



1984-2020

ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA PARA EL DESARROLLO  
ASSOCIAÇÃO LATINOAMERICANA DE HIDROLOGIA SUBTERRÂNEA PARA O DESENVOLVIMENTO

# Revista Latino-Americana de Hidrogeología

EDICIÓN ESPECIAL. ISSN: 1676-0999.



## CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN ARGENTINA

ACTUALIZACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN  
NATURAL Y ANTROPOGÉNICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA

## *POLUIÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA ARGENTINA*

*PESQUISA ATUAL SOBRE POLUIÇÃO  
NATURAL E ANTROPOGÊNICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS*

Hermosillo, Sonora, México

FEBRERO 2020

**Número especial - Febrero / 2020**



# **Revista Latino-Americana de Hidrogeología**



**1984-2019**

**Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo  
Associação Latinoamericana de Hidrologia Subterrânea para o  
Desenvolvimento**

**JUNTA EJECUTIVA ALHSUD  
2018-2022**

**PRESIDENTE**

Titular: MIGUEL RANGEL MEDINA  
Suplente: María Vicenta Esteller Alberich

**SECRETARIO GENERAL  
ROGER GONZALEZ HERRERA**

**SECRETARÍA ADJUNTA**

Titular 1: Teresita Betancur (Colombia)  
Suplente 1: Carlos Pineda Palomeque (México)

**CAPÍTULOS ALHSUD**

Chile: Pablo Rengifo (Presidente)  
Perú: Fluquer Peña L. (Presidente)  
Brasil: José Paulo G. M. Netto (Presidente)  
México: Raúl Morales E. (Representante)  
Ecuador: Oscar Larrea (Representante)  
Bolivia: Mónica X. Guzmán (Representante)  
Argentina: Eduardo Mariño (Representante)  
Colombia: Nelson Omar Vargas (Representante)  
Uruguay: Ximena Lacues (Representante)

## COMITÉ CIENTÍFICO

Carlos Molano (Colombia), [cmolano@uniandes.edu.co](mailto:cmolano@uniandes.edu.co)

Emilio Custodio (España), [Emilio.custodio@upc.edu](mailto:Emilio.custodio@upc.edu)

Ernani Francisco da Rosa Filho (Brasil), [ernani@ufpr.br](mailto:ernani@ufpr.br)

Ricardo Hirata (Brasil), [rhirata@usp.br](mailto:rhirata@usp.br)

Haydn Barros – (Venezuela) [hbarros@usb.ve](mailto:hbarros@usb.ve)

Mario E. Arias S. (Costa Rica), [marioa@geologia.ucr.ac.cr](mailto:marioa@geologia.ucr.ac.cr)

Ofelia Tujchneider (Argentina), [ofeliatujchneider@yahoo.com.ar](mailto:ofeliatujchneider@yahoo.com.ar)

Vicenta Esteller (México), [esteller@uaemex.mx](mailto:esteller@uaemex.mx)

Miguel P. Auge (Argentina), [miguelauge66@gmail.com](mailto:miguelauge66@gmail.com)

Nilda González (Argentina), [nilda\\_h@sinectis.com.ar](mailto:nilda_h@sinectis.com.ar)

Herve Jegat (Venezuela) [hjgat@ula.ve](mailto:hjegat@ula.ve)

Jorge Montaña (Uruguay), [montanox@movinet.com.uy](mailto:montanox@movinet.com.uy)

Crisanto Silva (Venezuela) [crisantosilva@yahoo.com](mailto:crisantosilva@yahoo.com)

Roger González H. (México), [gherrera@uady.mx](mailto:gherrera@uady.mx)

Emilia Bocanegra (Argentina), [ebocaneg@mdp.edu.ar](mailto:ebocaneg@mdp.edu.ar)

## COMISIÓN FISCAL

### Titulares

Eugenio Celedón Cariola (Chile)

Jose Paulo Netto (Brasil)

Leticia González (Uruguay)

### Suplentes

Uriel Duarte (Brasil)

Margarita Sierra (Uruguay)

Antonio Chambel (Portugal)

## GERENCIA ADMINISTRATIVA

Columba Montijo González

[info@alhsud.com](mailto:info@alhsud.com)

## COORDINADOR DE AUTORES

MIGUEL P. AUGE

## EDITOR

MIGUEL RANGEL MEDINA

## COEDITOR

ROGELIO MONREAL SAAVEDRA



**Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo**  
**Associação Latinoamericana de Hidrologia Subterrânea para o**  
**Desenvolvimento**

## **Comisión Editorial**

### **Editor**

Miguel Rangel Medina

### **Co Editor**

Rogelio Monreal Saavedra

### **Coordinador de Autores**

Miguel P. Auge

### **Jefe de Producción Editorial**

Marco Antonio Soto Román

### **Editorial ALHSUD**

Miguel Rangel Medina

Roger Amilcar González Herrera

María Vicenta Esteller Alberich

Rogelio Monreal Saavedra

### **Cuidado de Edición**

Marco Antonio Soto Román

### **Correctora de Estilo**

Magdalena Frías Jaramillo

### **Diagramadora de formato electrónico e impreso**

Guadalupe A. Montaña Fimbres

### **Diseño**

Brenda Guerrero Z.

### **Corrección de Galeras**

Guadalupe A. Montaña Fimbres

[www.alhsud.com](http://www.alhsud.com)

[info@alhsud.com](mailto:info@alhsud.com)

ISSN: 1676-0999

Vol. 10-2020, Edición ESPECIAL

IMPRESO EN MÉXICO

*Printed in Mexico*

Editorial El Auténtico, S.A. de C.V.

Ave. Revolución # 14 Col. Centro, C. P. 83000

Hermosillo, Sonora, México.

---

# Agua subterránea en la franja medanosa austral del suroeste bonaerense, Argentina. Factores que condicionan su aptitud para consumo humano

E. R. Albouy  
A. G. Ruffo

J. M. Giorgi  
N. V. Bastianelli

**Resumen:** En el suroeste de la provincia de Buenos Aires se emplaza una franja de dunas costeras que aloja un acuífero libre, éste constituye la única fuente de abastecimiento de agua potable en la mayoría de las ciudades balnearias. El objetivo del presente estudio es analizar las condiciones geológicas, hidrogeológicas y las actividades antrópicas que afectan la calidad del agua subterránea para consumo humano, entre las ciudades de Monte Hermoso y Punta Alta. Metodológicamente, la investigación se desarrolla con base en el estudio de información antecedente, reconocimiento de campo, censo de pozos, análisis litológico de perforaciones, interpretación de tomografías eléctricas y de datos hidroquímicos. Los resultados vinculan la calidad del agua subterránea con las características

litológicas y estratigráficas del subsuelo, y se reconoce la presencia natural de elementos traza como F, As, Fe y Mn, así como características organolépticas (olor, color y sabor) no deseadas. Además, se observa la ocupación del suelo con acciones antrópicas potencialmente contaminantes (pozos ciegos o absorbentes, corrales, basurales a cielo abierto, etc.). Esta investigación pretende contribuir al conocimiento hidrogeológico, al aportar las bases conceptuales para la explotación y gestión del acuífero, en una zona donde el abastecimiento de agua se realiza sólo a partir del recurso hídrico subterráneo.

**Palabras clave:** hidrogeología, dunas costeras, agua subterránea, calidad, provincia de Buenos Aires, Argentina.

---

Recibido: Octubre, 2019 /Aceptado: Noviembre, 2019  
Publicado en línea: Febrero, 2020  
© 2020

---

E. R. Albouy • A. G. Ruffo • J. M. Giorgi •   
N. V. Bastianelli  
Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur  
E-mail de correspondencia: albouy@uns.edu.ar

E. R. Albouy • J. M. Giorgi • N. V. Bastianelli  
Centro de Geología Aplicada, Agua y Medio Ambiente-  
CIC

A. G. Ruffo  
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y  
Técnicas

**Abstract:** A coastal dunes chain is located in the southwest of the Buenos Aires province. These dunes contain the phreatic aquifer that constitutes the only source of water supply in the seaside cities. The objective of this study is to analyze the geological, hydrogeological and anthropic activities that affect groundwater quality for human supply between Monte Hermoso and Punta Alta cities. Methodologically, the research is based on the study of previous information, field surveys, well census, cutting analysis, hydrochemical data examination, and electrical resistivity tomography interpretation. The quality of the groundwater is controlled by the lithological and stratigraphic characteristics of the area. The natural presence of trace elements such

as F, As, Fe and Mn was recognized and unfavourable organoleptic characteristics (smell, color and taste) were detected in some locations. Land occupations with potentially contaminating anthropic actions (cesspool or absorbent wells, pens, open dams, etc.) were observed. This research aims to contribute to hydrogeological knowledge, providing the conceptual basis for the exploitation and management of the aquifer, in an area where the water supply is entirely based on the groundwater resource.

**Keywords:** hydrogeology, coastal dunes, groundwater, quality, Buenos Aires province, Argentina.

## INTRODUCCIÓN

El presente estudio se circunscribe a la cadena de dunas costeras bonaerenses que se desarrolla en el litoral atlántico argentino, entre el balneario Monte Hermoso y la Base Baterías (Punta Alta) en el suroeste de la provincia de Buenos Aires y orma parte del ambiente hidrogeológico costero (Auge, 2004). Auge (2004), informa que en Argentina, cerca de 50% del abastecimiento de agua potable es de origen subterráneo. Los núcleos urbanos asentados en este sector costero son las villas balnearias de Pehuén C6, Monte Hermoso y Sauce Grande, las cuales reúnen una poblaci6n estable de unos 11,000 habitantes (INDEC, 2010), incrementada significativamente durante el per6odo estival.

Este trabajo trata sobre las condiciones litoestratigráficas e hidrogeológicas del acuífero libre del lugar y de las actividades antrópicas que condicionan la calidad del agua y sus potenciales usos. Se identifican y diferencian los impactos de origen antropogénico de aquellos asociados al origen natural de la calidad del agua. Se pretende contribuir al conocimiento hidrogeológico para que los administradores del recurso hídrico subterráneo, cuenten con herramientas para realizar una adecuada gesti6n del agua subterránea, y aseguren el uso sostenible del recurso.

La investigaci6n se desarrolla con base en el estudio de informaci6n antecedente, relevamientos de campo, censo de pozos, revisi6n de registros litoestratigráficos de perforaciones locales, complementados con el análisis e interpretaci6n de imágenes de tomografías eléctricas del subsuelo y de datos hidroquímicos.

Siguiendo a Foster (2006), que define las amenazas naturales a la calidad del agua, se reconoce la presencia de flúor y arsénico, vinculada a la profundidad de la captaci6n y a cambios verticales de las condiciones litológicas e hidrodinámicas del sistema. Tambi6n se han detectado otros oligoelementos solubles como hierro y manganeso, inherentes al paleoambiente de sedimentaci6n. Estos últimos, le confieren al agua propiedades organolépticas indeseadas como olor y color, las cuales provocan el rechazo social de la fuente de abastecimiento. Adem6s, se identifican actividades potencialmente contaminantes sobre la superficie, como la presencia de corrales, pozos ciegos y captaciones de agua subterránea particulares, sin protecci6n sanitaria adecuada. Se advierte que, si bien la preocupaci6n principal de los gestores es el suministro del recurso, en cantidad y calidad, aparecen otros factores como la confiabilidad del abastecimiento y la sustentabilidad de la explotaci6n, que deben ser considerados a futuro en estudios de mayor alcance y detalle.

## METODOLOGÍA

El método de trabajo se bas6 en la recopilaci6n y análisis de bibliografía y datos antecedentes, así como, interpretaci6n de imágenes satelitales que permitieron identificar los sectores de interés. Los trabajos de campo incluyeron, censo de pozos, medici6n de profundidad del nivel freático con sonda piezométrica, características físico-químicas del agua *in situ* mediante un sensor multiparamétrico portátil y toma de muestras para análisis hidroquímico. Se realiz6 un análisis del registro litológico de perforaciones y en

el sector de Farola Monte Hermoso, se relevó el perfil estratigráfico tipo. Otra actividad de campo consistió en la ejecución de Tomografías de Resistividad Eléctrica (TRE) con un resistivímetro automático modelo ARES, marca GF Instruments, con 48 electrodos. Se eligieron los dispositivos tipo Wenner y Schlumberger con el fin de obtener una adecuada resolución, tanto horizontal como vertical, del subsuelo. Las progresivas se realizaron con longitudes entre 129.6 m a 235 m, con separación de los electrodos de 2.7 m a 5 m. Los datos obtenidos tanto para la hidroquímica como la geofísica fueron analizados e interpretados en gabinete. Para los datos

obtenidos a partir de la geoelectrónica se utilizó el software de inversión RES2DINV.

### ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica en la costa atlántica suroccidental de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Se extiende desde el balneario Monte Hermoso a los 38°59'44" (LS) y 61°12'2" (LO) hasta los 38°55'37" (LS) y 62° 3'37" (LO), Punta Alta por el oeste. Incluye la localidad turística de Pehuen C6 y la villa Sauce Grande. Limita al noreste con el partido de Coronel Dorrego y abarca parte de los partidos de Monte Hermoso y Coronel Rosales, en el sur bonaerense, cubriendo una superficie aproximada de 500 km<sup>2</sup> (figura 1).

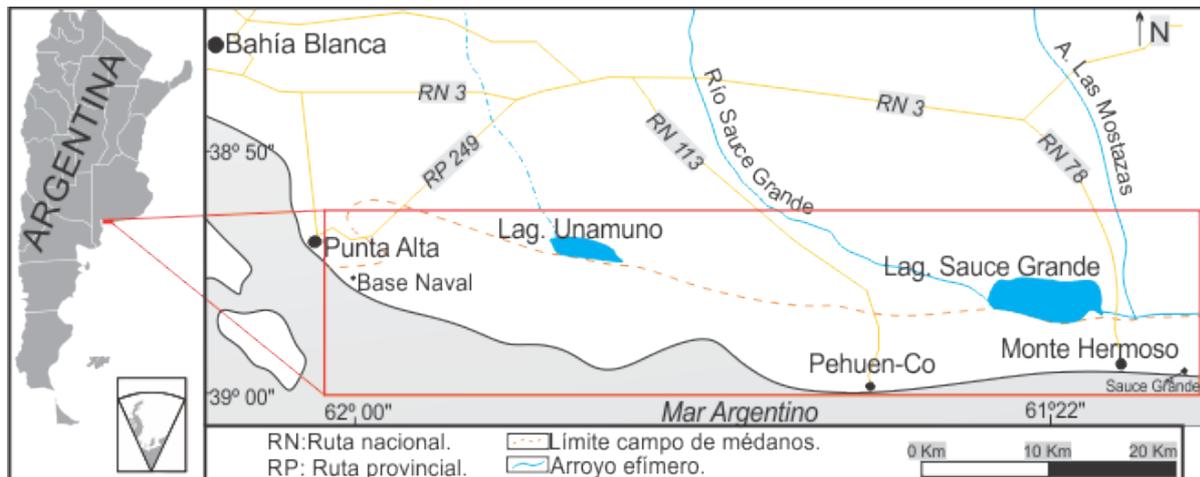


Figura 1. Área de estudio.

### MEDIO FÍSICO

El área del estudio tiene un clima de tipo templado, propio de las latitudes medias. Datos de precipitación del sector rural de Pehuen C6 indican un valor medio de precipitación de 732 mm/a y una temperatura media anual de 15.5°C. El mes más frío es julio (8°C) y el más caluroso enero (23.5°C). La distribución interanual de las lluvias indica que éstas se producen principalmente a inicios del otoño y comienzos de la primavera, en tanto que el invierno y el verano son las estaciones secas. La evapotranspiración potencial calculada por el método de Thornthwaite (1948) arroja

un valor de 780 mm/a, lo cual indica un predominio de déficit hídrico.

En el sector costero del sudoeste bonaerense se destaca como principal forma un cord6n medanoso de orientaci6n este-oeste. Éste limita al norte con la llanura pampeana y al sur con el mar argentino. En el límite norte (llanura) se generan sectores anegados, relacionados con el afloramiento de la capa freática. El sector se caracteriza por altitudes que oscilan entre los 0 y 40 m.s.n.m. y presenta una importante cadena de médanos o dunas costeras, móviles o activas, semifijas por vegetaci6n y fijas. La

faja de médanos se desarrolla por detrás de las zonas de playa. Las dunas tienen forma y altura variables y el ancho frecuente de los cordones varía de 3 a 5 km desde la costa. Se trata de un relicto arenoso generado por la acción del mar sobre los “sedimentos pampeanos” y expuestos posteriormente a la acción del viento (Auge, 2004). La presencia de agua en la superficie, en las zonas interduna constituye una característica de estos ambientes.

Hacia el continente y en el límite entre la faja arenosa y la llanura, se identifican también dos cuerpos de agua permanentes, las lagunas Sauce Grande (al este del área de estudio) y Unamuno (por el oeste). Se trata de depresiones topográficas con costas bajas, alargadas en sentido oeste-este y noroeste-sureste, respectivamente. En toda el área, el agua en superficie genera humedales que han sido tipificados hidrológicamente por Ruffo y colaboradores (2019) (figura 2).



Figura 2. Humedales en la zona de médanos.

## GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

Los depósitos existentes se encuentran genéticamente vinculados con las variaciones del nivel del mar, ocurridas durante el periodo Neógeno; se han encontrado depósitos tanto de origen continental como marino (Aramayo et al., 2002). La extensa cubierta arenosa limita los afloramientos más antiguos a sectores de acantilados costeros o terrazas flu-

viales, los cuales han sido objeto de análisis por varios autores (Ameghino, 1889, 1898; Fidalgo et al., 1975; Fidalgo, y Tonni, 1982; Zavala, 1993, entre otros). A escasa profundidad se reconocen dos medios acuíferos. El más profundo de ellos corresponde a la Formación Monte Hermoso (Zavala, 1993), compuesta mayormente por limolitas arcillosas, limolitas arenosas y areniscas finas, correlacionables con los “sedimentos pampeanos” (Fidalgo et al., 1975). Dicha formación presenta un comportamiento acuífero/acuitado, aloja agua dulce a salobre con conductividades eléctricas medias de 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , de calidad química buena a regular, con tenores elevados de flúor y arsénico. Hidrodinámicamente se reconoce un flujo regional de dirección norte-sur, el cual finaliza su trayecto en el mar. La recarga se produce tanto en la llanura pampeana, por excesos hídricos de las precipitaciones, como en el cordón costero, por conexión hidráulica con el acuífero sobrepuesto, alojado ahí.

Suprayaciendo a lo anterior, se encuentra un acuífero de carácter libre, alojado en sedimentos y rocas psamíticas pertenecientes a las formaciones Puerto Belgrano (Pleistoceno superior), Punta Tejada (Pleistoceno superior-Holoceno medio) (Zavala, 1993) y a los depósitos modernos que forman los médanos costeros. Para este acuífero freático se indican valores de coeficiente de almacenamiento en el orden de 0.2 y conductividades hidráulicas entre 2 y 9 m/día para un espesor ensayado de unos 20 m (Di Martino, Albouy, Cifuentes, y Marcos, 2014). Aloja agua dulce cuya conductividad eléctrica promedio es de 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , apta para el consumo humano; constituye la principal fuente de abastecimiento para las localidades balnearias del sector. La recarga depende de los excesos hídricos generados por las precipitaciones y presenta un valor medio de 30% de la lluvia (Carrica et al., 2018). El nivel freático tiende a copiar de manera suave los rasgos topográficos, reconociéndose de manera local domos con flujos radiales divergentes hacia los sectores de interduna

(figura 3). De forma más regional, el cordón costero presenta dos flujos diferenciados, uno hacia el sector norte (Llanura pampeana) y otro hacia el sur (mar). De esta manera se

generan dos interfaces, una agua dulce-agua salobre en el sector norte y otra agua dulce-agua salada en el sector sur.

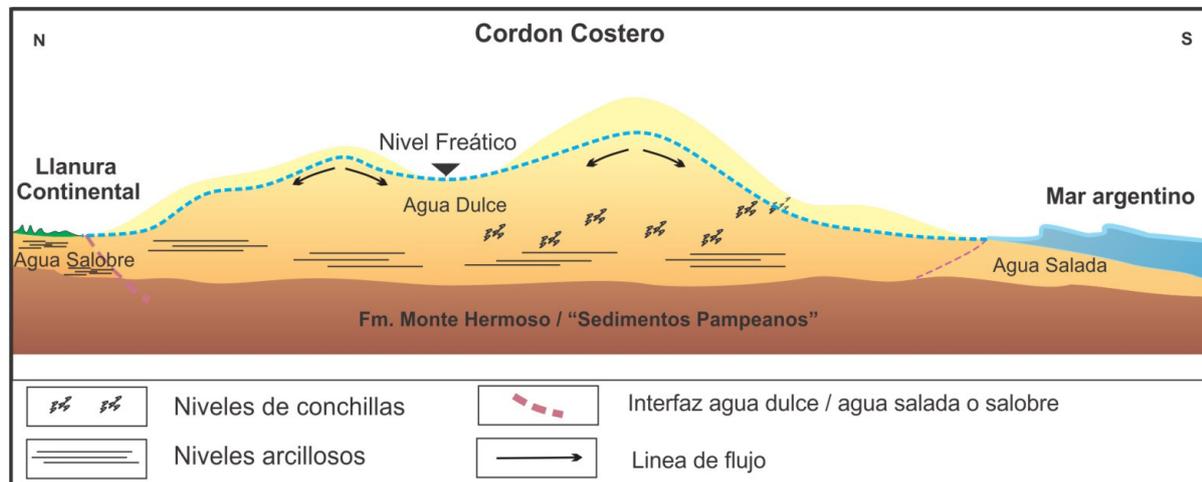


Figura 3. Esquema hidrogeológico. Extraído de Ruffo et al. (2019).

## FACTORES LITOSTRATIGRÁFICOS QUE CONDICIONAN LA QUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA

### Formación Monte Hermoso (Mioceno superior-Plioceno inferior)

La posición estratigráfica y relaciones laterales de las unidades geológicas del área están relacionadas con la evolución paleo ambiental del paisaje, producto de cambios en el nivel del mar y la migración progresiva de los antiguos valles del río Sauce Grande.

En el diagrama de la figura 4 se propone el modelo geológico general y simplificado que caracteriza la zona de estudio, en dirección oeste-este, desde la ciudad de Punta Alta hasta el balneario Monte Hermoso. El mismo ha sido elaborado con base en el análisis litológico de perforaciones ejecutadas a fines del abastecimiento de agua, en las localidades indicadas y del registro e interpretación de tomografías eléctricas del subsuelo.

Los sedimentos más antiguos considerados corresponden a los limos arenosos y arcillosos de la Formación Monte Hermoso (Zavala, 1993) del Terciario superior, denominados informalmente "sedimentos pampeanos". Tienen un comportamiento acuífero-acuitardo, portan aguas con salinidades entre 2 y 10 g/l y contenidos naturales de F y As variables (Auge, 2004). Esta circunstancia hace que, comúnmente, las perforaciones para abastecimiento se interrumpan al tocar esta formación y la extracción de agua para consumo humano se haga a partir de la zona saturada alojada en los sedimentos suprayacentes.

Los análisis químicos de perforaciones que ingresan en los primeros metros de la Formación Monte Hermoso, indican que portan agua dulce con tenores de flúor y arsénico propios de los sedimentos pampeanos (OSBA, 1990).

La profundidad a la que aparecen estos sedimentos es variable, afloran en los

acantilados de Farola Monte Hermoso, para luego profundizarse hacia el este y oeste, alcanzando los 35 a 40 m.b.b.p. En proximidades de Punta Alta y de Monte Hermoso, el techo de la formación se encuentra a me-

nor profundidad, rondan valores entre 10 y 20 m.b.b.p. Dicha variabilidad es resultado de la evolución paleo-ambiental costera y de los procesos que dieron origen a la cubierta sedimentaria más moderna.

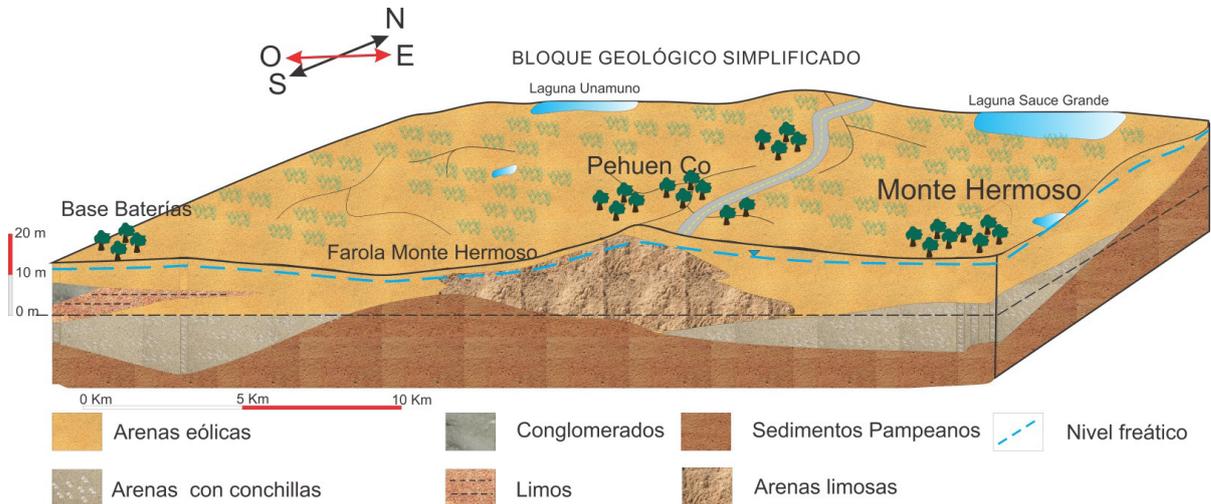


Figura 4. Esquema geológico simplificado.

**Sedimentos Post Pampeanos (Frenguelli, 1950) (Pleistoceno inferior-Holoceno)**

Suprayaciendo a lo anterior, se encuentra un acuífero de carácter libre, alojado en sedimentos y rocas psamíticas pertenecientes a las formaciones Puerto Belgrano, Punta Tejada y a depósitos modernos que forman la cadena de médanos costeros.

La columna sedimentaria ha sido reconocida en perforaciones llevadas a cabo en el lugar (figura 5). Por encima de los “sedimentos pampeanos” es común identificar niveles marinos de arenas con restos fósiles de conchillas, que se asignan al Holoceno (Farinati et al., 2002). Están bien representados en Monte Hermoso, Base Baterías, Punta Alta y Bahía Blanca. Se reconocen espesores de unos 10 m en promedio y se acuñan hacia el continente. En Pehuen Có solo se reconocen en la costa, mientras que no han sido identificados en el balneario Sauce Grande. Este paquete de arenas conchíferas está comunicado hidráulicamente con las arenas de

los médanos que lo cubren y son portadores de agua de baja salinidad, apta para el consumo humano.

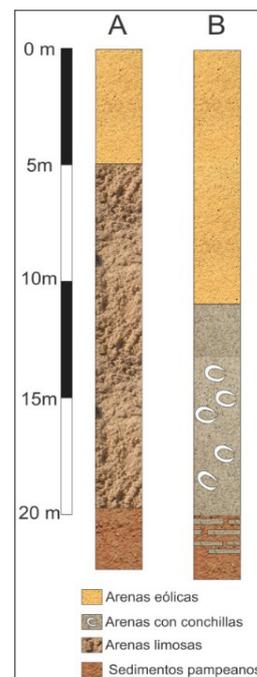


Figura 5. Perfiles litológicos. A) Pehuen Có (cota 22 m.s.n.m), B) Monte Hermoso (cota 14 m.s.n.m).

### Médanos fijos, semifijos y móviles (Holoceno medio-superior)

Bajo esta denominación se agrupa a los depósitos arenosos más recientes, dispuestos en distintos cordones medanosos presentes a lo largo de la costa sur de la provincia de Buenos Aires. De modo general, se reconocen aquellos más antiguos, fijos, parcial o totalmente, por vegetación y los médanos móviles, actualmente activos (figura 6). Estas

unidades poseen elevada permeabilidad y porosidad efectiva, lo que les otorga gran capacidad de absorción del agua de lluvia, que los caracterizan como sectores preferenciales de recarga en el ambiente costero. Son portadores de agua de baja salinidad, apta para consumo humano, pero sus características litológicas determinan una alta vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del agua subterránea.



Figura 6. Médanos activos, semifijos y fijos.

Una particularidad de estos depósitos es la presencia de niveles ricos en hierro y manganeso (tabla 1) en sectores de Monte Hermoso y el balneario Sauce Grande. Las perforaciones que explotan dichos niveles extraen aguas coloreadas, con olor y sabor, desagradables para los usuarios.

Tabla 1. Valores máximos medidos de Fe y Mn para el balneario Sauce Grande

Analito	Máximo permitido según CAA	Máximo medido
Fe (total)	0.30 mg/l	11.2 mg/l
Mn (total)	0.10 mg/l	1.91 mg/l

### Exploración de niveles acuíferos

Como ya se ha mencionado, la presencia de los sedimentos pampeanos representa un condicionante en la calidad del agua subterránea. Las perforaciones que se adentran pocos metros en ellos se ven afectadas por un incremento en flúor y arsénico respecto al agua alojada en el acuífero psamítico. Es por esto que, determinar de una manera indirecta el techo de estos sedimentos, previo a realizar una perforación, resulta trascendente para una explotación adecuada y sustentable.

El contraste resistivo, producto de las diferencias litológicas y de salinidad del agua alojada, entre los sedimentos pampeanos y el paquete arenoso que lo suprayace,

resulta ideal para la aplicación de métodos geofísicos.

Las tomografías de TRE, parametrizadas con perforaciones del sector, no sólo han permitido identificar el techo de los se-

dimentos pampeanos, sino que variaciones laterales, niveles salinos y sectores con paleocauces quedan evidenciados con esta técnica (figura 7).

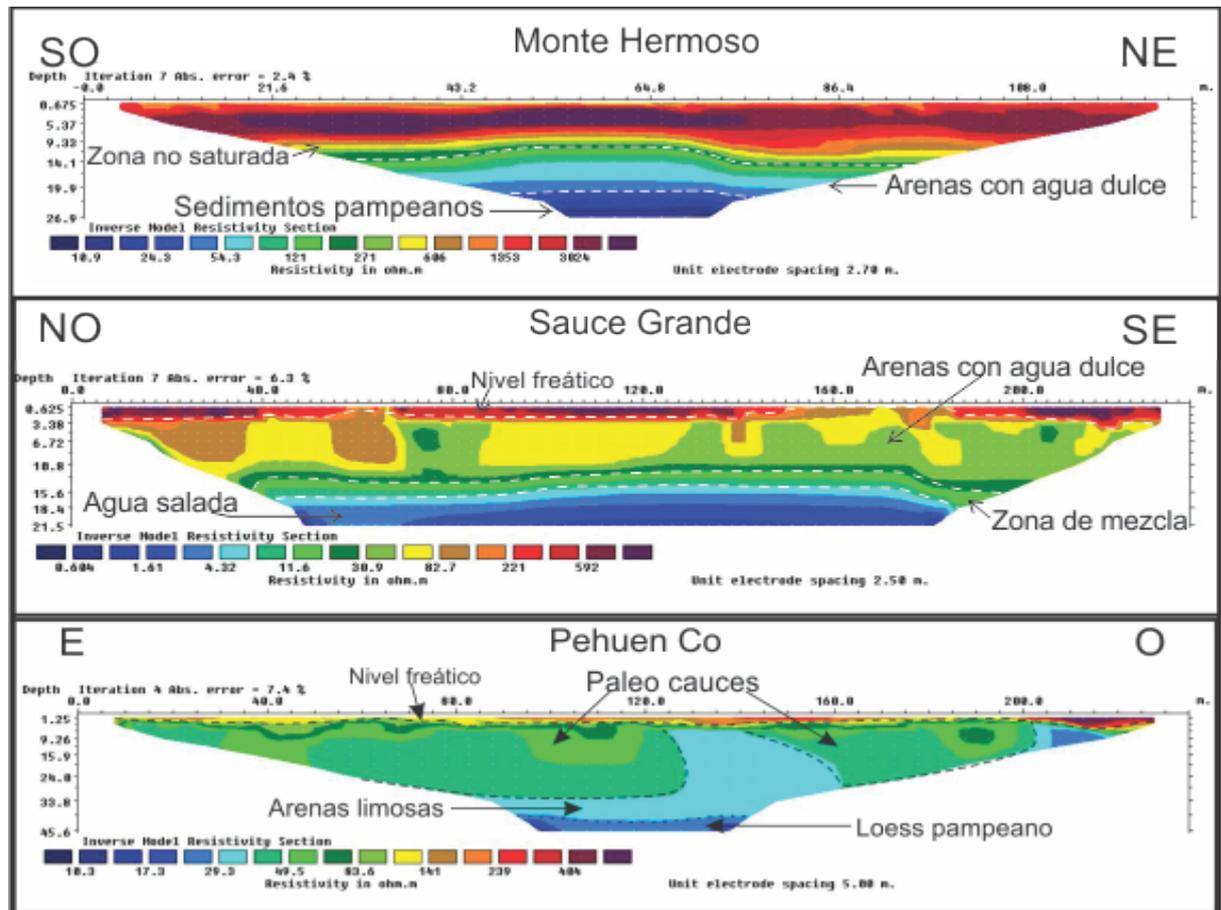


Figura 7. Imágenes de resistividad eléctrica del sector costero.

### FACTORES ANTRÓPICOS

La presencia de actividades antrópicas, puede suponer una degradación de las características naturales del agua. En el área de estudio solo se reconoce impacto de la actividad doméstica (no industrial, agrícola o ganadera).

El núcleo urbano con mayor incidencia en el sector corresponde a la ciudad de Monte Hermoso. Presenta una población

estable de 6,494 habitantes (INDEC, 2010) e incrementa esa cantidad hasta aproximadamente 70,000 durante la temporada estival. Cuenta con 70% de su área urbana cubierta por servicio de cloacas, mientras que 30% utiliza pozos ciegos o absorbentes para el vertido de efluentes domésticos. Los líquidos cloacales son derivados a piletas de decantación para luego ser vertidos al río Sauce Grande (Di Martino et al., 2014). Los residuos sólidos urbanos son deposti-

tados en un relleno sanitario, el cual posee geo-membranas para evitar que los lixiviados afecten al acuífero.

El balneario Pehuen Có, de menor tamaño, posee menos de 600 habitantes permanentes, llegando a 10,000 durante el verano (Revista hábitat, 2014). Carente de servicios cloacales, 100% de las viviendas vierte sus residuos líquidos al subsuelo.

Los residuos sólidos urbanos se depositan en un basural a cielo abierto, sobre las arenas del cordón medanoso y sin ninguna protección para evitar la migración de lixiviados.

Estos dos balnearios se encuentran ubicados en su totalidad sobre el cordón costero medanoso y utilizan como única fuente de abastecimiento de agua, el acuífero libre alojado en las arenas.

Los establecimientos rurales del área practican ganadería de pastoreo en sectores de dunas fijas y vegetadas, con baja densidad de cabezas de ganado, mientras que la agricultura es una actividad casi ausente en el cordón medanoso.

Ciertas actividades identificadas en el área podrían clasificar como “amenazas antrópico-contaminantes” en el sentido que definió Lavell (1994). Según dicho autor, estas actividades son aquellas relacionadas con procesos de contaminación derivados de efluentes cloacales o basurales a cielo abierto y derrames, que lixivian y contaminan acuíferos, como también depósitos de desechos líquidos y sólidos, de origen doméstico, sin canalización o procesamiento.

El tipo de litología dominante, el carácter libre del acuífero y la profundidad al nivel freático lo clasifican como un acuífero con un índice de vulnerabilidad alto (Ruffo, Lafont, Carbajo, Albouy, y Lexow, 2017, 2019).

El análisis de las cargas contaminantes identificadas en el balneario Monte Hermoso (Lexow, Di Martino, Lafont, Albouy, y Marcos, 2016), sumado a la vulnerabilidad in-

trínseca del acuífero, ponen en evidencia un peligro de contaminación alto para el mismo (Ruffo et al., 2019).

La influencia de los residuos líquidos domiciliarios en algunas perforaciones del ejido urbano de Pehuen Có puede comprobarse por la presencia de coliformes totales y bacterias pseudomonas en el agua (tabla 2). El aumento estacional de la población, en sectores sin obras de saneamiento, influye, sin duda, en la calidad del recurso hídrico. Es así que durante el verano, los pozos del sector céntrico de Pehuen Có presentan olor y sabor desagradables.

La información suministrada por el Municipio de Monte Hermoso, indica la presencia de coliformes totales, en el agua de perforaciones particulares en sectores puntuales sin red de saneamiento.

Tabla 2. *Resultados de análisis bacteriológicos en el balneario Pehuen Có (Fuente: Municipio de Coronel Rosales)*

Analito	Máximo permitido según CAA	Máximo medido
Coliformes totales	≤ 3 MNP /100 ml	> 2400 / 100 ml
Pseudomona	Ausencia en 100 ml	Pseudomona Positiva

Los resultados de muestreos del agua subterránea permiten afirmar que, en general, los valores de nitratos medidos en el acuífero freático de la cadena de médanos, no superan el máximo establecido por el CAA (45 mg/l), con un valor promedio de 3 mg/l.

Otra actividad antrópica que podría afectar la calidad del agua subterránea es la extracción intensiva de grandes volúmenes de agua durante el período estival. Hipotéticamente, la explotación del agua subterránea en sectores costeros podría inducir una contaminación por intrusión marina, producto del desplazamiento de la interfaz agua dulce-agua salada hacia el continente. Situación que todavía no se observa en el área.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La falta de acceso al agua potable es considerada una de las principales causas de enfermedades en el país y el mundo (Pernovich, 2019) y su disponibilidad se relaciona íntimamente con la calidad de vida de la población (UNESCO, 2019).

Uno de los acuíferos más extendidos de la provincia de Buenos Aires es el freático, alojado en los sedimentos pampeanos. Su principal problemática en cuanto a la calidad química es la presencia de flúor y arsénico. Dichos elementos, de origen natural e íntimamente ligados a la litología del depósito, condicionan la calidad del agua, tornándola en muchas ocasiones como no apta para el consumo humano (Puntoriero, Volpedo, y Fernández-Cirelli, 2014). Estos sedimentos constituyen el piso de las arenas del cordón de médanos costeros, las cuales presentan un acuífero libre, portador de aguas dulces y con bajos a nulos tenores de flúor y arsénico (Ruffo et al., 2019).

La falta de conocimiento o de divulgación sobre la configuración del sistema acuífero costero ha propiciado la construcción inadecuada de perforaciones. Estas atraviesan las arenas e ingresan a los sedimentos pampeanos, con la consecuente mezcla de aguas y aumento de los oligoelementos ya mencionados, en detrimento de la calidad química y de su aptitud para consumo humano.

Las técnicas geofísicas de exploración resultan una herramienta muy útil y relativamente económica que permite diferenciar estos niveles y logra un adecuado diseño de las captaciones. En particular, las tomografías de resistividad eléctrica han permitido también identificar sectores preferenciales para la realización de captaciones, debido a variaciones laterales relacionadas con cambios en las características hidrolíticas de los sedimentos.

El desplazamiento de los cuerpos de arena existente en los campos de dunas

propician el soterramiento de sectores vegetados (Montes et al., 2015). La descomposición de la materia orgánica en condiciones reductoras estaría asociada a la presencia en el agua subterránea de altas concentraciones de hierro y manganeso como las detectadas en sectores de Monte Hermoso y Sauce Grande.

La presencia de concentraciones altas de estos metales en el agua subterránea altera sus características organolépticas y provoca aparición de manchas en los recipientes que la almacenan y obturaciones en los sistemas de distribución, además de ocasionar el rechazo social del recurso.

En el área de estudio se ha detectado contaminación de carácter puntual, relacionada con la disposición de los efluentes domésticos orgánicos en pozos ciegos o absorbentes.

La alta vulnerabilidad intrínseca que presenta el acuífero freático exige un ordenamiento territorial adecuado, con miras a minimizar el peligro de contaminación del mismo. Esta circunstancia, sumada a la falta total o parcial de obras de saneamiento adecuadas (red cloacal, disposición de los residuos sólidos urbanos en sitios controlados y condicionados para tal fin, piletas de efluentes) en áreas urbanas del sector da como resultado un peligro de contaminación "Alto" (Ruffo et al., 2019).

El importante aumento en la demanda de agua dulce durante la estación estival y el consecuente incremento en los residuos, tanto líquidos como sólidos, hacen necesario contar con un plan de gestión acorde al sector, con miras en conservar la calidad y cantidad del recurso hídrico.

De esta manera, las estrategias de gestión deben tener en cuenta, no solo la ocupación controlada del territorio, sino también las características hidrogeológicas del área y la respuesta hidráulica del acuífero. Para ello, resulta trascendente conocer el recurso hídrico potencial (recarga), las ca-

racterísticas hidrodinámicas del acuífero (red de flujo, gradientes hidráulicos y velocidades reales) y los parámetros hidráulicos, porosidad eficaz y coeficiente de almacenamiento. Si bien hay información parcial sobre estos aspectos, actualmente se está desarrollando una investigación, en el marco de una tesis doctoral, sobre la hidrogeología en el sector de dunas costeras del suroeste de la provincia de Buenos Aires y otros estudios específicos destinados al abastecimiento de agua en la villa Sauce Grande.

El conocimiento geológico del subsuelo, junto con la formulación de modelos de explotación basados en el funcionamiento del sistema hídrico subterráneo, resulta clave para el diseño adecuado de las baterías de pozos y la generación de estrategias de protección.

Otro aspecto que se entiende como necesario, con miras a seguir la evolución temporal y espacial de la calidad y reserva del acuífero, es la construcción de una red de pozos de monitoreo en inmediaciones de las baterías que abastecen a las poblaciones de Monte Hermoso y Pehuen Có.

La sostenibilidad del recurso hídrico subterráneo, principalmente en los sectores urbanos costeros, dependerá del conocimiento científico del sistema subterráneo, así, basado en éste, de las actuaciones que lleven a cabo los entes estatales (municipales) encargados de la gestión del agua en la zona estudiada.

## REFERENCIAS

- Ameghino, F. (1889). Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina. Actas de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, 6, 1-1027.
- Ameghino, F. (1898). Synopsis geológico-paleontológica. Segundo Censo Nacional, Tomo I (pp. 113-225).
- Aramayo, S. A., Schillizi, R. A., y Gutiérrez-Téllez, B. M. (2002). Evolución paleoambiental del Cuaternario en la Costa Atlántica del sur de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 15(1-2), 95-104.
- Auge, M. (2004). Regiones Hidrogeológicas, República Argentina y provincias de Buenos Aires, Mendoza y Santa Fe. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. Di Martino, C., Albouy, R., Cifuentes, O., y Marcos, A. (2014). El acuífero costero de Monte Hermoso, Argentina. Generalidad. Recurso y reserva. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*, (33), 43-51.
- Farinati, E., Spagnuolo, J., y Aliotta, S. (2002). Bioerosión en micromoluscos holocenos del estuario de Bahía Blanca, Argentina. *AMEGHINIANA, Rev. Asoc. Paleontol. Argent.*, 43(1), 45-54.
- Fidalgo, F., De Francesco, F. O., y Pascual, R. (1975). Geología superficial de la llanura bonaerense. Relatorio del VI Congreso Geológico Argentino. Bahía Blanca, 103-108.
- Fidalgo, F., y Tonni, E. P. (1982). Observaciones geológicas y paleontológicas en las "Barrancas de Monte Hermoso" (Provincia de Buenos Aires). III Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. Resúmenes, 16-17, Corrientes.
- Frenguelli, J. (1950). Rasgos generales de la morfología y la geología de la Provincia de Buenos Aires. M. O. P., Publ. LEMIT, Buenos Aires, Serie II (33), 1-70.
- Foster, S., Kemper, K., Tuinhof, A., Koundouri, P., Nanni, M., y Garduño, H. (2006). Amenazas naturales a la calidad del agua subterránea. Evitar problemas y formular estrategias de mitigación. Gestión sustentable del agua subterránea. Banco Mundial, programa asociado de la GPW. Serie de notas informativas, nota 14.

- INDEC. (2010). Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Recuperado de <https://www.indec.gob.ar/Montes>, A., Rodríguez, S., San Martín, C., y Allard, J. (2015). Migración de campos de dunas en cañadones costeros de Patagonia. Geomorfología e implicaciones paleoambientales. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 20(2), 65-76.
- Lavell, A. (1994). Viviendo en riesgo. Comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina. Capítulo 2: Degradación ambiental, riesgo y desastre Urbano. Argentina: Ed. FLACSO. LA RED-CEPREDENAR. 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.
- OSBA. (1990). Evaluación de la batería de pozos de agua de la localidad de Monte Hermoso con fines de implementación del servicio de agua corriente. Dirección de Estudios Especiales. Obras Sanitarias provincia de Buenos Aires. Inédito.
- Peranovich, A. (2019). Enfermedades transmitidas por el agua en Argentina y Brasil a principios del siglo XXI. *Saude soc.*, 28(2) São Paulo April/June 2019.
- Puntoriero, M. A., Volpedo, A., y Fernández-Cirelli, A. (2014). Riesgo para la población rural en zonas con alto contenido de arsénico. *Acta Toxicológica Argentina*, 22(1), 15-22.
- Revista Hábitat. (Diciembre 2014). Hábitat. Publicación anual de la Sociedad de Fomento "Amigos de Pehuen-Có", 42. Ruffo, A. G., Bastianelli, N., y Lafont, D. (2017). Gestión del recurso hídrico subterráneo en la localidad balnearia de Pehuen-Có (provincia de Buenos Aires). Peligro de contaminación del acuífero freático. IV Congreso Internacional Científico y Tecnológico-CONCYT.
- Ruffo, A. G., Lafont, D., Carbajo, M., Albouy, R., y Lexow, C. (2019). Peligro de contaminación del acuífero freático en la localidad balnearia de Monte Hermoso (provincia de Buenos Aires). *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*, 42, 15-22.
- Ruffo, A. G., Albouy, R., Bastianelli, N., y Carrica J. (2019). Humedales en la franja de médanos costeros entre Monte Hermoso y Pehuen Có, provincia de Buenos Aires, Argentina. Tipificación hidrológica. *Boletín Geológico y Minero de España* (en prensa).
- Thorntwaite, C., W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geologic. Rev.*, 38, 55-94.
- UNESCO. (2019). WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2019: No dejar a nadie atrás. París: UNESCO. Zavala, C. (1993). Estratigrafía de la localidad de la Farola de Monte Hermoso (Plioceno-Reciente). Provincia de Buenos Aires. XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos Actas Tomo II (pp. 228-235).