

Impacto al recurso hídrico subterráneo por vertedero de residuos de industrias de fundición en Tandil, Buenos Aires, Argentina. Un estudio preliminar

R. E. Miguel⁽¹⁾, V. A. Ruiz de Galarreta⁽²⁾ y R. B. Banda Noriega⁽²⁾

(1) Becario Perfeccionamiento - Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires.
r_e_miguel@yahoo.com.ar

(2) Profesional - Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires
Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales (CINEA). Paraje Arrojo Seco s/n - Campus Universitario. (7000). Tandil, Argentina.
agala@fch.unicen.edu.ar, rbanor@gmail.com

RESUMEN

En la ciudad de Tandil, provincia de Buenos Aires, Argentina, las industrias de fundición representan uno de los ejes productivos más importantes. Los residuos generados por estas industrias han sido dispuestos históricamente como material de relleno en cavas de cantera y ladrilleras con la probabilidad que parte de sus constituyentes lixivien poniéndose en contacto con el recurso hídrico subterráneo. El objetivo de este trabajo es presentar los resultados preliminares del estudio hidrodinámico e hidroquímico realizado en un vertedero de residuos de industrias de fundición. El mismo se desarrolló en los alrededores de uno de estos sitios, e incluyó la medición de niveles freáticos y toma de muestras de agua a lo largo de un ciclo hidrológico anual (Noviembre 2007 – Noviembre 2008). El análisis hidrodinámico muestra que el flujo de agua subterránea proviene del Oeste desde un sector rocoso elevado donde diverge atravesando la zona de estudio. En relación a la hidroquímica se ha determinado una clara variación de las concentraciones de nitratos y conductividad eléctrica si se compara los valores aguas arriba y abajo del vertedero.

Palabras clave: hidrodinámica, hidroquímica, recurso hídrico subterráneo, residuos de industrias de fundición, vertederos

Impact to groundwater resources by landfill foundry industries waste in Tandil, Buenos Aires, Argentina. A preliminary study

ABSTRACT

In Tandil city, in Buenos Aires province, Argentina, the foundry industry is one of the most important production lines. The waste generated by these industries has historically been disposed as fill material in pit quarries and brickworks of the likelihood that some of his constituents leach contacting the underground water resources. The aim of this paper is to present the preliminaries results hydrochemical and hydrodynamic study conducted in a landfill of waste foundry industries. The work is around developing a disposal site with the measurement of groundwater levels and taking water samples along an annual hydrological cycle (November 2007 – November 2008). The hydrodynamic analysis shows that the groundwater flow is from the west from a rocky area where high variance across the study area. Hydrochemistry in relation to concentrations of nitrate and electrical conductivity vary significantly upstream and downstream of the landfill.

Key words: foundry industries waste, groundwater resources, hydrochemistry, hydrodynamics, landfill

Introducción

La industria de la fundición es uno de los ejes productivos con fuerte arraigo y tradición de la ciudad de Tandil. Desde el año 1918, con la puesta en marcha del primer establecimiento de este rubro, la actividad creció rápidamente llegando a su plenitud en la década del 60. Desde sus inicios a la actualidad ha experimentado altibajos en la producción, con periodos de crisis importantes y lapsos de gran plenitud. En el

año 2001 la fundición se encontraba en una fuerte crisis económica, pero desde esa fecha hasta mediados del 2008 creció llegando al vigor de sus mejores épocas; en el año 2009 la actividad enfrenta nuevamente una importante recesión.

Estas industrias generan en su proceso productivo numerosos residuos que llamaremos residuos de industrias de fundición (RIF), las cantidades y cualidades de los mismos tienen relación directa con la magnitud de la producción, en periodos de crisis,

como el actual, la generación de residuos es baja, y en períodos de plenitud, es muy importante.

Dentro de los RIF, los residuos más significativos son las arenas de fundición que representan entre el 66 y 88 % del total (CEPIS, 1996). Para comprender la magnitud de producción de RIF se considera, en términos generales, que cada 1 Kg. de producto terminado en hierro se generan entre 0,8 y 1,2 Kg. de residuo de arena de fundición (Metalurgia, 2008). Esta relación es de 1:4 para aleaciones livianas como el aluminio (Miguel *et al.* 2005). En la ciudad de Tandil

en el año 2008, a máxima capacidad productiva, se estimó un volumen de 3100 Tn/mes de residuos de arenas de fundición (Banda Noriega *et al.* 2008). A estas cantidades hay que sumarles otros residuos, como escorias, restos de materiales refractarios, entre otros, que en su conjunto constituyen los llamados RIF.

La disposición final de RIF en la ciudad de Tandil se realiza en vertederos no controlados, como cavas de canteras, ladrilleras y terrenos bajos, utilizándose a los mismos como material de relleno (Miguel *et al.*

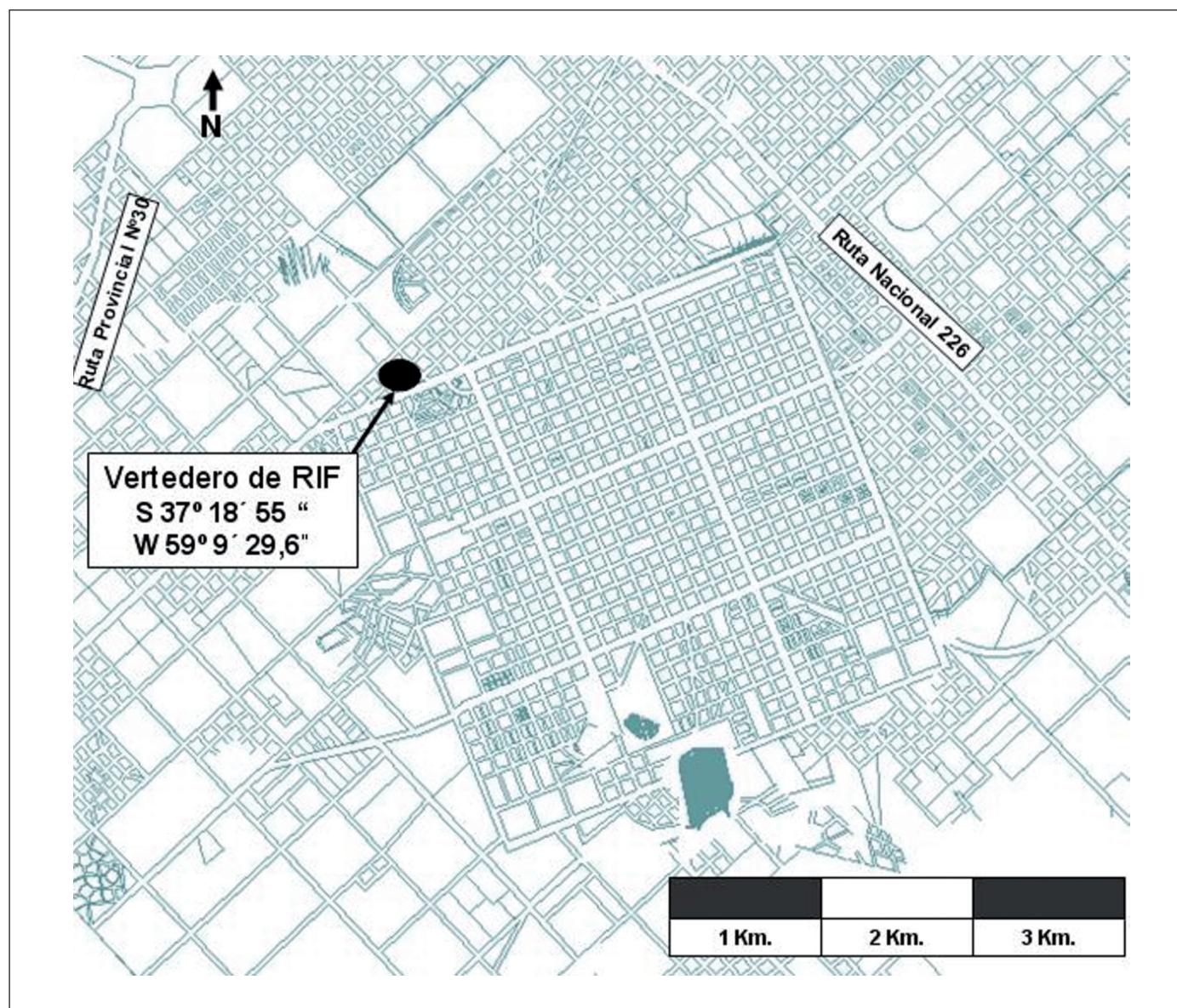


Figura 1. Localización del área de estudio en la ciudad de Tandil
Figure 1. Location of the study area in Tandil City

2008). Esta modalidad de disposición, es facilitada por la presencia de cavas de cantera dentro y en los alrededores del casco urbano de la ciudad de Tandil desde el origen de la actividad de fundición (Mazzone y Nario, 2008).

Esta situación ha sido cuestionada por ONG's ambientalistas locales y medios de comunicación, sin embargo, existe un marcado desconocimiento de las características químicas de los RIF y el impacto que estos vertederos generan sobre el recurso hídrico subterráneo.

El objetivo del estudio fue analizar, en primera instancia, el riesgo de contaminación del sistema hídrico subterráneo en uno de los vertederos de RIF a partir de datos existentes de acuerdo a la metodología DIOS (Foster e Hirata, 1988). En segundo término, se analizó la hidrodinámica e hidroquímica en las inmediaciones del vertedero sometido al estudio de riesgo con el propósito de conocer el impacto de tales disposiciones sobre el acuífero freático.

Estudios preliminares

Levantamiento en campo de vertederos de RIF

Para el desarrollo de la investigación se realizó un levantamiento de vertederos de RIF en inmediaciones al casco urbano de la ciudad de Tandil. Se efectuaron salidas de campo y entrevistas a industriales, transportistas, propietarios de cavas y recuperadores informales de residuos. Del mismo se seleccionó un vertedero de los 39 relevados para el desarrollo de la investigación en base a los siguientes criterios:

- Que posea disposiciones actuales de RIF
- Existencia de información antecedente del sitio (año de inicio, volumen potencial de acogida de residuos, tipo de residuos dispuestos)
- Menor distancia de nivel freático en relación a la masa de residuos a partir de estudios regionales
- Existencia y accesibilidad a pozos para la medición



Figura 2. Fotografía aérea de cava rellena con residuos de industrias de fundición (año 1980)
Figure 2. Aerial photograph of quarry filled with foundry industry waste (year 1980)

de niveles freáticos y obtención de muestras de agua subterránea

Adoptando dichos criterios se seleccionó un vertedero localizado dentro del casco urbano de la ciudad de Tandil, limitado entre las calles Riatto, Jujuy, Misiones y Avda. Juan B. Justo (Figura 1 y 2).

Características del vertedero de RIF seleccionado

El vertedero es una cava de extracción de roca que posee 200 metros de largo por 150 metros de ancho y más de 20 metros de profundidad. La cava esta formada por dos tipos de rocas, una migmatita no alterada de color gris y secundariamente por una milonita color amarillento que presenta una alteración avanzada (IHLla, 1998). El vertedero, previamente a ser utilizado como depósito de residuos, se encontraba inundado.

El relleno de la cava se inició en el año 1981, el mismo se desarrolló en forma de taludes por lo que el aspecto desde calle Jujuy es el de una enorme lomada de color negro grisáceo (Figura 3).

En el año 1998 la cava se encontraba rellena en un ochenta por ciento, y en la actualidad está llegando a su colmatación observándose cartelera en el perímetro del área promocionando la venta del terreno, proyectándose en el futuro la construcción de viviendas residenciales.

Censo de perforaciones y nivelación en el área de estudio

Una vez seleccionado y caracterizado el vertedero se desarrolló en sus inmediaciones un censo de perforaciones. Es de destacar que las viviendas del barrio se encuentran dotadas del servicio de agua de red y cloacas desde hace unos 15 años, por esta razón, las viviendas recientes no poseen perforaciones y las que tenían previo a la dotación del servicio las han sellado o dejado en abandono.

De un total de 133 viviendas relevadas se identificaron 11 perforaciones utilizables para la medición de niveles. De estas, 7 se acondicionaron para el muestreo, en el resto no fue posible poner en funciona-



Figura 3. Cava de cantera rellena con residuos de industrias de fundición (año 2008)
Figure 3. Quarry filled with foundry industrial waste (year 2008)

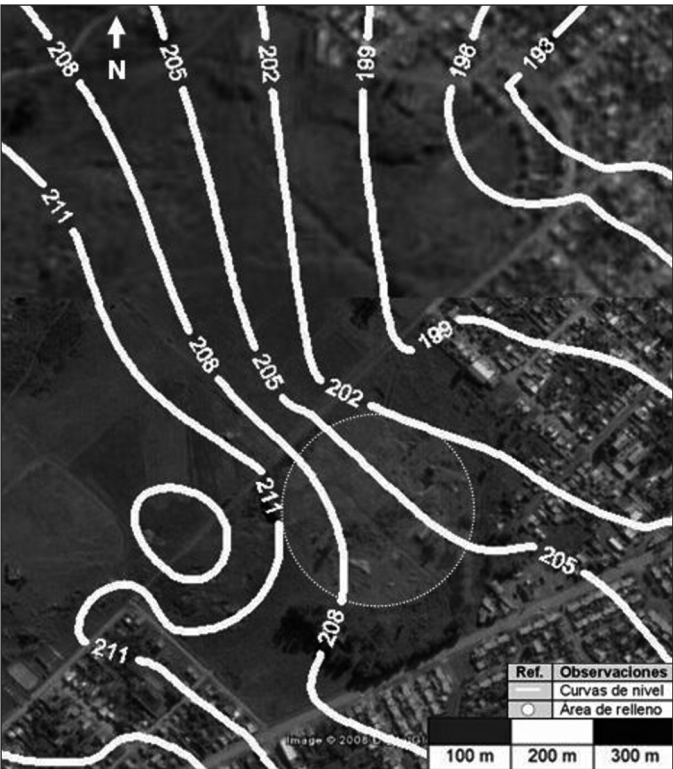


Figura 4. Nivelación del área de estudio
Figure 4. Leveling in the study area

miento el sistema para la extracción de agua. Durante el desarrollo de los censos se detectaron 3 perforaciones más para la medición y 1 para la extracción de muestras de agua.

Para la realización del estudio hidrodinámico es elemental contar con datos confiables de cotas topográficas. Para el área de estudio existe cartografía a escala 1:50.000 con una equidistancia entre curvas de nivel de 10 metros, lo que podría implicar importantes errores en las cotas de boca de pozo al interpolar los puntos entre curvas. Por tal motivo fue necesario nivelar el área de trabajo en relación a un punto fijo

IGM elaborando un nuevo mapa de curvas de nivel, reduciendo así la equidistancia entre curvas y los errores (Figura 4).

Riesgo de contaminación del recurso hídrico subterráneo

El riesgo de contaminación del recurso hídrico subterráneo en el vertedero de RIF se determinó a partir de datos existentes de acuerdo a la metodología DIOS (Foster e Hirata, 1988). Dicha metodología interrelaciona la vulnerabilidad del sistema y la carga contaminante dispuesta infiriendo así el riesgo de contaminación. El concepto de vulnerabilidad del recurso hídrico subterráneo a la contaminación esta dada por las características naturales de los substratos que lo cubren y separan de la superficie.

En base a los antecedentes del área de estudio, la vulnerabilidad a la contaminación del recurso es extrema (Tabla 1), dada la ocurrencia del mismo (acuífero freático), la distancia o profundidad al agua subterránea (en el vertedero el agua subterránea formaba una laguna en la cava) y el substrato litológico (conformado por los propios RIF, principalmente residuos de arenas de fundición).

Por su parte la carga contaminante es entendida como aquella que es o pudiera ser aplicada al subsuelo como resultado de la actividad humana. De acuerdo a la metodología propuesta la evaluación de la carga contaminante considera diferentes índices que permiten su caracterización y están vinculados a la clase de contaminante, intensidad, tiempo de aplicación y modo de disposición al subsuelo. Cada una de estas características (Índices) depende de uno o más factores, cuyos estimados permitirían clasificar los componentes de la carga contaminante en una escala relativa de 0 - 1. Se evaluaron sales disueltas totales y nitratos. De acuerdo al modo de disposición se ha determinado un valor relativo muy cercano a la unidad.

Vulnerabilidad a la contaminación del recurso hídrico subterráneo	Característica	Índice
a) Distancia al agua	< 2	1
b) Ocurrencia del agua subterránea	No confinado	1
c) Substrato litológico	Arenas y gravas	0,7
Vulnerabilidad a la contaminación del acuífero	Extrema	0,7

Tabla 1. Vulnerabilidad a la contaminación del acuífero
Table 1. Vulnerability to contamination of the aquifer

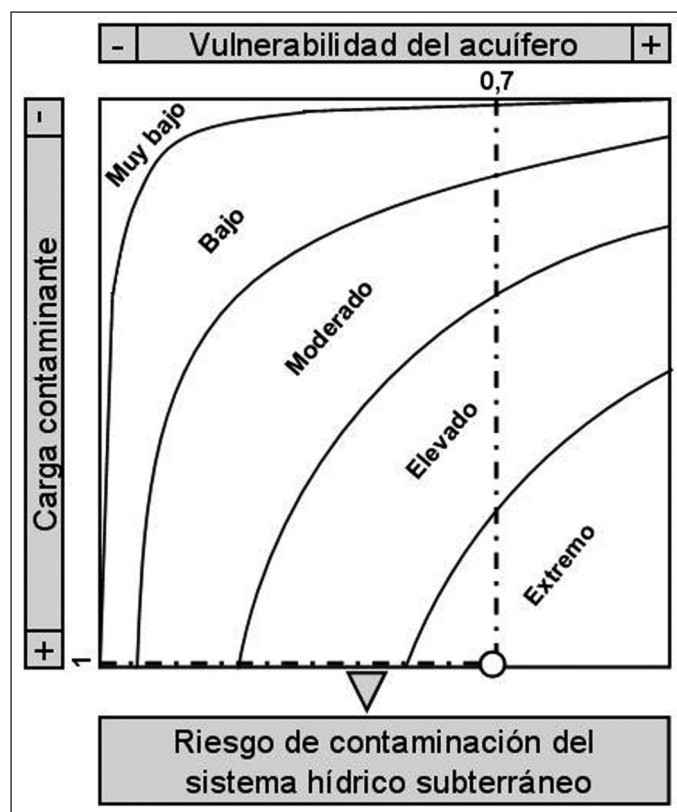


Figura 5. Riesgo de contaminación del recurso hídrico subterráneo, método GOD

Figure 5. Risk of contamination of groundwater resources, GOD method

Considerando la vulnerabilidad del acuífero (0,7) y la modalidad de disposición de la carga contaminante cercano a la unidad, se determinó que el riesgo de contaminación del acuífero en el sitio evaluado es extremo (Figura 5).

Hidrodinámica

El estudio hidrodinámico se realizó a lo largo de un ciclo hidrológico anual, comenzando en noviembre de 2007 con la medición en forma trimestral de los niveles hasta noviembre de 2008 inclusive. En la Tabla 2 se exponen las cotas de los pozos, la profundidad de agua subterránea y niveles estáticos para cada uno de los censos.

La representación gráfica de los censos no arrojó variaciones significativas entre ellos en el sentido de las líneas de flujo tal como se muestra en la Figura 6 y 7.

El flujo de agua subterránea proviene del Oeste desde un sector rocoso elevado donde diverge atravesando el vertedero. Puede observarse que el área

Perf.	Cota	Ref.	Nov-07	Feb-08	May-08	Ago-08	Nov-08
1	200,5 msnm	Prof (m)	17,36	17,38	17,2	17,32	17,73
		N.E. (m)	183,14	183,12	183,3	183,18	182,8
2	192 msnm	Prof (m)	14,25	14,26	14,51	14,25	14,29
		N.E. (m)	177,75	177,74	177,49	177,75	177,7
3	200,2 Msnm	Prof (m)	11,78	12,42	9,8	14,4	12,42
		N.E. (m)	188,42	187,78	190,4	185,8	187,8
4	199,25 msnm	Prof (m)	16,65	18,16	16,02	16,31	16,65
		N.E. (m)	182,6	181,09	183,2	182,94	182,6
5	213,5 msnm	Prof (m)	17,61	18,12	18,23	18,3	18,32
		N.E. (m)	195,89	195,38	195,27	195,2	195,2
6	210,75 msnm	Prof (m)	5,54	7,17	6,26	6,91	7,35
		N.E. (m)	205,21	203,58	204,49	203,84	203,4
7	205,5 msnm	Prof (m)	5,4	5,13	4,8	6,25	6,77
		N.E. (m)	200,1	200,37	200,7	199,25	198,7
8	196,5 msnm	Prof (m)	15,42	15,25	13,22	15,1	15,39
		N.E. (m)	181,08	181,25	183,28	181,4	181,1
9	192,75 msnm	Prof (m)	12,56	12,62	12,63	12,21	13,66
		N.E. (m)	180,19	180,13	180,12	180,54	179,1
10	216 msnm	Prof (m)	23,72	24,15	23,92	23,7	23,7
		N.E. (m)	192,28	191,85	192,08	192,3	192,3
11	209,5 msnm	Prof (m)	21	21	21	21	21
		N.E. (m)	188,5	188,5	188,5	188,5	188,5
12	212,5 msnm	Prof (m)	s/d	s/d	15,28	15,64	15,72
		N.E. (m)	s/d	s/d	197,22	196,86	196,8
13	213,5 msnm	Prof (m)	s/d	s/d	18,4	18,7	19,25
		N.E. (m)	s/d	s/d	195,1	194,8	194,3
15	191,75 msnm	Prof (m)	s/d	s/d	s/d	14,31	14,85
		N.E. (m)	s/d	s/d	s/d	177,44	176,9

Tabla 2. Profundidad de agua subterránea y niveles estáticos a lo largo de un ciclo hidrológico

Table 2. Depth of groundwater levels and static levels in a hydrological cycle

de relleno posee niveles estáticos que rondan los 197 - 196 m s.n.m., con un bajo gradiente hidráulico. Es muy probable que el flujo de agua subterránea se ponga en contacto con la parte basal del relleno de la cava a través de fisuras en períodos de excesos hídricos importantes y circule lentamente por el medio poroso de los RIF, a esto deben sumársele el ingreso de las precipitaciones sobre el área, que hace que el lixiviado de la masa de residuos aporte contaminantes al sistema.

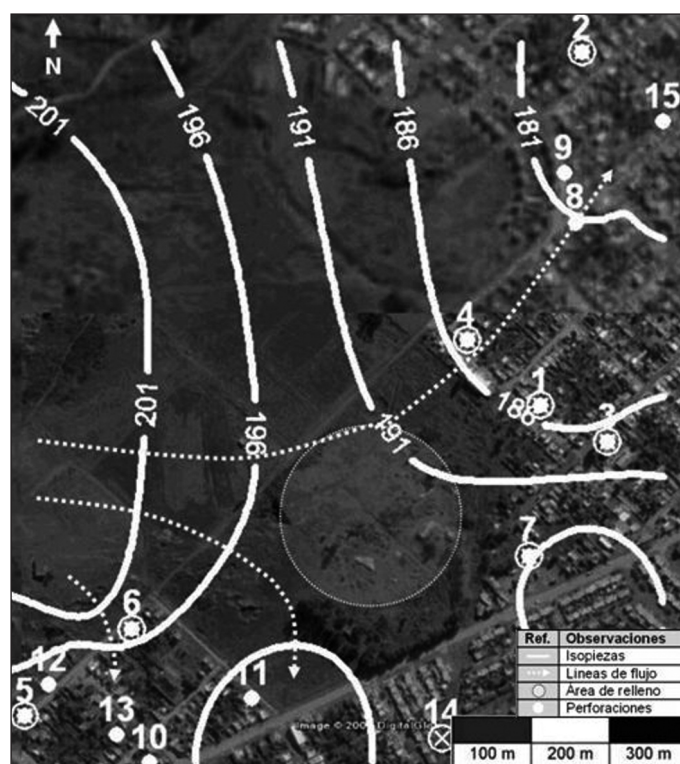


Figura 6. Curvas isopiezas y líneas de flujo noviembre de 2007
Figure 6. Piezometric contours and flow lines in November 2007

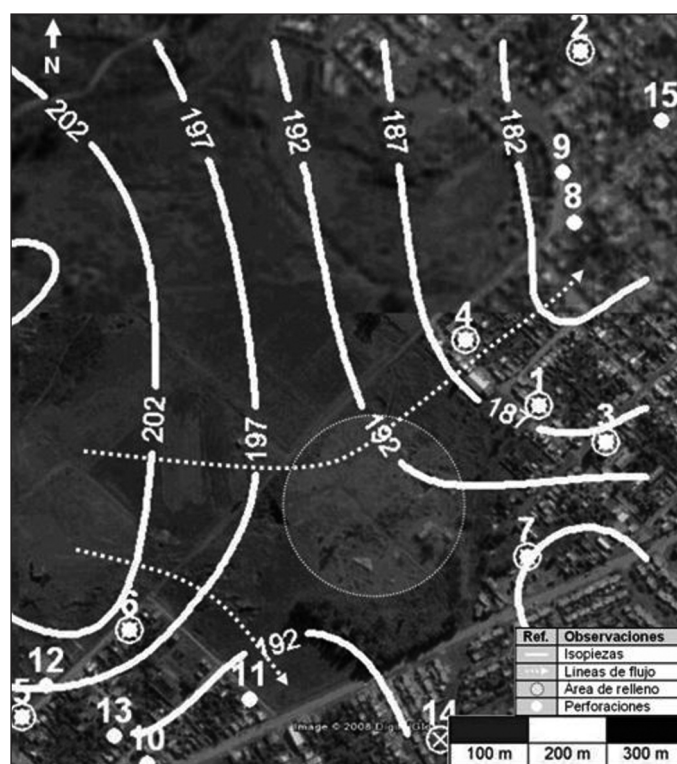


Figura 7. Curvas isopiezas y líneas de flujo noviembre de 2008
Figure 7. Piezometric contours and flow lines in November 2008

Hidroquímica

Las características del área de relleno, la modalidad de disposición y el tipo de residuos dispuestos posibilitan que el agua subterránea se contamine por el aporte de sales u otros compuestos que lixivian desde éstos.

Con el objetivo de evaluar el impacto de este tipo de disposición fue necesaria la realización de análisis hidroquímicos en las muestras tomadas en el área de estudio. Para ello se contó desde el primer censo con 7 perforaciones, 2 de ellas localizadas aguas arriba y las restantes aguas abajo del relleno con RIF. A partir del tercer muestreo se tuvo acceso al agua extraída desde una perforación del Ente Obras Sanitarias Tandil, organismo público que abastece el agua contándose para este censo con 8 pozos. En los últimos 2 muestreos se obtuvieron 7 muestras, ya que una de las bombas de las perforaciones utilizadas en los anteriores casos dejó repentinamente de funcionar imposibilitando el muestreo.

Las determinaciones de conductividad y nitratos en agua subterránea fueron realizadas bajo métodos normalizados en el Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales (CINEA) de la Facultad de

Ciencias Humanas de la UNCPBA y en el Laboratorio de Análisis Bioquímicos y Minerales (LAByM) del Departamento de Fisiopatología perteneciente a la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNCPBA.

Es importante destacar que aguas arriba y abajo de relleno existen viviendas que han dispuesto históricamente sus efluentes domiciliarios en pozos absorbentes hasta que se dotó del servicio de cloacas, por tal motivo es probable la existencia de contaminaciones puntuales en el área.

Conductividad eléctrica

Uno de los parámetros a considerar fue la conductividad eléctrica tomada en campo por medio de un conductímetro ORION 105 Aplus con corrección de temperatura.

La conductividad eléctrica en agua es una medida indirecta del contenido de sales. Diferencias significativas de este parámetro aguas arriba y abajo del vertedero podrían indicar el aporte de sales por disolución y lixiviación de compuestos de los residuos dispuestos en él.

En la Tabla 3 podemos observar claramente las

	Conductividad (uS/cm)				
Perf.	Nov-07	Feb-08	May-08	Ago-08	Nov-08
1	1000	1035	1053	951	894,5
2	846	849	877	901	911,0
3	1083	1093	1086	1073	1071
4	1745	1543	1280	1076	1064,0
5	516	532	541	568	566,5
6	377	341	396	350	329,0
7	1118	1174	1148	s/d	s/d
15	s/d	s/d	894	886	909,5

Tabla 3. Determinaciones de conductividad eléctrica en muestras de agua subterránea
Table 3. Determinations of electrical conductivity of groundwater samples

diferencias de conductividad eléctrica existentes entre las muestras de las perforaciones 5 y 6 (en gris) localizadas aguas arriba del relleno en relación a las muestras restantes aguas abajo. Puede advertirse que la muestra en la perforación 4 posee una alta concentración de sales respecto a las perforaciones 3 y 1 localizadas a 100 metros una de otras. Esta situación se percibe para los censos de noviembre de 2007, febrero y mayo de 2008.

Por lo dicho se sospechó de una contaminación puntual en el área donde se localiza la perforación 4, más aún si se consideran los 4 metros que separan el antiguo pozo de disposición de efluentes domiciliarios y la perforación de bombeo. Por tal motivo se realizó un análisis bacteriológico luego del primer censo con el objetivo de establecer la presencia de microorganismos patógenos aportados por pozos ciegos. Esta situación se confirmó al constatarse la existencia de bacterias coliformes y *Escherichia coli* sobre los valores de los parámetros establecidos (Tabla 4) en el Código Alimentario Argentino (C.A.A.).

Microorganismo	Resultado obtenido	Valor máximo permitido según C.A.A
Bacterias Coliformes	460 colonias en 100 ml	NMP colonias < a 3 en 100 ml
Escherichia coli	Presencia	Ausencia en 100 ml

Tabla 4. Análisis bacteriológico en muestra extraída en perforación 4
Table 4. Bacteriological analysis sample taken from well 4

Por tal motivo se realizó desde febrero de 2008 en la perforación 4 un bombeo semanal de una hora para que el área aledaña a la perforación reciba el aporte del flujo de agua y se reduzca el error acusado por el aporte de la contaminación puntual. Para el mes de mayo de 2008 se advirtió en la muestra una reducción del orden de los 450 uS/cm en relación a los valores de conductividad registrados en noviembre de 2007. En el censo de agosto de 2008 los valores de conductividad eléctrica se estabilizaron en dicha perforación con una reducción del orden de 680 uS/cm con respecto al primer censo.

Considerando los resultados en los censos de agosto y noviembre de 2008, donde no existe aparente interferencia con contaminación puntual en la perforación 4, se puede observar (Figuras 8 y 9) una marcada diferencia entre las conductividades eléctricas aguas arriba y abajo del sitio de disposición. De esta forma se confirma el aporte de sales por parte de RIF al sistema hídrico subterráneo en el área de estudio.

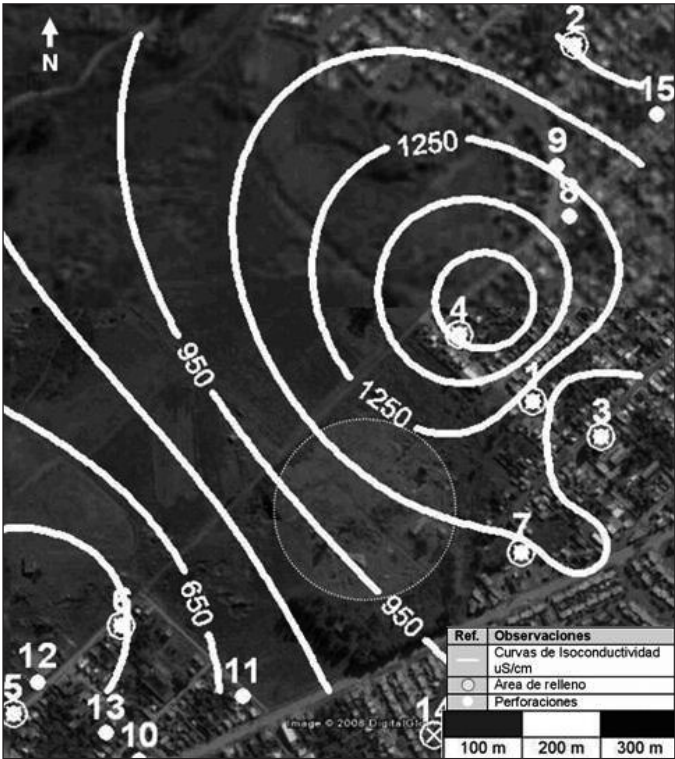


Figura 8. Isoconductividad eléctrica en agua subterránea área de relleno Noviembre 2007
Figure 8. Isoconductivity electrical in groundwater in landfill area November 2007



Figura 9. Isoconductividad eléctrica en agua subterránea en área de relleno en noviembre de 2008

Figure 9. Isoconductivity electrical in groundwater in landfill area in November 2008

Nitratos

En la Tabla 5 se exponen los resultados de las determinaciones de anión nitrato realizadas en las muestras a lo largo de cada uno de los censos. Desde el primero se marca una clara diferencia en las concentraciones entre los puntos aguas arriba (perforaciones 5 y 6) y abajo del relleno. Al igual que la conductividad eléctrica, se observan elevadas concentraciones de nitratos en las muestras de la perforación 4 y que descienden significativamente a lo largo de los siguientes censos.

Es llamativo un aumento de concentraciones en el mes de mayo de 2008 para las muestra 1, 2 y 7 y el marcado descenso en los siguientes censos para casi todas las perforaciones. La concentración de nitratos de la perforación 5 se mantuvo estable a lo largo de todo el período de estudio.

En cuanto a la potabilidad del agua según el Código Alimentario Argentino en relación al nitrato se obtuvo que solo la muestra 6 se mantuvo por debajo de las 45 mg/l. La muestra 5 se encontró levemente por encima del límite de potabilidad. Ambos

	Nitratos mg/l *45 mg/l				
Perf.	Nov-07	Feb-08	May-08	Ago-08	Nov-08
1	146	144	180	112,5	90,5
2	83,5	85	117	80,5	70,7
3	171,5	190,5	185,5	144	119,1
4	319	223	185,5	104,5	83,4
5	46	52	58	47,5	47,6
6	25	18	25	9,9	8,1
7	147	116	152	s/d	s/d
15	s/d	s/d	150,5	103,5	90,5

*Valor máximo establecido por el C.A.A. para agua potable - Maximum value established by the C.A.A. for drinking water

Tabla 5. Concentraciones de nitratos en muestras de agua subterránea

Table 5. Nitrate concentrations in groundwater samples

pozos corresponden a sitios aguas arriba del vertedero. Las perforaciones restantes, aguas abajo, presentaron concentraciones muy por encima de lo establecido en el C.A.A., inclusive la perforación 15 perteneciente al Ente OST y utilizada para abastecimiento de agua corriente para la población.

En las Figuras 10 y 11 se presentan las curvas de isoconcentraciones de nitratos para los censos de noviembre de 2007 y 2008 respectivamente. Al igual que en la Imagen 3 (curvas de isoconductividades) se evidencia una alteración por la contaminación puntual registrada en la perforación 4. A partir del mes de agosto de 2008 comienzan a estabilizarse las concentraciones en dicho punto disminuyendo a 83,4 mg/l en el mes de noviembre de 2008 cuando en noviembre de 2007 alcanzaba 319 mg/l.

Considerando la imagen de noviembre de 2008, donde la interferencia con contaminación puntual en el pozo 4 se ha atenuado en relación a los censos previos, se observa una diferencia significativa en las concentraciones de nitratos aguas arriba y abajo del sitio de disposición. Por tal motivo se infiere el aporte de nitratos por parte de los RIF dispuestos en la cava al sistema hídrico subterráneo.

Conclusiones

El riesgo de contaminación del recurso hídrico subterráneo en el vertedero utilizado para la disposición final de RIF localizado en calles Riatto, Jujuy,



Figura 10. Isoconcentraciones de nitratos en agua subterránea noviembre de 2007

Figure 10. Iso concentrations of nitrate in groundwater November 2007

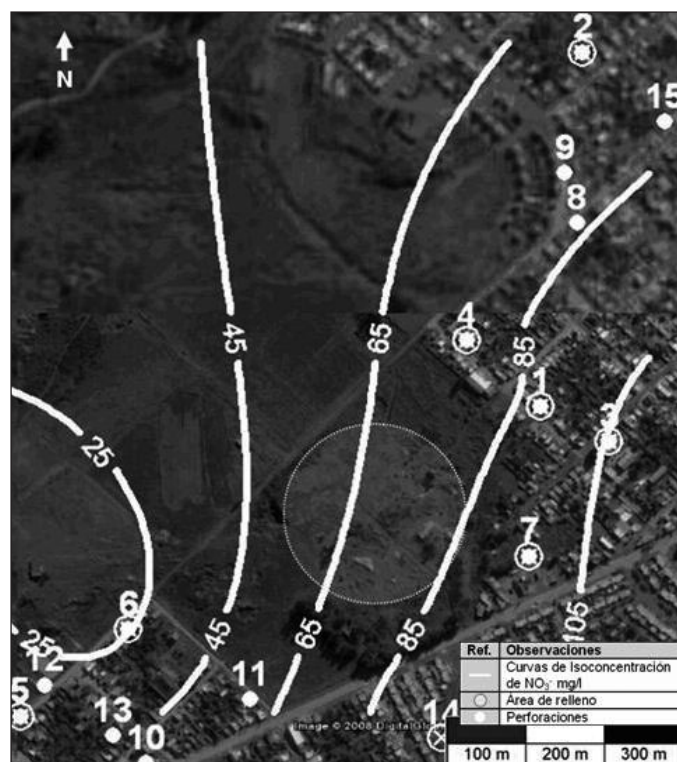


Figura 11. Isoconcentraciones de nitratos en agua subterránea noviembre de 2008

Figure 11. Isoconcentrations of nitrate in groundwater November 2008

Misiones y avenida Juan B. Justo es extremo. Dicho riesgo se ha consumado en un impacto hacia el recurso hídrico subterráneo en base al análisis hidrodinámico e hidroquímico el cual determina un aumento en la concentración de sales disueltas.

El ión nitrato aguas abajo del sitio posee concentraciones muy por encima de los establecido por el C.A.A. para agua potable.

Los vertederos de RIF constituyen focos multipuntuales que en mayor o menor medida impactan al recurso hídrico subterráneo local. Esta degradación en la calidad del recurso representa un peligro potencial para la salud de la población de Tandil que se abastece íntegramente del mismo.

Recomendaciones

Es necesario continuar con la evaluación de otros parámetros, como iones mayoritarios, metales pesados y fenoles en el sitio evaluado.

Es ineludible generar cambios profundos en la gestión de los RIF, identificando áreas y modalidades de disposición acordes a la legislación vigente en pos

de un manejo sustentable del sistema hídrico subterráneo.

La recepción de RIF en el relleno sanitario local, previa caracterización del residuo, es una alternativa a considerar por las autoridades y a cumplimentar por las industrias de fundición locales junto a la valorización en otros procesos productivos.

Referencias

- Banda Noriega, R., Ruiz de Galarreta, V.A., Barranquero, R., Díaz, A., Miguel, R.E., y Rodríguez, C. 2008. Caracterización de Cargas Contaminantes Generadas en Tandil y su Implicancia en el Recurso Hídrico. Buenos Aires, Argentina. 2° Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua. Noviembre de 2008, Córdoba, Argentina.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS) 1997. *Lineamientos para la prevención de la contaminación. Industria de fundición y tratamiento térmico de metales*. Perú, 01-04-1997, <http://www.cepis.org.pe> e-mail: webmaster@cepis.org.pe
- Foster, S., Hirata, R. 1988. *Determinación del Riesgo de Contaminación de Aguas Subterráneas*, CEPIS, OMS, OPS. 79 pp.

- IHLla, Instituto de Hidrología de Llanuras 1998. *Evaluación de Impacto Ambiental, Metalúrgica Tandil. División Hierro*. Informe inédito, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Argentina.
- IHLla, Instituto de Hidrología de Llanuras 1998. *Evaluación de Impacto Ambiental, Metalúrgica Tandil. División Aluminio*. Informe Inédito, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Argentina.
- Mazzone, V.N., Nario, H. 2008. *Recuerdos de un Fundidor*. Ediciones del Manantial, Tandil, Buenos Aires, Argentina. 192 pp.
- Metalurgia 2008. *Curso de Tecnología de la Fundición*. Material del Curso, 22 y 23 de Julio de 2008, Cámara Empresaria. Tandil, Buenos Aires.
- Miguel, R. E., Banda Noriega, R., Sota, J. D. 2005. Residuos de Arenas de Fundición. Bases para la gestión sustentable. *Congreso Internacional ISWA*. Buenos Aires, Argentina. 6 -10 de Noviembre de 2005. 74 -75.
- Miguel, R.E., Banda Noriega, R.B. 2008. Arenas usadas de moldeo, generación, reutilización y valorización. *Estudios Ambientales I*, Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales, Tandil, UNCPBA. 31-39.

Recibido: junio 2009

Revisado: agosto 2009

Aceptado: agosto 2009

Publicado: diciembre 2009

