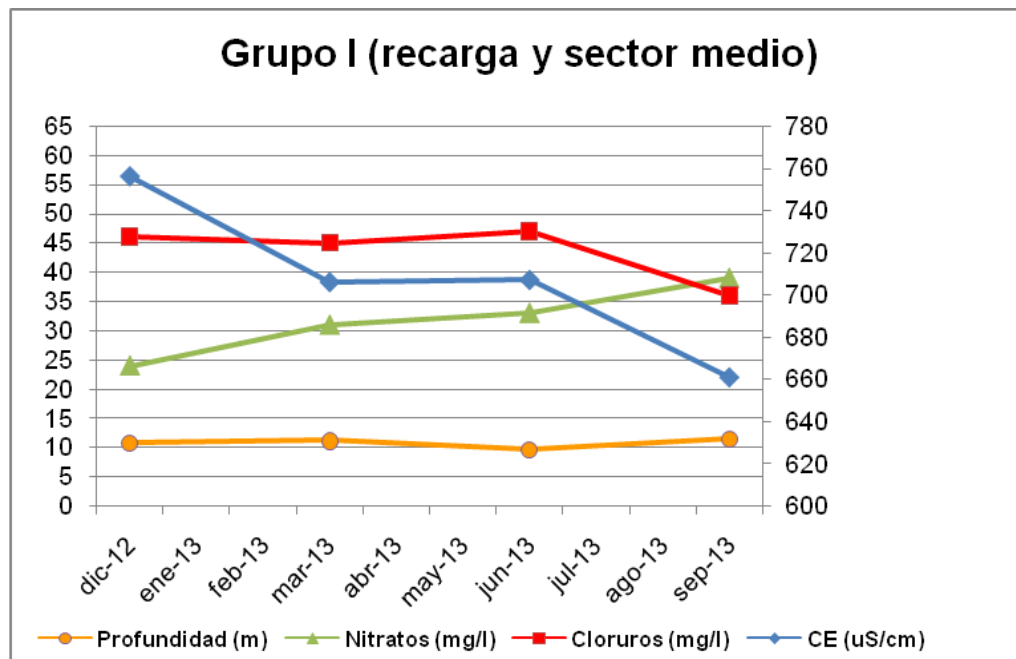


Figura 6. Evolución en el Grupo I de CE, cloruros, nitratos y profundidad del agua subterránea entre diciembre de 2012 y septiembre de 2013.

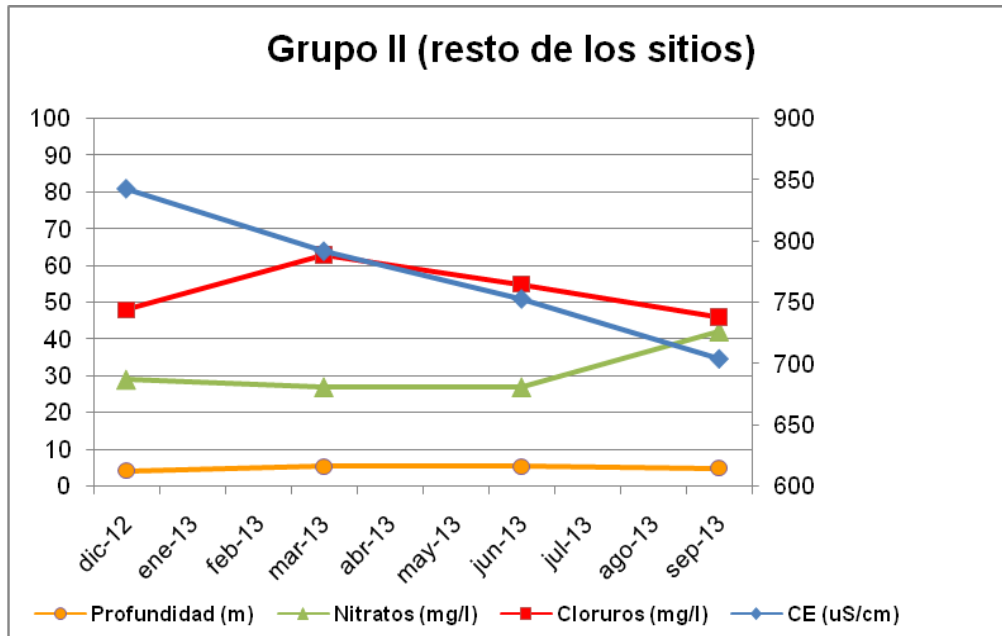


Figura 7. Evolución en el Grupo II de CE, cloruros, nitratos y profundidad del agua subterránea entre diciembre de 2012 y septiembre de 2013.

Análisis específico de nitratos en relación al límite normativo

Se calculó el promedio de concentración de nitratos en las cuatro campañas de muestreo para cada una de las perforaciones de la red monitora. Se obtuvo que el 15 %, es decir 5 de ellas, exhiben valores promedio superiores a los 45 mg/l establecidos en el Código Alimentario Argentino (CAA, 1969) para aguas destinadas a consumo humano. Los pozos que presentaron esta situación fueron las siguientes: 10 (64 mg/l), 11 (100 mg/l), 12 (49 mg/l), 14 (53 mg/l) y 20 (47 mg/l). Todos ellos se ubican en campos con producción agropecuaria, tres con producción agrícola intensiva y dos con combinación de actividad agrícola y ganadera en distintas porciones del campo.

En algunos casos dichas perforaciones presentan un diseño inadecuado, principalmente sin encamisado, y/o un mantenimiento deficiente, lo que aumenta las probabilidades de contaminación. Además en tres de ellas se detectaron pozos ciegos cercanos que constituirían la fuente contaminante. En los dos casos restantes las perforaciones corresponden a molinos ubicados en los propios lotes de producción agrícola y se constató en las entrevistas el uso intensivo de fertilizantes, principalmente nitrato de amonio; lo que permite inferir que provendría de allí la carga

contaminante. En estos dos últimos casos, los datos muestran además concentraciones levemente superiores a la normativa en forma sostenida, en todas las campañas, pero sin fluctuaciones importantes como sí ocurre en las perforaciones con pozos ciegos cercanos; dicha dinámica sería coherente en principio, de acuerdo a las observaciones de campo de condiciones de la perforación y actividad antrópica en sus inmediaciones, con un tipo de contaminación difusa en el caso de los fertilizantes y puntual producto de la degradación de efluentes en los pozos ciegos.

Tres de los campos en los que se localizan estas perforaciones corresponden a la cuenca del arroyo Chapaleofú, uno a la cuenca del arroyo Tandileofú, y otro a la cuenca del arroyo Los Huesos. Los suelos en estos sitios de muestreo (Figuras 3 y 4) corresponden a las series Mar del Plata y Tandil; presentan buen drenaje, un escurrimiento medio y permeabilidad moderada, lo que sumado a la ausencia de tosca en la descripción de los perfiles típicos, nos permite inferir una menor protección del acuífero que en los sitios ubicados en las series Azul, Rauch y Balcarce por ejemplo. Para hacer inferencias de menor incertidumbre respecto al peligro de contaminación del acuífero sería necesario hacer un estudio específico de su vulnerabilidad en el partido.

DISCUSIÓN

El análisis de las prácticas agropecuarias ha permitido identificar elementos resultantes del proceso de agriculturización pampeana. En el partido de Tandil, la actividad agrícola exclusiva predomina frente a otros desarrollos agropecuarios. El carácter de las actividades es además intensivo, con rasgos típicos como: predominio de monocultivo, innovación tecnológica en semillas y modos de producción, importante aplicación de fertilizantes y agroquímicos, y uso intensivo de los recursos suelo y agua, fundamentales para la producción. Como han estudiado muchos autores, la agriculturización tiene asociado el incremento de un conjunto de costos ambientales, dado que se generan externalidades, es decir impactos ambientales que deterioran la disponibilidad del territorio y sus recursos naturales para las próximas generaciones no siendo asumidos por los productores (Manuel-Navarrete y Gallopin, 2007; Viglizzo y Jobbágy, 2010; Carreño y Viglizzo, 2011). Este estudio identificó en particular como principales impactos ambientales la ausencia de monitoreo de los recursos suelo y

agua, así como la falta de consideración/contabilización del uso de insumos para la producción y de sus impactos asociados, y el aislamiento social de la producción agropecuaria tanto por el escaso vínculo entre productores, como así también con otros actores asociados a dicha producción.

Los suelos dentro del área de estudio se pueden agrupar de la siguiente manera: series Tandil, Mar del Plata, Azul y Balcarce, siendo los mismos Argiudoles; la serie Sierra de los Padres que corresponde a un Hapludol lítico y la serie Rauch a un Natrudol y Natracuol típicos. Según las características analizadas en dichas series se determinan los suelos menos favorables en relación al potencial de infiltración de agroquímicos, considerando su desarrollo, su contenido de materia orgánica (MO) y su ubicación.

El contenido de MO juega un rol contradictorio, contenidos mayores garantizan mayor adsorción de una vasta cantidad de moléculas de agroquímicos, pero al mismo tiempo favorece a la estructuración y formación de macro y mesoporos, que limitan el acceso a los sitios de intercambio y favorece el transporte vertical de los solutos disueltos en la solución del suelo (INTA, 2015). En este sentido, según los autores citados, “los suelos de poros más grandes tienen mayor velocidad de flujo de agua. En estas condiciones, los agroquímicos tienen menor contacto con la matriz del suelo, por lo que aumenta el potencial de lixiviación o transporte vertical”.

De los suelos presentes en el área de estudio, la serie Sierra de los Padres es la que mayor contenido de MO presenta, además de su escaso desarrollo, apenas 15 cm del horizonte A y la presencia de basamento inmediatamente subyacente. Por lo tanto, los suelos de esta serie pueden definirse como los más desfavorables de la región en cuanto al potencial de lixiviación de agroquímicos. En cuanto a las series Tandil, Mar del Plata, Azul y Balcarce cuentan con suelos de mayor desarrollo, con un elevado contenido de MO y un buen drenaje, no obstante lo cual presentan un nivel freático profundo, por lo que su susceptibilidad al paso de agroquímicos podría considerarse menor que en la serie nombrada anteriormente. Por último, la serie Rauch, con menor representatividad espacial en el partido, es la que menor contenido de MO presenta. Su drenaje es pobre y la capa freática se localiza a más de 1,20 m de profundidad, lo que permitiría clasificar a estos suelos como los más favorables del sector estudiado por el menor potencial de lixiviación de agroquímicos.

Haciendo un análisis hidroquímico general se observa que los valores promedio de CE y cloruros son coherentes con la dinámica de flujo y los resultados hallados en estudios antecedentes (Ruiz de Galarreta, 2004; Ruiz de Galarreta y Banda Noriega, 2005). Se trata de aguas de poco recorrido lo cual se refleja en su bajo contenido total de sales disueltas y en que el cloruro no es el anión predominante. También Pessolano *et al.* (2012) concluyeron que las aguas de la cuenca del arroyo Chapaleofú evidencian poco recorrido; así como, Barranquero *et al.* (2012) en su estudio de la cuenca del arroyo Langueyú obtuvieron un promedio de 793 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de CE a partir de un universo de 26 muestras.

En tanto, la concentración de nitratos presenta valores promedio de 29, 26, 29 y 42 mg/l en los muestreos de diciembre de 2012, marzo, junio y septiembre de 2013, respectivamente. Teniendo en cuenta el trabajo de Ruiz de Galarreta y Banda Noriega (2005) el promedio en el presente estudio es mayor solo en septiembre de 2013.

Existen estudios antecedentes en los cuales se hallaron relaciones entre el manejo de las perforaciones y las actividades en sus inmediaciones, con casos específicos de contaminación puntual. Baldovino *et al.* (2011), por ejemplo, estudiaron la calidad del agua en los establecimientos lecheros del partido de Tandil (15 tambos). El sitio 19 de este estudio coincide con un punto de su trabajo y destaca que el lavado del tambo derrama directamente sus efluentes sobre el terreno, originando una contaminación puntual; esta perforación en ambos estudios mostró un valor de nitratos por encima de lo establecido por el CAA. También, Pessolano *et al.* (2012) y Cisneros *et al.* (2016) demostraron la afectación de la actividad tambera a la calidad del agua subterránea en distintos sectores del partido de Tandil.

La complejidad de abordaje de la problemática de contaminación refuerza la necesidad de contar con más trabajos exploratorios para un mejor entendimiento del riesgo de contaminación de acuíferos, como lo han mostrado otros estudios antecedentes por ejemplo para el caso específico del peligro en el espacio rural: Perdomo *et al.*, 2001; Montico, 2004; Holzman *et al.*, 2009; Viglizzo y Jobbágy, 2010; Giuliano Albo y Blarasin, 2014. En nuestro trabajo se comprueba que en dicha problemática se conjugan variables del medio físico (especialmente suelos con escasa o nula presencia de tosca, alto potencial de lixiviación o transporte vertical por la estructuración y formación de macro y mesoporos, y nivel freático cercano a la

superficie) y variables del manejo antrópico (principalmente deficiente construcción y mantenimiento de las perforaciones e inadecuado manejo en la aplicación de agroquímicos y disposición final de sus envases, así como en el tratamiento y disposición final de efluentes de tambo, por ejemplo).

CONCLUSIONES

Se identifican como problemáticas ambientales principales asociadas a las prácticas agropecuarias del partido de Tandil, la ausencia de monitoreo de los recursos suelo y agua, así como la falta de consideración/contabilización del uso de insumos para la producción y de sus impactos asociados, y el aislamiento social de la producción agropecuaria tanto por el escaso vínculo entre productores, como así también con otros actores asociados a dicha producción.

Sí bien se identificaron en términos generales las series de suelo con mayor y menor potencial de lixiviación de agroquímicos, según su contenido de materia orgánica, desarrollo de suelo y profundidad del nivel freático, se recomienda un estudio de mayor detalle. El mismo debería incorporar características del suelo como tipo y proporción de minerales (arena, limo, arcilla), capacidad de intercambio catiónico y pH, además de un estudio detallado por parcela del tipo de agroquímicos en uso, ya que existen diferentes procesos de transporte para diferentes sustancias. De todas maneras, lo delineado en términos generales en este trabajo es un aporte de interés, teniendo en cuenta la escasez de antecedentes y la dificultad de extrapolar los estudios de detalle recomendados anteriormente, que deben realizarse a nivel de parcela o incluso de matrices de suelo en laboratorio, a la complejidad de una región como el partido de Tandil.

La CE y los cloruros son coherentes con la dinámica de flujo que señalan los estudios antecedentes a distintos niveles de detalle en el partido de Tandil. Las variaciones estacionales de la conductividad eléctrica y los cloruros son de escasa magnitud tanto en las perforaciones ubicadas en cabeceras y sector medio, como en las del área de descarga. Se produce una disminución de estos elementos en la última campaña; dicho descenso de CE y cloruros se condice con una disminución de la profundidad del nivel freático, por lo que se podría suponer una dilución, en la mayoría de las perforaciones (Grupo II), aunque no en todas.

Se presentaron 5 casos (15 % de las muestras) con un promedio de concentración de nitratos superior al límite de 45 mg/l establecido en el CAA. Dichas perforaciones se ubican en campos con producción agropecuaria y presentan en general un diseño de perforación inadecuado y/o mantenimiento deficiente, condiciones que favorecen la contaminación. En tres de ellas se detectaron pozos ciegos cercanos que constituirían la fuente contaminante; en las restantes se infiere que proviene de la aplicación y manejo de fertilizantes.

Al estudiar las variaciones temporales de nitratos, se detecta que la dinámica puntual de la contaminación con este compuesto está vinculada parcialmente al comportamiento del nivel freático, y su respuesta a la situación del balance hídrico, pero también tiene mucha relevancia el manejo antrópico.

Es imprescindible que el productor agropecuario y los actores involucrados en la actividad rural tomen conocimiento y conciencia sobre el uso y manejo integral del recurso hídrico dentro de la actividad productiva; esto involucra no sólo la forma como se efectúa la apropiación del agua, sino también las medidas de protección al recurso hídrico evitando la disposición inadecuada de cargas contaminantes.

El trabajo de extensión universitaria, como el realizado para obtener parte de la información utilizada, es una herramienta muy útil para ahondar respecto a las buenas prácticas agropecuarias; no obstante, es necesario que los organismos con decisión política implementen mecanismos para superar falencias como la visión fragmentada, la superposición de funciones y la falta de control de cumplimiento de la normativa, así como para mejorar la conciencia ambiental de la ciudadanía.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha podido llevar a cabo gracias al trabajo mancomunado de investigadores y becarios del CINEA, la CLCPAT, y el LAByM.

BIBLIOGRAFÍA

APHA. Eaton, A. D., Clesceri, L. S., Rice, E. W., Greenberg, A. E. & Franson, M. A. H. (eds). (2005). *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater*. 21st Edition. APHA: Washington, D.C.

- Baldovino, M., Rodríguez, C. I., Ruiz de Galarreta, A., Bilbao, G., Quiroga, M., & Landa, R. (2011). Análisis preliminar del agua subterránea en tambos de Tandil, Buenos Aires. *VII Congreso Argentino de Hidrogeología y V Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de la Hidrología Subterránea* (pp. 124-131). Salta, Argentina.
- Barranquero, R., Varni, M., Ruiz de Galarreta, A. & Banda Noriega, R. (2012). Aporte de la hidroquímica al modelo conceptual del sistema hídrico subterráneo. Tandil, Argentina. *GEOACTA*, 37 (2): 130-146.
- Barranquero, R.S., Varni, M. R., Pardo, R., Vega, M., Zabala, M. E. & Ruiz de Galarreta, V. A., 2016. Propuesta para el estudio comparativo del recurso hídrico subterráneo. Ejemplo de caso: cuencas de los arroyos Languyú y Del Azul. *Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*, 37: 45-56.
- Basla, M. M., Nuñez, M. V & Ulberich A. C. (2017). Relevamiento, localización y caracterización de feedlots del partido de Tandil. *IV Congreso Internacional de Ambiente y Energías Renovables* (pp. 1-10). Villa María, Córdoba: Universidad Nacional Villa María.
- Bilenca, D. & Miñarro, F. (2004). Identificación de las Áreas Valiosas de Pastizal (AVPs) en las Pampas y Campos de Argentina, Uruguay y sur de Brasil. *Fundación Vida Silvestre Argentina*, 353 pp. Buenos Aires, Argentina.
- Carreño, L. & Viglizzo, E. (2011). Provisión de servicios ecológicos y gestión de los ambientes rurales en Argentina. *INTA, No. 333. 7614*, Buenos Aires. 66 pp.
- Cisneros Basualdo, N. E., Miguel, R. E., Ruiz de Galarreta, A. & Banda Noriega, R. (2016) Hidrodinámica e hidroquímica de agua subterránea en áreas sometidas a diferentes usos agropecuarios. *Acta de congreso IV Jornadas Interdisciplinarias Ciclo del Agua en Agroecosistemas* (Pág. 23). Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Cortelezzi, A., Ocón, C., López van Oosterom, M. V., Cepeda, R. & Rodrigues Capítulo, A. (2015). Nutrient enrichment effect on macroinvertebrates in a lowland stream of Argentina. *Iheringia, Série Zoologia*, 105 (2): 228-234.
- Código Alimentario Argentino (1969). Capítulo XII: Artículos: 982 al 1079 - Bebidas Hídricas, Agua y Agua Gasificadas. Actualizado al 10/2012. Fuente:

<https://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario>

- Ferrari, O. L. & Speroni N. A. (2008). Feedlot actual. *Difusión ganadera*, 1era Edición. Buenos Aires. La Nación. (Pág. 7).
- Giuliano Albo, M. J. & Blarasin, M. T. (2014). Hidrogeoquímica y estimación del fondo natural de nitratos del agua subterránea en un agroecosistema del pedemonte de la sierra de Comechingones. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 71 (3): 378-392.
- Holzman, M. E., Dalmaso, M. G. & Mariño E. (2009). Contaminación por nitrato en la zona urbana y rural de la localidad de Macachín, La Pampa, Argentina. *Boletín Geológico y Minero*, 120 (4): 553-562.
- INDEC (2002). Censo Nacional Agropecuario. https://www.indec.gov.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=3&id_tema_2=8&id_tema_3=87 Acceso: 07/11/2018.
- INDEC (2008). Censo Nacional Agropecuario. https://www.indec.gov.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=3&id_tema_2=8&id_tema_3=87 Acceso: 07/11/2018.
- INDEC (2010). <http://www.censo2010.indec.gov.ar/resultadosdefinitivos.asp>
- INTA (2015). Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en el ambiente. Virginia Aparicio, Eduardo De Gerónimo, Keren Hernández Guijarro, Débora Pérez, Rocío Portocarrero y Claudia Vidal (Compiladores). 1ª ed. Balcarce, Buenos Aires; Famaillá, Tucumán; Reconquista, Santa Fe. Ediciones INTA, 2015. 73 p.
- INTA (2018). Mapa de suelo de Argentina [WFS]. Escala 1:50.000. Visor GeoINTA. Link: <http://geointa.inta.gov.ar/visor/>
- Manuel-Navarrete, D. & Gallopín, G. (2007). Integración de políticas, sostenibilidad y agriculturización en la pampa argentina y áreas extrapampeanas. *CEPAL. Serie Seminarios y Conferencias N° 50*, Santiago de Chile. 34 pp.
- Montico, S. (2004). El manejo del agua en el sector rural de la región Pampeana argentina. *Theomai* 99 (pp. 1-14).
- Nogar, G. (2001). Reconversión productiva láctea, desde el productor hasta el consumidor. Un análisis desde la Geografía Rural. Editorial La Colmena.
- Nogar, L. & Jacinto, G. (2010). Cambios en el uso del suelo del Partido de Tandil:

- nuevos actores productivos y transformaciones territoriales en pequeñas localidades (Sudeste de la Provincia de Buenos Aires). *VII Bienal del Coloquio de Transformaciones Territoriales. Territorio y Territorialidades en Movimiento*. Montevideo, Uruguay.
- Perdomo, C. H., Casanova, O. N. & Ciganda, V. S. (2001). Contaminación de aguas subterráneas con nitratos y coliformes en el litoral sudoeste del Uruguay. *Agrociencia*, 5 (1): 10-22.
- Pessolano, B., Ruiz de Galarreta, A., Varni, M., Barranquero, R. & Larsen, A. (2012). Análisis geohidrológico de la cuenca del A° Chapaleofú Chico-Tandil y su relación con las prácticas agropecuarias. *1º Encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Hídricos*, Resumen en Actas (pág. 49). Trabajo completo en CD (02_001). Ezeiza, Instituto Nacional del Agua.
- Reynoso, L., Sasal, C., Portela, S. & Andriulo, A. (2005). Vulnerabilidad del acuífero pampeano a la contaminación en el norte de la provincia de Buenos Aires. Aplicación de la metodología Drastic RIA. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 34 (1): 85-99.
- Rodriguez Capítulo, A., Gómez, N., Giorgi, A. & Feijoó, C. (2010). Global changes in Pampean lowland streams (Argentina): implications for biodiversity and functioning. *Hydrobiologia*, 657: 53-70.
- Ruiz de Galarreta, A. (2004). Evaluación del riesgo de contaminación hídrica en el Partido de Tandil. *Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires*. Informes Anuales inéditos.
- Ruiz de Galarreta, A. & Banda Noriega, R. (2005). Geohidrología y evaluación de nitratos del Partido de Tandil, Buenos Aires, Argentina. *IV Congreso Argentino de Hidrogeología y II Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de la Hidrología Subterránea* (pp. 99-108). Río Cuarto, Argentina.
- Ruiz de Galarreta, A. 2006. Geohidrología y balance hidrológico de la zona no saturada en la cuenca superior del arroyo Tandileofú, provincia de Buenos Aires. Tesis del Doctorado en Ciencias Naturales. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata. 181 pp. (Inédito).
- Teruggi, M. & Kilmurray, J. (1975). Tandilia. En: Relatorio Geología Provincia de

- Buenos Aires. *VI Congreso Geológico Argentino* (pp. 55-77). Bs. As.
- Thornthwaite, C. W. & Mather, J. R. (1957). *Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance*. Publication núm. 10-Laboratory of Climatology. Centertown, N. J.
- Viglizzo, E. & Jobbágy, E. G. (Eds.). (2010). *Expansión de la frontera agropecuaria en Argentina y su impacto ecológico-ambiental*. Buenos Aires: Ediciones INTA.
- Zulaica, L. M. (2005). *Zonificación Ecológica y Diagnóstico Ambiental de la Cuenca del arroyo Langueyú*. Tesis Maestría en Gestión Ambiental del Desarrollo Urbano. Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de Mar del Plata (Inédito).