

Caracterización hidrogeológica del acuífero freático en el entorno de la Laguna Moreno, localidad de Pico Truncado, Provincia de Santa Cruz

Hugo Gabriel Paoletti^{1 3}, Fernando Leopoldo Perera^{1 3}, María Soledad Ruiz¹, Patricio Agustín Hernández¹, Alejandro Castilla², Sebastian Martino², Leonardo Pierrard²

¹ Hidroar S.A., Calle 67 N° 1474 (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina.

² YPF S.A., Macacha Güemes 515, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

³ Cátedra de Hidrogeología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP), Av. 60 y 122 (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Mail de contacto: paoletti@hidroar.com

RESUMEN

En el marco de un estudio de diagnóstico ambiental en un sector con intensa actividad antrópica, se desarrolló la caracterización hidrogeológica del acuífero freático en el entorno inmediato y próximo a la Laguna Moreno, situada a unos 3 km al norte de la localidad de Pico Truncado, en el sector centro-norte de la provincia de Santa Cruz. Las principales fuentes de aporte al cuerpo lagunar responden en forma directa a las precipitaciones, al escurrimiento superficial transitorio y al subterráneo, este último definido por el comportamiento centrípeto de la superficie freática. Coincidente con la red de flujo subterránea, los valores de conductividad eléctrica del agua aumentan progresivamente hacia el centro del cuerpo lagunar. Las características y hallazgos de las componentes hidrodinámicas e hidroquímicas del sistema freático investigado, permitieron dilucidar el funcionamiento del acuífero somero respecto a la variable ambiental y antrópica que caracterizan el sitio.

Palabras clave: Acuífero freático, Laguna Moreno, conductividad eléctrica.

ABSTRACT

In the context of an environmental assessment study in an area with anthropogenic activities, was developed the hydrogeology characterization of phreatic aquifer in a surroundings to Laguna Moreno, situated 3 km north of the city of Pico Truncado, in the north-centre area of Santa Cruz province. The main sources of contribution to the shallow lake body reply in a direct way to the precipitation, to the transitory superficial run-off and groundwater flow, this last was defined by the centripetal behavior of the phreatic surface. Coincident with the local groundwater surface, the values of electrical conductivity of water rising towards the center of the shallow lake. The characteristics and findings of the hydrodynamic and hydrochemical components of the groundwater system investigated, clarify the functionality of hydrogeological system respect to environmental and anthropogenic variables that characterize the site.

Keywords: Phreatic aquifer, Laguna Moreno, electrical conductivity.

Introducción

El comportamiento del acuífero freático en torno a cuerpos de agua salinos, emplazados en la Patagonia Argentina, se encuentra influenciado por el conjunto de factores climáticos, geológicos e hidrológicos que caracterizan la región.

En áreas como la de estudio, a estos factores naturales se suman los efectos provocados por la intensa actividad antrópica vinculada a prácticas recreativas, agroraganaderas e industriales donde se destaca

la industria hidrocarburífera como principal actividad motora de la economía local.

Con el objetivo de definir el medio subterráneo local, en el marco de un estudio de diagnóstico ambiental, se llevó a cabo un análisis detallado de las condiciones que integran el sistema de estudio.

El ámbito se emplaza 3 km al norte de la localidad de Pico Truncado, hacia el centro-norte de la provincia de Santa Cruz y abarca el área central de la Cuenca del Golfo San Jorge. (Figura 1)

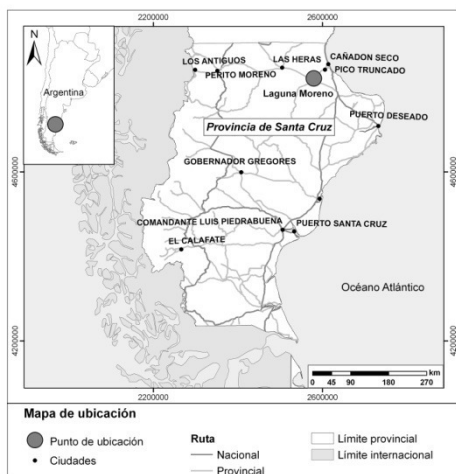


Figura 1. Mapa de ubicación

Características del área

Clima

El clima es de tipo árido, mesotermal con nulo exceso de agua y concentración estival de la eficiencia térmica $< 48\%$ (Thornthwaite, 1948), desértico, frío y seco (Köppen-Geiger, 1936). La lluvia media anual alcanza los 228 mm/año, concentrada preferentemente en el semestre frío, existiendo un déficit hídrico de 499 mm/año. Los vientos, persistentes del cuadrante oeste, son más intensos en la estación estival, con velocidades medias superiores a los 30 km/h.

Geología

La geología que caracteriza el área (Figura 2) se corresponde con unidades que van desde el Jurásico hasta la actualidad. La columna estratigráfica se compone de base a techo por:

- Grupo Bahía Laura (Jurásico): Complejo ignimbrítico, lávico - sedimentario integrado por las Fm. Chon Aike y La Matilde. (Lesta y Ferello, 1972)
- Grupo Chubut (Cretácico): Depósitos continentales de areniscas de ambiente aluvial y fluvial meandroso con participación piroclástica. (Lesta, 1968)
- Fm Salamanca (Paleoceno inf.): Areniscas y arcillitas de ambiente de marino costanero que evoluciona a plataforma interna. (Paredes, 2002)
- Fm Río Chico (Paleoceno sup.): Sedimentitas continentales que se presentan al SO del área de estudio como arenas finas con

intercalaciones de niveles arcillosos, sobre los bordes de terraza. (Heizler *et al.*, 1998)

- Fm Sarmiento (Oligoceno Inf.): Integrada por tobos, sedimentitas piroclásticas primarias o reelaboradas asociadas a bentonitas cineríticas. Depositadas en planicies aluviales de bajo gradiente. (Paredes, 2002). Se manifiestan en el Gran Bajo Oriental, la porción central de la margen norte del río Deseado y el cuerpo del Cerro Mesa.
- Fm. Chenque (Mioceno Inf.): Se manifiesta como facies finas de limolitas hacia la base que gradan a areniscas de estratificación masiva en la sección superior con intercalaciones piroclásticas que alcanzan hasta 15 m. (Barreda, 1989 y Bertels, 1970). Se presenta en el subsuelo del área de estudio y se corresponde a la segunda ingresión que tuvo lugar en la cuenca del Golfo San Jorge.
- Basaltos Oligocenos: Coladas superpuestas de basaltos olivínicos con estructura inferior maciza y superior laminar. Se desarrollan hacia el SW, en el tope del cerro Pico Truncado.
- Depósitos de terrazas fluviales del río Deseado-Nivel I (Pliocenas Inf.): Integran los depósitos de base del presente estudio. Compuestos por conglomerados con estructura de barra clasto-sostén e intercalaciones de areniscas lentiformes que gradan desde el sector encauzado, con una secuencia granodecreciente de arenas, hasta la zona distal donde se presentan lentes de arenas interestratificadas con gravas.
- Depósitos de terrazas fluviales del río Deseado-Nivel II (Plioceno sup.): Presentan un desarrollo morfológico y litológico similar al nivel anterior. Evidencian mayor participación de areniscas y menor tamaño promedio de gravas que se distribuyen a lo largo del río Deseado. (González Arzac *et al.*, 1991)
- Depósitos aluviales y coluviales indiferenciados, bajos y lagunas (Holoceno): Integrados por arenas finas a medianas, limos y arcillas subordinadas que se localizan en el área de estudio y en el sector del valle del Río Deseado.

Geomorfología

En relación a las condiciones geomorfológicas se evidencia un relieve mesetiforme, resultante del accionar de procesos fluviales y eólicos. El rasgo más notorio está representado por el valle del Río Deseado, al sur del área de estudio, al cual se vinculan seis niveles de terrazas con una suave

pendiente regional hacia el este. La intensa erosión hídrica, da origen a una serie de cañadones que junto a bajos endorreicos, de origen estructural o eólico, posibilitan la formación de cuerpos de agua efímeros y salitrales. (Beros *et al.*, 1986)

Hidrología superficial

El ciclo hidrológico superficial posee en la actualidad escasa significación, debido a las condiciones climáticas existentes, que difieren considerablemente de aquellas imperantes durante la formación de la red relictual. La componente más importante, comprende al río Deseado, de carácter alóctono y transitorio, destacándose las aguadas El Chaca, del Norte y Pessolano.

de patrón dendrítico, actualmente desdibujado, con predominio de afluentes por la margen izquierda. En ocasiones, adquiere un caudal capaz de erosionar las márgenes y generar cárcavas.

La otra componente de la hidrología superficial es el almacenaje de agua en la meseta que se produce a través de lagos, lagunas, y cuerpos de agua efímeros a modo de enlagnamientos o salitrales.

En general se trata de bajos interfluviales o tectónicos, retrabajados posteriormente por actividad eólica (pfannen), como es el caso del sitio de estudio, que se ubica en un bajo interfluvial y se encuentra vinculado a un evento tectónico epigénicamente modelado hasta la actual geofoma.

Hidrología subterránea

Para la identificación del sistema geohidrológico local, se toma como base la sistemática hidrogeológica de la zona este del Golfo San Jorge, que propone la existencia de un Acuífero Multiunitario, cuya parte superior incluye a las unidades de interés en Laguna Moreno. (Castrillo *et al.*, 1982 y Grizinik *et al.*, 1996)

En este caso el Sistema Geohidrológico Superior o activo (SGS), está compuesto por una Zona No Saturada (ZNS) de espesor variable, el acuífero freático, uno/dos semiconfinados o confinados y al menos uno confinado, en todos los casos en terrenos terciarios por encima de la Formación Salamanca (Paleoceno).

El Sistema Geohidrológico Inferior (SGI) está integrado por la mencionada formación y las Fms. cretácicas y jurásicas infrayacentes: Grupo Chubut, portadora de acuíferos en medio poroso y fisurado y Grupo Bahía Laura, en medio netamente fisurado.

En base al objetivo de estudio, el sector de análisis se limita a la porción más superficial que constituye el acuífero freático del área.

Metodología de trabajo

Realización de sondeos

La descripción de los sedimentos que conforman la zona no saturada se llevó a cabo mediante la ejecución de sondeos exploratorios en los sectores periféricos, márgenes e interior de la laguna. El objetivo no sólo respondió a la descripción y correlación litológica sino también a la identificación de sectores de terreno natural y de relleno antrópico.

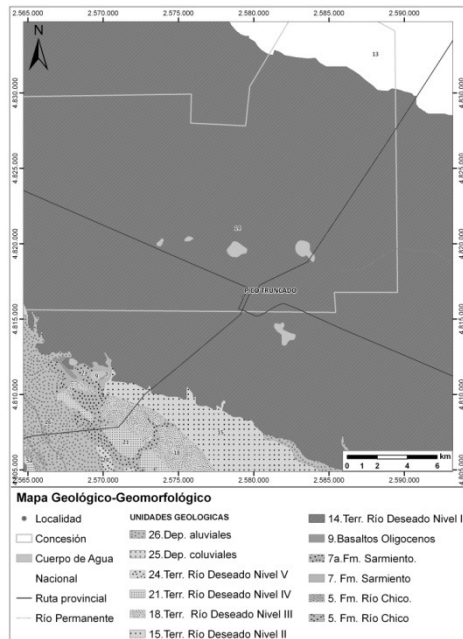


Figura 2. Mapa geológico-geomorfológico

Al E de la Meseta Espinosa se reconocen una serie de cañadones como Minerales, Seco, del Zorro, Algarrobo, Esther y Quintar, relictos de una red pasada más densa.

El Cañadón Minerales, surca el área desde el NO, originalmente NO-SE, para variar sucesivamente a rumbos NNO-SSE, O-E y ONO-ESE hasta que ingresa a la Laguna Moreno. Posteriormente discurre hacia el E y desemboca en el Océano Atlántico hacia el S de la Punta Bauzá. Conserva un diseño de drenaje

Agua superficial

Se reconocieron los distintos sectores del cuerpo de agua principal (de origen natural y antrópico) y las principales fuentes de aporte a lo largo del período de estudio (noviembre 2011 – octubre 2012).

La selección de los puntos de monitoreo del agua superficial se realizó considerando la ubicación de cuerpos de agua aislados (piletones), cañadones de ingreso de escurrimiento superficial y margen de la laguna Moreno con afloramiento permanente de agua subterránea.

En cada sitio se determinaron las propiedades físicas in situ, tales como pH, temperatura y conductividad eléctrica.

Agua subterránea

Con el objetivo de determinar el funcionamiento hidrogeológico y las características ambientales del acuífero freático en el área de influencia de la laguna, se ejecutaron 22 freáticos de variada profundidad cuya ubicación respondió principalmente a la información antecedente de significancia ambiental. El diseño y la profundidad final de los pozos se estableció según la profundidad del nivel agua y las características hidrológicas reconocidas durante el control geológico. Todas las perforaciones se realizaron sin la adición de agua ni aditivos (mediante helicoides y aire reverso). Los puntos de agua, superficiales y subterráneos, fueron relevados planialtimétricamente mediante un equipo GPS Diferencial con precisión centimétrica.

La determinación de los parámetros hidrogeológicos se realizó mediante ensayos hidráulicos que incluyeron la ejecución de un ensayo de bombeo por el método de descarga constante y no-equilibrio, (Custodio y Llamas, 1983), como así también ensayos para la determinación de la Permeabilidad (K) por el método de inyección a carga variable (método de Hvorslev), (Hvorslev, 1951).

Resultados

Caracterización de los sedimentos del área- Perfiles litológicos.

El análisis detallado de las descripciones litológicas realizadas en los puntos de muestreo, permitió establecer localmente el predominio de ciertas litologías características de cada sector de la laguna.

Considerando la geomorfología del área, que ubica a la laguna en una zona deprimida respecto al terreno circundante, con su margen S más elevada en relación a la margen opuesta, se observó que los sondeos y freáticos ubicados en dichas posiciones normalmente presentan gravas en superficie, con una proporción más o menos variable de sedimentos más finos, siendo más potentes en el sector S.

En inmediaciones del sitio "Parque Sonoro", ubicado hacia el SE de la laguna, los sedimentos presentes desde la superficie y hasta los 4,5 metros de profundidad, corresponden a materiales de relleno, principalmente gravas y rodados de tamaños diversos que alcanzan en ocasiones a superar los 15 cm de diámetro con proporciones variables de arena y limo escasamente consolidados.

Hacia los sectores S, SO y O, se observa mayor participación de la fracción arcillosa, mientras que hacia el N, NE y E o zona de mallín, la granulometría predominante es la limosa-arenosa.

Las márgenes de la laguna, evidenciaron capas de arcilla de escasa potencia, muy plásticas, que en ocasiones presentaban fuerte olor a materia orgánica en descomposición asociada a coloraciones negras, verdes o grisáceas.

En numerosos freáticos del área del mallín (NE de la laguna), la presencia de paquetes de arenas en profundidad coincidió con la aparición del agua subterránea, e incluso hubo casos en los cuales se produjeron surgencias luego de alcanzar dichas unidades.

Con la finalidad de correlacionar localmente las características litológicas reconocidas en los sondeos y freáticos se realizaron una serie de cortes geológicos, dentro de los que se destacan los que atraviesan la laguna en sentido NE-SO y NO-SE, incluidos como Figura 3.

Funcionamiento del cuerpo de agua superficial

Durante la mayor parte del año la laguna posee un espejo de agua de reducido tamaño, circunscripto a la margen norte, quedando en el resto del área deprimida pequeños encharcamientos y cuerpos anegados de menor extensión.

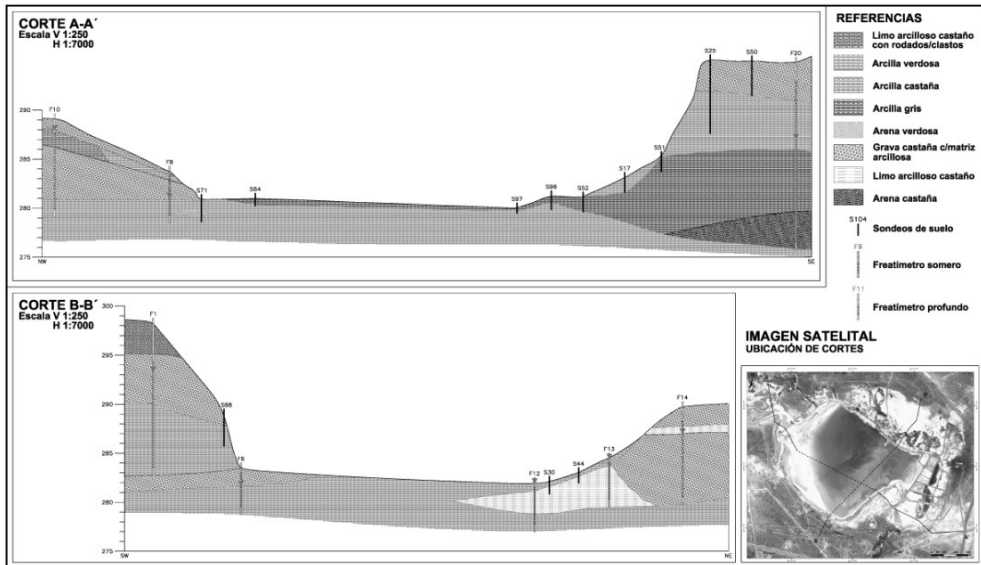


Figura 3. Cortes litológicos. Traza A-A'/B-B'.

Las principales fuentes de aporte a la laguna responden en forma directa a las precipitaciones, al escurrimiento superficial y subterráneo. Las dos primeras ocurren fundamentalmente durante los meses invernales, principalmente en el mes de Agosto logrando el máximo almacenamiento del cuerpo superficial

Las ocasionales precipitaciones registradas pueden generar que el volumen de agua aumente considerablemente durante los meses cálidos, aunque acotado temporalmente por el efecto de la evaporación. (Hernández *et al.*, 2002)

El aporte proveniente de los numerosos manantiales ubicados en la ladera norte y noroeste de la laguna, que representan puntos de descarga de agua subterránea (freática) se producen en forma continua durante todo el año. En los trabajos de campo se constató que estos manantiales suelen incrementar momentáneamente su caudal luego de producida una precipitación.

En la actualidad el escurrimiento superficial se ve limitado por las obras generadas por la actividad antrópica del área.

Sobre el margen norte, en la zona de mallín donde se encuentran los principales aportes de manantiales, fueron colocadas tuberías en forma de "alcantarillados" que permiten el drenaje del agua desde las áreas de afloramiento hacia la laguna.

Otro sector que se encuentra ampliamente afectado por modificaciones industriales es la zona de las piletas de saneamiento, las cuales generan pequeños cuerpos de agua efímeros durante los periodos lluviosos.

En síntesis, el escurrimiento fluvial es de régimen transitorio efímero, resultando en cambio importante la capacidad de almacenamiento superficial en el cuerpo natural.

Hidrodinámica freática

El mapa equipotencial (Figura 4) elaborado a partir de los niveles potenciométricos del agua en freatímetros y puntos de muestreo de agua superficial, evidencia un sentido de flujo netamente centripeto, con morfología de la superficie freática cilíndrica convergente, que pasa a radial hacia el E. El comportamiento del cuerpo lagunar resulta por lo tanto efluente o ganador respecto al acuífero freático.

Esta relación destaca la fuerte influencia de la geofoma negativa que alberga la laguna en el control de la hidrodinámica subterránea, como ocurre con otras localizadas en la meseta Espinosa y del Cordón.

Los mayores gradientes hidráulicos ocurren en el sector suroccidental, con valores del orden de $6,4 \cdot 10^{-2}$, relativamente elevados respecto al entorno. Hacia el E y NE alcanzan respectivamente a $2,1 \cdot 10^{-2}$ y $1,7 \cdot 10^{-2}$, mientras

que los menores se hallan en el flanco oriental, con valores medios de 9.10^{-3} .

Los cambios en los gradientes hidráulicos mantienen cierta analogía respecto a las variaciones litológicas reconocidas en las perforaciones, coincidiendo los mayores gradientes con las áreas con predominancia de niveles arcillosos, al SO y los menores con las áreas E y NE donde predominan las fracciones limo-arenosas.

La recarga del sistema ocurre en el ámbito de la meseta de El Cordón a expensas de los mecanismos característicos de estos ambientes, como la reducción de las pérdidas consuntivas (por la omnipresencia de vegetación xerófila especializada sin estomas que permiten la transpiración), infiltración rápida (merced al material permeable aflorante y suelos con casi nula capacidad retentiva) y recarga diferida (fusión de hielo o nieve invernal con infiltración concentrada en tiempo reducido, posterior a su ocurrencia), casi seguramente una concurrencia entre estos procesos.



Figura 4. Mapa equipotencial.

Como puede advertirse de lo más arriba referido, la descarga principal sucede en la misma laguna, destinataria final tanto del escurrimiento superficial transitorio como del subterráneo, como indica el mapa equipotencial.

El mapa de isopropundidad (Figura 5) fue de suma utilidad como auxiliar del equipotencial y ofrece otras evidencias del mecanismo hidrodinámico. La laguna está contornada por la curva de profundidad cero (0) m y circunscrita por la de 4 m, apreciándose la existencia de una expansión de las profundidades menores por fuera de los bordes del cuerpo hacia el Noreste, Oeste y Sudeste.

En todos los casos, coincide con la planicie marginal, desarrollada preferentemente en el primer sentido y sobre la cual manan los manantiales arriba mencionados y hacia el Oeste, con lo que habría sido un antiguo tributario, hoy curso temporalario. Sobre la margen SO está reducida al mínimo, coincidiendo con el borde escarpado que pareciera ratificar la génesis tectónica arriba propuesta.



Figura 5. Mapa de isopropundidad

En particular, sobre el sector del mallín (NE), se reconoce un comportamiento semilibre del acuífero, evidenciado en la surgencia de cuatro de los freáticos construidos (Figura 4) y en la presencia de sedimentos subsuperficiales conformados por fracciones finas que generan localmente cierto grado de confinamiento.

Los resultados obtenidos en los ensayos hidráulicos muestran valores de permeabilidad del orden de 3 m/d para el sector SE y en uno

dos órdenes de magnitud menor para el resto del área, principalmente en el sector proximal de la laguna.

En todos los casos se reflejan valores coherentes con las características litológicas del sector estudiado, con resguardo de la escala representada en cada ensayo.

Tabla 1. Ensayos hidráulicos

N° Pozo	Método	Permeabilidad (m/d)
F1	Hvorslev	0.02
F10	Hvorslev	0.20
F19	Hvorslev	0.03
F20	Theis	3.00

Características químicas del agua superficial y subterránea

El área de influencia de la Laguna Moreno está caracterizada por aguas superficiales y subterráneas de variada salinidad con valores extremos de conductividad eléctrica (CE) entre 1.080 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el sector del mallín hasta mayores a 150.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el propio cuerpo de agua superficial.

En este sentido resulta un elemento de valor diagnóstico la representación de la variación espacial de las medidas de conductividad eléctrica en agua (equiparable a salinidad), para la elaboración de un Mapa de Isoconductividad Eléctrica (Figura 6). Se tuvieron en cuenta los valores medidos in situ en manantiales, puntos de muestreo de agua superficial y freáticos, a partir de los cuales se elaboraron curvas de igual CE según una equidistancia de 5.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Debido a la amplitud de valores reconocidos se adoptó como valor máximo representable a la curva de 15.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Los valores de CE inferiores a 5.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (en su mayoría inferiores a 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ocurren en los sectores superiores de la meseta, a excepción del sector NE (mallín) donde alcanzan el límite propio del cuerpo de agua superficial.

Coincidente con la red de flujo subterránea, los valores de CE aumentan progresivamente hacia el centro del cuerpo lagunar hasta alcanzar máximos de 57.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el agua subterránea y mayores a 150.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el agua superficial.

Estos valores responden al funcionamiento de la laguna como punto terminal de la descarga subterránea, donde ocurre en forma permanente la evaporación del solvente y concentración progresiva de los solutos, hasta

alcanzar una concentración salina entre tres y cuatro veces la del agua de mar.

En cuanto al agua subterránea, a excepción del sector del mallín, los máximos coinciden con los freáticos ubicados en la planicie lagunar, donde el agua y los sedimentos están directamente afectados por los fenómenos superficiales de concentración de sales, tales como la evaporación.

Por último, se destaca la inflexión de las curvas de isoconductividad en la zona del Parque Sonoro que alcanzan valores superiores a 5.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la zona alta, en coincidencia con los sectores rellenados con sedimentos del margen de la laguna en trabajos de reacondicionamiento del sitio previo a la instalación del Parque Sonoro.

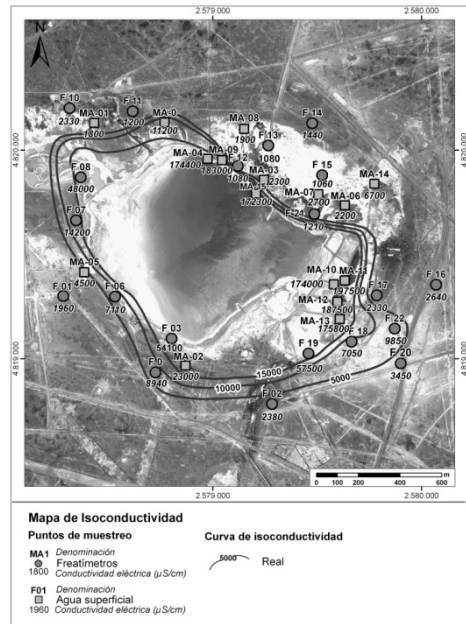


Figura 6. Mapa de Isoconductividad.

Conclusiones

El acuífero freático en el entorno de la laguna Moreno tiene un comportamiento influyente según un sentido de flujo netamente centrípeto, representando la fuente de aporte permanente al almacenamiento superficial de agua de la laguna.

El mismo ocurre principalmente a través de manantiales, muy frecuentes en el sector NE, caracterizados por aguas de baja salinidad, que podrían responder a un ingreso reciente.

Coincidente con la red de flujo subterránea, los valores de conductividad eléctrica del agua aumentan progresivamente hacia el centro del cuerpo lagunar desde mínimos inferiores a 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en los sectores altos de la meseta hasta alcanzar valores máximos superiores a 150.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el agua superficial de la propia laguna.

En el marco del estudio de diagnóstico ambiental de la Laguna Moreno, el comportamiento hidrogeológico definido, la relación entre las aguas superficiales y subterráneas desde el punto de vista hidráulico e hidroquímico permitieron establecer el modelo de funcionamiento del sistema proveyendo el marco necesario para la interpretación de las situaciones ambientales reconocidas en el área.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las autoridades de YPF S.A. por permitir la divulgación de parte de los trabajos desarrollados en el diagnóstico ambiental de la Laguna Moreno y por la colaboración brindada por todos los profesionales de esa empresa en el área de estudio.

Se extiende el agradecimiento a profesionales y técnicos de Hidroar S.A. que han participado en los trabajos de campo y gabinete.

Referencias

- Barreda V. 1989. Palinología estratigráfica de las sedimentitas terciarias del "Patagoniano" en los alrededores de Comodoro Rivadavia, Chubut y Santa Cruz. *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Tesis Doctoral.* 362 pp. (inédito)
- Beros, C. & O. Cesari 1986. Niveles gradacionales terrazados del noreste de Santa Cruz. Conclusiones preliminares. *Univ. Nac. Patagónica S.J.B.*, Inédito. Comodoro Rivadavia.
- Bertels, A. 1970 Sobre el "Piso Patagoniano" y la representación de la época del Oligoceno en Patagonia Austral. Rep. Argentina. *Rev. Asoc. Geol. Argentina XXV (4):495-501.* Buenos Aires.
- Castrillo, E., M. Griznik y A. Amoroso. 1982. Contribución al conocimiento geohidrológico de los alrededores de Comodoro Rivadavia, Chubut, Argentina. *UNPSJB.* Comodoro Rivadavia.
- Custodio, E. y Llamas M. R. 1983. *Hidrología subterránea.* Ed. Omega. Barcelona.
- González Arzac, R. J. L. Díaz & B. Calvetty Amboni. 1991. Geohidrología del Area Noreste de la Provincia de Santa Cruz. *Consejo Federal de Inversiones.* Serie Investigaciones Aplicadas, Colección Hidrología Subterránea N° 1. Buenos Aires.
- Griznik, M. & S. Fronza 1996 Hidrogeología de la región situada al Noreste de Las Heras, Provincia de Santa Cruz, Argentina. *XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos,* Actas IV: 417-425. Buenos Aires.
- Hernández, M.A., N. González y R. A. Sánchez. 2002. Mecanismos de recarga de acuíferos en regiones áridas. Cuenca del Río Seco, Provincia de Santa Cruz. Argentina. *XXXII IAH Congress - VI Congreso ALHSUD. Mar del Plata.* Ed. CD Rom y Libro de Resúmenes.
- Heizler M., Kay R. F., Madden R.H, Mazzoni M.M., Ré G.H., Sandeman H. y Vucetich M.G. 1998. Geochronologic age of the Casamayoran fauna at Gran Barranca, Chubut Province, Argentina. *7º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía.* Resúmenes:89.
- Hvorslev, M.J. (1951).- Time lag and soil permeability in ground water observations. *US Army Corps of Engineers Waterway Experimentation Station,* Bull. 36.
- Köppen W. y Geiger R. 1936. Das Geographische System der Klimate. In: *Handbuch der Klimatologie (eds Köppen W y Geiger R), Bd 1, Teil C.* Verlag Gebrüder Bornträger, Berlin.
- Lesta, P. J. 1968 *Estratigrafía de la cuenca del Golfo San Jorge. III Jornadas Geol. Argentinas,* 1:251-289.
- Lesta P. y Ferello R. 1972. Región Extraandina de Chubut y norte de Santa Cruz. En: *Leanza A.F (Ed). Geología Regional Argentina.* Academia Nacional de Ciencias Córdoba. Pág. 601-653.
- Paredes, J. M. Asociaciones de facies y correlación de las sedimentitas de la Formación Chenque (Oligoceno-Mioceno) en los alrededores de Comodoro Rivadavia, Cuenca del golfo San Jorge, Argentina. *AAS Revista,* 2002.Vol. 9 n° 1:53-64.
- Thorntwaite. An approach toward a rational classification of climate. *Geologic. Rev.* Vol.38, 1948, págs 55-94.