

DIAGNÓSTICO DE LA CONTAMINACIÓN EN SUELO Y AGUA SUBTERRÁNEA POR ACTIVIDAD GANADERA MEDIANTE SONDEOS GEOELÉCTRICOS EN LA MICROCUENCA DEL ARROYO CAÑETE (Pcia. de Bs. As.)

CLAUDIA SAINATO¹; GRISELDA GALINDO²; H. MALLEVILLE³ y MARÍA ALEJANDRA HERRERO⁴

RESUMEN

Se realizaron sondeos geoelectrónicos en un tambo y en un criadero de porcinos abandonado para detectar anomalías de conductividad eléctrica en la zona no saturada y en el agua subterránea que estuvieran relacionadas con algún proceso de contaminación por los efluentes. Los sondeos se realizaron en los lugares críticos (corral) y fuera del área de influencia del establecimiento. Se compararon los resultados con análisis de conductividad eléctrica, contenido de nitratos y sólidos disueltos totales obtenidos de muestras de agua superficiales y subterráneas. Se encontraron anomalías de conductividad por debajo de los corrales atribuidas a las deposiciones de los animales constituyendo fuentes de contaminación puntual, siendo mayor en el criadero de porcinos abandonado que en el tambo. Aunque el nivel de nitratos fue alto en algunos sitios, la calidad del agua subterránea depende de la posición relativa de la captación respecto de las fuentes puntuales de contaminación.

Palabras clave. Contaminación, agua subterránea, ganadería.

DIAGNOSIS OF SOIL AND GROUNDWATER CONTAMINATION BY CATTLE ACTIVITY USING GEOELECTRICAL SOUNDINGS AT THE MICROBASIN OF CAÑETE STREAM (Bs. As. Province)

SUMMARY

Geoelectrical soundings were performed at a dairy and a pig corral abandoned in order to detect electrical conductivity anomalies at the non-saturated zone and at groundwater related with contamination process due to effluents. The soundings were carried out at critical sites (corrals) and outside the influence area. The results were compared with electrical conductivity, nitrate contents and total dissolved solids, obtained from superficial water and groundwater samples. Conductivity anomalies were found below the corrals due to the animal depositions which are contamination sources being greater at the pig corral than at the dairy. Even if the nitrate level was high at some sites, groundwater quality depends on the relative position of the well regarding the contamination source.

Key words. Contamination, groundwater, cattle.

INTRODUCCIÓN

Las actividades agropecuarias inciden en la contaminación del agua subterránea y del suelo en el ámbito rural, ya sea por la aplicación de agroquímicos así como también por la mala disposición de

los residuos ganaderos. La producción primaria de leche puede afectar la calidad del agua subterránea, por las deposiciones en lugares con alta concentración de animales (corrales) o los efluentes producidos en la instalación de ordeño como desechos,

¹Cátedra de Física. Facultad de Agronomía. UBA. Av. San Martín 4453 (1417DSQ) Buenos Aires. E.m.: csainato@agro.uba.ar

²Cátedra de Hidrogeología. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. UBA-CONICET

⁴Depto de Producción Animal. Facultad de Ciencias Veterinarias. UBA.

que constituyen una fuente puntual de contaminación, principalmente por nitratos. El agua subterránea es la fuente de bebida de los animales y, generalmente, también se la utiliza para consumo humano por cuanto su calidad puede tener incidencia en la salud y la producción (Herrero *et al.*, 2002). Según Galindo *et al.* (2004a), en la zona cercana a la localidad de Arrecifes, en la Pampa Ondulada, la influencia antrópica genera incrementos puntuales de salinidad y concentración de nitratos. En estudios posteriores realizados por Galindo *et al.* (2005), se investigó el contenido de elementos trazas potencialmente tóxicos en las aguas subterráneas de la microcuenca del Arroyo Cañete y se concluyó que la contaminación debida a los procesos antropogénicos produce el incremento de metales como Cr, Cu y Zn. Si bien los métodos geofísicos de exploración se utilizan ampliamente para la exploración de agua subterránea (Sainato *et al.*, 2003), o para problemas de contaminación por residuos urbanos o industriales (Meju, 2000), la aplicación al impacto ambiental por actividad agropecuaria no está muy difundida. Hay algunos estudios de contaminación por nitratos del agua subterránea por debajo de tambos, utilizando métodos geoeléctricos y electromagnéticos como el de Darling (1992) y Drommerhausen *et al.* (1995), los cuales han logrado determinar los límites de la zona afectada mediante la detección de valores anómalos de conductividad eléctrica. Las zonas de concentración de animales, en áreas rurales, representan la principal fuente de contaminación puntual.

En este trabajo, se ha propuesto determinar la anomalía de conductividad eléctrica producida en el suelo y el agua subterránea por efecto de fuentes potenciales de contaminación como la producción animal intensiva en una zona rural cercana a la localidad de Arrecifes (Pcia. de Buenos Aires). La aplicación de sondeos geoeléctricos permitirán evaluar la respuesta de la exploración geofísica a este tipo de situaciones, como etapa previa a la realización de muestreos de suelo y de agua subterránea. Esto implica una reducción en el costo y en el tiempo insu-mido en la evaluación de los recursos, con resultados inmediatos.

Características del área de estudio

Está ubicada en la cuenca del río Arrecifes (Fig. 1), específicamente en la microcuenca del arroyo Cañete, con suave pendiente que discurre entre los

50 m s.n.m. y los 30 m s.n.m, aproximadamente. La baja velocidad de escurrimiento del agua determina un mayor tiempo de contacto con el terreno, incrementándose la infiltración y evapotranspiración, favoreciendo los posibles procesos de contaminación. Los pozos de explotación de agua subterránea son generalmente someros (menos de 50 m de profundidad) para abastecimiento de agua a la población rural, actividades agropecuarias y, en menor medida, para algunas industrias (Galindo *et al.*, 2002). El clima presenta alternancia de períodos secos y húmedos con una precipitación media anual de 970 mm y la temperatura media anual de 16 °C.

La secuencia sedimentaria superior de interés está constituida por sedimentos no consolidados, de edad Miocena en la parte inferior (arcillas, margas, limos y arenas); esta secuencia inferior contiene el acuífero Puelche que, en la zona de estudio, tiene 10 a 25 m de espesor y su techo se localiza entre 50 y 100 m de profundidad. La superior Plio-cuaternaria, con sedimentos loessoides, que están más o menos afectados por procesos pedogénicos (Zárate, 2003), contiene al acuífero Pampeano que alcanza una profundidad entre 30 y 50 m. Este incluye el acuífero freático y en profundidad se comporta como un acuífero semiconfinado multicapa. Localmente, aparecen también sedimentos fluviales (arenas) y evaporíticos (yesos). La interfase agua dulce-agua salada se profundiza abruptamente al oeste de Arrecifes hacia el SE (Sainato *et al.*, 2003). La dirección de flujo subterráneo local coincide con la topografía, mientras que la regional presenta una dirección NO-SE. Los suelos son predominantemente de tipo Argiúdoles, en algunos lugares de tipo Natracúoles y poseen una textura franco-limosa, son ricos en nutrientes y tienen buena aptitud agrícola-ganadera (Galindo *et al.*, 2000).

MATERIALES Y MÉTODOS

En el mapa de la Figura 1, se muestran remarcadas con rectángulos las dos zonas de estudio en el área rural entre las localidades de Arrecifes y Todd. Los sitios estudiados corresponden, en la zona sur, a un tambo perteneciente a una Escuela Agropecuaria y sus alrededores y en las nacientes del A° Cañete, hacia el norte, un pequeño establecimiento de cría de porcinos actualmente abandonado, pero que estuvo en producción hasta 12 meses antes del muestreo. Asimismo, se presenta la ubicación de los muestreos de agua superficial (n = 3) y subterránea (n = 5)

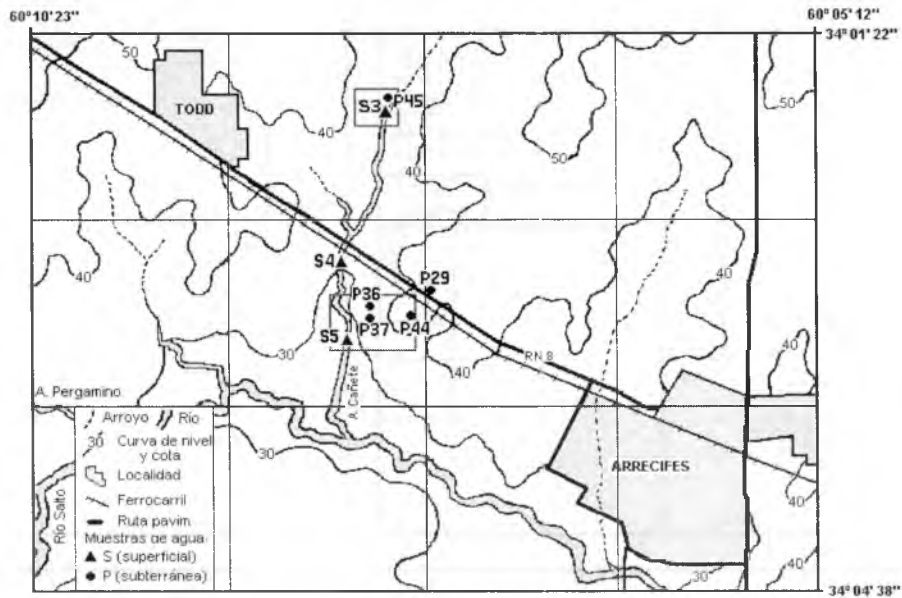


FIGURA 1. Ubicación de la zona de estudio. Los rectángulos señalan los sitios analizados. Se observan las curvas de nivel y las posiciones de muestreo de agua superficial y subterránea, con excepción de la muestra S1 que se encuentra en las nacientes del arroyo Cañete, fuera del alcance del mapa.

realizados en la zona, con la metodología para toma y análisis de las muestras de acuerdo a los métodos estándares (APHA, 1998). Las muestras de aguas se clasificaron de acuerdo al diagrama de Piper, determinando en campo pH, conductividad eléctrica (C.E.) y temperatura. También se midieron Sólidos disueltos totales (SDT) y nitratos.

El estudio de la distribución de la resistividad eléctrica (inversa de la conductividad) se realizó mediante sondeos geoelectrónicos (Orellana, 1972) con la configuración Wenner (en el tambo) y dipolo-dipolo (en el criadero de porcinos). El método, con algunas diferencias entre configuraciones, consiste en medir la diferencia de potencial eléctrico producida entre dos electrodos colocados en la tierra ante el paso de una corriente. Los electrodos de potencial y de corriente están ubicados simétricamente respecto al centro del sondeo, el cual se corre en un perfil lateral obteniéndose una pseudosección de resistividad aparente. Los datos en profundidad se obtienen aumentando la distancia entre electrodos y con ello la penetración del método. Las mediciones se realizaron con un resistivímetro (marca Scintrex), con separaciones entre electrodos de 2m y una abertura máxima de 50m. Mediante un programa de inversión de los datos experimentales de resistividad aparente (Oldenburg, 1994) se obtuvo un modelo de la resistividad

de la tierra (o su inversa la conductividad) en función de la profundidad y de la distancia lateral. Las anomalías de conductividad, para discernir las zonas del subsuelo afectadas por fluidos contaminantes, son interpretadas, mediante la información geológica.

La Figura 2a es el esquema de ubicación de los sondeos geoelectrónicos realizados en la Escuela Agropecuaria, dentro y fuera del tambo y de las muestras de agua de pozos y superficiales disponibles en las cercanías. En forma próxima, hacia el este, se ubica un cementerio, que se encuentra en una posición topográficamente más elevada. Se señalan los sitios de sondeo, en tres situaciones distintas, asociadas con el uso de la tierra: uno en el lugar de tránsito de los animales del tambo (Sg1) en una situación topográfica intermedia-baja, correspondiente al corral en el cual se ubican los animales luego de ser ordeñados (aproximadamente 20-25 animales), durante 2 horas/día. Los otros dos sitios se ubican en una pradera, en una situación topográfica intermedia (Sg2) y en la loma (Sg3). Los sondeos fueron en dirección NE-SO perpendiculares al gradiente topográfico de la zona, que disminuye desde la loma hacia el NO, E y SE.

La Figura 2b presenta el esquema del criadero de porcinos donde se realizaron dos sondeos geoelectrónicos

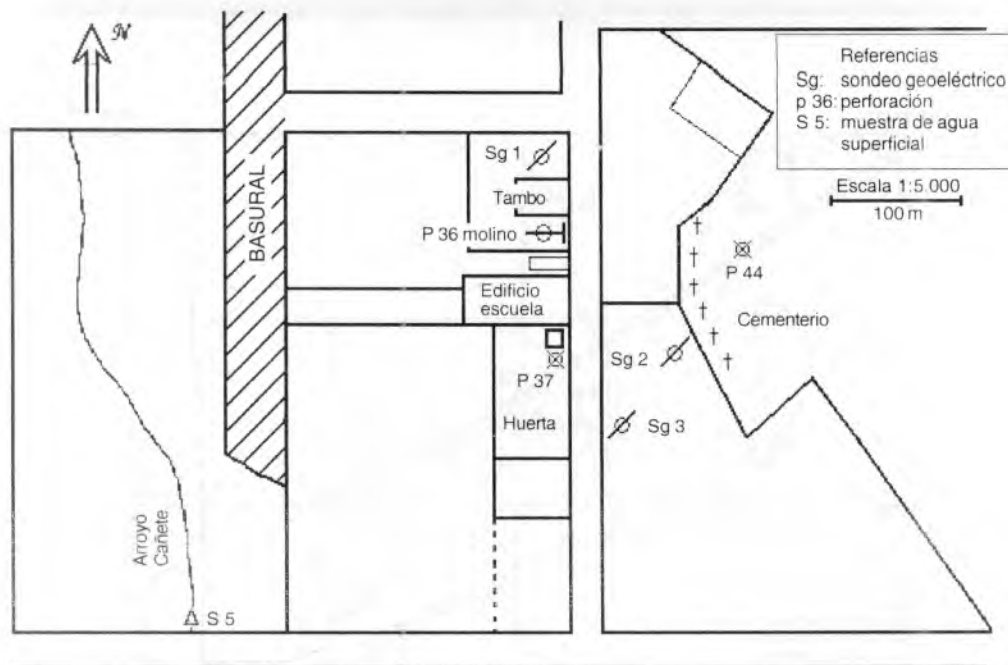


FIGURA 2a. Zona rural cercana a la Escuela Agropecuaria. Se ubican el tambo, los sitios de sondeos geoelectricos y los de muestreo de aguas superficiales y subterranas.

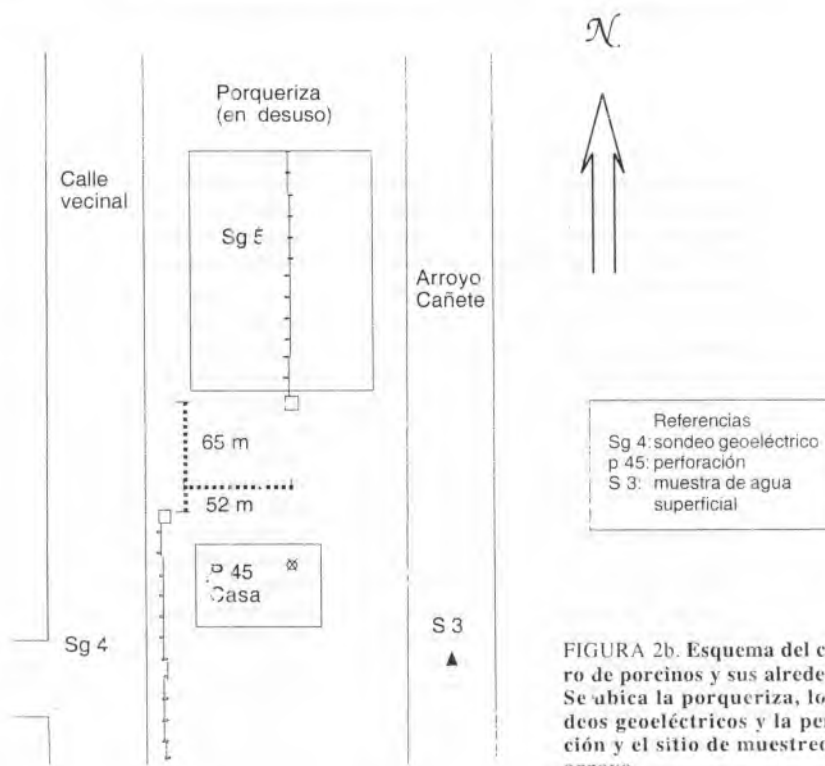


FIGURA 2b. Esquema del criadero de porcinos y sus alrededores. Se ubica la porqueriza, los sondeos geoelectricos y la perforación y el sitio de muestreo en el arroyo.

con la configuración dipolo-dipolo. En esta oportunidad los perfiles tienen la dirección NS, en un caso fuera del establecimiento paralelo a la calle vecinal (Sg4) y dentro del corral (porqueriza) (Sg5).

En ambas situaciones se obtuvieron los modelos de resistividad eléctrica de la tierra, comparándose con la información litológica de perforaciones y con otros sondeos geoelectrónicos realizados con anterioridad en la zona.

En ambos establecimientos, se evaluó la vulnerabilidad del acuífero freático a la contaminación, debido a la actividad desarrollada en esos lugares que pudieran ser potencialmente contaminantes. Se aplicó la metodología de Foster e Hirata (1991), que tiene en cuenta el tipo de acuífero, el sustrato geológico de la zona no saturada, y la profundidad de la freática, y a esta metodología se le agregó un índice que tuviera en cuenta la textura del suelo. Para ello, en todos los sitios de sondeos, en ambos establecimientos se realizó un muestreo de suelo con un barreno, entre 0- 20 cm, y 20-40 cm. Las muestras fueron acondicionadas para realizar el análisis granulométrico separándose la fracción arena en sus distintos tamaños de la fracción limo-arcilla, obteniéndose el porcentaje correspondiente de cada fracción, refiriéndolo al peso inicial (Tucker, 1988). El último índice, relacionado con la textura del suelo, se determinó en relación lineal inversa con el porcentaje de limo-arcilla, considerando el mayor índice 1 al sitio con menor contenido de limo-arcilla y el menor índice queda determinado considerando que el porcentaje de variación en el contenido de limo-arcilla debe ser el mismo que el porcentaje de variación del índice.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 indica los valores obtenidos de los análisis físico-químicos de las muestras de agua superficiales y subterráneas, realizados en la zona de estudio. El Cuadro 2 muestra los porcentajes granulométricos de las muestras de suelo correspondiente a cada sitio de sondeo.

Calidad de las aguas

La variabilidad de la composición hidroquímica indica que las muestras de aguas superficiales y subterráneas presentan composiciones bicarbonatadas sódicas, con tendencia, en el caso de las subterráneas, a evolucionar hacia bicarbonatadas cálcicas y magnésicas. En este contexto, las muestras de pozos tienden a ser más salinas que las superficiales, siendo éstas últimas más alcalinas. Estos parámetros mayoritarios pueden constituir también un factor limitante de la calidad del agua por lo que se refiere a salinidad (básicamente elevadas concentraciones de sodio) y altos contenidos de nitrato.

CUADRO 1. Valores de conductividad eléctrica CE, pH, sólidos disueltos totales (SDT), y nitratos de las muestras de agua subterránea (pozos) y superficiales (arroyo Cañete). La muestra S1 corresponde a la naciente del arroyo, fuera de la zona de estudio.

POZOS				
Sitio	pH	C.E.(μ S/cm)	SDT(mg/L)	NO ₃ (mg/L)
P36	7,36	995	336	50
P37	7,51	950	438	61
P44	7,64	850	305	82
P29	7,11	890	695	54
P45	7,49	752	609	26
SUPERFICIALES				
Sitio	pH	C.E.(μ S/cm)	SDT(mg/L)	NO ₃ (mg/L)
S1	7,58	700	567	25
S3	8,2	740	316	31
S4	8,32	760	150	31
S5	8,33	780	330	34

CUADRO 2. Análisis granulométrico de las muestras de suelo. Las fracciones se expresan en porcentajes. Las muestras M1 y M2 corresponden al sitio Sg1, las M3 y M4 al Sg2, las M5 y M6 al Sg3, las M7 y M8 al Sg5 y las M9 y M10 al Sg4.

Muestra	Prof. (cm)	grava	arenas					limo-arcilla	total
			muy gruesa	gruesa	media	fina	muy fina		
M1	0-20	0,40	0,90	1,10	1,50	2,50	4,80	87,50	98,70
M2	20-40	0,53	0,06	0,78	1,28	1,06	7,30	85,15	96,15
M3	0-20	1,30	1,66	7,32	3,60	1,44	5,77	75,05	96,14
M4	20-40	1,20	0,90	2,10	3,60	5,50	6,90	78,40	98,60
M5	0-20	1,60	1,40	0,60	4,80	2,90	2,60	85,90	99,80
M6	20-40	1,50	1,90	5,30	2,80	3,20	4,50	79,10	98,30
M7	0-20	0,30	0,65	0,43	0,84	0,71	2,83	89,57	95,33
M8	20-40	0,2	0,5	1,05	3,2	5,5	7,8	80,25	98,5
M9	0-20	0,2	0,51	2,4	0,9	0,8	3,1	88,36	96,27
M10	20-40	0,9	1,2	0,5	3,2	6,8	6,5	79,5	98,6

Escuela-Tambo

La Figura 3 presenta los modelos de resistividad eléctrica de la tierra obtenidos para los tres sondeos correspondientes a la escuela agropecuaria-tambo y sus alrededores; la escala de grises refleja los distintos valores de resistividad en ohm m en función de la profundidad y de la distancia a lo largo del perfil. Las variaciones de resistividad están dadas por la textura del subsuelo, el contenido de agua y su salinidad. Las zonas en blanco corresponden a los valores de más baja resistividad eléctrica. Tomando como testigo el sondeo en la loma (Sg3), se puede observar el nivel freático, a profundidades cercanas a los 5 m. Este nivel separa la zona no saturada, con una resistividad de 30 ohm m en promedio, del acuífero freático donde baja la resistividad a 21 ohm m. Estos valores son los típicos encontrados en la zona (Sainato *et al.*, 2003) para la zona no saturada y el acuífero freático. El nivel freático se profundiza hacia el SO acompañando la topografía. El sitio Sg2 adyacente al cementerio presenta una zona no saturada más resistiva que en el caso anterior (podría deberse a material de relleno colocado durante la construcción del cementerio). Además, el porcentaje de limo-arcilla del suelo es menor a los valores típicos encontrados en la zona (Cuadro 2), con un mayor contenido de arena gruesa, lo cual puede

incrementar la resistividad. Ésta disminuye a 27 ohm m a los 3 m de profundidad aproximadamente y a 20 ohm m más allá de los 7m, que de acuerdo a la información del pozo 44, ubicado en la loma, podría ser la profundidad del nivel freático. El nivel de nitratos en el agua observado en este pozo alcanza 82 mg/L (Cuadro 1). Estudios anteriores en la zona han mostrado niveles de base de nitratos bastante altos (alrededor de 30 mg/L), compatibles con el tipo de actividad agropecuaria intensiva que se desarrolla en la zona (el límite máximo aconsejable para el consumo humano es de 45 mg/L). Pero el valor de concentración encontrado en el Pozo 44 de 82 ppm supera la media y, por encontrarse dentro del predio del cementerio, es factible que el agua se encuentre contaminada por la acción directa del lixiviado de efluentes que contienen gran parte de sales minerales (Marques Silva, 1998).

El pozo 37 contiene una concentración de nitratos de 61 ppm y dado que se encuentra en una zona topográficamente más baja y el flujo subterráneo se dirige hacia esa posición, se puede ver influenciado por la contaminación detectada en el pozo 44. En el corral del tambo, sitio Sg1, se observa la zona no saturada con resistividades más bajas que los valores testigo de la loma, es decir existe una anomalía de alta conductividad (1.300 mS/cm) hasta profundidades entre los 4 y 7 m reflejando la presencia de

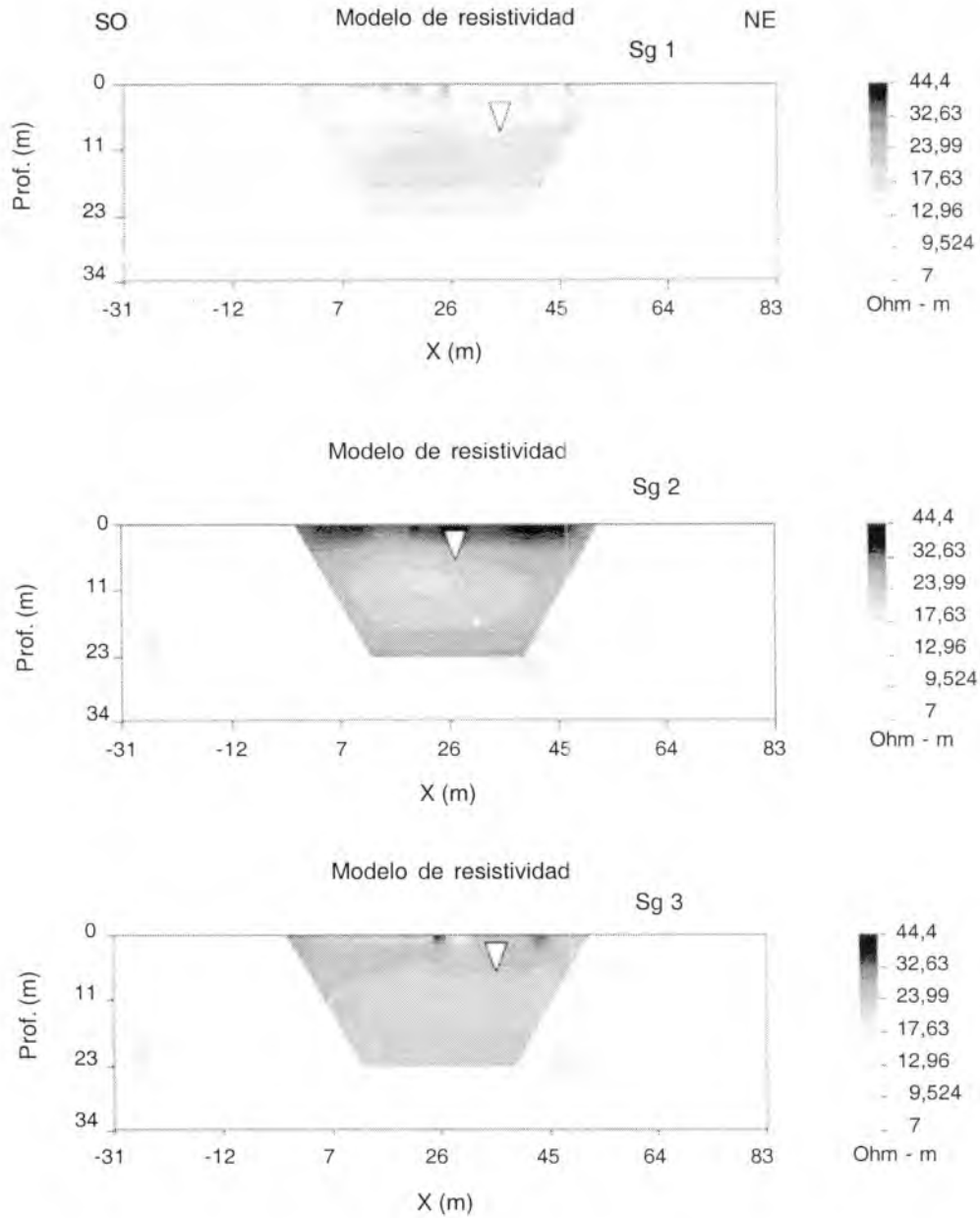


FIGURA 3. Modelos de resistividad eléctrica en función de la profundidad y de la distancia lateral en los sitios Sg1, Sg2 y Sg3, correspondientes a la Escuela Tambo con orientación SO-NE. La escala de grises señala los valores de resistividad eléctrica en ohm m.

lixiviados de las deposiciones de los animales. Los valores por debajo son cercanos a los 14 ohm m (714 mS/cm) coincidentes con los valores de conductividad del agua freática del pozo 36 (Cuadro 1) donde el valor de nitratos alcanza 50 ppm. Es de hacer notar que este pozo se encuentra en una posición más alta que el corral (sitio Sg1) por lo cual la contaminación debida a los animales puede no detectarse en el pozo, pero si podría influir en posiciones más bajas, en dirección al flujo subterráneo, hacia el NO, de la misma forma que el escurrimiento superficial de los efluentes en el sentido de la pendiente topográfica influyen sobre el arroyo cercano.

Las muestras de agua superficial presentan valores de pH mayores que en aguas subterráneas, mientras que la conductividad es menor, debido a las mez-

clas de aguas por el proceso de descarga de las aguas subterráneas. Los Sólidos Disueltos Totales (SDT), en el sitio S4, descienden a la mitad también por el proceso de mezcla de las aguas de lluvia y de escorrentía superficial. En el sitio S5, en el arroyo Cañete, se incrementan nuevamente los SDT pudiendo recibir el aporte de efluentes por escurrimiento de la zona de la Escuela y del basural próximo. Los valores de nitratos, si bien están dentro de los límites permitidos, son altos comparados con los de otras regiones de la llanura pampeana (Galindo *et al.*, 2004b) y estarían influenciados por el tambo y cementerio, pero en mayor medida por el basural, que se encuentra próximo al sitio S5.

El índice de vulnerabilidad resultante fue de 0,3, correspondiendo a un valor de vulnerabilidad moderada.

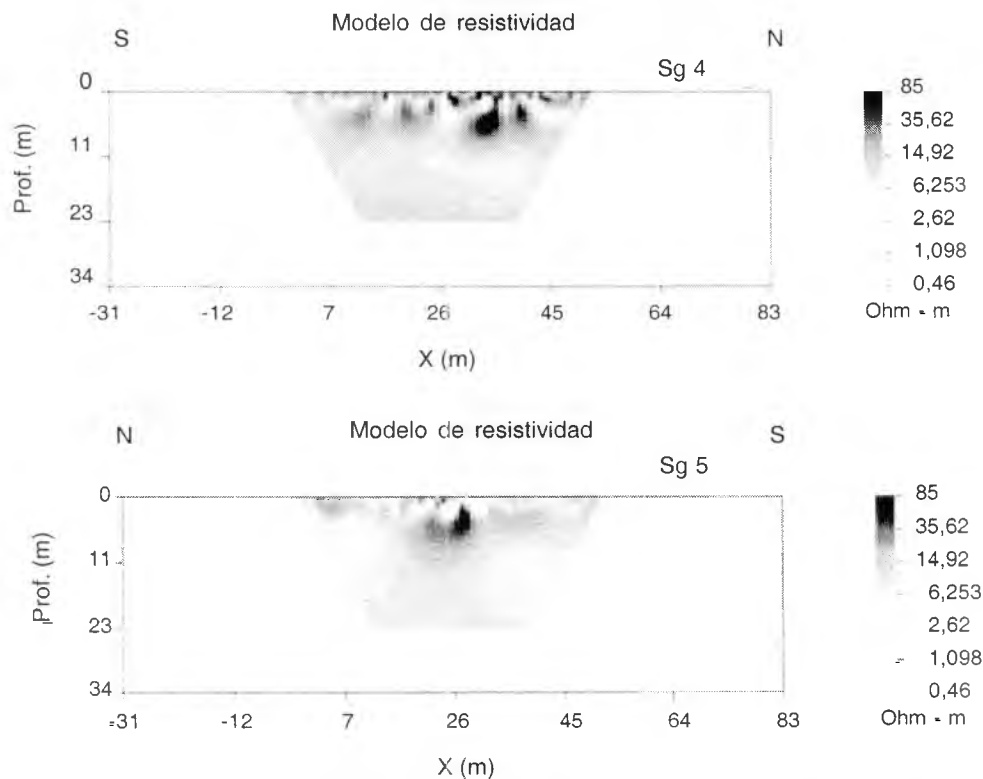


FIGURA 4. Modelos de resistividad eléctrica en función de la profundidad y de la distancia lateral para los sitios Sg4 y Sg5, correspondientes al criadero de porcinos. La escala de grises señala los valores de resistividad eléctrica en ohm m.

Criadero de porcinos

En la Figura 4 se muestran los modelos de resistividad obtenidos para los sondeos realizados en el predio del criadero porcino: en la porqueriza (Sg4) y en paralelo a una calle vecinal (Sg5).

El sondeo Sg5 resultó con una marcada heterogeneidad lateral en la zona no saturada. El acuífero freático es casi superficial (el sitio se encuentra cerca del arroyo) y presenta zonas discontinuas (en blanco) de resistividad más baja (conductividad más alta). Por consiguiente, no parece ser este sitio un buen testigo, sin embargo, comparando con sondeos realizados con anterioridad en la zona, la zona saturada en el sondeo Sg4 presenta una resistividad anómala que disminuye (la conductividad aumenta) hacia el sur, es decir hacia la zona de concentración de animales. Los valores anómalos de conductividad son mayores en estos sitios respecto a los obtenidos en el tambo, lo cual alerta sobre los lugares donde se desarrollan estas actividades que han sido abandonados. Esto podría deberse a que en los corrales del tambo los animales permanecen sólo unas horas al día cuando ingresan o egresan del momento de ordeño, sin embargo en el criadero de porcinos, los animales permanecen todo el día en los corrales, lo cual incrementa los aportes de heces y orina, sustrato desde el cual proviene el aporte de nitrógeno. No se ha encontrado un alto nivel de nitratos en el agua subterránea (26 mg. L⁻¹) cuya captación no se vería afectada por la porqueriza, que se encuentra en una zona más baja. Sin embargo, este criadero incidiría en la calidad del agua superficial, ya que el punto S3 se encuentra en una posición más baja topográficamente respecto al corral, y el arroyo podría estar recargándose con efluentes ya que los valores de nitratos son elevados.

Los índices de vulnerabilidad dentro del corral y en el testigo fuera del establecimiento, resultaron 0,37 y 0,38, respectivamente, correspondiendo en

ambos casos a una vulnerabilidad moderada y, dentro de los valores regionales, en el rango intermedio.

CONCLUSIONES

Por debajo del corral del tambo, se detectó una anomalía de conductividad eléctrica reflejando una fuente de contaminación puntual. El proceso de contaminación en el tambo se evidencia en la zona no saturada especialmente y en el acuífero freático. Por lo tanto, se puede concluir que el método eléctrico utilizado es adecuado para detectar este tipo de contaminación. La contaminación debida a los animales puede no detectarse en el pozo, por encontrarse éste en una posición más alta respecto al corral, pero el sondeo geoeléctrico advierte que no se puede descartar la influencia de esta fuente puntual de contaminación en posiciones más bajas hacia el NO.

La anomalía de conductividad en el criadero de porcinos abandonado resultó ser de mayor intensidad que en el tambo, aunque la calidad del agua subterránea depende de la posición relativa de la captación respecto de las fuentes puntuales.

La vulnerabilidad a la contaminación al acuífero freático se considera moderada, advirtiendo que si bien la textura predominante es limo-arcillosa, el suelo no actúa de amortiguador a la contaminación en este tipo de actividad, afectando la calidad de las aguas subterráneas.

Se recomienda controlar los fenómenos puntuales de contaminación a fin de eliminarlos. Por otra parte, es conveniente adecuar las explotaciones agropecuarias a fin de reducir la contaminación difusa de nitratos, por lo que deben ser gestionadas adecuadamente para minimizar este factor de deterioro de la calidad del agua.

BIBLIOGRAFÍA

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. (ed) 1998. Standard Methods for water and wastewater, 20^o Ed. Editors APHA, American Water Works Assoc. and Water Environment Federation, Wash. DC, USA.
- DARLING, W. 1992. Status of Florida regulation of dairy farm waste management. In: Blake *et al.* (ed) National Livestock, Poultry and Aquaculture Waste management. ASAE, St. Joseph, MI.
- DROMMERHAUSEN, D.; D. RADCLIFFE; D. BRUNE and H.GUNTER. 1995. Electromagnetic conductivity surveys of dairies for groundwater nitrate. *J. Environ. Qual.*, 24: 1083-1091.

- FOSTER, S y R HIRATA. 1991. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas. Ed. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Perú. OMS.
- GALINDO, G.; C. SAINATO; O. HEREDIA; C. POMPOSIELLO y L. GIUFFRÉ. 2000. Cambios en la composición química del agua utilizada en riego complementario, en la cuenca del Arroyo Pergamino. Prov. de Buenos Aires. Argentina. 11^o Conferencia de la Organización Internacional de la Conservación del Suelo. Buenos Aires.
- GALINDO, G.; C. SAINATO, C. DAPEÑA; J.L. FERNÁNDEZ TURIEL; D.GIMENO; M.C. POMPOSIELLO and H. PANARELLO. 2002. Natural and anthropogenic features influencing water quality in NE Buenos Aires, Argentina. XXXII^o IAH International Congress - VI^o Congreso ALHSUD. Mar del Plata, Argentina.
- GALINDO, G.; M.A. HERRERO; J.L. FERNÁNDEZ TURIEL; D.GIMENO; L. CARBO y N.GIL. 2004a. Diagnóstico hidroquímico de una cuenca agropecuaria en la Pampa Ondulada, Argentina. IV Congreso Uruguayo de Geología y II Reunión de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial del Mercosur. Montevideo, Uruguay.
- GALINDO, G.; M.A. HERRERO; S. KOROL and A. FERNÁNDEZ CIRELLI. 2004b. Water resources in the salado river drainage basin, Buenos Aires, Argentina. Chemical and microbiological characteristics. *Water International* 29 (1): 81-90.
- GALINDO, G.; M.A. HERRERO; J.L. FERNÁNDEZ TURIEL; D. GIMENO y L. CARBÓ. 2005. Evaluación de la contaminación de elementos trazas en la microcuenca del arroyo Cañete, Buenos Aires, Argentina. XX^o Cong. Nac. del Agua. Mendoza.
- HERRERO, M.A.; M.S. IRAMAIN; S. KOROL; H. BUFFONI y M. FLORES. 2002 - Calidad de agua y contaminación en tambos de la cuenca lechera de abasto sur, Buenos Aires (Argentina) - *Rev. Arg. de Prod. Anim.* 22 (1): 61-70
- MARQUES SILVA, L. 1998. Cemiterios: Fonte potencial de conataminacao dos aquiferos livres. 4^o Congreso Latinoamericano de Hidrología subterránea. Montevideo. Uruguay.
- MEJU, M. 2000. Geoelectrical investigation of old/abandoned, covered landfill sites in urban areas: model development with a genetic diagnosis approach. *Journal of Applied Geophysics* 44 : 115-150.
- OLDENBURG, D.W. and Y. LI. 1994. Inversion of Induced Polarization Data. *Geophysics* 59: 1327-1341
- ORELLANA, E. 1972. Prospección geoelectrica en corriente continua. Madrid . Paraninfo.
- SAINATO, C.; G. GALINDO; C. POMPOSIELLO; H. MALLEVILLE; D. DE ABELLEIRA and B. LOSINNO. 2003. Electrical conductivity and depth of groundwater at the Pergamino zone (Buenos Aires Province, Argentina) through vertical electrical soundings and geostatistical analysis. *Journal of South American Earth Sciences* 16 (2): 177-186.
- SANTA CRUZ, J. y A. SILVA BUSSO. 1995. Disponibilidad del agua subterránea para riego complementario en las Pcias. de Buenos Aires, Entre Ríos, Córdoba y Santa Fe. Sec. de Agricultura, Ganadería y Pesca, Argentina. 55 pp.
- TUCKER, M.E. 1988. Techniques in Sedimentology. Oxford. Blackwell Scientific Publications. 394 pp.
- ZÁRATE, M.A. 2003. Loess of southern South American. *Quaternary Sci Rev.* 22: 1987-2006.