

TRABAJO FINAL DE LICENCIATURA

LICENCIATURA EN CIENCIAS GEOLÓGICAS

Caracterización de acuíferos en el área Balsa Las Perlas, provincia de Río Negro, Argentina

Autora: Verdugo Nancy Edith – DNI: 37101602 – Legajo: ING-2212

Directora: Dra. Dufilho Ana Cecilia

Codirector: Ing. Köhler Santiago



Río Negro, 2023

RESUMEN

Actualmente, los antecedentes referidos a las características de las unidades acuíferas de Balsa Las Perlas, son sumamente escasos, de allí la importancia de este estudio desarrollado entre los cañadones principales Este, Oeste y el Río Limay, en un ambiente desarrollado bajo condiciones climáticas áridas ligado a un fuerte déficit hídrico anual y fuertemente antropizado, siendo el objetivo del presente trabajo la caracterización hidrogeológica del área de estudio.

Para el análisis, en principio se realizó la descripción de los afloramientos y un censo a través del cual se relevaron un total de 98 perforaciones, fijando las coordenadas geográficas con un GPS. Teniendo en cuenta la densidad de datos registrados y la información recopilada tanto geológica como geomorfológica, se midieron los niveles del agua en dos estaciones opuestas utilizando una sonda, con el fin de conocer la hidrodinámica del lugar, contemplando un tratamiento integrado del ciclo hidrológico (agua subterránea – agua superficial), por lo cual se incorporó información del río Limay otorgada por la Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas (AIC). También se adquirieron parámetros fisicoquímicos in situ con un conductímetro, un sensor de pH y por medio del análisis de muestras e informes proporcionados por los propietarios de las perforaciones. A partir de la información disponible, sobre una transecta NS, se fue construyendo un modelo geo-hidrogeológico con base en el Modelo Digital de Elevación (MDE) con una resolución espacial de 5 m del Instituto Geográfico Nacional (IGN). En función del modelo determinado, se obtuvieron las expresiones globales del balance hidrológico para cada unidad acuífera diferenciada, contemplando los factores de vulnerabilidad. Además, se elaboró la cartografía correspondiente a la geología y geomorfología mediante el programa ArcGIS. Cabe destacar que, en este trabajo, al inicio de cada capítulo se enuncia y detalla la metodología empleada en particular.

Sobre la base de lo anterior se pudo inferir dos grades ambientes litoestratigráficos locales, el primero con ubicación norte, conformado por depósitos pertenecientes a la planicie aluvial del río Limay integrado por conglomerados y gravas sueltas con menor participación de arena gruesa como matriz de edad Holocena, el cual limita al sur y en profundidad con el segundo ambiente constituido por depósitos sedimentarios del Subgrupo Río Neuquén expuestos en las paredes de los cañadones y en las escarpas de las bardas, caracterizados litológicamente por una sucesión alternante de depósitos fangolíticos y arenosos de edad Cretácica Superior, en donde la disposición de los estratos se determinó en base a la litología que aflora y a la información recopilada por los vecinos con conocimiento general del área y otros del ámbito petrolero. Toda esta sucesión se encuentra en general cubierta por un manto de poco espesor de depósitos provenientes de los niveles aterrizados, pero también, en restringidos sectores como en los laterales del cañadón Este, en el área donde se ubica una pequeña cantera de arena, afloran los depósitos de Balsa Las Perlas, denominación informal para un conjunto de depósitos de areniscas de color predominantemente rojizas de edad Pleistocena, probablemente relacionados o contemporáneos con los niveles de terraza del río Limay.

Se distinguieron cuatro niveles de terrazas, tres al sur antiguos, debido a que sus depósitos se encuentran consolidados, las gravas están cementadas con carbonato de calcio (CaCO_3), y adyacente a la llanura aluvial se reconoció una terraza moderna con depósitos no consolidados. Además, de la planicie aluvial, superficies pedimentadas, terrazas aluviales de ancho irregular, cañadones primarios que encierran la región de estudio y secundarios en donde se desarrollan cauces de carácter efímeros, los cuales son activados cuando ocurren precipitaciones extraordinarias, se identificaron meandros abandonados, geoforma fluvial en ambientes de cursos de hábito meandriforme.

Las unidades geomorfológicas presentan límites muy irregulares, por lo que, en ocasiones, invaden en pequeñas áreas, una a otra, es por ello que las características de las perforaciones varían de acuerdo a la ubicación. El número de las mismas es abundante en llanura aluvial y en cambio al sur disminuyen abruptamente debido a la consolidación del suelo; las profundidades en general son menores en la planicie aluvial y mayores hacia el sur; en cuanto a la realización, la mayoría están hechas a pala o hincadas y en raras excepciones perforadas mecánicamente, dependiendo de la dureza del suelo, la cual es significativa en las terrazas antiguas; y los usos del agua extraída (desuso, riego, lavado, consumo humano), dependen de la calidad, en algunos casos la salinidad es tan elevada que la misma no es apta ni si quiera para riego, y en otros casos hay evidencia de

contaminación por efluentes cloacales, por lo que no es potable sin tratamiento previo, debido a que superan los máximos establecidos por el Código Alimentario Argentino (Art. 982 - agua potable).

El análisis de los caudales y alturas de la serie de datos 2010-2022 del río Limay y los niveles obtenidos de las mediciones freáticas en la planicie, muestra una estrecha comunicación del río con el acuífero freático, en donde se observó que el nivel de agua en el acuífero baja cuando decae el nivel del río y por ende el caudal. En la gran mayoría de los niveles medidos en las perforaciones existentes, se aprecia un descenso en invierno, seguramente debido a la evidente disminución en los caudales del río Limay en este año 2022 en particular por la emergencia hídrica, pero en la peculiar y única perforación situada bien al sur, el nivel aumentó, mostrando en principio que no tiene relación con el río desde el punto de vista hidrodinámico.

El modelo hidrogeológico, está constituido por dos grandes unidades, una somera, la más importante y utilizada en la zona, de un espesor medio que varía entre 10 m y 12 m aproximadamente con ubicación norte y una profunda ubicada al sur, base del nivel acuífero somero, compuesta esencialmente por sedimentitas del Subgrupo Río Neuquén, constituyendo un complejo acuífero profundo, cuyo conocimiento deriva principalmente de datos indirectos, en donde se localizan al menos tres niveles acuíferos, dos someros, arealmente restringidos pudiendo dar manantiales al interceptar la superficie, y un tercer nivel acuífero confinado de aproximadamente 45 m de profundidad. El sistema presenta un sentido general de escurrimiento sur-norte con descarga hacia el valle y la llanura aluvial y el sentido del flujo subterráneo en general es de oeste a este.

En función de la relación entre el agua superficial y subterránea, la principal recarga al acuífero libre aluvial proviene desde el río cuando el mismo es influente y también hay una posible recarga desde el acuífero confinado, ya que la planicie aluvial podría estar comunicada con el acuífero confinado por una superficie de contacto. Este acuífero confinado, no está sobreexplotado y debido a que el nivel de energía es mucho mayor que el del río, se deduce que la recarga se encuentra fuera del área de estudio, proveniente desde el sur y de carácter regional. Para las napas someras, acuíferos más locales y de recarga no permanente, el único término de ingreso estaría dado por la infiltración por lluvia.

En cuanto a la disponibilidad de agua, se expresó sólo la fórmula del balance global para cada acuífero distinguido, debido a que sólo se conocen la precipitación media anual de 173 mm/año y la evapotranspiración potencial del orden de los 771 mm/año y los demás parámetros se desconocen, por lo que hacen falta más investigaciones para cuantificar la magnitud de las recargas o de las reservas.

Desde una perspectiva hidroquímica, al norte de la zona de estudio, la concentración de iones, así como la salinidad son bajas y el agua para la planicie, al igual que la del río Limay es del tipo bicarbonatada sódica, confirmando una fuerte comunicación entre el río y el acuífero libre aluvial. La influencia del río disminuye hacia el sur y aumenta la salinidad y la concentración de iones, predominantemente de sulfatos (SO_4^{2-}) y sodio (Na^+), indicando un mayor tiempo de residencia en los estratos del Subgrupo Río Neuquén, obteniéndose aguas del tipo sulfatadas sódicas. En consecuencia, en el área de la llanura aluvial, hasta los límites de la terraza moderna, se registraron los valores más bajos de conductividad eléctrica y un valor medio de pH igual a 7.22 y hacia el sur, los valores de conductividad eléctrica aumentan considerablemente, con valores medios de pH igual a 7.61. A efecto, se observa un intenso vínculo entre el agua subterránea con las unidades geomorfológicas, realizándose una zonificación, en donde las aguas dulces están presentes al norte de la zona y hacia el sur se tornan salobres a saladas.

Como la población se caracteriza por la falta de servicios públicos básicos, el mayor factor que puede generar daño al recurso, son los efluentes cloacales y en menor medida por plaguicidas, provenientes de las chacras aledañas, por lo que se realizó una zonificación de vulnerabilidad para la zona, en donde se constata de una muy elevada vulnerabilidad al norte, en el acuífero libre aluvial, ya que es muy permeable y hacia el sur, en general disminuye debido a que la conductividad en los estratos del Subgrupo Río Neuquén es menor, la pendiente aumenta considerablemente y hay un espesor significativo de estratos por encima de los acuíferos. En lo referente al acuífero confinado, se puede deducir que en la zona de estudio no es vulnerable, pero sí lo es, en el área de recarga.

Conforme a lo expuesto con anterioridad, se generó de manera sencilla perfiles y mapas exhibidos a lo largo del presente trabajo, en donde es evidente que la información disponible y recopilada a partir de las perforaciones existentes, en la zona sur de Balsa Las perlas es limitada, por lo que se podría completar con futuras investigaciones utilizando métodos geofísicos.

Palabras Claves: Hidrogeología, Agua subterránea, Subsuelo, río Limay.

ABSTRACT

Currently, the antecedents referring to the characteristics of the aquifer units of Balsa Las Perlas are extremely scarce, hence the importance of this study carried out between the main canyons East, West and the Limay River, in an environment developed under arid climatic conditions linked to a strong annual water deficit and heavily anthropized, the objective of this work being the hydrogeological characterization of the study area.

For the analysis, in principle a description of the outcrops and a census were carried out through which a total of 98 boreholes were surveyed, fixing the geographical coordinates with a GPS. Considering the density of recorded data and the information collected, both geological and geomorphological, the water levels were measured in two opposite stations using a probe, in order to know the hydrodynamics of the place, contemplating an integrated treatment of the hydrological cycle (water groundwater – surface water), for which information from the Limay River provided by the Interjurisdictional Authority of the Basins (AIC) was incorporated. Physicochemical parameters were also acquired in situ with a conductivity meter, a pH sensor and through the analysis of samples and reports provided by the owners of the boreholes. Based on the available information on an NS transect, a geo-hydrogeological model was built based on the Digital Elevation Model (DEM) with a spatial resolution of 5 m from the National Geographic Institute (IGN). Based on the determined model, global expressions of the hydrological balance were obtained for each differentiated aquifer unit, considering the vulnerability factors. In addition, cartography corresponding to geology and geomorphology was prepared using the ArcGIS software. It should be noted that, in this work, at the beginning of each chapter the methodology used in particular is stated and detailed.

Based on the above, two degrees of local lithostratigraphic environments could be inferred, the first with a northern location, made up of deposits belonging to the alluvial plain of the Limay River made up of conglomerates and loose gravels with less participation of coarse sand as a matrix of Holocene age, which limits to the south and in depth with the second environment constituted by sedimentary deposits of the Río Neuquén Subgroup exposed on the walls of the ravines and on the scarps of the walls, characterized lithologically by an alternating succession of mudstone and sandy deposits of Upper Cretaceous age. . , where the arrangement of the strata is determined based on the lithology that emerges and the information collected by neighbors with general knowledge of the area and others from the oil field. This entire succession is generally covered by a thin mantle of deposits from the terraced levels, but also, in restricted sectors such as on the sides of the East ravine, in the area where a small sand quarry is located, the Balsa Las Perlas deposits, informal name for a set of predominantly reddish sandstone deposits of Pleistocene age, probably related to or contemporary with the terrace levels of the Limay River.

Four levels of terraces were distinguished, three to the south being ancient, because their deposits are consolidated, the gravels are cemented with calcium carbonate (CaCO₃), and adjacent to the alluvial plain a modern terrace with unconsolidated deposits was recognized. In addition, from the alluvial plain, paved surfaces, alluvial terraces of irregular width, primary ravines that enclose the study region and secondary ones where ephemeral channels develop, which are activated when extraordinary rainfall occurs, abandoned meanders, geomorphs are identified in fluvial environments with courses of meandering habit.

The geomorphological units have very irregular boundaries, which is why they sometimes invade one another in small areas, which is why the characteristics of the perforations vary according to the location. Their number is abundant in the alluvial plain and, however, to the south they decrease abruptly due to the consolidation of the soil; Depths in general are lower in the alluvial plain and greater towards the south; As for the construction,

the majority are made with a shovel or driven and in rare exceptions mechanically drilled, depending on the hardness of the soil, which is significant in old terraces; and the uses of the extracted water (disuse, irrigation, washing, human consumption) depend on the quality, in some cases the salinity is so high that it is not even suitable for irrigation, and in other cases there is evidence of contamination by sewage effluents, so it is not drinkable without prior treatment, because they exceed the maximums established by the Argentine Food Code (Art. 982 - drinking water).

The analysis of the flows and heights of the 2010-2022 data series of the Limay River and the levels obtained from phreatimetric measurements in the plain, shows a close communication of the river with the phreatic aquifer, where it was observed that the water level the aquifer drops when the river level and therefore the flow decreases. In the vast majority of the levels measured in the existing boreholes, a decrease is seen in winter, surely due to the evident decrease in the flows of the Limay River in this year 2022, particularly due to the water emergency, but in the peculiar and only borehole Located well to the south, the level increased, showing in principle that it has no relationship with the river from a hydrodynamic point of view.

The hydrogeological model is made up of two large units, a shallow one, the most important and used in the area, with an average thickness that varies between 10 m and 12 m approximately located in the north, and a deep one located in the south, base of the shallow aquifer level. , essentially composed of sedimentites from the Río Neuquén Subgroup, constituting a deep aquifer complex, whose knowledge derives mainly from indirect data, where at least three aquifer levels are located, two shallow, areally restricted and can give springs when intercepting the surface, and a third confined aquifer level approximately 45 m deep. The system presents a general direction of south-north runoff with discharge towards the valley and the alluvial plain and the direction of the underground flow in general is from west to east.

Depending on the relationship between surface and groundwater, the main recharge to the free alluvial aquifer comes from the river when it is influent and there is also a possible recharge from the confined aquifer, since the alluvial plain could be connected to the aquifer confined by a contact surface. This confined aquifer is not overexploited and because the energy level is much higher than that of the river, it is deduced that the recharge is outside the study area, coming from the south and of a regional nature. For shallow layers, more local aquifers and non-permanent recharge, the only entry term would be given by infiltration by rain.

Regarding water availability, only the global balance formula was expressed for each distinguished aquifer, because only the average annual precipitation of 173 mm/year and the potential evapotranspiration of the order of 771 mm/year and the Other parameters are unknown, so more research is needed to quantify the magnitude of the recharges or reserves.

From a hydrochemical perspective, to the north of the study area, the concentration of ions, as well as salinity, are low and the water for the plain, like that of the Limay River, is of the sodium bicarbonate type, confirming a strong communication between the river and the free alluvial aquifer. The influence of the river decreases towards the south and increases salinity and the concentration of ions, predominantly sulfates (SO_4^{2-}) and sodium (Na^+), indicating a longer residence time in the strata of the Neuquén River Subgroup, obtaining sulfated waters. sodium. Consequently, in the floodplain area, up to the limits of the modern terrace, the lowest values of electrical conductivity and an average value of pH equal to 7.22 were recorded and towards the south, the values of electrical conductivity increase considerably, with average pH values equal to 7.61. To this end, an intense link is observed between the groundwater and the geomorphological units, creating a zoning, where fresh waters are present to the north of the area and to the south they become brackish to salty.

As the population is characterized by the lack of basic public services, the greatest factor that can cause damage to the resource is sewage effluents and to a lesser extent pesticides, coming from the surrounding farms, which is why a vulnerability zoning was carried out to the area, where there is a very high vulnerability to the north, in the free alluvial aquifer, since it is very permeable and towards the south, it generally decreases because the conductivity in the strata of the Río Neuquén Subgroup is lower, the slope increases considerably and there is a significant thickness of strata above the aquifers. Regarding the confined aquifer, it can be deduced that in the study area it is not vulnerable, but it is vulnerable in the recharge area.

In accordance with what was previously stated, profiles and maps exhibited throughout this work were generated in a simple way, where it is evident that the information available and compiled from the existing drillings in the southern area of Balsa Las Perlas is limited, so it could be completed with future investigations using geophysical methods.

Key words: Hydrogeology, Groundwater, Subsurface, Limay river.

AGRADECIMIENTOS

Son numerosas las personas que de una u otra forma colaboraron conmigo para hacer posible la realización de este trabajo final. Quisiera destacar a algunas de ellas.

Mi mayor agradecimiento está dedicado a mi madre y a mi padre que me han alentado constantemente en este y en todos los proyectos. Por su incondicional amor. Todo lo que soy se los debo a ellos.

A mi marido, por apoyarme día a día y creer en mí.

A mis compañeros, por las largas horas de estudio en que nos acompañamos.

A mis amigos por ser incondicionales.

A mis vecinos de Balsa Las Perlas por colaborar, por estar siempre predispuestos a ayudar.

A mis profesores, todos y cada uno de ellos que contribuyeron en mi formación y que siempre han estado disponibles y sin ningún reparo han compartido todo y en especial a mi directora, por su confianza y permanente apoyo, y a mi codirector, por todos los aportes y conocimientos compartidos.

Al jurado, por su lectura crítica y útiles sugerencias para la redacción final de este trabajo.

A la Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro por proporcionar la información básica para realizar este trabajo.

A la educación pública y gratuita de mi país, que me brindó la posibilidad de ser profesional.

Todos ellos saben que estoy sinceramente agradecida.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	4
AGRADECIMIENTOS.....	7
1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Objetivo general.....	13
1.2. Objetivos específicos.....	13
1.3. Ubicación del área de estudio.....	14
2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	15
2.1. Población.....	15
2.2. Clima.....	18
2.3. Geomorfología.....	20
2.4. Suelos.....	23
2.5. Vegetación.....	23
3. GEOLOGÍA.....	25
3.1. Antecedentes geológicos regionales.....	25
3.2. Geología del área de estudio.....	28
3.2.1. Ubicación y descripción de los perfiles aflorantes.....	28
3.2.2. Caracterización de afloramientos.....	29
3.2.3. Perfil litoestratigráfico local.....	35
3.2.4. Mapa geológico local.....	36
4. HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA.....	37
4.1. Aguas Superficiales.....	37
4.1.1. Cuenca del río Limay.....	37
4.1.2. Río Limay.....	38
4.1.2.1. Caudales y alturas en Balsa Las Perlas.....	39
4.1.2.2. Química del agua.....	41
4.2. Aguas Subterráneas.....	43
4.2.1. Antecedentes hidrogeológicos regionales.....	43
4.2.2. Hidrogeología del área de estudio.....	44
4.2.2.1. Vertientes.....	45
4.2.2.2. Unidades hidrogeológicas.....	45
4.2.3. Hidrodinámica del área de estudio.....	46
4.2.1.1. Características de los puntos de medición.....	48
4.2.1.2. Niveles de marzo y junio.....	50
4.2.1.2.1. Perfil de niveles freáticos y piezométricos.....	51
4.2.1.2.2. Mapas piezométricos.....	53

5.	HIDROQUIMICA DE LOS ACUÍFEROS.....	54
5.1.	Sitios muestreados	54
5.1.1.	Muestreo	54
5.1.2.	Procesamiento.....	54
5.2.	Resultados e interpretación.....	54
5.2.1.	Diagrama de Piper	55
5.2.2.	Diagrama de Wilcox.....	56
5.2.3.	Diagrama de Stiff	56
5.2.4.	Distribución de la conductividad eléctrica	58
6.	MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL	60
6.1.	Relación agua superficial y agua subterránea.....	61
6.1.1.	Disponibilidad de agua en el área de estudio - Balance hidrológico	61
6.1.2.	Ecuaciones globales.....	62
6.2.	Relación acuífero libre aluvial y acuífero confinado.....	63
6.3.	Relación acuífero libre de la llanura aluvial y acuífero libre cubierto del subgrupo Río Neuquén	63
7.	VULNERABILIDAD DE LOS ACUÍFEROS	64
7.1.	Factores de vulnerabilidad y potencial daño a los acuíferos en Balsa Las Perlas	65
7.2.	Zonificación de Vulnerabilidad en el área de estudio.....	65
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
9.	BIBLIOGRAFIA.....	69
10.	ANEXO.....	72
10.1.	Informes de los análisis de las muestras de agua.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio. A: localizada en el departamento el Cuy, Prov. de Río Negro, Argentina; B: sector frente a la ciudad de Neuquén, separada por el río Limay; C: comprendida entre los cañadones principales Este y Oeste y al norte limitada por el río Limay	14
Figura 2. Ferry La Balsa que posibilitó el cruce del Río Limay hasta el año 2001. Actualmente en desuso ubicada en una plaza en el barrio Las 33, Balsa Las Perlas	17
Figura 3. Barrios de Balsa Las Perlas, ubicación de las perforaciones y de la planta de agua.....	17
Figura 4. Instalaciones para extracción de agua del río Limay para uso domiciliario	18
Figura 5. Precipitación y excesos hídricos mensuales, calculados a partir de balance diario de datos obtenidos de la estación Aeropuerto de la ciudad de Neuquén, ubicada a una altura de 271 m sobre el nivel del mar (msnm) operada por el Servicio Meteorológico Nacional. Serie 2000-2010 (Laurencena, 2015)	19
Figura 6. Precipitación- evapotranspiración real anuales en el periodo 2000-2010, realizado a partir de datos de Precipitación –excesos- evapotranspiración anual calculados a partir de balance diario, extraídos de Laurencena 2015	19
Figura 7. Ubicación de las imágenes de las unidades geomorfológicas reconocidas.....	20
Figura 8. Imagen 1 (A): nivel 2 de terraza y pedimento de flanco. Imagen 2 (B): rodados cementados pertenecientes al segundo nivel de terraza	21
Figura 9. Imagen 3: planicie aluvial del río Limay	21
Figura 10. Imagen 4 (A): meandro abandonado del lado neuquino. Imagen 5 (B): meandros abandonados del lado de Balsa Las Perlas	21
Figura 11. Imagen 6: cañadón Este	22
Figura 12. Unidades Geomorfológicas principales del área de estudio.....	22
Figura 13. Suelos de la prov. de Río Negro. Fuente: INTA SAGPyA Proyecto PNUD Arg.85/019 (1989)	23
Figura 14. Regiones Ecológicas de la prov. de Río Negro. Fuente: Bran, D. et al., INTA EEA Bariloche (2000)	24
Figura 15. Dominio Fisionómico Florístico de la prov. de Río Negro. Fuente: Bran, D. et al., Atlas dietario de herbívoros patagónicos INTA GTZ (1997)	24
Figura 16. La Estepa. Se observan las especies Mata Sebo, Jarilla y Zampa de Balsa Las Perlas.....	24
Figura 17. A: ubicación de la Cuenca Neuquina en Argentina; B: área de estudio en la Cuenca Neuquina. Extraída de Ramos et al., 2011	25
Figura 18. Secuencia sedimentaria constituida por el basamento, relleno sedimentario y la cubierta Cenozoica. Extraído de Laurencena, 2015, destacándose la columna litoestratigráfica del Grupo Neuquén según Garrido, 2010.....	26
Figura 19. Depósitos de Balsa Las Perlas, en el cañadón al este del puente. A: cantera de arena, B: resaltos en el cauce de areniscas fuertemente cementadas	27
Figura 20. Ubicación de los perfiles.....	28
Figura 21. A la izquierda se observa el perfil litológico N.º2 perteneciente al barranco del Río Limay, ubicado al NO de la región de estudio. A, B y C son acercamientos de cada paquete sedimentario. A la derecha, su interpretación litológica correspondiente	29
Figura 22. A la izquierda se observa el perfil litológico N.º 8, ubicado en el centro norte del área de estudio. A es un acercamiento a la primera capa. A la derecha, su interpretación litológica correspondiente.....	29
Figura 23. A la izquierda se observa el perfil litológico N.º13, ubicado a NE de la región de estudio. Inmediatamente a la izquierda del puente. A y B son acercamientos de cada paquete sedimentario. A la derecha, su interpretación litológica correspondiente	30
Figura 24. A la izquierda se observa el perfil litológico N.º20, ubicado a NO de la región de estudio, inmediatamente al este de la desembocadura del cañadón Oeste. A y B son acercamientos de cada paquete sedimentario. A la derecha, su interpretación litológica.....	31

Figura 25. A la izquierda se observa el perfil litológico N.º27, ubicado al O de la región de estudio, en el cañadón oeste. A, B y C son acercamientos de cada paquete sedimentario. A la derecha, su interpretación litológica correspondiente	31
Figura 26. A la izquierda se observa el perfil litológico N.º28, ubicado al SO de la región de estudio, en el cañadón oeste. A1, A2 y B son acercamientos de cada paquete sedimentario. A la derecha, su interpretación litológica correspondiente	32
Figura 27. A la izquierda se observa el perfil litológico N.º30, ubicado al NE de la región de estudio. A y B son acercamientos de cada paquete sedimentario. A la derecha, su interpretación litológica correspondiente	33
Figura 28. A la izquierda se observa el perfil litológico N.º34, Cantera de arena, ubicada al E de la región de estudio. A y B son acercamientos de cada paquete sedimentario. A la derecha, su interpretación litológica correspondiente.....	33
Figura 29. La secuencia está muy poco diagenizada y los términos arenosos son friables, permitiendo la explotación mediante pala mecánica (Hoja Geológica 3969 -II)	34
Figura 30. A la izquierda se observa el perfil litológico N.º39, ubicado al SO de la región de estudio. A, B, C y D son acercamientos de cada paquete sedimentario. A la derecha, su interpretación litológica correspondiente.....	34
Figura 31. Ambientes sedimentarios en el área de estudio.....	35
Figura 32. Litoestratigrafía del área de estudio	36
Figura 33. Unidades litoestratigráficas principales del área de estudio.....	37
Figura 34. Ubicación de la cuenca del Río Limay, las represas y el área de estudio	38
Figura 35. Estación Balsa Las Perlas, ubicación de las tomas de las muestras de agua y escalas	39
Figura 36. Variaciones del nivel del agua en marzo y junio. Se observa una disminución en el nivel de agua del río Limay de unos 40 cm aproximadamente. La imagen de la izquierda corresponde al mes de marzo y la de la derecha a junio del año 2022, en el margen sur del cauce	39
Figura 37. Hidrograma del río Limay, estación Balsa Las Perlas	40
Figura 38. Escalas limnimétricas en Valentina Sur, margen izquierda del río Limay frente a Balsa Las Perlas	40
Figura 39. Alturas y caudales del río Limay. Serie 2010-2021. Estación Balsa Las Perlas.....	41
Figura 40. Diagrama de Piper de las muestras del río Limay.....	42
Figura 41. A la izquierda, diagramas de Stiff representativos de las muestras en el área de estudio. A la derecha diagramas de Stiff de cada muestra.....	42
Figura 42. Regiones Hidrogeológicas de Argentina, extraído de Auge, M. et al. 2006	43
Figura 43. Regiones Hidrogeológicas extraído de Colombino, J. y Luengo, M. 2011	44
Figura 44. Ubicación de la vertiente.....	45
Figura 45. Caracterización hidrogeológica de la zona de estudio	46
Figura 46. Ubicación de los sitios censados	47
Figura 47. Puntos seleccionados para la medición	47
Figura 48. Cristales de sal en termostato eléctrico	48
Figura 49. Perfil descripto por el propietario PM22.....	48
Figura 50. Medición de nivel piezométrico en perforación mediante sonda freaticométrica	51
Figura 51. Niveles freáticos y piezométricos para los meses de marzo y junio del año 2022.....	52
Figura 52. Niveles piezométricos del área de estudio para los meses de marzo y junio del año 2022.....	53
Figura 53. Ubicación de los sitios muestreados	54
Figura 54. Diagrama de Piper de las muestras seleccionadas	55
Figura 55. Diagrama de Wilcox (1955) con la clasificación de aguas muestreadas, según la aptitud de uso para la irrigación. La elipse de color rojo destaca las muestras fuera de rango	56
Figura 56. Diagramas de Stiff de cada muestra.....	57
Figura 57. Diagramas de Stiff representativos de las muestras en el área de estudio	58

Figura 58. Distribución de la conductividad eléctrica del agua de pozos en los diferentes acuíferos identificados (junio 2022).....	59
Figura 59. Modelo hidrogeológico del área de estudio	60
Figura 60. Acercamiento de la relación alternativa entre el acuífero confinado regional y el libre aluvial	63
Figura 61. Estimación de pendiente del acuífero libre cubierto	63
Figura 62. Alternativa de la distancia alcanzada por el acuífero libre cubierto.....	64
Figura 63. Vulnerabilidad de los acuíferos.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de las características físico-químicas de las muestras	42
Tabla 2. Sistema geohidrológico	45
Tabla 3. Características de los puntos de medición. A cada punto se le asignó el color de la unidad a la cual pertenecen para una fácil identificación	49
Tabla 4. Valores de las mediciones de marzo y junio	50
Tabla 5. Variación de los niveles piezométricos	51
Tabla 6. Balance iónico de las muestras.....	55
Tabla 7. Resumen de resultados de las muestras que superan los valores establecidos por CAA	55
Tabla 8. Resumen de los análisis microbiológicos para PM3	56
Tabla 9. Composición de las muestras de agua (concentraciones en mg/L)	57
Tabla 10. Valores de pH, temperatura (°C) y conductividad eléctrica (μS/cm) de los puntos medidos	59

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural escaso, esencial para el desarrollo socioeconómico de una región y fundamental para la vida. Leonardo Da Vinci (s. XV) la definía como el “motor de la Naturaleza”.

Se presenta en la Tierra bajo tres formas: líquida, en forma de hielo o vapor y su movimiento general se denomina Ciclo Hidrológico, ascendente por evaporación y descendente primero por las precipitaciones en sus distintas formas como nieve, granizo, lluvia y también bajo la forma de escorrentía superficial desde la cual una fracción se infiltra en los suelos para originar la escorrentía subterránea a través de los acuíferos (Martínez de Azagra, 1995).

Del agua total global, solo aproximadamente el 2,5 % corresponde a aguas dulces, en las cuales se enfocará este estudio ya que básicamente es la que utilizamos, más específicamente las aguas subterráneas que son aquella parte del agua existente bajo la superficie terrestre que puede ser colectada mediante perforaciones, túneles o galerías de drenaje o la que fluye naturalmente hacia la superficie a través de manantiales o filtraciones a los cursos fluviales (ENOHSA: ENTE NACIONAL DE OBRAS HÍDRICAS DE SANEAMIENTO).

Las aguas subterráneas representan aproximadamente un 30,1 % de las reservas de agua dulce del planeta (UNESCO'S estimation of the global water balance (Korzoun *and* Sokolov, 1978)). Estas se distribuyen de forma irregular y en general el espesor de la zona no saturada suele ser otra característica distintiva de las zonas áridas y semiáridas (Scanlon *et al.*, 1997).

En esta región de clima árido es necesario el estudio de los aspectos hidrogeológicos, ya que debido al avance urbano y su consecuente actividad puede generar fuertes modificaciones en el comportamiento hidrológico. Los cambios en el uso de la tierra, uso del agua, expansión agrícola, irrigación son algunas de estas actividades que cambian sustancialmente las condiciones naturales afectando la integridad del ciclo hidrológico.

La zona de estudio superficialmente comprende la llanura aluvial y las terrazas fluviales. Una llanura aluvial es una región particularmente sensible a las modificaciones antrópicas, pudiendo manifestarse en variaciones sobre las características de la recarga o descarga del sistema subterráneo, del flujo y calidad del agua subterránea y consecuentemente en las condiciones ambientales.

Contar con una caracterización del sistema hídrico subterráneo acorde con la escala propuesta para el análisis permitirá definir líneas de actuación futuras de gestión del recurso.

1.1. Objetivo general

El objetivo principal del trabajo, fue caracterizar la geohidrología del área de estudio a efectos de contribuir al conocimiento del agua subterránea en la zona de Balsa Las Perlas.

1.2. Objetivos específicos

Consecuentemente se desprenden objetivos particulares como:

- Analizar la geología del subsuelo, para establecer un modelo conceptual geológico que permita inferir el modelo hidrogeológico del área.
- Releva la información hidrogeológica en perforaciones existentes (actualmente no disponible).
- Generar la cartografía temática hidrogeológica e hidroquímica.
- Estimar el posible origen de la recarga de los acuíferos.
- Estimar la disponibilidad de agua a través de un balance hídrico.

1.3. Ubicación del área de estudio

El área de estudio comprendida entre los cañadones principales Oeste y Este, y al norte limitada por el río Limay (

Figura 1), se ubica al norte de la Patagonia argentina, dentro de la provincia de Río Negro, en el departamento El Cuy, centrada en el sector comprendido entre los $38^{\circ}58'$ - $39^{\circ}0'$ de latitud S y los $68^{\circ}7'$ - $68^{\circ}11'$ de longitud O. Esta localidad se encuentra frente a la ciudad de Neuquén separada de ella por el Río Limay, a unos 12 km aproximadamente de la confluencia con el Río Neuquén con el que forma el Río Negro que desemboca en el océano Atlántico en las inmediaciones del Balneario El Cóndor, a 30 km de Viedma.

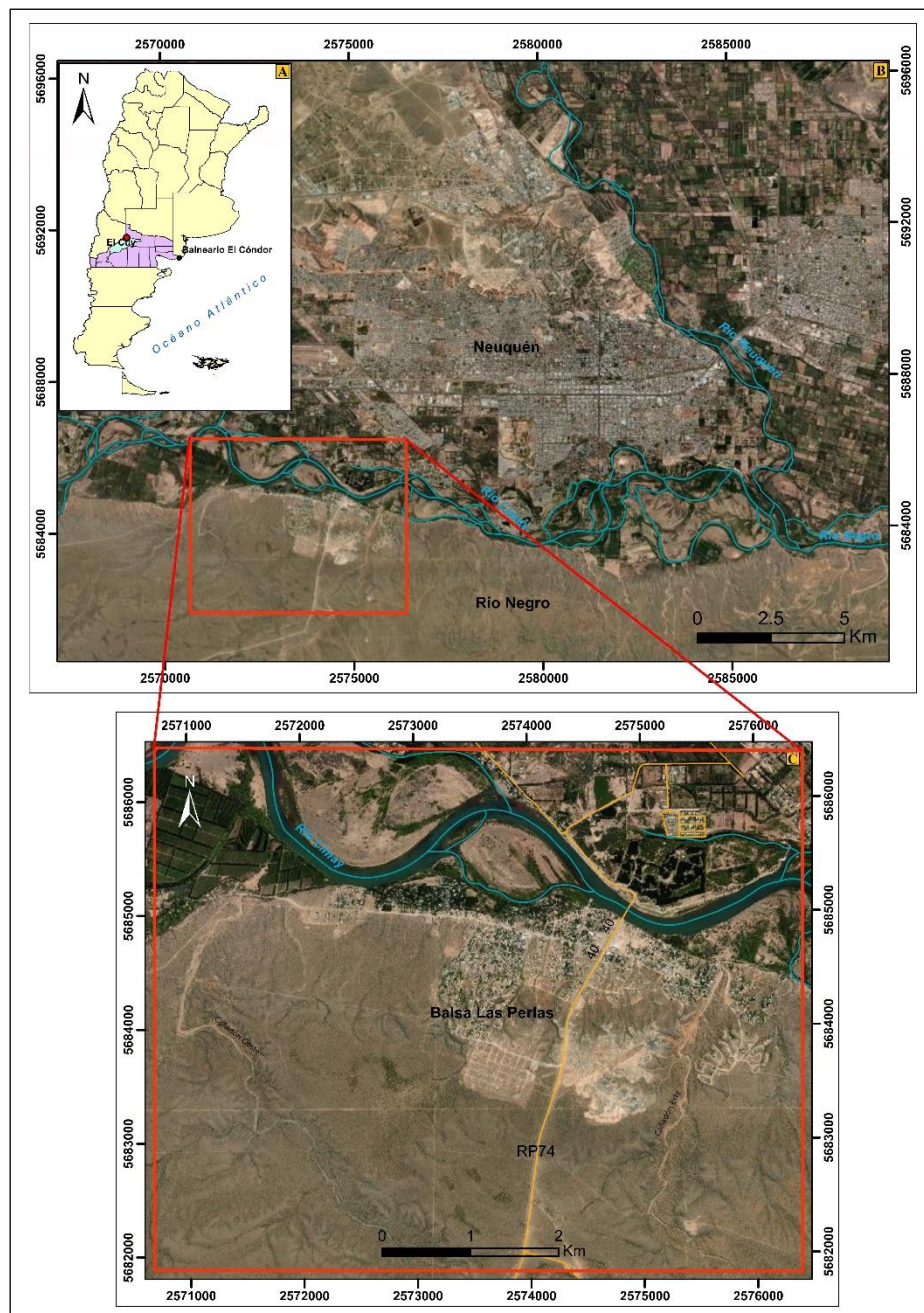


Figura 1. Ubicación del área de estudio. A: localizada en el departamento el Cuy, Prov. de Río Negro, Argentina; B: sector frente a la ciudad de Neuquén, separada por el río Limay; C: comprendida entre los cañadones principales Este y Oeste y al norte limitada por el río Limay

Balsa Las Perlas está vinculada con otras localidades rionegrinas mediante la Ruta Provincial N.º 74, de ripio, que continúa en dirección sureste. Sin embargo, la movilidad se orienta hacia el norte, por el puente interprovincial inaugurado en el año 2001 que conecta con el barrio “Valentina Sur” de la ciudad de Neuquén. Desde allí, se está a sólo 1 km de la Ruta Nacional N.º 22.

2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

En este capítulo se exponen los aspectos que describen de manera general el entorno donde se desarrolla el área de estudio. Asimismo, en base a la información antecedente disponible y aquella generada para este análisis se procede a la descripción de las características en cuanto a la población, climáticas, geomorfológicas, edáficas y vegetación.

2.1. Población

Balsa Las Perlas, también llamado “Las Perlas”, “Balsa”, “Rincón Las Perlas”, está ubicado en un territorio denominado la Margen Sur, es la localidad más poblada y mejor ubicada de un territorio muy poco desarrollado como es el departamento El Cuy, región rica en recursos naturales y de gran potencial turístico.

A continuación, se destacarán los acontecimientos más relevantes en cuanto a la construcción social del territorio en estudio, desde el año 1957-2010, extraídos de Barrionuevo, C. (2012) a la actualidad.

En el año 1957 el doctor Miguel Lembeye visita por primera vez el Alto Valle de Río Negro. Por iniciativa del mismo, se funda la sociedad anónima Forestadora Del Limay y la compra de 12.500 hectáreas al sur del río Limay en 1958/9. Allí se radica definitivamente con su familia en 1967 y a partir de entonces, se identifica a Miguel Lembeye como impulsor de un “proyecto colonizador” propio, que fue llevando a cabo mediante diferentes modalidades de donación y venta de sus terrenos a familias en consecuencia de los diversos fines (producción agrícola, casas de fin de semana, loteo social, loteos gestionados por cooperativas, etc.) generando una heterogénea estructura social.

En 1983-1986 el gobierno provincial solicitó la formación de una comisión investigadora para estudiar el caso de Balsa Las Perlas. La misma concluyó que era necesario expropiar a la empresa 150 hectáreas, lo cual ocurrió sólo con 33 has sobre las que oficialmente declaró la existencia del paraje bajo la figura “Comisión de Fomento”. Un año después, Balsa fue anexada al ejido municipal de Cipolletti.

Durante el transcurso de todo este tiempo, los pobladores debían cruzar el río por medio de un ferry La Balsa (Figura 2) la cual dio origen al nombre de la localidad, operado por la Dirección de Vialidad de la Provincia de Neuquén para realizar compras, trámites, ser asistidos en caso de emergencias médicas complejas, trabajar, etc., es decir, a pesar de su cercanía con la capital neuquina, la población de Balsa tenía conectividad y accesibilidad muy limitadas, hasta que en el año 2001 se inauguró el puente interprovincial. Poco antes de este acontecimiento que abrió paso a grandes cambios para “viejos” y “nuevos” pobladores, moría Miguel Lembeye.

De las 150 has antes mencionadas, las 117 restantes que no se expropiaron, siguieron en litigio judicial hasta 2009, cuando la justicia determinó que seguían en posesión de los dueños, situación jurídico-administrativa que generó problemas en la organización territorial, particularmente para la provisión de servicios públicos básicos. Luego, en 2010 se inicia un proceso de regularización de esas 117 has a través de la firma de un convenio de transferencia y fraccionamiento de tierras acordado por la Forestadora Del Limay y el Municipio de Cipolletti.

A pesar de su status jurídico y las limitaciones que de él se han derivado, este poblado rionegrino tuvo en la última década un enorme proceso de expansión demográfica, signada por los cursos de agua. Conforme datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) Balsa pasó de 266 habitantes en 1991 a 928 en 2001, año a partir del cual, debido al puente, la cifra de habitantes aumentó exponencialmente con una urbanización más caótica que planificada, caracterizada por un trazado de calles sinuosas, muchas de ellas sin salida. Actualmente supera las 18.000 personas, según datos de la Junta Vecinal (2022) y continúa creciendo. Hoy en día, es posible diferenciar como mínimo 14 barrios (Figura 3) según el Registro Nacional de Barrios Populares (RENABAP), distinguidos tanto desde lo geográfico como lo socioeconómico e incluso por la antigüedad de

asentamiento de sus habitantes: Las 33, Primeros Pobladores, Puente Santa Mónica, Santa Mónica, El Parque, Río Sol, Vista del Valle, Barrio Militar, Muten I, Muten II, Costa Esperanza, La Ruca, Barrio NYC (Nacidos Y Criados) y Sector Chacras (Doña Hortensia y Loteo Don Raúl).

Históricamente, la presencia en Balsa del estado provincial (Río Negro) y municipal fue escasa. La población dependió, en general, de los servicios de otras ciudades vecinas, ubicadas en la provincia de Neuquén. Así mismo, muchos pobladores asentaron legalmente su domicilio en estas ciudades para facilitar la atención de la salud o la obtención de educación formal y en sentido amplio, ejercer otros derechos, aunque gran parte de la población tiene domicilio legal en la ciudad de Neuquén, aunque resida en Las Perlas y no realizan cambio de domicilio por razones laborales y para no perder beneficios de sus obras sociales (Kloster, E., 2005).

La falta de servicios públicos básicos (gas natural, energía eléctrica, agua corriente, recolección de residuos sólidos, sistema de alumbrado público, red de saneamiento de aguas servidas, drenaje de aguas pluviales y sistema de vías) a causa de la postergación socio-económica-cultural, ha sido una de las características más salientes de la vida de esta población que se vio agravada en la última década debido a la rápida urbanización. Seguidamente se detallará la situación de Balsa en cuanto a los servicios de agua, electricidad y gas, según datos sobre servicios básicos elaborado por la Mesa Coordinadora para el Desarrollo de Las Perlas, 2010 y discursos de los entrevistados:

AGUA: actualmente existen 3 perforaciones (Figura 3) encamisadas y con filtros naturales desde donde se bombea agua y poseen sistemas colectivos de almacenamiento (cisternas) de agua, desde donde se distribuyen. El primer pozo (P1) suministra agua al barrio Costa Esperanza y parte de Santa Mónica, el segundo (P2) abastece agua a los barrios Vista del Valle, El Parque y Primeros Pobladores y el tercero (P3) distribuye agua a los barrios Muten I y II y parte del Militar.

El servicio del Pozo 1 pertenece a la Cooperativa Lembeye, el Pozo 2 es privado, ambos administrados por el Municipio de Río Negro y el Pozo 3 compete a la Cooperativa Muten.

Además, la empresa Aguas Rionegrinas Sociedad Anónima (ARSA), cuenta con extracción por bombeo desde el río Limay siendo clorada en su producción, circulando por la red de distribución a los barrios Las 33 y La Ruca. La misma no posee cisterna de almacenamiento y desde aquí tanto como de las tres perforaciones antes mencionadas se extrae agua con bombas encendidas prácticamente 24 horas.

En cuanto a los barrios en donde ningún servicio de los anteriores llega, como por ejemplo es el caso de los barrios Río Sol y NYC, en el primero se hace uso de bombas personales que extraen agua directamente desde el río (Figura 4) y/o son abastecidos y dependen del servicio de reparto de un camión de agua potable (proveniente de la planta potabilizadora EPAS ubicada en el margen norte del Río Limay, en Neuquén) contratado por la municipalidad de Cipolletti.

En 2021 el Departamento Provincial de Aguas (DPA), del Consejo Federal de Inversiones (CFI) y de la Municipalidad de Cipolletti, se reunieron de manera virtual para conocer el grado de avance del proyecto ejecutivo del Plan Director de Agua Potable para Balsa Las Perlas.

ENERGÍA ELÉCTRICA: de todos los barrios que integran Balsa Las Perlas puede decirse que tan sólo tres se encuentran parcialmente regularizados en este aspecto energético. La provisión y distribución central de energía eléctrica está a cargo de CALF, quien comenzó a prestar el servicio eléctrico exclusivamente por razones netamente solidarias hace mucho más de treinta años. Existen más de 300 medidores domiciliarios, pero cerca de 2000 conexiones caseras sin medidor, éstas no son solo de uso domiciliario sino también comercial y en algunos casos industrial. El servicio eléctrico a raíz de esta situación se torna no sólo deficiente sino riesgoso en grado máximo para la vida de las personas.

Los artefactos hogareños por más modernos que sean se tornan inservibles dado la escasa potencia energética que se recibe por la situación de los “enganches”, por la no regularización del sistema y por la no ampliación de la red. La Cooperativa de Servicios Públicos y Comunitarios Las Perlas Ltda. distribuye energía eléctrica en

sólo dos barrios “Militar” y “Muten I” desde setiembre del 2007, implementando sistema de energía regulado y pre pago desde mayo del 2008.

Hasta el 2015, el servicio de distribución eléctrica era potestad de la cooperativa Calf, pero en el año 2019 pasó a ser jurisdicción de EdERSA que comenzó con un intenso trabajo de normalización y regularización eléctrica en diferentes barrios y sectores.

GAS: La población no cuenta con servicio de gas natural. Se recurre al uso de gas envasado, leña y energía eléctrica para cubrir las necesidades de calefacción y cocina.

La potabilidad del agua, la gran cantidad de conexiones clandestinas a las redes de agua, así como al tendido eléctrico y la ausencia de una red de provisión de gas natural son problemáticas centrales en la urbanización de Balsa Las Perlas.



Figura 2. Ferry La Balsa que posibilitó el cruce del Río Limay hasta el año 2001. Actualmente en desuso ubicada en una plaza en el barrio Las 33, Balsa Las Perlas

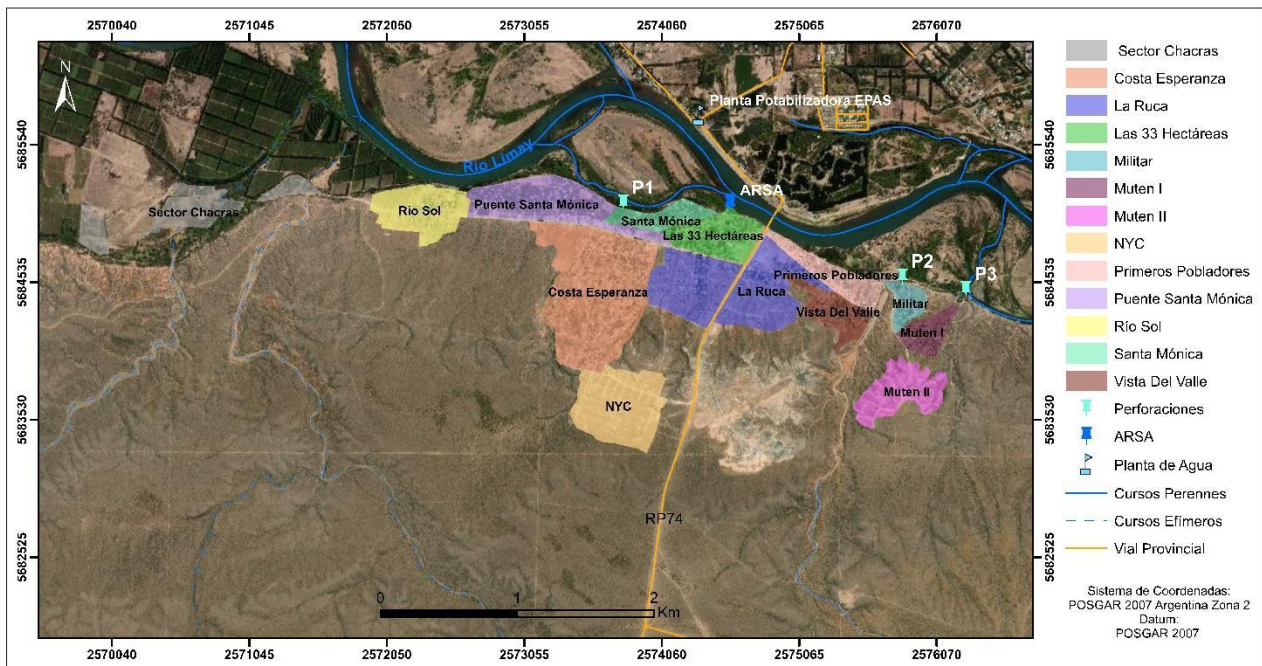


Figura 3. Barrios de Balsa Las Perlas, ubicación de las perforaciones y de la planta de agua



Figura 4. Instalaciones para extracción de agua del río Limay para uso domiciliario

2.2. Clima

La mayor parte del territorio argentino (80 %) forma parte de la llamada Diagonal Árida Sudamericana (Martínez, 2013) considerada un “fenómeno único en el mundo”. Esta zona, es una franja de ancho variable caracterizada por un clima con distintos grados de deficiencias hídricas de máxima aridez, que se extiende en dirección NO-SE sin interrupción desde el océano Pacífico, en las inmediaciones del Ecuador, hasta el océano Atlántico en la Patagonia, abarcando todo el sector noroeste, centro y sur del país. La provincia de Río Negro, en su casi totalidad y por ende el sitio en estudio está incluido en esta singularidad climática, donde los anticiclones semipermanentes del Atlántico y del Pacífico juegan un papel determinante en su ocurrencia (Capitanelli, 1967).

De acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite (1948), la región de diagnóstico pertenece a un clima árido mesotermal, con régimen de humedad arídico (Scoppa y Wambecke, 1976), ligado a temperaturas elevadas, baja humedad del aire y fuerte evaporación, con nulo o escaso exceso de agua.

La meseta extraandina en Patagonia, donde se desarrolla el área de estudio, se caracteriza por ser una zona de escasas precipitaciones de corta duración y de gran intensidad. Las precipitaciones medias anuales son de 173 mm/año, con una evapotranspiración potencial del orden de los 771 mm/año, por lo cual la unidad tiene un fuerte déficit hídrico anual. No obstante, la distribución de las precipitaciones no es homogénea, sino que las mayores láminas se producen en otoño e invierno, cuando la evapotranspiración es baja, lo que permitiría intervalos de excedentes hídricos que podrían recargar los acuíferos en períodos más cortos. Al considerar el balance hídrico para el período 2000 – 2010 con un paso diario de la precipitación y evapotranspiración real, existen excesos de agua en todos los años (Figura 5 y Figura 6), los cuales se producen en general en relación a eventos de precipitaciones superiores a 30 mm mensuales. El valor medio anual es de 45 mm, lo que representa que un 23 % de la precipitación podría infiltrarse o escurrir superficialmente, pero por tratarse de una región de llanura donde el escurrimiento superficial es de escasa significación se reconoce este valor como la precipitación efectiva en un escenario para la recarga del agua subterránea sin riego (Laurencena, 2015).

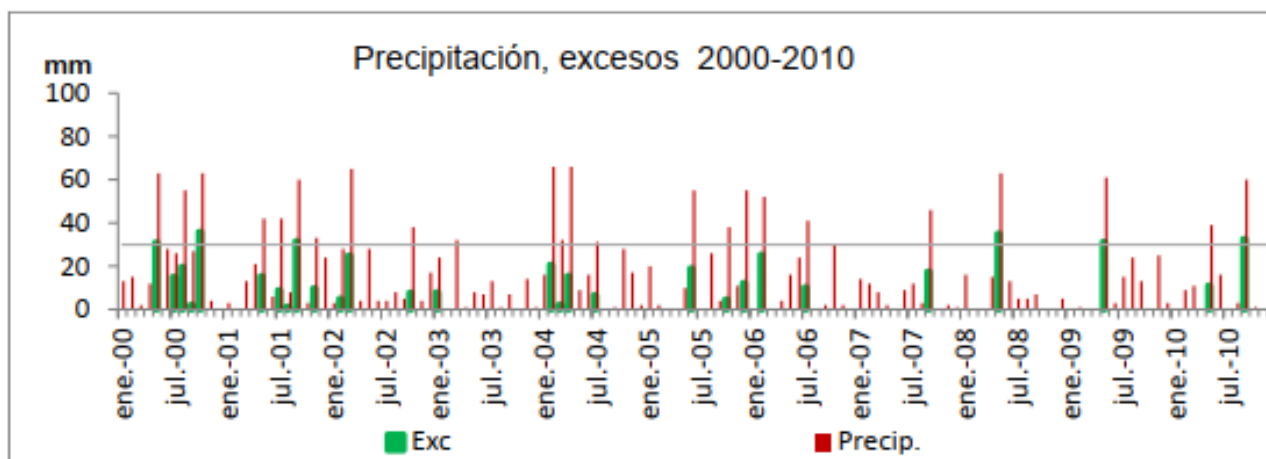


Figura 5. Precipitación y excesos hídricos mensuales, calculados a partir de balance diario de datos obtenidos de la estación Aeropuerto de la ciudad de Neuquén, ubicada a una altura de 271 m sobre el nivel del mar (msnm) operada por el Servicio Meteorológico Nacional. Serie 2000-2010 (Laurencena, 2015)

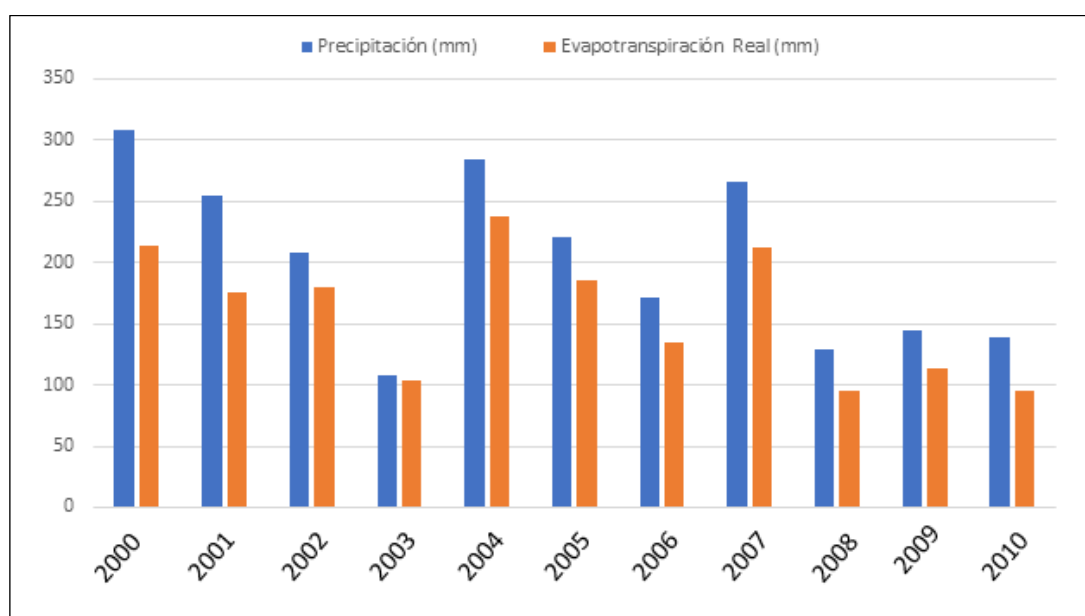


Figura 6. Precipitación- evapotranspiración real anuales en el periodo 2000-2010, realizado a partir de datos de Precipitación – excesos- evapotranspiración anual calculados a partir de balance diario, extraídos de Laurencena 2015

Las temperaturas medias anuales tienen un valor medio comprendido entre 12 °C y 14 °C (INTA, serie 1971-2000).

Los veranos pueden ser especialmente calurosos durante el día, pudiendo alcanzar temperaturas máximas de 40°C, en general muy secos y aportan menos del 20 % de la precipitación anual, mientras que en el invierno las lluvias se producen con mayor regularidad, son muy fríos y es en donde las heladas son comunes cuando las temperaturas medias mínimas son igual o inferior a 0 °C (Pulita, 1989).

Un factor que destaca a la región es el viento, por su presencia durante todo el año, con velocidades que van desde un rango moderado a fuerte provenientes del Anticiclón del Pacífico, con una dirección predominante desde el oeste y suroeste, lo que constituye un factor adicional de aridez ya que favorece la evaporación en un contexto de escasas precipitaciones (Cogliati, 2005).

2.3. Geomorfología

A nivel regional el territorio rionegrino presenta un relieve modelado predominantemente por procesos exógenos sobre los endógenos y se divide en tres grandes entidades geomórficas según González Díaz y Malagnino (1984): ambiente cordillerano, ambiente litoral y el ambiente de mesetas y planicies, la región central, la cual abarca la zona en estudio de este trabajo y en donde predomina una antigua superficie de erosión regional, denominada “Peneplanicie Exhumada de Río Negro”.

En los trabajos de Pereyra (2003, 2018), describen la geomorfología a gran escala de la provincia de Río Negro, como típica de la zona de la meseta extrandina patagónica, más específicamente de planicies estructurales y terrazas norpatagónicas y estructuras debidas a la acción fluvial, como cañadones que, desde las terrazas antiguas, van buscando su nivel de base en los valles de las subcuencas de los ríos Limay y Negro.

En Balsa Las Perlas se pueden reconocer cinco ambientes geomorfológicos principales: terrazas aluviales, superficies pedimentadas, planicie aluvial, meandros abandonados y cañadones (Figura 7), las cuales se describirán a continuación según González Díaz y Ferrer (1986). Estas unidades se mapearon (Figura 12) en escala general de visualización de 1:10.000 y menor en zonas puntuales, sobre la base de la interpretación de imágenes satelitales que fue corroborada con observaciones en el campo.

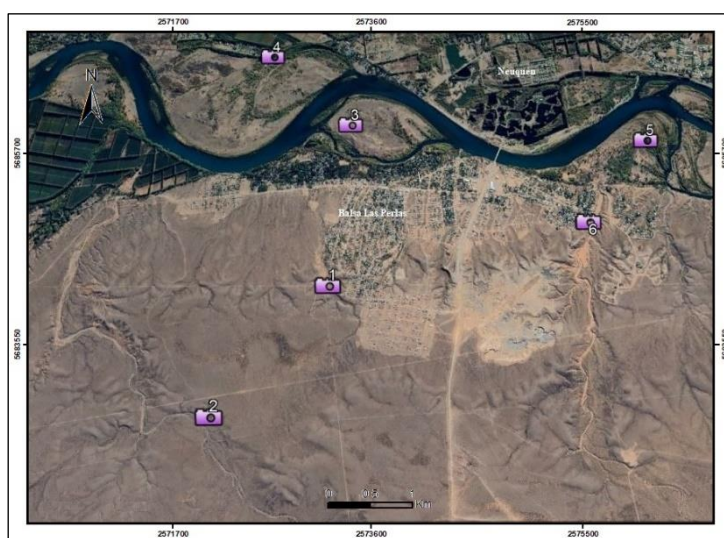


Figura 7. Ubicación de las imágenes de las unidades geomorfológicas reconocidas

Terrazas aluviales. Los ríos permanentes de la región se caracterizan por sus valles muy amplios, escalonados en sección transversal, cuyos laterales están formados por superficies llanas situadas a diferentes niveles. En los bordes de dichas terrazas afloran unidades cretácicas hasta cenozoicas, expuestas por el desplazamiento lateral del cauce, sumado a la remoción en masa y al lavaje pluvial (Fauqué, 1996). Todas estas superficies están cubiertas por cantos de rodados que son remanentes de las viejas planicies aluviales (depósitos fluviales antiguos). En la mayoría, los rodados presentan entoscamiento, originando así planicies estructurales por cementación calcárea (Figura 8).

Pedimentos de flanco. Es una geofoma subvertical de erosión local en las cuales predomina la acción erosiva fluvial no encauzada y fenómenos de meteorización. Se desarrollan al pie de las terrazas, con escurrimiento en dirección al colector fluvial local (Figura 8).

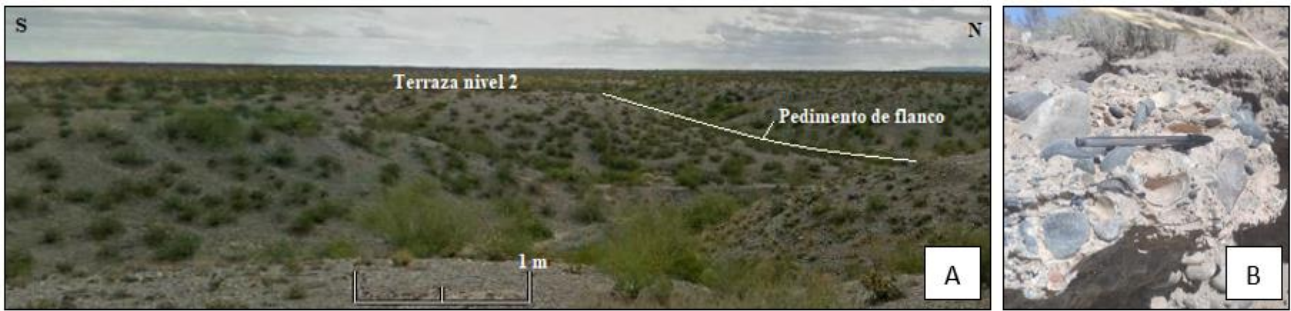


Figura 8. Imagen 1 (A): nivel 2 de terraza y pedimento de flanco. Imagen 2 (B): rodados cementados pertenecientes al segundo nivel de terraza

Planicie aluvial o Llanura aluvial. Geoforma elongada y paralela a ambas márgenes del curso, compuesta por material aluvional proveniente de la acción de transporte del río Limay (Figura 9). Puede variar su sinuosidad, tamaño del material, etc., de acuerdo al hábito del río y el ambiente en el cual se encuentre. En las adyacencias del cauce actual se preservan diseños de canales abandonados meandriformes y sinuosos (Figura 10).



Figura 9. Imagen 3: planicie aluvial del río Limay

Meandros abandonados. Geoforma fluvial en ambientes de cursos de hábito meandriforme. Son sectores de cursos fluviales abandonados, de formas en medialuna (Figura 10) en los cuales pueden formarse lagunas (oxbow lakes) con alta tasa de acumulación de materiales orgánicos.

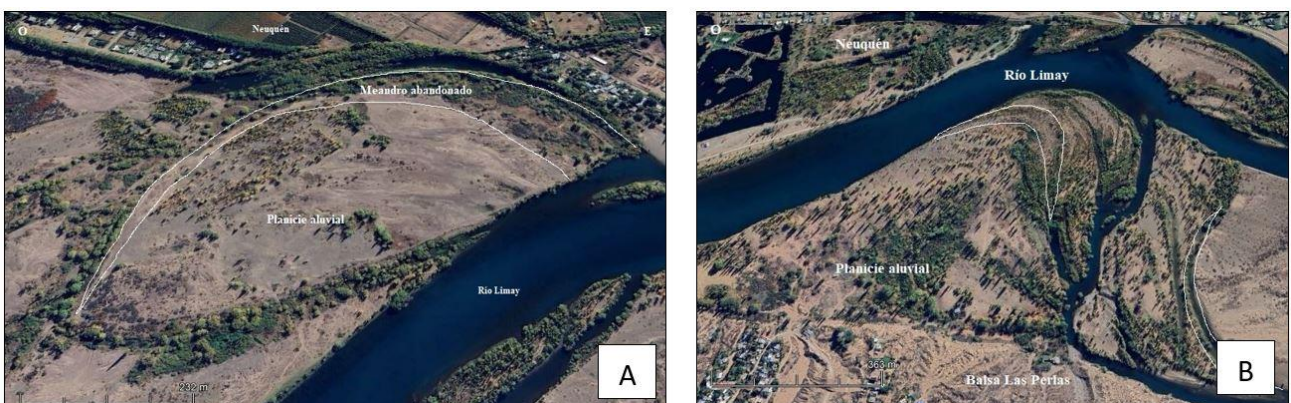


Figura 10. Imagen 4 (A): meandro abandonado del lado neuquino. Imagen 5 (B): meandros abandonados del lado de Balsa Las Perlas

Cañadones. Geoforma de erosión fluvial asociados a cursos de alta energía, usualmente en zonas de pendientes altas, caracterizados por laterales abruptos debidos a la alta tasa de erosión y planicies aluviales estrechas y muy

inestables. Más frecuentes en zonas áridas y semiáridas. En las paredes verticales de dichos cañadones afloran las unidades del Subgrupo Río Neuquén del Cretácico (Figura 11). Estos cañadones, van buscando su nivel de base en los valles de la subcuenca del río Limay desde las terrazas antiguas.



Figura 11. Imagen 6: cañadón Este

Como se puede observar (Figura 12), en el área de estudio, sobre el margen sur del río Limay, es la llanura aluvial que posee las menores cotas, aproximadamente entre 260 msnm y 270 msnm, con los meandros abandonados y el río Limay. Se han distinguido cuatro terrazas de ancho irregular, el IV nivel de terrazas se desarrolla a poca altura, a partir de una cota de 270 msnm; luego el III, II y I nivel de terrazas, son terrazas antiguas que se caracterizan por estar cementadas con carbonato de calcio (CaCO_3), denominadas por sus distintos niveles T3, T2 y T1 respectivamente. T3 ha sido mapeada a una cota de 275 msnm, T2 se halla a una cota de 305 msnm y finalmente T1 se sitúa en la cota de 325 msnm aproximadamente extendiéndose al sur, siendo T3 la más joven de las antiguas y T1 la más antigua de las tres, y entre ellas se distinguen los pedimentos de flanco. Por último, encerrando el área urbana están los cañadones primarios y en el centro predominan los cañadones secundarios de carácter efímeros, que son activados cuando ocurren precipitaciones de gran intensidad en poco tiempo.

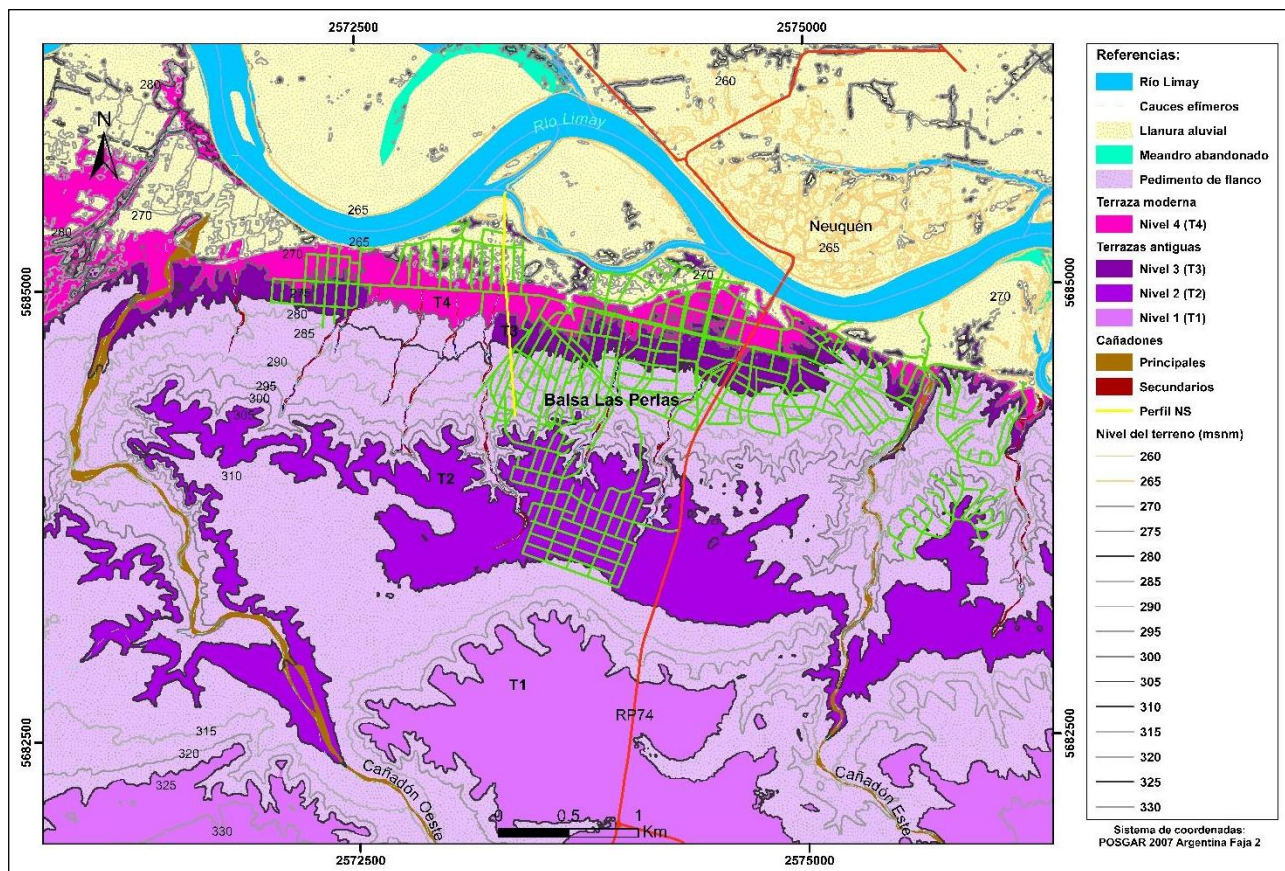


Figura 12. Unidades Geomorfológicas principales del área de estudio

2.4. Suelos

La región de estudio, ubicada en la provincia de Río Negro, dentro de la Patagonia Extraandina presenta suelos áridos, los cuales se clasifican en términos generales dentro de los órdenes Entisoles predominantemente y Aridisoles codominantes (Pereyra, F. X., 2012) de la clasificación *Soil Taxonomy* (2006), (Figura 13).

Los Entisoles son suelos de formación reciente por lo que tienen escaso desarrollo de horizontes pedogenéticos (epipedón ócrico y/o antrópico) y de naturaleza mineral. Sus propiedades están ampliamente determinadas (heredadas) por el material original. Responden a características de régimen de humedad arídico y se observan en general texturas medias a gruesas. Hay diversas razones por la cual los horizontes no se han formado: puede deberse a un clima muy severo (árido), erosión muy intensa, aportes continuos de material aluvional y coluvial, materiales originales muy estables (minerales muy resistentes y el material no evoluciona) y/o degradación (el laboreo exhaustivo por ejemplo que puede conducir a la destrucción total del suelo).

Los Aridisoles son suelos que tienen variable desarrollo, con predominio de texturas arenosas o aún más gruesas como gravas, con un bajo porcentaje de arcillas y la pedregosidad puede ser alta.

En cuanto a los horizontes diagnósticos, el epipedón es, en la inmensa mayoría de los casos, ócrico y de los subsuperficiales aparecen ya horizontes evolucionados como el argílico, nátrico y muy frecuentemente presentan horizontes producidos por la acumulación de sales (cálcico, yésico, sálcico) y a veces con cementaciones (petrocálcico). Son de colores claros, con bajos contenidos en materia orgánica y de espesores delgados a medios y tienen reacción alcalina a neutra. Presentan malas condiciones para el desarrollo de las plantas, ya sea por la falta de agua prolongada, o por el exceso de sales presentes, por lo que la vegetación es escasa y consiste de pastos efímeros, arbustos y plantas xerófilas como los cactus.

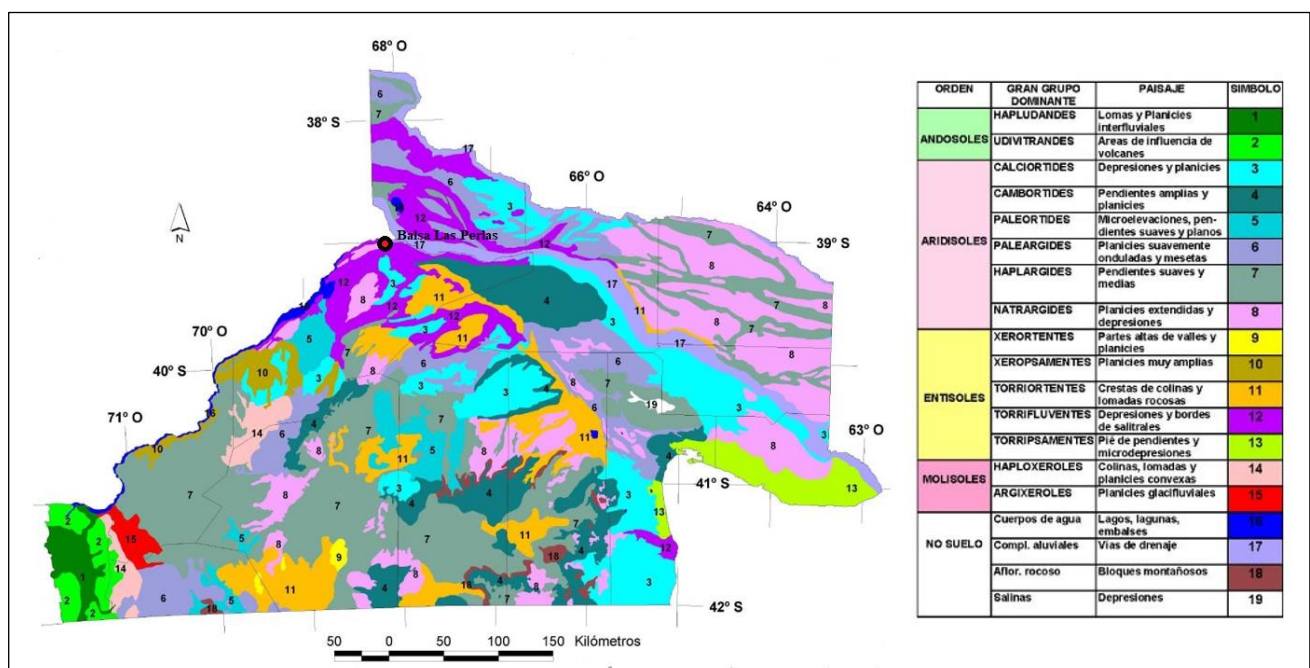


Figura 13. Suelos de la prov. de Río Negro. Fuente: INTA SAGPyA Proyecto PNUD Arg.85/019 (1989)

2.5. Vegetación

La región de monte patagónico austral (Figura 14) se caracteriza por vegetación de monte y estepa arbustiva xerófila (Figura 15 y Figura 16), típica de una zona con déficit hídrico anual, constituida por plantas achaparradas con una altura promedio de 70 cm, en forma de cojines, con largas y profundas raíces, que manifiestan su adaptación a la rigurosidad del medio, donde las especies más dominantes son la Jarilla (*Larrea spp**), Zampa (*Atriplex spp*) abundantes en los cañadones, Alpataco (*Prosopis flexuosa var. depressa*), Chañar (*Geoffroea decorticans*), Mata Sebo (*Monthea aphylla*), Palo Azul (*Cyclolepis genistoides*), Rabo de gato

(*Sideritis incana*) y Olivillo (*Phillyrea angustifolia*), entre otros, con presencia de cactáceas (Mussini *et al.*, 1984). Además, existen otras comunidades en sitios puntuales como Sauces en las orillas de los ríos.

*spp: varias especies.

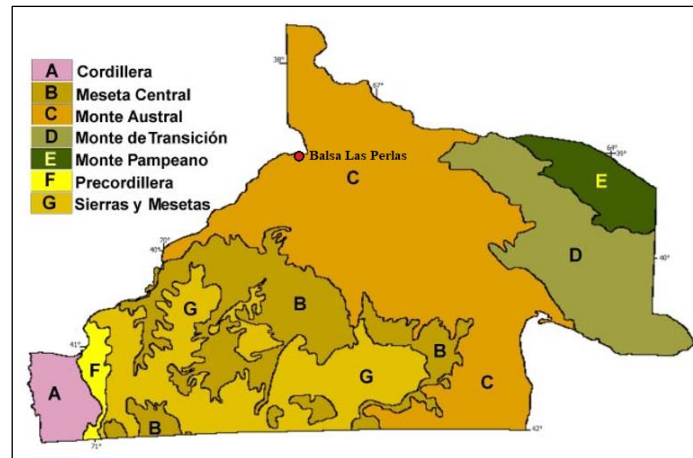


Figura 14. Regiones Ecológicas de la prov. de Río Negro. Fuente: Bran, D. et al., INTA EEA Bariloche (2000)

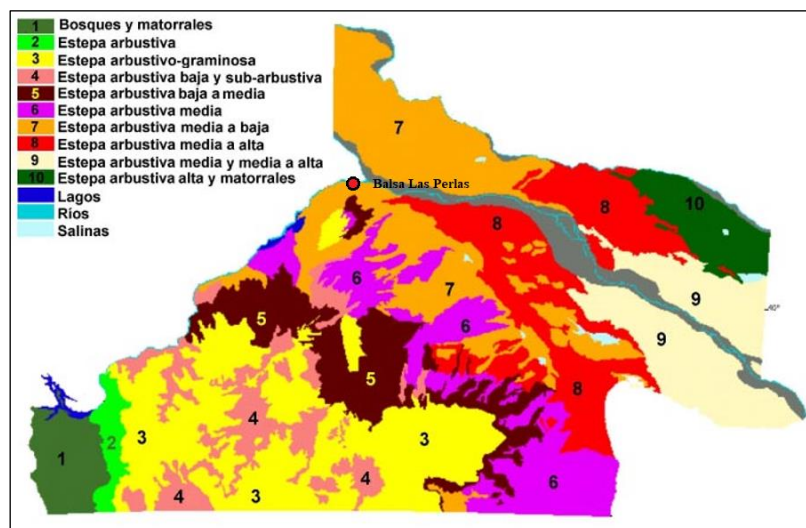


Figura 15. Dominio Fisionómico Florístico de la prov. de Río Negro. Fuente: Bran, D. et al., Atlas dietario de herbívoros patagónicos INTA GTZ (1997)



Figura 16. La Estepa. Se observan las especies Mata Sebo, Jarilla y Zampa de Balsa Las Perlas

3. GEOLOGÍA

En este ítem se presenta una introducción del marco geológico general en el área de estudio, incluyendo las principales unidades estratigráficas y los eventos asociados a su origen. Seguidamente, se sintetizan las principales características litológicas de detalle para el sector de estudio.

3.1. Antecedentes geológicos regionales

El área de estudio se ubica dentro de la unidad morfoestructural denominada Dorsal de Huincul, en el dominio de la provincia geológica Engolfamiento Neuquino, perteneciente a la Cuenca Neuquina (Figura 17).

Cuenca Neuquina

La Cuenca Neuquina se localiza en el centro-oeste de Argentina, emplazada principalmente en la provincia del Neuquén, abarcando el sector sur de la provincia de Mendoza, sector oeste de La Pampa y el sector noroeste de Río Negro. Corresponde a un depocentro de antepaís de retroarco desarrollada durante el Jurásico - Cretácico y tiene un relleno sedimentario de más de 7000 m dispuestos sobre corteza continental (Gulisano et al., 1984). Ocupa una superficie aproximada de 200.000 km² y su evolución geológica es el resultado de una larga y compleja historia de sedimentación.

Los cuerpos de rocas más antiguos que constituyen su basamento ígneo metamórfico, se denominan al norte Ectinita Piedra Santa y Guaraco Norte, al oeste Fm. Colo Huincul y al sureste Fm. Mamil Choique y Granito Yucón, y pertenecen al Devónico (Digregorio y Uliana, 1980; Zappetini *et al.*, 1987; Turner, 1965^a; Sesana, 1968). Suprayace el Grupo Andacollo (sedimentitas marinas) de edad Carbonífera y continúa el basamento técnico denominado Grupo Choiyoi, constituido por rocas metamórficas y cuerpos ígneos, que corresponde al Pérmico Superior al Triásico Medio. El paquete sedimentario desarrollado en el área en estudio ubicado en la Dorsal de Huincul (Figura 17), cubre desde el Triásico Medio-Superior a la actualidad.

En Balsa Las Perlas afloran principalmente depósitos sedimentarios del Grupo Neuquén (Figura 18) definido como una sucesión continental desarrollada a lo largo del Cretácico Tardío, que constituye litológicamente una secuencia de aproximadamente 1.200 m de espesor principalmente integrada por areniscas, fangolitas y grauvacas; con una reducida participación de horizontes conglomerádicos (Garrido, 2010).

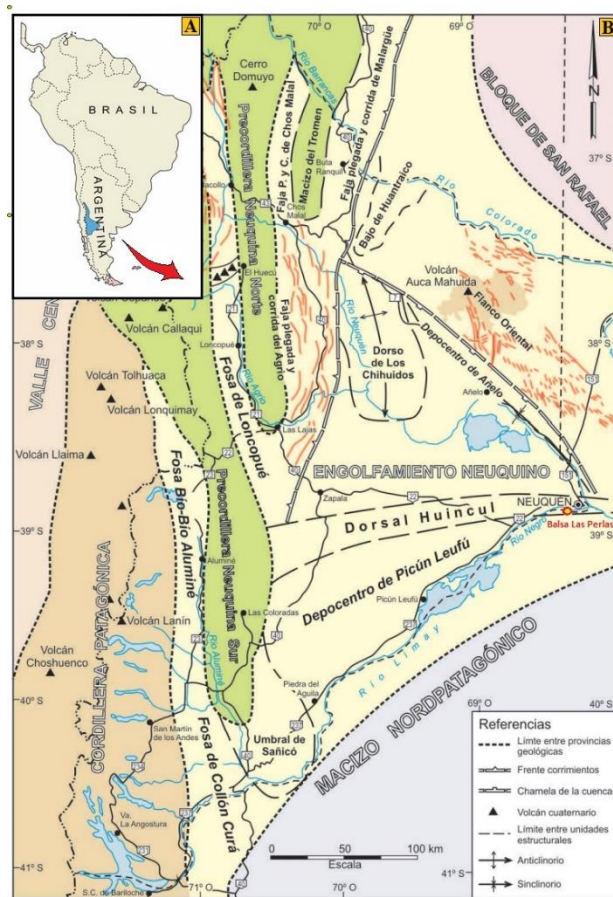


Figura 17. A: ubicación de la Cuenca Neuquina en Argentina; B: área de estudio en la Cuenca Neuquina. Extraída de Ramos et al., 2011

Edad	Unidades	Ambiente sedimentario	
Terciario Reciente	Depositos aluviales	Fluvial	Cubierta Cenozoica
Cretácico	Grupo Neuquén	Alternancia de sedimentación marina y continental	Relleno Sedimentario
	Grupo Mendoza		
Jurásico	Grupo Lotena		
	Grupo Cuyo		
Triásico	Grupo Precuyo	Volcánico piroclástico	
Permiano	Grupo Choiyoi	Ignimbritas granodioritas	Basamento cristalino

Discordancia Huantraiquica		
Subgrupo Río Colorado		Fm. Anacleto
		Fm. Bajo de la Carpa
Subgrupo Río Neuquén		Fm. Plottier
		Fm. Sierra Barrosa
		Fm. Los Bastos
		Fm. Portezuelo
		Fm. Cerro Lisandro
Subgrupo Río Limay		Fm. Huincul
		Fm. Candeleros
Discordancia Patagoníca		

Figura 18. Secuencia sedimentaria constituida por el basamento, relleno sedimentario y la cubierta Cenozoica. Extraído de Laurencena, 2015, destacándose la columna litoestratigráfica del Grupo Neuquén según Garrido, 2010

Desde el punto de vista tectosedimentario el Grupo Neuquén ha sido vinculado a un estadio de desarrollo de una fase de antepaís en la Cuenca Neuquina, que inicia hacia el final del Cretácico Superior, generada como consecuencia del inicio de una tectónica compresional sobre el margen andino, el cual causó la inversión de estructuras extensionales previas (Mpodozis y Ramos, 1989; Vergani *et al.*, 1995; Franzese *et al.*, 2003) y la progresiva elevación de la región andina, con la cual se desconecta la cuenca Neuquina del océano Pacífico. Este régimen compresional no fue un episodio único y continuo, sino que se dio a través de diferentes fases de compresión tectónica y relajación (Zapata y Folguera, 2005). Durante esta etapa se destacan facies evaporíticas asociadas a depósitos fluviales y eólicos que luego son cubiertas por potentes facies fluviales de gran representación areal en la cuenca que son propias del Grupo Neuquén, el cual se encuentra limitado en base y techo por las discordancias Patagoníca y Huantráiquica respectivamente (Keidel, 1917, 1925; y Méndez *et al.*, 1987; Leanza, 2009). Este es suprayacido por el Grupo Malargüe, caracterizado por sus facies marinas atlánticas someras (Cobbold y Rosello, 2003). La columna estratigráfica se completa con depósitos netamente continentales que vienen depositándose desde el Eoceno (Arregui *et al.*, 2011).

Estratigrafía

De las unidades litoestratigráficas involucradas en el área de estudio, se describirán a continuación, a los propósitos del presente trabajo desde los depósitos continentales del Cretácico Superior e integrantes del Grupo Neuquén al Cuaternario.

Dentro de la secuencia sedimentaria que conforma al Grupo Neuquén, se han identificado nueve unidades litoestratigráficas, contempladas en tres subgrupos, definidas en función de su composición litológica, mapeabilidad, distribución y continuidad regional, exhibiendo una multiplicidad de eventos caracterizados por cambios en las condiciones de sedimentación y limitados, en algunos casos, por discontinuidades estratigráficas de distinta magnitud. (Garrido, 2010):

Subgrupo Río Limay: de edad comprendida entre el Cenomaniano temprano y el Turoniano temprano (Leanza y Hugo, 1997, 2001), conformado por las Fms. Candeleros y Huincul, cuyos depósitos se componen mayormente de extensos bancos de areniscas tabulares bien litificados, cuarzolíticas de granulometría variada, con alternancia de fangolitas y escasos horizontes conglomerádicos.

Subgrupo Río Neuquén: el ciclo sedimentario que dio origen a este subgrupo tuvo lugar entre el Turoniano tardío y el Coniaciano tardío (Leanza, 1999; Leanza y Hugo, 2001).

Se infiere que sus depósitos afloran en el área de estudio (expuestos en las escarpas de erosión fluvial de los resaltos mesetiformes (bardas) y paredes verticales de cañadones), y está constituido por las Fms. Cerro Lisandro, Portezuelo, Los Bastos, Sierra Barrosa y Plottier.

Litológicamente caracterizado por una sucesión alternante y porcentualmente variable de depósitos fangolíticos y arenosos, cuyo predominio de la fracción pelítica o psamítica define a cada unidad formacional.

Subgrupo Río Colorado: de edad comprendida entre el Santoniano - Campaniano temprano (Rodríguez *et al.*, 2007), constituido por las Fms. Bajo de La Carpa y Anacleto. Los depósitos de estas unidades formacionales se conforman por alternancias en porcentajes variables de fangolitas, areniscas cuarzolíticas y conglomerados polimícticos. Cabe destacar que, dentro del Grupo Neuquén, estos depósitos son los que presentan las mayores variaciones en cuanto a granulometría y color de acuerdo a su ubicación geográfica dentro de la cuenca.

Sus afloramientos presentan en general una restringida extensión areal, ocupando las cotas más altas de las bardas de la región.

Cobertura Cuaternaria

Depósitos aluviales de Balsa Las Perlas: denominación informal para un conjunto de depósitos de edad Pleistoceno medio de areniscas medianas a gruesas de color rojizas y blanquecinas friables con términos fangolíticos y en sectores conglomerádicas.

En las proximidades de la localidad de Balsa Las Perlas aflora en la margen sur del río Limay, a unos 5 km aproximadamente desde el puente hacia el oeste, hasta la isla Los Vapores, en el flanco de la meseta, en estratos gruesos de aspecto macizo y hacia el este, en el área de estudio, a 2 km del puente, en el cañadón donde se localiza una antigua y pequeña cantera para extracción de arenas, se presenta una sucesión de *sets* de poco espesor de areniscas rojizas con estratificación cruzada planar, hacia arriba le siguen fangolitas arenosas rojizas y finaliza con conglomerados rojizos (Figura 19 - A). En cuanto a las areniscas, algunos niveles están fuertemente cementados y forman resaltos en el cauce (Figura 19 - B). En el área de estudio no está expuesta la base y toda la sucesión infrayace a las gravas de la terraza fluvial.

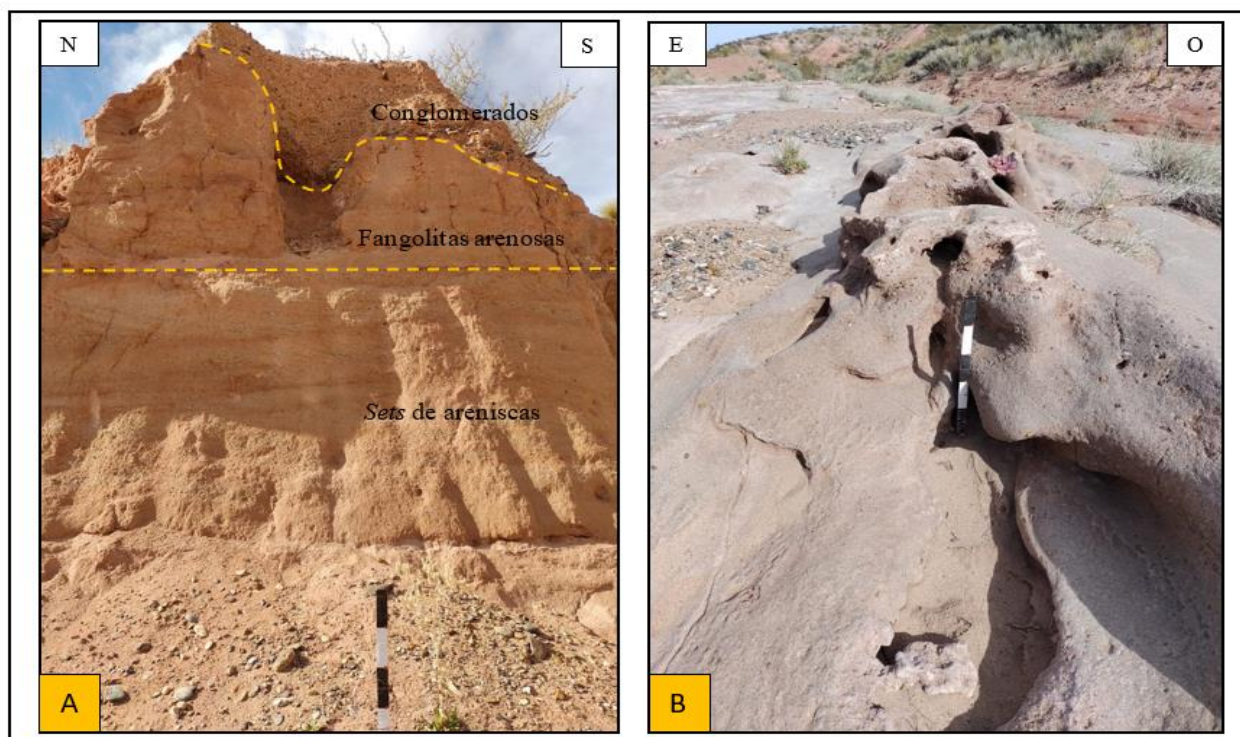


Figura 19. Depósitos de Balsa Las Perlas, en el cañadón al este del puente. A: cantera de arena, B: resaltos en el cauce de areniscas fuertemente cementadas

Depósitos de terrazas del río Limay: conglomerados, gravas y arenas, de edad Pleistocena que constituyen terrazas limitadas al recorrido del río Limay, adosadas lateralmente al valle del mismo de manera discontinua, indicando las veces que las condiciones de equilibrio del río han sido afectadas.

Depósitos de la llanura aluvial actual del río Limay: de edad Holocena, estos depósitos son materiales detríticos transportados y depositados, en este caso por el río Limay de carácter permanente. Estas planicies aluviales están constituidas por gravas, con menor participación de arena gruesa como matriz y limos y arcillas en los depósitos de canales y meandros inactivos.

3.2. Geología del área de estudio

Las tareas de reconocimiento de campo se llevaron a cabo desde el 05/04/2022 al 01/05/2022. Durante las mismas se realizó la descripción de los afloramientos que delimitan el sitio en estudio desde los estratos más antiguos a los más jóvenes, tanto del cañadón oeste y este que encierran la mayor parte de la población, así como del barranco del río Limay (Figura 20).

El relevamiento desde una perspectiva hidrogeológica consistió en el reconocimiento y diferenciación de la litología implicada en los estratos y de sus características, para así tener idea sobre su aptitud como acuífero, ya que debido a que las aguas subterráneas se mueven en el interior de estas formaciones geológicas, la geología condiciona el funcionamiento de los acuíferos.

Luego a partir las hojas geológicas de Neuquén (HG 3969-II) y Roca (HG 3969-IV) del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) de escala 1:250.000, sumado al reconocimiento de las unidades en las salidas de campo, se identificaron las unidades de mapeo mediante el uso de imágenes satelitales en el software ArcGIS, para luego asignarlas a unidades litoestratigráficas conocidas y finalmente obtener un mapa que exponga lo analizado de manera sencilla.

3.2.1. Ubicación y descripción de los perfiles aflorantes

A continuación, se describen e ilustran los perfiles más relevantes en donde se observó alguna particularidad destacable.

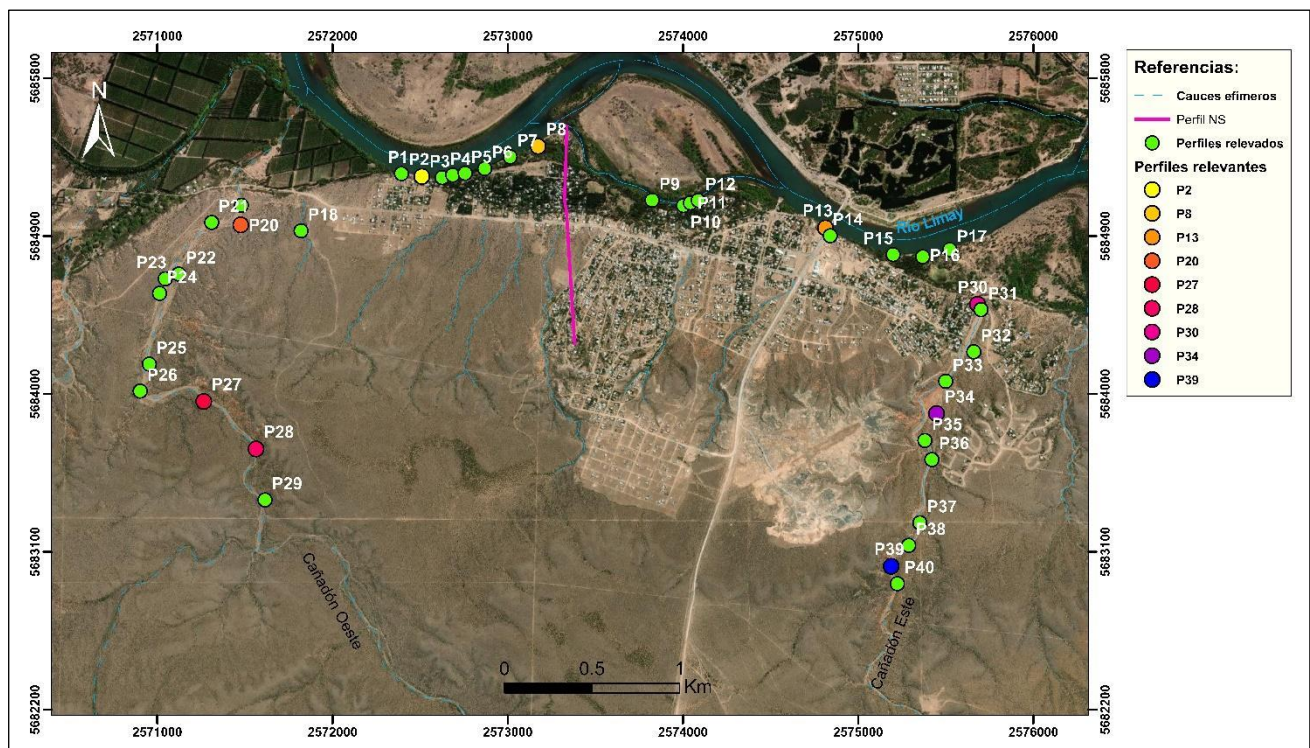


Figura 20. Ubicación de los perfiles

3.2.2. Caracterización de afloramientos

Perfiles del barranco del río Limay

Perfil N.º 2 “P2” (Figura 21):

5 abril de 2022 (220405), 9:54 am. **Coordenadas:** 38°58'51.54''S 68°9'47.46''O. **Cota:** 273 msnm.

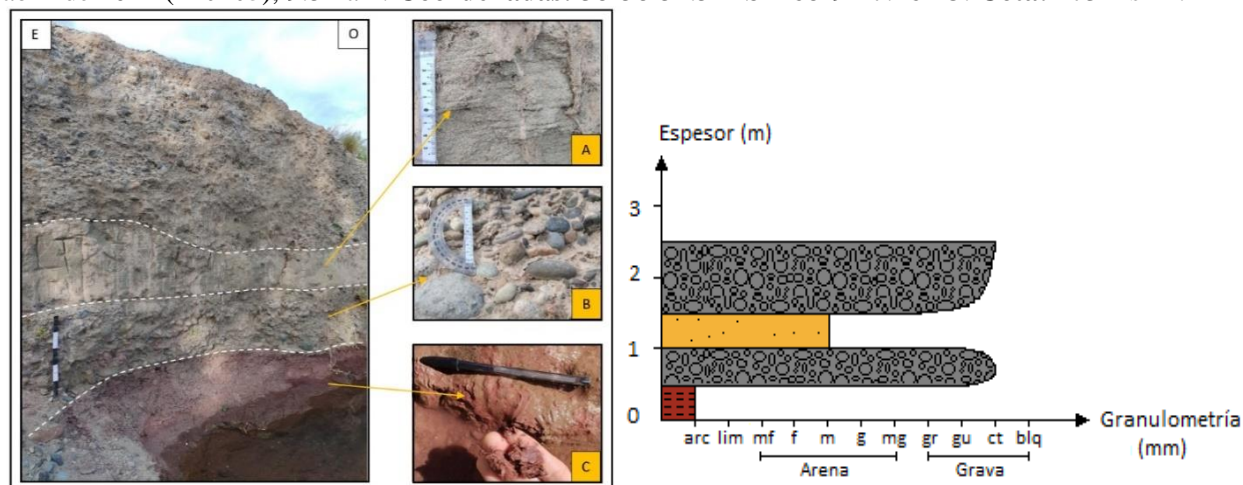


Figura 21. A la izquierda se observa el perfil litológico N.º 2 perteneciente al barranco del Río Limay, ubicado al NO de la región de estudio. A, B y C son acercamientos de cada paquete sedimentario. A la derecha, su interpretación litológica correspondiente

Descripción:

50 cm de arcilla de color rojiza, superficie opaca y forma barro cuando se satura en agua (C).

50 cm de conglomerado de guijas (4 mm - 6,4 cm) polimíctico con clastos de esfericidad baja, bien redondeados, muy mal clasificado en una matriz arenosa media de color grisáceo, friable (B).

50 cm de areniscas de granulometría media de color grisáceo, friable. En este intervalo se observa estratificación paralela (A).

1 m de conglomerado de guijas polimíctico con clastos de esfericidad baja, bien redondeados muy mal clasificado en una matriz arenosa media de color grisáceo, friable (*ídem* B).

Interpretación:

Las unidades rojizas de poco espesor ubicadas en la parte inferior corresponderían al Subgrupo Río Neuquén y los depósitos aterrazados de la parte superior, de mayor espesor (conglomerados y areniscas), podrían equivaler, a lo que la HG General Roca, señala como IV nivel de terrazas del río Limay y Negro que posee una cota de 260 m a 270 m aproximadamente en el área de estudio, extendiéndose a ambas márgenes del río Limay.

Perfil N.º 8 (Figura 22): 220405, 10:23 am. **Coordenadas:** 38°58'45.70''S 68°9'19.96''O **Cota:** 275 msnm.

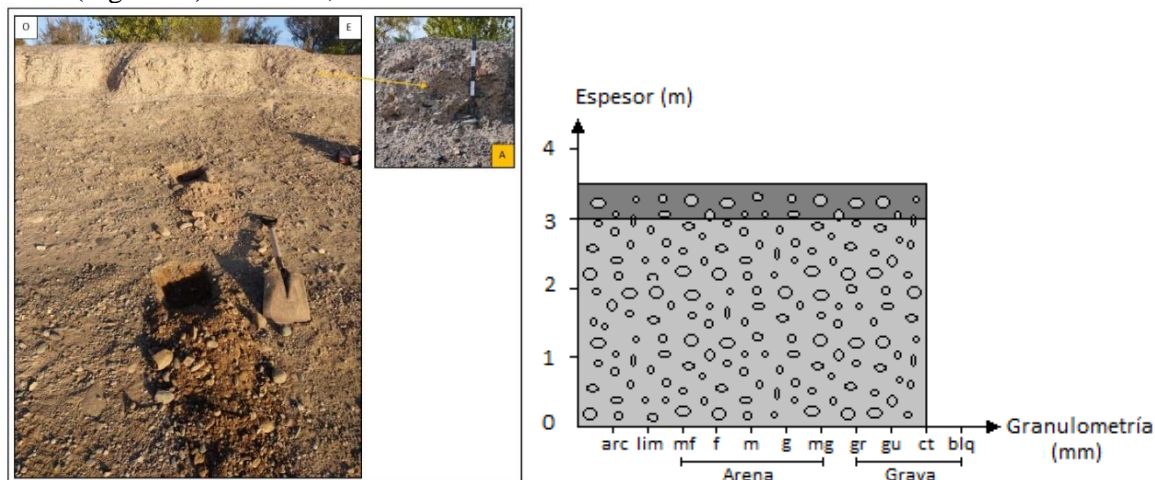


Figura 22. A la izquierda se observa el perfil litológico N.º 8, ubicado en el centro norte del área de estudio. A es un acercamiento a la primera capa. A la derecha, su interpretación litológica correspondiente

Descripción:

40 cm de conglomerado de guijas polimíctico con clastos de esfericidad baja, redondeados muy mal clasificado en una matriz arenosa media de color grisácea, muy levemente cementado (A).

3 m de conglomerado de guijas polimíctico con clastos de esfericidad baja, redondeados muy mal clasificado con participación menor de arena gruesa como matriz, muy friable.

Interpretación:

El manto pertenece a la llanura aluvial del río Limay.

Perfil N.º 13 (Figura 23):

220405, 12:28 am. **Coordenadas:** 38°59'00.36''S 68°8'11.64''O. **Cota:** 268 msnm.

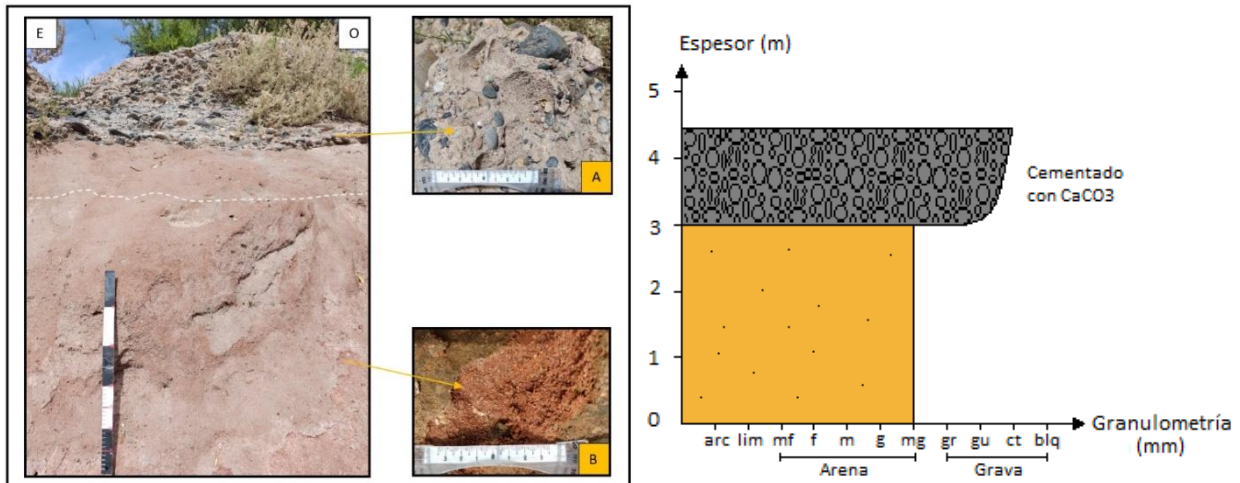


Figura 23. A la izquierda se observa el perfil litológico N.º13, ubicado a NE de la región de estudio. Inmediatamente a la izquierda del puente. A y B son acercamientos de cada paquete sedimentario. A la derecha, su interpretación litológica correspondiente

Descripción:

3 m de areniscas de granulometría muy gruesas, predominantemente cuarzosas, que presenta una matriz fangosa de color rojizo (B).

1,5 m de conglomerado de guijas polimíctico con clastos de esfericidad baja, redondeados, muy mal clasificado, en una matriz arenosa de granulometría de media a gruesa, de color grisácea, cementada por carbonato de calcio (CaCO₃), (A).

Interpretación:

Hay dos tipos de depósitos, de nuevo un nivel aterrazado en la parte superior, que podría corresponder al IV nivel de terraza fluvial, pero en este caso cementado por carbonato de calcio freático.

El segundo nivel rojizo muy friable que se observa en la parte inferior, podría equivaler, a lo que, en la HG de Neuquén, marca como Depósitos Aluviales de Balsa Las Perlas.

Perfiles del cañadón oeste

Perfil N.º 20 (Figura 24):

220414, 10:29 am. Coordenadas: 38°59'0.80''S 68°10'30.30''O. Cota: 278 msnm.

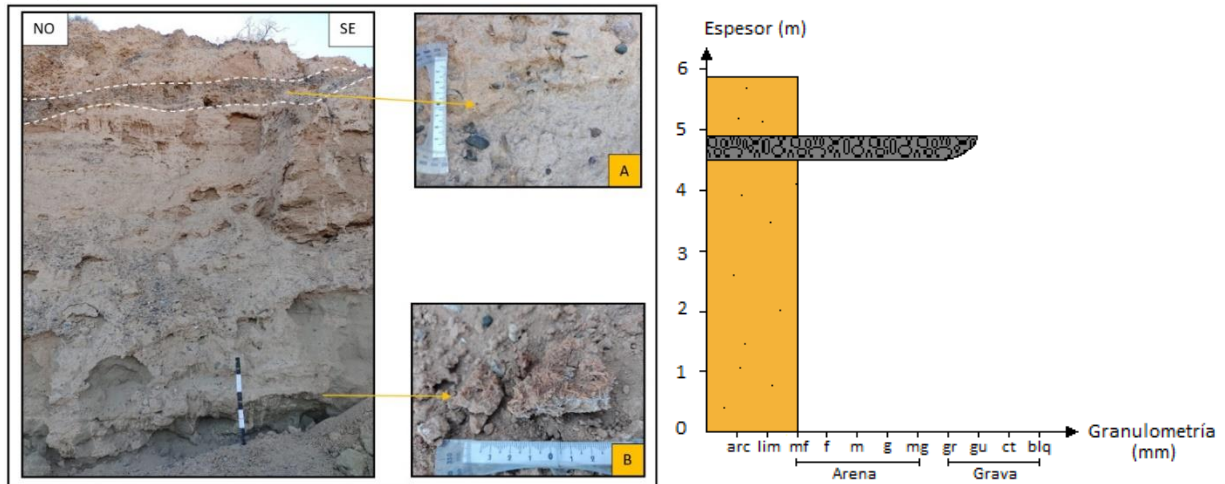


Figura 24. A la izquierda se observa el perfil litológico N.º 20, ubicado a NO de la región de estudio, inmediatamente al este de la desembocadura del cañadón Oeste. A y B son acercamientos de cada paquete sedimentario. A la derecha, su interpretación litológica

Descripción:

4,5 m de areniscas de granulometría muy fina, de color grisáceo rojizo, muy friable, con presencia de láminas pequeñas de yeso (Sulfato de Calcio, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), (B), éstas últimas hacia la base de los estratos.

40 cm de conglomerado de guijarros (6,4 cm-25,6 cm) de moderada clasificación, en una matriz arenosa muy fina de color gris rojiza (A)

1 m de un paquete de la misma arenisca descrita anteriormente (B), de granulometría muy fina, color grisáceo rojizo, aunque no se observa la presencia de láminas de yeso.

Interpretación:

Las unidades descritas anteriormente, corresponderían a los depósitos aterrazados del IV nivel.

Perfil N.º 27 (Figura 25):

220414, 13:16 am. Coordenadas: 38°59'33.50''S 68°10'38.70''O. Cota: 293 msnm.

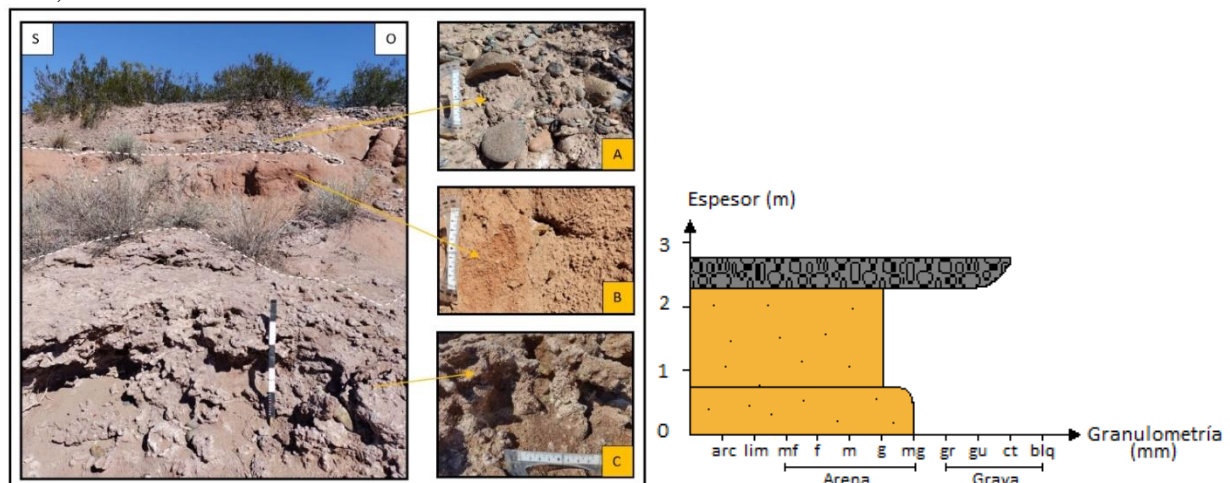


Figura 25. A la izquierda se observa el perfil litológico N.º 27, ubicado al O de la región de estudio, en el cañadón oeste. A, B y C son acercamientos de cada paquete sedimentario. A la derecha, su interpretación litológica correspondiente

Descripción:

70 cm de areniscas de granulometría gruesa a muy gruesa de color pardo oscuro a moradas con fuerte cementación carbonática, con formas irregulares debido a procesos erosivos hídricos y eólicos (C).

1,5 m de areniscas de granulometría gruesa de color rojizo, friable (B).

50 cm de conglomerado de guijas, polimíctico con clastos de esfericidad baja, redondeados, mal clasificado, en una matriz arenosa muy fina de color gris rojiza, friable (A).

Interpretación:

La unidad descrita anteriormente, de la parte baja del perfil, correspondería al Subgrupo Río Neuquén. La unidad superior que contrasta significativamente con la anterior, podría ser otra unidad del Grupo Neuquén, o corresponder a los Depósitos Aluviales de Balsa Las Perlas.

El perfil finaliza con depósitos aterrazados correspondientes al IV nivel de terrazas.

Perfil N.º 28 (Figura 26):

220414, 13:30 am. **Coordenadas:** 38°59'42.20''S 68°10'26.20''O. **Cota:** 301 msnm.

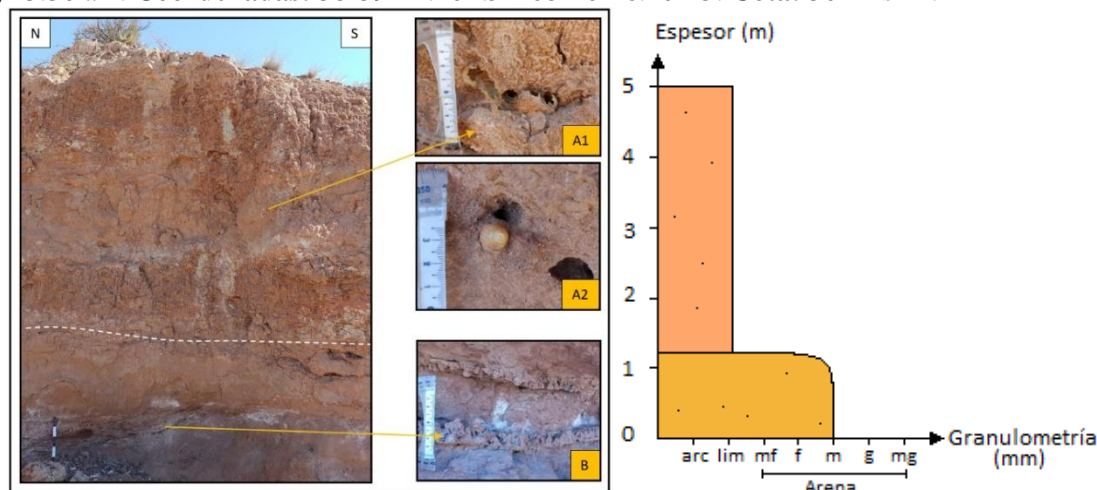


Figura 26. A la izquierda se observa el perfil litológico N.º28, ubicado al SO de la región de estudio, en el cañadón oeste. A1, A2 y B son acercamientos de cada paquete sedimentario. A la derecha, su interpretación litológica correspondiente

Descripción:

1,20 m de areniscas de granulometría media de color rojizo, friable con presencia de costras de yeso (Sulfato de Calcio, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), de 2 cm de espesor en promedio (B).

3,80 m de fangolitas arenosas muy meteorizadas, bioturbación y presencia de pupas de véspidos de 1,5 cm de diámetro, subterráneos y actuales (nidos de avispas), muy finas de color ligeramente nacarado, traslúcido, (A1 y A2).

Interpretación:

La unidad descrita con anterioridad, se encuentra muy meteorizada y correspondería al Subgrupo Río Neuquén.

Los *Gypcretes* (calcretos de yeso), son generalmente típico de un crecimiento secundario de yeso, debido posiblemente a fluctuaciones freáticas, en condiciones muy áridas. El yeso pedogénico (pedogenicgypcreti) se da en áreas áridas donde la evaporación media mensual excede la precipitación mensual promedio (Warren, 2006). Los suelos de yeso son áreas que reciben menos de 250 mm de precipitación anual (Watson, 1985).

Las pupas de véspidos actuales requieren suelos desnudos, fácilmente deleznable, pero lo suficientemente compactos como para evitar el colapso de los las trazas de nidificación (Domínguez y Abia, 1998).

Perfiles del cañadón este

Perfil N.º 30 (Figura 27):

220501, 10:42 am. **Coordenadas:** 38°59'14.20''S 68°7'35.40''O. **Cota:** 271 msnm.

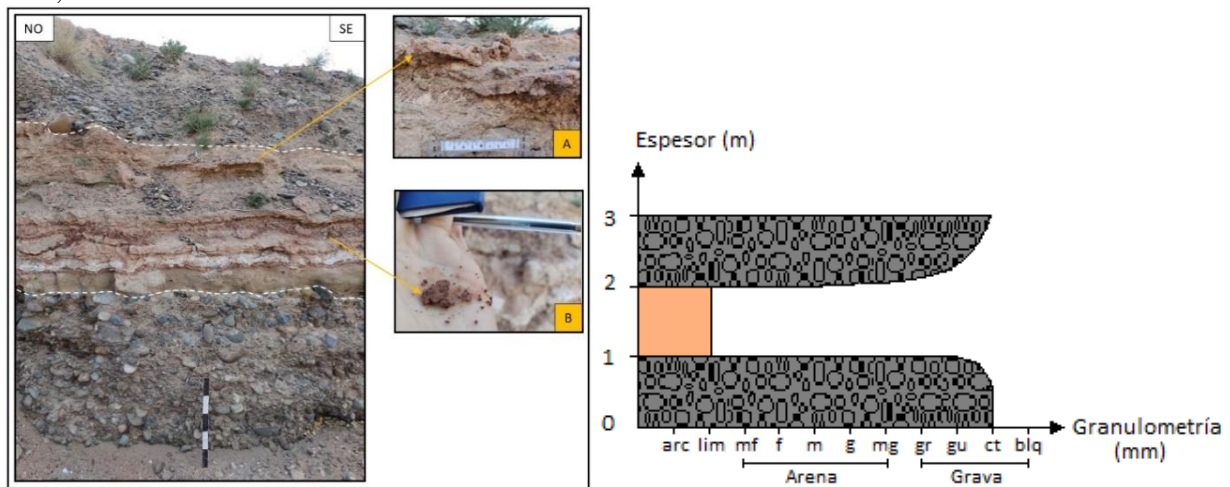


Figura 27. A la izquierda se observa el perfil litológico N.º30, ubicado al NE de la región de estudio. A y B son acercamientos de cada paquete sedimentario. A la derecha, su interpretación litológica correspondiente

Descripción:

1 m de conglomerado de guijas, polimítico con clastos de esfericidad baja, redondeados, muy mal clasificado, en una matriz arenosa gruesa de color amarillenta, friable.

1 m de una capa de limolitas muy finas de color amarillenta intercaladas con una capa de aproximadamente unos 5 cm de carbonato de calcio (CaCO₃) en la parte inferior, luego en la zona media con finas capas de aprox. 2 cm de arcilla de color roja (B) y hacia la zona superior de este paquete hay láminas de yeso de unos 3 cm de espesor de color rosado (A).

1 m de conglomerado de guijas, con clastos de esfericidad alta, bien redondeados, buena clasificación, en una matriz arenosa media de color gris, friable.

Interpretación:

Las unidades descritas anteriormente son niveles aterrazados. El perfil muestra una alternancia de depósitos fluviales de barras gravosas y planicie de inundación areno fangosa. Se observa un retrabajo de las unidades intercaladas rojizas en la sección media del perfil, que corresponderían a depósitos del Subgrupo Río Neuquén.

Perfil N.º 34 (Figura 28 y Figura 29):

220501, 12:49 am. **Coordenadas:** 38°59'34.50''S 68°7'44.90''O. **Cota:** 283 msnm.

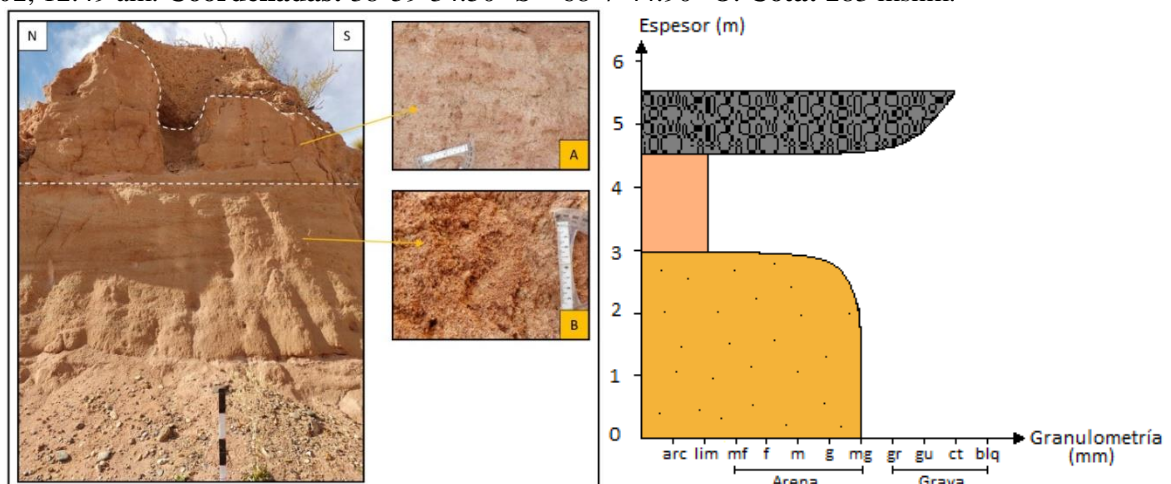


Figura 28. A la izquierda se observa el perfil litológico N.º34, Cantera de arena, ubicada al E de la región de estudio. A y B son acercamientos de cada paquete sedimentario. A la derecha, su interpretación litológica correspondiente



Figura 29. La secuencia está muy poco diagenizada y los términos arenosos son friables, permitiendo la explotación mediante pala mecánica (Hoja Geológica 3969 -II)

Descripción:

En el nivel inferior se observan derrubios de ladera.

3 m de areniscas muy gruesas, de composición fundamentalmente cuarcítica, de color rojizas, friables. Estas capas muestran estratificación cruzada planar en *sets* de poco espesor (B).

1,5 m de un paquete de fangolitas arenosas de color rojizas, que presentan estratificación horizontal (A).

1 m de conglomerado de guijas, polimíctico, con clastos de esfericidad baja y redondeados, clasificación moderada en una matriz arenosa de color grisácea rojiza, friable.

Interpretación:

La unidad inferior corresponde según la HG de Neuquén, a los Depósitos Aluviales de Balsa Las Perlas.

Suprayacente a esta, se encuentra un nivel aterrazado retrabajado de los Depósitos Aluviales de Balsa Las Perlas. Además, se observa que la secuencia está muy poco diagenizada y los términos arenosos son friables, permitiendo la explotación mediante pala mecánica.

No ha sido posible reconocer en el campo la base de esta sucesión, pero se infiere que podría tratarse de depósitos aluviales producto de la denudación de términos del Grupo Neuquén aflorantes más hacia el sur y probablemente relacionados o contemporáneos con los niveles de terraza del río Limay (HG 3969 -II).

Perfil N.º 39 (Figura 30):

220501, 14:05 am. **Coordenadas:** 39°0'2.80''S 68°7'55.30''O. **Cota:** 305 msnm.

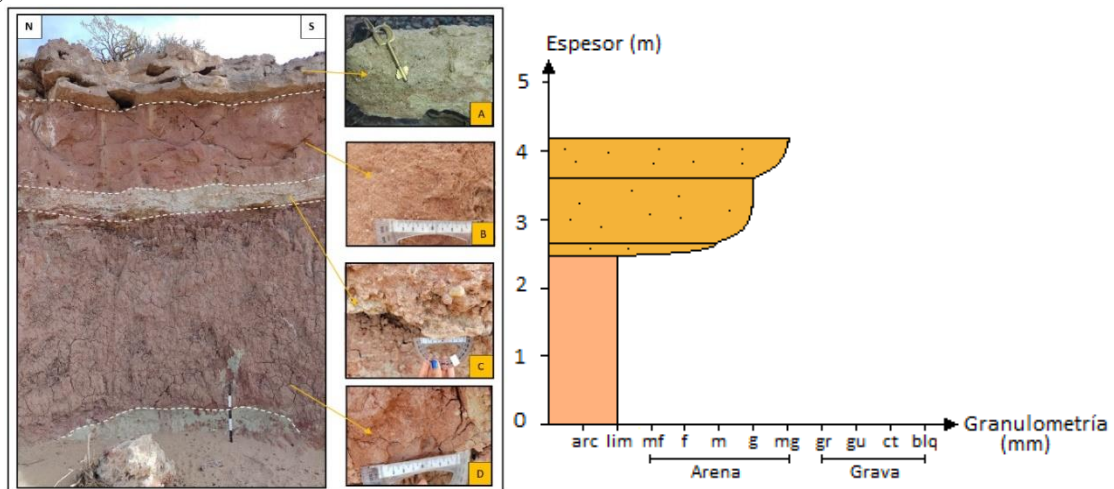


Figura 30. A la izquierda se observa el perfil litológico N.º39, ubicado al SO de la región de estudio. A, B, C y D son acercamientos de cada paquete sedimentario. A la derecha, su interpretación litológica correspondiente

Descripción:

2,5 m de limolita fina. Los primeros 10 cm de color gris y el resto de color rojizo, muy friable (D).

10 cm de areniscas de granulometría media de color gris blanquecino cementadas (C).

1 m de areniscas de granulometría media a gruesa de color rojiza, friable (B).

50 cm de arenisca mal seleccionada de granulometría gruesa a muy gruesa de color predominantemente grisáceo, fuertemente cementada (A).

Interpretación:

Las unidades anteriormente descriptas, corresponderían al Subgrupo Río Neuquén.

La gran cementación de la unidad superior podría deberse a que no sólo se encuentra cementada por carbonato de calcio, sino que podría estar combinada con algún óxido férrico que le daría la coloración rojiza característica.

3.2.3. Perfil litoestratigráfico local

A partir de las unidades litológicas reconocidas con anterioridad, se diferencian dos grandes ambientes litoestratigráficos (Figura 31) que se plasman en el perfil NS realizado con base en el MDE (Modelo Digital de Elevación) con una resolución espacial de 5 m del Instituto Geográfico Nacional (IGN), con escala vertical 1:200 y horizontal 1:5000 (Figura 20), con ubicación señalada en el mapa geomorfológico (Figura 12).

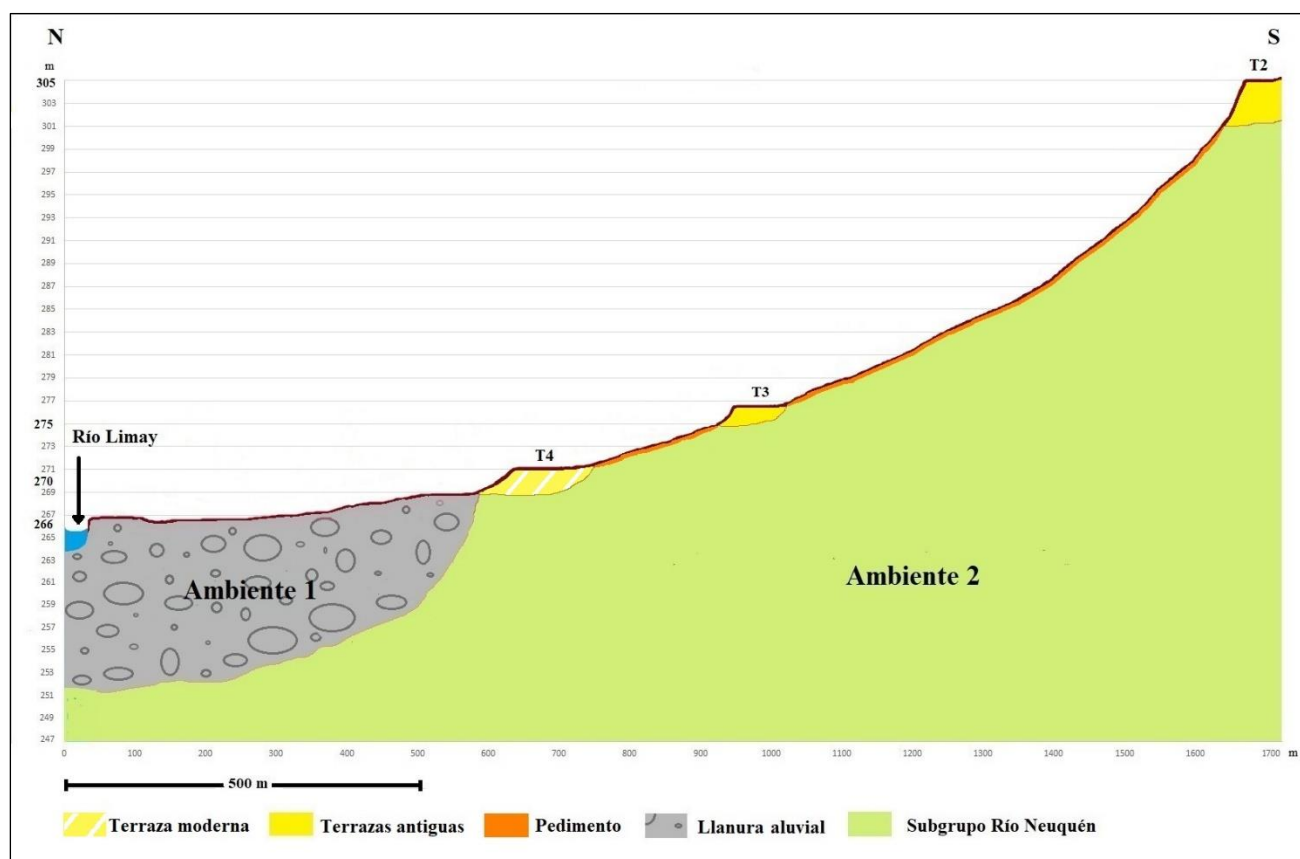


Figura 31. Ambientes sedimentarios en el área de estudio

El Ambiente 1 está constituido por conglomerados, gravas y arenas sueltas de variada granulometría y de edad Pleistocenas-Holocenas, pertenecientes a la llanura aluvial del río Limay. Su límite hidrológico norte es el río Limay y hacia al sur y en profundidad limita con el Ambiente 2 conformado por el Subgrupo Río Neuquén de edad Cretácica. Éste último está compuesto por una sucesión alternante de areniscas de grano fino a grueso, fangolitas y arcilitas de grano muy fino, con esporádicos niveles gravosos muy cementados con carbonato de calcio (CaCO_3), y se encuentra cubierto por una delgada capa Cuaternaria de depósitos de ladera en tránsito provenientes de la erosión de los niveles de los depósitos aterrazados (Figura 32). La disposición de los

depósitos del segundo ambiente, se determinó en base a la litología que aflora y a información geológica otorgada por vecinos con conocimiento general del área y algunos también del rubro petrolero.

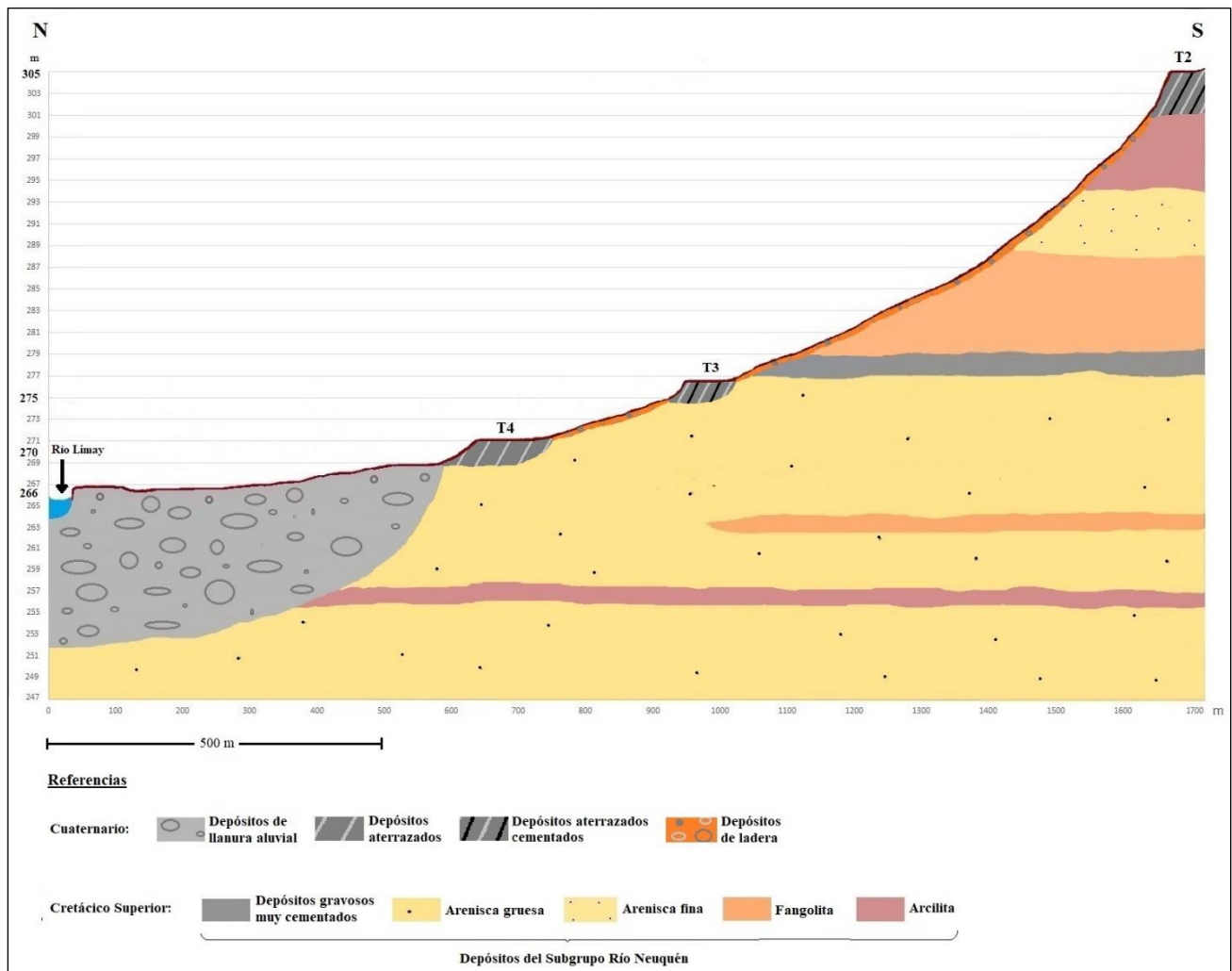


Figura 32. Litoestratigrafía del área de estudio

3.2.4. Mapa geológico local

De acuerdo al reconocimiento de la litoestratigrafía antes mencionado, se mapearon las mismas mediante el uso de imágenes satelitales, con una escala de digitalización en promedio de 1:10.000 y aun menor en zonas puntuales, obteniendo un mapa que muestra las principales unidades litoestratigráficas en el área de estudio.

El área cartografiada comprende aproximadamente 23,2 km², de los cuales alrededor de 14 km² corresponden al área de estudio encerrada entre los cañadones principales Oeste y Este y el río Limay, en donde el área urbana abarca unos 3,21 km². Del total mapeado, los depósitos de edad Cretácica del subgrupo Río Neuquén, abarcan más o menos un área de 10,82 km², de los cuales 0,25 km² afloran y los demás están cubiertos por un manto de poco espesor de depósitos aterrazados. En menor proporción las terrazas ocupan un área de 7,04 km² aproximadamente (1,25 km² pertenecen a la terraza moderna T4 y en cuanto a las terrazas antiguas, 1,1 km² comprende T3, 1,64 km² T2 y 3,05 km² T1, aproximadamente). Los depósitos de llanura aluvial junto al río Limay, encierran un área de 4,60 km² y al noreste, los Depósitos Aluviales de Balsa Las Perlas cubren unos 0,1 km². Finalmente, los cañadones tanto primarios como secundarios comprenden alrededor de 0,63 km². (Figura 33).

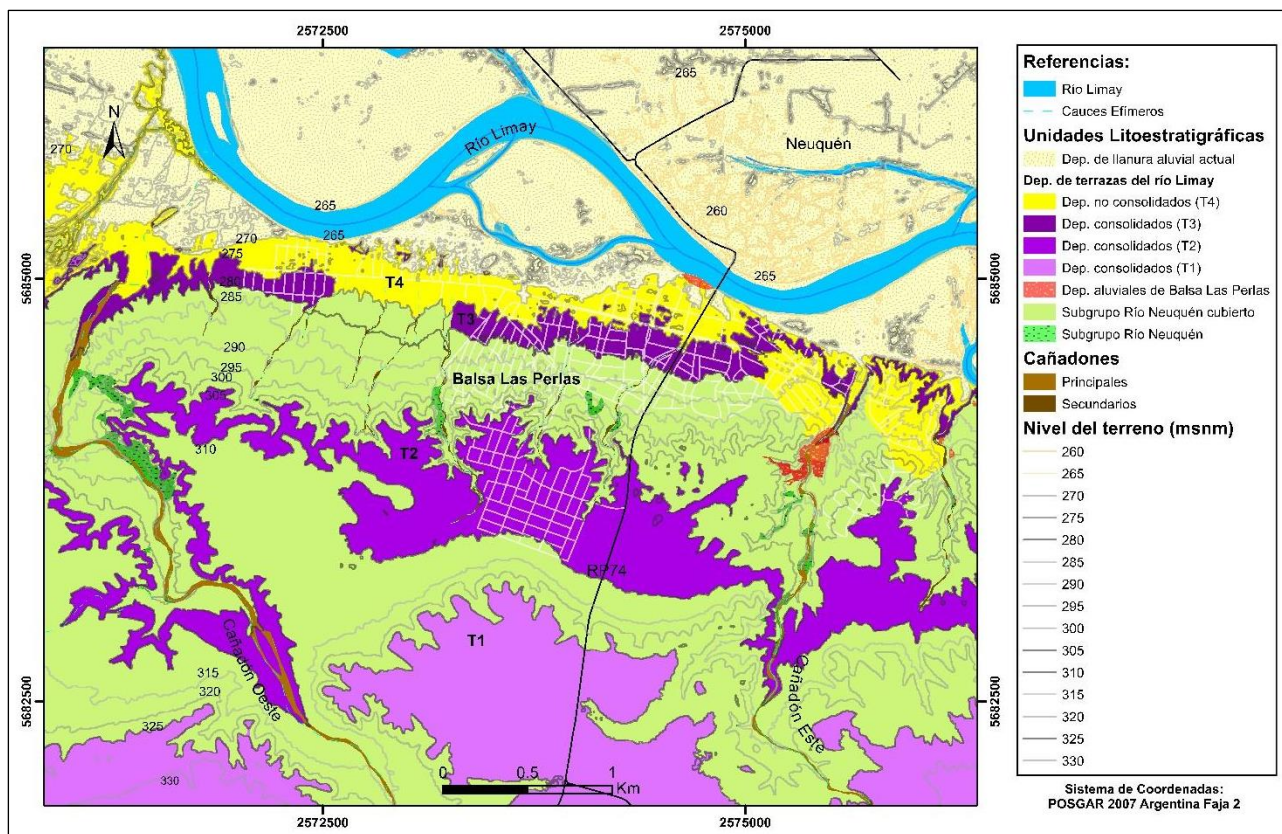


Figura 33. Unidades litoestratigráficas principales del área de estudio

4. HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

4.1. Aguas Superficiales

4.1.1. Cuenca del río Limay

El sistema hidrográfico más importante de todos los que se extienden en el territorio de la Nación Argentina, es la cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro, situada en la parte norte de la región Patagónica que cubre casi la totalidad del territorio de la Provincia de Neuquén y parte de las Provincias de Río Negro y Buenos Aires (AIC), presentándose como una red compuesta por cursos de agua, tanto permanentes como intermitentes, en donde estos últimos predominan. Alimentándose en la zona cordillerana, los ríos alóctonos y de régimen permanente Neuquén y Limay, nacen en el Cajón de los Chenques y el lago Nahuel Huapi respectivamente y fluyen en dirección general noroeste-sureste para el primer caso y en dirección suroeste-noreste para el segundo caso, hasta confluir en el extremo este de la provincia a la latitud de la ciudad de Neuquén, formando el río Negro, el cual desemboca en el océano Atlántico en las inmediaciones del Balneario El Cóndor. Cada una de estas grandes cuencas presenta características geológicas, estructurales y geomorfológicas que regulan el comportamiento hídrico de cada una con relación a dichos ríos y sus afluentes (Martínez, 2002).

En particular, la cuenca del río Limay, comprende el sector sur de la provincia del Neuquén y el sector norte de la provincia de Río Negro. La dirección general de escurrimiento del sistema fluvial principal del río Limay (límite natural entre las provincias mencionadas anteriormente), responde a la pendiente topográfica regional hacia el Atlántico, desde las altas cumbres cordilleranas al valle inferior donde se localiza el área de estudio (Figura 34). El valle de este río se halla controlado regionalmente también por una estructura geológica oblicua de rumbo NE, denominada Dorsal de Huinul. (Laurencena, 2015).

El régimen hidrológico natural del río Limay es de rasgo pluvionival (presentando oscilaciones muy dispares según años secos o húmedos) atenuado por los lagos naturales ubicados en las nacientes de casi todos los tributarios importantes que constituyen su red hidrográfica, se caracteriza por poseer doble onda de crecida anual (AIC). La primera de ellas tiene lugar en época invernal, lapso en que se producen las principales

precipitaciones sobre la cuenca. Por las condiciones meteorológicas gran parte de ellas precipitan en forma de nieve acumulándose en la parte alta de cuenca hasta fines de la primavera, en que se origina el deshielo y se produce la segunda onda de crecida. La porción que precipita en forma de lluvia en la parte media y baja, es la que produce la onda invernal, caracterizada por poseer un pico de gran magnitud con relación al volumen que transporta. La segunda onda de crecida, habitual hacia fines de la primavera, tiene origen fundamental en la fusión de la nieve acumulada. Estas crecidas se caracterizan por resultar más moderadas que las invernales. Los estiajes (caudales mínimos) son habituales en el comienzo del otoño.

Con una pendiente de 1 m/km aproximadamente y sus importantes caudales, el río Limay ha sido objeto de un aprovechamiento intensivo de sus potencialidades hidroeléctricas. En efecto, a lo largo de su recorrido se han ubicado aguas arriba del área de estudio, importantes centrales hidroeléctricas: Alicurá, Piedra del Águila, Pichi Picún Leufú, El Chocón y Arroyito (Figura 34), que generan el 25 % de la producción eléctrica del país (FAO, 2014). La construcción de las mismas significó un aumento de las áreas embalsadas y por lo tanto una disminución de los trayectos originales del río (Laurencena, 2015), transformándose en un río regulado y por lo tanto sus caudales y peligros de inundación se redujeron sustancialmente. Los embalses también son utilizados para abastecimiento de agua para consumo humano, riego y producción acuícola (AIC, 2021).



Figura 34. Ubicación de la cuenca del Río Limay, las represas y el área de estudio

4.1.2. Río Limay

El río Limay, se extiende a lo largo de 430 Km y drena una superficie total de 60671 Km² (AIC, 2016). En la zona específica de estudio sólo existe una estación hidrométrica (Figura 35): Balsa Las Perlas (38° 58' 38,11" S, 68° 8' 32,75" O), ubicada a una altura de 269 m sobre el nivel del mar (msnm) que refleja variaciones del nivel de agua en el río (Figura 36).

4.1.2.1. Caudales y alturas en Balsa Las Perlas

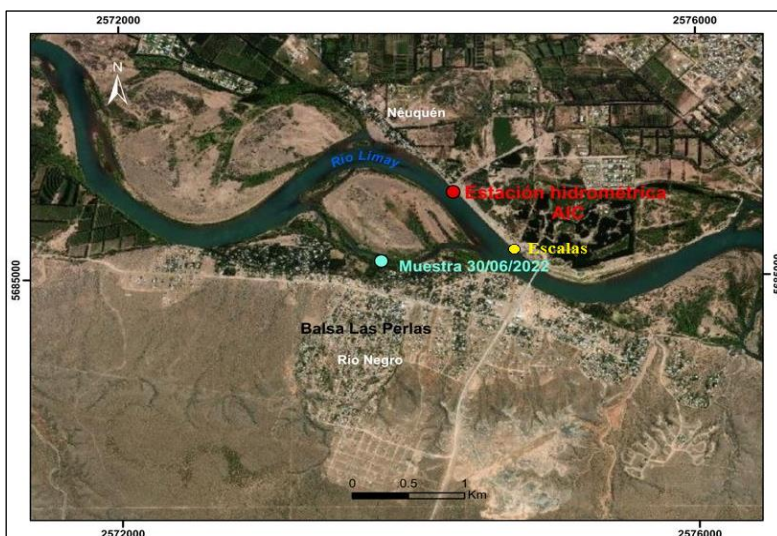


Figura 35. Estación Balsa Las Perlas, ubicación de las tomas de las muestras de agua y escalas

El caudal medio mensual del río Limay estimado en esa estación a partir de datos proporcionados por la AIC, serie 2010-2022 es de $425,46 \text{ m}^3/\text{s}$.

Los valores mensuales muestran que los caudales máximos se producen durante el invierno, en junio y julio y los caudales mínimos corresponden a fines del verano, durante febrero, marzo y principios de otoño, abril. En consecuencia, el río Limay tiene un año hidrológico (el cual inicia cuando se registra un mínimo mensual) que comienza a fines del verano (el menor caudal registrado en abril del año 2011, con $282,32 \text{ m}^3/\text{s}$) y finaliza en invierno (el mayor caudal registrado en julio del 2020 con $1043,45 \text{ m}^3/\text{s}$), (Figura 37).



Figura 36. Variaciones del nivel del agua en marzo y junio. Se observa una disminución en el nivel de agua del río Limay de unos 40 cm aproximadamente. La imagen de la izquierda corresponde al mes de marzo y la de la derecha a junio del año 2022, en el margen sur del cauce

Los registros reflejan las condiciones generales de la variabilidad en los caudales del río en condición regulada por los embalses, que se caracteriza por presentar una doble onda de crecida anual. La primera de ellas se produce en invierno, asociada a las precipitaciones en la cuenca superior y la segunda, que se registra hacia fines de la primavera (en general entre octubre y noviembre), aunque este es algo más atenuado, debida a la fusión de la nieve caída durante el invierno en la cordillera, como consecuencia del aumento de las temperaturas ambiente.

También es evidente la disminución en los caudales en el año 2022, el caudal del río Limay saliente del embalse Arroyito se ha disminuido hasta un valor de 170 m³/s con el objetivo de mantener en los embalses aguas arriba la cantidad de agua necesaria para asegurar el riego y demás usos en la próxima temporada de verano-otoño (AIC, 2022). La bajante afectará la disponibilidad de agua, con consecuencias directas en el medioambiente, asociadas a las dinámicas naturales propias de una sequía.

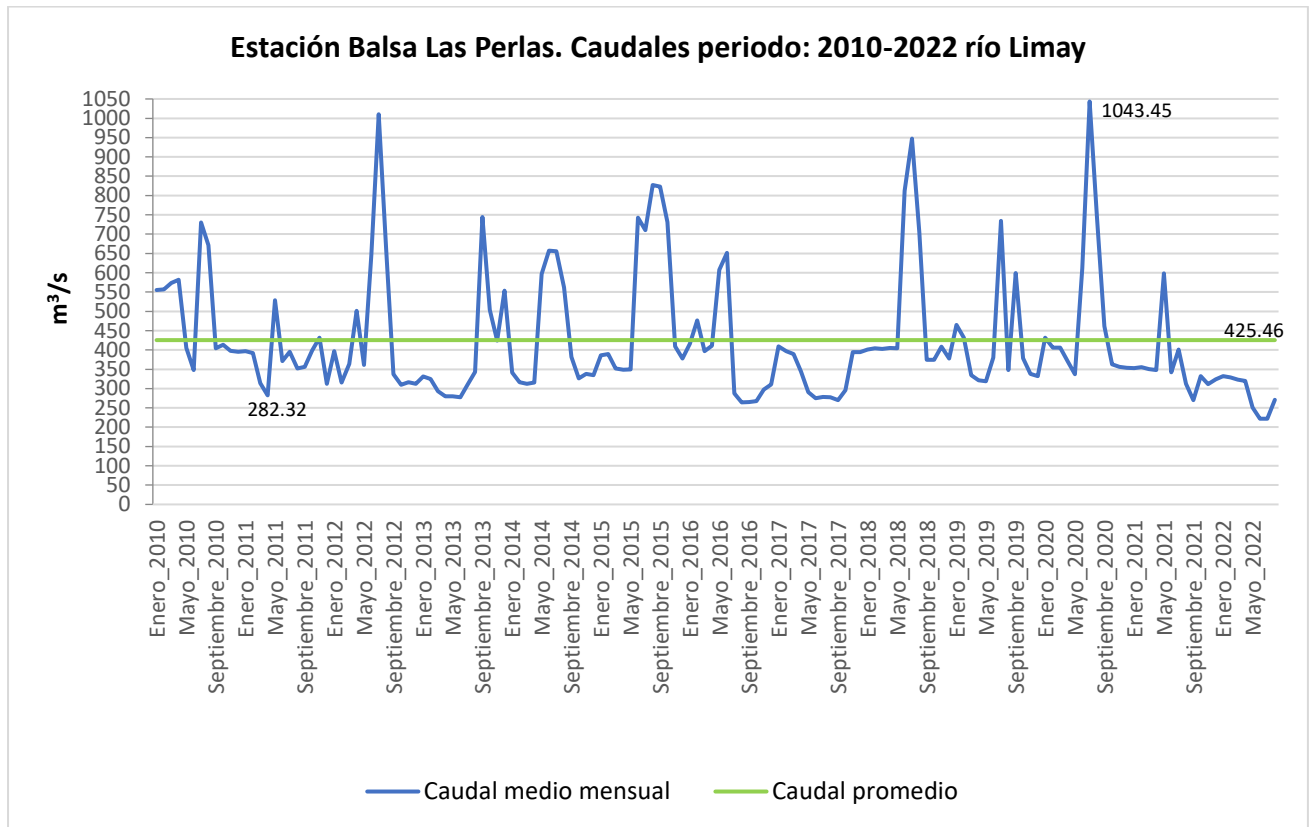


Figura 37. Hidrograma del río Limay, estación Balsa Las Perlas

La relación caudal – altura del agua es importante para determinar la dinámica río-acuífero libre. Para obtener esta relación se estimó la cota de la llanura aluvial a partir de GPS y DEM y su correspondencia con la lectura 4,5 m de la regla limnimétrica en el sitio (38° 58' 51,80" S, 68° 8' 15,40" O - Figura 35 y Figura 38) obteniendo una cota estimada de 269 msnm.



Figura 38. Escalas limnimétricas en Valentina Sur, margen izquierda del río Limay frente a Balsa Las Perlas

Dicho lo anterior y analizando el hidrograma (Figura 39): después de un pico de crecida en agosto de 2010, hay un periodo de estabilidad coincidente con la media hasta febrero de 2011. En abril del mismo año, se produce la mayor atenuación sobre los caudales del río en la serie, con un registro de 131,03 msnm. Luego desde el 2012

al 2015 inclusive, se observan picos de crecidas que coinciden en general con los meses de invierno (julio) con un máximo a principio de septiembre del 2013 con un valor de 256,08 msnm. Posteriormente hay una disminución de las alturas a partir del 2016 hasta mediados de 2018, en este caso los niveles del río tienden a una menor oscilación, con fases que nuevamente se establecen en el valor promedio y a partir de ahí se reanudan las crecidas desde junio de 2018 al año 2021.

La altura media estimada mediante los registros proporcionados por la AIC es de 164,8 msnm. Las oscilaciones producidas cuando el río presenta las menores alturas no superan el metro, en cambio, en los niveles más altos del río las variaciones son mayores, es decir, presentan una mayor irregularidad, sin superar los 2,5 m.

En las variaciones diarias de la serie 2010-2021 se puede apreciar que los niveles del río Limay responden a los efectos reguladores de los embalses aguas arriba ejercidos en dicho régimen. Las menores alturas diarias se corresponden a los menores caudales diarios (por ejemplo 131,03 msnm con 248,78 m³/s) y que las mayores alturas diarias se relaciona a los mayores caudales diarios (256,08 msnm con 1278,37 m³/s) (Figura 39).

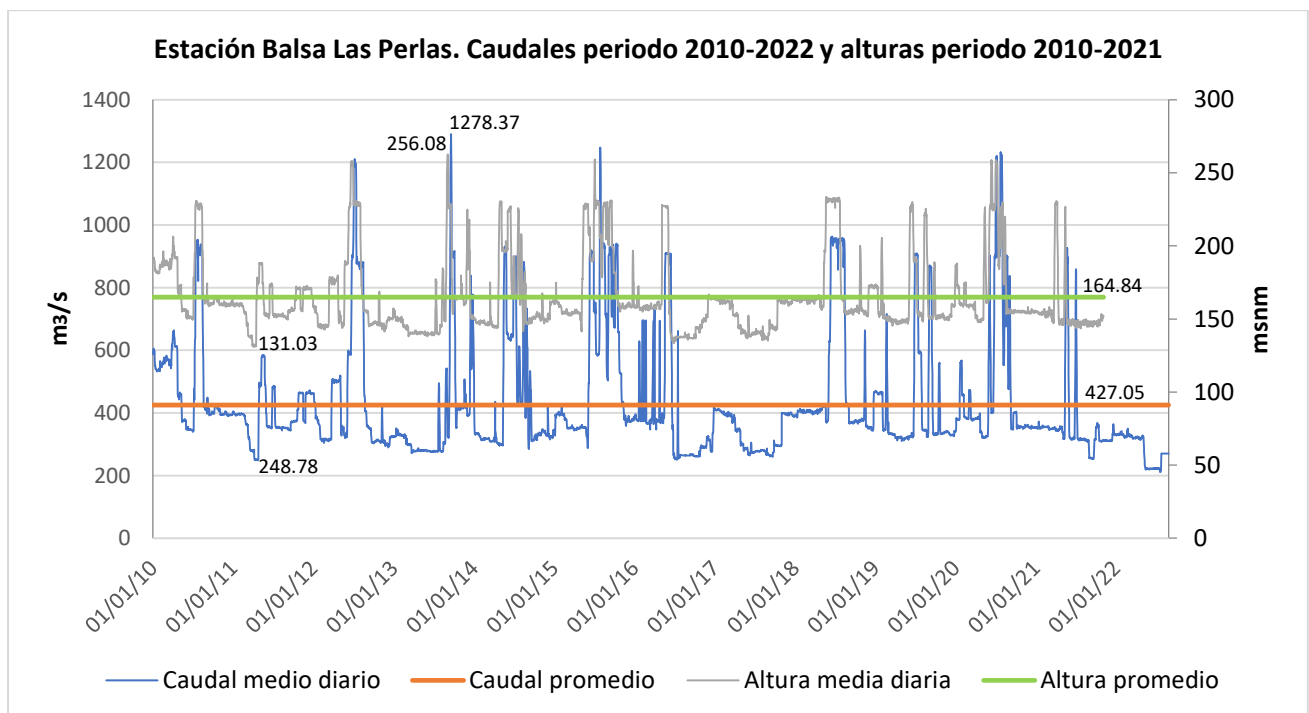


Figura 39. Alturas y caudales del río Limay. Serie 2010-2021. Estación Balsa Las Perlas

Además del cauce permanente, en la zona central del área de estudio hay cauces de carácter efímeros (Figura 33), los cuales permanecen inactivos durante mucho tiempo, hasta que son activados cuando ocurren precipitaciones extraordinarias, siendo capaces de transportar grandes volúmenes de agua y sedimentos.

4.1.2.2. Química del agua

En cuanto al tipo de agua, se recopilamos resultados de un total de 15 muestras de agua, presentando un resumen a continuación (Tabla 1), de las cuales 14 fueron proporcionadas por la AIC tomadas del lado norte del río, en la toma Balsa Las Perlas, serie 2014-2021 y la restante muestra tomada del lado sur, desde la zona de estudio el 30/6/2022 (Figura 35). Con el análisis de las mismas y luego de representarlas mediante diagramas hidroquímicos de [Piper (Figura 40) y Stiff (Figura 41)], se determinó que el grupo de aguas en el margen norte es del tipo bicarbonatada cálcica y en el sur bicarbonatada sódica, diferencia que puede estar dada por la influencia del lavado de sales del margen sur.

Tabla 1. Resumen de las características físico-químicas de las muestras

Muestra	Turbiedad (UNT)	pH	Conductividad (µS/cm)	Dureza Total (mgCaCO ₃ /l)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
24/06/14	4	7.9	85	32	9.9	1.7	5.2	0.8	-	2.8	7.1
9/12/2014	<1	7.8	85	30	8.7	1.9	5.3	0.8	-	5.0	5.4
8/6/2015	3	8.0	86	31.8	8.8	2.4	4.7	0.8	-	3.0	4.5
30/11/2015	2	8.7	74	27.8	7.2	2.4	4.6	0.7	34.2	2.0	4.6
28/6/2016	<1	8.0	62	27.8	8.0	1.9	5.2	0.9	-	2.0	6.0
13/12/2016	3	8.4	72	25.8	8.0	1.4	5.0	0.9	30.2	2.3	7.3
27/6/2017	5	8.0	98	35.8	9.6	2.9	7.1	0.9	-	2.2	10.0
27/11/2017	2	7.9	98	35.8	8.8	3.4	7.0	0.8	-	3.4	9.2
4/6/2018	4	7.6	84	30.3	9.0	1.9	5.6	0.8	-	7.5	5.0
3/12/2018	4	8.5	73	26.1	7.5	1.8	5.4	0.7	28.4	2.0	5.9
30/7/2019	3	7.5	60	21.7	5.9	1.7	5.5	0.6	-	2.0	5.3
25/11/2019	2	8.3	62	19.3	5.1	1.6	4.5	0.7	24.7	1.8	6.2
2/12/2020	1	8.3	53	25.3	7.1	1.9	7.0	0.1	27.1	2.4	6.6
7/12/2021	5	8.2	45	27.8	7.8	2.0	6.3	0.9	35.0	9.4	7.0
30/6/2022	<1	8.0	95	27.8	8.0	1.9	12.2	3.1	30.0	13.0	12.0

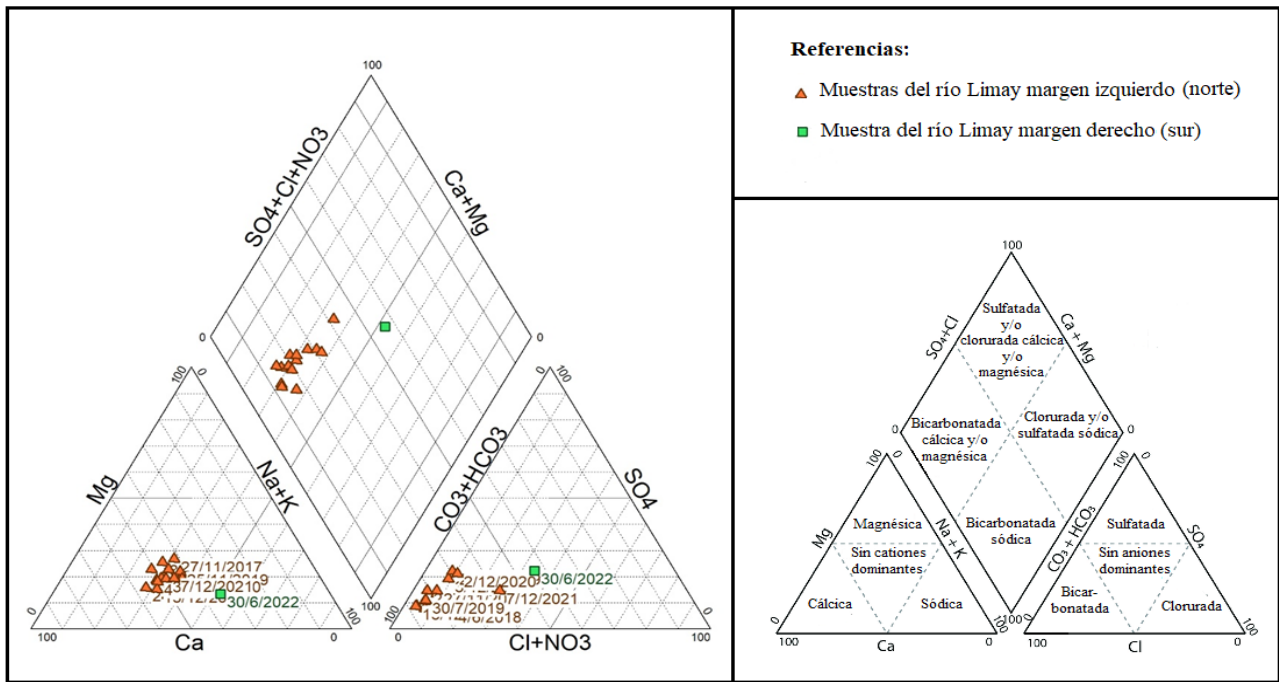


Figura 40. Diagrama de Piper de las muestras del río Limay

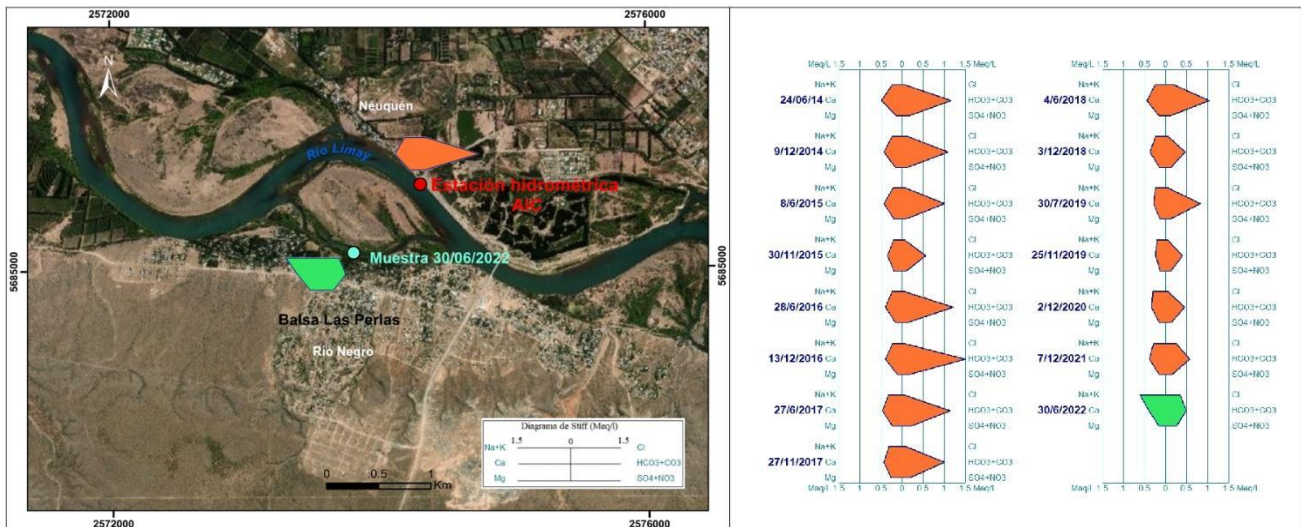


Figura 41. A la izquierda, diagramas de Stiff representativos de las muestras en el área de estudio. A la derecha diagramas de Stiff de cada muestra

Respecto a su calidad, los valores de los parámetros físico-químicos como, turbiedad, pH, conductividad eléctrica, alcalinidad total (expresada como bicarbonatos y carbonatos), dureza total, cloruros, sulfatos, nitratos, nitritos, amonio, calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro y manganeso, son menores a los valores de referencia máximos permitidos del Código Alimentario Argentino (CAA), para agua potable Art. 982, por lo que en principio es un agua potable.

4.2. Aguas Subterráneas

4.2.1. Antecedentes hidrogeológicos regionales

En la República Argentina, se distinguen 18 regiones hidrogeológicas (Figura 42) que presentan características o comportamientos distintivos en relación a sus aguas subterráneas, siendo los factores de mayor influencia el geológico, morfológico, climático y biológico (Auge, M. *et al.* 2006).

El área de estudio se encuentra ubicada en la región hidrogeológica N.º 13: Patagonia Extraandina, la cual se desarrolla desde las últimas estribaciones de la Cordillera de los Andes hasta la costa del Océano Atlántico, destacada por la presencia de distintas características como:

- Su gran extensión areal, conformada por una superficie de 735.000 km²,
- Presenta relieve mesetiforme escalonado el cual disminuye en altitud de Oeste a Este.
- A causa de las condiciones de aridez, la recarga es escasa o prácticamente nula, por lo que la superficie freática se emplaza a profundidades considerables y la salinidad es elevada, debido a la concentración por evapotranspiración y a la falta de dilución.
- Los acuíferos se constituyen en receptores pluvionival, una parte de estos caudales se descarga en pequeños manantiales y mallines hacia los cañadones y zonas más bajas y otra parte se infiltra verticalmente, recargando a los acuíferos más profundos.
- En la planicie aluvial, producto de grandes avenidas de agua en épocas postglaciales, presenta niveles permeables que forman acuíferos libres, productores de importantes caudales de agua de buena calidad.
- Los niveles aterrizados se hallan cubiertos por una capa más o menos uniforme de rodados con cemento calcáreo-caolínico y en los depósitos gravosos y arenosos se desarrollan acuíferos freáticos.
- Los parámetros hidráulicos también dependen de la litología y del espesor de la capa acuífero, pero varían frecuentemente a causa de su variable grado de confinamiento y de la variación en permeabilidad.

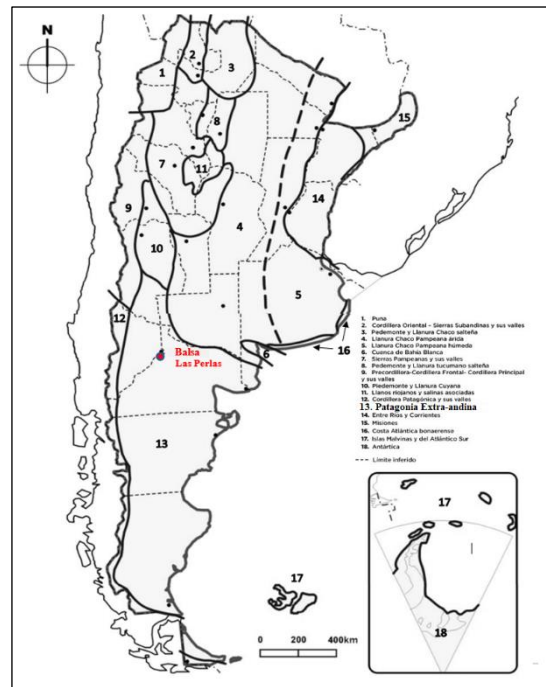


Figura 42. Regiones Hidrogeológicas de Argentina, extraído de Auge, M. *et al.* 2006

Según Colombino y Luengo (2011), la provincia de Neuquén está dividida en 7 regiones hidrogeológicas (Figura 43), en función de las distintas unidades geológicas y cuyos rasgos están fuertemente condicionados por el diseño de las cuencas hídricas superficiales, las que a su vez deben su desarrollo y distribución al aporte de los dos cursos de agua más importantes que atraviesan el territorio provincial: los ríos Neuquén y Limay.

La región hidrogeológica N.º5, en la cual se ubica el área de estudio, denominada Región de Valles de los Grandes Ríos, presenta distintas características que la destacan:

- Los límites hidrogeológicos de cuenca no se corresponden con los superficiales.
- Los acuíferos se encuentran relacionados a los subálveos de los cursos más importantes.
- Las unidades geológicas del territorio presentan características litológicas y estructurales que definen su aptitud para el almacenamiento y distribución de las aguas subterráneas.
- El volumen de agua que contiene el subálveo de los importantes ríos Neuquén y Limay es relevante frente a la demanda de la población establecida en la confluencia de los mismos.
- De acuerdo a los autores, los acuíferos desarrollados en el subálveo del río Limay, se presentan principalmente en el curso inferior, en las acumulaciones sedimentarias de origen fluvial, con un espesor aproximado que varía de 8 a 12 m de espesor, granulométricamente formados por cantos rodados, por debajo del cual se encuentran capas arcillosas con un espesor variable. Seguidamente aparece el primer acuífero confinado con gran contenido salino que disminuye en proximidades del río. Continúa un segundo manto arcilloso de espesor variable, generalmente más potente que el anterior e infrayaciendo se presenta una arena fina con muy buena selección, de probable origen eólico formando un acuífero.

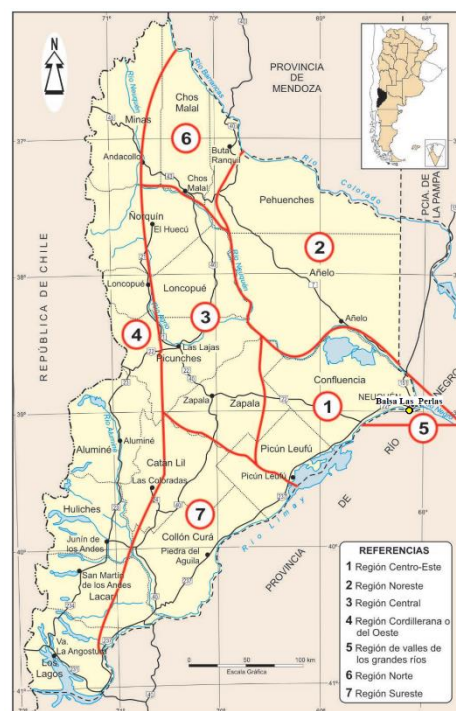


Figura 43. Regiones Hidrogeológicas extraído de Colombino, J. y Luengo, M. 2011

Laurencena (2015) define en el ámbito de la llanura inferior del río Limay, un sistema geohidrológico compuesto por una unidad somera, directamente relacionada con el ciclo hidrológico actual y con las actividades del hombre y por una unidad profunda, compuesta esencialmente por las sedimentitas del Grupo Neuquén, a partir de datos directos en el primer caso e indirectos obtenidos de los perfilajes provenientes de la exploración petrolera para el segundo caso. La autora diferencia el comportamiento hidrolitológico de las unidades en base a las propiedades litológicas de cada una y su capacidad acuífera.

4.2.2. Hidrogeología del área de estudio

De acuerdo al conocimiento actual, se define un sistema geohidrológico compuesto por una unidad somera con ubicación norte, directamente vinculada con el cauce principal y por una unidad profunda-sur compuesta esencialmente por sedimentitas del Subgrupo Río Neuquén. Las mismas se describen y diferencian en esta sección, de acuerdo a las características litológicas de las formaciones geológicas descriptas en el capítulo 3, teniendo en cuenta su capacidad para recibir, almacenar y transmitir agua, en acuíferos, acuitardos y acuícludos (Tabla 2). También, en función de las diferentes presiones de alojamiento del agua, se clasifican en libres, confinados y semiconfinados considerando la ubicación relativa de cada formación geológica y su carácter hidrogeológico (Figura 45).

Además, desde una perspectiva hidrogeológica se reconoció y adquirieron datos referidos a manifestaciones de agua subterránea.

4.2.2.1. Vertientes

En el área de estudio, existe evidencia de zonas en donde el agua brota naturalmente desde los estratos aflorantes, no solo atestiguado por parte de los primeros habitantes, sino también de a partir de un estudio local de Uberti 2015 [vertiente ubicada en la pared de un cañadón, en cercanías del barrio Muten I a una cota aproximada de 285 msnm (Figura 44); el autor califica el tipo de agua como salobre (análisis en Anexo)], por lo que se realizó una comparación entre imágenes satelitales actuales con las históricas en búsqueda de alguna zona verde que podría estar asociada a manantiales y posteriormente se recorrió cada brote hallado hasta su inicio, pero no fue posible identificar alguna vertiente, debido a que hoy por hoy hay muchas pérdidas continuas de las instalaciones precarias de “red de agua”.



Figura 44. Ubicación de la vertiente

4.2.2.2. Unidades hidrogeológicas

Unidad somera- norte

Se desarrolla en la llanura del río Limay de edad Pleistocena-Holocena y queda definida por un manto aluvial de conglomerados y gravas sueltos de variada granulometría con participación menor de arena gruesa como matriz y presenta un espesor medio que varía entre 10 m y 12 m. Desde un punto de vista hidrogeológico constituye una unidad acuífera que posee alta capacidad de almacenamiento y alta transmisión de agua de acuerdo a las características litológicas e hidráulicas. Según ensayos hidráulicos, por un lado, realizados en Balsa Las Perlas en al año 2022, se caracteriza por una conductividad hidráulica (k) alta, de aproximadamente 93 m/día; por otro lado, según Laurencena 2015, variable entre 100 y 150 m/día, con una transmisividad media del orden de 1000 m²/día y una porosidad efectiva estimada según las características texturales de los sedimentos entre 15 % y 35 %.

Unidad profunda-sur

Es la base del nivel acuífero somero y está conformado por una sucesión de sedimentitas consolidadas del Cretácico Superior que se corresponden con el Subgrupo Río Neuquén, constituyendo una serie alternante de areniscas, fangolitas y arcilitas de carácter continental con raras intercalaciones de capas conglomerádicas petrocálcicas, siendo sus colores predominantes rojo y gris, formando un complejo acuífero profundo, constituido por niveles acuíferos (del tipo libre cubierto, confinado, semiconfinado y colgados que pueden dar vertientes), acuicludos y acuitardos, cuyo conocimiento deriva principalmente de datos indirectos. Aflora en algunos sitios del área de estudio, pero la mayor parte se encuentra cubierta por depósitos aterrazados.

Las areniscas van de grano fino a grueso y desde el punto de vista hidrogeológico pueden presentar buenos valores de porosidad y transmisividad que permiten el contenido y la circulación de agua. Estas capas presentan una estratificación que va de paralela en ciertos sectores a entrecruzada en otros. Las fangolitas y arcilitas son sedimentos de grano muy fino que poseen una transmisividad baja a nula respectivamente y una conductividad hidráulica baja.

Tabla 2. Sistema geohidrológico

Edad	Unidad estratigráfica	Unidad hidrogeológica	Comportamiento hidrogeológico
Pleistoceno - Holoceno	Depósitos aluviales	Unidad somera-norte	Acuífero
Cretácico Superior	Subgrupo Río Neuquén	Unidad profunda-sur	Intercalaciones de niveles acuíferos, acuicludos y acuitardos.

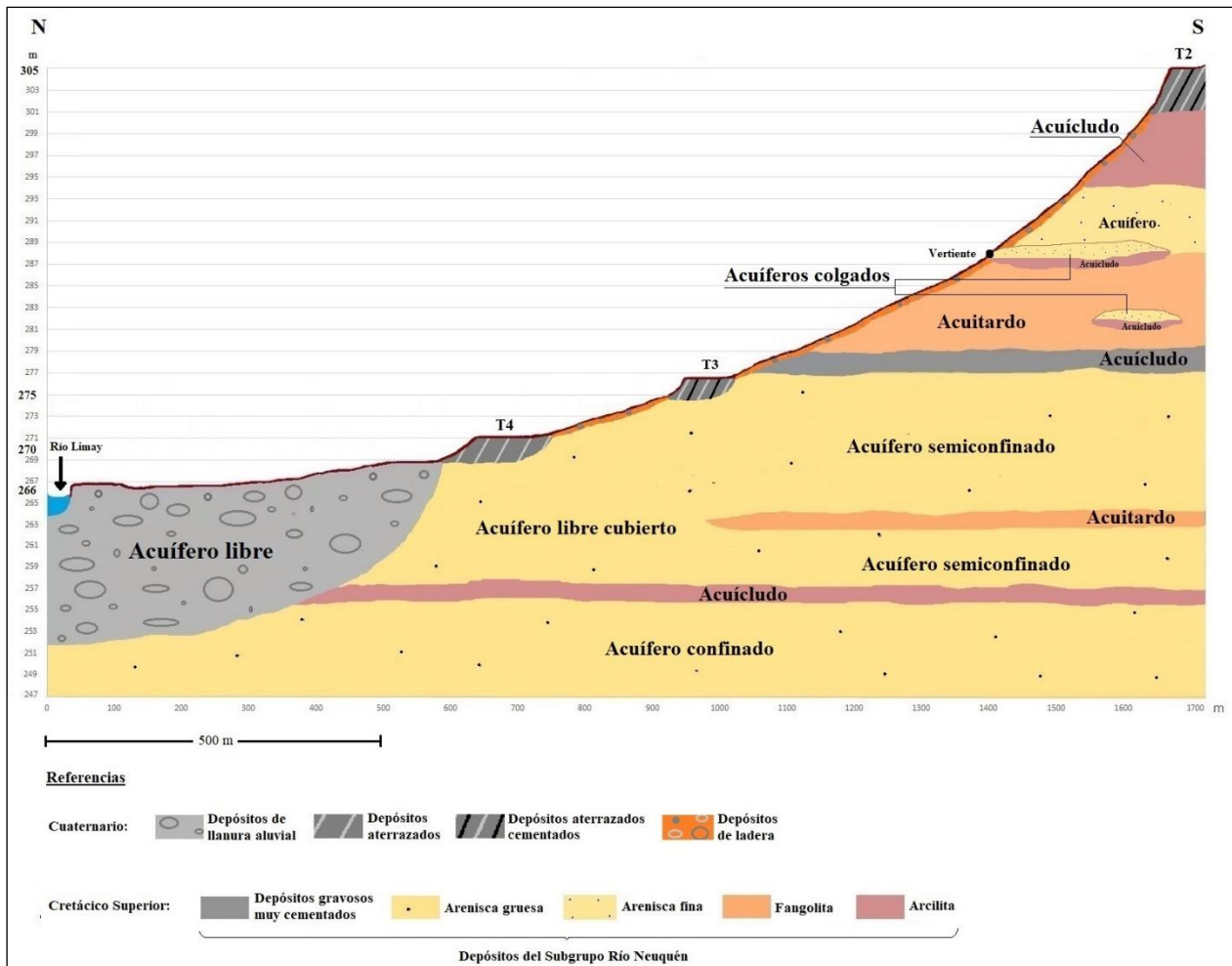


Figura 45. Caracterización hidrogeológica de la zona de estudio

4.2.3. Hidrodinámica del área de estudio

Se realizó un censo a través del cual se relevaron un total de 98 perforaciones domiciliarias existentes, de las cuales se apuntaron cuestiones relacionadas a las características constructivas (diámetro, bomba, año de realización, accesibilidad), uso de la fuente (doméstico, riego, otro), frecuencia (uso continuo, a veces y desuso), profundidad del nivel de agua e información geológica otorgada por vecinos con conocimiento general del área y algunos también del rubro petrolero. Complementariamente se extrajeron muestras de agua para la determinación de parámetros físico-químicos in situ (pH, conductividad eléctrica (Ce) y temperatura). El instrumental utilizado para la determinación de profundidad del agua incluyó una sonda marca Solinst y la adquisición de parámetros in situ se llevó a cabo con un conductímetro marca Adwa AD 203 y un sensor de pH marca Adwa AD 12. En todos los puntos relevados se tomaron las coordenadas geográficas con un GPS.

Teniendo en cuenta la densidad de datos y la información recopilada, aproximadamente por medio de transectas (Figura 46), se seleccionaron los sitios de monitoreo (Figura 47), en las cuales se realizaron las mediciones in situ en dos instancias, la primera se llevó a cabo los días 3 al 13 de marzo del año 2022 y la segunda instancia los días 21 al 29 de junio del mismo año.

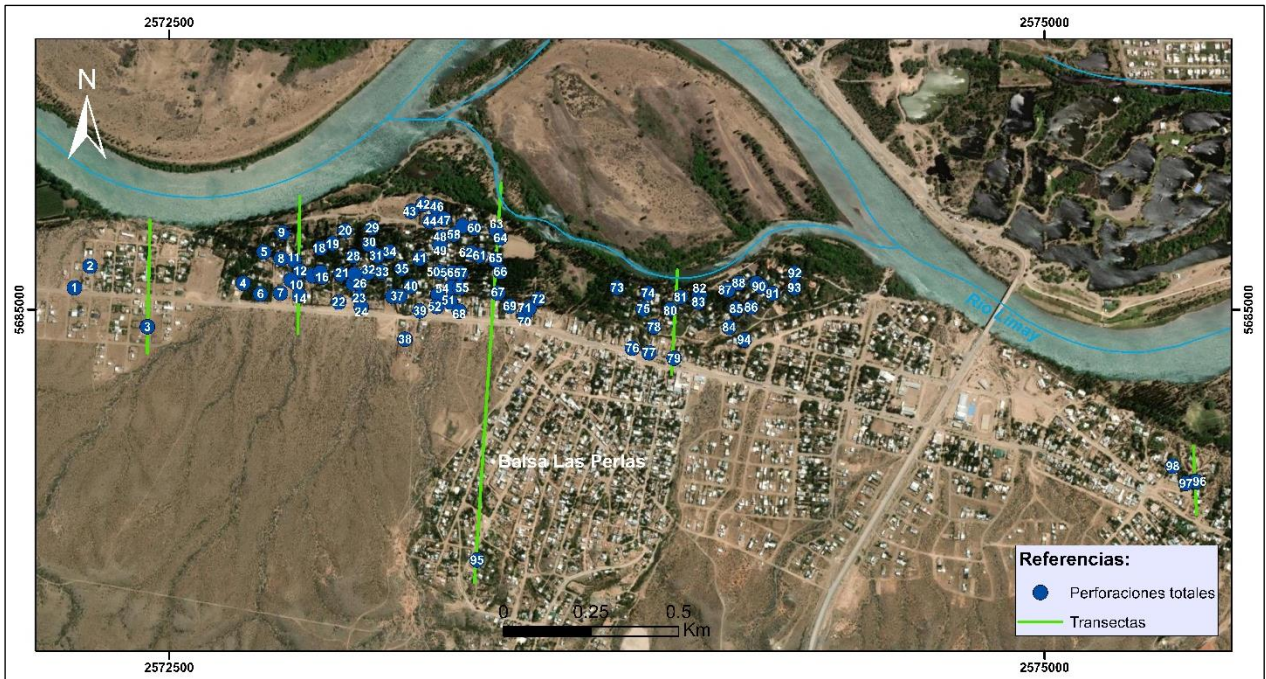


Figura 46. Ubicación de los sitios censados

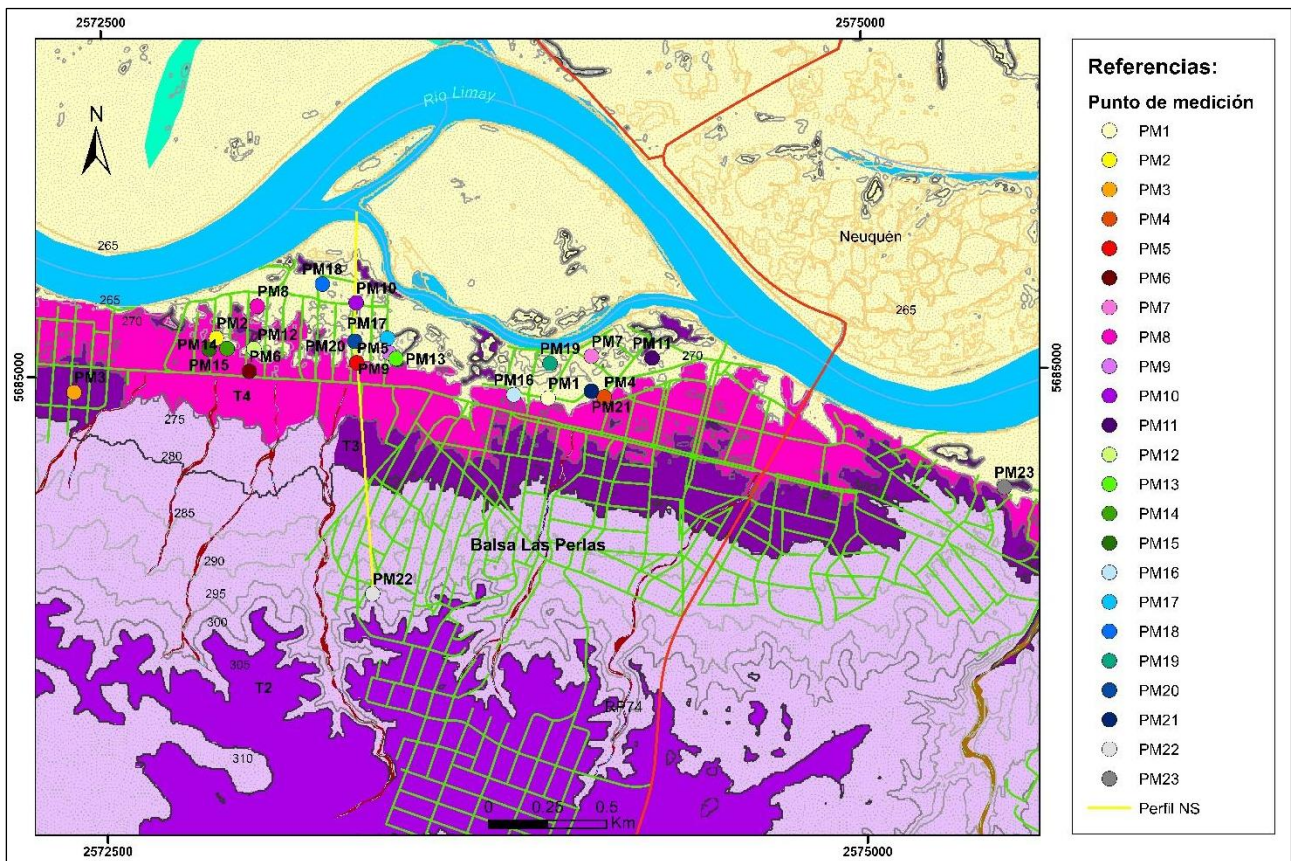


Figura 47. Puntos seleccionados para la medición

4.2.1.1. Características de los puntos de medición

Las profundidades de las perforaciones, así como la realización y los usos varían de acuerdo a la ubicación.

En la llanura aluvial, las perforaciones son abundantes y se sitúan aproximadamente entre los 2 m y 10 m, siendo su mayoría hechas a pala o hincadas. Algunos vecinos, los más cercanos al río, como son PM10 y PM23 han notado que cuando el río baja, la napa también, indicando una estrecha relación río-acuífero. Los usos abarcan riego, lavado y consumo humano, ya que afirman que el agua es buena.

En la transición hacia la terraza moderna no consolidada T4, las profundidades de las perforaciones rondan los 6 m a 14 m y los propietarios notan un cambio en el sabor del agua, “se tornó con el tiempo muy salada” y los electrodomésticos como por ejemplo el termotanque eléctrico, tienen poca vida útil, pues se rompen a causa de la salinidad del agua, tal que forma cristales alrededor de los caños de los mismos (Figura 48), como es el caso de PM6 y PM15, lo que puede ser debido a salinización del agua inducida por riego.



Figura 48. Cristales de sal en termotanque eléctrico

Tanto en la llanura como en T4 en general se bombea continuamente, día tras día y la litología reconocida consiste en conglomerados y areniscas sueltas, sedimentos característicos de la composición de la llanura y depósitos del subgrupo Río Neuquén respectivamente. En cuanto a los materiales de entubación de las perforaciones son en general caños PVC o *tubing*.

Como se puede observar en el mapa geomorfológico de la zona (Figura 12), los límites entre unidades son muy irregulares, T4 invade en pequeñas áreas a la llanura aluvial y T3 ocupa zonas reducidas de T4 alcanzando también a la llanura, por lo que cada perforación es un caso particular. Por ejemplo, PM6 y PM16 reconocieron en profundidad la presencia de una capa de poco espesor de “cemento indio”, un horizonte petrocálcico, casi tan duro como el hormigón enriquecido en carbonatos.

En T3, como la terraza es antigua, el número de perforaciones disminuye abruptamente debido a que el suelo está muy consolidado y por ende es difícil de cavar sin intervención de una perforadora mecánica. PM3 posee una profundidad de 13 m y comentó que al principio el agua era buena, pero se salinizó rápidamente (tal vez debido al cruzamiento de napas), y reconoció la capa de cemento indio. Actualmente aprovechan el recurso solamente para riego.

En la zona sur del área de estudio, la única captación hallada, posiblemente debido al costo que implica, corresponde al propietario del PM22, quién realizó la perforación de unos 45 m de profundidad aproximadamente, al pie del segundo nivel de terraza antigua (T2) para llegar a la napa no salinizada comentó. Se trata de una captación perforada mecánicamente durante un mes en el año 2000, en donde se atravesaron diferentes capas de sedimentos, exclamó durante la entrevista. Luego de los depósitos de terraza en superficie, se reconoció, primeramente, a medida que salía el *cutting* (cortes de suelo), unos 4 m de arcilla, seguidos de una capa de aproximadamente 5 m de arenisca fina, en donde se encuentra una primera napa salina. Continúo una capa el doble de espesor de las anteriores de fangolita, un sedimento muy fino fangoso específico, donde se ubica una segunda napa, también salina, hasta llegar a una capa muy dura (horizonte petrocálcico) donde se rompió el trepano y tuvimos que cambiarlo expresó. En el resto de la perforación, se observó una arenisca de grano más grueso, de mayor espesor, capas de alrededor de 8 m a 15 m que se intercalaban con algunos

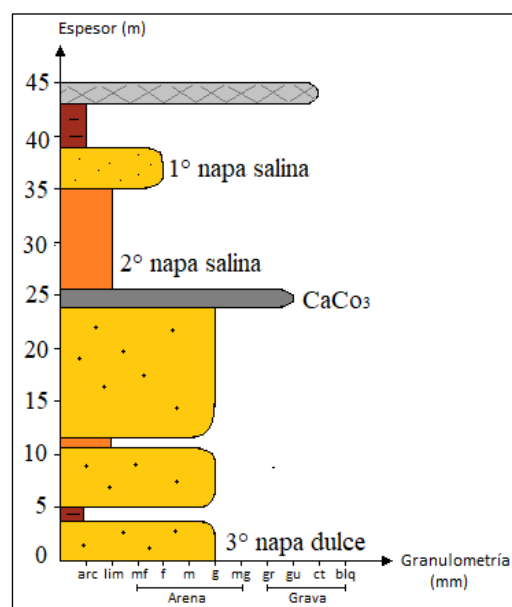


Figura 49. Perfil descrito por el propietario PM22

delgados niveles arcillosos/fangolíticos y se encontró, cercano a los 45 m de profundidad, una tercera napa de agua dulce, finalizó (Figura 49). Todo el pozo luego de ser entubado con caños de PVC fue cementado, principalmente para que no colapse y para aislar las formaciones laterales.

En la Tabla 3 se presenta el resumen de los sitios de medición (Figura 47) detallando sus características y observaciones más relevantes.

Tabla 3. Características de los puntos de medición. A cada punto se le asignó el color de la unidad a la cual pertenecen para una fácil identificación

Punto de medición	Ubicación	Usos	Frecuencia	Año de realización	Bomba	Diámetro interno (m)	Profundidad (m)	pH	T (°C)	Ce (µS/cm)	Información geológica	Análisis químico	Observación
PM1	68°8'47.207"O 38°59'1.494"S	Desuso	Desuso	2009	Si	0,06	14	7,5	15,9	> 2000	-	-	Se salinizó. Laguna
PM2	68°9'32.409"O 38°58'55.114"S	Riego, lavar, consumo humano	Continuo	2020	Si	0,045	6,5	-	-	-	-	-	-
PM3	68°9'51.822"O 38°59'0.996"S	Riego	Desuso	-	Si	0,116	13	7,93	16,7	406	Hay "cemento indio"	-	Se salinizó rápido
PM4	68°8'39.466"O 38°59'1.439"S	Ninguno	Desuso	2000	Si	0,06	12	8,85	12,9	193	Arena	-	Olor a podrido, Laguna
PM5	68°9'13.124"O 38°58'57.791"S	Riego, lavar	Continuo	2010	Si	0,085	10	7,55	5,2	1878	Conglomerado y arena	-	Antes se podía tomar
PM6	68°9'28.018"O 38°58'58.728"S	Riego y lavar	Continuo	2012	Si	0,224	9	7,26	17,2	> 2000	-	-	Se salinizó
PM7	68°8'40.931"O 38°58'57.211"S	Riego, lavar, consumo humano	Continuo	1982	Si	0,06	4	7,03	9,6	143	Arena	-	Siempre fue buena
PM8	68°9'26.727"O 38°58'51.768"S	Riego, lavar, consumo humano	Continuo	2001	Si	0,04	3	7,21	12,1	94	-	-	No se observa variación del nivel
PM9	68°9'8.859"O 38°58'56.723"S	Riego, lavar, consumo humano	Continuo	2002	Si	0,02	6	6,81	13,6	182	Arena	-	-
PM10	68°9'13.468"O 38°58'51.3"S	Riego, lavar, consumo humano	Continuo	1997	Si	0,04	7	7,16	14	118	Conglomerado	-	Baja río-baja napa
PM11	68°8'32.737"O 38°58'57.265"S	Riego	Continuo	2017	Si	0,056	8	7,32	15,1	> 2000	Conglomerado y arena	-	Era buena. Se salinizó
PM12	68°9'27.33"O 38°58'56.319"S	Riego, lavar, consumo humano	Continuo	2001	Si	0,052	6	7	13,7	385	Arena y conglomerado	-	-
PM13	68°9'8.045"O 38°58'57.39"S	Riego, lavar, tomar	Continuo	2000	Si	0,0254	6	7,04	11,5	339	Conglomerado y arena	-	-
PM14	68°9'30.86"O 38°58'56.386"S	Riego, lavar, consumo humano	Continuo	2017	Si	0,051	13	7,05	15,1	> 2000	Conglomerado	-	-
PM15	68°9'33.356"O 38°58'56.453"S	Riego y lavar	Continuo	2022	Si	0,056	7	7,43	13,5	> 2000	-	-	-
PM16	68°8'51.704"O 38°59'1.168"S	Ninguno	Desuso	2002	Si	0,051	-	7,43	15,1	> 2000	Cemento indio	-	Se salinizó
PM17	68°9'9.068"O 38°58'55.151"S	Riego y lavar	Continuo	2008	Si	0,055	5	-	-	-	Arena y conglomerado	-	No se observa variación del nivel
PM18	68°9'18.031"O 38°58'49.426"S	Riego, lavar, consumo humano	Continuo	-	Si	0,064	5	6,82	15,6	102	Conglomerado	-	-
PM19	68°8'46.788"O 38°58'57.862"S	Riego y lavar	Continuo	-	Si	0,032	7	-	-	-	Arena y conglomerado	Si	-
PM20	68°9'13.641"O 38°58'55.516"S	Riego y lavar	Continuo	2000	Si	0,051	7,5	6,6	13	152	Arena	-	Cambio el sabor y el olor
PM21	68°8'41.07"O 38°59'0.843"S	Ninguno	Desuso	-	Si	0,06	-	8,46	14,2	> 2000	-	-	Se salinizó
PM22	68°9'10.884"O 38°59'22.37"S	Riego, lavar, consumo humano	A veces, sólo cuando no hay agua de "red"	2018	Si	0,102	45	7,46	17,1	> 2000	Si (Figura 40)	-	Cementado
PM23	68°7'44.622"O 38°59'10.921"S	Ninguno	Desuso	2015	Si	0,06	2	7,94	16,5	> 2000	Conglomerado y arena	-	Baja río-baja napa. Antes se podía tomar

4.2.1.2. Niveles de marzo y junio

El estudio de los niveles freáticos y piezométricos permite obtener información básica sobre el movimiento y comportamiento del agua subterránea, por lo que se analizaron las correspondientes a marzo y junio de 2022 en Balsa Las Perlas.

Durante las campañas que se realizaron en este estudio, primeramente, se midió el nivel de la boca el pozo, siendo de valor positivo (+) cuando la boca del caño está por arriba de la superficie del suelo y negativo (-) cuando está por debajo y a la vez se registró el nivel de la superficie del agua con la sonda (Figura 50), en cada sitio de medición. En gabinete se corrigieron esos valores medidos con sonda, restando o sumando en cada caso la medida del caño que sobresalía o no. Luego, a las cotas del nivel del terreno, extraídos desde el MDE de 5 m, se le restó el nivel corregido, obteniendo así el nivel freático y piezométrico, tal sea el caso de cada perforación.

Se presentan los datos de cada Punto de Medición (PM) en la siguiente Tabla 4.

Tabla 4. Valores de las mediciones de marzo y junio

PM	Apagado de Bomba	Día de medición	Hora de medición	Obs. apagado de bomba	Nivel boca de pozo (m)	Profundidad medida con sonda (m)	Nivel Corregido (m)	Cota terreno DEM (msnm)	Nivel piezométrico (msnm)
Mediciones de MARZO									
PM1	1/1/20	10/3/2022	18:21	más de 2 años sin uso	0,592	4,172	3,58	268	264,42
PM2	8/3/22	10/4/2022	10:23	tarde noche (8PM)	0,066	3,55	3,484	269	265,516
PM3	1/1/21	9/3/2022	10:43	1 año sin uso	-0,045	11,222	11,267	277	265,733
PM4	1/1/19	9/3/2022	08:55	más de 3 años sin uso	0,179	3,194	3,015	269	265,985
PM5	6/3/22	7/3/2022	08:35	2PM	0	4,873	4,873	269	264,127
PM6	5/3/22	6/3/2022	11:10	por la mañana	-0,25	6,875	7,125	272	264,875
PM7	5/3/22	6/3/2022	10:26	5PM	0,232	3,063	2,831	269	266,169
PM8	4/3/22	5/3/2022	10:00	8PM	0	2,877	2,877	270	267,123
PM9	4/3/22	5/3/2022	09:04	5PM	0,725	3,92	3,195	269	265,805
PM10	4/3/22	5/3/2022	07:02	10PM	0,392	3,175	2,783	268	265,217
PM11	3/3/22	4/3/2022	10:47	1:30PM	0,239	3,065	2,826	269	266,174
PM12	3/3/22	4/3/2022	09:21	7PM	0,224	3,571	3,347	268	264,653
PM13	3/3/22	4/3/2022	09:03	medio día	0,1	3,85	3,75	269	265,25
PM14	3/3/22	3/3/2022	17:43	9AM	0,47	5,715	5,245	271	265,755
PM15	2/3/22	3/3/2022	09:30	9PM	0,0740	4,262	4,188	271	266,81
PM16	1/1/21	2/3/2022	18:36	hace 1 año	0,766	4,637	3,871	270	266,129
PM17	12/3/22	13/3/2022	19:01	por la mañana	-0,06	3,108	3,168	269	265,832
PM18	2/3/2022	3/3/2022	17:03	10PM	0,333	3,39	3,057	267	263,943
PM19	2/3/22	2/3/2022	20:24	11AM	0,404	3,535	3,131	269	265,869
PM20	4/3/22	5/3/2022	12:01	4PM	0,45	3,543	3,093	268	264,907
PM21	1/3/22	5/3/2022	11:04	-	0,26	2,86	2,6	267	264,4
PM22	15/2/22	7/3/2022	15:07	hace 20 días	-0,2	7,305	7,505	297	289,495
PM23	1/1/20	2/3/2022	17:55	hace 2 años	0,32	2,83	2,51	273	270,49
Mediciones de JUNIO									
PM1	1/1/2020	24/6/2022	17:45	más de 2 años sin uso	0,592	3,785	3,193	268	264,807
PM2					0,066	-	-	269	-
PM3	1/1/2021	21/6/2022	17:56	1 año sin uso	-0,045	11,26	11,305	277	265,695
PM4	1/1/2019	24/6/2022	13:25	más de 3 años sin uso	0,179	3,38	3,201	269	265,799
PM5	24/6/2022	24/6/2022	13:57	7am	0	5,113	5,113	269	263,887
PM6	27/6/2022	27/6/2022	16:02	9am	-0,25	6,91	7,16	272	264,84
PM7	22/6/2022	22/6/2022	16:45	6am	0,232	3,3	3,068	269	265,932
PM8	21/6/2022	21/6/2022	20:12	9am	0	2,94	2,94	270	267,06
PM9	25/6/2022	25/6/2022	16:43	10am	0,725	4,567	3,842	269	265,158
PM10	25/6/2022	26/6/2022	10:10	8pm	0,392	3,43	3,038	268	264,962
PM11	22/5/2022	22/6/2022	12:07	1 mes parada	0,239	3,34	3,101	269	265,899
PM12	24/6/2022	24/6/2022	16:02	11:30am	0,224	3,82	3,596	268	264,404
PM13	29/6/2022	29/6/2022	11:43	6am	0,1	3,483	3,383	269	265,617
PM14	5/4/2022	21/6/2022	19:45	desde abril	0,47	5,958	5,488	271	265,512
PM15	25/6/2022	25/6/2022	16:12	7am	0,074	4,45	4,376	271	266,642
PM16	1/1/2021	22/6/2022	15:47	hace 1 año	0,766	4,75	3,984	270	266,016
PM17					-0,06	-	-	269	-
PM18	27/6/2022	27/6/2022	17:37	9am	0,333	3,654	3,321	267	263,679
PM19					0,404	-	-	269	-
PM20	27/6/2022	27/6/2022	16:41	10am	0,45	3,777	3,327	268	264,673
PM21	1/3/2022	26/6/2022	11:03	desde marzo	0,26	2,671	2,411	267	264,589
PM22	15/2/2022	21/6/2022	11:59	no se volvió a prender	-0,2	6,41	6,61	297	290,39
PM23	1/1/2020	21/6/2022	18:53	hace 2 años	0,32	2,65	2,33	273	270,67



Figura 50. Medición de nivel piezométrico en perforación mediante sonda freaticométrica

4.2.1.2.1. Perfil de niveles freáticos y piezométricos

Los niveles obtenidos son variables de acuerdo a la ubicación de los pozos.

Para el mes de marzo, los niveles de las captaciones próximas al río, en la zona de la llanura aluvial, se sitúan entre 263,943 msnm y los 279,805 msnm; para la zona de T4 los valores se encuentran entre 264,127 msnm y 266,81 msnm; en T3 escasean y el valor para PM3 es de 265,733 msnm; mientras que al pie de T2 el nivel del singular pozo es de 289,495 msnm.

En junio, se observa una disminución en la mayoría de los niveles medidos. En general, el nivel en la llanura aluvial osciló entre 0,06 m a 0,37 m, en T4 alrededor de 0,03 m a 0,24 m, en T3 (PM3) 0,04 m y al pie de T2 (PM22) 0,89 m (Tabla 5). En esta segunda instancia de medición, en algunos de los pozos de estudio (PM2, PM17 Y PM19), no se pudo obtener datos debido a que los propietarios realizaron nuevas instalaciones que no permitieron el acceso de la sonda piezométrica.

En la Figura 51 se representan los niveles para las perforaciones implicadas en el perfil NS (Figura 47).

Tabla 5. Variación de los niveles piezométricos

Punto de medición	Nivel piezométrico MARZO (msnm)	Nivel piezométrico JUNIO (msnm)	Variación absoluta (m)	Signo
PM1	264,42	264,807	0,387	>
PM2	265,516	-		
PM3	265,733	265,695	0,038	<
PM4	265,985	265,799	0,186	<
PM5	264,127	263,887	0,240	<
PM6	264,875	264,84	0,035	<
PM7	266,169	265,932	0,237	<
PM8	267,123	267,06	0,063	<
PM9	265,805	265,158	0,647	<
PM10	265,217	264,962	0,255	<
PM11	266,174	265,899	0,275	<
PM12	264,653	264,404	0,249	<
PM13	265,25	265,617	0,367	>
PM14	265,755	265,512	0,234	<
PM15	266,81	266,642	0,188	<
PM16	266,129	266,016	0,113	<
PM17	265,832	-		
PM18	263,943	263,679	0,264	<
PM19	265,869	-		
PM20	264,907	264,673	0,234	<
PM21	264,4	264,589	0,189	>
PM22	289,495	290,39	0,895	>
PM23	270,49	270,67	0,18	>
PM Río Limay	266	265,5	0,5	<

En la Tabla 5 y en la Figura 51, se observa en general variaciones de niveles negativas, es decir que el nivel de agua disminuyó (<) en el invierno, posiblemente (en este año en particular), debido a la bajante del nivel del río Limay por la emergencia hídrica y por ende los niveles en la llanura aluvial, ya que hay una estrecha relación.

Para el caso de disminución en T4, la interpretación sería la misma, pero como la perforación está más alejada del río, la relación es menor y entonces la variación también. Para el caso de PM22, el nivel aumentó (>), mostrando *a priori* desde el punto de vista hidrodinámico que no tiene relación con el río.

Como se extrae agua de PM10, PM20 y PM5, todo el relleno de los acuíferos libres, está saturado hasta el nivel freático medido. Teniendo en cuenta que el nivel del río oscila no más de 2 m y que cuando el nivel del río baja, en el acuífero libre el nivel también, pero baja más lentamente porque la conductividad es menor, la influencia del río podría ir disminuyendo con el avance entre las capas de rocas menos transmisivas del subgrupo Río Neuquén, perdiendo altura.

En cuanto al acuífero confinado, como por su profundidad tiene la suficiente presión para subir aproximadamente 30 m desde el fondo del pozo, entonces tiene energía como para avanzar 2 km al norte hasta el río y por la continuidad de las capas, que sea la base del nivel acuífero somero, apoyando en discordancia sobre el mismo. Desde el punto de vista hidráulico el agua se mueve de los puntos de mayor energía a los puntos de menor energía (Sánchez, 2012), el nivel piezométrico en PM22 del acuífero confinado, oscila entre 289-290 msnm según la estación y el del río entre 266 -m 265 msnm, entonces el acuífero confinado estaría recargando por debajo al libre con agua salada. Además, el nivel de energía del agua está asociado con el área de recarga, por lo que el área de recarga de PM22, no podría proceder desde el río (aunque litoestratigráficamente podría ser, desde el punto de vista hidráulico es imposible), porque este tiene menor energía, por lo que, debido a esto, la recarga del acuífero confinado podría estar al sur. En una primera aproximación se podría establecer un flujo subterráneo regional desde la barda hacia el río Limay. Al sumar la química del agua (Capítulo 5), efectivamente podemos decir que el agua de PM22 (sulfatada sódica - muy salada) no tiene nada que ver con la del río (bicarbonatada sódica – dulce), por lo tanto, no son los mismos acuíferos.

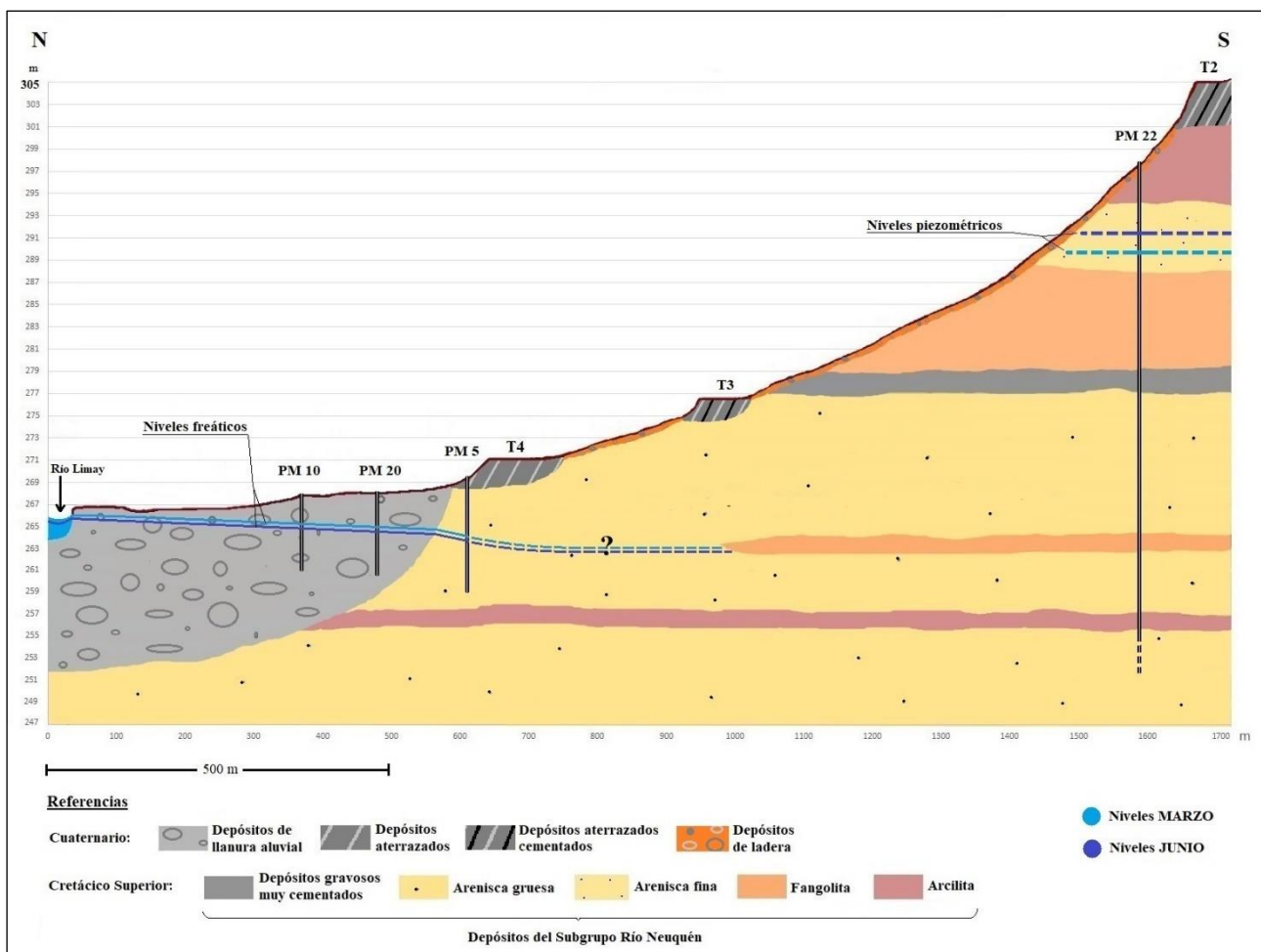


Figura 51. Niveles freáticos y piezométricos para los meses de marzo y junio del año 2022

4.2.1.2.2. Mapas piezométricos

Se elaboraron considerando que el acuífero libre no está relacionado con el acuífero confinado a efectos de mayor claridad en la representación, lo que resulta en una combinación de borde impermeable cerca de un río. Además, la información disponible al sur del área de estudio no es suficiente para definir el comportamiento hidrodinámico en el Subgrupo Río Neuquén, por lo que se analizan esencialmente las particularidades hidrodinámicas del acuífero freático representado por la llanura aluvial.

Del cotejo de ambos mapas (Figura 52), no se advierten cambios de importancia en las isopiezas. Lo que sí, es evidente, es el sentido general del flujo de agua: desde las mayores cotas a la izquierda, hacia las menores alturas ubicadas en la derecha, con algunas variaciones locales, que pueden obedecer a áreas de descarga por bombeo, debido a heterogeneidades litológicas del subsuelo, o quizás a errores de medición de dato, lo cual debe verificarse en futuras mediciones. Además, de la comparación de los registros de niveles freáticos con la variación del nivel del río, resulta claro la relación existente. Como se observa en la Figura 52, la dirección y sentido de las líneas de flujo determinadas por la superficie freática interpretada indican un río influente para ambos meses, es decir que el Limay, río regulado, presenta una mayor altura que el acuífero, consecuencia de un aumento en el caudal (Figura 38), por lo que cede agua al acuífero libre, recargándolo con dirección general NO-SE y formando algunos cuerpos de agua (lagunas). En este sistema, las líneas punteadas denominadas divisoras de aguas subterráneas son zonas donde las líneas piezométricas divergen, y pueden ser coincidentes o no con las divisorias de aguas superficiales.

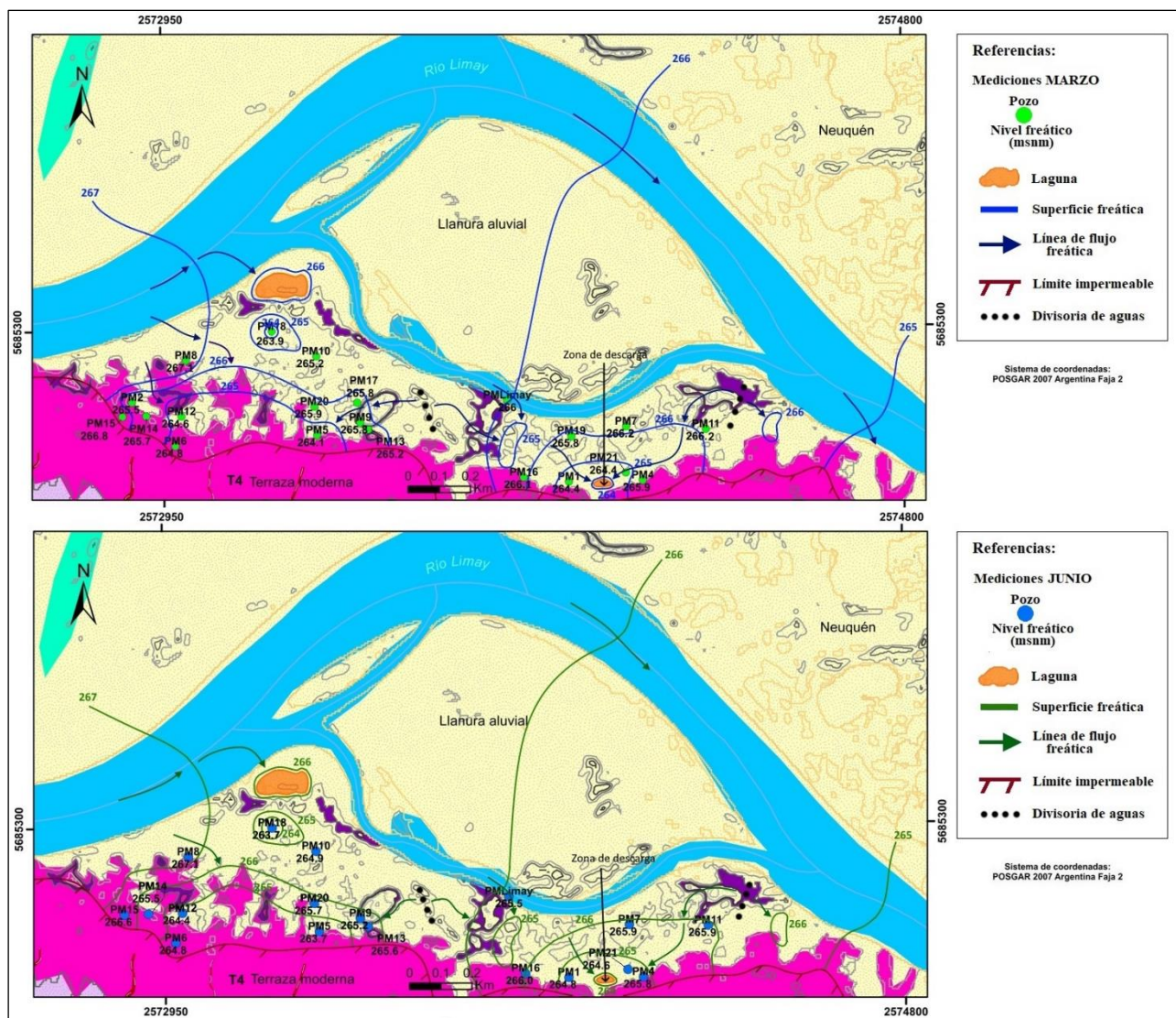


Figura 52. Niveles piezométricos del área de estudio para los meses de marzo y junio del año 2022

5. HIDROQUIMICA DE LOS ACUÍFEROS

5.1. Sitios muestreados

Se realizó un muestreo por unidad geomorfológica (Figura 53), con el objetivo de determinar el tipo de agua.

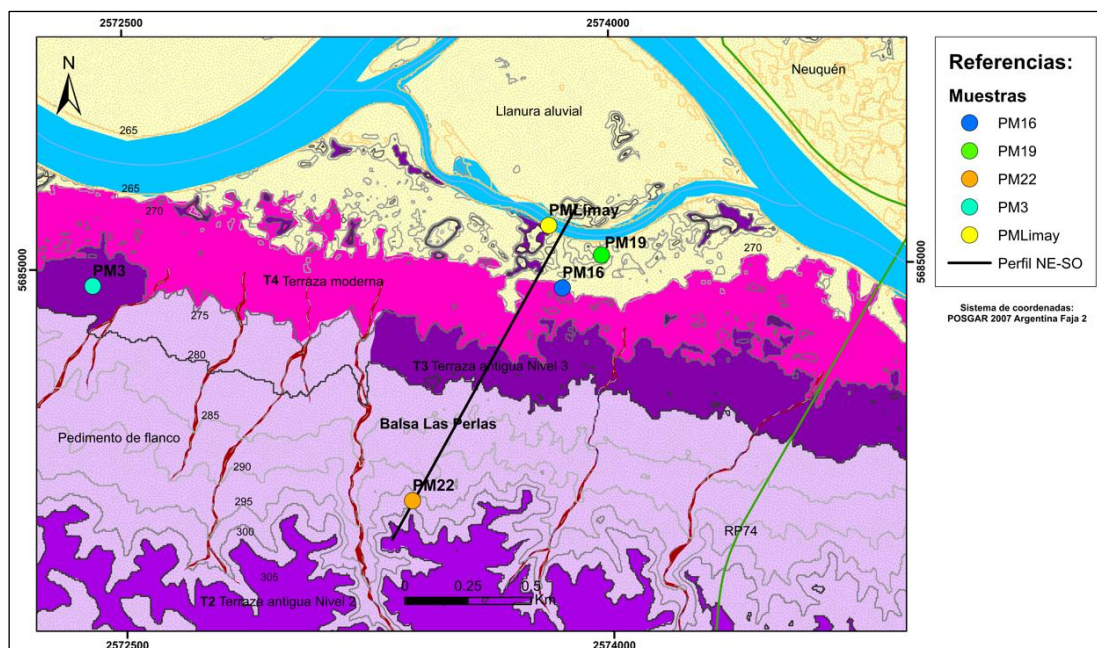


Figura 53. Ubicación de los sitios muestreados

5.1.1. Muestreo

Durante el censo se tomaron algunas muestras elegidas en base a la zonificación geomorfológica (llanura aluvial, pedimento de flanco, terrazas) y del río Limay, se identificaron y preservaron para su posterior envío al laboratorio Praxis (certificado bajo la norma ISO 9001.2015), quién estuvo a cargo de las determinaciones analíticas. Las mismas incluyeron los parámetros físico-químicos como color, turbiedad, pH, conductividad eléctrica (Ce), alcalinidad total (expresada como bicarbonatos y carbonatos), dureza total, cloruros, sulfatos, nitratos, nitritos, amonio, calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro y manganeso. También se recopilaban análisis realizados anteriormente por los propietarios.

5.1.2. Procesamiento

Se utilizó el programa informático Diagrammes v6.77 de análisis hidroquímico del agua subterránea, con el que se realizó la representación en diagramas de Piper (agrupamiento y tipificación del tipo de agua en familias) y de Stiff para caracterizar el tipo de agua de las familias encontradas y su relación con las formaciones geológicas de edades Jurásico-Cretácico a cuaternarias presentes en la zona.

El diagrama de Piper permite representar los iones mayoritarios [cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) y aniones (HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} y Cl^-)] de las muestras de aguas de diferentes áreas en un solo gráfico (Domenico y Schwartz, 1998) y así comparar fácilmente los tipos de agua; mientras que el diagrama de Stiff permite, a partir de su representación en un mapa, visualizar rápidamente la variación espacial que hay entre las relaciones iónicas.

5.2. Resultados e interpretación

Una forma de controlar la calidad de los datos de laboratorio es chequear el balance iónico el cual debe dar cero, aunque se aceptan valores máximos de hasta $\pm 5\%$.

Se cuenta con un total de 7 análisis (Anexo), de los cuales uno, el PM19Enero se descarta, debido a que el balance es mayor a 5% y se cuenta con otro del mismo sitio: PM19Abril. En cuanto a PM22, aunque el balance

iónico es realmente es alto (+30 %) se acepta porque es el único con el que se cuenta en esa zona, al igual que PMVertiente (Tabla 6). Aunque habría que tomar otra vez la muestra PM22, no se repitió por razones de tiempo y costo.

Tabla 6. Balance iónico de las muestras

Muestra	Balance iónico %
PM22	+30
PMVertiente	+9
PM16	+5
PM3	-1
PM19Enero	+7
PM19Abril	+1
PMLimay	+2

5.2.1. Diagrama de Piper

En la siguiente Figura 54 se presentan las muestras en un diagrama de Piper, agrupadas según la similitud encontrada y a continuación se describen.

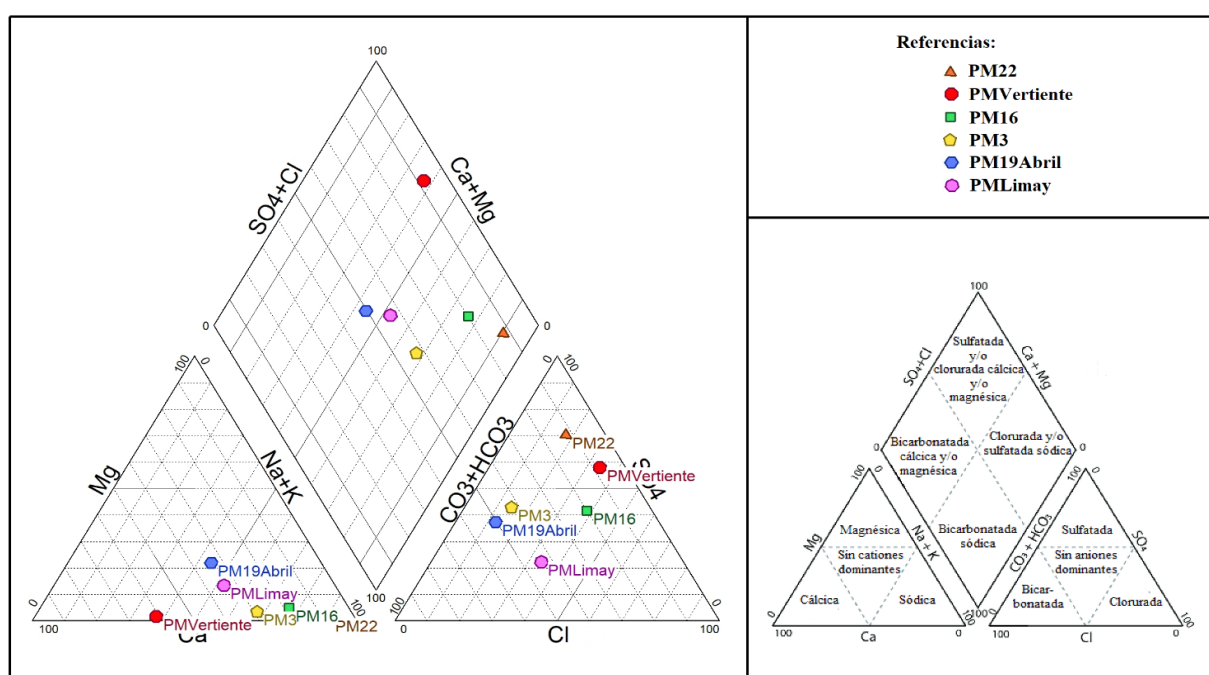


Figura 54. Diagrama de Piper de las muestras seleccionadas

Respecto a su calidad: PM22, PMVertiente y PM16 superan algunos valores de referencia máximos permitidos del Código Alimentario Argentino (CAA), en cuanto a turbiedad, dureza total, sólidos disueltos totales (SDT), cloruros, sulfatos y salinidad, resumidos en la Tabla 7, para agua potable Art. 982, por lo que es un agua no apta para consumo humano sin tratamiento previo. Además, sus aptitudes como agua de riego son muy mala según la clasificación de Wilcox, ya que su concentración de sales es elevada (Figura 55).

Tabla 7. Resumen de resultados de las muestras que superan los valores establecidos por CAA

Propietario	PM22					
Determinación	Conductividad (µS/cm)	Turbiedad (NTU)	Dureza total (en CaCO3) (mg/l)	S.D.T. (mg/l)	Cloruros (Cl-) (mg/l)	Sulfatos (SO4-) (mg/l)
Resultado	20.500	3,20	1.475,68	13.057	1.078	5850
Sitio	PMVertiente					
Resultado	3764	14	1.093	1.882	-	806
Propietario	PM16					
Resultado	5.930	3,8	882,48	3.777	935	1.381
Valor de referencia (CAA)		< 3	< 400	< 1.500	< 350	< 400

En cuanto a PM3, aunque los resultados del análisis físico químico no superan ningún valor de referencia del CAA, los resultados del análisis microbiológico indican que no es un agua potable (sin previo tratamiento), ya que se encuentra contaminada por efluentes cloacales (Tabla 8).

Tabla 8. Resumen de los análisis microbiológicos para PM3

Propietario	PM3	
Determinación	Resultado	Valor de referencia
Bacterias Coliformes Totales	11 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
Bacterias Mesófilas	800 UFC/ml	<500 UFC/ml
Escherichia coli	Presente en 100 ml	Ausente en 100 ml
Pseudomonas aeruginosa	Presente en 100 ml	Ausente en 100 ml

Respecto a PM19Abril y PMLimay, ambas son aguas potables.

5.2.2. Diagrama de Wilcox

Las muestras PM3, PM19Abril y PMLimay, según la clasificación de Wilcox, tienen una aptitud como aguas de riego que es excelente.

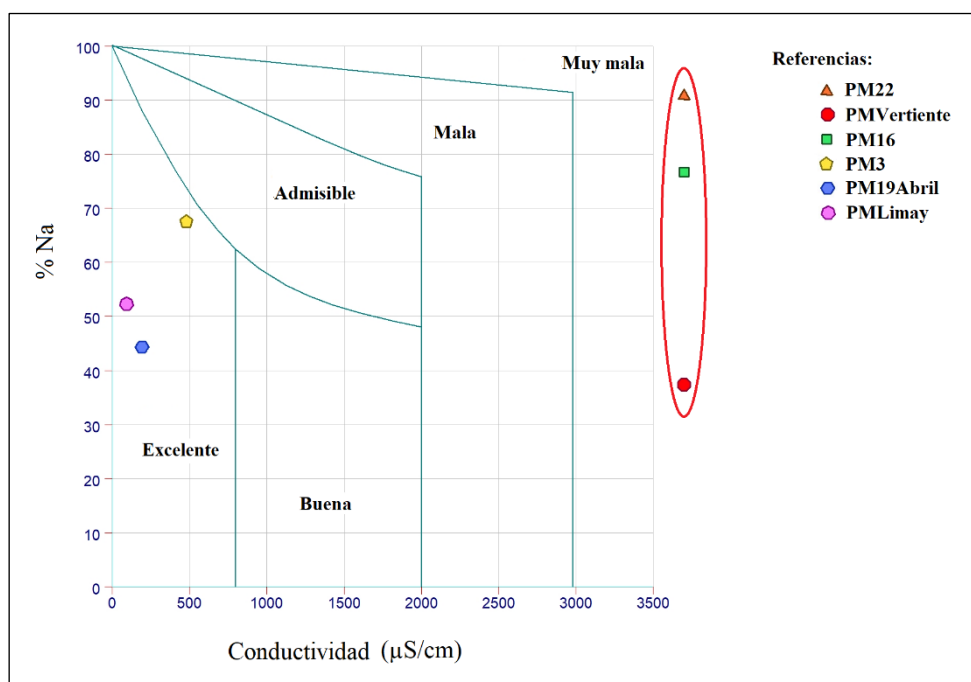


Figura 55. Diagrama de Wilcox (1955) con la clasificación de aguas muestreadas, según la aptitud de uso para la irrigación. La elipse de color rojo destaca las muestras fuera de rango

5.2.3. Diagrama de Stiff

La composición de las muestras seleccionadas se presenta en la Tabla 9, a partir de la cual se elaboraron los diagramas de Stiff (Figura 57) ubicados en el perfil NE-SO (Figura 53), de manera de poder observar fácilmente la gran variabilidad en cuanto a la concentración de iones de las aguas y el tipo.

Tabla 9. Composición de las muestras de agua (concentraciones en mg/L)

Zona	Grupo	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²
Río Limay	PM Limay	8.0	1.9	12.2	3.1	30.0	13.0	12.0
Planicie aluvial	PM19Abril	12.0	4.7	18.0	-	53.0	7.0	31.0
Terraza Moderna (T4)	PM16	280.5	44.0	1326.5	8.8	840.0	935.0	1381.0
Terraza antigua Nivel 3 (T3)	PM3	21.7	1.6	56.1	3.6	100.0	19.0	79.0
Vertiente	PMVertiente	427	6,5	300	-	137	350	806
Pedimento de flanco al pie de T2	PM22	521.1	42.0	6663.3	8.3	1300.0	1078.0	5850.0

La muestra de PMLimay es bicarbonatada sódica y presenta una muy baja concentración de iones y salinidad.

La muestra PM19Abril fue extraída de una captación de agua domiciliaria de menos de 4 m de profundidad realizada en la llanura aluvial sur del río Limay. El agua presenta baja concentración de iones, baja salinidad y es del tipo bicarbonatada sódica, indicando una fuerte relación río Limay – acuífero y un escaso tiempo de residencia en el acuífero.

La muestra PM16, fue extraída de una perforación de unos 10 m de profundidad, ubicada sobre la terraza moderna T4, en el centro de la zona de estudio. Posee una alta concentración de iones, con agua predominantemente sulfatada - clorurada sódica, por lo que su elevada salinidad puede deberse a la influencia de aguas provenientes del sur, con elevado tiempo de residencia en los estratos multicapas del subgrupo Río Neuquén.

La muestra PM3, extraída de un pozo ubicado a aproximadamente a 11 m, sobre el nivel aterrizado antiguo número 3 (T3), al oeste del área de estudio, es del tipo de aguas sulfatada sódica, pero como está contaminada por efluentes cloacales (Tabla 8), a esa profundidad las bacterias podrían llegar si hay agua superficial entrando por anular, es decir que lo más probable es que haya mezcla de agua por falta de aislamiento, lo que implica además que el nivel de agua no es representativo, por lo que se descarta.

La muestra PM22, extraída de la perforación de unos 45 m de profundidad ubicada al pie del segundo nivel aterrizado antiguo (T2), posee muy alta concentración de iones y una elevada salinidad. El tipo de agua es sulfatada sódica, pudiéndose corresponder el elevado contenido de sodio al tiempo prolongado de circulación de las aguas reflejando la composición de las rocas pertenecientes al subgrupo Río Neuquén.

La muestra PMVertiente ubicada en el cañadón este, en cercanías del barrio Muten I, presenta un agua del tipo sulfatada cálcica, debido seguramente a que se encuentra en rocas petrocálcicas.

Como las concentraciones de los iones de las aguas son muy variables, siendo en general menor en el norte y aumentando cada vez más hacia el sur del área de estudio, se hace uso de dos escalas para poder observar bien la representación de los diagramas de Stiff para cada muestra (Figura 56).

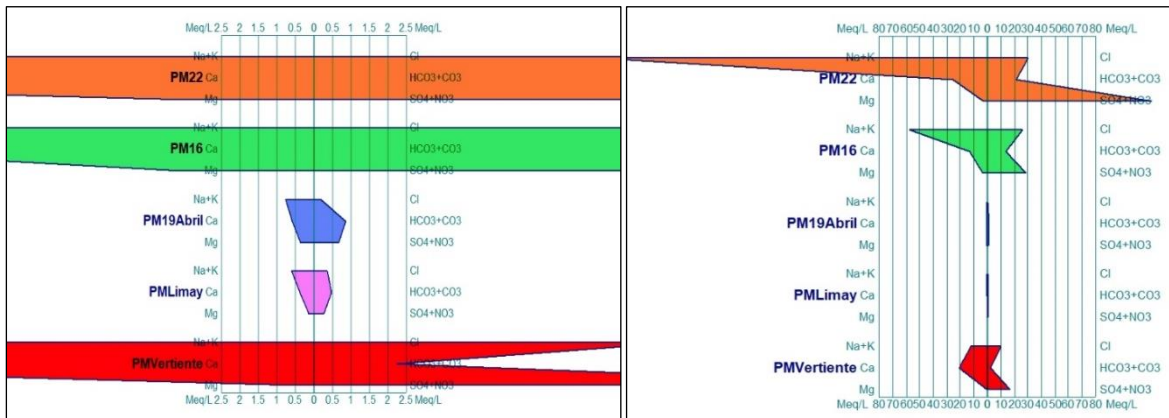


Figura 56. Diagramas de Stiff de cada muestra

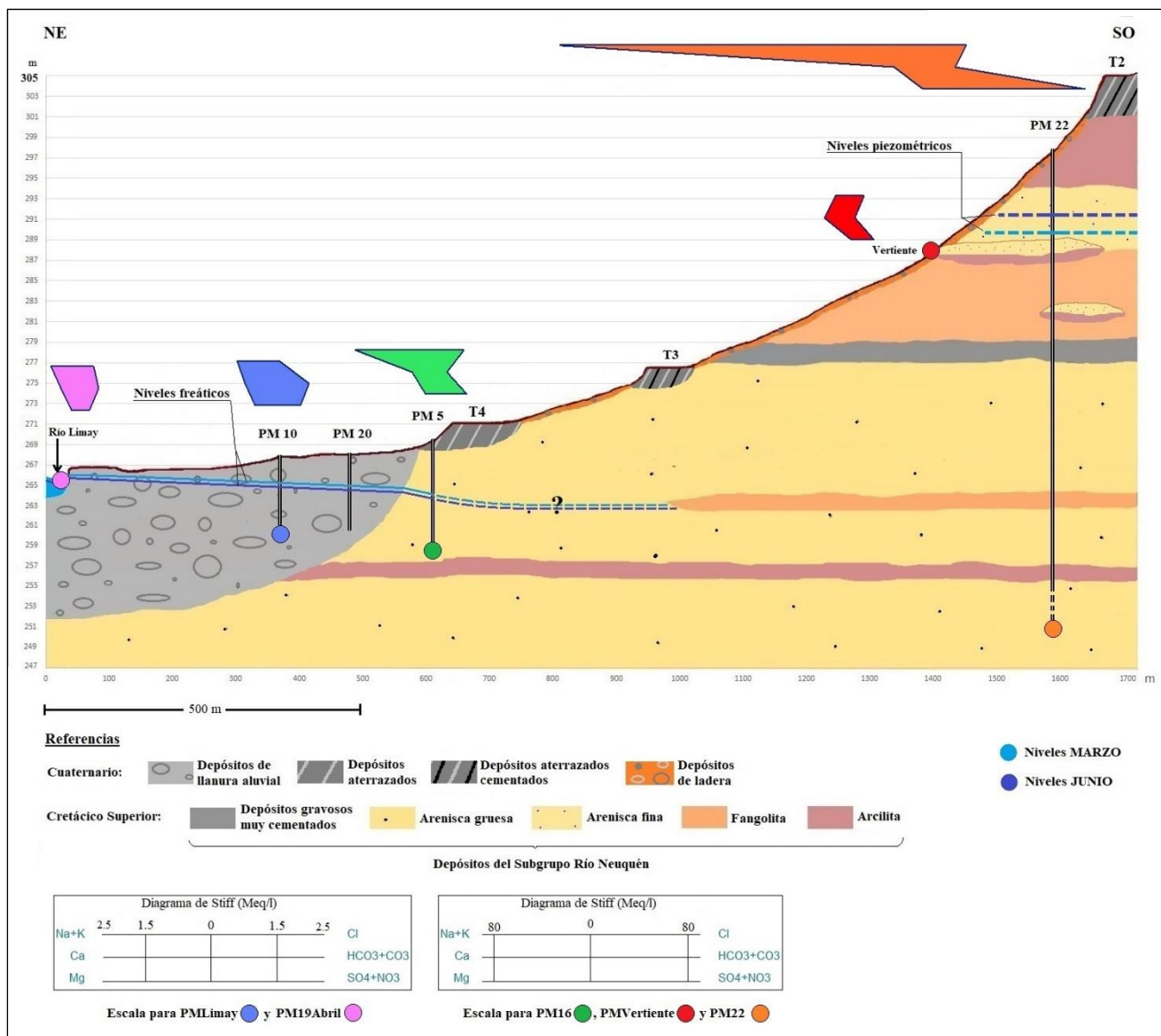


Figura 57. Diagramas de Stiff representativos de las muestras en el área de estudio

5.2.4. Distribución de la conductividad eléctrica

Es de importancia analizar la conductividad eléctrica/salinidad, debido a que las sales y también otras sustancias afectan la calidad del agua potable o de riego.

En los puntos seleccionados para la medición (Figura 47) se extrajeron muestras de agua para la adquisición de parámetros in situ [pH, conductividad eléctrica (Ce) y temperatura], utilizando para su determinación un conductímetro marca Adwa AD 203 (el cual no especifica la cifra del resultado cuando los valores superan los 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y un sensor de pH marca Adwa AD 12. También se consideraron los resultados de los análisis químicos, valores que se resumen en la Tabla 10 .

La conductividad eléctrica del agua subterránea muestra una estrecha relación con las unidades geomorfológicas identificadas. En el área de la llanura aluvial, se registraron los valores más bajos de conductividad eléctrica, y oscilan desde los 94 $\mu\text{S}/\text{cm}$ alcanzando en los límites de la terraza moderna, valores mayores (>) a 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Además, se data un valor medio de pH igual a 7.22.

Hacia el sur, los valores de conductividad eléctrica aumentan significativamente (> a 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta 20.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$), debido al mayor tiempo de contacto con las formaciones geológicas del Subgrupo Río Limay y posee un valor medio de pH de 7.61.

Para la elaboración del mapa de Ce (Figura 58), de los acuíferos distinguidos en el área de estudio (libre, libre cubierto, y confinado), se tuvieron en cuenta los valores en $\mu\text{S/cm}$ obtenidos y los dos grandes ambientes litoestratigráficos diferenciados en el área con anterioridad (Figura 31). Además, se realizó una zonificación aproximada en cuanto al tipo de agua y los valores de conductividad, según el apartado de aguas subterráneas ANIDA del IGN, en donde se denominan aguas **dulces** a las aguas que contienen como máximo de 1.000 a 2.000 ppm (partes por millón), equivalente a 1560 a 3120 $\mu\text{S/cm}$ de sustancias disueltas; aguas **salobres** si el contenido es mayor (hasta 5000 ppm o 7800 $\mu\text{S/cm}$) y **saladas** hasta 40.000 ppm o 62.400 $\mu\text{S/cm}$. Los principales iones (cationes y aniones) que se encuentran en el agua subterránea son: calcio, magnesio, sodio y potasio; sulfatos, cloruros, carbonatos y bicarbonatos. Ellos proporcionan al agua la mayor parte de su salinidad.

Tabla 10. Valores de pH, temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$) de los puntos medidos

Punto de medición	Ubicación	pH	T($^{\circ}\text{C}$)	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$)
PM1	68°8'47.207"O 38°59'1.494"S	7,5	15,9	> 2000
PM2	68°9'32.409"O 38°58'55.114"S	-	-	-
PM3	68°9'51.822"O 38°59'0.996"S	7,93	16,7	406
PM4	68°8'39.466"O 38°59'1.439"S	8,85	12,9	193
PM5	68°9'13.124"O 38°58'57.791"S	7,55	5,2	1878
PM6	68°9'28.018"O 38°58'58.728"S	7,26	17,2	> 2000
PM7	68°8'40.931"O 38°58'57.211"S	7,03	9,6	143
PM8	68°9'26.727"O 38°58'51.768"S	7,21	12,1	94
PM9	68°9'8.859"O 38°58'56.723"S	6,81	13,6	182
PM10	68°9'13.468"O 38°58'51.3"S	7,16	14	118
PM11	68°8'32.737"O 38°58'57.265"S	7,32	15,1	> 2000
PM12	68°9'27.33"O 38°58'56.319"S	7	13,7	385
PM13	68°9'8.045"O 38°58'57.39"S	7,04	11,5	339
PM14	68°9'30.86"O 38°58'56.386"S	7,05	15,1	> 2000
PM15	68°9'33.356"O 38°58'56.453"S	7,43	13,5	> 2000
PM16	68°8'51.704"O 38°59'1.168"S	7,43	15,1	5930
PM17	68°9'9.068"O 38°58'55.151"S	-	-	-
PM18	68°9'18.031"O 38°58'49.426"S	6,82	15,6	102
PM19	68°8'46.788"O 38°58'57.862"S	-	-	-
PM20	68°9'13.641"O 38°58'55.516"S	6,6	13	152
PM21	68°8'41.07"O 38°59'0.843"S	8,46	14,2	> 2000
PM22	68°9'10.884"O 38°59'22.37"S	7,46	17,1	20500
PM23	68°7'44.622"O 38°59'10.921"S	7,94	16,5	> 2000
PM Río Limay	68° 8'52.49"O 38°58'55.28"S	8	-	95

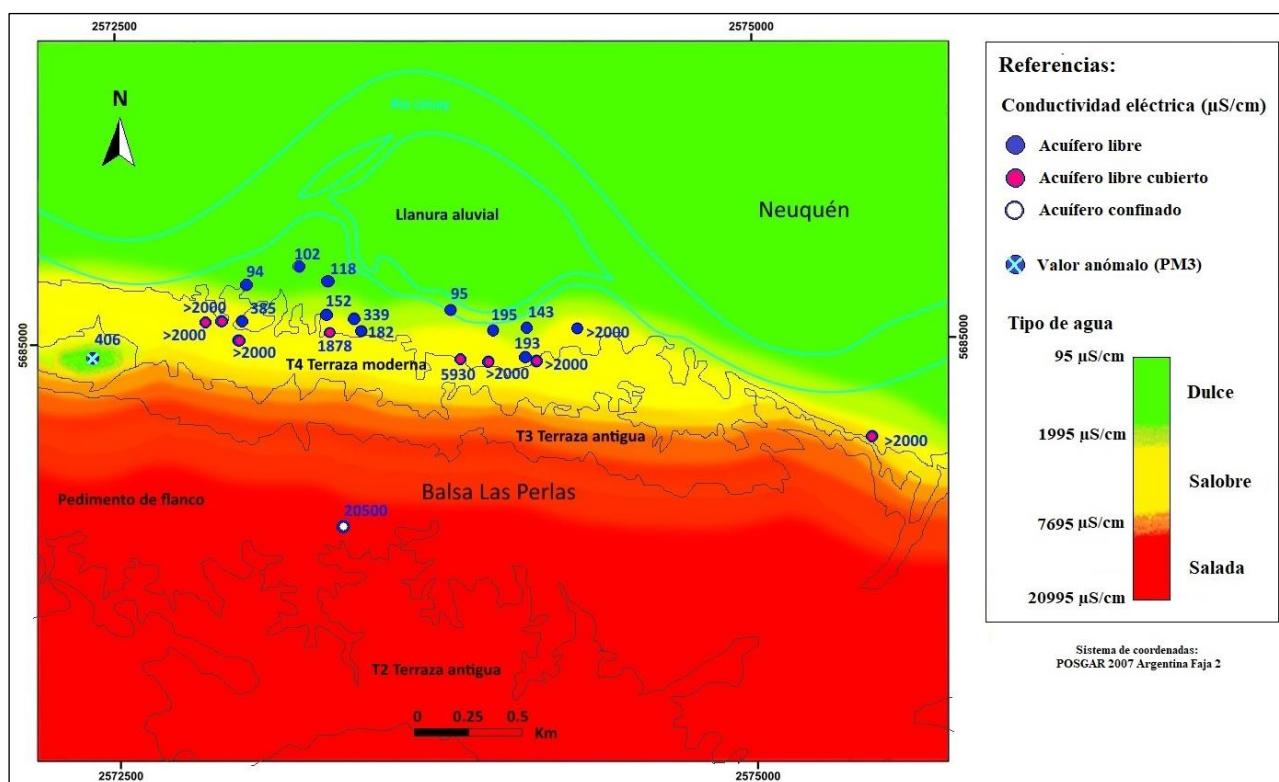


Figura 58. Distribución de la conductividad eléctrica del agua de pozos en los diferentes acuíferos identificados (junio 2022)

6. MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL

A través de procedimientos inductivos, deductivos y analógicos, enfocados en caracterizar los acuíferos de Balsa Las Perlas, el modelo geohidrológico del área de estudio (Figura 59), queda representado por dos grandes ambientes, fuertemente condicionados por las características geomorfológicas, uno somero con ubicación norte y otro ubicado al sur. El primero, queda definido por un manto aluvial de conglomerados y gravas muy permeables (con una conductividad hidráulica K_1 y conductividad eléctrica Ce_1). Posee un espesor que varía entre 10 m y 12 m y apoya en discordancia sobre el segundo. Este último, está conformado por intercalaciones de depósitos continuos horizontales (observados así en los afloramientos), del Subgrupo Río Neuquén (con un K_2 y Ce_2 mucho menores que K_1 y Ce_1), que tienen no sólo un espesor considerable, sino también una permeabilidad significativa, en donde hay esencialmente dos napas superficiales y una profunda. Las primeras se ubican relativamente una en las areniscas finas y la otra en las fangolitas (Figura 49), antes del horizonte petrocálcico (capa cementada por carbonato de calcio – $CaCO_3$), de nivel freático desconocido, pudiendo tratarse de acuíferos colgados locales (con K_3 y Ce_3), que podrían cortar en algún punto de la superficie originando vertientes (como no hay una fuente de recarga permanente para estos dos niveles, no se sabe con exactitud cómo son). La profunda, corresponde a un acuífero confinado a nivel regional, con K_4 y Ce_4 aproximadamente iguales a K_2 y Ce_2 .

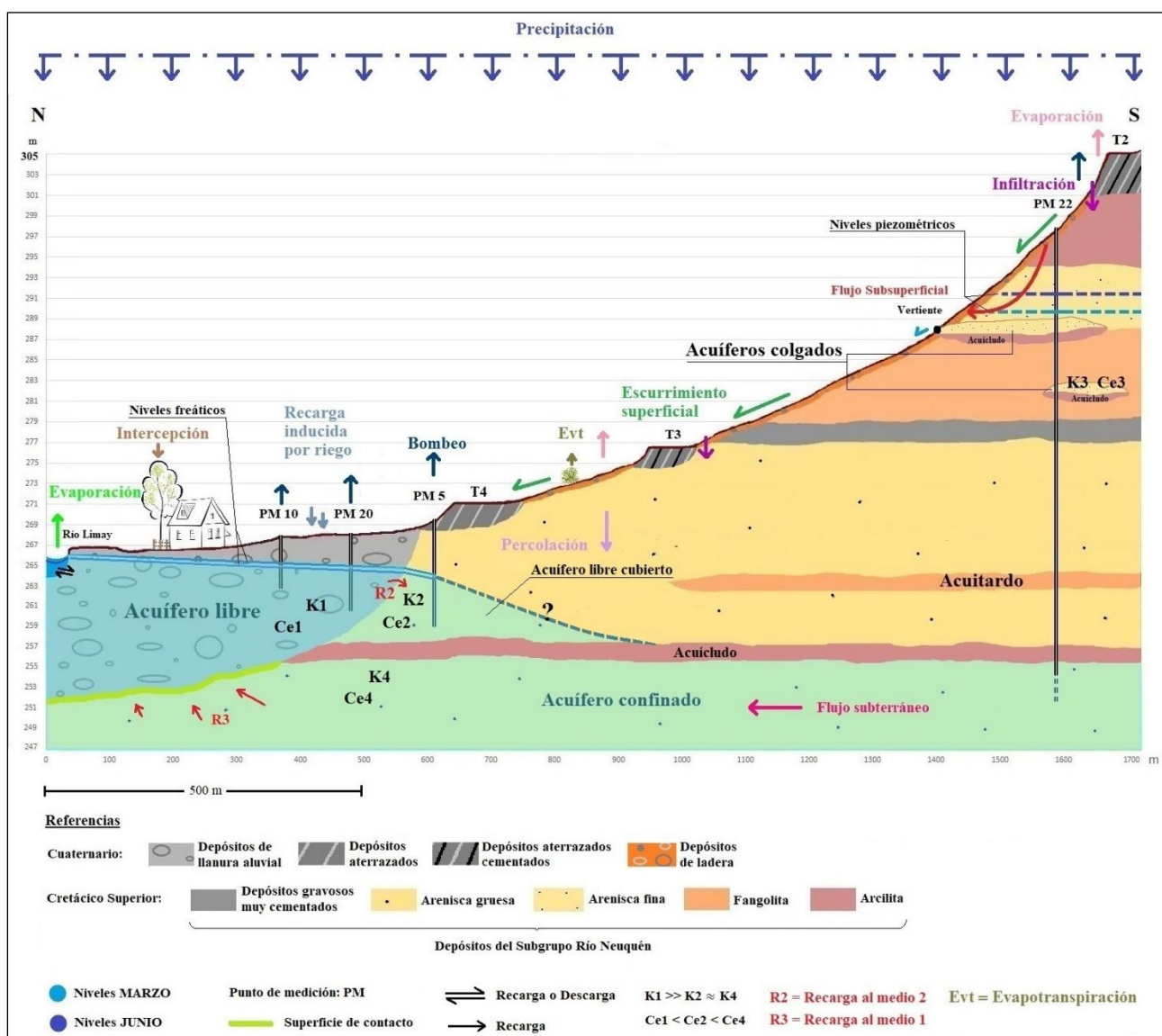


Figura 59. Modelo hidrogeológico del área de estudio

6.1. Relación agua superficial y agua subterránea

Como se describió en la sección de Clima, pese a que la zona presenta un fuerte déficit hídrico anual, la distribución de las precipitaciones no es homogénea, sino que las mayores láminas se producen en otoño e invierno, cuando la evapotranspiración es baja, lo que permitiría intervalos de excedentes hídricos que podrían recargar los acuíferos en períodos más cortos en donde un 23 % de la precipitación podría infiltrarse o escurrir superficialmente, pero por tratarse de una región de llanura donde el escurrimiento superficial es de escasa significación se reconoce este valor como la precipitación efectiva en un escenario para la recarga del agua subterránea sin riego.

Además, existe una vinculación entre el río Limay y el acuífero aluvial (Figura 52), en donde la recarga desde el río al acuífero será positiva cuando el río es influente, es decir el río aporta agua al acuífero y negativa cuando el río es efluente, en este caso el acuífero entrega agua al río.

6.1.1. Disponibilidad de agua en el área de estudio - Balance hidrológico

A partir de la ecuación del balance hidrológico global, basada en el principio de *Lavoisier* que establece que “la materia no se crea ni se destruye, sólo se transforma”, se puede expresar:

$$I - E = \Delta S$$

I: Ingresos
E: Egresos
 ΔS : Variación de almacenamiento

Esta ecuación que puede ser aplicada a una región o unidad de estudio cualquiera y en un tiempo cualquiera (Schulz, J. y García, F., 2018), se aplicará a cada unidad acuífera diferenciada con anterioridad.

En un ciclo se puede considerar a todas los componentes que forman parte de él comenzando desde cualquier lugar, pero, lo más intuitivo es comenzar con la "materia prima" del mismo, que es la precipitación y a partir de allí, considerar qué caminos puede seguir el agua que cae en forma de lluvias (Figura 59):

Evaporación. Una vez que el agua de lluvia alcanzó la superficie terrestre; una parte se evapora desde la superficie del suelo o bien directamente desde el follaje de los árboles. A este último fenómeno se le denomina Intercepción.

Infiltración. El agua que se infiltra (tanto natural debido a las precipitaciones como la inducida debido a los riegos en este caso), puede, a su vez, seguir varios caminos: evaporarse desde el suelo húmedo (sin relación con la posible vegetación que se desarrolle sobre el suelo); transpirarse (las raíces de las plantas absorben el agua infiltrada en el suelo, quedando una parte retenida para el aprovechamiento de las especies vegetales, mientras que la mayor parte es transpirada); escurrir subsuperficialmente (corresponde a aquella parte del agua infiltrada que tras un corto recorrido lateral y antes de llegar a la superficie freática, vuelve nuevamente a la superficie); percolarse (si no es evaporada ni atrapada por las raíces de las plantas, se moverá dentro del suelo hasta alcanzar la superficie freática); y finalmente el agua restante da lugar al Flujo Subterráneo.

Escurrecimiento Superficial. El agua de las precipitaciones que no es evaporada ni infiltrada, escurre libremente por la superficie terrestre bajo la influencia de la gravedad. Parte es evaporada desde la superficie del curso fluvial y otra parte puede quedar retenida en lagos o embalses.

Una vez que el agua ha alcanzado la zona saturada, el camino que sigue el agua subterránea en el subsuelo sigue los gradientes hidráulicos (el agua se mueve desde una zona de mayor nivel energético hacia otra de menor valor). Este camino, desde su ingreso hasta su salida puede ser de unos cuantos metros, cientos y aún miles de metros o kilómetros, durante un periodo que puede variar desde unos meses hasta miles de años. Esta salida al exterior puede ser artificialmente, a través de pozos u otras obras de captación (bombeos) y naturalmente: a través de un manantial; a través de los procesos de evapotranspiración (por las plantas freatófitas o por que la superficie freática se encuentra muy cerca de la superficie del terreno); luego de entregar sus aguas a un curso fluvial.

6.1.2. Ecuaciones globales

A continuación, se expresará sólo la fórmula del balance global para cada acuífero distinguido en el área de estudio, debido a que los parámetros conocidos son la precipitación media anual de 173 mm/año y la evapotranspiración potencial del orden de los 771 mm/año y los demás se desconocen [el riego, el bombeo, la vertiente, la recarga/descarga del río hacia el acuífero, la recarga al medio 2 (R2, caudal desde el acuífero libre, medio 1, más permeable con K1 y Ce1, al medio 2: acuífero libre cubierto conformado por los depósitos del subgrupo Río Neuquén con K2 y Ce2 menores), la recarga al medio 1 (R3, caudal desde el acuífero confinado al libre aluvial), el caudal subterráneo y la escorrentía]. La infiltración se puede estimar por ejemplo a través del infiltrómetro de anillo doble y ajuste de la ecuación de Horton; el potencial de escorrentía a través del método de curva número (CN), el cual depende de la textura, uso de suelo y la pendiente; el caudal de bombeo a través de aforo; y la recarga potencial de los acuíferos, se puede evaluar utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG), considerando precipitación, evapotranspiración, litologías y pendientes (Gatica, 2017).

Acuífero libre aluvial

Es el más importante y utilizado en la zona. Se plantea la fórmula del balance hidrológico, implicados en el acuífero libre aluvial teniendo en cuenta que hay un flujo subterráneo que entra y sale por continuidad (Q_e/Q_s) desde aguas arriba hacia aguas abajo.

El ingreso al sistema lo conforman la infiltración por lluvia (se expresará como precipitación media anual (P) – escorrentía (Es), debido a que se conoce el valor de la precipitación); la infiltración por riego (R_i); el río cuando es influente (R_{Lin}); y la recarga al medio 1 (R3) desde el medio 3 (por comunicación entre el acuífero confinado y el acuífero libre aluvial, cediendo agua desde el confinado al libre aluvial).

El volumen ingresado más importante, el cual define la variación de almacenamiento ΔS , es la recarga local desde el río Limay cuando es perdedor y es quién da abastecimiento frente a la demanda de la población establecida gracias a una rápida reposición de agua.

El egreso esta dado por la evapotranspiración potencial conocida (Evt); el bombeo (B); y el río cuando es efluente o ganador (R_{Leflu}).

$$(P - Es) + R_i + R_{Lin} + R_3 + Q_e - Evt - B - R_{Leflu} - Q_s = \Delta S$$

Acuífero libre cubierto

El ingreso a este sistema, lo satisfacen la percolación (Per) y el principal mecanismo de ingreso estaría dado por la recarga al medio 2 (R2) y/o una posible recarga proveniente desde el sur, fuera del área de estudio (Fa) y como egreso el bombeo.

$$Per + R_2 + Fa - B = \Delta S$$

Esta unidad acuífera es más pobre como acuífero, más salina y además está contaminada.

Acuífero confinado

Este acuífero no está sobreexplotado y presenta una recarga regional, proveniente desde el sur, fuera del área de estudio (Fa) y egresan el bombeo y la descarga al medio 1 (R3).

$$Fa - B - R_3 = \Delta S$$

Acuífero libre colgado

En estos acuíferos más restringidos, el único termino de ingreso es la infiltración por lluvia, mientras que egresan el bombeo, la evapotranspiración y escorrentía por pendiente (EsV).

$$(P - Es) - B - Evt - EsV = \Delta S$$

6.2. Relación acuífero libre aluvial y acuífero confinado

La unidad profunda sur, es la base del acuífero libre ubicado en la llanura aluvial, es decir podrían estar comunicados por una superficie de contacto (Figura 59), por lo que en ese caso habría recarga desde el acuífero confinado hacia el acuífero libre aluvial.

En un modelo alternativo, si el espesor del relleno del río es lo suficiente menor como para que la capa acuícluda inferior de arcilla sea continua en toda la extensión (esto es posible ya que en los afloramientos del área de estudio se observó que los estratos del subgrupo Río Neuquén son prácticamente horizontales y continuos), siendo el hidroapoyo del acuífero libre e impidiendo una recarga desde el acuífero confinado hacia el libre ya que no estarían comunicados (Figura 60).

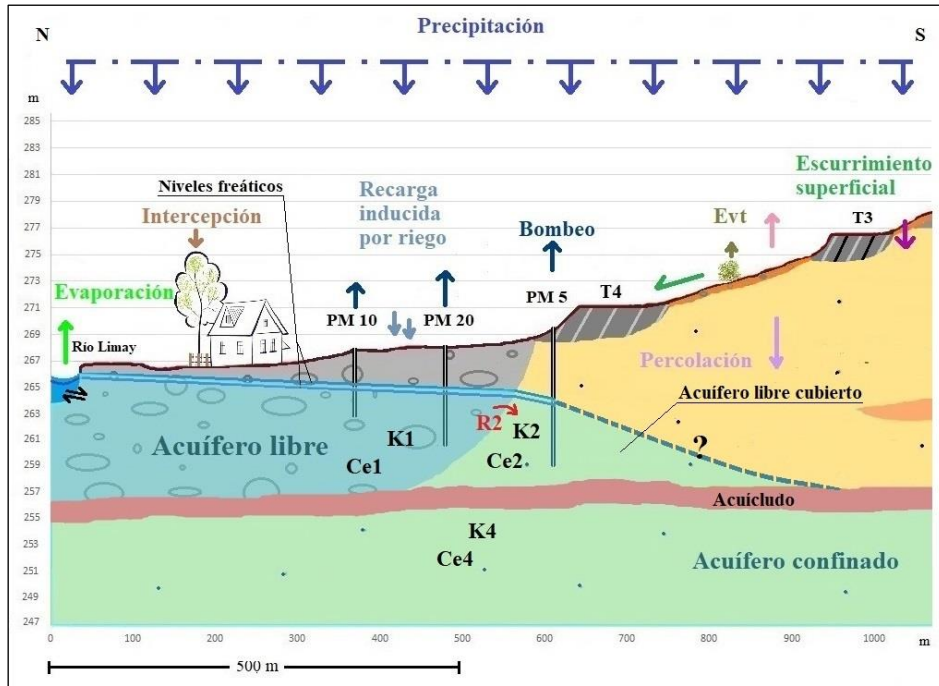


Figura 60. Acercamiento de la relación alternativa entre el acuífero confinado regional y el libre aluvial

6.3. Relación acuífero libre de la llanura aluvial y acuífero libre cubierto del subgrupo Río Neuquén

El acuífero libre aluvial, definido por la llanura aluvial puede estar relacionado con el acuífero libre cubierto alojado en el Subgrupo Río Neuquén (Figura 59). Teniendo en cuenta que los acuíferos están saturados hasta el nivel medido y que los estratos del subgrupo Río Neuquén son menos conductivos que los depósitos de la llanura aluvial ($K2 < K1$), habría pérdida de carga hidráulica y entonces la napa formaría una cuña alcanzando una distancia x , pudiéndose estimar la pendiente “ i ” igual a 3,75 % (Figura 61).

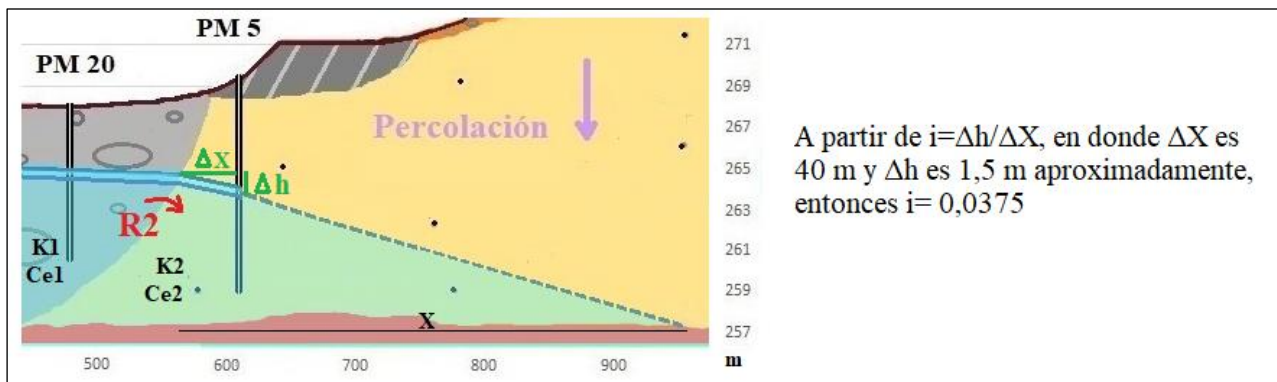


Figura 61. Estimación de pendiente del acuífero libre cubierto

En otra opción, el acuífero libre cubierto podría continuar por encima del nivel de arcilla, siempre y cuando con el tiempo el río haya saturado todo ese nivel, que tiene menor carga hidráulica que el río (Figura 62). Cabe destacar que el propietario de PM22 no observó ese nivel, entonces se infiere *a priori* que no existe, pero habría que verificarlo o disentir con estudios posteriores.

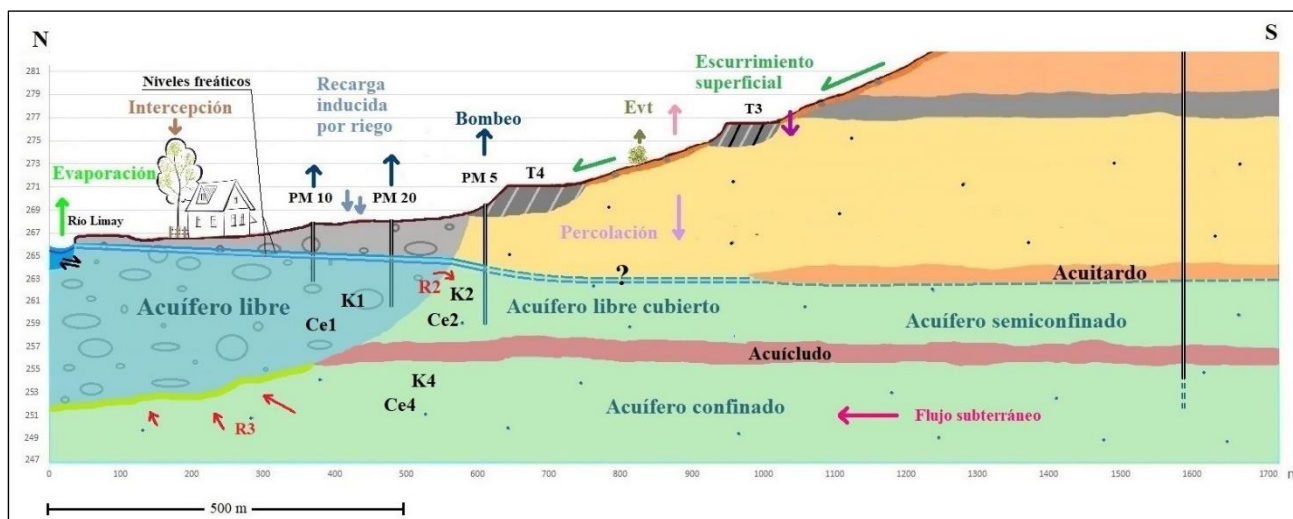


Figura 62. Alternativa de la distancia alcanzada por el acuífero libre cubierto

7. VULNERABILIDAD DE LOS ACUÍFEROS

El término vulnerabilidad fue introducido por Margat (1968), sin embargo hasta la fecha no se ha logrado un acuerdo sobre el alcance del mismo, y así, por un lado están aquellos investigadores que la consideran como una propiedad referida exclusivamente al medio denominándola Vulnerabilidad Intrínseca en donde se tiene en cuenta el tipo de acuífero y cobertura, permeabilidad, profundidad, recarga, etc., sin considerar la incidencia de las sustancias contaminantes: Vrba y Zaporozec (1994), explica a la vulnerabilidad como “una propiedad intrínseca del sistema de agua subterránea que depende de la sensibilidad del mismo a los impactos humanos y/o naturales”. Por otro lado, están los que además del comportamiento del medio, consideran la trascendencia al tipo y carga del contaminante designándola como Vulnerabilidad Específica. Auge (2004), define a la vulnerabilidad como el “peligro de deterioro en relación a sustancias contaminantes específicas”, quién incluye parcialmente el concepto de riesgo. Foster (1987), define al riesgo como el peligro de deterioro de la calidad de un acuífero, por la existencia real o potencial de sustancias contaminantes en su entorno.

Entonces puede considerarse:

$$\text{Riesgo} = \text{vulnerabilidad} \times \text{amenaza}$$

Las sustancias contaminantes en general, se introducen hacia las aguas subterráneas por tres vías:

1. Vertido de líquidos o productos solubles en agua en la superficie del terreno;
2. Enterramiento de sustancias en el suelo, por encima del nivel freático;
3. Emplazamiento o inyección en el suelo por debajo del nivel freático.

Las sustancias contaminantes se mueven desde la superficie a través del suelo, pudiendo alcanzar la zona saturada. El movimiento de las mismas en el agua subterránea depende de sus características físico-químicas y generalmente son transportadas en la dirección del flujo. Durante el transporte pueden sufrir procesos de atenuación que reducen tanto la velocidad de movimiento como su poder contaminante (dilución, dispersión, filtración, precipitación, sorción, intercambio iónico, asimilación biológica, oxidación-reducción, neutralización, etc.).

7.1. Factores de vulnerabilidad y potencial daño a los acuíferos en Balsa Las Perlas

En la zona en estudio, los factores de vulnerabilidad de los acuíferos a considerar son:

-Transmisividad (y por ende la conductividad hidráulica K): $T = b \times K$, en donde b es el espesor del acuífero, el cual es constante en uno confinado y variable en uno libre, debido a que el espesor saturado cambia (por ejemplo, de invierno a verano). Mientras menor sea la K del medio, menor será la transmisividad de modo que en general la sustancia contaminante afectará menos.

-Recarga. La cantidad de agua por unidad de área que penetra en el interior de la tierra y alcanza el nivel freático, considerando tanto el agua de lluvia como la procedente del riego. El agua de recarga arrastra contaminantes en su camino y, por lo tanto, cuanto mayor sea, mayor será la cantidad de posibles contaminantes hacia el acuífero. Además, este factor controla la cantidad de agua disponible para la dispersión y dilución de contaminantes en las zonas saturada y no saturada.

-Litología. El tipo de roca, en general, cuanto mayor es el tamaño del grano, mayor será la permeabilidad y entonces mayor será la capacidad de impacto del contaminante en las aguas subterráneas. Conglomerados y areniscas serán más permeables que un horizonte de fangolita (semipermeable) y a su vez que capas de arcilitas (impermeables). Se debe considerar también el grado de consolidación de la misma.

-Profundidad de la napa. La importancia de este factor radica en que determina el espesor de material que un contaminante tiene que atravesar antes de alcanzar el acuífero. Pues los acuíferos someros serán más propensos a la contaminación de efluentes cloacales y plaguicidas, por ejemplo. Hay que considerar también el comportamiento hidráulico, es decir si es libre, semiconfinado o confinado.

-Pendiente del terreno, ya que según sea la pendiente del terreno, será la probabilidad de que un contaminante permanezca en el sitio donde ha sido depositado o se aleje del lugar por efecto de la escorrentía superficial y por lo tanto no se infiltre a través del terreno en una zona donde podría alcanzar el nivel de agua de un acuífero.

-Tipo de suelo. El concepto de suelo se refiere a la parte superior de la zona no saturada, que se caracteriza por una actividad biológica significativa, ya que todos los procesos de atenuación tales como filtración, biodegradación, sorción y volatilización pueden llegar a ser bastante significativos en función del tipo de suelo.

Respecto a los factores que pueden generar daño en el área de estudio son:

- Efluentes cloacales, ya que Balsa Las Perlas, entre los múltiples deficientes servicios, no cuenta con cloacas.
- Plaguicidas, debido a las chacras aledañas en la zona.

7.2. Zonificación de Vulnerabilidad en el área de estudio

Expuesto todo lo anterior, se realizó una zonificación de vulnerabilidad general en el perfil NS de la siguiente Figura 63.

Zona de muy alta vulnerabilidad: debido a que el acuífero es libre, somero, muy permeable y no consolidado, además presenta una conductividad hidráulica elevada, por lo que el riesgo de contaminación por efluentes cloacales y/o plaguicidas es muy alto. Asimismo, la pendiente del sitio es prácticamente nula, de modo que, la posibilidad de recarga (considerando la infiltración por lluvia y por riego) es muy alta, y el agua de recarga arrastra contaminantes, entonces mientras mayor sea la recarga, mayor será el riesgo de contaminación del acuífero freático.

Zona de alta vulnerabilidad: dado que hay un espesor considerable de estratos por encima del acuífero, y además la litología de esos depósitos, así como los del acuífero libre cubierto es de menor tamaño de grano, por ende, la conductividad y la permeabilidad son menores; también la recarga es menor ya que hay una pendiente considerable, reduciéndose un poco el riesgo de amenazas en el acuífero libre cubierto. Cabe mencionar que hay evidencia de contaminación por efluentes cloacales en este acuífero en base a la perforación PM3 ubicado la terraza antigua, nivel 3 (T3).

Zona de **vulnerabilidad media**: debido a que hay un espesor suprayacente considerable de depósitos y además la pendiente es importante, entonces gran parte de la precipitación escurre superficialmente, disminuyendo sustancialmente la recarga al acuífero colgado (de extensión desconocida y siempre y cuando el mismo no intercepte la superficie topográfica), reduciéndose así el riesgo de amenazas introducidas a la unidad acuífera por recarga.

Zonas de **baja vulnerabilidad**: dado que, por un lado, en los sitios no sólo hay una pendiente muy alta, sino también la potencia de estratos es importante y además son capas acuitardas y acucludadas; en cuanto a la zona de vertiente, como el agua fluiría hacia la superficie, una sustancia contaminante se iría rápidamente del acuífero.

Respecto al acuífero confinado, se puede decir que en la zona de estudio no es vulnerable. Sí lo es, en el área de recarga (fuera del área de estudio, al sur).

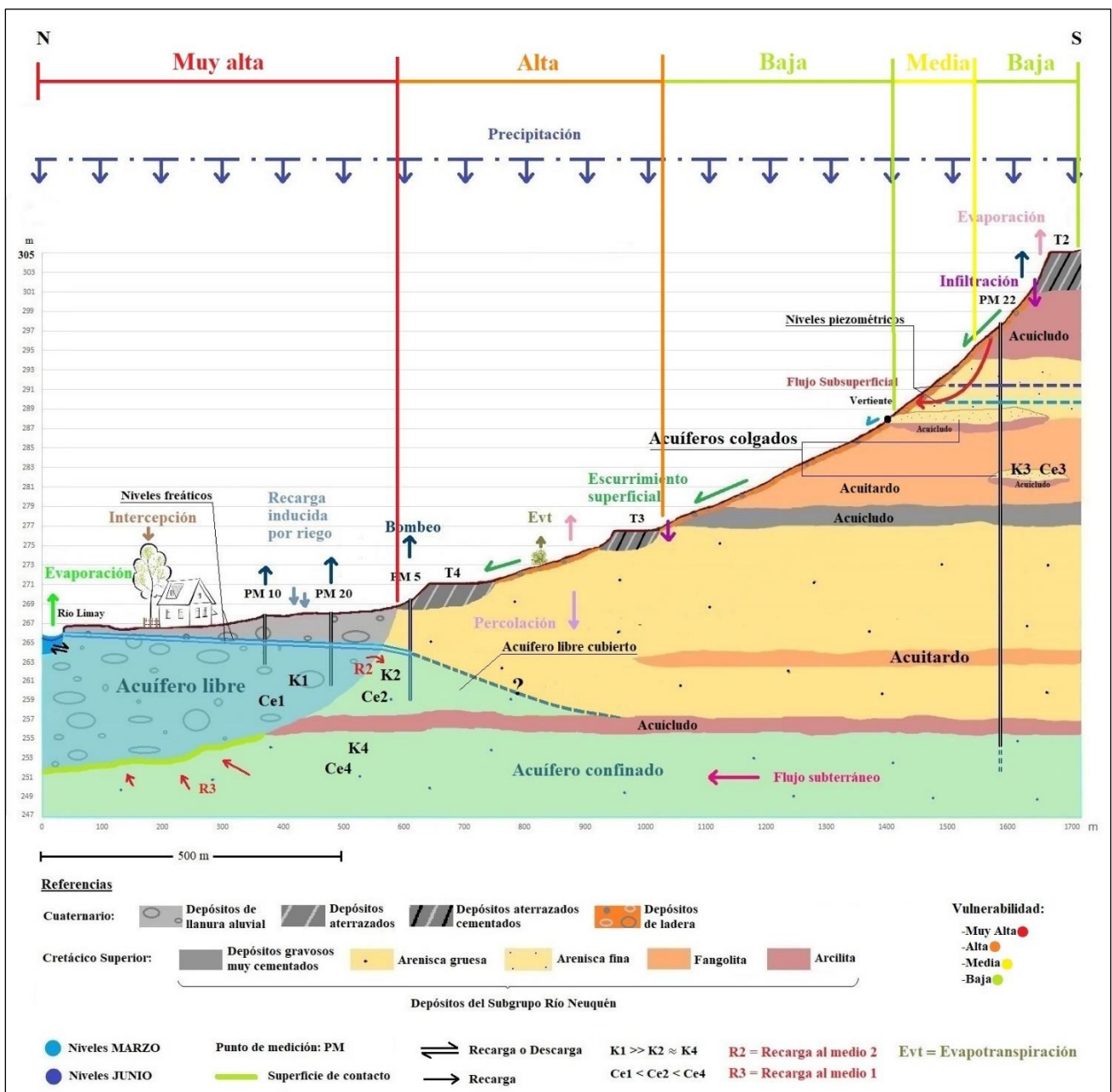


Figura 63. Vulnerabilidad de los acuíferos

La vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos debería estimarse con métodos como el GOD (Foster & Hirata, 1988) o el DRASTIC (Aller et al., 1987). Ambos métodos son empíricos y están basados en los principales factores que determinan el movimiento del agua y de los contaminantes en el suelo y acuífero, para GOD: G (ground water occurrence – tipo de acuífero) O (overall aquifer class – litología de la cobertura) D (depth – profundidad del agua o del acuífero) y para DRASTIC: D (depth - profundidad del agua freática) R (recharge - recarga neta) A (aquifer – litología del acuífero) S (soil – tipo de suelo) T (topography - topografía) I (impact - litología de la sección subsaturada) C (hydraulic conductivity – conductividad hidráulica del acuífero). Estos métodos permiten clasificar los acuíferos en vulnerabilidad nula, baja, media, alta y extrema y de esta manera estimar la distribución espacial de la vulnerabilidad y por consiguiente gestionar el territorio teniendo en cuenta la calidad del agua los acuíferos.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En virtud de lo estudiado, ahora se tiene una base de cómo son las características de los acuíferos en Balsa Las Perlas:

A partir del análisis de la geología, geomorfología y las mediciones de niveles piezométricos en las captaciones domiciliarias en el área, se diferencian dos grandes unidades hidrogeológicas. Comenzando con depósitos de llanura aluvial al norte (la unidad somera) y al sur con depósitos aterrazados correspondientes a los distintos niveles T4, T3, T2 y T1 diferenciados por su consolidación en moderna (T4) y antiguas (T3, T2 y T1), por debajo de los cuales se ubican los depósitos del subgrupo Río Neuquén (la unidad profunda y base de la primer unidad), en donde se hayan por lo menos tres napas de agua, las dos someras de recarga no permanente que pueden dar vertientes al interceptar la superficie y la tercera, un acuífero confinado que posee una profundidad de aproximadamente de 45 m con recarga al sur (lejos de la zona de estudio), que podría estar recargando al acuífero libre ubicado en la llanura.

La hidrodinámica del sistema muestra que el sentido general de escurrimiento es desde el sur al norte con descarga hacia la llanura y las alturas del río Limay en el área de estudio constituyen un nivel de base en la descarga/recarga que produce el agua subterránea en la planicie aluvial del río, con sentido general de flujo de oeste a este presentándose algunas variaciones particulares. Lo habitual es que los caudales máximos del río se produzcan durante el invierno, correspondiéndose con las máximas alturas, pero en este año en particular, los niveles tanto del cauce como los niveles piezométricos de la llanura aluvial (debido a su estrecha conexión), donde el río influye en ambas mediciones realizadas para marzo y junio del 2022, son menores en inviernos, consecuencia de la disminución de los caudales aguas arriba por la emergencia hídrica del año en estudio.

Desde el punto de vista hidroquímico, se observa que la tanto la concentración de iones como la salinidad son bajas al norte y el agua es del tipo bicarbonatada sódica, tanto como para la llanura como la del río Limay, indicando una fuerte relación río-acuífero. Hacia el sur, la influencia del río disminuye y aumenta la salinidad y la concentración de iones, predominando los sulfatos (SO_4^{2-}) y el sodio (Na^+), dando aguas del tipo sulfatadas sódicas, señalando un mayor tiempo de residencia en los estratos del subgrupo Río Neuquén, reflejando la composición de las rocas.

En cuanto a la calidad, el río posee agua apta para diferentes usos; el agua de las captaciones en la llanura aluvial también, pero en los niveles de terraza, además de mostrar un importante aumento en el contenido de sales, hay evidencia de contaminación por efluentes cloacales y algunos resultados son mayores que los máximos establecidos y permitidos por el Código Alimentario Argentino (Art. 982), restringiendo su uso para consumo humano sin tratamiento previo. Se recomienda clorar y utilizar filtros de aguas para mejorar la calidad del agua disponible.

Con lo anterior se ha podido establecer para cada unidad acuífera la ecuación global del balance hidrológico, de manera que, para cuantificar, ya sea la magnitud de las reservas o recargas hacen falta más investigaciones.

Finalmente se realizó una zonificación de vulnerabilidad a partir del modelo conceptual obtenido, contemplando los factores de mayor relevancia en el área, aportando información base para posible gestión del uso de las aguas

subterráneas, siendo el acuífero libre desarrollado al norte en la llanura aluvial el más vulnerable y hacia el sur en general la vulnerabilidad de los acuíferos atenúa.

De este trabajo, surgen otras propuestas de investigación, relacionadas a evaluar el impacto en la calidad del agua subterránea derivado de las acciones humanas. Entre las mismas se mencionan:

- Intensificar los estudios de interacción entre el cauce superficial y el acuífero libre
- Realizar mediciones periódicas de los niveles piezométricos, para control.
- Realizar un mapa de vulnerabilidad intrínseca a través de algún método para planificar el territorio y aportar a la elaboración de políticas de gestión del recurso.
- Además, el modelo hidrogeológico elaborado se podría completar en la zona sur donde la información disponible es escasa a través de métodos geofísicos, tal como Sondeos Eléctricos Verticales (SEV).

9. BIBLIOGRAFIA


- AIC (2021), Informe Calidad De Agua Del Embalse Ramos Mexía. Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro.
- AIC (2016). Actualización de los límites de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro". SPyD.SGA.SOyF, versión borrador a ser revisada en forma conjunta con las jurisdicciones. Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro.
- Arregui, C., Carbone, O. y Leanza, H. (2011). Contexto Tectosedimentario. Relatorio XVIII Congreso Geológico Argentino: Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén 3: 29-37. Neuquén.
- Auge, M (2007). Vulnerabilidad de acuíferos. Serie Contribuciones Técnicas; Ordenamiento Territorial N°7. 40 p. Buenos Aires, Servicio Geológico Minero Argentino. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Dirección de Geología Regional y Aplicada.
- Auge, M. *et al.* (2006). Hidrogeología de Argentina. Boletín Geológico y Minero. 117 (1): 7-23.
- Auge, M. (2004). Vulnerabilidad de acuíferos. Revista Latinoamericana de Hidrogeología N°4. Pág. 85-103.
- Aller, L. *et al.* (1987). DRASTIC: *a standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings*. U.S. EPA /600/2-87-036: 1-455. Oklahoma.
- Barrionuevo, C. (2012). El territorio como construcción social: Una pregunta que importa: El caso de Rincón de Las Perlas (Río Negro). Tesis de grado. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación.
- Bran, D. *et al.* (2000). Regiones Ecológicas de la Prov. de Río Negro. INTA EEA Bariloche.
- Bran, D. *et al.* (1997). Atlas dietario de herbívoros patagónicos INTA GTZ.
- Caballé, M. (1986). Estudio geológico del sector oriental de la Cordillera Frontal, entre los ríos Manrique y Calingasta (Provincia de San Juan): La Plata, Universidad Nacional de La Plata, Tesis Doctoral, 205 pp.
- Capitanelli, J. (1967). Climatología de Mendoza. Boletín de Estudios Geográficos 14 (54-57: 441 pp.).
- Carbone, O. *et al.* (2011). El Ciclo Precuyano (Triásico Tardío - Jurásico Temprano) en la Cuenca Neuquina. Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Neuquén. Relatoría del XVIII Congreso Geológico Argentino. Editores Héctor Leanza, Carlos Arregui, Osvaldo Carbone, Juan Danieli y Jorge Valles. Buenos Aires Asociación Geológica Argentina. Pág. 63-76.
- Chow, V. (1994). Hidrología Aplicada. Mc Graw- Hill Interamericana, S.A.
- Cogliati, M. (2005). Análisis climático de eventos con viento intenso en Neuquén. Boletín Geográfico N°26. Boletín del Departamento de Geografía de la Facultad de Humanidades. Universidad Nacional del Comahue.
- Colombino, J. y Luengo, M. (2011). Regiones Hidrogeológicas. Relatorio del XVIII Congreso Geológico Argentino. Neuquén.
- Conti, M. (2000). Principios de Edafología con énfasis en suelos argentinos. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 430pp.
- Cortés, J. *et al.* (1997). Hoja geológica 3369-09, Uspallata, provincia de Mendoza, Argentina, escala 1:250,000: Buenos Aires, Subsecretaría de Minería de la Nación, SEGEMAR, 1 mapa con texto.
- Custodio, E. y Llamas M. (1983). Hidrología Subterránea. Segunda edición Corregida, Tomo I y II. Ediciones Omega S.A Barcelona, España.
- *Diagrammes* v6.77, 2015. *Laboratoire d'Hydrogéologie d'Avignon*. Domenico, P. y Schwartz, F. (1998). *Physical and Chemical Hydrogeology (2nd ed.): John Wiley and Sons, New York, 554 p.*
- Domínguez, A. y Coca, M. (1998). Nidos de avispas minadoras en el Mioceno de Tegucigalpa (Honduras, América Central). Departamento de U.E.I de Paleontología. Facultad de Ciencias Geológicas e Instituto de Geología Económica. Madrid.
- ENOHS A ENTE NACIONAL DE OBRAS HÍDRICAS DE SANEAMIENTO. Fundamentación - Cap. V – Hidrogeología.
- FAO (2014). Disponibilidad de Recursos y Condiciones Agroclimáticas de la Provincia de Río Negro.
- Foster, S. *et al.* (2002). *Groundwater Quality Protection a guide for water utilities, municipal authorities, and environment agencies. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. 114p.*

- Foster, S. (1987). *Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution, risk and protection strategy*. TNO Comm. on Hydrog. Research. The Hague.
- Gatica, J. (2017). Estimación de la recarga en los acuíferos de la provincia del Neuquén utilizando Sistema de Información Geográfica (SIG-GIS). Trabajo Final de Licenciatura en Ciencias Geológicas. Universidad Nacional del Comahue. 98pp.
- González, E. y Ferrer, J. (1986). Relevamiento y Priorización de Áreas con Posibilidad de Riego. Expte 181. Estudio Regional de Suelos. Geomorfología de la Provincia del Neuquén. Consejo Federal de Inversiones. 111 páginas. Buenos Aires.
- González, E., Malagnino, E. (1984) Geomorfología. 9º Congreso Geológico Argentino. Relatorio 1 (9): 215-266.
- Heredia, N. *et al.* (2002). *Geological setting of the Argentine Frontal Cordillera in the flat-slab segment (30°00-31°30'S latitude): Journal of South American Earth Sciences*, 15, 79-99.
- Hugo, C. y Leanza, H. (2001). Hoja Geológica 3969-IV, General Roca. Provincias de Río Negro y Neuquén. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 308, 64 p. Buenos Aires.
- IGN Atlas Nacional Interactivo de Argentina (ANIDA).
- INTA (2000). Temperatura media anual (°C) de Argentina. Serie 1971-2000.
- Korzoun, V. y Sokolov, A. (1978). *World water balance and water resources of the earth. Water Development, Supply and Management, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 75 – Paris (France). International Hydrological Decade, Moscow (USSR). USSR National Committee.*
- Llambias, J y Sato, A. (2011) Ciclo Gondwánico: La Provincia Magmática Choiyoi en Neuquén. Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Neuquén. Relatorio del XVIII Congreso Geológico Argentino. Buenos Aires. Asociación Geológica Argentina. Pág. 53- 62.
- Martínez, E. (2013). La diagonal árida Argentina: entidad bio-climática. Capítulo 1. Restauración Ecológica en la Diagonal Árida de la Argentina. Geobotánica y Fitogeografía, IADIZA (CONICET).
- Martínez, E. (2013). Geobotánica y fitogeografía. Instituto Argentino de Investigaciones en Zonas Áridas (IADIZA). CONICET. Argentina. Pérez, D.R., Rovere AE & Rodríguez Araujo ME. Restauración ecológica en la diagonal árida de la Argentina. Vázquez Mazzini Editores. 520 pp.
- Martínez, J. S. (2002). Cuenca del río Limay. Cuenca N° 63. Atlas digital de los recursos hídricos superficiales de la República Argentina.
- Margat, J. (1968). *Vulnérabilité des nappes d'eau souterraines à la pollution. Bases de la cartographie*. SLG 198 HYD. Orléans.
- Mussini, E. *et al.* (1984). Evolución de la Materia Orgánica en Suelos de la Provincia del Neuquén. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Comahue. Río Negro.
- Pereyra, F. (2018). Regiones geomorfológicas de Argentina. 1era edición.
- Pereyra, F. (2012). Suelos de la Argentina. Geografía de suelos, factores y procesos formadores. Ed. SEGEMAR-AACS-GAEA, ANALES N.º 50, 178 págs. Buenos Aires.
- Pereyra, F. (2004). Ecorregiones de la Argentina.
- Pulita, A. (1989). El Clima de Río Negro Unidad III. Geografía de Río Negro.
- Ramos, V., Folguera, A. y García, E. (2011). Las Provincias Geológicas del Neuquén. Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Neuquén. Relatorio del XVIII Congreso Geológico Argentino. Buenos Aires. Asociación Geológica Argentina. Pág. 317-326.
- Rodríguez, M., Leanza, H. y Salvarredy, M. (2007). Hoja Geológica 3969-II, Neuquén, provincias del Neuquén, Río Negro y La Pampa. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 370, 165 pp. Buenos Aires.
- Romero, P. *et al.* (2014). Características hídricas y climáticas del norte Patagónico. Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos - FCEN-UBA.
- Sánchez, J. (2012). Hidráulica Subterránea: Principios Básicos. Departamento de Geología. Universidad de Salamanca, España.
- Schulz, J. y García, F. (2018). Aguas subterráneas. Balance y recarga de acuíferos. Proyecto de investigación y desarrollo. Consejo Hídrico Federal.

- Thornthwaite, C. (1948). *An approach toward a rational classification of climate. Reprinted from The Geographical Review*, 38 (1): 55-94.
- Uberti, L. (2015). Ensayo de agua vertiente en afloramiento del área de Balsa Las Perlas – cercanías barrio Muten I. Informe preliminar de recursos hídricos. Inédito.
- Vallecillo, G. *et al.* (2010), Análisis del Grupo Choiyoi (Permo-Triásico), Cordillera Frontal de Calingasta, provincia de San Juan: *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 66(1), 236-250.
- Vrba, J. y Zaporozec (1994). *Guidebook on mapping groundwater vulnerability. IAH*. Vol. 16: 1-131. *Verlag Heinz Heise. Hannover.*
- Warren, J. (2006). *Evaporites: Sediments, Resources and Hydrocarbons: Berlin, Springer*, 1036 pp.
- Watson, A. (1985). *Structure, chemistry and origins of gypsum crusts in southern Tunisia and the central Namib Desert: Sedimentology*, v. 32: 855-875.
- Weaver, C. (1931). *Paleontology of the Jurassic and Cretaceous of West Central Argentina. University of Washington. Memoir 1: 1-469. Seattle.*

10. ANEXO

10.1. Informes de los análisis de las muestras de agua

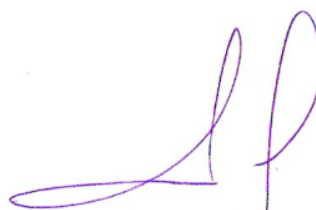
	INFORME DE ENSAYO	MGLP01-F3A
		Rev 03
Laboratorio con S.G.C. certificado Bajo la Norma ISO 9001.2015	Mitre 1136 – General Roca – Río Negro TE: 0298.4421059 www.laboratoriopraxis.com.ar E.mail: industria.praxis@gmail.com Control de calidad Externo: INTI, CALIBA, LCG Std	

ANÁLISIS DE AGUA

Protocolo N° 10.588
Solicitante.....: Cecilia Dufilho (U.N.C.O.)
Fecha de recepción.....: 30/06/2022
Descripción.....: **Agua Superficial**
Motivo del Análisis.....: Evaluar calidad
Sitio de extracción.....: **RIO LIMAY**
Fecha y Hora de extracción....: 30/06/2022
Responsable de la extracción...: Nancy Verdugo
Cantidad de Muestra.....: 1.200 cc
Fecha finalización del análisis: 08/07/2022

Análisis Físico-químico:


Determinación	Resultado	V. de referencia	Método
pH	8,00	6,5 – 8,5	SM 4500-H B
Conductividad	95 µS/cm		SM 2510 B
Color	Incoloro		SM 2120 B
Turbiedad	0,65 NTU	< 3,0 NTU	SM 2130 B
Bicarbonatos (en CaCO ₃)	30,00 mg/l		SM 2320 B
Carbonatos (en CaCO ₃)	0,00 mg/l		SM 2320 B
Alcalinidad Total	30,00 mg/l		SM 2320 B
Dureza Total (en CaCO ₃)	27,86 mg/l	< 400 mg/l	SM 2340 B
Sólidos Disueltos totales	61 mg/l	< 1.500 mg/l	SM 2540 B
Cloruros (en Cl ⁻)	13 mg/l	< 350 mg/l	SM 4500 Cl B
Sulfatos (en SO ₄ ⁻)	12 mg/l	< 400 mg/l	SM 4500 E
Nitratos (en NO ₃ ⁻)	< 0,81 mg/l	< 45 mg/l	SM 4500 NO3 E
Nitritos	< 0,04 mg/l	< 0,10 mg/l	SM 4500 NO2 B
Amonio	< 0,05 mg/l	< 0,2 mg/l	SM 4500 NO3
Calcio	8,02 mg/l		SM 3111-Ca D
Magnesio	1,90 mg/l		SM 3111-Mg D
Sodio	12,24 mg/l		SM 3111-Na B
Potasio	3,08 mg/l		SM 3111-K B
Hierro	< 0,10 mg/l	< 0,3 mg/l	SM 3111-Fe D
Manganeso	< 0,02 mg/l	< 0,1 mg/l	SM 3111-Mn D



Bioq. J. Renan Urdinez
MP 500

Página 1 de 1

Nota N° 1: El presente documento solo puede ser reproducido con la aprobación escrita del Laboratorio.
Nota N° 2: Los resultados solo están relacionados con los Items ensayados.

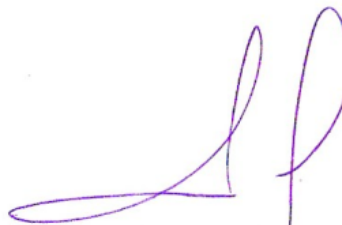
	INFORME DE ENSAYO	MGLP01-F3A
		Rev 03
Laboratorio con S.G.C. certificado Bajo la Norma ISO 9001.2015	Mitre 1136 – General Roca – Río Negro TE: 0298.4421059 www.laboratoriopraxis.com.ar E. mail: industria.praxis@gmail.com Control de calidad Externo: INTI, CALIBA, LCG Std	

ANÁLISIS DE AGUA

Protocolo N° 10.576
 Solicitante.....: Cecilia Dufilho (U.N.C.O.)
 Fecha de recepción.....: 23/06/2022
 Descripción.....: **Agua de Perforación “BALSA LAS PERLAS”**
 Motivo del Análisis.....: Evaluar calidad
 Sitio de extracción.....: **M 1- PM22**
 Fecha y Hora de extracción.....: 21/06/2022
 Responsable de la extracción...: Nancy Verdugo
 Cantidad de Muestra.....: 1.200 cc
 Fecha finalización del análisis: 08/07/2022

Análisis Físico-químico:


Determinación	Resultado	V. de referencia	Método
pH	7,50	6,5 – 8,5	SM 4500-H B
Conductividad	20.500 μ S/cm		SM 2510 B
Color	Incoloro		SM 2120 B
Turbiedad	3,20 NTU	< 3,0 NTU	SM 2130 B
Bicarbonatos (en CaCO ₃)	1.300,00 mg/l		SM 2320 B
Carbonatos (en CaCO ₃)	0,00 mg/l		SM 2320 B
Alcalinidad Total	1.300,00 mg/l		SM 2320 B
Dureza Total (en CaCO ₃)	1.475,68 mg/l	< 400 mg/l	SM 2340 B
Sólidos Disueltos totales	13..057 mg/l	< 1.500 mg/l	SM 2540 B
Cloruros (en Cl ⁻)	1,078 mg/l	< 350 mg/l	SM 4500 Cl B
Sulfatos (en SO ₄ ⁻²)	5850 mg/l	< 400 mg/l	SM 4500 E
Nitratos (en NO ₃ ⁻)	< 0,81 mg/l	< 45 mg/l	SM 4500 NO3 E
Nitritos	< 0,04 mg/l	< 0,10 mg/l	SM 4500 NO2 B
Amonio	< 0,05 mg/l	< 0,2 mg/l	SM 4500 NO3
Calcio	521,09 mg/l		SM 3111-Ca D
Magnesio	42,00 mg/l		SM 3111-Mg D
Sodio	6.663,27 mg/l		SM 3111-Na B
Potasio	8,29 mg/l		SM 3111-K B
Hierro	< 0,10 mg/l	< 0,3 mg/l	SM 3111-Fe D
Manganeso	< 0,02 mg/l	< 0,1 mg/l	SM 3111-Mn D



Bioq. J. Renan Urdinez
MP 500

Página 1 de 3

Nota N° 1: El presente documento solo puede ser reproducido con la aprobación escrita del Laboratorio.
 Nota N° 2: Los resultados solo están relacionados con los Items ensayados.

	INFORME DE ENSAYO	MGLP01-F3A
		Rev 03
Laboratorio con S.G.C. certificado Bajo la Norma ISO 9001.2015	Mitre 1136 – General Roca – Río Negro TE: 0298.4421059 www.laboratoriopraxis.com.ar E. mail: industria.praxis@gmail.com Control de calidad Externo: INTI, CALIBA, LCG Std	

ANÁLISIS DE AGUA

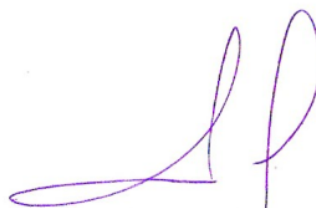
Protocolo N° 10.576
Solicitante.....: Cecilia Dufilho (U.N.C.O.)
Fecha de recepción.....: 23/06/2022
Descripción.....: **Agua de Perforación "BALSA LAS PERLAS"**
Motivo del Análisis.....: Evaluar calidad
Sitio de extracción.....: **M 2 - PM16**
Fecha y Hora de extracción.....: 22/06/2022
Responsable de la extracción...: Nancy Verdugo
Cantidad de Muestra.....: 1.200 cc
Fecha finalización del análisis: 08/07/2022

Análisis Físico-químico:

Determinación	Resultado	V. de referencia	Método
pH	7,45	6,5 – 8,5	SM 4500-H B
Conductividad	5.930 μ S/cm		SM 2510 B
Color	Incoloro		SM 2120 B
Turbiedad	3,80 NTU	< 3,0 NTU	SM 2130 B
Bicarbonatos (en CaCO ₃)	840,00 mg/l		SM 2320 B
Carbonatos (en CaCO ₃)	0,00 mg/l		SM 2320 B
Alcalinidad Total	840,00 mg/l		SM 2320 B
Dureza Total (en CaCO ₃)	882,48 mg/l	< 400 mg/l	SM 2340 B
Sólidos Disueltos totales	3.777 mg/l	< 1.500 mg/l	SM 2540 B
Cloruros (en Cl ⁻)	935 mg/l	< 350 mg/l	SM 4500 Cl B
Sulfatos (en SO ₄ ⁻)	1.381 mg/l	< 400 mg/l	SM 4500 E
Nitratos (en NO ₃ ⁻)	< 0,81 mg/l	< 45 mg/l	SM 4500 NO3 E
Nitritos	< 0,04 mg/l	< 0,10 mg/l	SM 4500 NO2 B
Amonio	< 0,05 mg/l	< 0,2 mg/l	SM 4500 NO3
Calcio	280,51 mg/l		SM 3111-Ca D
Magnesio	44,00 mg/l		SM 3111-Mg D
Sodio	1.326,53 mg/l		SM 3111-Na B
Potasio	8,84 mg/l		SM 3111-K B
Hierro	< 0,10 mg/l	< 0,3 mg/l	SM 3111-Fe D
Manganeso	< 0,02 mg/l	< 0,1 mg/l	SM 3111-Mn D

Análisis Microbiológico:


Determinación	Resultado	V. de Referencia	Método
Bacterias Coliformes Totales	0 UFC /100 ml	0 UFC /100 ml	ISO 9308
Bacterias Mesófilas	350 UFC/ ml	< 500 UFC /ml	SM 9215 B
Escherichia coli	Ausente en 100 ml	Ausente en 100 ml	ISO 9308
Pseudomonas aeruginosa	Ausente en 100 ml	Ausente en 100 ml	SM 9213 E



Bioq. J. Renan Urdinez
MP 500

Página 2 de 3

Nota N° 1: El presente documento solo puede ser reproducido con la aprobación escrita del Laboratorio.
Nota N° 2: Los resultados solo están relacionados con los Items ensayados.

	INFORME DE ENSAYO	MGLP01-F3A
		Rev 03
Laboratorio con S.G.C. certificado Bajo la Norma ISO 9001.2015	Mitre 1136 – General Roca – Río Negro TE: 0298.4421059 www.laboratoriopraxis.com.ar E. mail: industria.praxis@gmail.com Control de calidad Externo: INTI, CALIBA, LCG Std	

ANÁLISIS DE AGUA

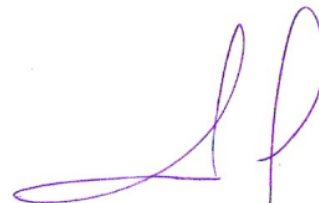
Protocolo N° 10.576
 Solicitante.....: Cecilia Dufilho (U.N.C.O.)
 Fecha de recepción.....: 23/06/2022
 Descripción.....: **Agua de Perforación "BALSA LAS PERLAS"**
 Motivo del Análisis.....: Evaluar calidad
 Sitio de extracción.....: **M 3- PM3**
 Fecha y Hora de extracción.....: 22/06/2022
 Responsable de la extracción...: Nancy Verdugo
 Cantidad de Muestra.....: 1.200 cc
 Fecha finalización del análisis: 08/07/2022

Análisis Físico-químico:

Determinación	Resultado	V. de referencia	Método
pH	8,02	6,5 – 8,5	SM 4500-H B
Conductividad	480 µS/cm		SM 2510 B
Color	Incoloro		SM 2120 B
Turbiedad	4,00 NTU	< 3,0 NTU	SM 2130 B
Bicarbonatos (en CaCO ₃)	100,00 mg/l		SM 2320 B
Carbonatos (en CaCO ₃)	0,00 mg/l		SM 2320 B
Alcalinidad Total	100,00 mg/l		SM 2320 B
Dureza Total (en CaCO ₃)	60,71 mg/l	< 400 mg/l	SM 2340 B
Sólidos Disueltos totales	306 mg/l	< 1.500 mg/l	SM 2540 B
Cloruros (en Cl ⁻)	19 mg/l	< 350 mg/l	SM 4500 Cl B
Sulfatos (en SO ₄ ⁻)	79 mg/l	< 400 mg/l	SM 4500 E
Nitratos (en NO ₃ ⁻)	< 0,81 mg/l	< 45 mg/l	SM 4500 NO3 E
Nitritos	< 0,04 mg/l	< 0,10 mg/l	SM 4500 NO2 B
Amonio	< 0,05 mg/l	< 0,2 mg/l	SM 4500 NO3
Calcio	21,65 mg/l		SM 3111-Ca D
Magnesio	1,60 mg/l		SM 3111-Mg D
Sodio	56,12 mg/l		SM 3111-Na B
Potasio	3,58 mg/l		SM 3111-K B
Hierro	< 0,10 mg/l	< 0,3 mg/l	SM 3111-Fe D
Manganeso	< 0,02 mg/l	< 0,1 mg/l	SM 3111-Mn D

Análisis Microbiológico:

Determinación	Resultado	V. de Referencia	Método
Bacterias Coliformes Totales	11 UFC /100 ml	0 UFC /100 ml	ISO 9308
Bacterias Mesófilas	800 UFC/ ml	< 500 UFC /ml	SM 9215 B
Escherichia coli	Presente en 100 ml	Ausente en 100 ml	ISO 9308
Pseudomonas aeruginosa	Presente en 100 ml	Ausente en 100 ml	SM 9213 E



Bioq. J. Renan Urdinez
MP 500

Nota N° 1: El presente documento solo puede ser reproducido con la aprobación escrita del Laboratorio.
 Nota N° 2: Los resultados solo están relacionados con los Items ensayados.

Corresponde a: **PM19Enero**
N° cliente: **INDUS**
N° informe: **006-66129-235**

Fecha de recepción: **20/01/2022 - 13:35:34**
Páginas: **1/3**

DATOS DE LA MUESTRA

Sitio de extracción	Agua de perforación filtrada
Fecha y hora de extracción	20/01/2022 10:00 h
Motivo del analisis	Control
Responsable de extracción	Silvia Martinez

ANALISIS BACTERIOLOGICO

Material: Agua Firma: 28/01/2022

Bacterias mesófilas 1.000 UFC/mL

Método: SMWaW 9215 A-B
Valor de referencia: Hasta 500 UFC/mL

Coliformes totales 4 NMP/100mL

Método: SMWaW 9221 B
Valor de referencia: Hasta 3 NMP/100mL

Escherichia coli Ausencia /100 mL

Método: SMWaW 9221 F
Valor de referencia: Ausencia/100 mL

Pseudomonas aeruginosa Ausencia /100 mL

Método: SMWaW 9213 F
Valor de referencia: Ausencia/100 mL

Determinaciones analíticas referidas a los criterios establecidos por el Código Alimentario Argentino - CAA Capítulo XII art. 982. Los resultados sólo están relacionados con la muestra ensayada.

Corresponde a: **PM19Enero**
N° cliente: **INDUS**
N° informe: **006-66129-235**

Fecha de recepción: **20/01/2022 - 13:35:34**
Páginas: **2/3**

ANALISIS FISICO QUIMICO PARA AGUAS

Material: Agua Extracción: 20/01/2022 - 13:35:34 Firma: 28/01/2022

		Valores de referencia
Color	10 U Pt-Co	máx. 5 escala Pt-Co
Método: SMWaW 2120-B		
Olor	Inodora	Sin olores extraños
Método: SMWaW 2150-B		
Turbiedad	11 UNT	máx. 3 NTU
Método: SMWaW 2130-B		
pH	7,2	Art. 982: 6,5-8,5 Art. 983: 6,0-9,0

Método: SMWaW 4500-B		
Conductividad	110	uS/cm
Método: SMWaW 2510-B		
Sólidos Disueltos Totales	60	mg/L máx. 1500 mg/L
Método: Electroanalítico		
Dureza Total (en CaCO3)	43	mg/L máx. 400 mg/L
Método: SMWaW 2340-C		
Cloruros (en Cl)	4	mg/L máx. 350 mg/L
Método: SMWaW 4500-B		
Sulfatos(en SO4)	< 1	mg/L máx. 400 mg/L
Método: SMWaW 4500-E		
Nitratos (en NO3)	< 1	mg/L máx. 45 mg/L
Método: EFM		
Nitritos (en NO2)	< 0,025	mg/L máx. 0,10 mg/L
Método: SMWaW 4500-B		
Amonio	< 0,02	mg/L máx. 0,20 mg/L
Método: SMWaW 4500-F		
Calcio	9	mg/L
Método: SMWaW 3500-D		
Magnesio	5,2	mg/L
Método: SMWaW 3500-E		
Sodio	7	mg/L
Método: SMWaW 3500-D		
Arsénico	< 0,010	mg/L máx. 0,01 mg/L
Método: Colorimétrico		
Fluoruro	1,5	mg/L
Método: SMWaW 4500-D		

Valores de referencia:

La cantidad máxima se da en función de la temperatura promedio de la zona, teniendo en cuenta el consumo diario del agua de bebida:
- Temperatura media y máxima del año (°C) 10,0 - 12,0, contenido límite recomendado de Flúor (mg/l), límite inferior: 0,9; límite superior: 1,7
- Temperatura media y máxima del año (°C) 12,1 - 14,6, contenido límite recomendado de

Corresponde a: **PM19Enero**
N° cliente: **INDUS**
N° informe: **006-66129-235**

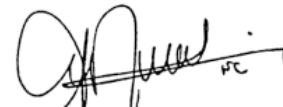
Fecha de recepción: **20/01/2022 - 13:35:34**
Páginas: **3/3**

Flúor (mg/l), límite inferior: 0,8; límite superior: 1,5
- Temperatura media y máxima del año (°C) 14,7 - 17,6, contenido límite recomendado de
Flúor (mg/l), límite inferior: 0,8; límite superior: 1,3
- Temperatura media y máxima del año (°C) 17,7 - 21,4, contenido límite recomendado de
Flúor (mg/l), Límite inferior: 0,7; límite superior: 1,2
- Temperatura media y máxima del año (°C) 21,5 - 26,2, contenido límite recomendado de
Flúor (mg/l), límite inferior: 0,7; límite superior: 1,0
- Temperatura media y máxima del año (°C) 26,3 - 32,6, contenido límite recomendado de
Flúor (mg/l), límite inferior: 0,6; límite superior: 0,8

-Art 983: máx.: 2,0 mg/l

Alcalinidad Bicarbonatos	54	mg/L
Método: SMWaW 2320-B		
Alcalinidad Carbonatos	< 1	mg/L
Método: SMWaW 2320-D		

Determinaciones analíticas referidas a los criterios establecidos por el Código Alimentario Argentino - CAA Capítulo XII art. 982. Los resultados sólo están relacionados con la muestra ensayada.



Noelia Campi
Bioquímica-M.P.R.N 1817-M.P.N 662

FIRMA DIGITAL

096ED934FCE7E975ABBE93274BA0E304D9D6895C3A56C4C891AF068E34F757D4E49680BF077C1E2F

APG-02.01

Corresponde a: **PM19Abril**
N° cliente: **INDUS**
N° informe: **006-66207-196**

Fecha de recepción: **08/04/2022 - 13:08:34**
Páginas: **1/3**

DATOS DE LA MUESTRA

Sitio de extracción	Agua de perforación, filtrada
Fecha y hora de extracción	08/04/2022 12:00 h
Motivo del analisis	Control
Responsable de extracción	Silvia Martinez

ANALISIS BACTERIOLOGICO

Material: Agua Firma: 20/04/2022

Bacterias mesófilas **400 UFC/mL**

Método: SMWaW 9215 A-B
Valor de referencia: Hasta 500 UFC/mL

Coliformes totales **9 NMP/100mL**

Método: SMWaW 9221 B
Valor de referencia: Hasta 3 NMP/100mL

Escherichia coli **Ausencia /100 mL**

Método: SMWaW 9221 F
Valor de referencia: Ausencia/100 mL

Pseudomonas aeruginosa **Ausencia /100 mL**

Método: SMWaW 9213 F
Valor de referencia: Ausencia/100 mL

Determinaciones analíticas referidas a los criterios establecidos por el Código Alimentario Argentino - CAA Capitulo XII art. 982. Los resultados sólo están relacionados con la muestra ensayada.

Corresponde a: **PM19Abril**
N° cliente: **INDUS**
N° informe: **006-66207-196**

Fecha de recepción: **08/04/2022 - 13:08:34**
Páginas: **2/3**

ANALISIS FISICO QUIMICO PARA AGUAS

Material: Agua Extracción: 08/04/2022 - 13:08:34 Firma: 20/04/2022

		Valores de referencia
Color	5 U Pt-Co	máx. 5 escala Pt-Co
Método: SMWaW 2120-B		
Olor	Inodora	Sin olores extraños
Método: SMWaW 2150-B		
Turbiedad	5 UNT	máx. 3 NTU
Método: SMWaW 2130-B		
pH	7,2	Art. 982: 6,5-8,5 Art. 983: 6,0-9,0

Método: SMWaW 4500-B		
Conductividad	195,4	uS/cm
Método: SMWaW 2510-B		
Sólidos Disueltos Totales	97,7	mg/L máx. 1500 mg/L
Método: Electroanalítico		
Dureza Total (en CaCO3)	48	mg/L máx. 400 mg/L
Método: SMWaW 2340-C		
Cloruros (en Cl)	7	mg/L máx. 350 mg/L
Método: SMWaW 4500-B		
Sulfatos (en SO4)	31	mg/L máx. 400 mg/L
Método: SMWaW 4500-E		
Nitratos (en NO3)	< 1	mg/L máx. 45 mg/L
Método: EFM		
Nitritos (en NO2)	< 0,025	mg/L máx. 0,10 mg/L
Método: SMWaW 4500-B		
Amonio	< 0,02	mg/L máx. 0,20 mg/L
Método: SMWaW 4500-F		
Calcio	12	mg/L
Método: SMWaW 3500-D		
Magnesio	4,7	mg/L
Método: SMWaW 3500-E		
Sodio	18	mg/L
Método: SMWaW 3500-D		
Arsénico	< 0,010	mg/L máx. 0,01 mg/L
Método: Colorimétrico		
Fluoruro	0,3	mg/L
Método: SMWaW 4500-D		

Valores de referencia:

La cantidad máxima se da en función de la temperatura promedio de la zona, teniendo en cuenta el consumo diario del agua de bebida:
- Temperatura media y máxima del año (°C) 10,0 - 12,0, contenido límite recomendado de
Flúor (mg/l), límite inferior: 0,9; límite superior: 1, 7
- Temperatura media y máxima del año (°C) 12,1 - 14,6, contenido límite recomendado de

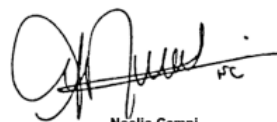
Corresponde a: **PM19Abril**
N° cliente: **INDUS**
N° informe: **006-66207-196**

Fecha de recepción: **08/04/2022 - 13:08:34**
Páginas: **3/3**

Flúor (mg/l), límite inferior: 0,8; límite superior: 1,5
- Temperatura media y máxima del año (°C) 14,7 - 17,6, contenido límite recomendado de
Flúor (mg/l), límite inferior: 0,8; límite superior: 1,3
- Temperatura media y máxima del año (°C) 17,7 - 21,4, contenido límite recomendado de
Flúor (mg/l), Límite inferior: 0,7; límite superior: 1,2
- Temperatura media y máxima del año (°C) 21,5 - 26,2, contenido límite recomendado de
Flúor (mg/l), límite inferior: 0,7; límite superior: 1,0
- Temperatura media y máxima del año (°C) 26,3 - 32,6, contenido límite recomendado de
Flúor (mg/l), límite inferior: 0,6; límite superior: 0,8
-Art 983: máx.: 2,0 mg/l

Alcalinidad Bicarbonatos **53 mg/L**
Método: SMWaW 2320-B
Alcalinidad Carbonatos **< 1 mg/L**
Método: SMWaW 2320-D

Determinaciones analíticas referidas a los criterios establecidos por el Código Alimentario Argentino - CAA Capítulo XII art. 982. Los resultados sólo están relacionados con la muestra ensayada.



Noelia Campi
Bioquímica-M.P.R.N 1817-M.P.N 662

FIRMA DIGITAL

E663E53800E7E975ABBE93454C5CBA18F708E4C85556C4C891A5D490601C6BD9E4DAC4F0037A1E2F
APG-02.01

Mengelle 801 - (8324) Cipolletti - R.N
industriales@idac-laboratorios.com.ar

☎ 2994842550
Tel/Fax: (0299) 477-4488

🌐 @LaboratoriosIDAC
www.idac-laboratorios.com.ar

Solicitante:
Domicilio:

Análisis N° 4-23365
Localidad: Balsa las Perlas
Fecha: 17 de septiembre de 2015

Página: 1

DATOS DE LA MUESTRA

Material examinado : Agua
Sitio de extracción : Vertiente
Fecha y Hora de extracción : 16/09/2015 14:00 h
Motivo del Análisis : Control
Domicilio : Balsa Las Perlas
Provincia : Neuquén
Responsable de extracción :
Solicitante..... : Cooperativa Muten
Fecha recepción de muestra : 17/09/2015
Fecha de Finalización del Análisis : 23/09/2015

ANÁLISIS BACTERIOLOGICO PARA CONSUMO HUMANO

Colonias aeróbicas : 80 UFC/ml
Valor de referencia (C.A.A.): Hasta 500 UFC/ml.
Método: (SMWaW 9215 A-B)

Coliformes totales..... : 9 NMP/100ml
Valor de referencia(C.A.A.): Hasta 3 NMP/100ml.
Método: (SMWaW 9221 B)

Escherichia coli..... : Ausencia /100 ml
Valor de referencia(C.A.A.): Ausencia/100 ml.
Método: (SMWaW 9221 F)

Pseudomonas aeruginosa..... : Ausencia /100 ml
Valor de referencia(C.A.A.): Ausencia/100 ml.
Método: (SMWaW 9213 F)

NOTA: Determinaciones analíticas referidas a los criterios establecidos por el Código Alimentario Argentino - CAA Capitulo XII art. 982.
Los resultados sólo están relacionados con la muestra ensayada.

Página: 2

ANÁLISIS FISICO QUIMICO PARA CONSUMO HUMANO

Color : menor que 5 U Pt-Co
Método: (SMWaW 2120-B)

Olor : Inodora
Método: (SMWaW 2150-B)

Turbiedad : 14 UNT
Método: (SMWaW 2130-B)

pH..... : 7,9
Método: (SMWaW 4500-B)

Conductividad : 3764 $\mu\text{S}/\text{cm}$ *
 Método: (SMWaW 2510-B)
Sólidos Disueltos Totales : 1.882 mg/l ✓
 Método: Electroanalítico
Dureza Total (en CaCo3) : 1.093 mg/l *
 Método: (SMWaW 2340-C)
Cloruros (en Cl) : 350 mg/l
 Método: (SMWaW 4500-B)
Sulfatos (en SO4) : 806 mg/l *
 Método: (SMWaW 4500-E)
Nitratos (en NO3) : 1 mg/l
 Método: (EEM)
Nitritos (en NO2) : menor que 0,025 mg/l
 Método: (SMWaW 4500-B)
Amonio : menor que 0,02 mg/l
 Método: (SMWaW 4500-F)
Calcio : 427 mg/l
 Método: (SMWaW 3500-D)
Magnesio : 6,5 mg/l
 Método: (SMWaW 3500-E)
Sodio : 300 mg/l
 Método: (SMWaW 3500-D)
Arsénico : 0,025 mg/l ✓
 Método: (Colorimétrico)
Flúor : 1,9 mg/l *
 Método: (SMWaW 4500-D)
Alcalinidad Bicarbonatos : 137 mg/l
 Método: (SMWaW 2320-B)

NOTA : Muestra no extraída por personal del laboratorio. Éste no se hace responsable del método de extracción utilizado y/o la real procedencia de la muestra analizada. Los resultados sólo están relacionados con la muestra ensayada. El laboratorio no se responsabiliza por el destino que el Cliente le de al presente análisis y su no aceptación por algún Ente y/o Autoridad de Control.

Protocolo validado y firmado digitalmente

DAC
 ANGEL JORGE ROSSMAN
 QUÍMICO
 M.P.R.N. 165

3 6-2010