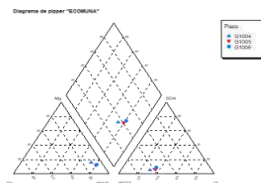
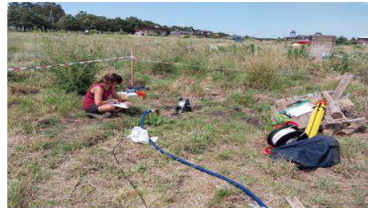
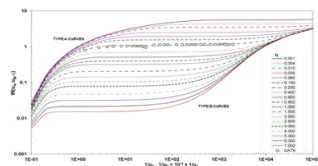


Serie: Informes científico-técnicos del
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras

Informe Técnico N°12

Estudio hidrogeológico en el predio de la asociación civil Ecomuna utilizando técnicas fisicoquímicas, isotópicas, bacteriológicas e hidrodinámicas. Una herramienta de apoyo a la gestión del recurso hídrico.



Autores: Orlando Mauricio Quiroz Londoño, Ximena Solana, Soledad Esquiús, María Soledad Domínguez, Gustavo Bernava, Emiliano Alcaraz.

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

Mar del Plata, febrero 2023

Citar como: Quiroz Londoño O M, Solana X, Esquius S, Domínguez M S, Bernava G, Alcaraz E (2023) Estudio hidrogeológico en el predio de la asociación civil Ecomuna utilizando técnicas fisicoquímicas, isotópicas, bacteriológicas e hidrodinámicas. Una herramienta de apoyo a la gestión del recurso hídrico. Informe Técnico solicitado por la asociación civil “Ecomuna”. Informes científico-técnicos del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras N° 12 (UNMdP-CONICET). 13pp. ISSN 2796-9088.

Este informe es el resultado de un Servicio Técnico de Alto Nivel (STAN; CONICET) solicitado por la asociación civil “Ecomuna”.

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, febrero 2023



ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO EN EL PREDIO DE LA ASOCIACIÓN CIVIL ECOMUNA UTILIZANDO TÉCNICAS FÍSICOQUÍMICAS, ISOTÓPICAS, BACTERIOLÓGICAS E HIDRODINÁMICAS. UNA HERRAMIENTA DE APOYO A LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

Orlando Mauricio Quiroz Londoño^{1,2}, Ximena Solana^{1,2}, Soledad Esquiús^{1,3}, María Soledad Domínguez^{1,3}, Gustavo Bernava^{1,2}, y Emiliano Alcaraz^{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 Científica y Técnicas (CONICET), Mar del Plata, Argentina.

[Correspondencia: Orlando Mauricio Quiroz Londoño <qlondono@mdp.edu.ar>] ²Grupo de hidrogeología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata. ³Laboratorio de Microbiología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata.

RESUMEN. Se realizó un estudio hidrogeológico del predio de la asociación civil Ecomuna a solicitud de sus habitantes con el objetivo de establecer una línea base hidrogeológica, que permita brindar herramientas para la gestión del recurso hídrico en dicho predio. Para lograr ese objetivo, se realizaron campañas tendientes a la nivelación de pozos, muestreo de parámetros fisicoquímicos, isotópicos y bacteriológicos y se realizaron además pruebas de bombeo en dos de las captaciones con sus respectivas recuperaciones. Los resultados indican que en el predio se encuentran dos acuíferos: el primero clasificado como un buen acuífero asociado a los sedimentos pampeanos y postpampeanos, y un segundo acuífero clasificado como pobre asociado a las rocas cuarcíticas de la Formación Balcarce. Dichos acuíferos se encuentran conectados, presentando una misma marca isotópica y una misma facies hidrogeoquímica, siendo el agua clasificada como apta para el consumo humano. El acuífero contenido en la Formación Balcarce presenta conductividades un poco más altas que las aguas contenidas en el acuífero Pampeano, como posible consecuencia de un mayor tiempo de residencia. Las pruebas de bombeo y recuperación efectuadas permitieron definir los parámetros hidrogeológicos de estos acuíferos, estableciendo las capacidades de cada uno para satisfacer las demandas requeridas. A manera de conclusión se describe de forma general el modelo hidrogeológico conceptual de este sector del acuífero pampeano y se realizan recomendaciones tendientes a una gestión adaptativa del recurso hídrico subterráneo en el predio.

ABSTRACT. Hydrogeological study of the "Ecomuna property" by physicochemical, isotopic, bacteriological and conventional techniques aimed at the adaptive management of groundwater resources to meet the drinking water demand. A hydrogeological study of the Ecomuna civil association's property was carried out at the request of its inhabitants to establish a hydrogeological baseline, in order to provide tools for water resource management on the property. To achieve this goal, several campaigns were carried out to level wells and collect samples to establish physicochemical, isotopic and bacteriological parameters. Additionally, pumping tests were carried out in two of the catchments with their respective recoveries. Obtained results indicate there are two aquifers in the domain: the first one is classified as a good aquifer and associated with Pampean and post-Pampean sediments, whereas the second poor aquifer was linked to quartzite rocks of the Balcarce Formation. The mentioned aquifers are connected and present the same isotopic fingerprint and hydrogeochemical facies, being the water of both aquifers classified as suitable for human consumption. The aquifer contained in the Balcarce Formation presents slightly higher conductivities than the water contained in the Pampean aquifer as a possible consequence of a longer residence time. The pumping and recovery tests carried out allowed defining the hydrogeological parameters of these aquifers, establishing the capacities of each one to satisfy the required water demand. In conclusion, the conceptual hydrogeological model of this sector of the Pampean aquifer is broadly described, and recommendations for an adaptive management of groundwater resources in the property are made.

Palabras clave: Abastecimiento, acuífero pampeano, acuífero fracturado, agua subterránea, calidad de agua, Hidrogeología.

Key words: Groundwater, fractured aquifer, Hydrogeology, Pampean aquifer, water quality, water supply.

INTRODUCCIÓN

Mar del Plata constituye una ciudad turística de gran importancia a nivel nacional que se encuentra en continuo crecimiento. Particularmente, en los últimos años se ha visto un aumento de la población radicada en la zona sur de la ciudad, aumentando a su vez la demanda de agua potable a fin de satisfacer las necesidades de sus habitantes. No obstante, actualmente Obras Sanitarias Sociedad de Estado (OSSE) no cuenta con cobertura de agua de red ni tampoco de red sanitaria en este sector de la ciudad. Así, el abastecimiento se produce mediante la extracción de agua subterránea por medio de pozos domiciliarios y la gestión de las aguas residuales suele realizarse mediante pozos ciegos. La asociación civil "Ecomuna" (a partir de ahora la Ecomuna) constituye un predio de más de una hectárea de extensión perteneciente a un colectivo de familias donde, además de viviendas, se construyen espacios comunes de la mano de la permacultura. Para el abastecimiento de agua, la Ecomuna cuenta con dos pozos perforados en el acuífero pampeano y uno realizado en el acuífero fracturado de la Formación Balcarce. Sin embargo, se desconoce la calidad del recurso hídrico subterráneo y el rendimiento de dichas perforaciones para la cantidad de viviendas proyectadas a futuro. En este informe se presentan los resultados obtenidos en un estudio llevado a cabo a solicitud de los habitantes de la Ecomuna. Dicho estudio fue realizado mediante la combinación de diferentes técnicas hidrogeológicas, dirigido a brindar herramientas para la gestión del recurso hídrico subterráneo en este sector.

Caracterización geológica regional y local

Geología Regional

La Ecomuna se encuentra localizada en el extremo noroeste del Positivo Bonaerense, el cual está conformado por los cordones serranos de Tandilia y Ventania junto a la llanura interserrana que los une (Cingolani 2005). La provincia geológica donde se enmarca el área de este estudio fue definida como Tandilia (Nágera 1940). La estratigrafía de este sector está definida en forma general por tres grandes unidades (Teruggi y Kilmurray 1975): un Basamento Cristalino Precámbrico, un conjunto de rocas sedimentarias de edad precámbrica a paleozoica inferior denominada informalmente "Cubierta Sedimentaria Precenozoica" y una Cubierta Sedimentaria Precámbrica - Paleozoica Inferior (Pleistoceno - Holoceno especialmente).

El Basamento Cristalino está compuesto por rocas metamórficas (Gneis, Anfíbolitas y Migmatitas principalmente), diques básicos y granitoides; las cuales constituyen la base de las sierras que limitan la zona de estudio al norte (Heusser y Claraz 1863). La Cubierta Sedimentaria Precámbrica - Paleozoica Inferior, se deposita discordantemente sobre el basamento precámbrico; conformado por una amplia gama de rocas sedimentarias silicoclásticas y carbonáticas al norte variando hacia el sur a una secuencia siliciclástica denominada Formación Balcarce (Amos et al. 1972). Dicha formación fue originada bajo un ambiente de depositación marina sobre una plataforma estable (Teruggi y Kilmurray 1980), asignándosele una edad Ordovícica.

En cuanto a la Cubierta Sedimentaria Precámbrica - Paleozoica Inferior, Frenguelli (1950) diferencia dos unidades principales: I) Sedimentos Pampeanos: de edad Plioceno Inferior - Pleistoceno, con mucha más extensión areal que los Postpampeanos, conformados principalmente por limos y en menor proporción por arenas y arcillas con cantidades variables de carbonato de calcio (tosca). Estos sedimentos se presentan en forma masiva

aumentando su compactación con el contenido de tosca. Sobre estos sedimentos se desarrollan procesos fluviales, eólicos y marinos que predominan en el Pleistoceno Superior - Holoceno, y que dan como resultado la morfología actual. II) Sedimentos Postpampeanos: depositados durante el Pleistoceno Superior - Holoceno, suprayacen los sedimentos Pampeanos o en algunos casos las rocas del basamento; están constituidos por sedimentos arenosos, limosos, arcillosos y calcáreos de origen fluvio-lacustre, eólicos y marinos. En forma general, aquellos con origen eólico se ubican en las zonas con mayor elevación topográfica, mientras que los que fueron generados por otros agentes de transporte están restringidos a los valles de los actuales arroyos (Kruse et al. 1998). El origen de estos sedimentos son las rocas piroclásticas transportadas por el viento y depositadas en esta región, con gran similitud granulométrica a los depósitos de este tipo encontrados en Norteamérica y Europa. Su análisis mineralógico muestra que la fracción psamítica está compuesta principalmente por plagioclasa (65%), cuarzo (30%), ortoclasa y fragmentos de vidrio volcánico (1-25%) y ópalo de origen orgánico. Ocasionalmente se encuentran otros minerales tales como calcedonia, chert, sanidina y yeso. En ocasiones también se encuentran minerales pesados, especialmente menas de hierro (magnetita principalmente), anfíboles, piroxenos y raramente piritita. En la fracción limosa predominan los fragmentos de vidrio volcánico, seguidos por plagioclasas, cuarzo y ortoclasa y más raramente cristales fibrosos de yeso, en este caso antigénico. Por último, la fracción arcillosa está compuesta esencialmente por montmorillonita (Teruggi 1957).

Geología Local

A escala local, para el partido de General Pueyrredón (Fig. 1), se tienen descritas 8 unidades geológicas diferentes (Santa Cruz et al. 2004). Según la cartografía compilada para este trabajo, la Ecomuna se encuentra en la zona de contacto entre los "Limos Periserranos" y la "Formación Balcarce". Estos limos son sedimentos característicos en toda la región abarcando gran parte de la llanura Chaco-Pampeana. Se trata de depósitos medianos a finos (Fig. 2), conformados por limos arcillo-arenosos con intercalaciones calcáreas concrecionales o de tipo mantiforme (tosca). Interpretados como loess debido a su origen eólico, no constituyen un loess típico, aunque esta denominación se encuentra muy difundida. El color dominante es el castaño, con tonalidades amarillentas a rojizas. En la región pampeana, presentan espesores variables entre decenas hasta incluso cientos de metros y de edad Pleistoceno-Holoceno. Estos sedimentos cubren en las áreas de llanura, la Interserrana y la región Periserrana a las unidades precámbricas y paleozoicas que conforman las sierras de Tandilia, conteniendo el acuífero más importante de la región.

METODOLOGÍAS

El presente informe fue realizado mediante la aplicación de diferentes metodologías dirigidas a una caracterización integral del recurso hídrico subterráneo en el sector estudiado, a fin de satisfacer los requerimientos de la Ecomuna. Entre las etapas de investigación llevadas a cabo se pueden enumerar las siguientes:

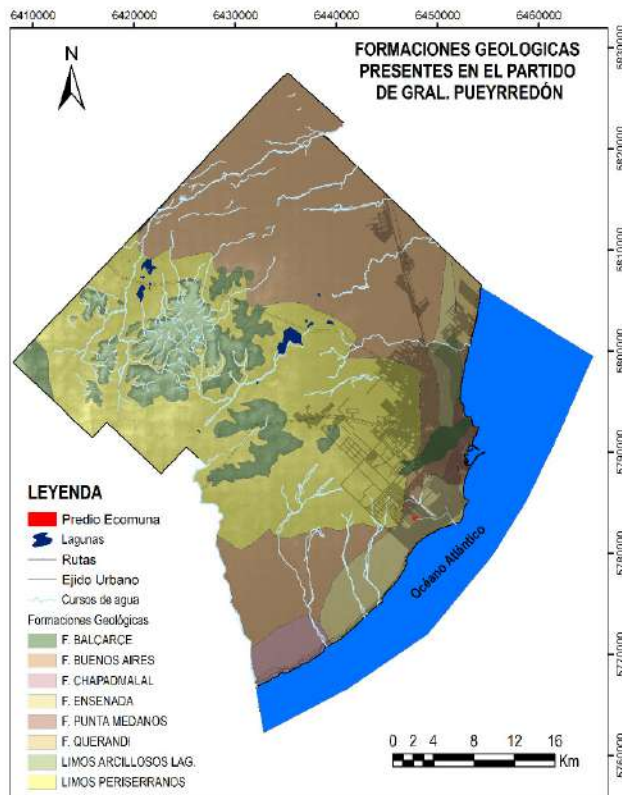


Fig. 1. Mapa geológico del Partido de General Pueyrredón y ubicación de la Ecomuna.



Fig. 2. Material loésico asociado a sedimentos pampeanos. Fotografía tomada en las inmediaciones del predio.

Caracterización hidrogeológica e hidroclimatológica: llevada a cabo mediante la revisión de información bibliográfica precedente

Análisis de temperatura y precipitación

Realizado mediante el análisis estadístico de datos pertenecientes a la estación meteorológica que el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) tiene ubicada en el aeropuerto de la ciudad de Mar del Plata. Para ello se utilizaron las series de datos diarias con continuidad en el tiempo, cubriendo el periodo entre 1994 y 2022 para los datos de temperatura y entre los años 1960 y 2022 para los datos de precipitación.

Balance hídrico

Para evaluar el excedente o déficit de agua en el área de estudio, se realizó un balance hídrico aplicando el método de Thornthwaite (1948) utilizando los valores medios de precipitación, comprendiendo el período 1960-2021. Se decidió tomar para el área una reserva máxima de 100 mm (capacidad de campo), considerando que Massone (2003) y Quiroz Londoño et al. (2009) utilizaron para el cálculo del balance hídrico en zonas cercanas este mismo valor. El balance se inició con el primer mes húmedo y más frío, asumiendo el valor máximo de capacidad de campo. Los resultados obtenidos se utilizaron para estimar valores promedio de precipitación, evapotranspiración real, escorrentía superficial y recarga al sistema.

Nivelación de pozos

Llevada a cabo mediante nivelación cerrada utilizando un nivel óptico perteneciente al Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario (IGCyC), dirigida al cálculo de niveles freáticos.

Elaboración de mapas piezométricos y redes de flujo

Realizada mediante mediciones de nivel freático existentes en el área de estudio (3 en total) utilizando información obtenida en campo mediante mediciones directas por medio de una sonda bipolar graduada al centímetro. Para la construcción de la red piezométrica se utilizaron además niveles de pozos cercanos al predio analizado, encontrándose esta información almacenada en la base de datos del Grupo de Hidrogeología de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP) (<https://iimyc.gob.ar/hidrogeologia/sig-publico/>).

Ensayos de bombeo y recuperación

Con el objetivo de establecer los parámetros hidrogeológicos de las fuentes de agua involucradas, se realizaron bombeos de manera individual tanto en el pozo perforado en la Formación Balcarce (G1005) como en el pozo captador del acuífero pampeano (G1004). Los niveles, en todas las mediciones, fueron registrados utilizando sondas bipolares graduadas al centímetro. Los datos de bombeo en los pozos de observación fueron procesados y analizados utilizando el método de Neuman (Neuman 1973; Neuman 1974), mientras que los datos de recuperación fueron analizados utilizando el método de Jacob (Villanueva y Iglesias 1984) y Theis (Kruseman y de Ridder 1979). Durante estos ensayos, el caudal fue medido con caudalímetro K24.

Análisis hidrogeoquímicos e isotópicos

Llevados a cabo en muestras de agua subterránea (N=3) colectadas en los pozos ubicados en el predio de la Ecomuna por el laboratorio del Grupo de Hidrogeología de la UNMDP. Allí se determinó la dureza total y composición en cationes (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y K⁺) y aniones (Cl⁻, CO₃²⁻, HCO₃⁻, SO₄²⁻ y NO₃⁻) mayoritarios mediante los siguientes métodos: cloruro por el método de Mohr, sulfato por turbidimetría, calcio y magnesio por titulación complejométrica con EDTA, sodio y potasio por espectrometría de llama, bicarbonato-carbonato por titulación potenciométrica y nitrato por espectrofotometría UV. La conductividad eléctrica (CE), pH y temperatura de las muestras fueron registrados en campo mediante una sonda multiparamétrica Hanna Edge. En lo que se refiere a los isótopos estables del agua ($\delta^{18}O$ y δ^2H), las determinaciones isotópicas de las N=3 muestras se llevaron a cabo por medio de un espectroscopio láser para agua líquida modelo TIWA-45EP, que fue desarrollado por los Gatos Research Inc. (San José, California, USA).

Análisis bacteriológicos

Los parámetros microbiológicos analizados incluyeron bacterias aerobias mesófilas mediante la siembra en profundidad en APC a 37°C durante 48 hs, coliformes totales mediante la técnica de fermentación en tubos múltiples en Caldo Brila (incubación a 37° C durante 48 hs), *Escherichia coli* mediante la técnica de fermentación en tubos múltiples en Caldo EC con MUG (incubación a 44,5° C durante 24 hs) y *Pseudomonas aeruginosa* mediante filtración por membrana y posterior incubación en Agar Cetrimida a 37°C durante 48 hs. Según el CAA (2021), un agua es apta para consumo humano si se cumplen los siguientes criterios microbiológicos: <500 UFC/ml de bacterias aerobias mesófilas, <1,1 NMP/100 ml de coliformes totales y ausencia en 100 ml de *E. coli* y *P. aeruginosa*.

RESULTADOS

Características hidrogeológicas

La zona donde se ubica la Ecomuna corresponde a la región hidrogeológica interserrana de la Provincia de Buenos Aires (Auge 2001), y dentro de ésta tiene características transicionales entre la región Serrana e Interserrana – pedemontana (Fig. 3). El basamento hidrogeológico está constituido por ortocuarcitas del Paleozoico Inferior, al cual se le asigna un comportamiento acuífugo. El acuífero está formado por sedimentos limo-arenosos y arenas finas con intercalaciones arcillosas, reunidos genéricamente bajo la denominación de sedimentos Pampeanos y Postpampeanos. Con base en lo anterior, podemos establecer que la hidrogeología de la zona se caracteriza por corresponder a un acuífero libre a semiconfinado, formado por sedimentos limo arenosos, en una secuencia de espesor variable de entre 20 y 100 metros, dispuesta sobre un basamento hidrogeológico portador de aguas dulces. Bocanegra et al. (1993) asigna a estos sedimentos una permeabilidad del orden de los 10 a los 20 m/día, lo que indica una transmisividad media de 575 m²/día. Por su parte, Cionchi et al. (2000) reporta transmisividades de 1400 m²/día. En cuanto a los valores reportados de porosidad, Auge (2004) en la zona de La Plata define un rango comprendido entre 5 y 10% para los sedimentos pampeanos. Para la zona específica de ubicación del predio objeto de este estudio, el espesor de los sedimentos no supera los 40 m (Massone et al. 2008), lo cual sugiere una limitación en los recursos y reservas del acuífero pampeano en este sector.

Por su parte las rocas del basamento, compuestas esencialmente por ortocuarcitas de la Formación Balcarce, pueden presentar capacidades de almacenamiento, transmisividad y contenido en agua en función del grado de diaclasamiento que las rocas posean en profundidad. Basándose en esta premisa, los propietarios del predio encargaron la construcción de un pozo en roca hasta una profundidad total de 70 m, de los cuáles 30 m fueron perforados en sedimento y los 40 m restantes en roca (información suministrada por el perforador). El objetivo de este pozo fue aumentar la capacidad volumétrica de agua y obtener aguas de mejor calidad.

Caracterización hidroclimática

El clima de esta zona es clasificado como subhúmedo – seco, con nulo o pequeño exceso de agua a los efectos agronómicos y conforme a su eficiencia térmica, de tipo mesotermal “B2” (Thorntwaite 1948). Se observan ciclos con escasas precipitaciones (periodo 1941-1960) con alternancia de periodos de alta precipitación (a partir de 1970 hasta la actualidad). Las mayores precipitaciones se producen entre los meses de septiembre y marzo. La precipitación promedio, para el periodo comprendido entre los años de 1993 y 2005 fue calculada en 931 mm/año, mientras que la temperatura media para el mismo periodo de tiempo fue estimada en 14°C. La distribución areal de las precipitaciones presenta en general un incremento progresivo hacia el noreste de la zona, alcanzando valores variables entre 640 y 1644 mm/año en los últimos años. Los valores de evapotranspiración potencial calculados para el mismo periodo de tiempo han sido estimados en 785 mm/año. En cuanto a la relación existente entre agua superficial y subterránea, se han establecido para la zona dos aspectos relevantes: primero, la poca o nula relación directa entre la precipitación y el escurrimiento, que se hace mínima durante los meses de invierno. Lo segundo es una mayor significación en los valores de infiltración y escurrimiento subterráneo (que

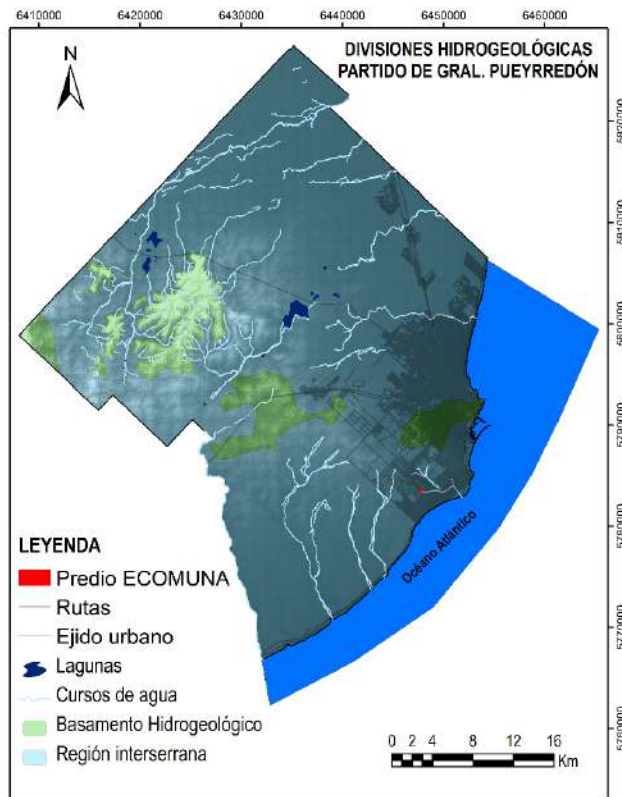


Fig. 3. Mapa de divisiones hidrogeológicas presentes en el Partido de General Pueyrredón.

podrían oscilar entre el 10% y el 30% de la precipitación anual) en relación al escurrimiento superficial (4%) (Kruse et al. 1998).

Análisis general de la temperatura y precipitación

A partir del análisis estadístico de los datos de lluvia en la zona se identificó que el período de mayor precipitación se extiende desde finales de primavera hasta principios de otoño (octubre-marzo), con dos picos máximos principalmente en enero y marzo (Fig. 4). Los meses de mayo a septiembre son los de menor precipitación con valores promedio mensuales que oscilan entre los 58 y 84 mm, mientras que de octubre a abril se detectaron valores promedio de 89,5 mm. Por su parte, el análisis exploratorio de las temperaturas medias mensuales para los últimos 37 años permitió establecer una temperatura media anual de 14,4°C, resultando julio como el mes más frío con un valor medio de 8,1°C. Las temperaturas más cálidas se registraron en enero, con un valor medio de 20,6°C. Como era de esperarse y conforme a la posición latitudinal del área de estudio, las variaciones estacionales de este parámetro son muy significativas.

Para la región ha sido definida una distribución espacial de la lluvia con un gradiente decreciente en los valores totales anuales y mensuales en la dirección Suroeste a Noreste asociado posiblemente, por un lado, a efectos orográficos locales inducidos por las sierras del Sistema de Tandilia y, por el otro, a la distancia de la línea de costa (Bocanegra et al. 2005). La Fig. 5 permite observar una leve tendencia al aumento de la precipitación anual, con una marcada irregularidad en el valor interanual alcanzando un valor promedio de 921 mm. La distribución de los valores de temperatura promedio mensual para el período 1994-2019 se visualiza también en la Fig. 4, mostrando una clara tendencia incremental en toda la secuencia de datos analizada.

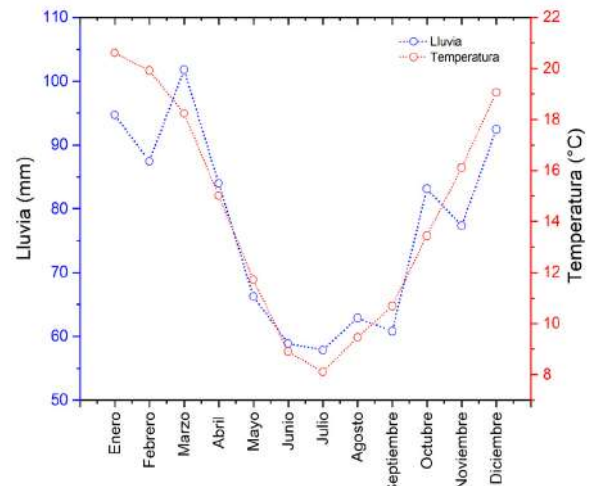


Fig. 4. Temperatura y precipitación media mensual.

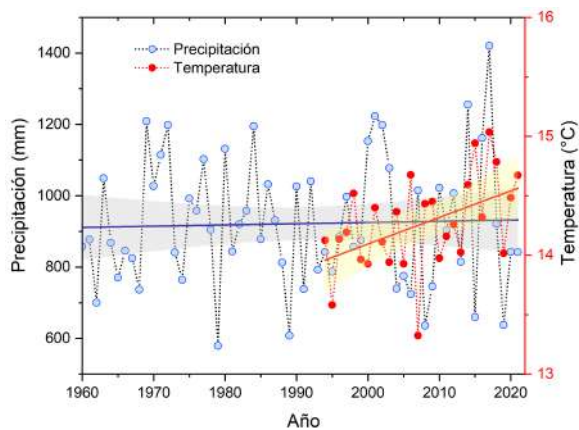


Fig. 5. Distribución y tendencia general de valores medios anuales de precipitación (1960 - 2021) y temperatura (1994- 2021).

Partiendo del conocimiento de las precipitaciones medias mensuales y de la evapotranspiración mensual estimada mediante el método de Thornthwaite (Fig. 6), es posible estudiar el balance del agua en el suelo a lo largo del año. El conocimiento del balance de humedad (balance hídrico) es necesario para definir la falta y excesos de agua, siendo de aplicación para las clasificaciones climáticas y a la hora de definir la hidrología de una zona.

El balance elaborado mostró unos excedentes de agua (EX) de 158,86 mm (Tabla 1). Entre los meses de noviembre y mayo no hubo exceso de agua (Fig. 6), registrándose demandas para la evapotranspiración real (EVTR) que son amortiguadas por las reservas de agua utilizables (RAU) o humedad almacenada en el suelo. Esto permite que no sean considerados como verdadero déficit (DE) del sistema excepto en los meses de enero y febrero, periodo en el cual se registra un DE igual a 68,96 mm que debería ser suplido por riego suplementario cuidando el desarrollo de los diferentes cultivos en la zona.

Debido al exceso de agua que se muestra en el balance hídrico elaborado, la EVTR para la zona es igual a la evapotranspiración potencial (EVTP) en la mayoría de los meses. En general, con el análisis de la información promedio para el periodo 1960-2021, se observó que durante los meses de noviembre a febrero la precipitación (P) es menor que la EVTP correspondiendo a un período seco, mientras que en el resto de los meses se produce el caso inverso, estableciéndose así un período húmedo. En los meses en donde la EVTP es mayor a la P, se crea un requerimiento de agua para completar los valores de EVTR, los cuales son cubiertos con la RAU.

A partir del cálculo del balance hídrico edáfico se determinó una recarga promedio para el área de estudio de 17,94% del total de la precipitación, para los últimos 61 años. Se consideró un valor de escorrentía superficial de 4% de la precipitación total, de acuerdo a los cálculos de hidrología estadística realizados para Balcarce por Massone (2003). Los valores promedio de precipitación total (P total), evapotranspiración real (ETR), escorrentía superficial y recarga al sistema, expresados en mm/año, se muestran en la Tabla 2. Estos valores son acordes a los calculados por otros autores para la región utilizando otros métodos (Carretero y Kruse 2010; Carrica y Lexow 2004; Jiménez-Martínez y Custodio 2010; Quiroz Londoño et al. 2012a; Quiroz Londoño et al. 2012b; Venencio y Varni 2003; Zimmermann y Airasca 2005).

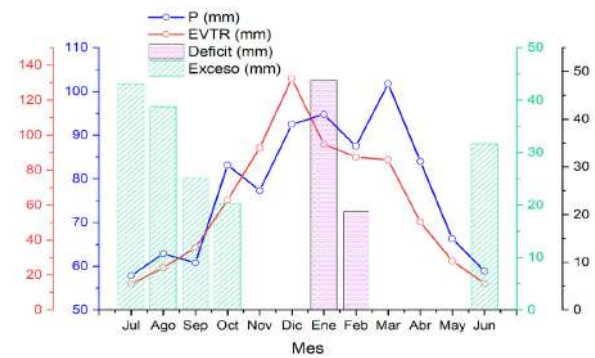


Fig. 6. Balance hídrico realizado para la zona de estudio.

Diseño, ubicación y características de los pozos de explotación: Descripción de obras constructivas, usos y caudales

En total, el predio cuenta con 3 pozos. Dos de ellos captan agua del acuífero pampeano y uno capta agua del hasta ahora considerado basamento hidrogeológico. Al momento de comenzar los trabajos descritos en este informe, de ninguna de las captaciones se tenían datos de caudales, abatimientos, niveles estáticos/dinámicos, parámetros hidráulicos ni tampoco de características fisicoquímicas, isotópicas y/o bacteriológicas de las fuentes de agua involucradas. En la Tabla 3 se describen la ubicación y las principales características de cada uno de ellos.

La perforación denominada G1005, es una perforación que capta del acuífero pampeano y del acuífero fracturado conformado por las rocas de la Formación Balcarce. Según datos suministrados por el perforador (HORACIO AGOSTA, matrícula 022 -OSSE), los primeros 35 metros de este pozo se encuentran atravesando el acuífero pampeano, habiendo sido este tramo totalmente encamisado, por lo que sólo capta agua del acuífero fracturado que va desde los 30 mbbp a los 70 mbbp. Las otras dos perforaciones, según datos del mismo perforista presentan las mismas características litológicas. Éstas fueron descritas en los trabajos de perforación como limos calcáreos con niveles fuertemente cementados con carbonatos (tosca), presentando en distintos niveles arenas finas limosas compactas con intercalaciones de arenas finas limo-arcillosas y alcanzando una profundidad total de 35 m cada una, a partir de la cual se encuentran las rocas de la Formación Balcarce.

Nivelación

Para los cálculos de niveles totales fue realizada una nivelación entre los pozos que se encuentran en el predio (Fig. 7). Estos valores fueron utilizados en la elaboración del mapa piezométrico y la evaluación de pruebas de bombeo. Los datos fueron tomados con una cota de referencia ficticia de 100 m en el pozo G1005.

Mapas piezométricos y redes de flujo

Los datos de nivel freático de los pozos se muestran en la Tabla 4 (Datos nivelados tomando como referencia el pozo G1005), obteniéndose la red piezométrica que se muestra en la Fig. 8. Por otro lado, la dirección de flujo en el área de influencia del predio de la Ecomuna presenta una dirección este-noreste acorde a la dirección de flujo regional establecida en otros estudios como los realizados por Isla et al. (2018); (Todos 2016).

Tabla 1

Datos utilizados en el balance hídrico. P: Precipitación, EVTP: Evapotranspiración potencial, VR: Variación de Reserva, RAUs: Reserva de Agua Utilizable, EVTR: Evapotranspiración Real, EX: Excedente, DE: Déficit.

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Total
P	57,88	62,89	60,80	83,15	77,35	92,45	94,74	87,45	101,78	83,98	66,26	58,90	927,61
EVTP	14,75	24,16	35,60	62,96	92,73	132,39	142,98	108,17	85,89	50,29	27,92	15,20	793,05
VR	43,12	0,00	0,00	0,00	-15,38	-39,95	-100,00	0,00	15,90	33,68	3834,00	12,08	
RAUs	100,00	100,00	100,00	100,00	84,62	44,67	0,00	0,00	15,90	49,58	87,92	100,00	
EVTR	14,75	24,16	35,60	62,96	92,73	132,39	94,74	87,45	85,89	50,29	27,92	15,20	724,09
EX	43,12	38,73	25,20	20,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,62	158,86
DE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	48,24	20,72	0,00	0,00	0,00	0,00	68,96

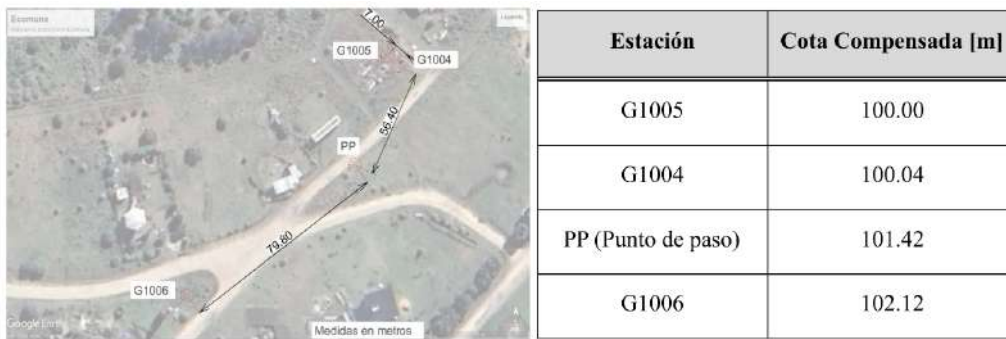


Fig. 7. Balance hídrico realizado para la zona de estudio.

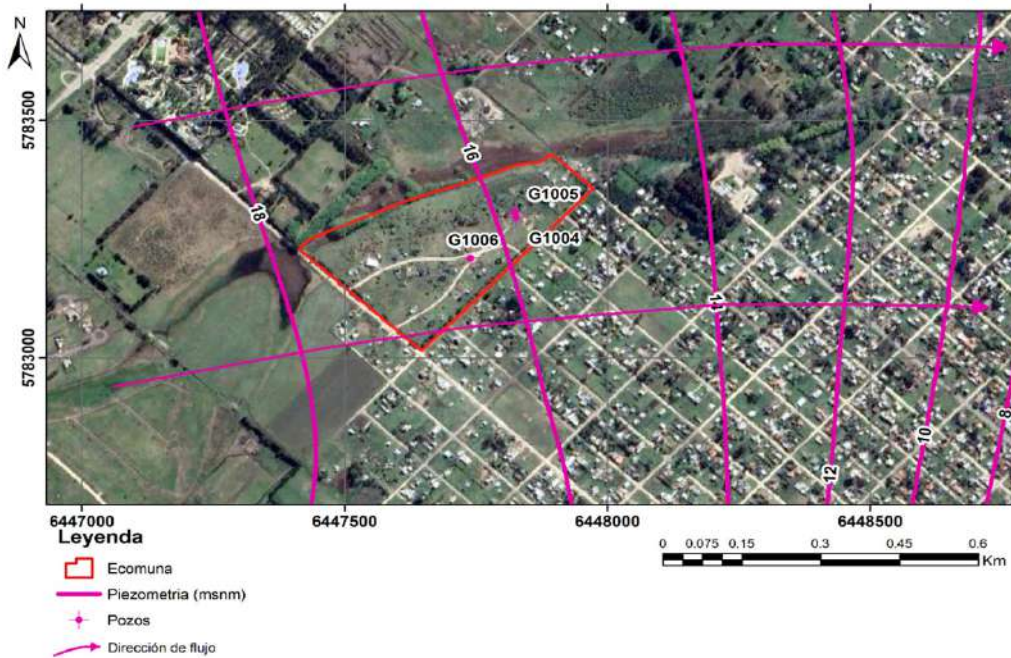


Fig. 8. Red piezométrica del área de influencia del predio de la Ecomuna.

Tabla 2

Valores promedio de precipitación total (P total), evapotranspiración real (ETR), escorrentía superficial y recarga para el período 1960-2021, expresados en mm/año.

Estación	P total	ETR	Escorrentía	Recarga
LMP	927,61	724,09	37,1	166,42

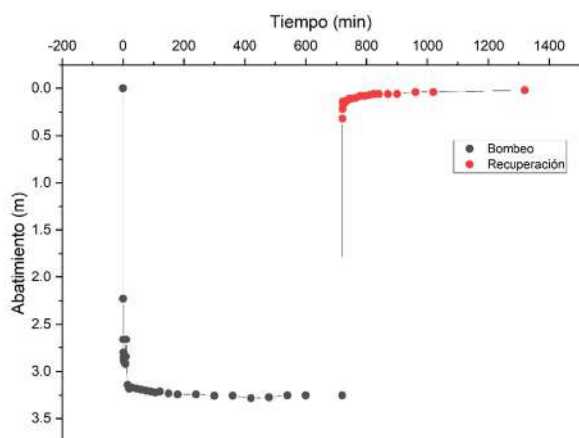


Fig. 9. Evolución de nivel en el acuífero freático durante las pruebas de bombeo y recuperación realizadas en el pozo G1004.

Parámetros hidrogeológicos

En el caso del ensayo de bombeo de la captación en roca, se pudo bombear sólo 16 min antes de que la bomba quedara por encima del nivel dinámico. El caudal medido en dicho pozo fue de 74,1 l/min (106,7 m³/h) y en total se extrajeron 1,18 m³, datos obtenidos en el ensayo de bombeo que fueron insuficientes para realizar el cálculo de parámetros hidráulicos. Sin embargo, se tomaron los datos de recuperación para estimar la permeabilidad de esta unidad. La recuperación del nivel en este pozo fue lenta y después de 720 min no alcanzó el nivel inicial. Con estos datos se calculó la permeabilidad, obteniendo un valor de 0,02 m/día y una transmisividad de 0,78 m²/día.

Para conocer los parámetros hidrogeológicos de esta porción del acuífero pampeano, fue realizada otra prueba de bombeo a caudal constante con su respectiva recuperación en el pozo G1004 (Fig. 9). Esta prueba fue realizada el día 6 de diciembre de 2022, comenzando a las 08:00 am con una duración de 10 horas a un caudal promedio de 76 l/min (109,5 m³/día), tardando 5 min la recuperación del 95% del descenso total causado por el bombeo. Con esta información se pudieron estimar los siguientes parámetros hidráulicos para el acuífero pampeano: coeficiente de almacenamiento de 3,07 E⁻⁰¹, transmisividad de 167 m²/día y permeabilidad de 5,56 m/día. La capacidad específica del pozo G1004, según estos datos, es de 1,4 m³/h/m.

La Tabla 5 resume los parámetros hidrogeológicos determinados en el sector del acuífero pampeano del predio analizado, considerando tanto los datos relevados en este trabajo como los presentados en trabajos hidrogeológicos previos que incluyen pruebas de bombeo realizadas en los pozos 1 y 2.

Caracterización hidroquímica, isotópica y bacteriológica

Durante el desarrollo de las actividades de campo realizadas para la elaboración del presente informe, se realizaron actividades tendientes a caracterizar desde el punto de vista hidrogeoquímico, isotópico y bacteriológico el agua proveniente del acuífero pampeano y de la extraída desde la Formación Balcarce. De acuerdo a la composición química de las muestras analizadas en este trabajo (3 en total; Tabla 6), en la zona las aguas subterráneas son de tipo bicarbonatado sódico con importantes contenido de cloruros (Fig. 10). La conductividad eléctrica (CE) para el acuífero pampeano varió entre 1289 µS/cm y 1597 µS/cm. Dicho parámetro para el agua obtenida de las rocas fisuradas varió entre los 1639 µS/cm y los 2050 µS/cm. Respecto al origen y fuentes de iones en el agua subterránea del área, el Na+2 y el Mg+2 en la región se atribuyen a la hidrólisis del feldespato y del vidrio volcánico presentes en el sedimento loésico, respectivamente. La concentración de bicarbonatos en el agua subterránea es controlada por la disolución de calcita presente en los sedimentos que constituyen el acuífero en forma diseminada y estratiforme (tosca). Por su parte, el contenido en cloruro puede ser atribuido a un incremento natural a lo largo de líneas de flujo regionales a partir del aporte de agua de lluvia que recarga el acuífero.

Los resultados de las determinaciones fisicoquímicas realizadas para las tres muestras de agua subterránea colectadas en el establecimiento mostraron que el agua es apta para consumo humano de acuerdo a lo establecido por Código Alimentario Argentino (2021). La muestra del pozo G1005 mostró mayores valores de conductividad eléctrica, cloruros, sodio y bicarbonatos en comparación con las otras dos muestras tomadas del acuífero pampeano, y esta diferencia se debe a la presencia de mayor cantidad de sales disueltas en la primera. Respecto a la dureza total, atribuida en su mayoría a la cantidad de sales de calcio y magnesio disueltas en el agua, se observó un valor mayor para la muestra tomada del pozo G1004. En todos los casos se trata de aguas de moderada a alta dureza (61 – 120 mg/l, y 121 – 180 mg/l, respectivamente) según U.S. Geological Survey (<https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/hardness-water>). La alcalinidad total está determinada principalmente por el contenido de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, siendo indicadora de dichas especies iónicas. Los bicarbonatos constituyen la forma química de mayor contribución a la alcalinidad. Con valores de pH como los medidos en las muestras, entre 7 y 8,3, predominan los bicarbonatos, mientras que a pH >8,3 comienza a aumentar significativamente la concentración de carbonatos. Según Kevern (1989) las tres muestras se clasifican como aguas de alta alcalinidad (>150 mg/l).

En cuanto a la composición isotópica, los valores varían entre -4,98 y -5,15 para δ18O y presentan un valor de -30,2 para δ2H. Los valores encontrados en cada muestra se muestran en la Fig. 11. Lo anterior sugiere, desde el punto de vista isotópico, una conexión entre las dos unidades aprovechadas con una única fuente de recarga.

De manera análoga a los análisis fisicoquímicos se realizaron análisis bacteriológicos en las muestras obtenidas en los tres pozos existentes en la Ecomuna. Los resultados de dichos análisis pueden observarse en el ANEXO I. Todas las muestras desde el aspecto bacteriológico se consideran, según el Código Alimentario Argentino (2021): APTAS PARA CONSUMO HUMANO.

Tabla 3

Localización, profundidad, caudal y uso de pozos. Información de profundidades suministrada por el perforador y los habitantes del predio. No se cuenta con informe de estas perforaciones. El caudal fue medido con caudalímetro K24 durante las pruebas de bombeo realizadas.

Pozo	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	Caudal m ³ /h	Uso
G1004	38° 5'56,89"S	57°35'41,40.º	35 m	4,44	Ninguno
G1005	38° 5'56,72"S	57°35'41,46.º	70 m	4,56	Ninguno
G1006	38° 5'59,88"S	57°35'45,18.º	35 m	-	Abastecimiento

Tabla 4
Datos de niveles estáticos.

Pozo	Fecha	Profundidad del nivel (m)
G1004	6/8/2022	4,56
G1005	6/8/2022	4,58
G1006	6/8/2022	5,82

Tabla 5

Resumen de parámetros hidrogeológicos obtenidos en pozos del predio.

Parámetro	Pozo	
	G1004	G1005
Nivel estático	4,58	4,56
Nivel dinámico	7,83	41,2
Q (m ³ /día)	109,5	106,7
s (m)	3,25	36,6
Qc (m ³ /h/m)	1,4	-
Transmisividad (m ² /día)	167	0,78
Permeabilidad (m/día)	5,56	0,02
Coef. de almacenamiento	3,07 E ⁻⁰¹	-

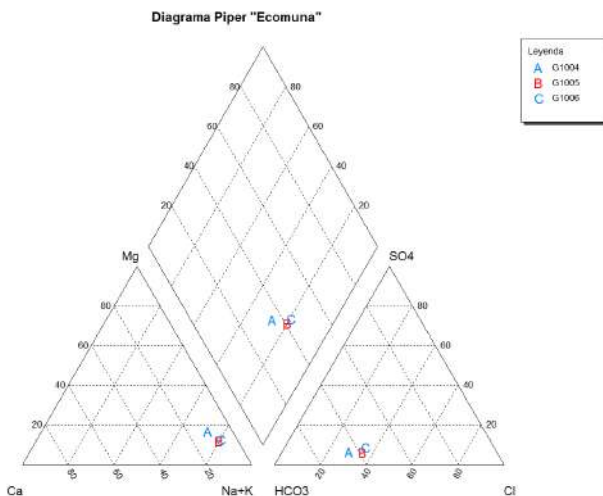


Fig. 10. Contenido iónico del agua subterránea en el predio de la Ecomuna, en base a los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados en el laboratorio de hidrogeoquímica e isotopía de la UNMDP.

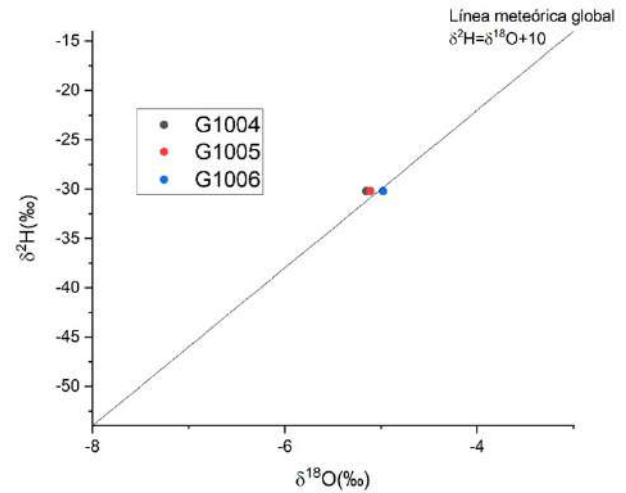


Fig. 11. Composición isotópica de muestras tomadas el día 15 de septiembre de 2022.

CONCLUSIONES

- › Acorde a la información relevada y generada para el predio objeto de este informe se puede concluir la existencia de dos acuíferos en el predio, entendiendo este término como una unidad geológica o parte de ella que permite el almacenamiento y transmisión de agua por poros o grietas en cantidades económicamente aprovechables (Custodio y Llamas 1976). El primero de ellos se trata del acuífero pampeano, el cual puede considerarse como un buen acuífero debido a que presenta valores de permeabilidad de 5,56 m/día con una transmisividad de 167 m²/día, el espesor de este acuífero según los pozos perforados no sobrepasa los 35 metros. Por otro lado, las rocas de la Formación Balcarce deberían considerarse como acuífero pobre, debido esencialmente a su baja permeabilidad y transmisividad, los cuales tuvieron valores de 0,02 m/día y 0,78 m²/día respectivamente. Inclusive, los valores de estos parámetros podrían clasificar a esta unidad como un acuitardo, entendiendo este último término como formación geológica de naturaleza algo impermeable y semiconfinada, que transmite agua en proporción muy pequeña en comparación con un acuífero.
- › Los datos fisicoquímicos, isotópicos e hidrodinámicos evaluados en el predio sugieren que los acuíferos se encuentran conectados y estarían recargándose directamente del agua de lluvia, pese a que el acuífero contenido en las rocas de la Formación Balcarce posee una conductividad eléctrica más elevada. El valor de recarga obtenido mediante el cálculo del balance hidrológico a nivel del suelo arrojó un valor

Tabla 6
Parámetros fisicoquímicos determinados en los pozos.

Parámetro	Límite permitido (C.A.A.)	Muestras		
		G1004	G1005	G1006
Fecha (DD/MM/AAAA)		15/09/2022	15/09/2022	15/09/2022
pH	mín: 6,5 - máx: 8,5	8,14	8,3	8,24
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	—	1308	2050	1597
Dureza (mg/l)	máx: 400	175	147	114
Sodio (mg/l)	—	220	280	222
Calcio (mg/l)	—	27,3	24,2	17,2
Magnesio (mg/l)	—	25,6	20,8	17
Cloruros (mg/l)	máx: 350	127	236	173
Bicarbonatos (mg/l)	—	463	661	463
Carbonatos (mg/l)	—	0	0	0
Alcalinidad (mg/l)	—	463	661	463
Nitratos (mg/l)	máx: 45	35	16,5	18,2
Sulfatos (mg/l)	máx: 400	31	46	51

del 18% de la precipitación media anual, efectuándose ésta especialmente durante los meses de junio y octubre. El agua subterránea en la zona presenta una dirección este-noreste. Aún queda por establecer la relación del acuífero con un arroyo intermitente que se encuentra al norte del predio, aunque los datos obtenidos hasta la fecha sugieren que dicho arroyo tiene un carácter ganador, teniendo un caudal medible solamente durante las épocas de lluvia.

- › Acorde a los parámetros de calidad analizados, ambos acuíferos presentan calidades fisicoquímicas y bacteriológicas que permiten clasificar el agua como apta para consumo humano, según la normativa del Código Alimentario Argentino (2021).
- › Si se toman en consideración los datos obtenidos de las pruebas de bombeo y los requerimientos de agua en el predio, podría establecerse que en la actualidad el uso alternado de los pozos que captan el acuífero pampeano debería alcanzar para el abastecimiento total de las familias y actividades que se encuentran actualmente en la Ecomuna. Se recomienda el uso alternado de las captaciones para evitar aumentos excesivos en los descensos del nivel en el acuífero. Por otra parte, el pozo G1005 perforado en roca podría ser utilizado para el abastecimiento de una sola casa con un equipamiento de almacenamiento que no supere el metro cúbico.
- › Si las actividades requieren un aumento en el volumen de agua, se sugiere perforar pozos en el acuífero pampeano respetando una distancia mínima entre ellos de 100 m. Si se quisieran perforar pozos en las rocas de la Formación Balcarce, deberían realizarse estudios geofísicos detallados que permitan definir zonas con alta fracturación, lo que permitiría un aumento en las capacidades de drenaje de esta unidad.
- › Se recomienda la toma periódica de niveles freáticos y muestras fisicoquímicas y bacteriológicas en los pozos para monitorear la evolución hidrodinámica y de calidad en el acuífero. De igual manera se recomienda realizar análisis para evaluar la presencia de sustancias que NO fueron consideradas en este trabajo (ejemplo: metales pesados,

agroquímicos, etc.), con el objetivo de evaluar la calidad del acuífero en un espectro más amplio.

- › El principal acuífero que abastece el predio es de tipo libre con una alta vulnerabilidad a la contaminación, debido esencialmente a la poca zona no saturada que presenta, por lo cual se insta a incrementar los cuidados de vertimientos o derrames en el predio o zonas cercanas al mismo.
- › El incremento en la información de demanda e información geológica, hidrogeológica y geomorfológica ayudará a mejorar futuros análisis que permitirán una mejor gestión del recurso en el predio. En este sentido, sería una buena idea contar con información de volúmenes de uso y niveles en el tiempo, estudios geofísicos y modelos matemáticos para elaborar estrategias que permitan mejorar la toma de decisiones con respecto al uso del agua subterránea.

LISTA DE REFERENCIAS

- Amos, A., B. Quartino & R. Zardini. (1972). El "Grupo La Tinta" (Provincia de Buenos Aires). Paleozoico y Precámbrico 25:211-221.
- Auge, M.. (2001). Hidrogeología de La Plata-Argentina. Revista Latinoamericana de Hidrogeología 1:1.
- Auge, M.. (2004). Regiones Hidrogeológicas: República Argentina y provincias de Buenos Aires, Mendoza y Santa Fe. Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea.
- Bocanegra, E.. (1993). Modelación hidrogeoquímica de los procesos de salinización del acuífero de Mar del Plata [Hydrogeochemical modeling of the process of salinization in Mar del Plata aquifer]. Temas Actuales de la Hidrología Subterránea, Publishing Service of the Universidad Nacional De Mar Del Plata, Mar Del Plata:349-360.
- Bocanegra, E., D. Martínez, H. Massone & J. Cionchi, Exploitation effect and salt water intrusion in the Mar del Plata aquifer, Argentina. In: Custodio, E. & A. Galofre (eds) Study and modelling of saltwater intrusion into Aquifers, Barcelona, Spain 1993. Foundation International Center for Groundwater Hydrology, p 177-191.
- Bocanegra, E., D. Martínez, H. Massone & M. Farenga. (2005). Modelación numérica preliminar del flujo subterráneo de

- la cuenca del río Quequén, Provincia de Buenos Aires. IV Congreso Argentino de Hidrogeología. Actas I:191-200.
- Carretero, S. & E. Kruse. (2010). Modificaciones en las áreas de recarga del acuífero freático en los médanos costeros de San Clemente del Tuyú, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 66(4):466-474.
- Carrica, J. C. & C. Lexow. (2004). Evaluación de la recarga natural al acuífero de la cuenca superior del arroyo Napostá Grande, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59(2):281-290.
- Cingolani, C., Unidades morfoestructurales (y estructuras menores) de la provincia de Buenos Aires. In: *Relatorio XVI Congreso Geológico Argentino* (Eds de Barrio, R, Etcheverry, R, Caballé, M y Llambías, E), 2005. p 21-30.
- Cionchi, J. L., L. A. Mérida & I. Redín. (2000). La Explotación Racional de los Recursos Hídricos Subterráneos en el Partido de General Pueyrredón (Buenos Aires, Argentina). El Caso de Obras Sanitarias Mar del Plata S.E. Mar del Plata: OSSE. In: OSSE (ed). vol 1. OSSE, Mar del Plata, 72. Custodio, E. & M. R. Llamas. (1976). *Hidrología subterránea*, vol 1. Omega Barcelona.
- Frenguelli, J. (1950). Rasgos generales de la morfología y la geología de la provincia de Buenos Aires. República Argentina.
- Heusser, H. & G. Claraz. (1863). *Ensayos de un conocimiento geognóstico-físico de la provincia de Buenos Aires: I. La Cordillera entre el cabo Corrientes y Tapalqué*. Imp. del Orden.
- 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.
- Jiménez-Martínez, J. & E. Custodio. (2010). El exceso de deuterio en la lluvia y en la recarga a los acuíferos en el área circummediterránea y en la costa mediterránea española. *Boletín geológico y minero* 119(1):21-32.
- Kruse, E., L. Varela, P. Laurencena & M. Deluchi, Efectos del agua subterránea en la configuración de los cauces de la llanura interserrana de la provincia de Buenos Aires [Groundwater effects on the stream network in the intermountain plain in the Province of Buenos Aires]. In: *Actas del X Congreso Latinoamericano de Geología y VI Congreso Nacional de Geología Económica*, Buenos Aires, 1998. vol 1. p 340-344.
- Kruseman, G. P. & N. A. de Ridder. (1979). Analysis and evaluation of pumping test data. International Institute for Land Reclamation and Improvement The Netherlands.
- Massone, H. (2003). *Geología y Planificación Territorial en la Cuenca Superior del Arroyo Grande, Partido de Balcarce [Geology and territorial planning in Grande Creek Basin, Balcarce District]*. Tesis Doctoral UNLP.
- Massone, H., D. Martínez, 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 Subterránea para el Desarrollo (ALHSUD)* 6:57-68.
- Nágera, J. J.. (1940). *Historia física de la provincia de Buenos Aires*.
- Neuman, S. P.. (1973). Saturated-unsaturated seepage by finite elements J HYDRAUL DIV, PROC, ASCE.
- Neuman, S. P.. (1974). Effect of partial penetration on flow in unconfined aquifers considering delayed gravity response. *Water resources research* 10(2):303-312.
- Quiroz Londoño, O., D. Martínez & H. Massone. (2012a). Estimación de recarga de acuíferos en ambientes de llanura con base en variaciones de nivel freático. *Tecnología y ciencias del agua* 3(2):123-130.
- Quiroz Londoño, O., D. E. Martínez & H. E. Massone. (2012b). Evaluación comparativa de métodos de cálculo de recarga en ambientes de llanura. la llanura interserrana bonaerense (argentina), como caso de estudio. *Dyna* 79(171):239.
- Quiroz Londoño, O. M., D. E. Martínez & H. Massone, Modelación matemática de flujo subterráneo en un sector de la llanura interserrana bonaerense, provincia de Buenos Aires. In: Argentina, A.-. (ed) VI Congreso Nacional de Hidrogeología y IV Seminario hispanoamericano de Temas Actuales de la Hidrogeología Subterránea, Santa Rosa, La Pampa, Argentina, 24 - 28 de agosto 2009. AIH p541 - 550.
- Santa Cruz, J. N., A. S. Busso & S. E. (2004). Hoja Hidrogeológica N°14 Río Quequén. Sustentabilidad del Riego Complementario en el Sudeste de la Prov. de Buenos Aires. Proyecto BID 1201 OC/AR PICT 08-4675.
- Teruggi, M. & J. Kilmurray, Tandilia. In: *Relatorio Geología de la provincia de Buenos Aires*, 6 Congreso Geológico Argentino, 1975. p 55-77.
- Teruggi, M. & J. Kilmurray. (1980). Sierras Septentrionales de la provincia de Buenos Aires. *Geología Regional Argentina* 2:919-956.
- Teruggi, M. E.. (1957). The nature and origin of Argentine loess. *Journal of Sedimentary Research* 27(3):322-332.
- Thorntwaite, C. W.. (1948). An Approach toward a Rational Classification of Climate. *Geographical review* 38(1):55 doi:10.2307/210739.
- Todos, M. d. P. e.. (2016). primer Informe de Mar del Plata Entre Todos - Monitoreo Ciudadano. In: Pueyrredon, M. d. G. (ed).
- Venencio, M. & M. Varni, Estimación de La Recarga y del Almacenamiento Específico a través del Análisis de Registros de Nivel Freático. In: *Memorias del III congreso Argentino de Hidrogeología y I Seminario Hispano-Latinoamericano sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea*, 2003. vol 1. p 153-160.
- Villanueva, M. & A. I. Iglesias. (1984). Pozos y acuíferos: Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo. Instituto Geológico y Minero de España.
- Zimmermann, E. & M. F. Airasca. (2005). Validación del modelado bayesiano de lluvias aplicado a balances hídricos para estimar recargas subterráneas. IV Congreso Argentino de Hidrogeología y II Seminario Hispano-latinoamericano sobre técnicas actuales en Hidrología Subterránea. International Association of Hydrogeologists - Grupo Argentino.

Anexo 1



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: 15/09/22

Protocolo N°: NC

Solicitado por: Barrio Ecomuna, San Patricio

Dirección: -

Tipo de muestra: agua de pozo

Lugar de muestreo: directo desde el pozo

Fecha y hora de extracción: 15/09/2022, 10:45 hs

Fecha y hora de procesamiento: 15/09/2022, 12:30 hs

Resultados bacteriológicos de la muestra:

GT_005 (pozo de piedra: coordenadas -38.0430066,-57.5646011,15)

Parámetro	Resultados	Método empleado
Recuento de bacterias aerobias	113 UFC por ml	Siembra en profundidad en APC, 37° C, 48 hs
NMP de coliformes totales	Menor 1,1 NMP por 100 ml	Tubos múltiples en Lauril Sulfato doble concentración
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia en 100 ml	Tubos múltiples en EC con MUG
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia en 100 ml	Filtración por membrana, cetrimida, 37°C, 48 hs

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

APTA PARA CONSUMO HUMANO

GT_004 (pozo contiguo a pozo de piedra)

Parámetro	Resultados	Método empleado
Recuento de bacterias aerobias	13 UFC por ml	Siembra en profundidad en APC, 37° C, 48 hs
NMP de coliformes totales	Menor 1,1 NMP por 100 ml	Tubos múltiples en Lauril Sulfato doble concentración
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia en 100 ml	Tubos múltiples en EC con MUG
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia en 100 ml	Filtración por membrana, cetrimida, 37°C, 48 hs

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

APTA PARA CONSUMO HUMANO

GT_006 (pozo mangrullo)

Parámetro	Resultados	Método empleado
Recuento de bacterias aerobias	6 UFC por ml	Siembra en profundidad en APC, 37° C, 48 hs
NMP de coliformes totales	Menor 1,1 NMP por 100 ml	Tubos múltiples en Lauril Sulfato doble concentración
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia en 100 ml	Tubos múltiples en EC con MUG
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia en 100 ml	Filtración por membrana, ceftriaxona, 37°C, 48 hs

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

APTA PARA CONSUMO HUMANO

Límites establecidos por el Código Alimentario Argentino (actualización 2021)		
Bacterias Aerobias Mesófilas UFC/ml	< 500	<
Coliformes totales NMP/100ml	1,1	
<i>Escherichia coli</i> en 100ml	Ausencia	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> en 100ml	Ausencia	

* 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.

Las presentes muestras han sido extraídas por personal de este laboratorio.



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