



Peligro de contaminación del acuífero freático en la localidad balnearia de Monte Hermoso, provincia de Buenos Aires, Argentina.

Contamination hazard of the phreatic aquifer in the Monte Hermoso city, Buenos Aires province, Argentina.

Ruffo, Andrés Gabriel ^{1,2} ✉ - Lafont, Daniela^{1,3} - Carbajo, Micaela^{1,2} - Albouy, René ^{1,3} - Lexow, Claudio ^{1,3}

Recibido: 24 de mayo de 2018 • Aceptado: 06 de mayo de 2019

Resumen

El crecimiento de la población a nivel mundial implica un desafío para la gestión de los recursos hídricos subterráneos, en particular, en zonas áridas y semiáridas. A un mayor consumo de agua en el corto plazo, debe sumarse la antropización sin control de nuevas áreas, lo que resulta en un significativo deterioro del recurso, perjudicando tanto al medio ambiente como a las poblaciones que de él se abastecen. La ciudad balnearia de Monte Hermoso se ubica en la costa sudoeste de la provincia de Buenos Aires. Al igual que otros centros turísticos de la costa atlántica, posee como única fuente de abastecimiento el acuífero freático alojado en los médanos costeros, el cual presenta agua dulce con calidad química apta para consumo humano. Debido a las características del medio acuífero, el hecho de introducir un contaminante al mismo no sólo conlleva un deterioro en la calidad química, sino que trae consigo la inutilización de grandes volúmenes de agua. En el presente estudio, utilizando metodologías mundialmente aceptadas, se determinó el peligro de contaminación del acuífero freático, a partir de la interacción entre su vulnerabilidad y los diferentes índices de carga contaminante (ICC). Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, el Peligro de Contaminación del acuífero freático de la localidad balnearia de Monte Hermoso clasifica como "Alto". Es así, que surge la necesidad de incluir estos resultados, en un plan integral de gestión del recurso hídrico subterráneo, con el fin de anticipar conflictos y minimizar impactos negativos sobre la población y el medio ambiente.

Palabras claves: Monte Hermoso, peligro de contaminación, acuífero freático.

Abstract

Particularly, in arid and semi-arid areas world population growth implies a challenge for the management of groundwater resources. A greater water consumption in a short term added to the uncontrolled anthropization of new

1. Departamento de Geología. Universidad Nacional del Sur.
Av. Alem 1253 - Cuerpo B'. Piso 2° (8000) Bahía Blanca.

✉ andres.ruffo@uns.edu.ar

2. CONICET. CCT Bahía Blanca. Camino La Carrindanga Km 7
(8000) Bahía Blanca.

3. CGAMA-CIC-UNS. San Juan 670 (8000) Bahía Blanca

areas, result in a significant deterioration of the resource. In this way, the environment and the populations that are supplied with water resources are harmed. Monte Hermoso is a tourist city located on southwest coast of Buenos Aires province. Today, the only source of water supply is the phreatic aquifer housed in the coastal dunes. The groundwater is fresh water and of chemical quality suitable for human consumption. Due to the characteristics aquifer, a pollutant introduction causes deterioration in chemical quality, and results in the non-use of water large volumes. Using a world-accepted methodology (the interaction between the aquifer vulnerability and calculated pollutant load indexes) the contamination hazard of the groundwater was determined. Considering the obtained results, the contamination hazard of the phreatic aquifer classifies as "High". Thus, there is a need to include these results in a comprehensive management plan for groundwater resource. This will allow to anticipate conflicts and to minimize negative impacts on the population and the environment.

Keywords: Monte Hermoso, contamination hazard, phreatic aquifer.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Los usuarios y encargados de la gestión del agua, han tomado conciencia, en los últimos años, acerca de la vulnerabilidad y deterioro de los recursos hídricos subterráneos, dándole la motivación para corregir dicha situación. Es muy importante contar con una perspectiva de explotación racional y sustentable, en base al conocimiento hidrogeológico para garantizar una gestión y planificación eficientes. El uso del agua subterránea se debe realizar armonizando los aspectos sociales, económicos y ambientales, siendo fundamental la participación activa de la comunidad, así como también el compromiso político.

La localidad balnearia de Monte Hermoso, en la provincia de Buenos Aires, se halla en pleno crecimiento y desarrollo. Se caracteriza por presentar una marcada estacionalidad turística, lo que implica una mayor demanda de agua durante la temporada estival, coincidiendo con la estación de menores precipitaciones. Según el último censo (INDEC, 2010) cuenta con 6.494 habitantes. Con respecto a la población en temporada veraniega, el municipio considera un promedio de 6 personas por cada una de las 11.338 partidas habitacionales, lo que implica unos 70.000 habitantes, sin considerar la población excursionista (Di Martino, 2014).

Al igual que otras localidades de la costa atlántica, Monte Hermoso posee como única fuente de abastecimiento, para consumo humano, el agua subterránea alojada en los médanos costeros. Por tal motivo, es de fundamental importancia contar con un inventario de las actividades que se desarrollan en la localidad, y en su área de influencia, que puedan afectar al recurso hídrico subterráneo de una u otra manera y que podrían poner en riesgo su sustentabilidad en términos de cantidad o calidad.

Lexow et al. (2016) reconocieron actividades que fueron inventariadas como "amenazas antrópico-contaminantes" en el sentido que definió Lavell (1994). De acuerdo a este autor, son aquellas relacionadas a procesos de contaminación derivados de derrames, efluentes cloacales o basurales a cielo abierto, que lixivian y contaminan acuíferos, como también a procesos de eliminación o depósito de desechos líquidos y sólidos, de origen doméstico, sin canalización o procesamiento, etc. Es así que se identificaron en la localidad costera: el basural a cielo abierto, las lagunas de estabilización de los efluentes cloacales, el sistema de saneamiento público, los sectores con sistema de saneamiento in situ, las estaciones de servicio y los posibles derrames accidentales. Los índices de carga contaminante (ICC) determinados en dicho

estudio muestran que los mayores valores estarían relacionados con el basural a cielo abierto y los sectores carentes de servicios cloacales. Estos resultados evidencian la necesidad de avanzar con el proyecto del relleno sanitario y la cobertura total de la red de saneamiento público.

El objetivo del presente trabajo es determinar el peligro de contaminación del acuífero, entendiéndose al mismo como la interacción entre la intensidad de la carga contaminante antrópica y la vulnerabilidad del acuífero (Foster e Hirata, 1988). Cabe recordar que la vulnerabilidad a la contaminación es el conjunto de características intrínsecas que determinan su susceptibilidad a ser adversamente afectado por una carga contaminante (Foster, 1987).

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Ubicación geográfica

La localidad turística de Monte Hermoso se encuentra ubicada en el Sur de la Provincia de Buenos Aires, en los 38° 59' 33" de latitud Sur y a 61° 15' 55" de longitud Oeste. Es cabecera del partido homónimo, que limita al Sur con el Océano Atlántico, al Norte y al Este con el Partido de Coronel Dorrego y al Oeste con el Partido de Coronel de Marina Leonardo Rosales (Figura 1).

El área urbanizada comprende una extensión de unas 186 ha. Presenta una disposición longitudinal que sigue la zona costera sobre un sistema de dunas poco elevado, entre las cotas de 8,9 m al Oeste y 16,9 m al Este. Se encuentra rodeada por un cordón medanoso de aproximadamente 7 Km de ancho, que la separa del interior llano. El acceso al partido de Monte Hermoso se realiza por la ruta Nacional N° 3, que luego empalma con la ruta Provincial N° 78, finalizando en el centro urbano.

Caracterización del medio físico

La localidad de Monte Hermoso presenta un clima subhúmedo mesotermal, con una temperatura media de 15,2 °C y una precipitación media de 637 mm. Teniendo en cuenta la zonificación hidrogeológica de la provincia de Buenos Aires, el área se ubica en la región costera (Auge, 2003; González, 2005), la cual engloba las barreras medanosas bonaerenses. Esta región se caracteriza por una marcada relación entre dichas manifestaciones geomorfológicas y el almacenamiento de agua subterránea.

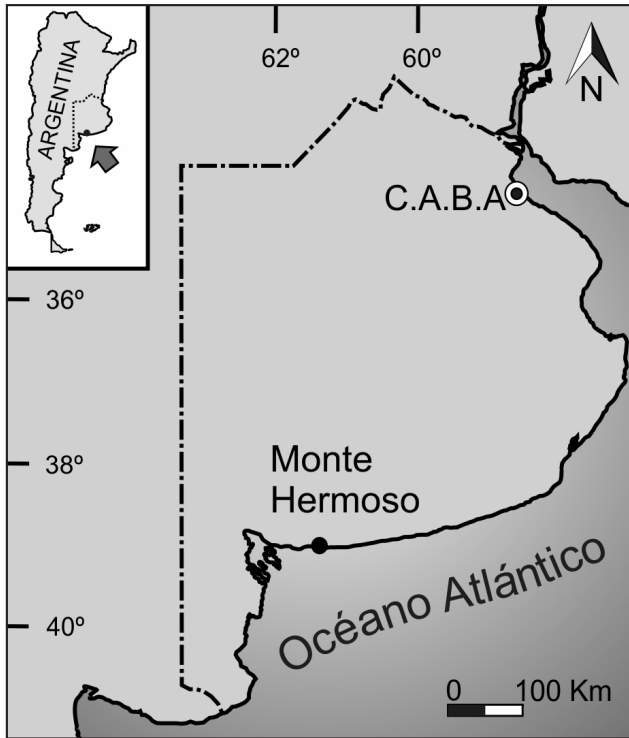


Figura 1: Ubicación del área de estudio.

La barrera medanosa austral se extiende sin interrupciones desde la localidad de Miramar hasta la ciudad de Punta Alta. Se compone principalmente por arenas eólicas cuya formación se relaciona íntimamente con las fluctuaciones del nivel del mar durante el cuaternario (Isla et al., 1996). El agua subterránea que se encuentra en dicha barrera resulta, en muchos casos, la única fuente de agua dulce que alimenta los balnearios costeros. En el área de estudio los médanos se presentan mayormente fijos por vegetación o antrópicamente por construcciones urbanas, encontrándose en proximidades a la costa, sectores de médanos o dunas activas.

El acuífero freático se aloja en los sedimentos que conforman los médanos costeros, estos presentan intercalaciones de arenas finas a medias, niveles ricos en conchillas, brechas y finas capas

de arcillas. Dichos sedimentos se apoyan sobre la Formación Monte Hermoso (Zavala 1993), la cual forma parte de los conocidos “sedimentos pampeanos” y actúa como hidroapoyo del sistema.

En lo que respecta a la hidrodinámica se reconocen dos flujos de agua subterránea, uno local, somero, que se encuentra emplazado sobre un flujo regional más profundo. El primero responde a controles geomorfológicos, generando domos con flujos divergentes (tanto hacia el continente como hacia el mar) y sectores locales de descarga en la zona intermedanosa, para luego culminar en el mar. El segundo posee su descarga directamente hacia el mar argentino. La zona de transición entre la llanura continental, la cual posee agua con mayor contenido de sales y el cordón medanoso, genera una interface agua salobre/agua dulce. El mismo fenómeno se presenta en la zona litoral, siendo en este caso una interface agua dulce/agua salada (Figura 2). El acuífero freático costero almacena aguas dulces, bicarbonatadas sódicas, aptas para consumo humano.

METODOLOGÍA

En primera instancia se procedió a determinar el índice de vulnerabilidad, mediante la implementación del “método GOD” (Foster, 1987; Foster e Hirata, 1988). Esta metodología es de tipo multiplicativo, con el objeto de facilitar su aplicación y de extenderlo a áreas con menos disponibilidad de datos. La vulnerabilidad se estima multiplicando los índices asignados a los parámetros G, O y D (Tabla 1). De acuerdo al valor determinado, la vulnerabilidad de un acuífero clasifica como ínfima (0,0-1); baja (0,1-0,3); moderada (0,3-0,5); alta (0,5 a 0,7) y extrema (0,7-1).

Tabla 1. Componentes del Índice GOD.

G	Groundwater occurrence. Régimen hidráulico del agua subterránea: evalúa el tipo de acuífero (libre, semiconfinado, confinado).
O	Overall acuífer class. Naturaleza del acuífero: litología y grado de consolidación del acuífero y/o zona no saturada.
D	Depth to groundwater table. Profundidad del agua subterránea: profundidad del nivel freático, asignando mayores índices a profundidades menores o más cercanas a la superficie.

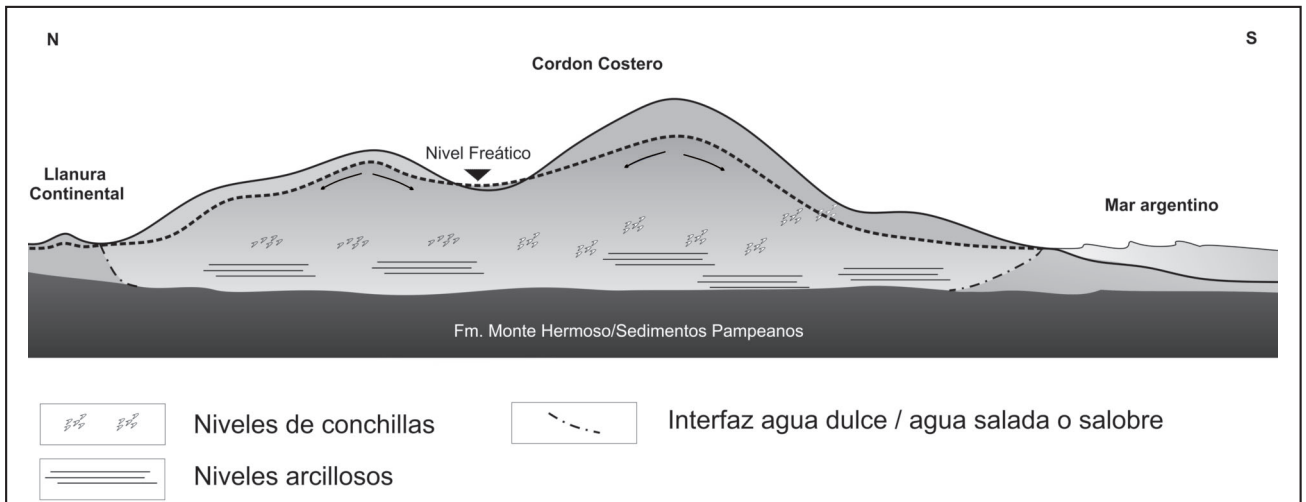


Figura 2. Esquema teórico de la hidrogeología en sectores de médanos costeros.

Por otro lado, se consideraron los índices de carga contaminante (ICC) determinados en estudios previos (Lexow *et al.*, 2016) siguiendo la metodología propuesta por Foster e Hirata (1988). El peligro a la contaminación del acuífero se determinó a partir de la interacción entre la vulnerabilidad y los diferentes índices de carga contaminante calculados anteriormente.

Finalmente, se elaboró para la localidad de Monte Hermoso y sectores aledaños, un mapa de vulnerabilidad y peligro de

contaminación, mediante el uso del programa de sistema de posicionamiento geográfico ArcMap (Versión 10.3.1).

RESULTADOS

En base a información antecedente y datos relevados en campo, se comprobó que, en la mayor parte del área, los niveles freáticos se encuentran a profundidades menores a los 5 mbpp (Tabla 2).

Tabla 2. Puntos de agua relevados.

Punto de Agua	Coordenada S	Coordenada O	Profundidad del nivel freático (m)
Pozo Basural	38° 58'16,7"	61° 19'18,5"	2,45
Pozo 1 Camp Bombeo	38° 58'41,2"	61° 17'49,4"	3,3
Pozo 2 Camp Bombeo	38° 58'39,1"	61° 17'52,2"	3,9
Pozo 3 Camp Bombeo	38° 58'39,2"	61° 17'47,1"	3,38
Pozo 4 Camp Bombeo	38° 58'36,3"	61° 17'48,5"	3,3
Pozo 1 Pinar	38° 58'44"	61° 17'07"	3,23
Pozo Polideportivo	38° 58'30,9"	61° 17'13,2"	4,7
Ojo de agua sector laguna de efluentes	38° 57'15,10"	61°15'21,85"	0
Ojo de agua sector laguna de efluentes	38°57'14,66"	61° 15'23,26"	0
Ojo de agua sector laguna de efluentes	38°57'31,89"	61°16'26,06"	0
La olla	38° 59'13,98"	61°20'10,69"	0
Casa Estancia MV	38° 57'55,7"	61° 21'42"	2,6
Casa Dr.Ferraro	38°59'11,33"	61°17'57,49"	3,2

Mediante la utilización del método GOD se obtuvo para el área de estudio un valor de vulnerabilidad del acuífero de 0,54 clasificando como "alta" (Figura 3).

En la Tabla 3 se muestran los ICC determinados por Lexow *et al.* (2016). En dicho estudio se identificaron como fuentes de contaminación de tipo difusa-multipuntual: el área urbana con servicios de cloacas (Ucc) y las áreas residenciales sin servicio de cloacas (Usc) y como fuentes de contaminación puntual: las lagunas de estabilización de los efluentes cloacales

(Le), la disposición de los residuos sólidos urbanos en el basural a cielo abierto (Rs) y las estaciones de servicio (Es).

A partir de estos ICC y la vulnerabilidad determinada, el Peligro de Contaminación del acuífero freático de la localidad balnearia de Monte Hermoso clasifica como "Alto" (Figura 4).

En la Figura 5 se presenta el área de estudio donde se indican los distintos sectores tenidos en cuenta para la asignación de los ICC y el mapa de vulnerabilidad y de peligro de contaminación obtenidos.

Tabla 3. Caracterización de las cargas contaminantes (Lexow *et al.*, 2016)

TIPO DE ACTIVIDAD	TIPO DE CONTAMINANTE	CLASIFICACION DEL CONTAMINANTE				ICC		
		CLASE	INTENSIDAD	MODO	DURACION	VALOR	CLASIFICACION	
Ucc	NO ₃	1	0,4	0,5	1	0,73	elevado	
Usc	NO ₃	1	0,5	0,6	1	0,78	elevado	
Le	NO ₃	1	0,3	0,3	0,9	0,63	elevado	
Rs	a	1	0,3	0,8	0,9	0,75	elevado	
b	b	Metales pesados	0,2	0,3	0,8	0,9	0,55	moderado
Es	Hidrocarburos	0,6	0,4	0,8	0,5	0,58	moderado	

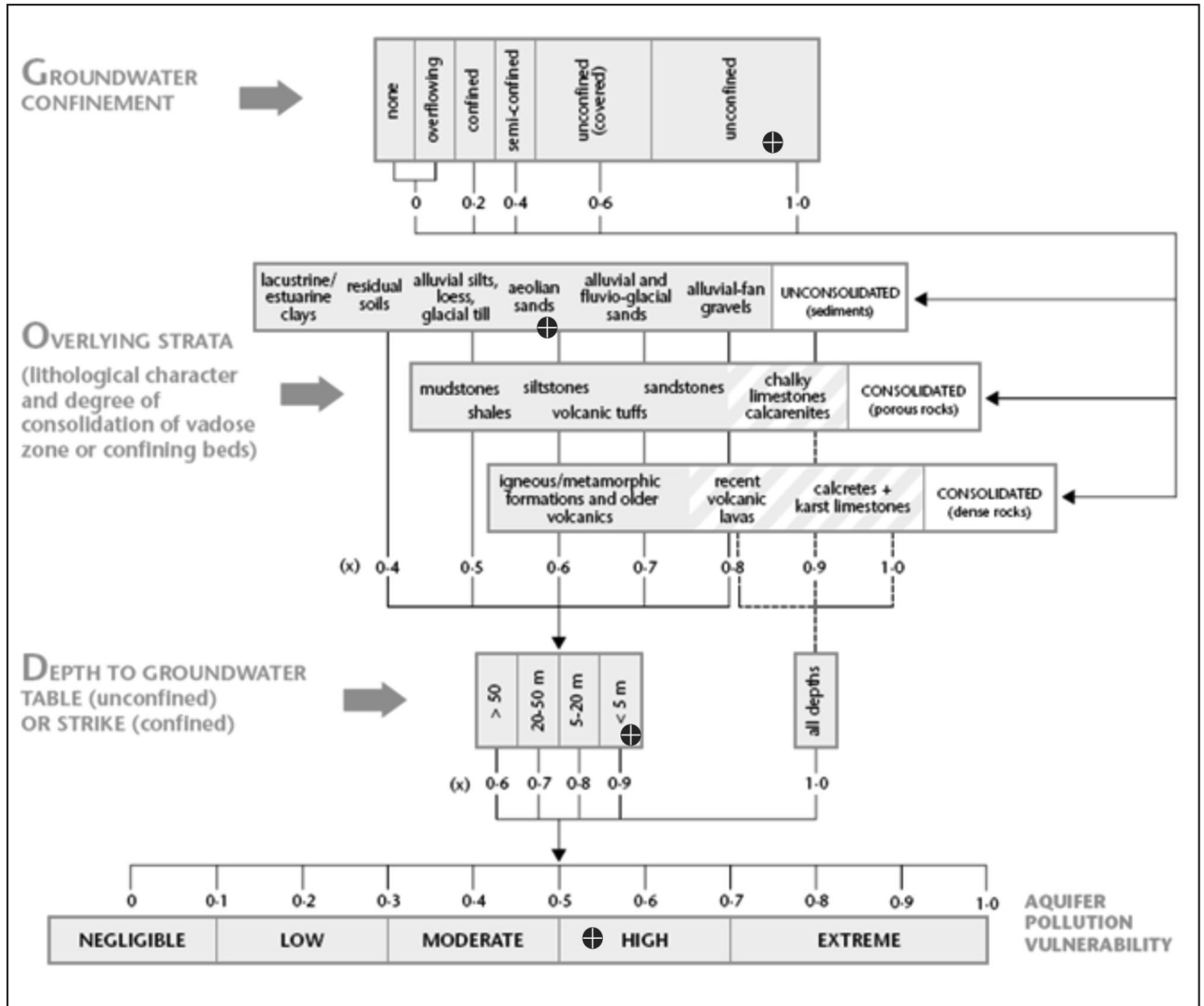


Figura 3. Método GOD (modificado de Foster e Hirata, 1988). Los círculos negros con cruces blancas indican el índice asignado a cada parámetro y el valor de vulnerabilidad obtenido.

PELIGRO		Vulnerabilidad				
		Ínfima	Baja	Moderada	Alta	Extrema
ICC	Reducido	MB	MB	B	M	A
	Moderado	MB	B	M	A	A
	Elevado	B	M	A	A	E

● Ucc ○ Usc ◡ Le ◩ Rsa ● Rsb ■ Es

Figura 4. Peligro de contaminación del acuífero MB: muy bajo; B: bajo; M: moderado; A: alto; E: extremo.

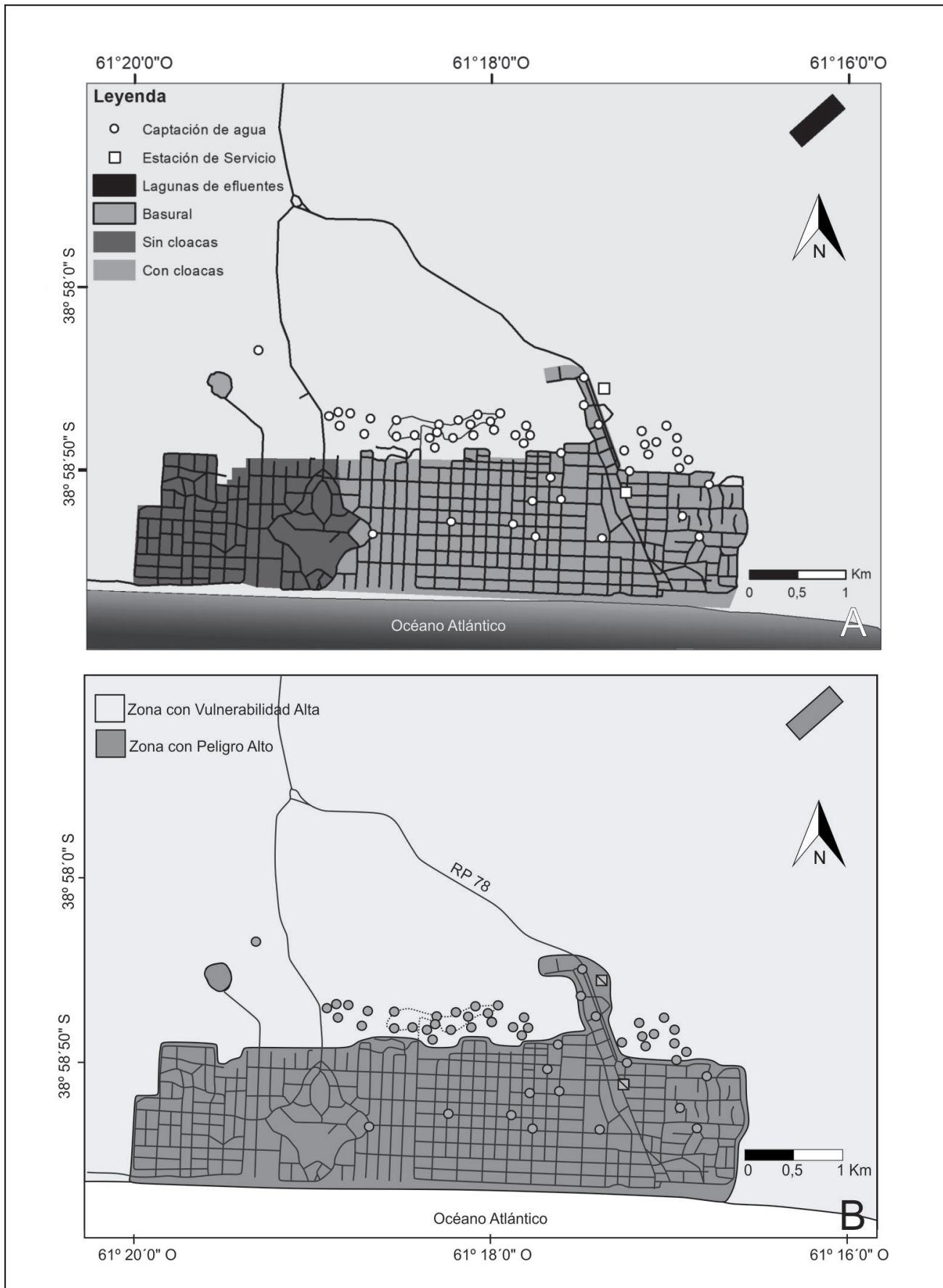


Figura 5. Mapas del área de estudio. A- Se identifican las distintas zonas analizadas para los cálculos de ICC. B: Mapa de vulnerabilidad y peligro de contaminación del área de estudio.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Todos los centros urbanos del mundo tienen en común, por un lado, el consumo de agua tanto para suministro humano, riego o industria, y por otro, la generación de residuos o efluentes. Esta interacción puede producir cambios en el ciclo hidrológico y la contaminación del recurso hídrico, a veces remediable, otras tantas no.

La contaminación del agua superficial es, en muchos casos, visible y evidente, lo que posibilita su rápida identificación. Esto permite actuar sobre las fuentes de contaminación con tareas de remediación para eliminarlas o atenuar sus consecuencias. Dichas características no son comunes al agua subterránea, ya que, como es sabido, se trata de un recurso hídrico generalmente no expuesto, distribuido en mayores extensiones de terreno y explotado de manera dispersa y muchas veces sin control.

Si bien el modo de yacencia y las características físicas de la zona no saturada proporcionan al agua subterránea una mayor protección natural a la contaminación, una vez producida ésta, su regeneración suele ser más lenta, costosa y en algunos casos imposible. La contaminación no sólo afecta la química del agua, sino que, disminuye notablemente el recurso disponible, es decir la cantidad de agua que puede ser aprovechada de manera sustentable por el hombre, cuestión vital para zonas como Monte Hermoso, donde el agua subterránea es la única fuente de abastecimiento para todo uso. La problemática del agua afecta a toda la población del mundo, siendo el consumo de agua

contaminada, la mayor causa de enfermedades como el cólera, la hepatitis y la fiebre tifoidea entre otras.

Dado que tanto los acuíferos, como las actividades que se realizan sobre ellos, no son homogéneos, es de vital importancia contar con un inventario de actividades potencialmente contaminantes y estudios sobre el medio físico donde son llevadas a cabo. De esta manera la aplicación en conjunto de la metodología GOD con el análisis de los ICC, resulta una forma económica y relativamente sencilla de visualizar el peligro de contaminación al cual se encuentra expuesta una zona determinada. No se debe perder de vista que esta metodología es sólo el primer paso para evaluar el peligro de contaminación al que se encuentran expuestas las aguas subterráneas y bajo ningún punto de vista debe sustituir los controles periódicos de campo ni el monitoreo de pozos.

A partir de los estudios realizados sobre el acuífero freático de la localidad de Monte Hermoso, el mismo clasifica como de "alto" grado de vulnerabilidad y teniendo en cuenta los ICC moderados a elevados, la interacción entre ambos da como resultado un peligro de contaminación "Alto". De esto surge la utilidad de este tipo de estudios para aplicar en los trabajos de planificación de uso del territorio y del agua.

Teniendo en cuenta estos resultados, se pone de manifiesto la importancia de contar con un plan integral de gestión de recursos hídricos subterráneos, con el fin de anticipar conflictos y minimizar impactos negativos sobre la población y el medio ambiente.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- AUGE, M. 2003.
Regiones hidrogeológicas. República Argentina y provincias de Buenos Aires, Mendoza y Santa Fe.
Universidad de Buenos Aires: 1-122. Buenos Aires.
- DI MARTINO, C., 2014.
Sustentabilidad del recurso hídrico subterráneo de Monte Hermoso, provincia de Buenos Aires, República Argentina.
Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental. UTN FRBB. 138 p y Anexos.
- FOSTER, S., 1987.
Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy.
Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollution, Proceedings and Information No. 38 of the International Conference held in the Netherlands, TNO Committee on Hydrological Research, Delft, The Netherlands.
- FOSTER, S. E HIRATA, R., 1988.
Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data.
WHO-PAHO/HPE-CEPIS Technical Manual, Lima, Peru. 81 pp.
- GONZÁLEZ, N. 2005.
Los ambientes hidrogeológicos de la Provincia de Buenos Aires.
En de Barrio, R., Etcheverry, R., Caballé M. y Llambías, E. (eds.) Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires, 16° Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 359-374, La Plata.
- INDEC, 2010.
Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010.
Disponible en: <https://www.indec.gob.ar/>
- ISLA, F.I.; CORTIZO, L.C. Y SCHNACK, E.J., 1996.
Pleistocene and Holocene beaches and estuaries along the Southern Barrier of Buenos Aires.
Quaternary Science Reviews 15:833-841.
- LAVELL, A., 1994.
Viviendo en riesgo. Comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina.
Capítulo 2: Degradación ambiental, riesgo y desastre Urbano. Ed. FLACSO. LA RED-CEPREDENAR. Argentina.

LEXOW, C.; DI MARTINO, C.; LAFONT D.; ALBOUY R. Y MARCOS, A., 2016.

Caracterización de la carga contaminante al acuífero freático - fuente de abastecimiento de la localidad de Monte Hermoso.

IX Congreso Argentino de Hidrogeología y VII Seminario Hispano-Latinoamericano Sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea. Catamarca, Argentina.

ZAVALA, C. Y NAVARRO, E., 1993.

Depósitos fluviales en la Formación Monte Hermoso (Plioceno inferior-medio). Provincia de Buenos Aires.

XII congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos.