

Serie: Informes científico-técnicos del
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras

Informe Técnico N°20

Caracterización fisicoquímica, bacteriológica, litológica e hidráulica de pozos de investigación construidos sobre el acuífero Pampeano en la zona periurbana sur de Mar del Plata



Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC) UNMDP-CONICET
Mar del Plata, Argentina

Mar del Plata, diciembre 2023

Citar como: Quiroz Londoño, O. M., Gómez Gutiérrez, J. D., Romanelli, A., Esquiús, K. S., Domínguez, M. S., Bernava, G., Solana, X. Caracterización fisicoquímica, bacteriológica, litológica e hidráulica de pozos de investigación construidos sobre el acuífero Pampeano en la zona periurbana sur de Mar del Plata. Informes científico-técnicos del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras N°20(UNMdP-CONICET). 11pp

Este informe fue solicitado por la Pequeña Obra de la Divina Providencia (Obra Don Orione) y financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT), a través del Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCyT) PICT N° 1349/2020.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras.

ISSN 2796-9088

La “Serie: Informes científico-técnicos del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras” se aloja en el sitio <https://www.iimyc.gob.ar/iimyc/es/informes-tecnicos/>

La utilización, redistribución, traducción y creación de obras derivadas de la presente publicación están autorizadas, a condición de que se cite la fuente original y que las obras que resulten sean publicadas bajo las mismas condiciones de libre acceso. Esta licencia se aplica exclusivamente al texto de la presente publicación. Para utilizar cualquier otro material que aparezca en ella (tal como textos, imágenes, ilustraciones o gráficos), será necesario pedir autorización a la Dirección del IIMyC iimyc@mdp.edu.ar. No está permitido utilizar el logotipo del IIMyC.

Si la obra se traduce, debe añadirse el siguiente descargo de responsabilidad junto a la referencia requerida: “La presente traducción no es obra del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC). El IIMyC no se hace responsable del contenido ni de la exactitud de la traducción. La edición original en el/los idiomas que se publique será el texto autorizado”.

Mar del Plata, diciembre 2023



CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, BACTERIOLÓGICA, LITOLÓGICA E HIDRÁULICA DE POZOS DE INVESTIGACIÓN CONSTRUIDOS SOBRE EL ACUÍFERO PAMPEANO EN LA ZONA PERIURBANA SUR DE MAR DEL PLATA

Orlando Mauricio Quiroz Londoño^{1,2}, Jesús David Gómez Gutiérrez², Asunción Romanelli^{1,2}, Karina Soledad Esquiús¹, María Soledad Domínguez¹, Gustavo Bernava¹, Ximena Solana^{1,2}

¹Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Mar del Plata, Argentina. ²Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario, Universidad Nacional de Mar del Plata-Comisión de Investigaciones Científicas Bs. As. Funes 3350. Mar del Plata, Argentina. [Correspondencia: Orlando Mauricio Quiroz Londoño <qlondono@mdp.edu.ar>]

RESUMEN. En el marco del proyecto de investigación PICT 1349/20 titulado “Impacto del proceso de urbanización progresiva y las variaciones climáticas sobre el Acuífero Pampeano en la zona periurbana costera del sur de la ciudad de Mar del Plata” se han construido tres pozos de investigación en el predio conocido como “La Parroquia”, con profundidades de 15, 25 y 50 metros. El objetivo principal de los mismos es mejorar la comprensión de la dinámica del agua subterránea en el área, mediante la obtención de datos de campo, que incluyen niveles freáticos, litología y parámetros hidráulicos. Además, se busca evaluar la calidad del agua subterránea y comprender su composición química a través de la obtención de variables fisicoquímicas y bacteriológicas. Los resultados obtenidos indican que los pozos están hidráulicamente interconectados. Sin embargo, los perfiles litológicos revelan notables diferencias en el contenido de arenas finas, limos y arcillas, las cuales se asocian con la capacidad de recuperación y transferencia del agua en el acuífero. Especialmente en términos de conductividad hidráulica, se pudo observar un acuífero tipo libre con un mayor grado de confinamiento en profundidad. Respecto a las condiciones de calidad del agua, como aspecto preliminar se observó la presencia de bacterias indicadoras de calidad sanitaria, como *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* y *coliformes*, las cuales limitan el uso del agua subterránea para consumo humano. Asimismo, las características hidrogeoquímicas reflejan una misma facie química en el acuífero, lo que sugiere una uniformidad en la composición química del agua subterránea.

ABSTRACT. Physicochemical, bacteriological, lithological and hydraulic characterization of research wells built on the Pampas aquifer in the southern peri-urban area of Mar del Plata. In the development of the project PICT 1349/20 titled “Impact of progressive urbanization and climatic variations on the Pampeano Aquifer in the coastal peri-urban area south of the city of Mar del Plata,” three research wells have been constructed on the site known as Pequeña Obra de la Divina Providencia (Obra Don Orione) with depths of 15, 25, and 50 meters. Their main objective is to improve the understanding of the dynamics of hydrogeological/groundwater processes in the area by obtaining field data, including water table levels, lithology, and hydraulic parameters. Additionally, the aim is to analyze the hydrogeochemical behavior through monitoring campaigns to collect information on physicochemical and bacteriological variables. These analyzes allow evaluating the quality of groundwater and understanding its chemical composition in relation to the studied aquifer. The results obtained indicate that the wells are hydraulically interconnected. However, the lithological profiles reveal notable differences in the composition of fine sands, silts and clays, which affect the recovery and transfer capacity of groundwater. It was observed that an unconfined aquifer transitioned into a semiconfined aquifer at greater depths. Regarding water quality conditions, as a preliminary aspect, the presence of coliforms, *Pseudomonas aeruginosa* and *Escherichia coli* has been observed, limiting its use for human consumption. Likewise, the chemical characteristics reflect a uniform composition of groundwater in the aquifer.

Palabras clave: Calidad del agua, Hidrogeología, perfil litológico, pruebas de bombeo.

Key words: Hydrogeology, profile, pumping Tests, water Quality, groundwater, lithological.

INTRODUCCIÓN

El Acuífero Pampeano, que abastece a la Pampa Húmeda, es una de las fuentes de agua para abastecimiento más importante para la región, no sólo para las poblaciones rurales y urbanas sino también para las actividades agro-ganaderas y el sostenimiento de ecosistemas (Auge 2004). Sin embargo, su calidad y, en menor medida su disponibilidad, están cada vez más comprometidas debido a problemas de contaminación y aprovechamiento intensivo (Barilari et al. 2020; Romanelli et al. 2020). Particularmente, el sector sudeste de la provincia de Buenos Aires ocupa un lugar importante en la base de la economía nacional debido a que en ella se desarrollan importantes actividades agrícolas, ganaderas, industriales y turísticas. Aquí, los recursos hídricos merecen especial atención ya que las aguas subterráneas constituyen la única fuente de abastecimiento para fines urbanos, agrícolas e industriales. La demanda urbana de agua en la región ha crecido acompañando el importante aumento poblacional de algunos de los centros más importantes.

La zona sur de Mar del Plata ha tenido un crecimiento importante en los últimos años. La construcción de segundas viviendas residenciales se incrementó a fines de la década de 1970 debido a una demanda estacional durante los meses de verano (Isla et al. 2018). Debido a que, en esta zona las áreas residenciales no cuentan con acceso a agua potable por red, el desarrollo urbano requirió de la perforación de pozos domésticos para abastecimiento por cada unidad habitacional. Dichas perforaciones son realizadas a profundidades variables inferiores a los 80 m. Adicionalmente, y debido a la inexistencia de una red cloacal, los pozos negros o fosas sépticas son utilizados para la disposición de aguas residuales de cada vivienda (Isla et al. 2018). Estos dos aspectos sugieren una amenaza constante a la calidad del agua para consumo humano, si tenemos en cuenta que las filtraciones de sistemas de saneamiento sin alcantarillado constituyen probablemente la fuente más común y difundida de contaminación urbana (Foster et al. 1998). Una de las áreas de particular interés, y donde se centra este estudio, es el Barrio Los Acantilados, que, debido a sus condiciones estratégicas ha experimentado en los últimos años un aumento en la población de residentes permanentes, con una presión creciente sobre el recurso hídrico subterráneo en términos de calidad y cantidad.

En el marco del proyecto PICT N° 1349/2020, titulado “Impacto del proceso de urbanización progresiva y las variaciones climáticas sobre el Acuífero Pampeano en la zona periurbana costera del sur de la ciudad de Mar Del Plata” cuyo objetivo general es el de evaluar el impacto que tiene el proceso de urbanización y las variaciones climáticas sobre la hidrodinámica y calidad del Acuífero Pampeano en la zona sur de la ciudad, se realizó la construcción de tres pozos de investigación. Los mismos captan agua del Acuífero Pampeano a diferentes profundidades, 15, 25 y 50 m. Estas perforaciones permitieron lograr una descripción litoestratigráfica de los primeros 50 m del acuífero, definir sus parámetros hidráulicos y establecer la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua subterránea a diferentes profundidades.

Para la construcción de los pozos de investigación, los cuales fueron analizados en este informe, se realizaron varias solicitudes a entidades no gubernamentales de la zona, encontrando una respuesta favorable por parte de la Pequeña Obra de la Divina Providencia (Obra Don Orione). La misma dispone de un predio en el barrio, en las calles 501 y 4 (próximo al sector de playas) que comprende la Capilla Sagrado Corazón de Jesús y un sitio para

actividades recreativas (Fig. 1). Este informe se elabora como una herramienta técnica, donde se compila información de las características dinámicas del acuífero y calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua. Se espera que, una vez terminadas las actividades de investigación de este proyecto, la Obra Don Orione pueda utilizar algunos de estos pozos para suministro de agua para las actividades desarrolladas en el predio.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO

Las unidades estratigráficas presentes en la zona, han sido descritas por Isla et al. (2015); Isla et al. (2018), en forma resumida la zona de acantilados se encuentra sobre las formaciones Barranca Los Lobos y Chapadmalal (Fig. 2). La primera de ellas está constituida por sedimentos limosos de aspecto masivo, color pardo amarillento claro, bastante homogéneo. Por su parte la formación Chapadmalal presenta un mayor contenido arcilloso intercalado con arenas muy finas (Orgeira 1988). El contacto entre estas dos formaciones es reconocido como el generador de manantiales presentes a lo largo de los acantilados de la zona sur de la ciudad (Isla et al. 2018).

Desde el punto de vista hidrogeológico, la zona sur de Mar del Plata se ubica sobre la Región Hidrogeológica Interserrana de la Provincia de Buenos Aires (Auge 2004) y dentro de ésta tiene características transicionales entre las regiones Serrana e Interserrana – pedemontana definida por González (2005), que se presenta en la Fig. 3. El piso hidrogeológico de estas unidades está constituido por ortocuarcitas del Paleozoico Inferior asociadas a la formación Balcarce (Del Valle 1987). El acuífero está formado por sedimentos limo-arenosos y arenas finas con intercalaciones arcillosas, reunidos genéricamente bajo la denominación de sedimentos Pampeanos y Postpampeanos. El acuífero se caracteriza por presentar un comportamiento de acuífero libre con un grado de semiconfinamiento en profundidad (Auge 1997), con un espesor variable entre 20 y 100 metros. Para la zona específica de ubicación del predio objeto de este estudio, el espesor de éstos sedimentos no supera los 90 m (Massone et al. 2008).

Como se mencionó anteriormente, las actividades desarrolladas en el predio donde se perforaron los pozos objeto de este informe busca conocer las condiciones hidrogeológicas del acuífero a distintas profundidades, evaluando adicionalmente la calidad del agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

La perforación de los pozos se realizó mediante la metodología de rotación inversa, la cual se basa en el movimiento circular continuo de una barrena para fracturar la roca o los sedimentos. Dicha acción es un proceso continuo, que en su avance genera recortes que son removidos a medida que los fluidos de perforación circulan a través de la barrena para ser llevados a la zona exterior. El proceso de perforación fue desarrollado en campo por la empresa Perforaciones Horacio Agosta – (Matrícula 022–OSSE). La construcción de dichos pozos (Tabla 1) permitió avanzar con la descripción litológica respectiva (Fig. 4), la estimación de los parámetros hidráulicos y la evaluación de la calidad del agua subterránea en el área.

Descripción del perfil litológico de cada pozo

Durante la perforación se tomaron muestras del ripio de perforación en el pozo profundo de 50 m, recolectando un total de 16 muestras (cada 1,5 m de avance) las cuales fueron analizadas



Fig. 1. Ubicación de los pozos de investigación en el predio de la Pequeña Obra de la Divina Providencia (Obra Don Orión).

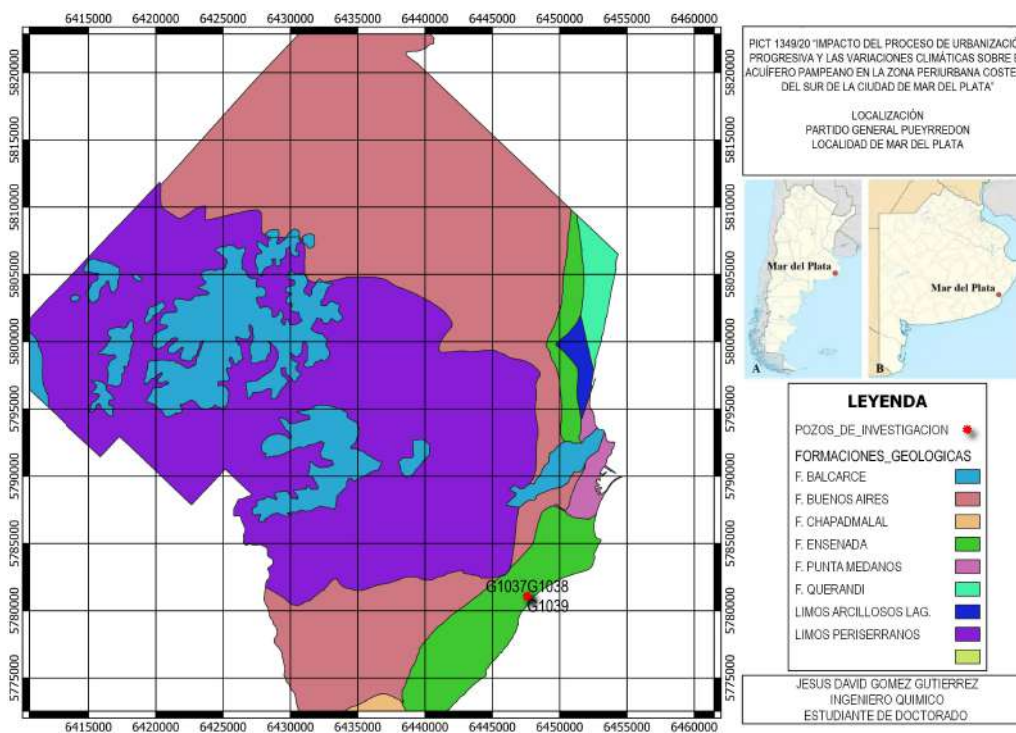


Fig. 2. Formaciones geológicas presentes en el Partido de General Pueyrredón.

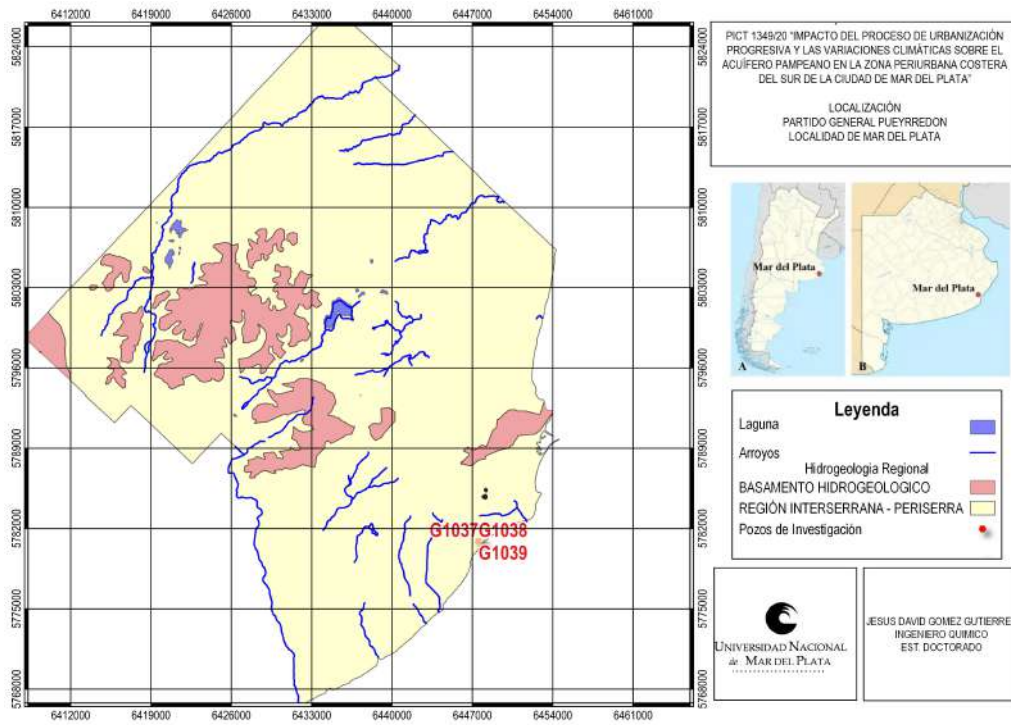


Fig. 3. Unidades Hidrogeológicas presentes en el Partido de General Pueyrredón.



Fig. 4. Registro fotográfico del proceso de perforación y toma de muestras (ripió).

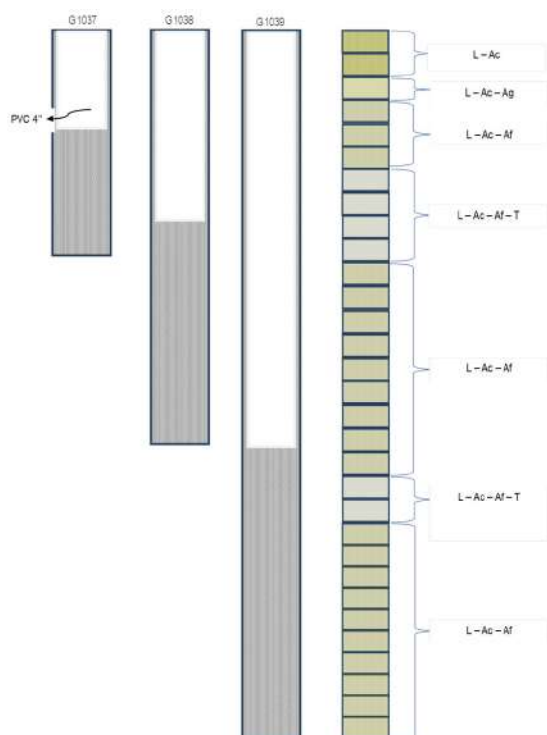


Fig. 5. Perfil Litológico de los pozos G1037 (15 m), G1038 (25 m) y G1039 (50 m) / Trama inferior, Sedimentos Pampeanos, Trama Superior, Encamisado pozo G1037 (6 m), G1038 (12 m) y G1039 (25 m). Tubería PVC de 4". L: Limo Ac: Arcilla; Ag: Arena Gruesa; Af: Arena Fina; T: Tosca.

en el Laboratorio de Sedimentología del Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario (IGCyC, UNMdP-CICPBA). En el proceso de perforación se detectaron zonas con mayor resistencia a la perforación, específicamente a las profundidades de 10 - 15 m, y 28 - 33 m, evidenciándose mediante análisis ocular la presencia de estratos de tosca.

Para el análisis granulométrico de los sedimentos se utilizó el método mecánico (Tamizado) bajo la metodología ASTM - 422 AASHTO T-88 (ASTM). Las muestras fueron secadas en estufa a una temperatura de 105°C - 110°C hasta alcanzar un peso constante previo a su tamizado. Este proceso permitió la diferenciación de los diferentes tamaños de clasto presentes a lo largo del perfil litológico analizado. En cada muestra analizada se diferenciaron en valores porcentuales el contenido de arena (0.074 mm - 4.76 mm), limo (0.002 mm y 0.074 mm) y arcilla (menor a 0.002 mm), obteniendo el perfil estratigráfico general del predio, el cual se muestra en la Fig. 5.

Estimación de los parámetros hidráulicos

Inicialmente se procedió a la limpieza el pozo, para lo cual fue instalada una bomba sumergible de 0.5 Hp, proceso conocido como purga de pozos. El proceso consiste en extraer agua a caudal máximo de cada uno de los pozos, hasta observar que el agua extraída de los mismos no presentaba sedimentos. El proceso de limpieza en cada uno de los pozos tuvo una duración de entre 2 y 5 horas.

Después de esto y con el objetivo estimar la conductividad hidráulica o permeabilidad del acuífero captado en cada una de las perforaciones se realizaron ensayos de bombeo siguiendo dos métodos diferentes:

Ensayo Lefranc nivel constante (Sánchez, J. 2011)

Este método se basa en introducir un caudal constante de agua en el pozo hasta lograr un equilibrio del nivel dentro del pozo. Cuando se alcanza la condición de estabilidad, se puede asumir que el pozo recibe y transmite agua por el acuífero en igual proporción. Se procede entonces a la toma de datos y a la realización de cálculos.

Ensayo Lefranc nivel variable (Sánchez, J. 2011)

Este ensayo, por su parte, consiste en inyectar un volumen de agua conocido de la manera más rápida posible, relacionando la altura de agua lograda en el pozo con la inyección y el tiempo inicial. Después se mide de manera continua el descenso del nivel en el pozo hasta que se alcance el nivel inicial.

Calidad del agua

Con el propósito de evaluar la calidad del agua subterránea captada por estos tres pozos, el 17 de abril de 2023 se tomaron muestras para análisis de los principales parámetros físico-químicos y nutrientes (iones mayoritarios, dureza total, alcalinidad, fosfato, nitratos, nitritos y amonio). Además, se llevaron a cabo mediciones *in situ* de la temperatura del agua, pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto (OD) (Fig. 6). Adicionalmente, se determinaron los parámetros bacteriológicos requeridos para establecer la potabilidad del agua para consumo humano según lo establecido por el Código Alimentario Argentino (CAA, 2021): bacterias aerobias mesófilas (BAM), coliformes (BC), *Escherichia coli* (EC) y *Pseudomonas aeruginosa* (PA).

Para la cuantificación de las variables fisicoquímicas se recolectaron muestras en recipientes de polietileno de alta densidad de 1000 ml. Las determinaciones se llevaron a cabo en el Laboratorio de Hidrogeología e Hidrología Isotópica (UNMdP) siguiendo las metodologías normalizadas del APHA (2017). Las muestras para análisis bacteriológicos se colectaron en frascos estériles de 250 ml. Todas las determinaciones bacterianas se realizaron por duplicado en el Laboratorio de Microbiología (IIMyC, FCEyN, UNMdP), empleando los métodos de placa vertida (para BAM), fermentación en tubos múltiples (para BC y EC) y filtración por membrana y posterior siembra en agar Cetrimida (para PA) (CAA, 2021). La Tabla 2 detalla cada uno de los procedimientos para la determinación de los parámetros hidráulicos medidos y determinados.

RESULTADOS

Estimación de los parámetros hidráulicos

Los valores estimados de conductividad hidráulica (K) para los pozos G1037 y G1038 mediante el método de *Lefranc nivel constante*, fueron de 0,18 m/día y 2,15 m/día respectivamente. Cabe resaltar que, para mantener el nivel constante, se inyectó agua a un régimen de 8,9 l/min (Pozo G1037) y de 36,7 l/min (Pozo G1038).

En el caso del pozo profundo (G1039), se ejecutaron las dos metodologías de Lefranc, obteniendo valores de conductividad hidráulica de 0,043m/ día y 0,025 m/día. Para la metodología de nivel constante se inyectó un caudal de 7,7 l/min. La Tabla 3 resume la información obtenida de las pruebas de bombeo.

Calidad del agua

Los resultados obtenidos fueron comparados con los valores límites de referencia del Código Alimentario Argentino (CAA 2021) y se compilan en la Tabla 4.

Tabla 1
Especificaciones de los tres pozos de investigación construidos.

Código	Profundidad (m)			Coordenadas		Uso
	0	6	Encamisado	Latitud	38° 07' 15,110"S	
G 1037	6	15	Desnudo	Longitud	57° 35' 53,015"W	Investigación
	0	12	Encamisado	Latitud	38° 07' 15,203"S	
G 1038	12	25	Desnudo	Longitud	57° 35' 53,901"W	Investigación
	0	25	Encamisado	Latitud	38° 07' 15,328"S	
G 1039	25	50	Desnudo	Longitud	57° 35' 53,520"W	Investigación



Fig. 6. Registro de muestras colectadas para análisis fisicoquímicos y bacteriológicos.

De acuerdo a los límites establecidos por el Código Alimentario Argentino (CAA 2021), el agua extraída de estos pozos *no es apta* para consumo humano, ya que en todos los casos se superaron los valores establecidos de potabilidad para las variables turbidez, bacterias coliformes y *Pseudomonas aeruginosa*. El pozo G1039 evidencia, además, la presencia de *Echerichia coli*, un indicador de contaminación fecal reciente de origen humano o de otro animal homeotérmico, que podría estar asociada a la descarga de efluentes domésticos o ganaderos, así como a la utilización de abonos orgánicos en áreas agrícolas.

Respecto a los compuestos nitrogenados disueltos (nitratos, nitritos y amonio), el nitrato fue la principal especie química de Nitrógeno en el agua subterránea. En ningún caso los valores de nitrato encontrados superaron los 45 mg/l establecidos en el CAA. Los pozos G1037 y G1039 evidenciaron valores de nitrito por encima de los valores permitidos para agua de consumo humano (>0,1 mg/l). La detección de nitrito en el agua, una especie nitrogenada inestable, podría considerarse como un indicio de una posible contaminación reciente. Por otro lado, las concentraciones de amonio estuvieron en el rango de 0.03 – 0.09 mg/l, muy por debajo del valor límite permitido (>0.2 mg/l). La presencia de amonio en el acuífero resulta de la mineralización de la materia orgánica, es decir, de la transformación de compuestos orgánicos que provienen de restos de organismo animales y vegetales a compuestos inorgánicos, de la aplicación de fertilizantes sintéticos amoniacales en la actividad agrícola y/o por aporte proveniente de la lluvia. Las formas inorgánicas del N así generadas pueden subsecuentemente sufrir nitrificación. Esto significa que la materia orgánica puede experimentar una serie

de transformaciones secuenciales llevadas a cabo por microorganismos, en las cuales el Nitrógeno orgánico se transforma en amonio, posteriormente a nitrito y, finalmente, en nitrato.

Los resultados del contenido iónico de estas muestras permitieron clasificar el agua subterránea como Bicarbonatada sódica. Se trata, además, de aguas duras según la clasificación de Organización Mundial de la Salud (OMS) (Zamora 2009).

CONSIDERACIONES FINALES

A lo largo de este informe, se han integrado los componentes hidrogeológicos, de calidad y cantidad del predio 'La Parroquia', con el objetivo de comprender el comportamiento de las aguas subterráneas. Lo anterior se divide en dos aspectos. En primer lugar, se busca comprender las condiciones dinámicas mediante mediciones de nivel, clasificación litológica y parámetros hidráulicos.

El segundo aspecto se enfocó en conocer el estado de la cantidad y calidad, a través del desarrollo de pruebas de bombeo, análisis fisicoquímicos y bacteriológicos. Estos análisis demostraron que el agua no es apta para el consumo humano directo. Los resultados proporcionados ofrecen información de carácter orientativo, con el propósito de guiar en caso de considerar su uso directo para actividades domésticas.

Se evidenció a través de las variables obtenidas en los ensayos hidráulicos, valores de conductividad hidráulica en distintos órdenes de magnitud para los pozos: G1037 con 0,18 m/d, G1038 con 2,15 m/d y G1039 con 0,043 – 0,025 m/d. Dichos resultados sugieren la presencia de un mayor grado de confinamiento en profundidad, lo cual es evidenciado por los abatimientos

Tabla 2
Metodologías de cuantificación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados.

Parámetro	Método	Técnica
Sodio	SM 3500-Na B	Fotómetro de llama
Potasio	SM 3500-K B	
Calcio	SM 3500-Ca B	
Magnesio	-	Cálculo - Diferencia
Amonio	Reducción de Berthelot modificad	Determinación Espectrofotométrica de Amoniac
Dureza Total	SM 2340 C	Titulométrico
EDTA		
Alcalinidad	SM 2320 B	Titulométrico
Cloruros	SM 4500-Cl B	Titulación Argentométrica
Sulfatos	SM 4500-SO ₄ ⁻² E.	Turbidimetrico Fotómetro
Fosfato	SM 4500-P E	Fotómetro
Nitratos	SM 4500-NO ₃ B	Detección espectrofotométrica ultravioleta
Nitritos	4500-NO ₂ B.	Fotómetro
Potencial de Hidrogeno pH	SM 4500-H B	Sonda - Electrométrico
Conductividad Eléctrica	SM 2510 B.	Sonda - Electrométrico
Oxígeno Disuelto	SM 4500-O G.	Sonda- Electrodo de Membrana
Sólidos Disueltos Totales	-	Sonda - Electrométrico
Turbidez	-	Sonda - Electrométrico
Baterias aerobias mesófilas	SM 9215B	Vertido en placa
Bacteria coliformes	SM 9221B	Fermentación en tubos múltiples
<i>Escherichia Coli</i>	SM 9221F	Fermentación en tubos múltiples, posterior confirmación utilizando un sustrato fluorogénico
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ISO 16266	Filtración por membrana, posterior incubación en agar Cetrimida

Tabla 3
Parámetros hidráulicos de los pozos de investigación.

Variable	Pozo		
	G1037	G1038	G1039
Nivel Estático (m)	9,81	9,81	10,76
Q (L/min)	8,9	36,7	7,7
Conductividad hidráulica (m/d)	0,18	2,15	0,043*
Transmisividad (m ² /d)	1,60	27,86	0,025**

* Nivel constante ** Nivel Variable

Tabla 4
Parámetros hidráulicos de los pozos de investigación.

Variable	Unidades	Pozo			Límites Establecidos en el Código Alimentario Argentino (CAA, 2021)
		G1037	G1038	G1039	
Resultados Bacteriológicos					
Baterias aerobias mesófilas	UFC/ml	21	8	9	≥ 500
Bacteria Coliformes	NMP / 100ml	6,9	> 23	> 23	≤ 1.1
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia o Presencia	Ausencia	Ausencia	Presencia	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia o Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	Ausencia
Resultados Fisicoquímicos (Cationes / Aniones)					
pH	u-pH	7,64	7,71	7,93	6,5 – 8,5
Conductividad eléctrica	μS/cm	1333	1200	1270	–
Potencial rédox (ORP)	ORPmV	180	138	125	–
Temperatura	°C	16,95	17,15	17,67	–
Turbidez	NTU	18,8	21	262	3
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	7,88	8,2	6,76	–
% Saturación	%	81	85,2	69,5	–
Sólidos Totales Disueltos (SDT)	mg/L	850	769	813	1500
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	464	432	446	–
Cloruros (Cl ⁻)	mg /L	151	107	115	350
Sulfatos (SO ₄ ⁻²)	mg /L	23	22	23	400
Fosfatos (PO ₄ ⁻³)	mg /L	11,06	2,65	6,51	–
Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg /L	35	27	27,6	45
Nitritos (NO ₂ ⁻)	mg /L	0,132	0,04	0,112	0,1
Dureza Total	mg /L (expresado como CaCO ₃)	266	236	149	400
Calcio (Ca ⁺²)	mg /L	50,9	42,6	27,8	–
Magnesio (Mg ⁺²)	mg /L	32	30	19	–
Sodio (Na ⁺)	mg /L	174	154	152	–
Potasio (K ⁺)	mg /L	3,1	2,9	2,2	–
Amonio (NH ₄ ⁺)	mg /L	0,07	0,03	0,09	0,2

– : Valores no definidos en la norma CAA Ley 18.284

mayores, alcanzando los 48 metros, y recuperación de nivel fue más lenta.

Los análisis granulométricos realizados indican una mayor presencia de sedimentos limo arcillosos y arenas de granulometría fina y muy fina. A profundidades de entre 9 y 13 metros, así como entre 29 y 33 metros, se identifica el aumento de tosca y material arcilloso, lo cual podría ser el responsable del aumento del grado de confinamiento del acuífero. De las tres zonas del acuífero evaluadas, se pudieron obtener permeabilidades diferentes, siendo la de menor permeabilidad la más profunda.

Dadas las condiciones bacteriológicas identificadas en los pozos de investigación, hacen que el agua no sea apta para consumo humano, es necesario implementar un tratamiento antes de su consumo directo. No obstante, durante la ejecución de este proyecto, se continuará monitoreando la calidad del agua para comprender la evolución de los parámetros sanitarios de interés.

Por último, si se considera el uso de los pozos para el abastecimiento de las actividades domésticas en el predio “La Parroquia”, se deberá acondicionar los sitios para evitar el ingreso de agua a las captaciones debido a procesos de inundación por precipitaciones intensas.

AGRADECIMIENTOS

Este informe fue solicitado por la Pequeña Obra de la Divina Providencia (Obra Don Orione) y financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT), a través del Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCyT) PICT N° 1349/2020.

LISTA DE REFERENCIAS

- APHA (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (23rd ed.). Washington DC: American Public Health Association.
- ASTM, Disponible en internet: <https://la.astm.org/es/standards/aashto/?gclid=Cj0KCQjw9rSoBhCiARIsAF> Auge, M., 1997. Hidrogeología Regional Argentina. Provincias Hidrogeológicas. Paper presented at the Actas del Primer Congreso Nacional de Hidrogeología, Bahía Blanca.
- Auge, M., 2004. Regiones Hidrogeológicas: República Argentina y provincias de Buenos Aires, Mendoza y Santa Fe. Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea.
- Barilari, A., M. Q. Londoño, M. del Carmen Paris, M. L. Lima & H. E. Massone, 2020. Groundwater contamination from point sources. A hazard index to protect water supply wells in intermediate cities. Groundwater for Sustainable Development 10:100363.
- CAA, C. A. A., 2011. Disponible en internet: <http://www.alimentosargentinos.gov.ar/programacalidad/MarcoRegulatorio/-CAA.CAPITULOXII.htm>.
- Del Valle, A., 1987. Sedimentología de la Formación Balcarce en el sector oriental de Tandilia. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Tesis Doctoral 491:279.
- Foster, S., A. Lawrence & B. Morris, 1998. Las aguas subterráneas en el desarrollo urbano-evaluación de las necesidades de gestión y formulación de estrategias. The World Bank.
- González, N., 2005. Los ambientes hidrogeológicos de la Provincia de Buenos Aires. Cap 22:359-374. Isla, F., M. Taglioretti & A. Dondas, 2015. Revisión y nuevos aportes

- sobre la estratigrafía y sedimentología de los acantilados entre Mar de Cobo y Miramar, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 72(2):235-250.
- Isla, F. I., O. M. Q. Londoño & L. C. Cortizo, 2018. Groundwater characteristics within loessic deposits: the coastal springs of Los Acantilados, Mar del Plata, Argentina. *Environmental earth sciences* 77(17):610.
- Massone, H., D. Martinez, O. Quiroz Londoño, M. Tomas, A. Ferrante, V. Bernasconi & M. Farenga, 2008. Prospección geoelectrica con fines hidrogeológicos en la cuenca Sur del Partido de General Pueyrredón, Provincia de Buenos Aires, Argentina [Geoelectrical survey for hydrogeological purposes in the southern catchment of General Pueyrredon District]. *Rev Asociación Latinoam Hidrol Subterráneo para el Desarrollo (ALHSUD)* 6:57-68.
- Orgeira, M. J., 1988. Estudio geológico y paleomagnético de los sedimentos asignados al cenozoico tardío aflorantes costeros entre Mar del Plata y Miramar (Provincia de Buenos Aires). Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- Romanelli, A., D. X. Soto, I. Matiatos, D. E. Martinez & S. Esquiús, 2020. A biological and nitrate isotopic assessment framework to understand eutrophication in aquatic ecosystems. *Sci Total Environ* 715:136909 doi:10.1016/j.scitotenv.2020.136909.

ANEXO I. RESULTADOS BACTERIOLÓGICOS



LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Departamento de Biología
Universidad Nacional de Mar del Plata
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
IIMyC-FCEYN-UNMdP-CONICET

Funes 3250 2º piso – Fax 54-023-753150 – 7600 Mar del Plata

INFORME BACTERIOLÓGICO DE ANÁLISIS DE AGUA

Fecha: 17/04/23

Protocolo N°: G1037/23

Solicitado por: -

Dirección: Barrio Los Acantilados

Tipo de muestra: subterránea

Lugar de muestreo: -

Fecha y hora de extracción: 17/04/2023

Fecha y hora de procesamiento: 18/04/2023, 10 hs

Resultados bacteriológicos de la muestra:

Parámetro	Resultados	Límites	Método de examen
Recuento de bacterias aerobias	21 UFC/ml	Menor de 500 UFC/ml	Placa vertida, APHA 9215 B*
NMP de coliformes totales	6,9 NMP/100 ml	Menor 1,1 NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples, APHA 9221 B*
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia/100 ml	Ausencia/100 ml	Fermentación en tubos múltiples, APHA 9221 F*
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Presencia/100 ml	Ausencia/100 ml	Filtración por membrana, ISO 16266**

Desde el aspecto bacteriológico el agua examinada se considera, según el Código Alimentario Argentino (2021):

NO APTA PARA CONSUMO HUMANO

* Metodología aplicada según APHA, American Public Health Association, American Water Works Association And Water Pollution Control Federal, 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21th Ed., Washington.

** ISO (International Organization for Standardization). <http://iso.org>

La presente muestra no ha sido extraída por personal de este laboratorio.

Dra. Karina Soledad Esquiús
Jefa del Grupo Ejecutor Laboratorio de Microbiología



LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Departamento de Biología
Universidad Nacional de Mar del Plata
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
IIMyC-FCEYN-UNMdP-CONICET

Funes 3250 2º piso – Fax 54-023-753150 – 7600 Mar del Plata

INFORME BACTERIOLÓGICO DE ANÁLISIS DE AGUA

Fecha: 17/04/23

Protocolo N°: G1038/23

Solicitado por: -

Dirección: Barrio Acantilados

Tipo de muestra: subterránea

Lugar de muestreo: -

Fecha y hora de extracción: 17/04/2023

Fecha y hora de procesamiento: 18/04/2023, 10 hs

Resultados bacteriológicos de la muestra:

Parámetro	Resultados	Límites	Método de examen
Recuento de bacterias aerobias	8 UFC/ml	Menor de 500 UFC/ml	Placa vertida, APHA 9215 B*
NMP de coliformes totales	Mayor 23 NMP/100 ml	Menor 1,1 NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples, APHA 9221 B*
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia/100 ml	Ausencia/100 ml	Fermentación en tubos múltiples, APHA 9221 F*
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Presencia/100 ml	Ausencia/100 ml	Filtración por membrana, ISO 16266**

Desde el aspecto bacteriológico el agua examinada se considera, según el Código Alimentario Argentino (2021):

NO APTA PARA CONSUMO HUMANO

* Metodología aplicada según APHA, American Public Health Association, American Water Works Association And Water Pollution Control Federal, 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21th Ed., Washington.

** ISO (International Organization for Standardization). <http://iso.org>

La presente muestra no ha sido extraída por personal de este laboratorio.

Dra. Karina Soledad Esquius
Jefa del Grupo Ejecutor Laboratorio de Microbiología



LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Departamento de Biología
Universidad Nacional de Mar del Plata
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
IIMyC-FCEYN-UNMDP-CONICET

Funes 3250 2º piso – Fax 54-023-753150 – 7600 Mar del Plata

INFORME BACTERIOLÓGICO DE ANÁLISIS DE AGUA

Fecha: 17/04/23

Protocolo N°: G1039/23

Solicitado por: -

Dirección: Barrio Los Acantilados

Tipo de muestra: subterránea

Lugar de muestreo: -

Fecha y hora de extracción: 17/04/2023

Fecha y hora de procesamiento: 18/04/2023, 10 hs

Resultados bacteriológicos de la muestra:

Parámetro	Resultados	Límites	Método de examen
Recuento de bacterias aerobias	9 UFC/ml	Menor de 500 UFC/ml	Placa vertida, APHA 9215 B*
NMP de coliformes totales	Mayor 23 NMP/100 ml	Menor 1,1 NMP/100 ml	Fermentación en tubos múltiples, APHA 9221 B*
<i>Escherichia coli</i>	Presencia/100 ml	Ausencia/100 ml	Fermentación en tubos múltiples, APHA 9221 F*
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Presencia/100 ml	Ausencia/100 ml	Filtración por membrana, ISO 16266**

Desde el aspecto bacteriológico el agua examinada se considera, según el Código Alimentario Argentino (2021):

NO APTA PARA CONSUMO HUMANO

* Metodología aplicada según APHA, American Public Health Association, American Water Works Association And Water Pollution Control Federal, 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21th Ed., Washington.

** ISO (International Organization for Standardization). <http://iso.org>

La presente muestra no ha sido extraída por personal de este laboratorio.

Dra. Karina Soledad Esquiús
Jefa del Grupo Ejecutor Laboratorio de Microbiología