

EVALUACIÓN DE LA EXPLOTACIÓN DEL ACUÍFERO PUELICHE Y SU INFLUENCIA EN LA HIDRODINÁMICA SUBTERRÁNEA EN EL PARTIDO DE LA PLATA

Maximiliano Fabiano*; Felipe Herrera Niño **; Daiana D. Dell' Arciprete **; Patricia Laurencena* y Eduardo Kruse**

* Centro de Estudios Integrales de la Dinámica Exógena (CEIDE), Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, 64 N°3, (1900) La Plata, Argentina.

E-mail: mfabiano@fcnym.unlp.edu.ar

** Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

Resumen

El abastecimiento de agua subterránea en La Plata requiere una evaluación detallada de su dinámica de flujo, especialmente del acuífero Puelche, principal fuente de agua potable y riego. El incremento demográfico significativo a lo largo de los años, ha provocado un aumento en el consumo de agua subterránea a partir de una mayor cantidad de perforaciones de explotación. Con el objetivo de evaluar la situación hidrodinámica actual, se llevó a cabo una campaña de monitoreo en diciembre de 2023, registrando los niveles hidráulicos de 61 perforaciones domiciliarias. Estos datos fueron representados en un mapa de isopiezas. Se identificó un cono de depresión elongado en dirección NW-SE, con un área de 315 km² y dos ápices, uno ubicado al SW del Casco de la ciudad de La Plata alcanzando depresiones de hasta 15 m y otro al SE, con profundizaciones de -20 m. Para calcular el volumen de agua que ingresa lateralmente al cono a través de la cota de 0 m, se dividió su perímetro en seis tramos y se determinaron los gradientes hidráulicos promedio para cada sector. Con un valor de transmisividad (T) media de 500 m²/d, se estimó un volumen de 36,6 Hm³/año. Este valor, contrastado con la producción actual estimada de 111 Hm³/año, supone un déficit de 74,4 Hm³/año. Se estima que este déficit es compensado con aporte natural y artificial por el acuífero Pampeano, ya sea por filtración vertical descendente de parte de la reserva como por pérdidas en la red de agua potable, estimadas en un 45% (MINFRA, 2021). Sin embargo, la explotación intensiva está afectando profundamente al sistema hidrogeológico, lo que conlleva a la profundización del cono de depresión y altera el flujo regional natural.

Palabras Claves: Acuífero Puelche, Cono de depresión, Explotación intensiva

Abstract

The groundwater supply in La Plata requires a detailed evaluation of its flow dynamics, especially of the Puelche aquifer, the main source of drinking water and irrigation. The significant population increase over the years has led to a rise in groundwater consumption from a greater number of exploitation wells. In order to assess the current hydrodynamic situation, a monitoring campaign was carried out in December 2023, recording the hydraulic levels of 61 wells. These data were represented on a contour map. An elongated depression cone was identified in the NW-SE direction, covering an area of 315 km² with two apexes: one located at SW of the city center of La Plata, reaching depressions of up to 15 m, and another to the SE, with depths of -20 m. To calculate the volume of water entering laterally into the cone through the 0 m contour, its perimeter was divided into six sections, and average hydraulic gradients were determined for each sector. With a mean transmissivity (T) value of 500 m²/day, a volume of 36.6 Hm³/year was estimated. This value, compared with the current estimated production of 111 Hm³/year, implies a deficit of 70.8 Hm³/year. It is estimated that this deficit is compensated for by natural and artificial contributions from the Pampeano aquifer, either through downward vertical filtration from part of the reserve or losses in the drinking water network, estimated at 45% (MINFRA, 2021). However, intensive exploitation is profoundly affecting the hydrogeological system, leading to the deepening of the depression cone and altering natural regional flow.

Keywords: Puelche aquifer, depression cone, intensive exploitation

INTRODUCCIÓN

La explotación intensiva de agua subterránea se ha convertido en un tema de suma importancia para la gestión de los recursos hídricos a nivel global. En diversas regiones del mundo, el crecimiento urbano y la demanda agrícola ejercen una presión considerable sobre los acuíferos, llevando a la sobreexplotación y a consecuencias ambientales y socioeconómicas significativas. Este fenómeno ha sido documentado en diversas partes del mundo, donde la disminución de los niveles freáticos ha afectado la disponibilidad de agua (Shah *et al.*, 2003; Hao *et al.*, 2018).

En general, los acuíferos semiconfinados han sido objeto de estudio debido a su vulnerabilidad ante la extracción intensiva de agua subterránea. Investigaciones en México, Brasil y Argentina han mostrado cómo la presión sobre estos recursos puede llevar a una disminución significativa en los niveles de agua subterránea y afectar la hidrodinámica local (Llamas y Custodio, 2002; Foster *et al.*, 2000; Auge, 2005).

En el Gran La Plata, Argentina, la utilización de los recursos subterráneos ha mostrado alteraciones en la hidrodinámica local, especialmente en el Acuífero Puelche, una de las principales fuentes de agua de la región (EASNE 1972; Auge, 1997; Auge, 2005; García y Zanandrea, 2017; Laurencena *et al.*, 2010; Deluchi *et al.*, 2010). La ciudad de La Plata cuenta desde 1885 con suministro público de agua potable, siendo abastecida hasta 1955 exclusivamente con agua subterránea, y posteriormente se reforzó el servicio con agua superficial. El crecimiento demográfico sostenido en la región, y en mayor medida desde la década del 90', ha provocado un aumento en el consumo de agua subterránea. En consecuencia, se produjo un incremento considerable de las perforaciones de explotación realizadas por la prestataria local (MINFRA, 2020; 2021).

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la explotación del agua subterránea en el Partido de La Plata y su influencia en la hidrodinámica subterránea, con un enfoque particular en el Acuífero Puelche. Se busca proporcionar una visión integral que combine la revisión de datos históricos y el análisis de la configuración actual.

Área de Estudio

El sector analizado corresponde al área que abarca las cuencas hidrográficas que drenan hacia el Río de la Plata, en los municipios de La Plata, Berisso, Ensenada (Gran La Plata) y Magdalena, comprendiendo una superficie de 913 km² (Figura 1). Geomorfológicamente, la región se caracteriza por presentar, por un lado, una zona más alta, de relieve llano (Llanura Alta) con alturas que van desde los 5 a los 35 metros sobre el nivel medio del mar (m.s.n.m.), caracterizada por suelos bien drenados, predominando la infiltración por sobre el escurrimiento superficial. Por otro lado, se presenta una zona baja (Planicie Costera) que se define por presentar suelos mal drenados y humedales, como el Bañado Maldonado, que junto con el Río de la Plata conforman el área de descarga superficial y subterránea de la Llanura Alta (Auge, 2005). Este sector se desarrolla paralela a la línea de costa, con alturas por debajo de los 5 msnm. El límite entre ambas geomorfologías se encuentra definido a lo largo de la R.P 11 y las vías del FF.CC., hacia el este y el oeste, respectivamente.

La región presenta un clima templado-húmedo, caracterizado por precipitaciones medias anuales de 1.047 mm y una temperatura media de 16,25°C (Zanandrea, 2021).

La hidrogeología de la región está caracterizada por un sistema acuífero multicapa, donde se destacan el Sistema Acuífero Pampeano – Puelche (SAPP), compuesto por el acuífero libre Pampeano, de mediana productividad y el acuífero semiconfinado Puelche, de mayor productividad, ambos separados por un nivel acuitado, limo arcilloso y de espesor variable que le otorga el carácter de semiconfinado al Puelche (EASNE, 1972; Auge 2005; Fabiano *et al.* 2022).

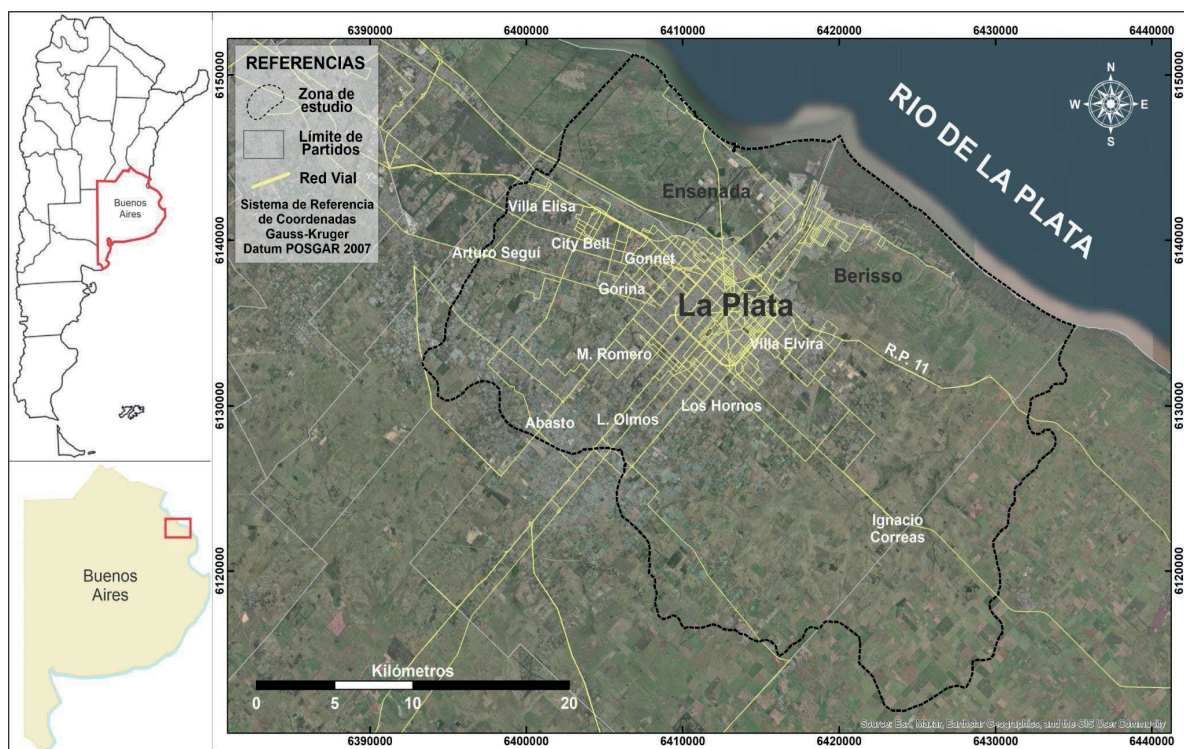


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio: el Gran La Plata.

METODOLOGÍA

El presente trabajo se ha llevado a cabo en dos etapas. La primera consistió en una campaña de monitoreo en diciembre de 2023, registrando niveles hidráulicos del acuífero Puelche en 61 perforaciones domiciliarias, distribuidas en toda el área de estudio, mediante la utilización de una sonda de nivel. Posteriormente, se procesaron los datos obtenidos y se acotaron las mediciones empleando un Modelo Digital de Superficie (MDS) provisto por la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas – UNLP y publicado por Karol y San Juan (2018). De este modo, se generó un mapa isopiécico del área, de equidistancia 5 m, que representa el nivel hidráulico del acuífero Puelche

En la segunda etapa, y en función del mapa isopiécico obtenido, se tomó la curva equipotencial de 0 m y los gradientes hidráulicos desde esta hasta la equipotencial de -20 m, a fin de calcular el volumen de agua que ingresa lateralmente al cono de depresión a través de la cota de 0 m.

Se determinó el perímetro de la equipotencial de 0 m, se dividió en 6 tramos y se estimaron los gradientes hidráulicos promedio para cada tramo. Se utilizó el valor medio de transmisividad de 500 m²/d, estimado por Auge (2005). De esta manera, en función de la Ecuación de Darcy, contemplando la longitud de cada tramo (m), el gradiente hidráulico estimado y la transmisividad del acuífero Puelche (m²/d), sumando los caudales parciales, se obtuvo un volumen diario de agua que atraviesa la equipotencial de 0 m hacia el cono de depresión (m³/d).

RESULTADOS

El mapa isopiécico del acuífero Puelche (Figura 2) muestra diferencias hidráulicas que van desde los 10 m.s.n.m. en las áreas de divisorias regionales hasta valores de 20 metros bajo el nivel del mar (m.b.n.m.) en los ápices de los conos de depresión.

La extracción de agua para consumo humano actualmente produce un cono de depresión ubicado en la Llanura Alta, de forma subelíptica, elongada en dirección NW-SE, con

un área de 315 km² y doble ápice, uno ubicado al W del casco urbano de la ciudad de La Plata, con cotas inferiores a -15 m y otro al S del casco, con profundizaciones de -20 m.

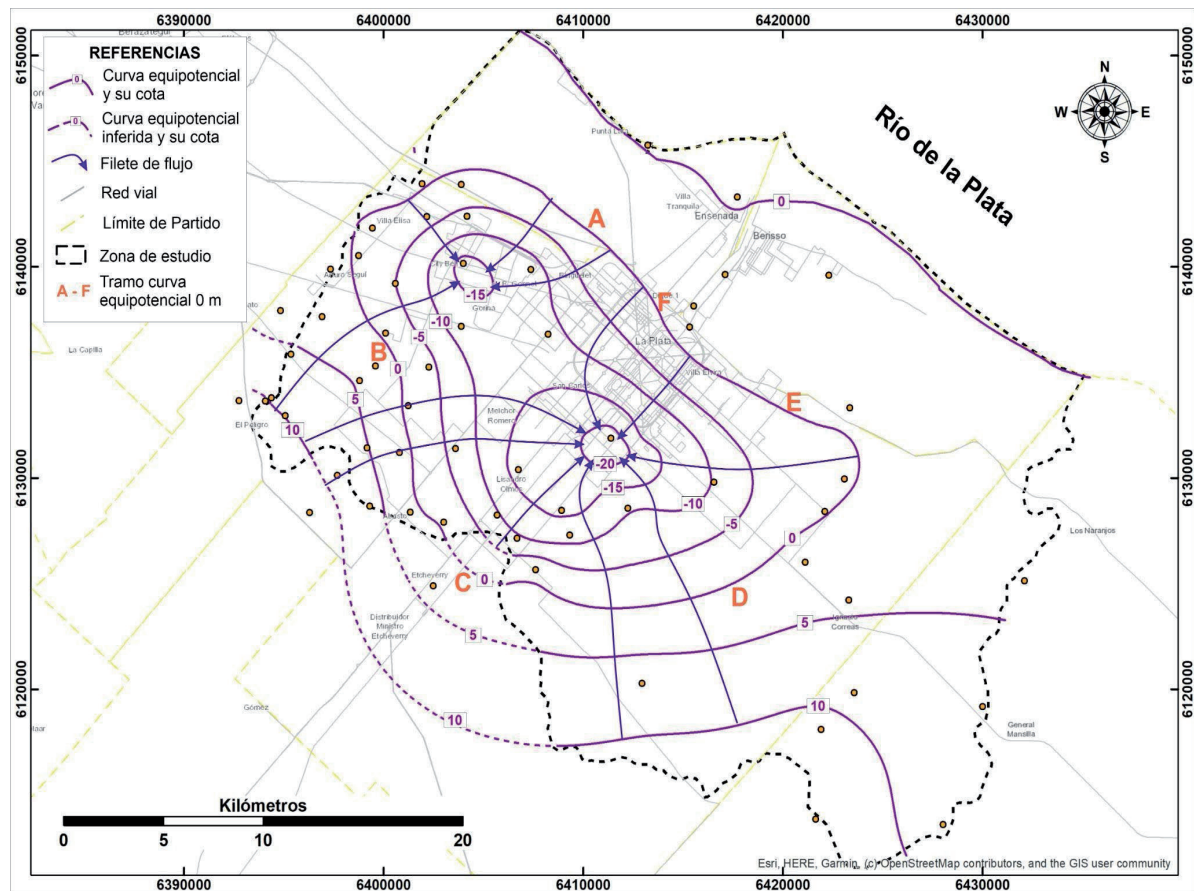


Figura 2. Mapa isopiécico del acuífero Puelche

El volumen de agua que ingresa al cono de depresión a través de la equipotencial de 0 m se calculó mediante la Ecuación de Darcy (1), en función de su perímetro de 72.000 m. Este se dividió en 6 tramos de longitudes variables, considerando los gradientes hidráulicos de cada sector, cuyos valores promedio oscilan entre $2,13 \cdot 10^{-3}$ a $3,54 \cdot 10^{-3}$. El valor de transmisividad utilizado fue el estimado por Auge (2005) de 500 m²/d.

$$Q = T \cdot L \cdot i$$

donde:

Q corresponde al volumen de agua que atraviesa la equipotencial de 0 m (m³/d)

T es la Transmisividad (m²/d)

L es el perímetro de la curva de 0 m (m)

i es el gradiente hidráulico (adimensional)

De esta manera, de la suma de los volúmenes parciales obtenidos para cada tramo, se obtuvo el volumen total que atraviesa la equipotencial de 0 m, alcanzando a 36,6 Hm³/año (Tabla 1).

Tabla 1. Cálculo de volumen de agua que ingresa al cono de depresión a través de la equipotencial de 0 m.

Tramo	Longitud (m)	Gradiente hidráulico	Volumen parcial (m ³ /d)
A-B	20293	3,54E-03	35918,6
B-C	11041	2,28E-03	12586,7
C-D	13220	2,73E-03	18045,3
D-E	15911	2,13E-03	16945,2
E-F	6759	3,30E-03	11152,4
F-A	4798	2,30E-03	5517,7
Transmisividad (m ² /d)			500,0
Volumen Total (m ³ /d)			100165,9
Volumen Total (Hm ³ /año)			36,6

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este trabajo representa una continuidad en el análisis hidrodinámico de las aguas subterráneas en el área del Gran La Plata. Los trabajos antecedentes fueron realizados por diversos autores que han abordado investigaciones vinculando la explotación del acuífero Puelche y el descenso de los niveles hidráulicos del mismo.

En función de los resultados obtenidos, se observa que el cono de depresión delimitado por la curva equipotencial de 0 m abarca un perímetro de 72 km y un área de 315 km², afectando principalmente a las localidades de Los Hornos, Sur del Casco Urbano de La Plata, Gonnet, City Bell y Villa Elisa. En función de lo estimado por Auge (1997) para el año 1990 y Auge (2005) para el 2003, se destaca que el cono ha experimentado un incremento considerable de su superficie. En 1990 presentaba un perímetro de 36 km y una extensión areal de 53 km², mientras que en 2003, su perímetro era de 58 km, y su área estimada de 105 km².

El crecimiento demográfico y la expansión de la zona urbana de los últimos años ha llevado a incrementar el volumen del suministro de agua potable por parte de la prestataria local. En este sentido fue necesaria la ejecución de nuevos pozos de extracción de agua al acuífero Puelche. Actualmente ABSA (Aguas Bonaerenses S.A.) cuenta con 254 pozos que bombean agua las 24 hs. del día y su distribución espacial coincide con el área urbana.

La información brindada por la prestataria, indica que el caudal de bombeo promedio es de 50 a 40 m³/h y que se completa la provisión de agua potable a partir de la incorporación de un volumen de 114 Hm³/año de agua superficial, proveniente del Río de la Plata. Si se toma en cuenta el mayor valor de bombeo, se establece un caudal de extracción anual de 111 Hm³/año. De este modo, se considera que por la red pública circula un total de 225 Hm³/año. Es importante considerar las pérdidas de agua en las cañerías de distribución, las cuales representan un 45% del volumen total (MINFRA, 2021).

El volumen de agua calculado que ingresa lateralmente al cono de depresión por la curva equipotencial de 0 m es de 36,6 Hm³/año, lo cual representa un déficit de 74,4 Hm³/año respecto a la extracción anual por bombeo. Del mismo modo, en estudios previos, ha sido estimado el caudal de afluencia lateral del acuífero Puelche, obteniendo valores de 38,9 Hm³/año en 1990 (Auge, 1997) y 53 Hm³/año en 2003 (Auge, 2005).

En este trabajo se ha analizado la respuesta del acuífero Puelche a la extracción, teniendo en cuenta sólo el consumo por parte de los pozos operados por la prestataria local en el ámbito urbano del Gran La Plata.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el aumento en la demanda también es producido por el incremento de extracción de agua para riego en el área del Cordón Hortícola

Platense, el cual ha evidenciado modificaciones a partir de la expansión del área para cultivos bajo cubierta.

El aumento del área del cono de depresión, el incremento del número de perforaciones de extracción, la disminución en los caudales extraídos por pozo y el incremento de las pérdidas en las cañerías, modifican la hidrodinámica del cono de depresión generando menores gradientes hidráulicos que los estimados en 1990 y 2003.

REFERENCIAS

- Auge, M.** (1997). *Investigación hidrogeológica de La Plata y alrededores*. [Tesis Doctoral]. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Recuperado de http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n2947_Auge
- Auge, M.** (2005). Hidrogeología de La Plata, Provincia de Buenos Aires. *XVI Congreso Geológico Argentino*, Relatorio: 293-312. La Plata, Argentina. 480 págs. ISBN 968-496-500-4. <http://meran.fcv.unlp.edu.ar/meran/opac-detail.pl?id1=6999>.
- Deluchi, M., Kruse, E., Laurencena, P., Rojo, A. y Rodrigues Capítulo, L.** (2010). Características de la explotación de aguas subterráneas en un sector del noreste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *X Congreso Aguas Subterráneas y Desarrollo Sustentable de los Pueblos Latinoamericanos*. Caracas.
- EASNE (Estudio de las Aguas Subterráneas del Noreste)** (1972). *Contribución al estudio geohidrológico del Noreste de la Provincia de Buenos Aires- EASNE-CFI, Serie. Téc. 24. Tomo I y II*. EASNE-CFI, Buenos Aires.
- Fabiano, M.E., Carretero, S.C., Rodrigues Capítulo, L. y Kruse, E.E.** (2022). Variabilidad en el espesor del acuitardo como indicador de vulnerabilidad en el sistema hidrogeológico Pampeano – Puelche, noreste provincia de Buenos Aires. *XXI Congreso Geológico Argentino*. Pp. 324-334.
- Foster, S., Chilton, J., Moench, M., Cardy, F., y Schiffler, M.** (2000). Groundwater in rural development: Facing the challenges of supply and resource sustainability. *World Bank Technical Paper* No. 463.
- García, J.M. y Zanandrea, J.F.** (2017). Dinámica hídrica del acuífero Puelche en la ciudad de La Plata y alrededores. Resultados preliminares. *IV Congreso Internacional Científico y Tecnológico*. CIC.
- Hao, A., Zhang, Y., Zhang, E., Li, Z., Yu, J., Wang, H., Yang, J., Wang, Yao.** (2018). Groundwater resources and related environmental issues in China. *Hydrogeology Journal*. 26. 10.1007/s10040-018-1787-1.
- Karol, J., y San Juan, G.** (2018). *Saber qué hacer: construcción de un sistema para la gestión integrada del riesgo hídrico en la región del Gran La Plata*. Eds. Jorge L. Karol. ISBN 978-950-34-1611-2.
- Laurencena, P., Deluchi, M., Rojo, A., y Kruse, E.** (2010). Influencia de la explotación de aguas subterráneas en un sector del área periurbana de La Plata. *Revista De La Asociación Geológica Argentina*, 66(4), 484-489. Retrieved from <https://revista.geologica.org.ar/raga/article/view/715>
- Llamas, R. y Custodio, E.** (2002). Acuíferos explotados intensivamente: conceptos principales, hechos relevantes y algunas sugerencias. *Boletín Geológico y Minero*, 113(3), 223-228.
- MINFRA** (2020). Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos. Evaluación de estudio de impacto ambiental y social: “*Construcción de Planta Potabilizadora para los Partidos de La Plata, Berisso y Ensenada - Etapa 2*” (pp. 2–194). La Plata. Recuperado de minfra.gba.gov.ar/web/Ucepo/EIA_Actualizacion_PlantaPotabilizadora.pdf
- MINFRA** (2021). Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos. Evaluación de Estudio de Impacto Ambiental y Social (EIAS): “*Recambio de cañerías de la Red de abastecimiento de agua potable en la Ciudad De La Plata*”.
- Shah, T., DebRoy, A., Qureshi, A.S. y Wang, J.** (2003). Sustaining Asia’s Groundwater Boom: An Overview of issues and Evidence. *Natural Resources Forum*, 27: 130-140.
- Zanandrea, J. F.** (2021). *Variaciones del nivel freático en la cuenca del arroyo El Pescado: Periodo 2017-2018*. [Tesis de Grado]. Universidad Nacional de La Plata. Disponible en: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/143167>.