



Fundación  
Miguel Lillo  
Tucumán  
Argentina

doi

# Correlación de los acuíferos transfronterizos del norte de Tierra del Fuego, Argentina

Correlation of cross-border aquifers north of Tierra del Fuego, Argentina

Adrián SILVA BUSO<sup>1,2\*</sup>, Marina BINDER<sup>1</sup>, Marcelo STICCO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Buenos Aires, Facultad de Cs. Exactas y Naturales, Dpto. de Geología. Intendente Güiraldes 2160, Ciudad Universitaria (C1428EGA), CABA, Argentina. silvabusso@yahoo.com.ar; marina.s.binder@gmail.com; msticco3@gmail.com

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Agua, Subgerencia de Servicios Hidrológicos, Grupo Hidrogeología Aplicada. Au. Ezeiza-Cañuelas, tramo, Av. Jorge Newbery 1620, (B1804) Ezeiza, Bs. As., Argentina. pntsas@ina.gov.ar

\* Autor de correspondencia: <silvabusso@yahoo.com.ar>

## RESUMEN

El extremo norte de la Isla Grande de Tierra del Fuego es una región de clima semiárido que se caracteriza por la presencia de estancias ganaderas y el desarrollo de actividades hidrocarburíferas. En este contexto, el agua representa un bien indispensable, el cual requiere ser utilizado de forma sostenible para su adecuada disponibilidad futura. Se identificaron en la zona argentina dos unidades de interés hidrogeológico correlacionables con las definidas en el sector chileno. La primera, conformada por los Acuíferos del Cuaternario, es somera, libre y se encuentra alojada en depósitos glaciales cuaternarios. La segunda, conformada por las capas infrayacentes, corresponde al Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario, conformada por acuíferos confinados a semiconfinados, alojados en depósitos terciarios, fluviales y deltaicos a marinos marginales. En el sector argentino el análisis de los registros geofísicos permitió delimitar la base del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario, aproximadamente entre 300 y 364 m b.n.m. (metros debajo del nivel del mar) y, consecuentemente, variaciones generales en la geometría del mismo. Se propuso usar la resistividad eléctrica, para diferenciar las diferentes unidades litológicas. La diferenciación entre ambos sistemas acuíferos, se basa en que las resistividades del acuífero infrayacente (Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno /

► Ref. bibliográfica: Silva Busso, A.; Binder, M.; Stico, M. 2023. "Correlación de los acuíferos transfronterizos del norte de Tierra del Fuego, Argentina". *Acta Geológica Lilloana* 34 (2): 49-87. doi: <https://doi.org/10.30550/j.agl/2023.34.2/1696>

► Recibido: 1 de noviembre 2022 – Aceptado: 8 de junio 2023

► URL de la revista: <http://actageologica.lillo.org.ar>

► Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.



Terciario) son menores a los 10 ohm.m, no obstante, en el norte el Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario ha medido valores superiores a los 10 ohm.m. Finalmente, fue posible la confección de un mapa hidroestratigráfico y de piezometría del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario del sector argentino correlacionable con los estudios de lado chileno.

**Palabras clave** — Hidrogeología, Hidroestratigrafía, Acuífero, Transfronterizo, Agua subterránea.

## ABSTRACT

The northern tip of Tierra del Fuego Island is a region of semiarid climate, characterized by the presence of cattle ranches and the development of hydrocarbon activities. In this context, water represents an indispensable good, which needs to be studied, cared for and used in a sustainable way, for its preservation and adequate future availability. Two units of hydrogeological interest were identified in the Argentine zone, correlated with those in the Chilean sector. The first, made up of the Quaternary Aquifers, is shallow, free and is housed in Quaternary glacial deposits. The second, made up of the infra-recumbent layers, corresponds to the Tertiary Aquifer System, made up of aquifers confined to semi-confined, housed in tertiary, fluvial and deltaic deposits to marginal marine ones. In the Argentine sector, the analysis of geophysical records allowed to delimit the base of the Paleogene-Neogene / Tertiary Aquifer System, approximately between 300 and 364 mbsl (meters below sea level) and, consequently, general variations in its geometry. A geophysical criterion was proposed, using resistivity, which could serve to differentiate the different units. The differentiation between the two is based on the fact that the resistivities of the underlying aquifer (Paleogene-Neogene / Tertiary Aquifer System) are less than 10 ohm.m, however in the north the Paleogene-Neogene / Tertiary Aquifer System has measured values higher than 10 ohm.m. Finally, it was possible to make a hydrostratigraphic and piezometric map of the Paleogene-Neogene / Tertiary Aquifer System of the Argentine sector correlated with the studies on the Chilean side.

**Keywords** — Hydrogeology, Hydrostratigraphy, Aquifer, Cross-Border, Groundwater.

## INTRODUCCIÓN AL AREA DE ESTUDIO

Este trabajo busca a caracterizar y correlacionar la hidrogeología del extremo norte de la Isla de Tierra del Fuego permitiendo correlacionar acuíferos, establecer parámetros hidrogeológicos, definir áreas y profundidades de interés y presentar un primer mapa de carácter hidrogeológico de la región. Se trata de una zona de la Argentina muy poco estudiada hidrogeológicamente, pero que presenta un recurso hídrico transfronterizo, en una región con un clima semiárido, actualmente con baja densidad poblacional, pero con importancia estratégica como área productora de hidrocarburos. Así pues, es de suma importancia la caracterización, delimitación, correlación y cuantificación de los recursos hídricos presentes en la región para poder

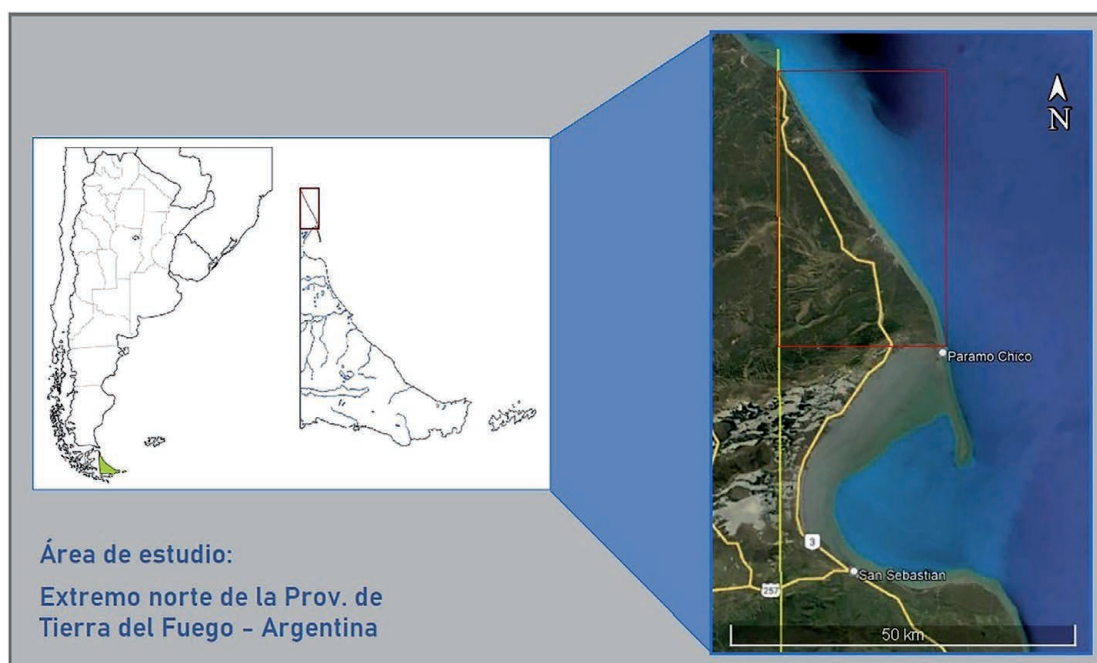


Figura 1. Ubicación y vías de acceso del área de estudio (rectángulo rojo).

planificar el uso sostenible y consecuente conservación de los mismos. El área de estudio abarca una superficie aproximada de 455,17 km<sup>2</sup> y se encuentra delimitada por los paralelos 52° 29' y 53° 00' sur y meridianos 68° 06' y 68° 15' oeste (Figura 1). Al oeste limita con Chile y al este con el océano Atlántico. Dentro del área de estudio únicamente se encuentra un establecimiento con población permanente viviendo en el mismo, la Estancia Cullen y dos plantas de tratamiento de hidrocarburos Cañadón Alfa y Río Cullen.

Los aportes fluviales en el sector norte de la Provincia de Tierra del Fuego corresponden a cursos meandriiformes, que poseen sus nacientes en el país vecino, Chile. Se trata de cuencas pequeñas, desarrolladas en terrenos llanos surcados por valles y cañadones, que constituyen hacia el sur y al oeste serranías de baja altura, que no superan los 200 m s.n.m. Las distancias no superan las pocas decenas de kilómetros. Los cursos son intermitentes y pueden arrastrar grandes torrentes durante el período de deshielo (Valladares, 2004).

En el área de estudio se reconoce solo un río de importancia, el río Cullen. Este presenta un caudal anual medio de 0,1 m<sup>3</sup>/s y se trata de un río intermitente que posee caudales significativos en los meses invernales, entre junio y octubre, observándose el caudal de punta en el mes de agosto (Ortiz Astete, 2016). Si bien el caudal es bajo resulta permanente hacia su desembocadura.

Binder (2022) calcula el valor de evapotranspiración real (ETR) anual de 269,9 mm obteniéndose un excedente de 51,2 mm anuales. También obtuvo un valor de infiltración anual de 7,1 mm, equivalente a una infiltración anual porcentual del 2,6 %. A partir de la diferencia de estos valores con las precipitaciones el valor de escorrentía obtenido sería de 44,1 mm. Es importante remarcar que se refieren a los acuíferos someros del Cuaternario.

## ANTECEDENTES

### Geología

Los afloramientos del Paleógeno-Neógeno, antiguamente denominados “Terciarios”, del extremo norte de la Isla Grande de Tierra del Fuego comienzan a ser estudiados en profundidad a partir del siglo XX. Debido a la escasez de afloramientos de estos períodos en el sector argentino de la Isla es que los trabajos pioneros buscaron establecer correlaciones con las secuencias sedimentarias mejor expuestas en el sector chileno. Como resultado surgieron diferentes denominaciones para las secuencias observadas. A partir de las series descritas por Felsch (1913) y Keidel y Hemmer (1931) se define la secuencia “Magallanense”. Doello-Jurado (1922) y De Ferrariis (1938) ahondan en el estudio de la región reconociendo diferentes estratos. Petersen y Methol (1948) reconocen diferentes niveles dentro de los sedimentos “Magallanianos”. Yrigoyen (1962), propuso la división del “Terciario” en tres complejos, definiendo al complejo superior como “Serie Arenosa Superior”. Por su parte, Natland *et al.* (1974) proponen un sistema de pisos basado en la distribución de foraminíferos guía. Codignotto y Malumián (1981), describen de forma pormenorizada la estratigrafía, reconociendo formaciones previas y definiendo algunas nuevas. Más recientemente, en base a información bioestratigráfica (Malumián y Olivero, 2006; Olivero y Malumián, 2008; Malumián y Náñez, 2011; Olivero *et al.*, 2015; Olivero y López Cabrera, 2020) realizaron una revisión de la nomenclatura de formaciones, edades de las mismas y definieron y redefinieron relaciones estratigráficas. Por su parte, Panza *et al.* (2010), elaboraron la Hoja Geológica 5369-II, Monte Dinero, la cual abarca el extremo norte de la Isla de Tierra del Fuego (ver Figura 2). El marco tectónico más reciente se caracteriza por la mega secuencia de Antepaís IV, consecuencia de la colisión de la Dorsal de Chile en el extremo sur de Sudamérica durante el Mioceno temprano (18 Ma), marca el inicio de la cuarta y última mega secuencia de antepaís de la cuenca Austral (Mpodozis *et al.*, 2011; Ghiglione *et al.*, 2016). La subducción de un segmento de la Dorsal de Chile habría generado un proceso de alzamiento dinámico asociado a una ventana astenosférica (Ghiglione *et al.*, 2016; referencias allí citadas). Este proceso parece estar relacionado a la reactivación de antiguas fallas de alto ángulo en posiciones internas del orógeno andino y al cese de la progradación de corrimientos hacia el antepaís no deformado (Ghiglione *et al.*, 2010; Mpodozis *et al.*, 2011). Esto habría generado en una baja tasa de subsidencia flexural en el antepaís a pesar de la creación de relieve vertical en las cadenas montañosas durante el Mioceno (Fosdick *et al.*, 2011). Además del proceso antes descrito, en el Mioceno medio, se reconoce una ingresión Atlántica, restringida al sector oriental de la cuenca Austral (Mpodozis *et al.*, 2011). La zona de estudio presenta depósitos de dicha ingresión correspondientes a la Formación Carmen Silva, correlacionable con la Formación Brush Lake y Formación Filaret, ambas en Chile. La apertura del sector este del Estrecho de Magallanes, se vincula también a un sistema de rift Neógeno – Cuaternario asociado al desarrollo del Sistema Transcurrente de Magallanes-Fagnano (Ghiglione *et al.*, 2012). Por encima, también constituyendo la cuarta y última mega secuencia, en la zona de estudio se reconoce la Formación Cullen y

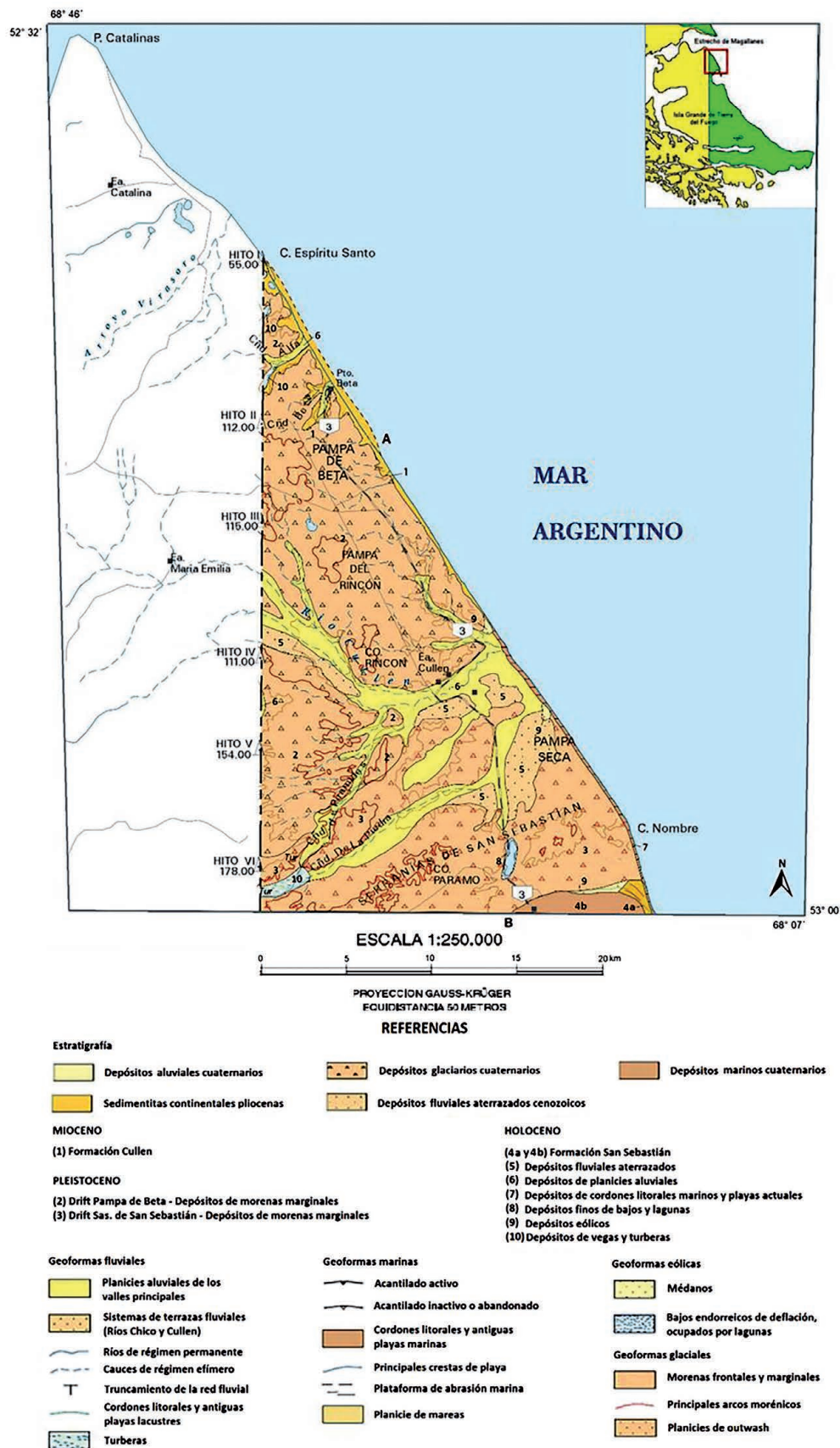


Figura 2. Carta Geológica Monte Aymond – Monte Dinero 5369 I-II (Panza *et al.*, 2010).

depósitos fluvio-glaciarios-glaciarios cuaternarios. En resumen, nos concentraremos en la geología de las unidades acuíferas definiendo sus características.

**Formación Carmen Silva.**— Los depósitos fueron mencionados por Nordenskjöld (1897), Bonarelli (1917) y De Ferrariis (1938). La formación fue diferenciada y denominada Carmen Silva por primera vez por Codignotto y Malumián (1981); en un trabajo posterior, Malumián y Olivero (2006), ahondan en la descripción de la misma. Los principales afloramientos se encuentran en el sector centro-oeste de la Provincia de Tierra del Fuego, en zonas aledañas a la Estancia San Julio y, algo más al norte, en el Puesto 26, el cual corresponde al Perfil Tipo de esta formación. Los afloramientos más septentrionales se pueden observar al norte de la Sierra Carmen Silva, en las cercanías de la bahía de San Sebastián (Panza *et al.*, 2010). Se han definido dos miembros, uno inferior, constituido por arcillitas y limolitas arenosas, de coloración variable entre un gris verdoso oscuro en muestras frescas, a amarillo rojizo y pardo ferruginoso en muestras meteorizadas. El miembro superior, está conformado por conglomerados y tobas, con abundantes invertebrados fósiles y una abundancia relativa de clastos de volcanitas mesosilíceas y básicas (Codignotto y Malumián, 1981; Panza *et al.*, 2010).

**Formación Cullen.**— La primera mención de estos depósitos y su asignación al Paleógeno-Neógeno / Terciario, fue realizada por Popper (1887), posteriormente, Bonarelli (1917) y De Ferrariis (1938) hacen mención a los mismos. Recién Petersen y Methol (1948) le dan carácter de unidad específica, bajo el nombre de Estratos de Cullen.

Posteriormente, Codignotto y Malumián (1981) adecuaron la denominación a Formación Cullen, nombre que se ha mantenido hasta la fecha. Más recientemente la misma fue estudiada en detalle por Olivero *et al.* (2015). Aflora en el extremo norte de la provincia de Tierra del Fuego, entre el cabo Espíritu Santo y el río Cullen; más al sur, afloramientos de menor magnitud son descriptos por Codignotto y Malumián (1981) en la costa de la bahía de San Sebastián, entre el destacamento policial y Punta Basílica. La unidad está constituida por una sucesión de areniscas finas a conglomerádicas, limosas, intercaladas con limo-arcillitas carbonosas, carbón, tobas y tufitas (Olivero *et al.*, 2015; Panza *et al.*, 2010). El color de la formación varía entre el amarillo claro a blanquecino y el castaño rojizo oscuro, por impregnación con óxidos de hierro (Panza *et al.*, 2010).

**Depósitos Cuaternarios.**— Los depósitos cuaternarios presentes en la región de estudio son predominantemente de origen glaciario, glaci-fluvial y, en menor medida, glaci-lacustres o costeros. Se destacan los trabajos realizados por Bonarelli (1917) y Caldenius (1932). Bonarelli (1917), realizó un bosquejo geológico de la Isla de Tierra del Fuego, además, desarrolló estudios de reconocimiento y descripción de depósitos de turberas, glaciarios y costeros.

Por su parte, Caldenius (1932), estudió las glaciaciones pleistocenas en toda la Patagonia definiendo cuatro estadios glaciarios: Inicial, Deniglaciar, Gotiglaciar y Finiglaciar. Mercer (1976), aplicó por primera vez métodos radimétricos para

la datación de los depósitos glaciogénicos. Codignotto y Malumian (1981), describen también los depósitos glaciarios cuaternarios y de costas. A posterior, se destacan trabajos como los de Rabassa *et al.* (2000), Coronato *et al.* (2004) y Rabassa (2008), quienes realizan diversos aportes al conocimiento sobre las glaciaciones cuaternarias. Tomando en consideración todo lo previamente mencionado, se hará referencia a estos depósitos sobre la base de lo propuesto por Panza *et al.* (2010) para los depósitos glaciarios del área, según:

**Drift Pampa de Beta (Pleistoceno inferior).**— Son depósitos de morenas marginales, que cubren a la Formación Cullen en la zona costanera situada entre el cabo Espíritu Santo y la desembocadura del río Cullen. Forma las partes elevadas de las denominadas Pampa de Beta y Pampa del Rincón (Panza *et al.*, 2010). De color gris, constituidos en general por una asociación de limos, arcillas y arenas en las que se diseminan fenoclastos subredondeados de tamaño grava fina a mediana, con bloques mayores muy subordinados.

**Drift Sierras de San Sebastián o Drift Río Cullen (Pleistoceno medio).**— Presenta dos tipos de depósitos, morenas marginales y fluvio-glaciares. Las morenas marginales se ubican en el sector norte de la depresión de la bahía de San Sebastián, donde conforman las serranías de San Sebastián, estableciendo un conjunto de arcos, de aproximadamente 60 m de altura, alineados con dirección NO-SE; cierran por el norte a la citada bahía. Los depósitos fluvio-glaciares (lacustre-palustre interdigitado) están conformados por gravas arenosas, arcillas y arenas (de variada granulometría), con bloques erráticos intercalados. La coloración general del depósito es amarillenta a castaña rojiza donde prevalecen los fragmentos de rocas granodioritas. (Panza *et al.*, 2010).

**Formación San Sebastián (Holoceno).**— Denominada por Codignotto (1969) en Codignotto y Malumian (1981), la describen con mayor detalle; su nombre es mantenido por posteriores autores. Panza *et al.* (2010), estudian también estos afloramientos. Esta unidad fue subdividida en tres miembros (a, b y c), de los cuales solo dos de ellos, a y b, afloran en el área de estudio. Se ha denominado al miembro “a” como Miembro Península El Páramo y al “b” como Miembro Filaret. Ambos miembros afloran en la costa Atlántica, en torno a la bahía de San Sebastián. La espiga Península El Páramo o Miembro “a”, conforma el cierre oriental de la bahía de San Sebastián y está constituida por gravas, de hasta 15-20 cm de diámetro, con arenas subordinadas. El Miembro “b”, o Miembro Filaret, aflora inmediatamente al oeste del anterior, en el margen occidental de la bahía de San Sebastián y se extiende hasta el territorio chileno. Son sedimentos finos, limos arenosos y arcillas, de una planicie intermareal antigua hoy algo ascendida de color gris a gris blanquecino.

**Depósitos Holoceno-Actuales.**— En general ha sido definidos por Panza *et al.* (2010) en la hoja geológica. Se distinguen depósitos fluviales aterrazados de distintos niveles fluviales antiguos en el valle del río Cullen y sus afluentes. Estos depósitos están conformados por gravas con matriz arenosa, arenas finas a gruesas subordinadas

y bloques. También, depósitos de planicies aluviales presentes en los cauces de los pequeños cursos de agua a lo largo del río Cullen y de los cañadones Pirámide y Las Piedras. Son depósitos de materiales sueltos, gravas finas a medianas, hasta arenas de grano fino a grueso, se observan también limos y arcillas muy subordinados. Se suman los depósitos de cordones litorales marinos y playas actuales que representan una franja a lo largo de toda la costa formada por una sucesión de cordones litorales y playas de gravas y arenas. Depósitos finos de bajos y lagunas presentes en cuencas cerradas con sedimentos de limos, limos arcillosos y arcillas de colores castaños claros a grises. Depósitos eólicos en los alrededores de la mina María, por encima de los cordones de gravas holocenos y compuestos por arenas medianas a finas en general cuarzosas, con algo de material piroclástico. Finalmente, los depósitos de vegas y turberas compuestos de materiales detríticos finos y materia orgánica en lenta descomposición, constituyen turberas y mallines, también conocidos como vegas. En la comarca se encuentran diseminados en algunos sectores, en los bajos y en los valles de algunos ríos y arroyos.

### Hidrogeología

Los antecedentes sobre estudios de este tipo en el extremo norte de la Provincia de Tierra del Fuego son escasos. Se han encontrado menciones muy breves haciendo referencia a la presencia de rezumos en los acantilados costeros ubicados al norte de la bahía de San Sebastián, en el contacto entre los sedimentos Paleógeno-Neógeno / Terciarios y Cuaternarios (Zamaloa, 1999; Panza *et al.*, 2010). El primer informe de carácter hidrogeológico, que integra información de diferentes pozos en el área fue realizado por Valentini (2002). Se presentan en el mismo, registros de ensayos de bombeo, parámetros hidráulicos y resultados de ensayos geofísicos. Posteriormente, Alberti y Sticco (2015), realizaron un estudio de carácter hidrogeológico en pozos de uso industrial y/o domésticos ubicados dentro del área de estudio. En este trabajo se llevó a cabo una caracterización general de los acuíferos alojados en depósitos Paleógeno-Neógeno / Terciarios y se definieron capas acuíferas de interés. Tanto Valentini (2002) como Alberti y Sticco (2015) estudian y caracterizan únicamente la Unidad Hidrogeológica Paleógeno-Neógeno / Terciaria (Formación Carmen Silva y Formación Cullen).

A pesar de ello, mencionan la existencia de un acuífero presente en los depósitos cuaternarios. Estos autores reconocen dos unidades. La más somera corresponde a capas acuíferas libres desarrolladas en depósitos cuaternarios. De forma infrayacente se encuentra una segunda unidad hidrogeológica, conformada por acuíferos confinados o semiconfinados, ubicados en depósitos Paleógeno-Neógeno / Terciarios. Por fuera del área de estudio, pero colindante a la misma, en el sector sur de la bahía de San Sebastián, Caballero (2014) realizó un informe sobre el pozo San Sebastián N°1. En el mismo se presenta un ensayo de bombeo y descripción litológica en unidades que podrían ser correlacionables a las mencionadas, pero el autor no lo correlaciona.

Díaz (2013) desarrolló tareas similares en el pozo PA 1 CS (del lado chileno), incluyendo un estudio de la calidad del agua. En ambos casos no se especifica el



acuífero del cual están extrayendo agua, aunque en el caso del informe de Díaz (2013) es posible inferir que se trata de la Unidad Hidrogeológica Cuaternaria. Kruse *et al.* (2017) realiza un estudio hidrogeológico sobre la región de Río Grande (al sur del área de estudio) donde se identifican las dos unidades hidrogeológicas previamente mencionadas (Paleógeno-Neógeno / Terciarias y Cuaternarias). En el mismo trabajo se estiman parámetros hidráulicos, permeabilidades y espesores de capas acuíferas, se aportan datos hidroquímicos y se presenta un perfil hidrogeológico.

Sin embargo, y debido al carácter transfronterizo de las unidades acuíferas de interés, también fueron tomados en consideración diferentes trabajos correspondientes al sector chileno de la isla, colindante en el extremo occidental del área de estudio. En este sentido se destacan diversos estudios hídricos y el Mapa Hidrogeológico de Chile, publicado en (MOP y DGA, 1986), el estudio integral de riego y drenaje de Magallanes-XII Región, realizado por la Comisión Nacional de Riego (1997) y la actualización de información y modelación hidrológica acuíferos de la XII región, de Magallanes y la Antártica (Ortiz Astete, 2016). Siendo de utilidad también el trabajo de Sáez Moreno (2017) un análisis sismo-estratigráfico del Cenozoico en el sector norte de la Isla Grande de Tierra del Fuego.

## METODOLOGÍA

Debido a la escasez de estudios hidrogeológicos la tarea de recolección y análisis de información cobra una mayor relevancia que en otros sectores y se suma al aporte y análisis de nuevos datos de registros geofísicos en la región. Se accedió a información de registros geofísicos de pozos de hidrocarburos de la empresa Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF S.A.) ubicados en la región. Esta información fue reinterpretada, esta vez con fines hidrogeológicos, permitiendo aportar a la caracterización de las unidades de interés del sector. Se buscó determinar las unidades acuíferas involucradas en las profundidades de interés cotejando diversas fuentes con las correlaciones ubicadas en sectores cercanos.

Luego, se procedió a analizar la estratigrafía descrita para la región y en base a los datos hidroestratigráficos descritos tanto en el área de estudio, como en el sector chileno de la isla fue posible plantear las correlaciones estratigráficas pertinentes para las zonas de interés hidrogeológico. Esto dio lugar a generar extrapolaciones y comparaciones entre los datos hidrogeológicos medidos en el sector chileno de la Isla Grande de Tierra del Fuego y el área de estudio. Teniendo definidas las unidades hidrogeológicas de interés, se procedió al análisis de los datos geofísicos. Se trabajó con datos de 5 pozos distribuidos dentro del área de estudio (Pozos CN-37, SB-2026, RC.X-4, RC.X-14 y RC.a-20), junto con datos de un sexto pozo (CAWW-5), estudiado previamente por Alberti y Sticco (2015) y Valentini (2002), el cual se utilizó como pozo paramétrico o de control para las observaciones y/o conclusiones obtenidas. Fueron empleados los registros de resistividad, rayos gamma y potencial espontáneo para delimitar la base del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario en la región de interés. Para el gráfico y posterior análisis de los mismos se utilizó el programa de interpretación petrofísica Interactive Petrophysics (IP). Con

la ayuda del programa GEO5 (Fine, 2023), fue posible realizar secciones 2D y 3D de las unidades hidrogeológicas de interés. Por último, recopilando toda la información analizada en el presente trabajo, se realizó un mapa hidroestratigráfico de la región de estudio. También se propone una correlación espacial, en base a los datos con los que se cuenta hasta el momento, mostrando la geometría y distribución del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Análisis Hidroestratigráfico

La zona estudiada presenta potencialmente dos unidades hidrogeológicas, los sedimentos cuaternarios (glaciarios y glaci-fluviales) y las unidades del Paleógeno-Neógeno / Terciario. Debido al desarrollo de criterios de investigación locales y no integrales las mismas formaciones fueron denominadas de forma diferente en ambos países pese a tratarse de un sistema acuífero transfronterizo. Basándose en Alberti y Sticco (2015), Ortiz Astete (2016) se definen las siguientes unidades estratigráficas con interés hidrogeológico de la Figura 3.

**Unidad Hidrogeológica Cuaternaria.**— Es la unidad más somera. Corresponde a los depósitos pleistocenos y holocenos. Los sedimentos pleistocenos incluyen los depósitos glaciarios y glaci-fluviales comprendidos en la región por el Drift Pampa de Beta y Drift Río Cullen o Sierras de San Sebastián (Panza *et al.*, 2010). En ciertas zonas, presenta acumulaciones importantes de arcillas, que le confieren al depósito una dureza bastante elevada y lo convierten en una capa relativamente impermeable. El espesor de estos sedimentos en el área de estudio es variable, aunque no supera los 70 m (Alberti y Sticco, 2015) y los mayores espesores se alcanzan en el extremo

Era	Periodo	Época	Subsuelo de Tierra del Fuego (Chile)	NE Tierra del Fuego (Zona de estudio, unidades someras)
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno 0.01Ma	Cobertura fluvio-glaciar	Dtos. Actuales eólicos, lacustres, marinos y turberas
				San Sebastián
				Dtos. Antiguos de terrazas y cordones litorales
	Neógeno	Pleistoceno 2.6Ma		Drift Pampa de Beta
		Plioceno 5.3Ma		Drift Sas. De San Sebastián
	Paleógeno	Mioceno 23Ma	Palomares	Cullen
			Filaret	Carmen Silva
		Brush Lake	Gr. Cabo Domingo	
		Areniscas Arcillosas		Dtos. Marinos indeter.
Oligoceno 33.9Ma		Gr. Bahía Inútil		

**Figura 3.** Estratigrafía de interés para el área de estudio y sus correlaciones con las unidades definidas en el sector chileno (tomada de Binder, 2022).

norroeste de la Isla de Tierra del Fuego, en territorio chileno, con valores algo inferiores a los 300 m de espesor (Ortiz Astete, 2016).

Por su parte, los sedimentos holocenos se encuentran representados por la Formación San Sebastián (Miembros “a” y “b”). Se trata de depósitos de playa, que se desarrollan en torno a la bahía de San Sebastián, conformando en el caso del Miembro “a” una espiga adosada al continente por el extremo norte de la bahía y, el Miembro “b”, un depósito interno a la bahía; ambos miembros se reconocen en el extremo sureste del área de estudio. En el caso del Miembro “a”, está conformado por gravas, de hasta 15-20 cm de diámetro, con arenas subordinadas potencialmente acuíferas. Por su parte, el Miembro “b” corresponde a sedimentos finos, limos arenosos y arcillas que pueden conformar acuíferos de menor permeabilidad o acuitardos. En su conjunto, la Formación San Sebastián, presenta espesores de entre 2 y 10 m. En base a la variabilidad litológica que presenta esta unidad se considera probable la existencia de diferentes acuíferos en depósitos cuaternarios. Por lo que, no se hará referencia a esta unidad hidrogeológica como un único acuífero cuaternario, sino que se mencionará la misma como una unidad multi-acuífero. La Unidad Hidrogeológica Cuaternaria resulta transfronteriza porque se encuentra representada en el sector chileno. Allí presenta acuíferos libres a excepción de sectores puntuales, donde localmente pueden presentar cierto grado de confinamiento. Se utilizan principalmente con fines domésticos, de riego y ganaderos. Contienen agua que corresponde principalmente al agua freática, almacenada como unidad libre (Ortiz Astete, 2016; Alberti y Sticco, 2015; Comisión Nacional de Riego, 1997).

**Unidad Hidrogeológica Paleógeno-Neógeno / Terciaria.**— Estos subyacen a los depósitos cuaternarios, puntualmente, la Formación Cullen y las capas infrayacentes representadas por la Formación Carmen Silva. La Formación Cullen, es de origen continental, está constituida por una sucesión de capas de areniscas finas a conglomerádicas, limosas, intercaladas con limo-arcillitas carbonosas, carbón, tobas y tufitas. El espesor de los afloramientos varía entre 40 y 75 m (Olivero *et al.*, 2015). Esta unidad posee unidades acuíferas con acuícludos intercalados a lo largo de toda la secuencia y cabría esperar un comportamiento multicapa. La Formación Carmen Silva, es de origen deltaico a marino marginal y consta de dos miembros, uno inferior, constituido por arcillitas y limolitas arenosas y otro superior, conformado por conglomerados y tobas. Alcanza espesores en los afloramientos de hasta 90 m, mientras que en perforaciones en plataforma se identificaron espesores de hasta 170 m (Malumián y Nández, 1999). Entendemos que en este caso únicamente el miembro superior sería más permeable y podría constituir la unidad acuífera, aunque no se pudo corroborar con muestras de campo. El Miembro inferior de la Formación Carmen Silva, formado por arcillitas y limolitas arenosas se asume como acuitardo y sin valor hidrogeológico. Estas unidades se correlacionan en el sector chileno con las formaciones Palomares, Filaret y parte superior de Brush Lake. Según Ortiz Astete (2016) y la Comisión Nacional de Riego (1997) definen a las formaciones Palomares y Filaret como unidades acuíferas junto con las unidades más antiguas por debajo de estas. La Unidad Hidrogeológica Paleógeno-Neógeno / Terciaria constituye acuíferos considerados de tipo confinado o semiconfinados dependiendo del sector (Ortiz As-

tete, 2016; Alberti y Sticco, 2015; Kruse *et al.*, 2017). En el sector chileno de la Isla de Tierra del Fuego se registran zonas con surgencia. Aquí se hará referencia a estos acuíferos como Unidad Hidrogeológica Paleógeno-Neógeno / Terciaria o, Sistema acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario, pero se trata de una unidad conformada por intercalaciones de capas o estratos de mayor y menor porosidad y permeabilidad. Son estos estratos más los que pueden albergar agua, constituyendo diferentes acuíferos que en su conjunto constituyen la Unidad hidrogeológica Paleógeno-Neógeno / Terciaria.

### Análisis de la información de pozos

En el sector argentino se cuenta con información de registros geofísicos de 6 pozos (SB-2026, RC.X-4, RC.X-14, RC.a-20, CN-37 y CAWW-5), aunque de uso petrolero serán estudiados con fines hidrogeológicos. La ubicación de los pozos se puede observar en la Figura 4. El pozo CAWW-5 es el pozo de la región que presenta una litología detallada, ensayos de bombeo y datos hidroquímicos (Alberti y Sticco, 2015; Valentini, 2002).

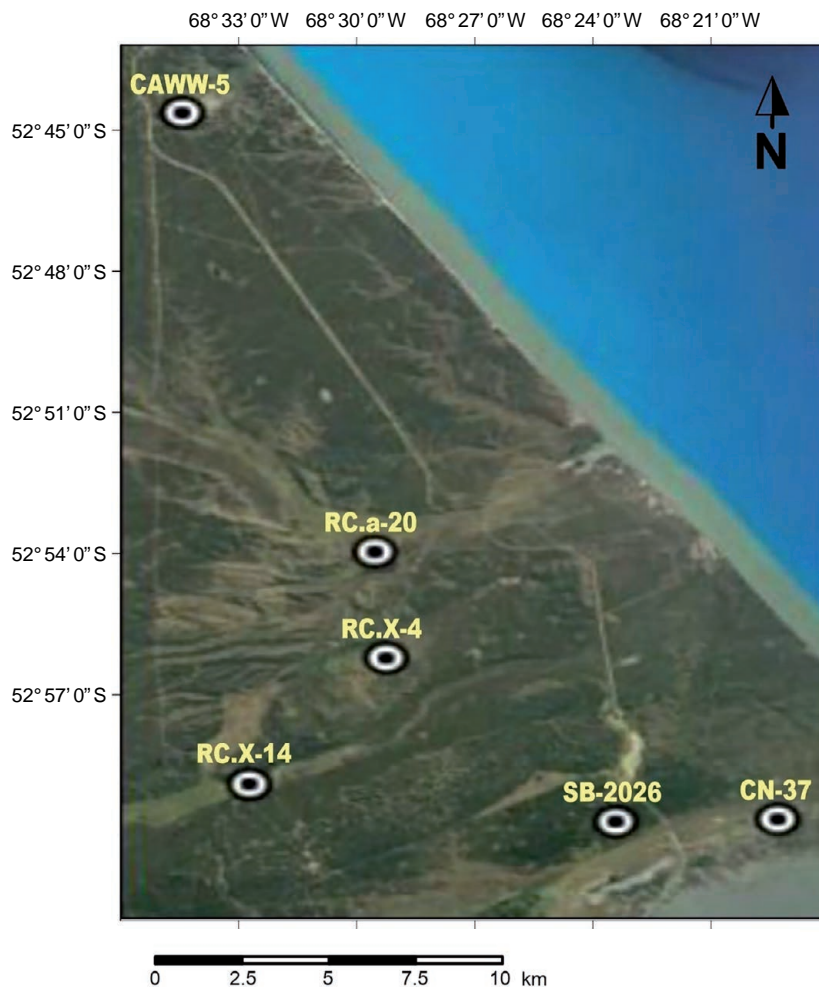


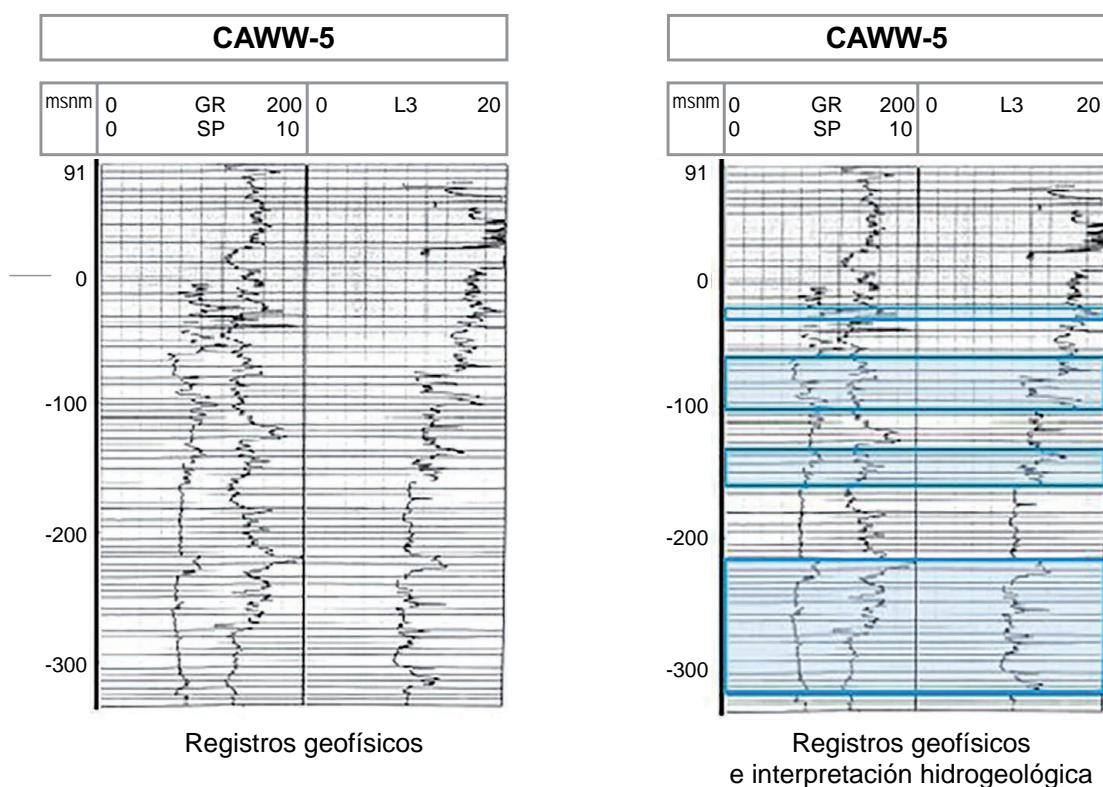
Figura 4. Ubicación espacial de los pozos analizados.

Progresivamente en cada pozo analizado se han tomado diferentes registros geofísicos que permiten diferenciar los niveles que pueden presentar condiciones acuíferas, para luego, realizar una transecta de correlación entre todos ellos. Es frecuente que los registros geofísicos de los primeros 200 m presenten datos anómalos representados como picos de señal con valores extremos, los que no han sido tomados en consideración para la interpretación de la secuencia. Se resume a continuación la interpretación hidrogeológica para cada pozo.

**Pozo CAWW-5.**— En el caso del pozo CAWW-5, fue estudiado previamente (Alberti y Sticco, 2015; Valentini, 2002) con fines hidrogeológicos, se cuenta con ensayos de bombeo, estudios litológicos, hidrogeoquímicos y geofísicos. Se utilizó la información recopilada del pozo CAWW-5, con fines comparativos, ya que es el único pozo de la región de estudio del cual se tienen datos de estudios hidrogeológicos específicos.

Se contó con información de los perfiles de rayos gamma (GR), potencial espontáneo (SP) y resistividad (L3) del pozo CAWW-5. Observando los registros geofísicos (Figura 5, izquierda) donde se puede apreciar que el perfil de potencial espontáneo presenta valores positivos, entre 0 mv y 10 mv, el perfil de rayos gamma registró valores entre 1 API y 200 API. Con respecto al perfil de resistividad, presenta valores entre 1 ohm.m y 20 ohm.m, con máximos locales en la resistividad que superan los 10 ohm.m.

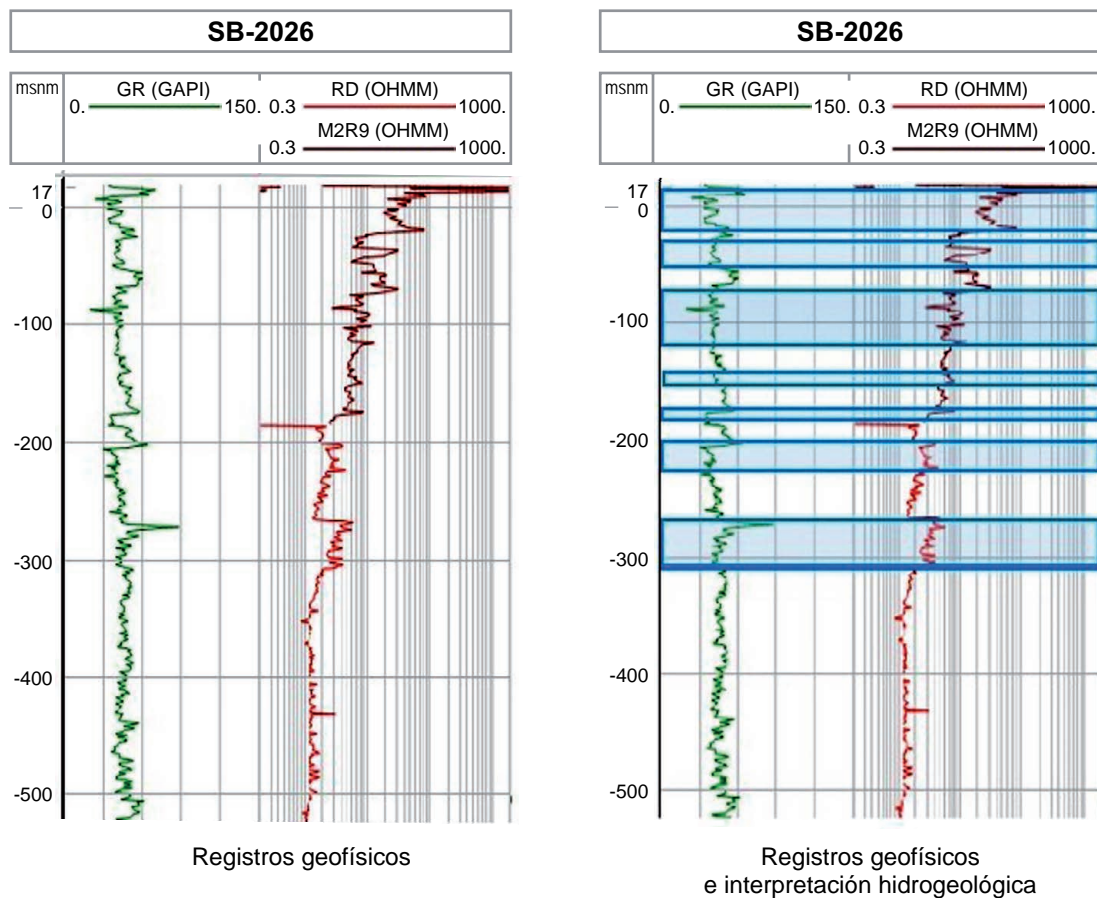
Alberti y Sticco (2015) reconocieron a partir de los registros geofísicos y estudios litológicos cuatro paquetes de interés hidrogeológico (Figura 5, derecha).



**Figura 5.** Pozo CAWW-5: Registros geofísicos originales (Gráfico izquierdo) tomado de Alberti y Sticco (2015) y la interpretación de los mismos, con recuadros celestes (Gráfico derecho).

En el presente estudio se considera la profundidad de 314 m b.n.m. (correspondiente con la base del cuarto paquete de interés) como la base del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario. Además, Alberti y Sticco (2015) mencionan la detección de pequeños fragmentos carbonosos aproximadamente a los 350 m b.b.p, por lo cual posicionan la base del acuífero entorno a los 300 m b.n.m. El límite entre los Acuíferos del Cuaternario y el Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario, infrayacente, está definido a los 29 m b.n.m. debido a que a esa altura está descrito en el trabajo de Valentini (2002) el contacto entre los depósitos cuaternarios glaciares y los depósitos infrayacentes, Paleógeno-Neógeno / Terciarios, correspondientes a la Formación Cullen.

**Pozo SB-2026.**— Para el análisis del pozo SB-2026 se utilizaron los perfiles de rayos gamma (GR) y de resistividad (RD) registro litológico de los recortes de perforación frecuentemente llamado *mud logging* (M2R9) para cubrir el intervalo de interés. Observando los registros geofísicos (Figura 6, izquierda) se puede apreciar que el perfil de rayos gamma presenta valores que oscilan entre 40 API y 60 API, interpretándose respectivamente como bancos más arenosos.

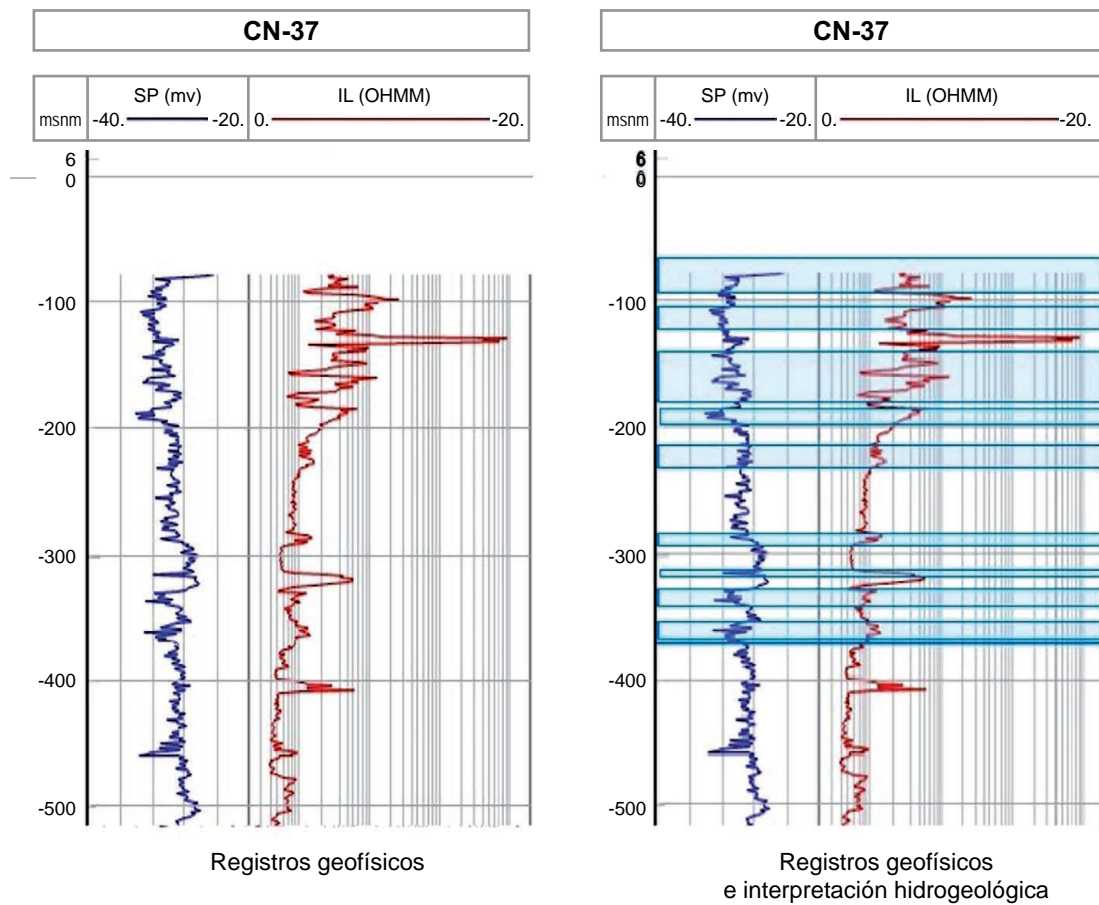


**Figura 6.** Pozo SB-2026: Registros geofísicos originales (gráfico izquierdo) tomado de Valentini (2002) y la interpretación de los mismos, con recuadros celestes (gráfico derecho).

Como perfil resistivo para los 200 m más someros se utilizó el registro M2R9, para mayores profundidades se utilizó el registro RD. Considerando el registro M2R9, se observan valores de resistividad que oscilan entre los 3 ohm.m y 70 ohm.m aproximadamente. Con respecto al registro RD, el cual mide por debajo de los 200 m b.b.p, muestra valores de resistividad mucho más bajos, nunca superando los 10 ohm.m. Los valores de resistividad van disminuyendo en profundidad, hasta estabilizarse en torno a los 2 ohm.m luego de los 300 m b.n.m. aproximadamente. Desde un punto de vista hidrogeológico (Figura 6, derecha), se identificaron 7 paquetes, de espesores variables entre algo menos que una decena de metros y paquetes de hasta aproximadamente 50 m de espesor. La división podría modificarse en algunos casos separando los paquetes de mayor espesor en varios de menor espesor, pero observando la cantidad y precisión de la información geofísica con la que se cuenta hasta el momento, se consideró más apropiado marcar paquetes de interés hidrogeológico a grandes rasgos. La disminución de la resistividad con la profundidad es interpretable como la presencia de acuíferos que aumentan su salinidad con la profundidad; el aumento de la salinidad con la profundidad es un comportamiento esperable de los sistemas acuíferos más profundos debido al mayor tiempo de tránsito de las aguas, respecto a las más someras. El último aumento en la resistividad, que se corresponde con variaciones en el registro de los rayos gamma ocurre a los 313 m b.n.m., por debajo, la resistividad se mantiene relativamente constante, sin cambios significativos. Este límite (313 m b.n.m.), se considera la base del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario en la ubicación correspondiente al pozo SB-2026. Del análisis de los registros geofísicos no fue posible identificar el límite entre los acuíferos del Cuaternario y el Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario, infrayacente.

**Pozo CN-37.**— Para el análisis del pozo CN-37 se utilizaron los perfiles de potencial espontáneo (SP) y de resistividad por inducción (ILD) usado con lodos resistivos. Observando los registros geofísicos (Figura 7, izquierda) se puede apreciar que el perfil de potencial espontáneo presenta valores que oscilan entre los -25 mv y -35 mv aproximadamente, lo cual indica variaciones en la conductividad asociables a cambios, aunque no muy marcados, en las condiciones fisicoquímicas. El perfil de resistividad, al igual que el SP, no muestra variaciones importantes, en comparación con otros de los pozos analizados. Los valores de resistividad oscilan en general, entre 2 ohm.m y 8 ohm.m. Solamente se registraron dos picos en los cuales la resistividad superó los 10 ohm.m, pero siempre inferior a los 20 ohm.m en las profundidades de interés, descartando datos puntuales que pueden deberse a errores en el registro. Desde un punto de vista hidrogeológico (Figura 7, derecha), se identificaron 9 paquetes, de espesores variables entre algo menos que una decena de metros y paquetes de hasta aproximadamente 30 m de espesor.

Observando la distribución en profundidad de los paquetes, los mismos pueden ser divididos en dos conjuntos. Uno más somero, que se desarrolla aproximadamente hasta los 230 m b.n.m., el cual muestra picos de resistividad en general más altos (aproximadamente 8 ohm.m); el segundo conjunto, se desarrolla a mayores profundidades, aproximadamente entre los 280 m b.n.m. y los 360 m b.n.m., este presenta



**Figura 7.** Pozo CN-37: Registros geofísicos originales (gráfico izquierdo) tomado de Valentini (2002) y la interpretación de los mismos, con recuadros celestes (gráfico derecho).

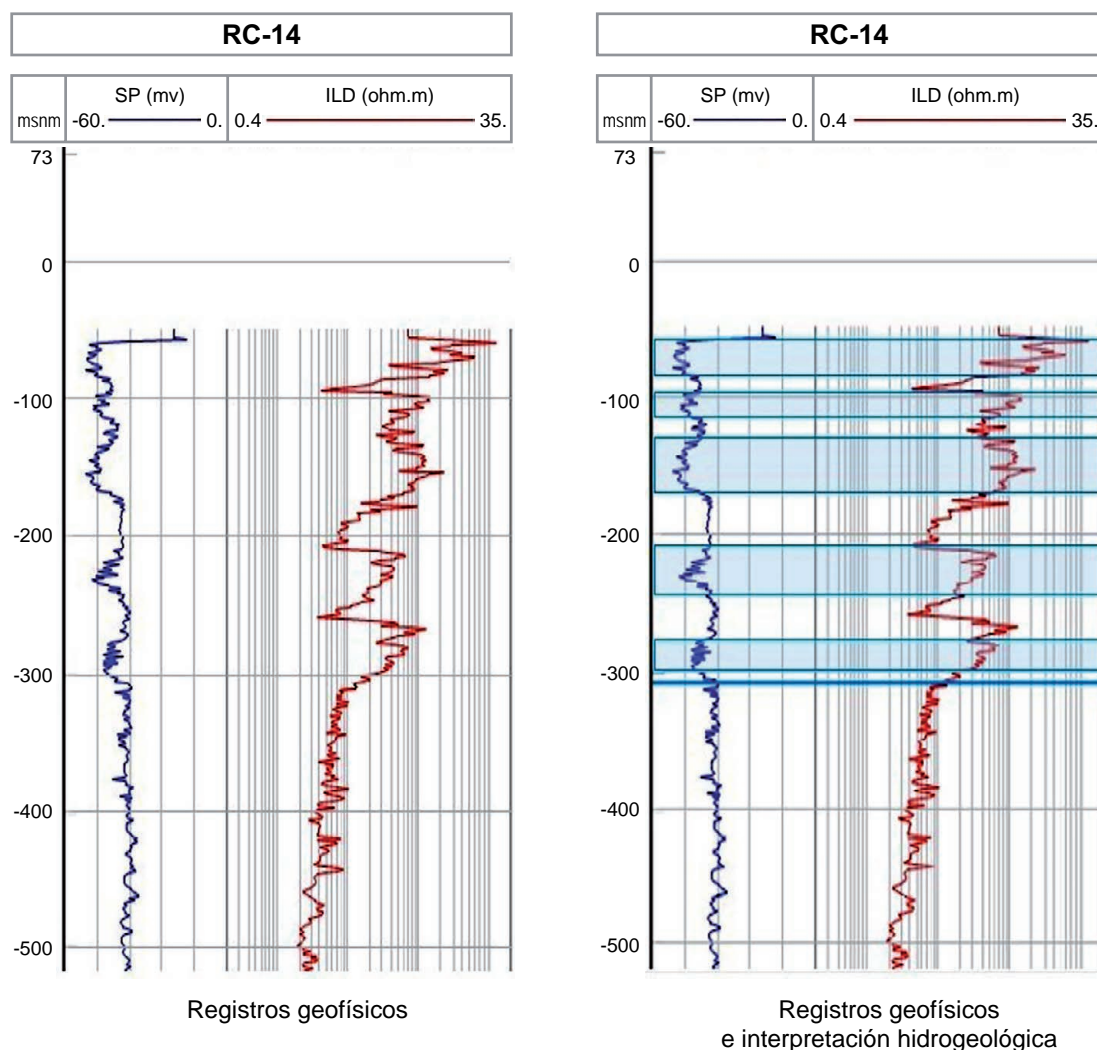
en general valores en los picos de resistividad inferiores (alrededor de 3 ohm.m) y solo se observa un paquete cuya resistividad es mayor (cerca de los 8 ohm.m).

Debido a que no se cuenta con información petrofísica suficiente, la identificación de los paquetes de interés hidrogeológico podría verse modificada ante la existencia de estudios de mayor detalle.

El último cambio en la resistividad es compatible con variaciones en el registro de potencial espontáneo. Este ocurre a los 364 m b.n.m. y se considera la base del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario en la ubicación correspondiente al pozo CN-37. No fue posible inferir un límite para la división entre los acuíferos del Cuaternario y la unidad infrayacente, el Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario, debido a que no se cuenta con datos de litología ni tampoco registros geofísicos de los primeros 75 m b.b.p.

**Pozo RC.X-14.**— Para el análisis del pozo RC.X-14 se utilizaron los perfiles de potencial espontáneo (SP) y de resistividad (ILD). Observando los registros geofísicos (Figura 8, izquierda) se puede apreciar que el perfil de potencial espontáneo presenta valores que oscilan entre -35 mv y -50 mv aproximadamente, lo cual indica variaciones en la conductividad asociables a cambios en las condiciones fisicoquímicas. Con respecto al perfil de resistividad, los valores inferiores oscilan en torno





**Figura 8.** Pozo RC-14: Registros geofísicos originales (gráfico izquierdo) tomado de Valentini (2002) y la interpretación de los mismos, con recuadros celestes (gráfico derecho).

a los 2-3 ohm.m. Mientras que en el caso de los valores máximos se observan dos conjuntos de valores extremos o máximos locales. El primer conjunto de valores máximos locales de resistividad varía entre 10 ohm.m y 30 ohm.m (registrados en los primeros 30 m del registro, correspondientes a profundidades entre 50 m b.n.m. y 100 m b.n.m. aproximadamente). El segundo conjunto, posee máximos locales de resistividad cerca de los 10 ohm.m e incluso algo inferiores en algunos casos (registrado entre aproximadamente los 100 m b.n.m. y los 300 m b.n.m.). Desde un punto de vista hidrogeológico (Figura 8, derecha), se identificaron 5 paquetes, de espesores variables entre aproximadamente 10 m y 50 m de espesor.

El paquete más somero, es decir, el que se registró a profundidades inferiores a 100 m b.n.m., corresponde al de mayores valores de resistividad, por lo cual, podría inferirse como la respuesta de unidades acuíferas de menor salinidad en comparación con los paquetes menos resistivos que corresponden a valores de salinidad mayores.

El último incremento en la resistividad compatible con el registro de potencial espontáneo ocurre a 307 m b.n.m. Este límite (307 m b.n.m.) se considera la base del

Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario en la ubicación correspondiente al pozo RC.X-14. No fue posible inferir un límite para la división entre los Acuíferos del Cuaternario y la unidad infrayacente, el Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario, debido a que no se cuenta con datos de litología ni tampoco registros geofísicos de los primeros 117 m b.b.p.

**Pozo RC.X-4.**— Para el análisis del pozo RC.X-4 se utilizaron los perfiles de potencial espontáneo (SP) y de resistividad (IND). Observando los registros geofísicos (Figura 9, izquierda) se puede apreciar que el perfil de potencial espontáneo presenta valores máximos de alrededor de -15 mv y mínimos en torno a -2 mv. Estos valores de potencial espontáneo tan cercanos al cero podrían estar indicando o que las diferencias entre la salinidad de la formación y el lodo de perforación son pequeñas o que se trata de capas arcillosas. Con respecto al perfil de resistividad, los valores inferiores oscilan en torno a 2-3 ohm.m y los picos máximos son algo inferiores a 15 ohm.m.

Desde un punto de vista hidrogeológico (Figura 9, derecha), se identificaron 5 paquetes, de espesores variables entre aproximadamente 10 m y 60 m de espesor. Se detectan tres paquetes con interés hidrogeológico en la zona inferior, es decir, ubicados a profundidades mayores que 200 m b.n.m. y que muestran picos de resistividad

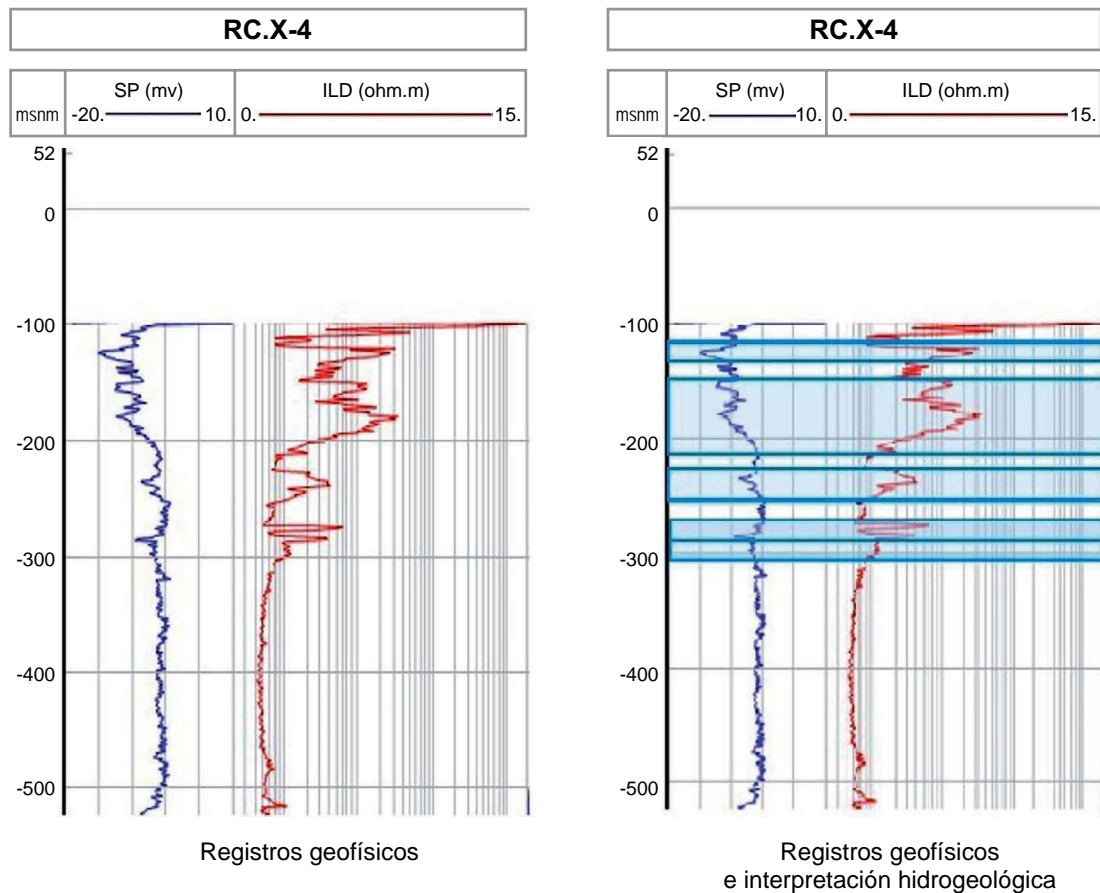


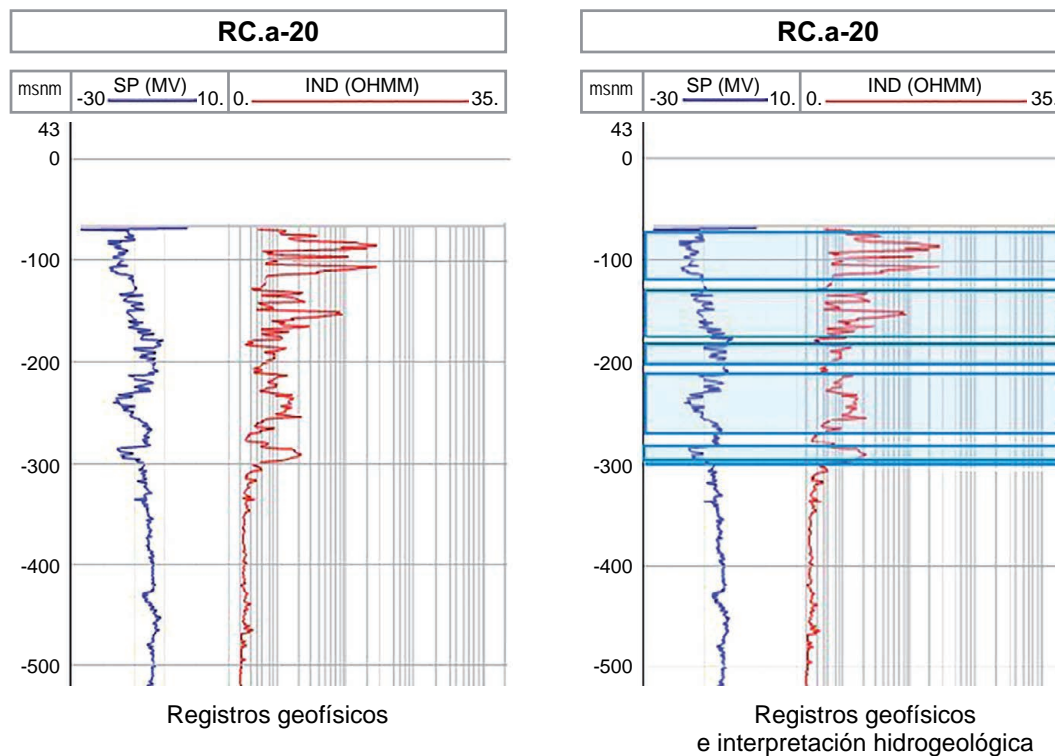
Figura 9. Pozo RC.X.4: Registros geofísicos originales (gráfico izquierdo) tomado de Valentini (2002) y la interpretación de los mismos, con recuadros celestes (gráfico derecho).

que no superan los 5 ohm.m. Los dos paquetes más someros presentan mayores valores de resistividad y podrían corresponderse con posibles unidades acuíferas más saladas. El último cambio en la resistividad compatible con variaciones en el registro de potencial espontáneo ocurre a 303 m b.n.m. Aquí también se considera este límite (303 m b.n.m.) como la base del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario en la ubicación correspondiente al pozo RC.X-4. No fue posible inferir un límite para la división entre los Acuíferos del Cuaternario y la unidad infrayacente, el Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario, debido a que no se cuenta con datos de litología ni tampoco registros geofísicos de los primeros 150 m b.b.p.

**Pozo RC.a-20.**— Para el análisis del pozo RC.a-20 se utilizaron los perfiles de potencial espontáneo (SP) y de resistividad (IND). Observando los registros geofísicos (Figura 10, izquierda) se puede apreciar que el perfil de potencial espontáneo presenta valores máximos alrededor de 20 mv y mínimos cercanos a 10 mv, lo cual indica variaciones en la conductividad asociables a cambios en las condiciones fisicoquímicas. En el perfil de resistividad los valores inferiores oscilan entre los 2-3 ohm.m. Los valores máximos, o picos de resistividad, van disminuyendo con el aumento de la profundidad, a profundidades de alrededor de 100 m b.n.m., alcanzan valores cercanos a 20 ohm.m y a los 300 m b.n.m. exhiben valores de alrededor de 7-8 ohm.m.

Desde un punto de vista hidrogeológico (Figura 10, derecha), se identificaron 5 paquetes, de espesores variables entre aproximadamente 10 m y 50 m de espesor. La disminución en profundidad de los valores resistivos en los picos de resistividad, se asocia probablemente con un aumento en el contenido de sales de las unidades acuíferas.

El último cambio significativo en la resistividad compatible con variaciones en el registro de potencial espontáneo ocurre a los 297 m b.n.m. Nuevamente, se interpreta que este límite (297 m b.n.m.) sería la base del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario en la ubicación correspondiente al pozo RC.a-20. No fue posible inferir un límite para la división entre los Acuíferos del Cuaternario y la unidad infrayacente, el Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario, debido a que no se cuenta con datos de litología ni tampoco registros geofísicos de los primeros 111 m b.b.p.



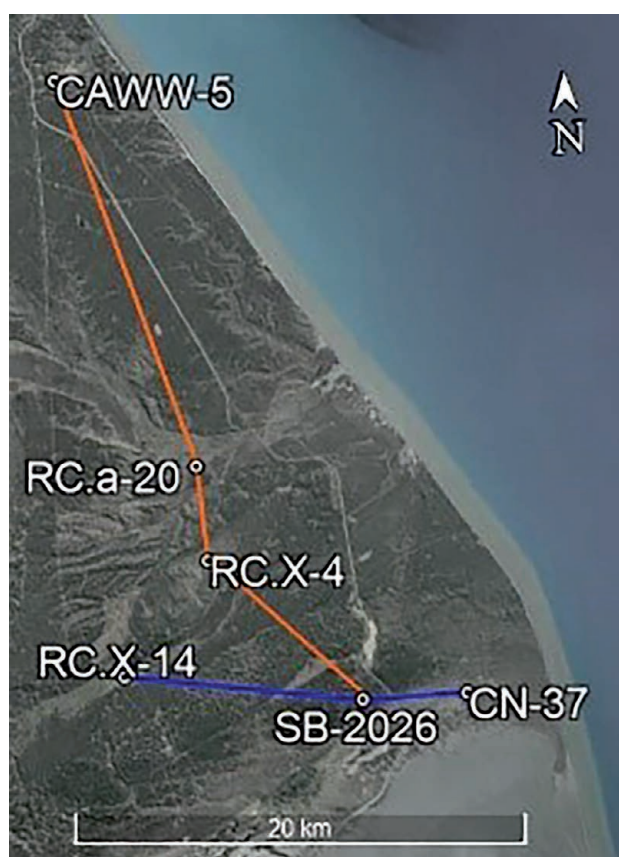
**Figura 10.** Pozo RC.a-20: Registros geofísicos originales (gráfico izquierdo) tomado de Valentini (2002) y la interpretación de los mismos, con recuadros celestes (gráfico derecho).

### Transectas hidrogeológicas regionales

A partir de los registros geofísicos de los pozos estudiados se realizaron dos transectas. La primera en dirección NO-SE, incluye los pozos CAWW-5, RC.a-20, RC.X-4 y SB-2026; la segunda, de orientación aproximadamente O-E, incluye los pozos RC.X-14, SB-2026 y CN-37 (Figura 11).

Las transectas muestran los diferentes pozos con sus respectivos perfiles geofísicos e interpretaciones hidrogeológicas. Cada pozo fue ubicado tomando como referencia su cota relativa al nivel del mar, ubicado a los cero metros en la escala de altitud. El objetivo de las transectas fue poder identificar las variaciones espaciales de las unidades hidrogeológicas identificadas en cada pozo (ver Tabla 1).

La transecta NO-SE (Figura 12) no presenta una correlación exacta entre los diferentes paquetes de interés hidrogeológico identificados individualmente en cada pozo. Esto puede deberse a la distribución espacial de las litologías en profundidad. Al tratarse de depósitos de origen deltaicos-marinos someros (Formación Carmen Silva), fluviales (Formación Cullen) y fluvio-glaciarios (Drift Sierras de San Sebastián y Drift Pampa de Beta), presentan gran variabilidad litológica lateral. Esto sería especialmente probable para los depósitos deltaicos de la Formación Carmen Silva, la cual, al ser de origen deltaico presenta cambios de facies a lo largo de su extensión. Las variaciones laterales de la litología tienen mayores posibilidades de manifestarse a lo largo de la transecta NO-SE, con una longitud superior a 30 km.



**Figura 11.** Ubicación geográfica de las transectas realizadas. En rojo la transecta NO-SE y en azul la transecta O-E.

**Tabla 1.** Pozos utilizados para delimitar la base del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciaria.

Campo	Pozo	Cota (m.s.n.m.)	Inicio de medición (m.b.b.p.)	Profundidad de la base (m.b.n.m.)
Secc. Baños	SB-2026	17	0	-313
Río Cullen	RC.X-4	52	150	-303
Río Cullen	RC.X-14	73.1	117.7	-306.9
Río Cullen	RC.a-20	43	111	-297
Cabo Nombre	CN-37	6	75.3	-364
Cañadón Alfa	CAWW-5	91	0	-314

La observación más notoria de la transecta NO-SE es la delimitación regional de la base del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario. Dicha base se presenta en todos los pozos analizados aproximadamente a 300 m b.n.m. (ver Figura 12). Se observan variaciones en la delimitación de la misma en toda la zona de un máximo de 15 m. Considerando que hay varios kilómetros de distancia entre pozos y la imprecisión en una delimitación basada únicamente sobre los registros geofísicos, como ocurre en todos los pozos, excepto en el pozo CAWW-5 a partir los datos de Alberti y Sticco (2015), no es posible adjudicar a una explicación certera a las variaciones observadas.

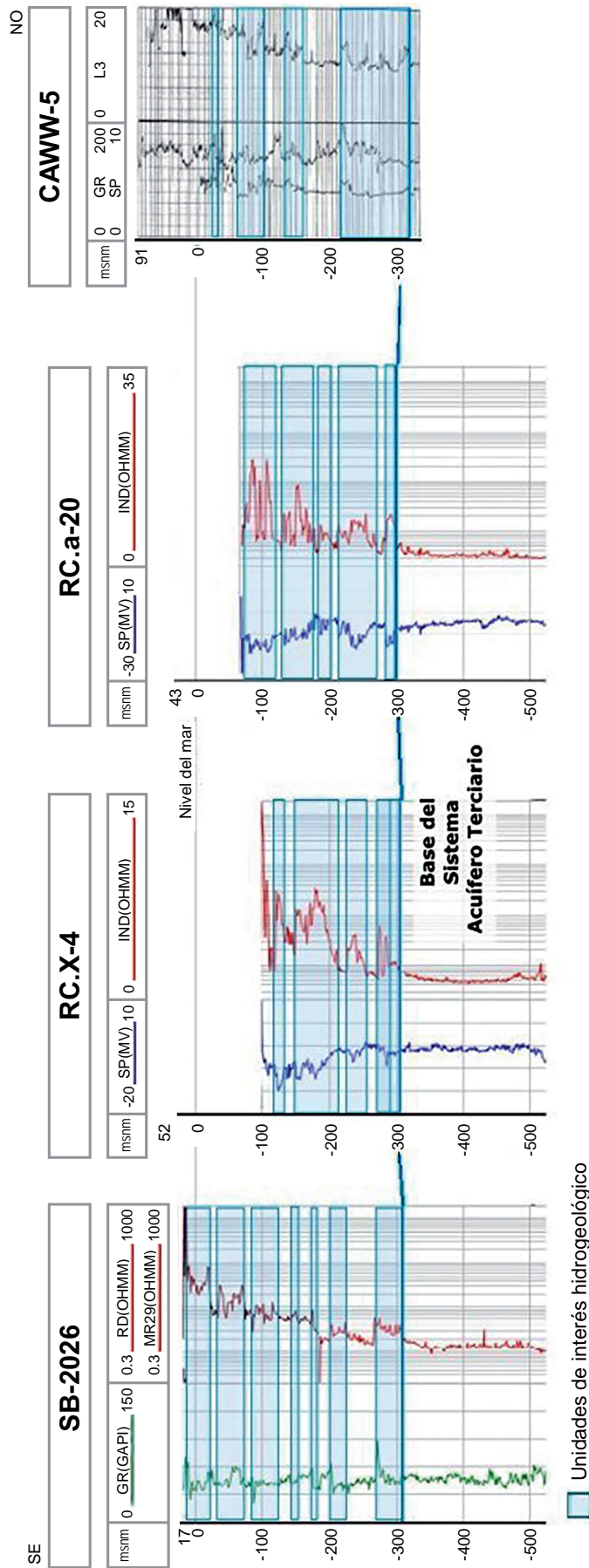


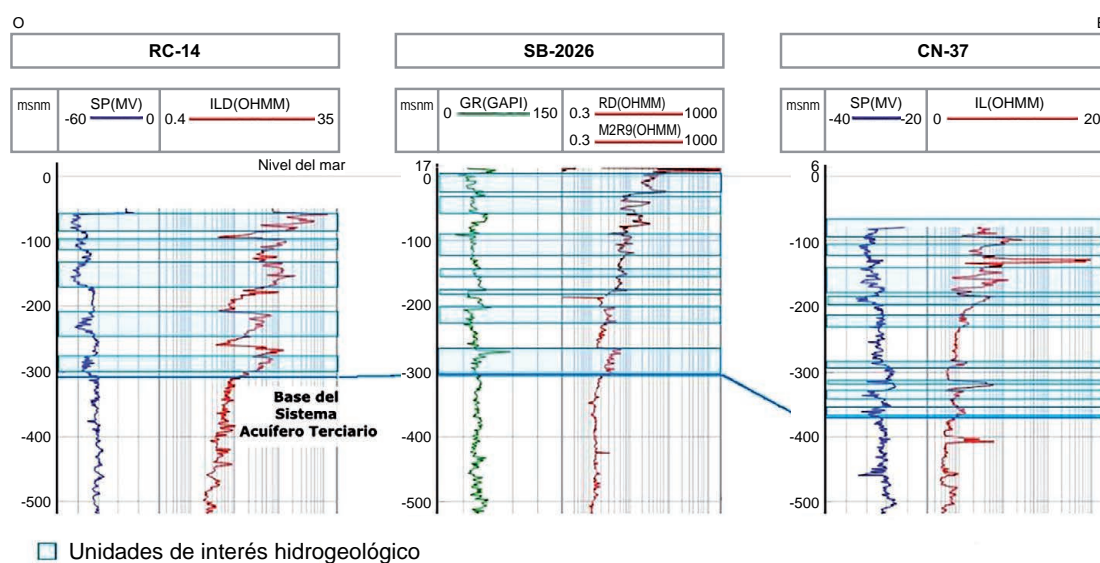
Figura 12. Transecta NO-SE. Graficada sobre los perfiles geofísicos de cada pozo las unidades de interés hidrogeológico y la base del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario.

No podemos concluir si se debe a leves variaciones en la litología o a la propia imprecisión de los métodos de estudio utilizados. No obstante, son coherentes comparados con los resultados obtenidos en los trabajos de Alberti y Sticco (2015) y Valentini (2002), que sitúan el piso de los acuíferos alrededor de los 300 m b.n.m..

**Transecta O-E.**— Nuevamente, la transecta O-E (Figura 13) no presenta una correlación exacta entre los diferentes paquetes de interés hidrogeológico identificados individualmente en cada pozo. Al igual que lo mencionado para el análisis de la transecta NO-SE, esto puede deberse a la distribución espacial de las litologías en profundidad. Al tratarse de depósitos de origen deltaicos-marinos someros litológicamente muy variables lateralmente (Formación Carmen Silva), fluviales (Formación Cullen) y fluvio-glaciarios (Drift Sierras de San Sebastián y Drift Pampa de Beta). Aquí también las variaciones en la composición litológica pueden manifestarse a lo largo de la transecta O-E, de casi 24 kilómetros de extensión. Aquí también resulta importante la delimitación regional de la base de las unidades del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario. Dicha base se presenta en los pozos más occidentales de la transecta (RC.X-14 y SB-2026) cercana a 300 m b.n.m., mientras que, hacia el Este, fue identificada aproximadamente a los 364 m b.n.m. en el pozo CN-37 (Figura 13).

La diferencia que se observa en la base de esta unidad en el pozo CN-37 comparada con la base interpretada en el pozo más cercano, pozo SB-2026, es de aproximadamente 50 m.

Esto da lugar a una pendiente en la línea de correlación de aproximadamente  $0,6^\circ$  y dado su bajo ángulo la interpretamos como debida a cambios laterales en la litología. Se propone identificar la base mencionada reconocida en todos los pozos estudiados como la base del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario, la cual se encontraría aproximadamente a 300 m b.n.m. hacia el oeste y hacia el este se profundizaría aproximadamente unos 60 m.



**Figura 13.** Transecta O-E. Graficada sobre los perfiles geofísicos de cada pozo, las unidades de interés hidrogeológico y la base del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario.

## Modelo de Secciones Hidroestratigráficas

Tanto la columna estratigráfica como la columna hidrogeológica, presentadas en la Figura 14, fueron realizadas a partir de datos bibliográficos (Binder, 2022; Ortiz Astete, 2016; Alberti y Sticco, 2015; Kruse *et al.*, 2017; Malumián y Nández, 1999; Panza *et al.*, 2010) y del análisis de este trabajo. Estas columnas representan la estratigrafía e hidroestratigrafía que se esperaría encontrar en un punto hipotético, ubicado en el extremo norte de la Provincia de Tierra del Fuego, dentro del área de estudio.

El principal inconveniente fue definir e identificar en profundidad las unidades formacionales que posean interés hidrogeológico. Este obstáculo complejizó la definición de los espesores asignados a las mismas, ya que, dentro de la zona de estudio, únicamente se cuenta con información litológica del pozo CAWW-5. Cercano, pero fuera de la zona de estudio, se cuenta con información de tramos coronados de perforación tomadas en pozos de la plataforma continental y presentados en el trabajo de Malumián y Nández (1999).

A partir de la información recopilada previamente y buscando coincidencia con los datos de afloramientos (Panza *et al.*, 2010) se definieron espesores aproximados para cada unidad. En el caso de los depósitos glaci-fluviales, al tratarse de un relleno sin consolidar, superficiales y de génesis específica, sus espesores son muy disímiles. Estos pueden variar entre unos pocos metros y 70 m aproximadamente (Alberti y Sticco, 2015; Panza *et al.*, 2010; Ortiz Astete, 2016). Se escogió para la columna, un

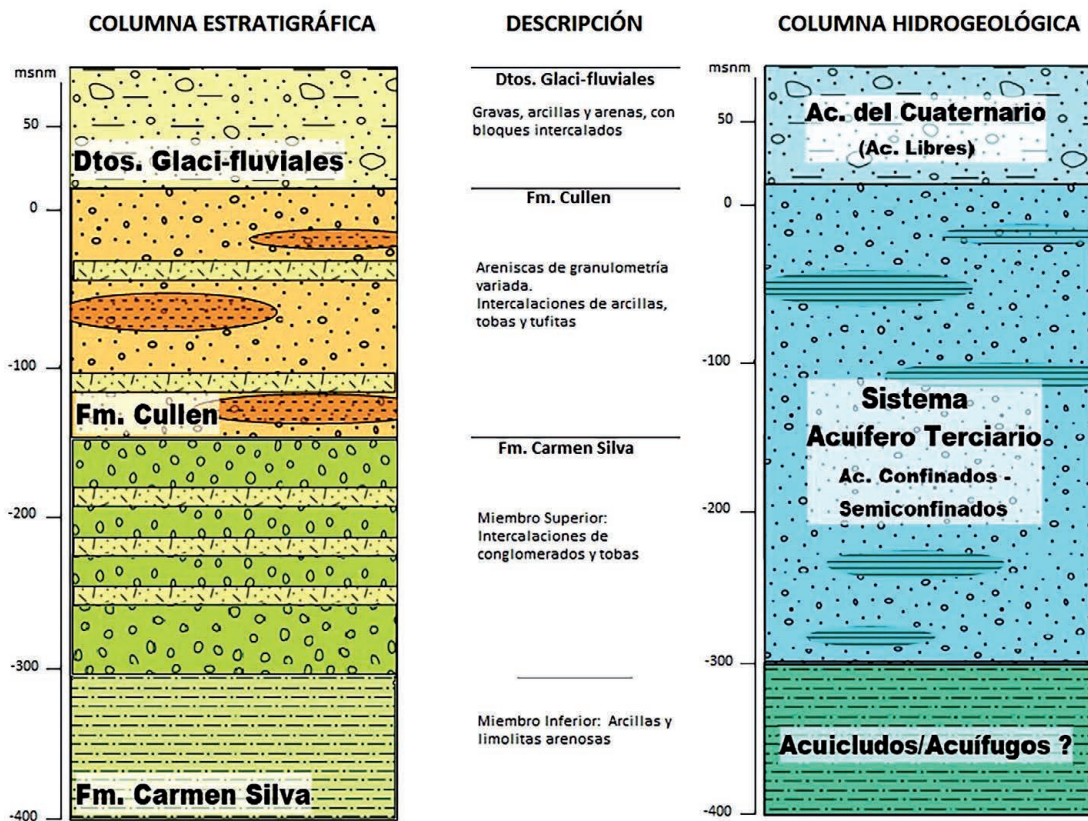


Figura 14. Columnas estratigráfica e hidrogeológica para la región de estudio.



espesor algo inferior a 70 m, semejante al informado por Alberti y Sticco (2015) para el pozo CAWW-5.

Con respecto a la Formación Cullen, se ha descripto que en afloramiento puede alcanzar 75 m de espesor, sin ser visible su base (Panza *et al.*, 2010). Por lo cual, se definió para la misma un espesor superior a 75 m e inferior a 150 m considerando las observaciones de Codignotto y Malumián (1981).

La Formación Carmen Silva, presenta un espesor registrado en la plataforma continental de 170 m (Malumián y Nández, 1999). Por otro lado, Alberti y Sticco (2015), definieron para la misma un espesor de al menos 300 m. En la Figura 14 se le asignan 250 m de espesor sin definir su base, ya que quedaría por fuera de la profundidad de interés hidrogeológico. No se cuenta con información en profundidad del límite entre los dos miembros de la Formación Carmen Silva, por lo cual, el mismo fue definido de forma cuasi arbitraria, considerando criterios hidrogeológicos de los autores mencionados (*op.cit.*).

En la columna hidrogeológica de la Figura 14 las unidades fueron diferenciadas en función de los antecedentes hidrogeológicos previamente mencionados (Ortiz Astete, 2016; Alberti y Sticco, 2015; Kruse *et al.*, 2017) y los registros geofísicos de pozo analizados previamente. Se identificó una unidad hidrogeológica freática o libre, denominada Sistema Acuífero del Cuaternario. El sistema se caracteriza por desarrollarse en depósitos fundamentalmente glacio-fluviales de edad cuaternaria. De esta forma la profundidad que puede alcanzar está definida por el espesor de los depósitos glacio-fluviales y estos pueden tener hasta un par de decenas de metros. Por debajo de esta unidad acuífera se halla el denominado Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario, correspondiente a los depósitos de las formaciones Cullen y Carmen Silva. La base del mismo fue definida a partir de la interpretación de los registros geofísicos, cercana a los 300 m b.n.m. Posiblemente la Formación Carmen Silva se extienda más allá de los 300 m b.n.m. Esta contiene dos miembros, siendo el miembro superior de composición psamítica y correspondería a niveles acuíferos y acuitardos que pueden tener cierto grado de confinamiento. El miembro inferior de composición más fina (arcillas y limos), se propone considerarlo como un acuícludo o acuífugo dada la falta de mayor información. Asimismo, se propone que aproximadamente a los 300 m b.n.m. estaría el límite entre los miembros superior e inferior de la Formación Carmen Silva. Esta columna estratigráfica/hidrogeológica (Figura 14) es el modelo hidroestratigráfico de la región de estudio.

**Modelado 2D Transectas regionales.**— A partir de los registros geofísicos y de la información de los estudios de carácter hidrogeológico (Alberti y Sticco, 2015; Valentini, 2002; Kruse *et al.*, 2017; Ortiz Astete, 2016), se procedió a realizar dos transectas hidrogeológicas. La primera de ellas de dirección NO-SE (Figura 15) y una segunda en dirección O-E (Figura 16), ambas ubicadas en el extremo norte de la Provincia de Tierra del Fuego, dentro del área de estudio. La ubicación de los pozos y coordenadas geográficas se pueden ver en las Figuras 3 y 10.

Se identifican en las transectas dos unidades hidrogeológicas, siendo la más somera, la que corresponde a los Acuíferos del Cuaternario. Por debajo se ubica el Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario, el cual se desarrolla en los depósitos

Paleógeno-Neógeno / Terciario, correspondientes a la Formación Cullen y Formación Carmen Silva (Miembro Superior). Debajo de los sistemas acuíferos mencionados se encuentran las unidades consideradas, al menos preliminarmente, como acuícludos/acuífugos también de edad Paleógeno-Neógeno / Terciaria (correspondiente al Miembro Inferior de la Formación Carmen Silva). Se tomará hasta los 400/500 m b.n.m. como la profundidad límite de interés en este estudio. En el caso de la base de los Acuíferos del Cuaternario, únicamente se cuenta con datos de litologías del pozo CAWW-5; en el resto de los pozos no se cuenta con información de litologías ni se han podido obtener observaciones concluyentes a partir de los registros geofísicos. Por tal motivo, se decidió extrapolar el espesor de los Acuíferos del Cuaternario, definido en estudios previos (Valentini, 2002) en el pozo CAWW-5 como de 62 m, al resto de los pozos. Es decir, todas las transectas (Figuras 17 y 18) presentan dicha profundidad para la base del Sistema Acuífero Cuaternario. En el resto de los pozos, el espesor podría variar entre unos pocos metros y alcanzar los 70 m como proponen Alberti y Sticco (2015) y Ortiz Astete (2016). En la Tabla 2 se presentan los espesores y profundidades de las unidades hidrogeológicas definidas en cada pozo.

Tabla 2. Profundidades y espesores de las unidades hidrogeológicas en cada pozo.

Campo	Pozo	Cota (m.s.n.m.)	Inicio de medición (m.b.b.p.)	Sist. Ac. Terciario		Ac. del Cuaternario	
				Profundidad de la base (m.b.n.m.)	Espesor (m)	Profundidad de la base (m.b.n.m.)	Espesor (m)
Secc. Baños	SB-2026	17	0	-313	268	-45	62
Río Cullen	RC.X-4	52	150	-303	293	-10	62
Río Cullen	RC.X-14	73.1	117.7	-306.9	318	+11	62
Río Cullen	RC.a-20	43	111	-297	278	-19	62
Cabo Nombre	CN-37	6	75.3	-364	308	-56	62
Cañadón Alfa	CAWW-5	91	0	-314	343	+29	62

La transecta hidrogeológica NO-SE (Figura 15) muestra los cambios laterales de las unidades hidroestratigráficas. Se han incluido en la transecta los registros geofísicos de pozo donde se determinaron los cambios estratigráficos.

Se observa claramente en los pozos del perfil como luego de los 300 m b.n.m. los patrones de los registros de resistividad, rayos gamma y potencial espontáneo se vuelven más regulares y se deja de observar una correlación marcada entre los máximos de resistividad y los respectivos picos esperables en los registros de potencial espontáneo/rayos gamma para una posible formación acuífera. El perfil hidrogeológico NO-SE muestra variaciones máximas en las profundidades de base determinadas del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario que son inferiores a los 20 m; las mismas se pueden deber a cambios litológicos, ya que se trata de intercalaciones areno-pelíticas.

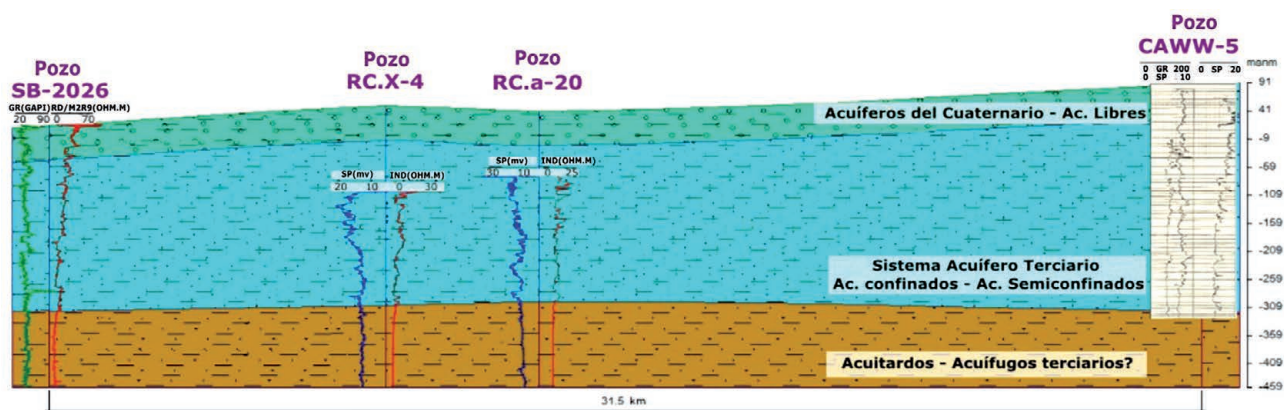


Figura 15. Perfil hidrogeológico NO-SE de la zona de estudio.

**Transecta O-E.**— La transecta hidrogeológica O-E (Figura 16) muestra los cambios laterales de las unidades hidroestratigráficas.

Se han incluido en la transecta los registros geofísicos de pozo donde se determinaron los niveles estratigráficos. Se observa que la base del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario se encuentra aproximadamente a 300 m b.n.m., aunque se profundiza hacia el este; dicha base se definió siguiendo los mismos criterios descritos para la transecta NO-SE. La transecta O-E muestra variaciones máximas en las profundidades de base determinadas del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario que alcanzan los 60 m aproximadamente; las mismas se pueden deber a cambios litológicos, ya que se trata de intercalaciones areno-pelíticas. Con respecto a la base de los Acuíferos del Cuaternario no se cuenta con datos someros de los registros geofísicos.

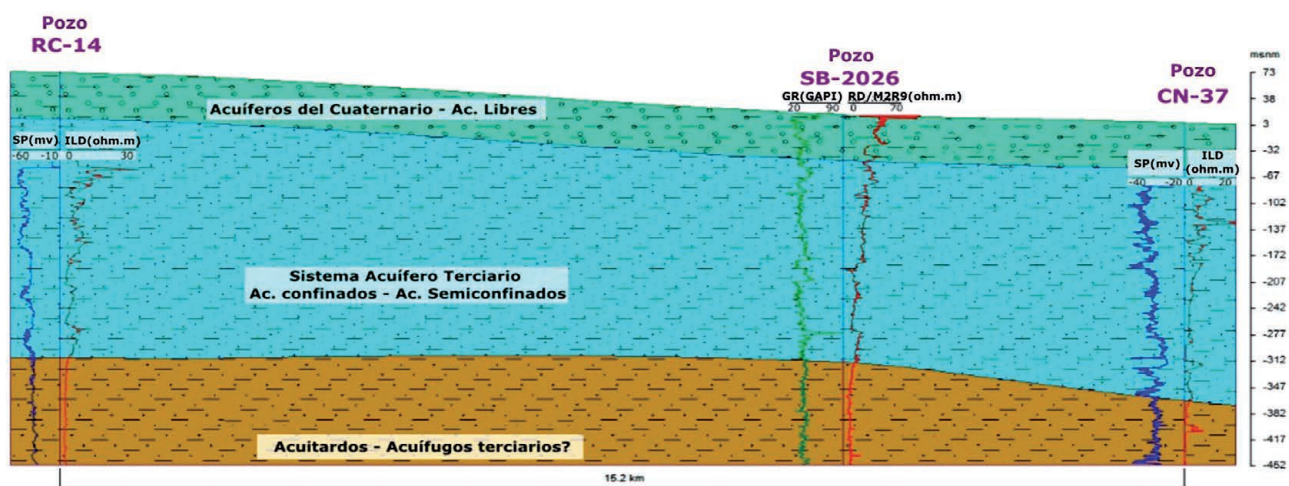


Figura 16. Perfil hidrogeológico O-E de la zona de estudio.

**Modelado 3D de las Secciones Hidrogeológicas.**— A partir de los límites de profundidades definidos previamente (Figuras 15 y 16) se realizó un modelo 3D de las unidades acuíferas de interés en la zona de estudio (Figuras 17, 18 y 19).

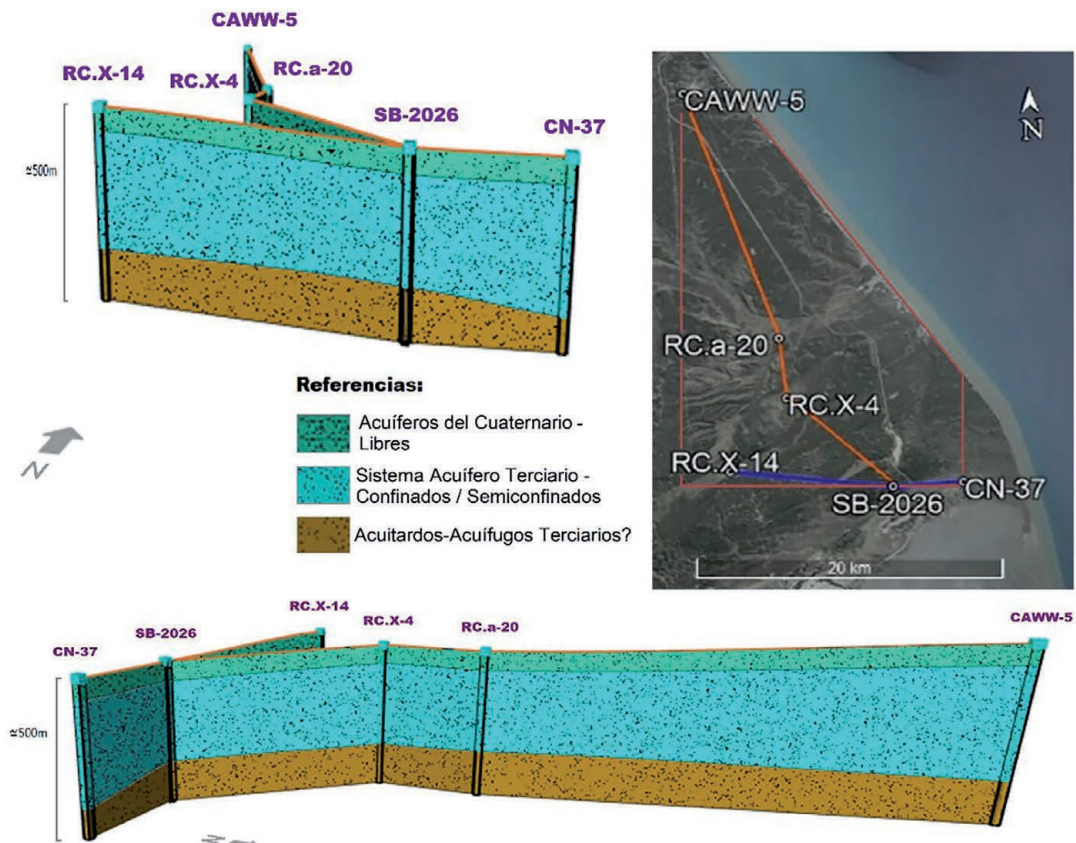


Figura 17. Perfiles modelados con el GEO5 utilizadas para el modelo 3D.

Para ello se ubicaron espacialmente los pozos y transectas NO-SE y O-E. Los espesores utilizados para cada unidad fueron los presentados en la Tabla 2. La Figura 17 muestra en el extremo superior derecho un mapa con la ubicación de los pozos y en rojo la transecta utilizada para la generación de los modelos 3D de las Figuras 18 y 19. La Figura 18 permite ver el modelado 3D donde se observan los dos per-

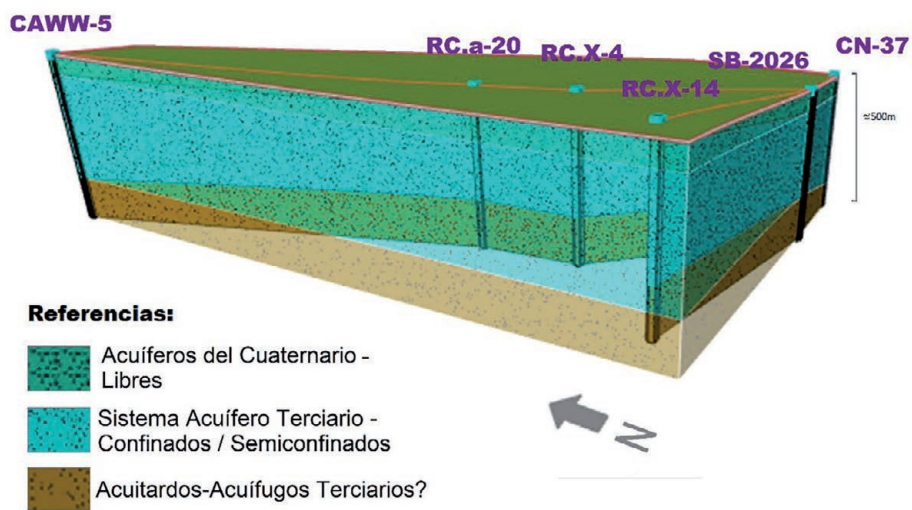


Figura 18. Modelo 3D, en el mismo se reconocen los dos transectas 2D utilizadas.

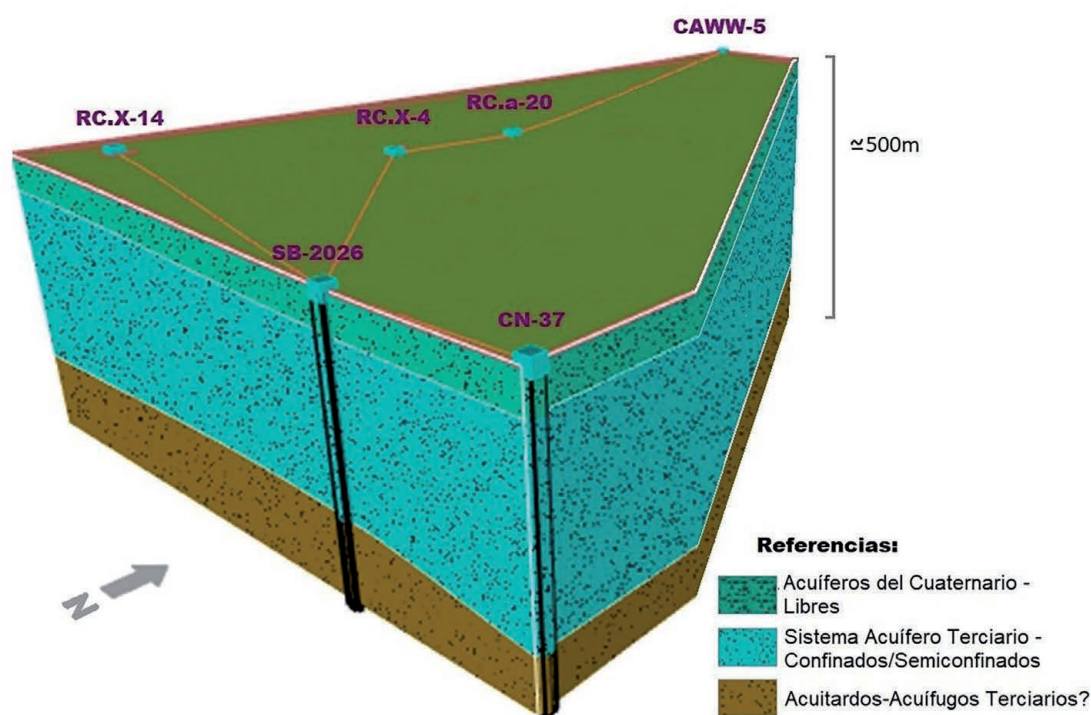


Figura 19. Modelado 3D final de la región de estudio.

files utilizados (Perfil NO-SE y Perfil O-E) y la proyección de los mismos para la generación del Modelo 3D (Figura 19).

El Modelo 3D final se presenta en la Figura 19 y para mejor comprensión se demarca en línea roja la proyección en superficie de las dos transectas/perfiles utilizados. La figura 3D presenta las geometrías en profundidad de las tres unidades hidrogeológicas definidas, los Acuíferos del Cuaternario, el Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario y los Acuícludos-Acuífugos Paleógeno-Neógeno / Terciarios. Se puede apreciar mejor el desarrollo de la base del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario en profundidad, la cual se presenta en todos los pozos aproximadamente a 300 m b.n.m., exceptuando el pozo CN-37, en el cual, dicha base se encuentra a mayores profundidades (364 m b.n.m.).

### Propuesta de correlación de las unidades hidrogeológicas en zonas aledañas

**Correlación al sur del área de estudio – Río Grande en Tierra del Fuego, Argentina.**— El sector argentino de la isla es abordado por Kruse *et al.* (2017) incluyendo una región al sur del área de estudio. Este estudio hidrogeológico se realizó en la ciudad de Río Grande y alrededores donde se emplearon métodos geofísicos que incluyeron sondeos eléctricos verticales y tomografías eléctricas. El estudio incluye una transecta hidrogeológica 2D con rumbo SO-NE, de poca extensión presentada en la Figura 20.

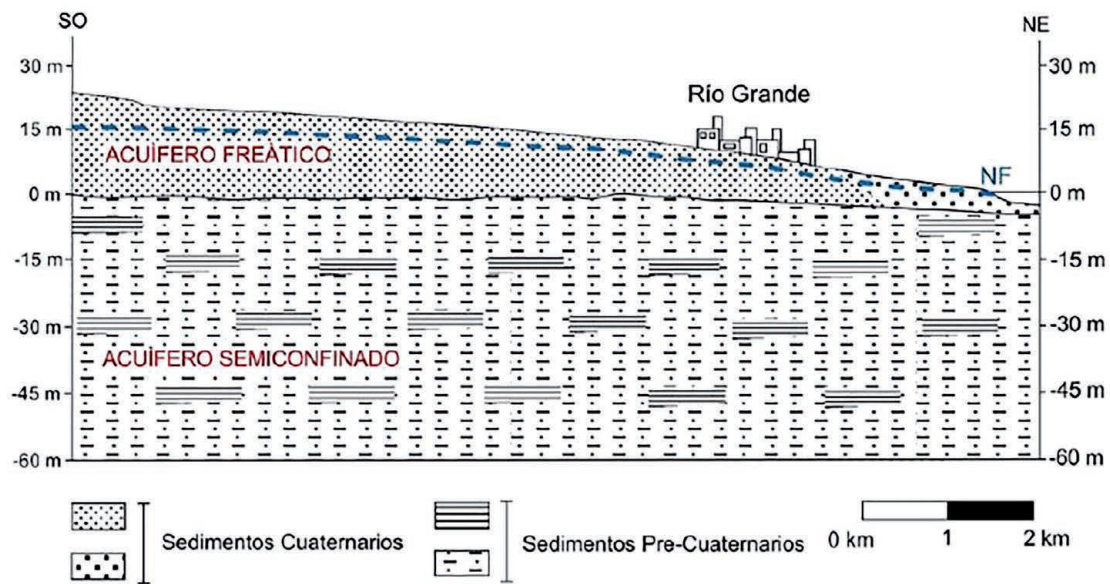


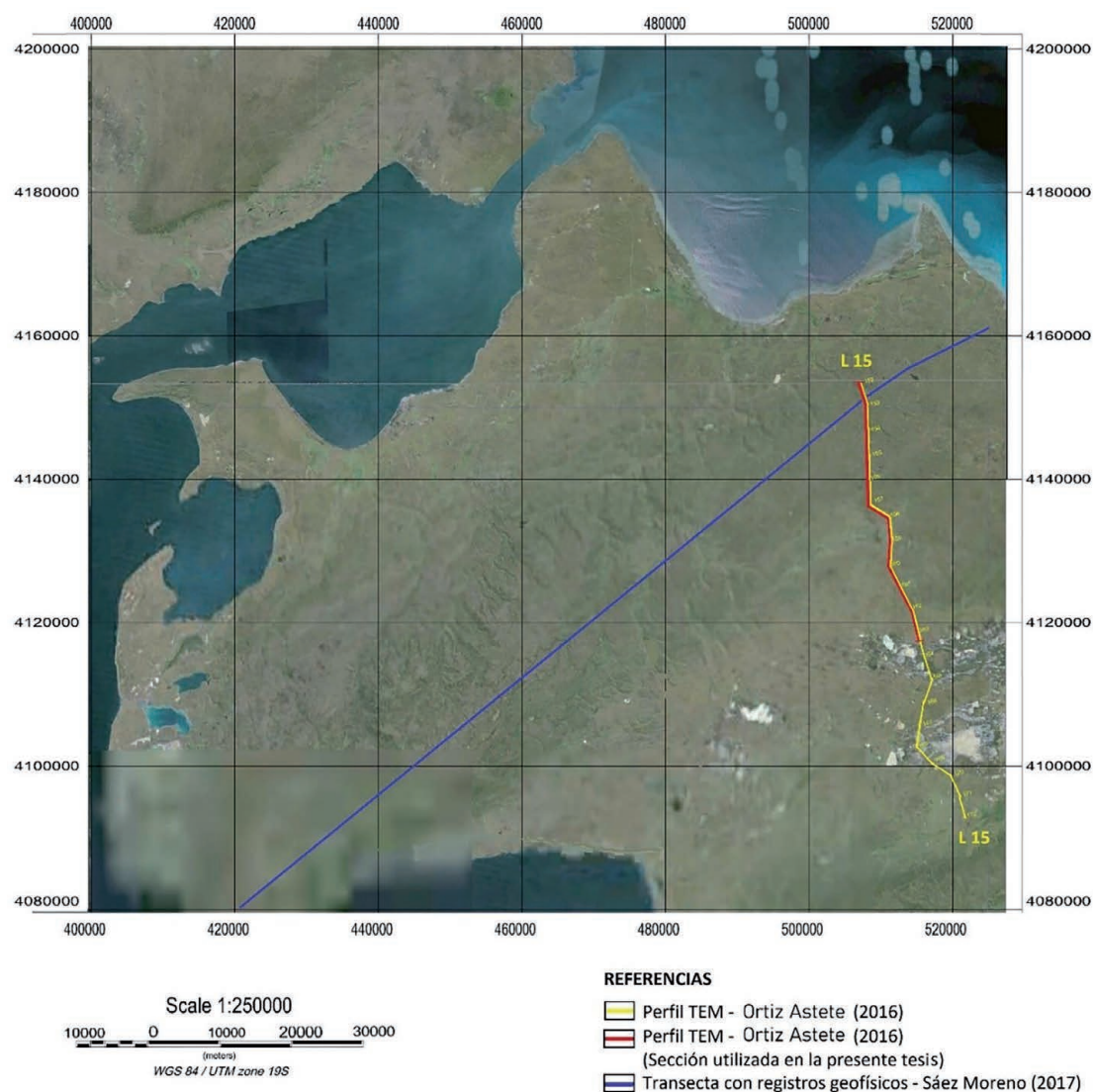
Figura 20. Transecta en región de Río Grande, Tierra del Fuego tomado de Kruse *et al.* (2017).

En cuanto a la diferenciación de los acuíferos del Sistema Acuífero Cuaternario y del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario infrayacente, se buscó aplicar el criterio propuesto por Kruse *et al.* (2017) para la región de Río Grande. Dichos autores proponen que es posible diferenciar desde un punto de vista geoelectrico la unidad hidrogeológica somera (denominada aquí Sistema Acuífero Cuaternario) de la unidad hidrogeológica infrayacente (denominada aquí Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario) debido a que la unidad infrayacente presenta resistividades inferiores a los 10 ohm.m siendo notoriamente identificable el contacto entre los mismos. No obstante, Kruse *et al.* (2017) mencionan que, en el extremo norte de la Provincia de Tierra del Fuego, no se observaría ese contraste resistivo.

Sin embargo, tomando en consideración que los depósitos cuaternarios, principalmente glaciares y fluvio-glaciares, no superan los 70 m, máximo 100 m de espesor (Alberti y Sticco, 2015; Ortiz Astete, 2016), se analizaron los perfiles geofísicos resistivos de cada pozo. Se observó que en la mayoría de los casos (Pozos CAWW-5, RC.a-20, RC.X-14, CN-37), por debajo de los 100 m b.b.p., es decir, cuando ya se debería estar en presencia del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario, aún se registran en los máximos de resistividad, valores que superan los 10 ohm.m. Por lo cual, se descarta dicho criterio como método para diferenciar las unidades acuíferas en la región norte de Río Grande. Una posibilidad es que pueden existir cambios laterales en la salinidad del acuífero para explicar las diferencias encontradas entre ambas zonas. A pesar de lo mencionado anteriormente, se observó en todos los pozos, que a profundidades mayores a los 150 m b.n.m., ya dentro de la zona que se considera correspondiente al Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario, los registros de resistividad disminuyen su valor, por debajo de los 10 ohm.m. En resumen, se puede afirmar que a profundidades mayores de 150 m b.n.m. la resistividad de la Unidad Hidrogeológica Terciaria es inferior a los 10 ohm.m. Esta observación no es útil, al norte de la bahía de San Sebastián, como criterio de diferenciación de

los Acuíferos del Cuaternario, suprayacentes. Una posible interpretación podría ser que la base del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario acuñe hacia el sur o bien medie algún control estructural que aún no se ha identificado correctamente. No obstante, el modelo hidroestratigráfico, aunque con algunos cambios si parece identificarse al sur del área de estudio.

**Correlación al oeste del área de estudio – Chile.**— La región de estudio limita al oeste con la nación vecina de Chile. En el sector chileno de la Isla Grande de Tierra del Fuego se han realizado diferentes estudios tanto de tipo hidrogeológico como con otros objetivos, pero que igualmente son de interés para nuestro análisis. Se destacan específicamente el estudio hidrogeológico realizado por Ortiz Astete (2016) y el estudio realizado por Sáez Moreno (2017) dado que ambos cuentan con perfiles realizados a partir de estudios geofísicos. La ubicación geográfica de los perfiles mencionados está representada en la Figura 21.



**Figura 21.** Ubicación de las transectas geofísicas en el sector chileno de la Isla de Tierra del Fuego, según Ortiz Astete (2016).

El estudio hidrogeológico realizado por Ortiz Astete (2016) abarca el extremo norte de la Isla de Tierra del Fuego un sector colindante hacia el este con el área de estudio. Este informe presenta un estudio geofísico realizado mediante la técnica de Transiente Electromagnético (TEM). A partir del mismo, se presenta en dicho trabajo un modelo de resistividad verdadera que presenta datos entre los 200 m b.n.m. y 300 m b.n.m.

Para analizar la correlación se utilizó la transecta L-15 de la Figura 21 dado que se encuentra cercana al límite con Argentina. Su disposición es en dirección NO-SE y presenta una longitud de casi 70 km de los cuales nos concentraremos en los aproximadamente 40 km al norte de su extensión total (Figura 23, línea color rojo), ya que linda con el área de estudio.

El perfil TEM de la transecta L-15 se presenta en la Figura 22 donde se observa que los valores de resistividad varían entre algunas centenas de ohm.m, a profundidades inferiores a los 100 m, a unos pocos ohm.m a mayores profundidades. Dicho contraste entre los valores de resistividad de las capas someras y profundas fue el criterio utilizado para interpretar el contacto entre los sedimentos superiores, o relleno cuaternario y, los depósitos inferiores, o niveles terciarios (Figura 23, línea negra superior).

Además, Ortiz Astete (2016), definió la presencia de un “basamento resistivo” (Figura 23, línea inferior) que se encuentra a mayor profundidad que el contacto fluvioglaciario con las unidades de roca que la subyacen. La identificación de este basamento resistivo requeriría de estudios geofísicos más completos para ser correlacionado del lado argentino de la Isla de Tierra del Fuego.

Los límites mencionados del lado chileno por Ortiz Astete (2016) tienen correlato en profundidad con los definidos en el sector argentino con profundidades comparables a los 70-100 m mencionados por Alberti y Sticco (2015) y finalmente tendiendo a reducir el espesor del Sistema Acuífero Cuaternario hacia el este y sudeste como evidencian los espesores menores de 30 m propuestos por Kruse *et al.* (2017).

El Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario aparece representado en ambas regiones fronterizas, aunque la información del subsuelo no nos permite realizar una interpretación adecuada, sobre todo, a causa de la ausencia de la misma en el sector argentino de la isla.

Adicionalmente, la transecta geofísica del sector chileno presentada por Sáez Moreno (2017) puede ser reinterpretada hidroestratigráficamente (Figura 24). En el estudio de Binder (2022) esta transecta fue modificada en el presente estudio siguiendo los criterios mencionados y señalando en recuadros azules las unidades de interés hidrogeológico de cada pozo. La base del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario en el sector chileno de la isla parecería mostrar variaciones del orden de algunas decenas de metros, las cuales podrían también responder a variaciones litológicas. En vista de lo anteriormente expuesto, se consideraría de utilidad contar con mayor cantidad de pozos estudiados a futuro para poder realizar una delimitación más precisa de la base de esta unidad.



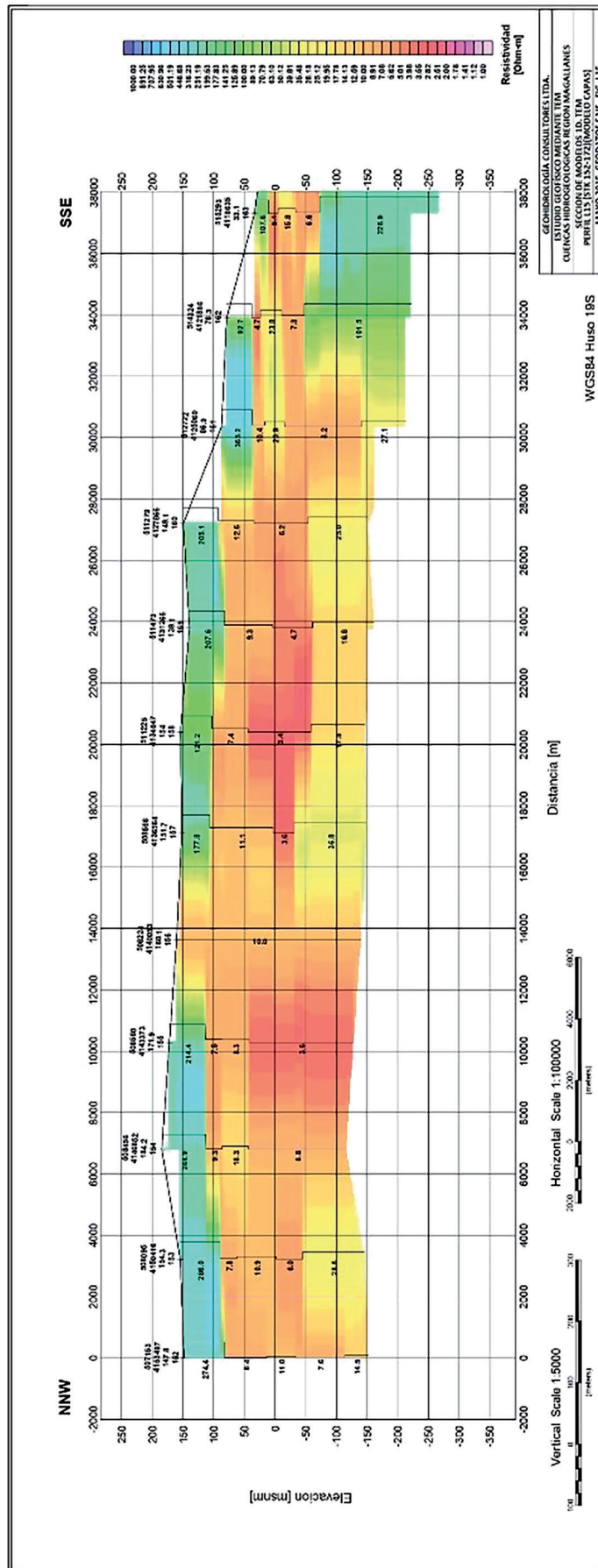


Figura 22. Perfil TEM L-15, ubicado en la Isla de Tierra del Fuego (Chile). Modificado de Ortiz Astete (2016), presentando únicamente el tramo norte del perfil (línea roja).

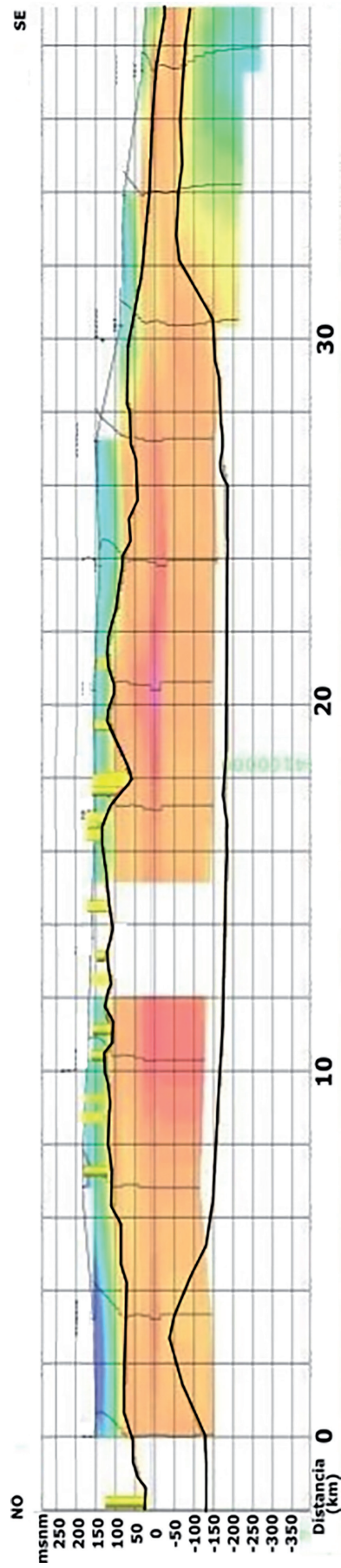
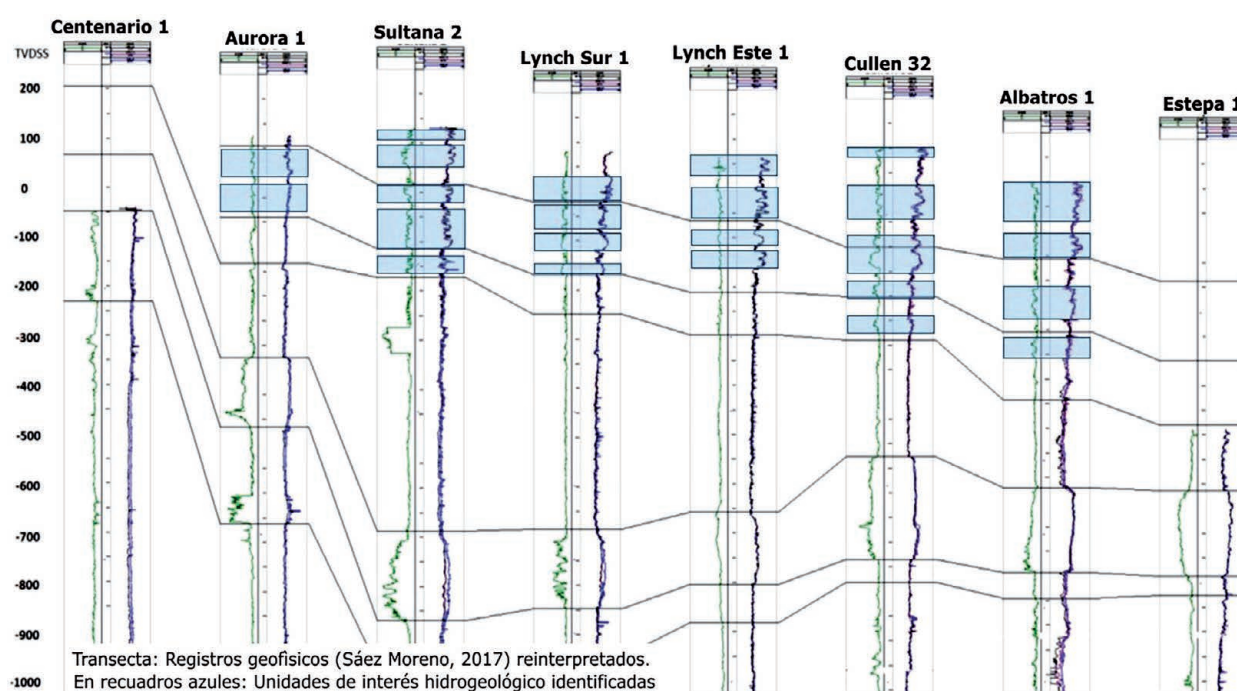


Figura 23. Perfil TEM L-15, ubicado en la Isla de Tierra del Fuego. La línea superior marca la profundidad del relleno cuaternario y línea inferior que marca un fuerte cambio resistivo (Ortiz Astete, 2016).



**Figura 24.** Transecta con los registros geofísicos de Sáez Moreno (2017) reinterpretada hidrogeológicamente.

## CONCLUSIONES

En base al análisis realizado a partir de perfiles geofísicos de pozos, recopilación de estudios hidrogeológicos en zonas relativamente cercanas, información litológica, de estudios hidrogeológicos y secciones y modelados a partir de registros geofísicos en el sector chileno de la isla, fue posible el reconocimiento, modelado y correlación de unidades hidrogeológicas.

Respecto a la Unidad Hidrogeológica Cuaternaria, no fue posible diferenciarla claramente a la misma a partir de los registros geofísicos en el pozo SB-2026, único pozo en el cual se cuenta con información desde la boca de pozo; en el resto de los pozos o corresponden a estudios previos (CAWW-5) o las mediciones geofísicas inician a profundidades iguales o mayores a los 75 m b.b.p. (Pozos CN-37, RC.X-14, RC.X-4 y RC.a-20).

Considerando el Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario infrayacente, el mismo ha sido identificado en todos los pozos analizados, identificándose su base en torno a 300 m b.n.m.; en concordancia con las profundidades mencionadas como probable base del mismo en el estudio de Alberti y Sticco (2015). A partir de lo analizado, esta unidad hidrogeológica se profundizaría hacia el extremo SE de la región de estudio (correspondiente al extremo norte de la bahía de San Sebastián), alcanzando profundidades de alrededor de 364 m b.n.m. y pudiendo responder a variaciones litológicas.

Un aspecto importante de abordar en futuros estudios es la delimitación de la base del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario (cercano a los 300 m b.n.m.) que se asocia a la presencia de fragmentos carbonosos (característica identificada por

Alberti y Sticco (2015), en el perfil litológico del pozo CAWW-5). Para esto sería de gran utilidad contar con descripciones litológicas de nuevos pozos en la región, confirmar las interpretaciones mencionadas, y en dicho caso, definir con precisión a que formación/miembro corresponden dichos depósitos. Además, considerando la interpretación realizada por Sáez Moreno (2017), quien plantea una relación entre la irregularidad de los reflectores sísmicos y la presencia de intervalos carbonosos, asociados a la Formación Filaret, de encontrarse presentes en territorio argentino, podrían corresponderse con los fragmentos identificados por Alberti y Sticco (2015).

Kruse *et al.* (2017) plantean que las resistividades del acuífero infrayacente eran siempre menores a los 10 ohm.m. En el presente análisis, realizado en el extremo norte de Tierra del Fuego, se observó en diferentes pozos resistividades que, a profundidades correspondientes al Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario, son superiores a los 10 ohm.m. Por tanto, se descarta para esta región el criterio propuesto por Kruse *et al.* (2017).

Se propone en cambio, considerar la delimitación utilizada por Ortiz Astete (2016), quien en la división presentada en su perfil TEM L-15 parece diferenciar los Acuíferos del Cuaternario con resistividades superiores a la centena de ohm.m, del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario, infrayacente, con resistividades de entre unos pocos ohm.m y algunas decenas de ohm.m. Esta última descripción es concordante con lo observado en los registros geofísicos de los pozos analizados. Si bien, por no disponer de datos de los registros geofísicos de las primeras decenas de metros bajo boca de pozo del lado argentino (Binder, 2022) aplicar este criterio en el presente estudio es una propuesta interpretativa. A pesar de ello, se considera de utilidad mencionar esta propuesta, ya que podría ser relevante en futuros estudios más completos. A mayores profundidades, por debajo del Sistema Acuífero Paleógeno-Neógeno / Terciario, se propone en base a los registros geofísicos, podrían desarrollarse acuícludos o acuífugos en formaciones Paleógeno-Neógeno / Terciarias.

## AGRADECIMIENTOS

A la empresa de Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF S.A.) por facilitar el acceso a la información de registros geofísicos de pozos utilizados en el presente estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alberti, R. y Sticco, M. 2015. *Pozos de agua de TOTAL, Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur*. TOTAL AUSTRAL (AquaGeo). Legajo Técnico (Inédito), p. 31. Buenos Aires.
- Binder M. 2022. *Caracterización hidrogeológica de los sistemas acuíferos del norte de la Provincia de Tierra del Fuego*. Trabajo Final de licenciatura, FCEN, UBA (Inédito), p. 175. Buenos Aires.
- Bonarelli, G. 1917. Tierra del Fuego y sus turberas. Ministerio de Agricultura de la Nación, Buenos Aires. *Sección Geología, Mineralogía y Minería* 12 (3): pp. 119

- Caballero, J. 2014. *Pozo de agua N°1 San Sebastián*. FORTINAR SRL, Informe técnico. (Inédito), p. 9. Santa Cruz.
- Caldenius, C. 1932. Las glaciaciones cuaternarias en Patagonia y Tierra del Fuego. Una investigación regional, estratigráfica y geocronológica. Una comparación con la escala geocronológica sueca. *Ministerio de Agricultura de la Nación, Dirección General de Minas y Geología*. Publicación 95, p. 182. Buenos Aires.
- Codignotto, J.O. 1969. Nota acerca de algunos aspectos geológicos de la costa patagónica comprendida entre punta Loyola y el cabo Vírgenes. *Boletín Servicio de Hidrografía Naval* 6(3): 257-263. Buenos Aires.
- Codignotto, J. O. y Malumián, N. 1981. Geología de la región al Norte del paralelo 54° S de la Isla Grande de Tierra del Fuego. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 36(1): 44-88.
- Comisión Nacional de Riego. 1997. *Estudio integral de riego y drenaje de Magallanes, 12 Región*. Resumen ejecutivo Comisión Nacional de Riego, Departamento de Estudios. Punta Arenas - Santiago, Chile, p. 57.
- Coronato, A., Meglioli, A. y Rabassa J. 2004. Glaciations in the Magellan Straits and Tierra del Fuego, southernmost South America. En J. Ehlers y P. L. Gibbard (Eds.), *Quaternary glaciations extent and chronology part III: South America, Asia, Africa, Australasia, Antarctica, Developments in Quaternary Science* Vol. 2: 45-48. Amsterdam.
- De Ferrariis, C. 1938. Reunión de geólogos de YPF. El problema de la terminología estratigráfica. *Boletín de Informaciones Petroleras* 171: 43-44 y 94-95.
- Díaz, J. L. 2013. Informe preliminar del Pozo de Agua PA1 CS. AMIEN, *Secretaría de Desarrollo Sustentable y Ambiente*. Informe técnico (inédito), p. 19. Tierra del Fuego.
- Doello-Jurado, M. 1922. Note préliminaire sur les résultats géologiques de l'expédition de l'université de Buenos Aires à la Terre du Feu. *Comptes Rendu XIIIe Sess. Congrès Géologique International*, Belgique: 1519-1520.
- Felsch, J. 1913. Informe sobre el reconocimiento geológico de los alrededores de Punta Arenas y de la parte noroeste de la Tierra del Fuego con el objeto de encontrar posibles yacimientos de petróleo. *Sociedad Nacional Minería de Chile* Boletín 33: 433-445 y 481-500. Chile.
- Fine Spol S.R.O. 2023. *GEO5 Geotechnical software and manual*. Praga, República Checa. Disponible en: <https://www.finesoftware.es/software-geotecnico/>.
- Fosdick, J., Romans, B., Fildani, A., Bernhardt, A., Calderón, M. y Graham, S. 2011. Kinematic history of the Cretaceous-Neogene Patagonian fold-thrust belt and Magallanes foreland basin, Chile and Argentina (51°30'S). *Geological Society of America Bulletin* 123(9-10): 1679-1698.
- Ghiglione, M., Quinteros, J., Yagupsky, D., Bonillo Martínez, P., Hlebszevtich, J., Ramos, V., Vergani, G., Figueroa, D., Quesada, S. y Zapata, T. 2010. Structure and tectonic history of the foreland basins of southernmost South America. *Journal of South American Earth Sciences* 29 (2): 262-277.
- Ghiglione, M., Navarrete-Rodriguez, A., Gonzalez Guillot, M. y Bujalesky, G. 2012. The opening of the Magellan Strait and its geodynamic implications. *Journal Terra Nova* 25(1): 13-20.

- Ghiglione, M., Christian, S., Ramos, M., Tobal, J. y Gallardo, R. 2016. The Relation Between Neogene Denudation of the Southernmost Andes and Sedimentation in the Offshore Argentine and Malvinas Basins During the Opening of the Drake Passage. En Springer *Earth System Sciences* (Ed.), pp. 109-135.
- Keidel, J. y Hemmer, A. 1931. Informe preliminar sobre las investigaciones efectuadas en la región petrolífera de Magallanes en los meses de verano de 1923-1929. *Boletín del Departamento de Minas y Petróleo, Ministerio de Fomento* 1 (8). Chile.
- Kruse, E. E., Lofiego, R., Laurencena, P. C., Deluchi, M. H. y Carretero, S. C. 2017. Condiciones hidrogeológicas en la zona de Río Grande (Tierra del Fuego). *20° Congreso Geológico Argentino. Sesión Técnica 11*: 36-42. San Miguel de Tucumán.
- Malumián, N. y Náñez, C. 1999. Micropaleontología, palinología y sedimentología del Eoceno-Mioceno del pozo Aries e-2. Plataforma continental de Tierra del Fuego. *14° Congreso Geológico Argentino. Actas I*: 369-372. Salta
- Malumián, N. y Olivero, E. B. 2006. El Grupo Cabo Domingo, Tierra del Fuego: bioestratigrafía, paleoambientes y acontecimientos del Eoceno-Mioceno marino. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 61(2): 139-160.
- Malumián, N. y Náñez, C. 2011. The Late Cretaceous–Cenozoic transgressions in Patagonia and the Fuegian Andes foraminifera, palaeoecology, and palaeogeography. *Biological Journal of the Linnean Society* 103 (2): 269-288.
- Mercer, J.H. 1976. Glacial History of Southernmost South America. *Journal of Quaternary Research* 6 (2): 125-166.
- Ministerio de Obras Públicas y Dirección General de Aguas (MOP y DGA). 1986. *Mapa hidrogeológico de Chile, MOP y DGA escala 1:2.500.000: texto explicativo*. Santiago de Chile, p. 36.
- Mpodozis, C., Mella, P. y Pavda, D. 2011. Estratigrafía y megasecuencias sedimentarias en la cuenca Austral-Magallanes, Argentina y Chile. *8° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos* Vol. 35. Mar del Plata, Argentina.
- Natland, M., González, E., Cañón, A. y Ernst, M. 1974. A System of Stages for Correlations of Magallanes Basin Sediment. *Geological Society America Memoir* 139: 1-125.
- Nordenskjöld, O. 1897. Algunos datos sobre la naturaleza de la región magallánica. *Anales de la Sociedad Científica Argentina* 44: 190-197. Buenos Aires.
- Olivero, E. y Malumián, N. 2008. Mesozoic-Cenozoic stratigraphy of the Fuegian Andes, Argentina. *Revista Geológica Acta* 6 (1): 5-18. España.
- Olivero, E. B. y López Cabrera, M.I. 2020. A new shallow-marine, high-latitude record of the trace fossil *Macaronichnus* in Miocene, reworked delta-front clinofolds, Punta Basílica, Tierra Del Fuego, Argentina. En: Taylor y Francis (Eds.). *Revista Ichnos* 27 (4): 369-383. Disponible en: <https://doi/10.1080/10420940.2020.1755854>.
- Olivero, E.B., López Cabrera, M.I. y Reguero, M.A. 2015. Icnología de los depósitos fluviales de la Formación Cullen (Mioceno, Tierra del Fuego) y su relación con la Formación Santa Cruz (Mioceno) de Patagonia. *3° Simposio Latinoamericano de Icnología*, p. 60. Colonia, Uruguay.

- Ortíz Astete, C. 2016. Actualización de información y modelación hidrológica acuíferos de la XII Región, de Magallanes y la Antártica Chilena. *Dirección General de Aguas. División de Estudios y Planificación*, ARCADIS, p. 249. Chile.
- Panza, J.L., Sacomani, L.E., Viera, R., Pichersky G. y Franchi, M. 2010. Hojas Geológicas 5369-I y 5369-II, Monte Aymond y Monte Dinero. Provincias de Santa Cruz y Tierra del Fuego. *Servicio Geológico Minero Argentino*, Boletín 392: p. 95. Buenos Aires.
- Petersen, C. S. y Methol, E. J. 1948. Nota preliminar sobre rasgos geológicos generales de la porción septentrional de Tierra del Fuego. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 3 (4): 279-291.
- Popper, J. 1887. Exploración de la Tierra del Fuego. *Boletín del Instituto Geográfico Argentino* Vol. 8: 74-115.
- Rabassa, J., Coronato, A., Bujalevsky, G., Salemme, M., Roig, C., Meglioli, A., Heusser, C., Gordillo, S., Roig, F., Borrromei, A. y Quattrocchio, M. 2000. Quaternary of Tierra del Fuego, Southernmost South America: an updated review. *Journal Quaternary International* 68-71: 217-240.
- Rabassa, J. 2008. The Late Cenozoic of Patagonia and Tierra del Fuego. *Journal Quaternary Science* 11: 151-204.
- Sáez Moreno, Matías E. 2017. *Análisis sismoestratigráfico del Cenozoico en sector norte de Isla Grande de Tierra del Fuego, cuenca de Magallanes: integración de datos de subsuelo y afloramientos*. Tesis de Grado inédita. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología, p. 156. Santiago de Chile
- Valentini, F. 2002. *Recopilación de informes de pozo realizados por TOTAL Austral en Tierra del Fuego*. TOTAL Austral. Informe Técnico Inédito. p. 36. Buenos Aires.
- Valladares, A. 2004. Cuencas varias de Tierra del Fuego. *Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación*. Cuenca N° 73. Buenos Aires.
- Yrigoyen, M. 1962. Evolución de la exploración petrolera en Tierra del Fuego. *Revista Petrotecnia* 4: 31-38.
- Zamaloa, M. 1999. *Estudio palinológico de la Formación Cullen (Terciario superior), Tierra del Fuego, Argentina*. Trabajo Final de Licenciatura inédito. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, p. 307. Buenos Aires.