

Estudio hidrogeológico en los bloques hidrocarburíferos Cañadón Amarillo, CN VII/A, Paso de las Bardas Norte y Chihuído de La Salina Sur

YPF S.A. – PROVINCIA DE MENDOZA

Informe Final – Junio 2019

1 Introducción

El presente informe expone el análisis, resultados y conclusiones para la elaboración del **Estudio Hidrogeológico en los Bloques Cañadón Amarillo, CN VII/A, Paso de las Bardas Norte y Chihuído de la Salina Sur**, ubicados en el Departamento de Malargüe, provincia de Mendoza. Dicho trabajo fue realizado por Hidroar S.A. (Hidroar) a pedido de YPF S.A. (YPF), en virtud de profundizar en el conocimiento de los acuíferos presentes en el sector y evaluar las medidas adecuadas para el monitoreo, frente a la exploración y desarrollo sobre formaciones no convencionales.

El estudio fue realizado en dos fases, centrándose la primera en la recopilación y análisis de información antecedente, junto a una campaña de relevamiento de campo destinada al reconocimiento del área y la identificación de manifestaciones de agua subterránea. La segunda fase prosiguió el análisis de la información antecedente y generada, a fin de elaborar el informe hidrogeológico de referencia, que contiene la descripción del medio físico (clima, hidrología, geología, geomorfología e hidrogeología) confección de un esquema geohidrológico conceptual preliminar y la determinación de la profundidad de los acuíferos con conductividad inferior a 6.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a monitorear.

Para ello, se ha recurrido al análisis de información cedida por YPF, consistente en datos de geología y geofísica de subsuelo (pases formacionales y mapas estructurales), logueos y perfilajes de perforaciones petroleras. Complementariamente, se ha incorporado información pertinente de la zona de estudio perteneciente a la base de datos de Hidroar. El material anteriormente citado, se ha integrado en los análisis que se presentan en los capítulos subsiguientes.

El estudio se centró en la identificación y conocimiento de los acuíferos libres, semiconfinados y/o confinados presentes en las unidades hidrolíticas correspondientes a los depósitos aluviales recientes, al Grupo Neuquén y a la Fm. Rayoso clástico.

Asimismo, se han identificado los niveles acuíferos con conductividad inferior a 6.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, considerando la resolución 249/18 establecida sobre el Decreto Provincial N° 248/18 del Departamento General de Irrigación (DGI), el cual reglamenta un procedimiento específico para el control ambiental de las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos sobre formaciones no convencionales. La Resolución N° 249/18 establece que en función de los resultados de los estudios de Línea de Base Hidrológica e Hidrogeológica, la empresa deberá proponer al DGI un Plan de Monitoreo, el cual deberá contar con requerimientos mínimos, entre ellos:

- *Debe contar con pozos de monitoreo que permitan el acceso y muestreo del agua subterránea en todos los acuíferos descriptos que presenten una conductividad eléctrica inferior a 6.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en los estudios previos. El DGI podrá exigir la construcción de pozos de monitoreo, aprobar su localización, profundidad y diseño constructivo; en la cantidad suficiente en función de las características de la Línea de Base hidrogeológica. Estos deberán ser construidos con carácter previo al inicio de las actividades del proyecto.*

2 Ubicación general

El área de estudio comprende cuatro bloques hidrocarburíferos denominados Cañadón Amarillo (CAM), Paso de las Bardas Norte (PBN), CN VII/A y Chihuideo de las Salinas Sur (ChLSS), ubicados en el sur de la Provincia de Mendoza (Dpto. de Malargüe), al límite con la provincia del Neuquén. Se puede acceder a la misma a través de la Ruta Provincial Nº 6 desde la capital neuquina, hasta la localidad de Rincón de los Sauces. En la figura 2.1 se muestra la ubicación general del área de estudio, toponimia y accesos principales presentándose un mayor detalle del área en el mapa 1 (Anexo I: Mapas).

El sector de estudio se encuentra a unos 60 Km en dirección NO desde la localidad de Rincón de los Sauces, accediendo por la RP Nº 6 hasta el puente que cruza el Río Colorado a la altura del paraje Pata Mora y finalmente tomando la RP Nº 180 con los respectivos caminos internos de ripio.

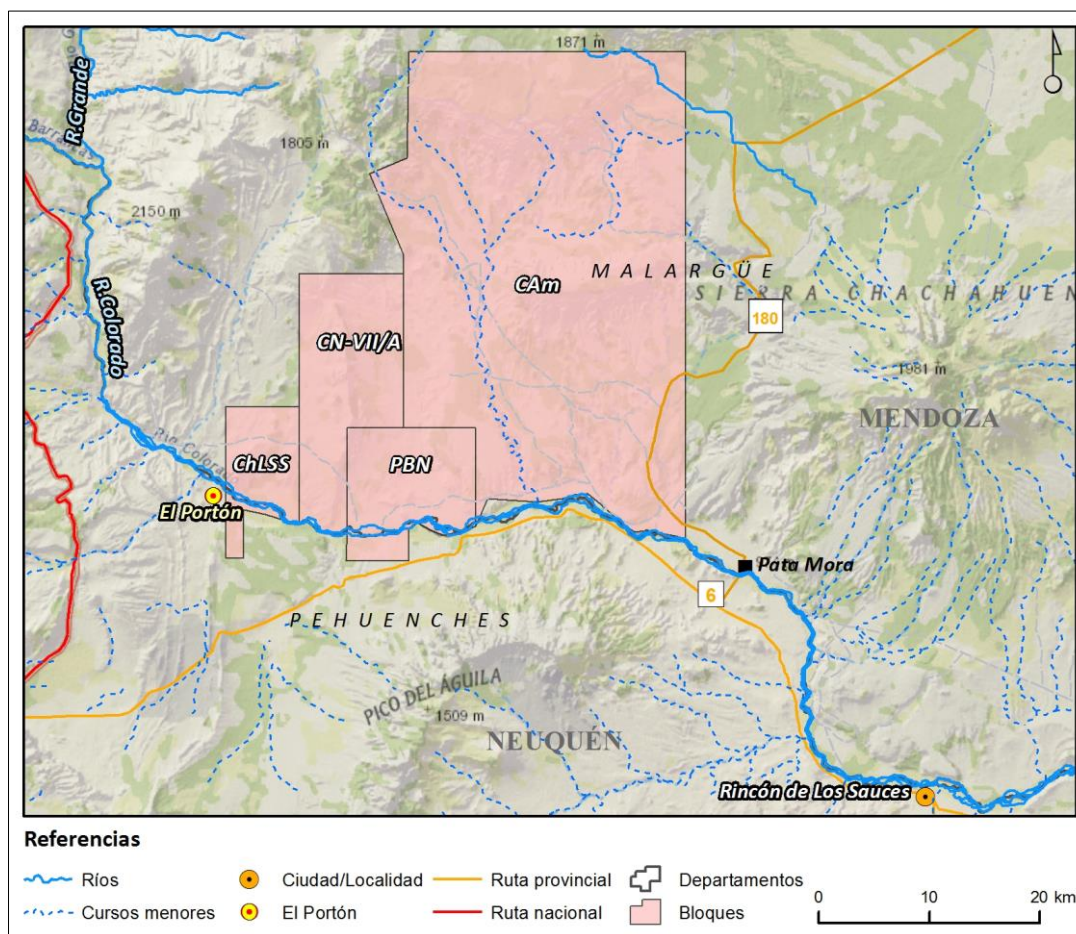


Figura 2.1: Ubicación general y accesos a la zona de estudio.

3 Objetivo y alcance del estudio

El objetivo principal del estudio fue la identificación de posibles niveles acuíferos con conductividad eléctrica inferior a 6.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y la propuesta de una red de pozos de monitoreo que contemplen tanto la ubicación como el diseño de los mismos, y permitan el seguimiento de dichos niveles acuíferos frente a la exploración y explotación sobre formaciones no convencional de hidrocarburos.

Consecuentemente se desprenden objetivos particulares como la elaboración de la línea de base ambiental hidrogeológica del área de influencia en el sector de estudio y la interpretación de un modelo hidrogeológico conceptual preliminar del área.

Para ello, se analizó la información técnica suministrada proveniente de los pozos existentes reconociendo las características litológicas y petrofísicas del subsuelo. Mediante la aplicación de métodos indirectos se evaluó la presencia de fluidos asimilables a agua dulce y salada en base a sus valores de resistividad total o resistividad del agua aparente. Asimismo se tuvieron en cuenta también informes antecedentes del área brindados por YPF o existentes en la base de datos de Hidroar.

Para alcanzar este objetivo se trabajó detalladamente en los siguientes puntos particulares:

- Análisis de la información técnica provista por YPF proveniente de los perfilajes geofísicos de pozos existentes en el área a estudiar.
- Interpretación de la información útil que permitió identificar con datos indirectos la presencia de estratos geológicos portadores de acuíferos.
- Análisis mediante datos indirectos de la salinidad referente al NaCl eq., en los acuíferos identificados para determinar si los mismos resultan de interés para su monitoreo y preservación.
- Generación de información básica como aporte fundamental para la definición de localización y diseño (profundidad de instalación de filtros, tipo de cañería, etc.), de los pozos de monitoreo en cada bloque de estudio donde se desarrollará la actividad hidrocarburífera en yacimientos no convencionales.
- Integración de la información en un esquema hidrogeológico conceptual preliminar.

4 Metodología

Para alcanzar los objetivos planteados en el estudio, se procedió inicialmente a la revisión de información antecedente pertinente de la zona, ya sea brindada por YPF para esta instancia o de estudios previos existente en la base de datos de Hidroar.

Una vez recopilados y examinados los datos correspondientes a perfilajes de pozos, control geológico, distribución areal de pozos, análisis de acuíferos, etc., se realizó una selección de perforaciones a utilizar en los pasos subsiguientes del estudio. Con ello se analizó cada pozo de manera individual efectuando los correspondientes cálculos petrofísicos mediante el software Sahara 3.2, con el fin de identificar posibles niveles acuíferos que cumplan con las condiciones estipuladas por la normativa previamente citada.

Paralelamente, se llevó a cabo un reconocimiento de campo donde se relevaron todos los bloques comprendidos en el estudio, con el objetivo de identificar manifestaciones de agua tanto superficial como subterránea y lograr un inventario de puntos que posibilite la caracterización al menos preliminar del modelo hidrogeológico del área. El mismo incluyó la observación detallada del sitio, la toma de muestra de agua para análisis de laboratorio, medición de parámetros in-situ, medición de caudal donde fuera posible etc. Con los datos recopilados se elaboraron tablas y gráficos hidroquímicos. Finalmente, la información fue interpretada de manera conjunta con el objetivo de establecer el modelo hidrogeológico conceptual preliminar del área de estudio. En base a los resultados y principales hallazgos, se llevó adelante el diseño de una red de monitoreo que contempla un pozo monitor por bloque y su proyecto correspondiente.

El informe sigue un lineamiento metodológico deductivo, que incluye los tradicionales capítulos de descripción del medio físico, con las temáticas de Hidrometeorología y clima, geología y geomorfología, hidrología e hidrogeología, desde una perspectiva mayormente teórica, como así también el planteo del Modelo hidrogeológico conceptual preliminar, los principales hallazgos y las recomendaciones emanadas del mismo.

Complementariamente, atendiendo a la elaboración de la línea de base hidrogeológica, fueron incluidos los datos recopilados en el relevamiento de campo, el análisis y los resultados del procesamiento petrofísico y la propuesta de ubicación y diseño de pozos de monitoreo.

5 Cartografía base y Sistema de Información Geográfica

Para la elaboración de cartografía temática y de los análisis expuestos en los capítulos subsiguientes, se empleó el programa ArcGis 10.1 (Esri, 2012), configurando la información geográfica en los formatos de modelo gráfico vectorial y raster. El sistema de referencia utilizado fue el de coordenadas planas Gauss Kruger, Faja 2, Marco de Referencia Posgar 2007.

Se contó con información local brindada por YPF, en lo referente a localización e infraestructura del área, las imágenes satelitales y modelo de elevación digital (DEM) se tomaron de fuentes de dominio público Google Earth (LANDSAT) y Source Esri, Digital Globe.

Adicionalmente, se utilizó la base de datos de Hidroar incluyendo la procedente del Instituto Geográfico Nacional (IGN), Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación.

Para la representación del Modelo de Elevación Digital del Terreno (DEM), se utilizó la base de datos del **MDE-Ar**, Modelo Digital de Elevaciones de la Argentina, perteneciente al IGN. La resolución es de aproximadamente 45 metros por píxel, con una escala de 1:100.000.

Para facilitar la representación de los datos litológicos procesados se utilizó la herramienta Target 4.5.3, que funciona de manera complementaria con el programa ArcGis, permitiendo visualizar e interpretar en este caso la variación geológica en profundidad para la representación mediante distintas secciones.

6 Descripción del medio físico

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

6.1 Hidrometeorología y clima

El área de estudio se encuentra longitudinalmente sobre la faja central seca de la República Argentina, con precipitaciones medias inferiores a los 200 mm/año y en una latitud con predominio de choques entre masas de aire de origen Pacífico (anticiclón) con los subtropicales, en general desprovistas de humedad. La presencia de la cordillera y el predominio de los vientos provenientes del oeste, generan un paisaje de características árido-semiárido (Capitanelli, 1972). Según la clasificación de Köppen-Geiger, basada en el comportamiento de las temperaturas, precipitaciones y manto vegetal, la provincia de Mendoza corresponde al tipo climático *Bwk*, desértico frío, con escasas precipitaciones y déficit hídrico la mayor parte del año.

Las variables climáticas de la zona fueron evaluadas a partir de los registros tomados por las estaciones Buta Ranquil, que cuenta con datos históricos desde 1966 hasta la actualidad de precipitación (mm), humedad (%), temperaturas máxima y mínima (°C); y la estación Rincón de los Sauces con registros mensuales de precipitación (mm), humedad (%), temperatura máxima y mínima (°C) y presión (hPa), para el periodo 2000 a 2010 y los meses de Mayo a Noviembre del 2015. Para el presente estudio, han sido consideradas las variables de precipitación y temperatura por ser las únicas que se encuentran en ambas estaciones y con gran período de registro.

La estación Buta Ranquil se ubica a aproximadamente 30 Km hacia el OSO del área de CAm, y la estación de Rincón de los Sauces a unos 55 Km aproximadamente al SE. En la figura 6.1 se muestra la ubicación de ambas estaciones.

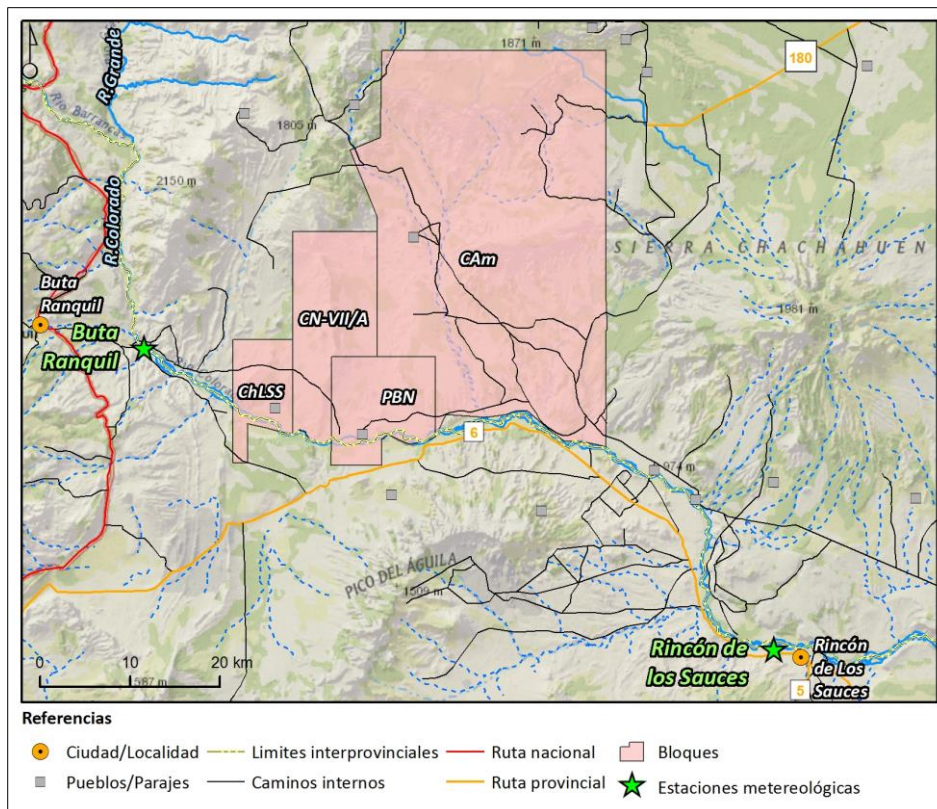


Figura 6.1: Estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio.

La precipitación en la estación Buta Ranquil registrada de manera diaria, fue agrupada en valores mensuales y anuales para facilitar su interpretación, considerando para el análisis el período de los últimos 34 años (1985 – 2018).

En la figura 6.2 se muestra de manera cronológica la variación mensual de la precipitación registrada en la estación Buta Ranquil desde el año 1985 al 2019. En el mismo se puede observar una importante variación de la precipitación a lo largo de todo el período, con meses donde no se han registrado lluvias (generalmente en los meses de enero) y otros con valores de precipitación mensual por encima de los 100 mm, como la registrada en junio de 1993 de 132,5 mm.

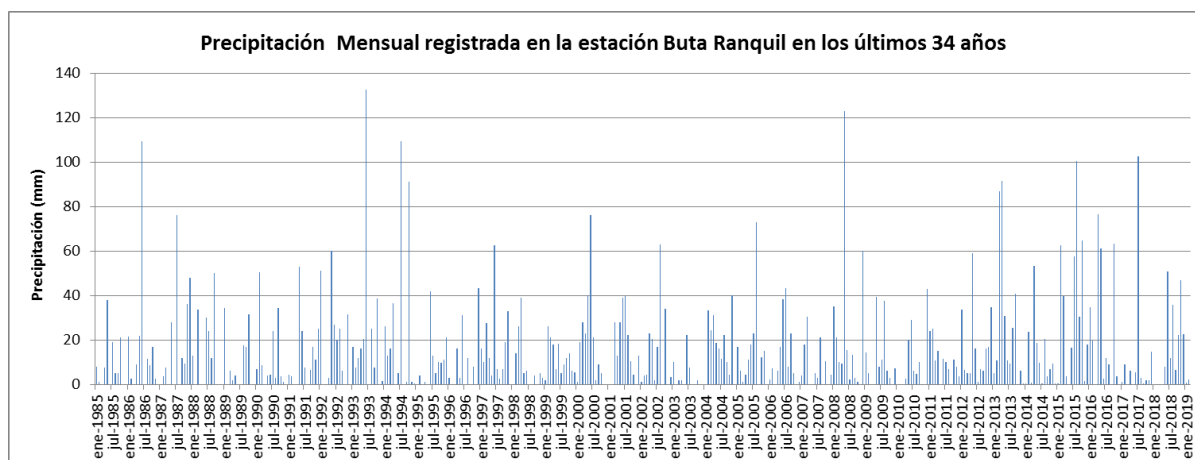


Figura 6.2: Precipitación mensual en Buta Ranquil para el período 1985-2018.

Para el caso de la estación meteorológica Rincón de los Sauces, se cuenta con datos mensuales desde el 2000 al 2010. En la figura 6.3 se presenta la precipitación anual registrada en ambas estaciones, mediante un gráfico de barras para el período 1985 – 2018, y al igual que en el gráfico anterior, se aprecia una considerable variación a lo largo de dicho período. Se representó además la precipitación media anual, para el período 1985-2019, con un valor de 183 mm/año, mientras que para Rincón de los Sauces (2000-2010) la media anual fue de 133 mm/año. El año más seco fue el 2003 con un valor de precipitación anual de 46 mm y el más húmedo fue el 2015 con 395 mm.

Para el caso de la estación Buta Ranquil, se puede corroborar una clara estacionalidad en la variación de la precipitación, siendo la época invernal la más húmeda, con los meses de Mayo y Junio los de mayores registros. La época más seca es el verano con muchos meses de enero sin registros de lluvia en todo el período considerado.

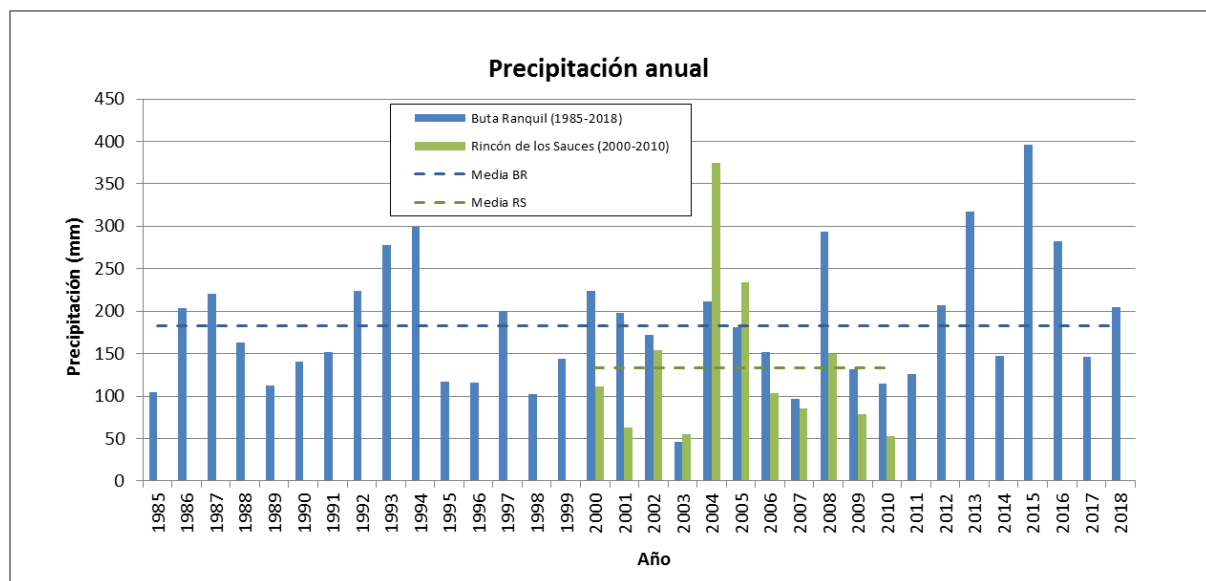


Figura 6.3: Precipitación anual y media anual en ambas estaciones para el período considerado.

Un detalle de lo mencionado se presenta en la figura 6.4, en la que se graficó la precipitación media mensual para ambas estaciones. Para los valores de Rincón de los Sauces, a diferencia de lo que ocurre en Buta Ranquil, no se aprecia una estacionalidad marcada en la distribución de las precipitaciones, con las mayores medias mensuales en los meses de febrero, junio y agosto (figura 6.4). Si se considera sólo el período con superposición de datos en las dos estaciones, el valor promedio de las precipitaciones mensuales registradas entre 2000-2010 es levemente superior en Buta Ranquil (13,8 mm) que en Rincón de los Sauces (12,54 mm).

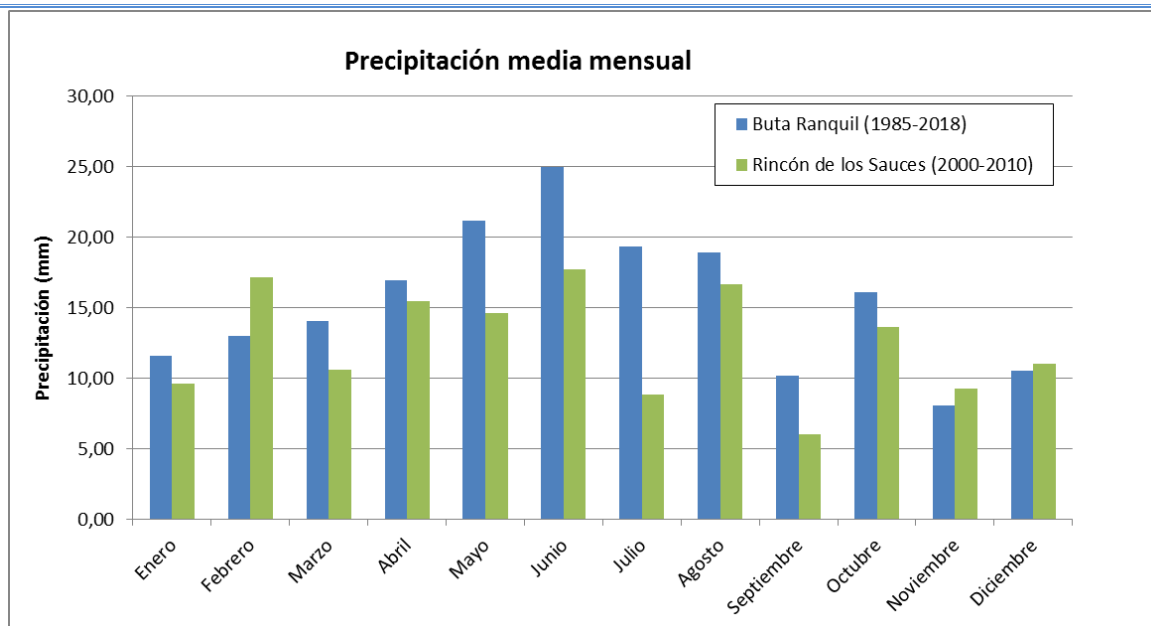


Figura 6.4: Precipitación media mensual en ambas estaciones para el período considerado.

En las figuras 6.5 y 6.6 se presenta la temperatura media anual y media mensual respectivamente. El período con registro en la estación de Buta Ranquil es 38 años (1980 – 2018) y de 10 años (2000 – 2010) para Rincón de los Sauces. Asimismo la serie de datos fue completada hasta la actualidad para la estación Buta Ranquil, en la cual la temperatura media anual varía aproximadamente entre los 8 y 15 grados centígrados, con un promedio de 11°C para el período analizado, siendo el año 1996 el más frío y 2017 el más cálido. En Rincón de los Sauces la temperatura media anual registrada se encuentra entre un los 17,44°C y 14,57°C con un valor medio de 15,52°C.

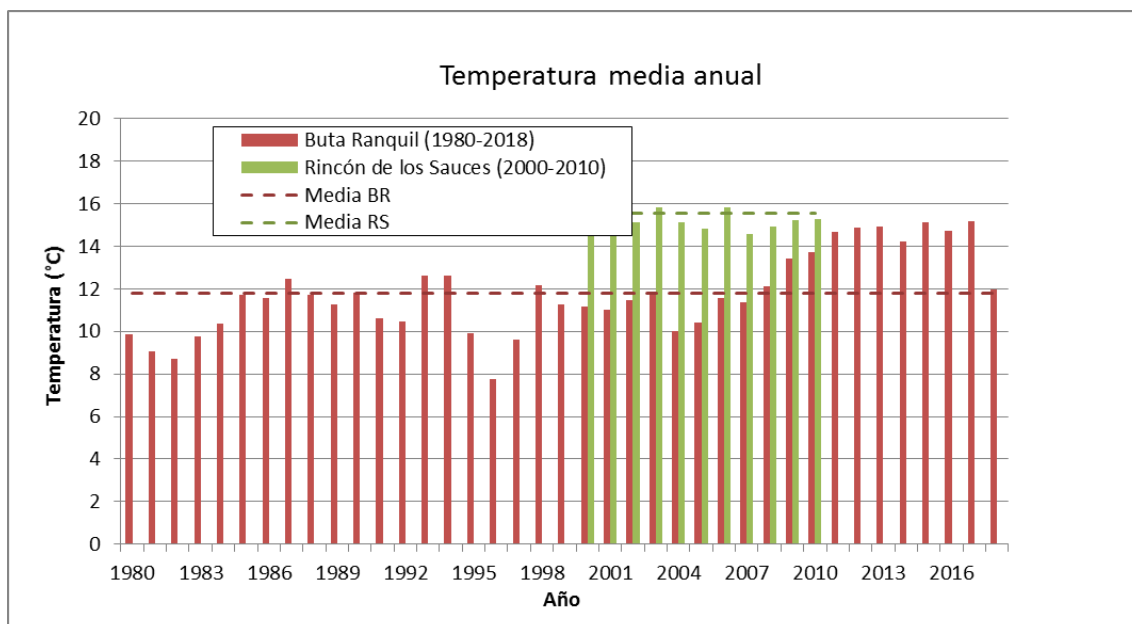


Figura 6.5: Temperatura media anual en ambas estaciones para el período considerado.

Estacionalmente las menores temperaturas se registran en la etapa invernal, con un mínimo de 1,73°C coincidente con el mes de julio de 1995 y las mayores en verano, con un máximo de 26,35°C medida en enero de 2013, ambas en Buta Ranquil.

La temperatura media mensual es siempre inferior en los registros de Buta Ranquil frente a los de Rincón, considerando tanto el período propio de cada estación como el lapso de superposición de

datos, probablemente a causa de su ubicación más occidental y a mayor altitud, hallándose más expuesta a los vientos provenientes del sector pre-cordillerano.

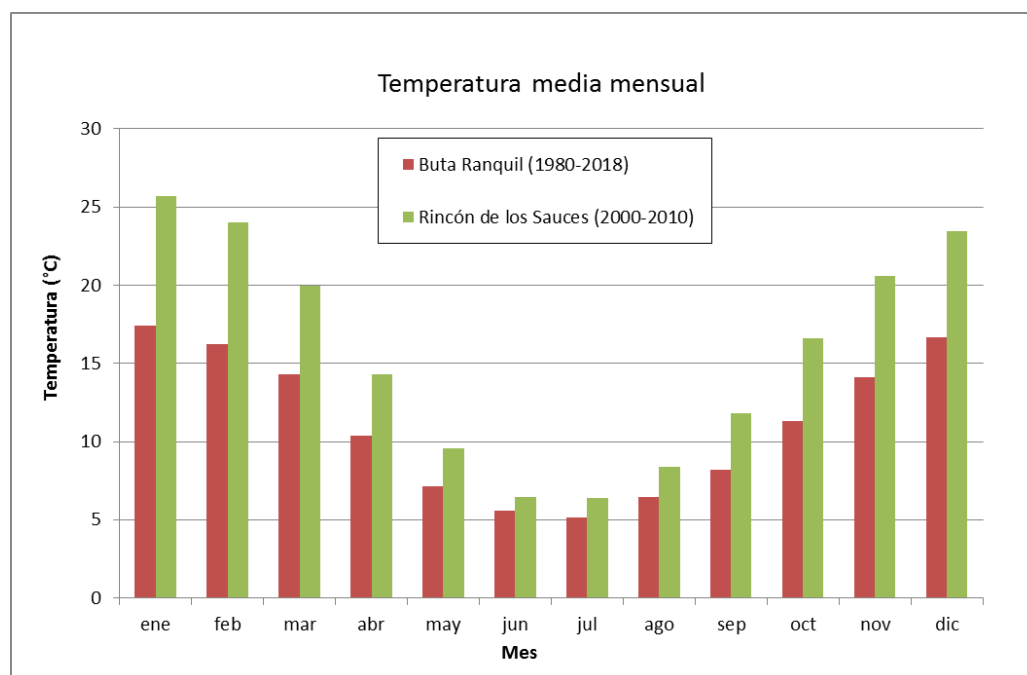


Figura 6.6: Temperatura media mensual en ambas estaciones para el período considerado.

6.2 Hidrología

El área de estudio se encuentra ubicada dentro de la cuenca hidrológica del Río Colorado, que limita al SO y SE con las cuencas de los ríos Neuquén y Negro respectivamente, al NO con las cuencas del Río Atuel y de la Laguna Llanquanelo y al NE con la cuenca del Río Desaguadero (figura 6.7).

La cuenca del Río Colorado abarca una superficie de 47.458,9 Km² (SSRH, 2004) y comprende a las provincias de Mendoza, Neuquén, Río Negro, La Pampa y Buenos Aires, constituyéndose en una de las cuencas hidrográficas más importantes del país, con desarrollo total en territorio Argentino.

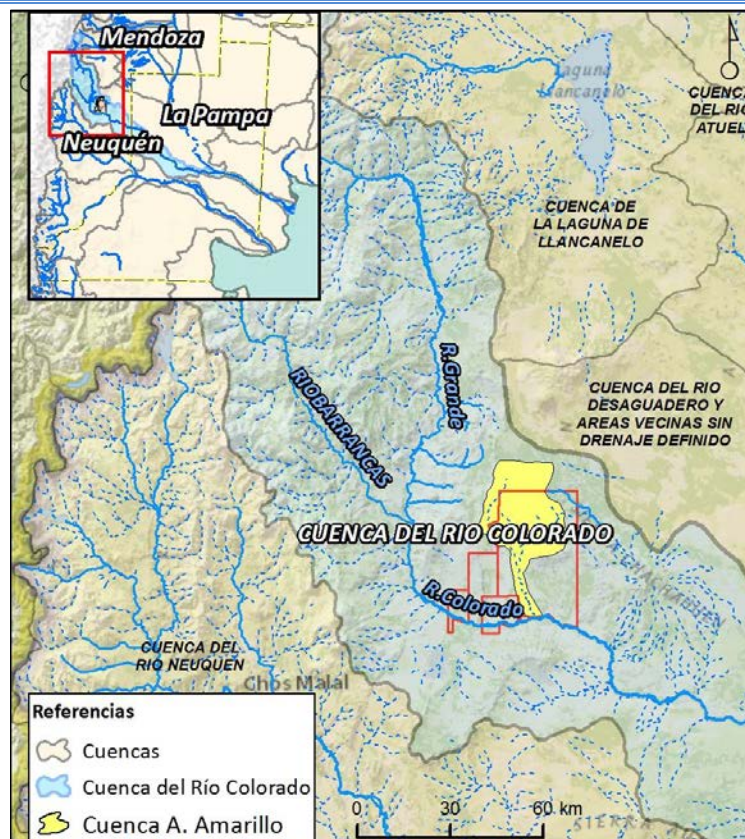


Figura 6.7: Hidrología del área de estudio – Cuenca del Río Colorado.

Los principales afluentes del río Colorado son los ríos Grande y Barrancas. El primero le aporta el 80% del caudal y es originado por la unión de los ríos Tordillo y Cobre. Nace en la laguna La Fea y la Negra en las cercanías del cerro Tirquiritrón y fluye aguas abajo con el aporte de cauces y arroyos menores. Corre con orientación noroeste-sudeste desde alturas de aproximadamente 4.600 m snm en sus nacientes hasta 835 m snm en su confluencia. El régimen de este río se caracteriza como fuertemente estacional producto de la preponderante alimentación por fusión nival originada en la cuenca activa.

El río Barrancas corre con sentido sudeste en un trayecto lineal de 130 km y tiene su origen en la laguna Negra en la falda de la cordillera al límite con Chile. Recibe de ésta los aportes de los arroyos Matancilla, Montón y Puente de Tierra arriba del cual se halla la Laguna Fea. Después de recibir numerosos arroyos ingresa en la laguna Carrilauquen que vierte al Colorado. La misma modera su régimen absorbiendo el producto de las precipitaciones y deshielos regulando el derrame. El río Grande tiene alimentación prácticamente nival, mientras que el Barrancas es una cuenca de transición entre las hoyas nivales al norte y pluvio-nivales del sur.

El río Colorado posee en la estación de aforo de Buta Ranquil un derrame anual promedio de 4.594 Hm³, con un máximo de 9.151 Hm³ y un mínimo de 1.658 Hm³ (para la serie de datos correspondiente al período 1940-2000 y 2001-2004). Esta estación se encuentra ubicada aproximadamente a 25 km aguas abajo de la confluencia de los ríos Grande y Barrancas.

El área de estudio se desarrolla mayoritariamente sobre la subcuenca del arroyo Amarillo que abarca la mayor parte de la superficie del área de interés, a la que se le adiciona una porción de una subcuenca considerablemente menor de un arroyo sin nombre, que se localiza al sudoeste del mismo. Ambos arroyos tributarios del río Colorado son de carácter no permanente, transportando agua en la mayor parte de su recorrido aunque sólo en la ocasión de producirse lluvias importantes.

6.3 Geología y Geomorfología

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

Contexto regional

El Departamento de Malargüe se ubica en la región sur de la Provincia de Mendoza. Corresponde a la provincia geológica denominada Cuenca Neuquina, que abarca la zona entre los 35°20' y 40°10' de latitud sur y los 66°20' a 70°50' de longitud oeste. Dicha cuenca pertenece a un depocentro de antepaís de retroarco desarrollada principalmente en el sector extraandino de Neuquén, sur de Mendoza, noroeste de Río Negro y suroeste de La Pampa.

Los límites de la cuenca son, al noreste y sureste, el sistema de la Sierra Pintada y el Macizo Nordpatagónico respectivamente, mientras que el límite occidental lo forma una estructura volcánica ubicada mayormente en territorio chileno (Figura 6.8).



Figura 6.8: Límites de la cuenca neuquina (Fuente: Luis A. Spalletti et. al, 2011).

Se caracteriza por el desarrollo de una espesa secuencia sedimentaria por encima del basamento Permo-Triásico, que incluye depósitos del Triásico superior, Jurásico, Cretácico y Terciario inferior. La misma comenzó a formarse a fines del Triásico con los movimientos de la Fase Rioatuélica, generando el inicio de la subducción necesaria para el depósito de sedimentos posterior (Jurásico y Cretácico). Se inició el relleno de cuenca con la depositación de sedimentos marinos, seguidos de depósitos continentales, alternando unos con otros cíclicamente hasta el Cretácico superior. Esta secuencia representa aproximadamente unos 7.000 metros de espesor en la zona del depocentro de

la cuenca y fue clasificada en ciclos sedimentarios denominados Jurásico, Ándico y Riograndico (Groeber, 1946), separados por discordancias de carácter regional.

Evolución estructural de la cuenca neuquina

La Cuenca Neuquina se localiza en el centro-oeste de la Argentina y tiene un relleno sedimentario de más de 7.000 metros dispuestos sobre corteza continental (Gulisano et al. 1984). Tiene una evolución estructural compleja, controlada por la interacción entre las placas de Nazca y de Sudamérica y actualmente está contenida por un borde cratónico al este, un arco volcánico al oeste y otra área cratónica, el Macizo Norpatagónico al sur. Ubicada en el retroarco de un margen activo convergente, comienza como un sistema de rift para evolucionar al ritmo de los cambios de velocidad de convergencia durante un período de aproximadamente 200 Ma. Ello se traduce en complejas relaciones estratigráficas. Los cambios en las tasas de subsidencia, la actividad del arco magmático, los ciclos eustáticos y la tectónica andina son los principales responsables de las discordancias y de la configuración geométrica de las distintas unidades litoestratigráficas genéticamente relacionadas.

Desde el Triásico superior al Jurásico inferior la fase de extensión generalizada provocó la segmentación del antiguo basamento volcanoclástico (Grupo Choiyoi) en altos y bajos, que dio origen a una gran variedad de depresiones.

Los movimientos Patagónicos ocurridos en el Cretácico Superior produjeron el ascenso de la región cordillerana y plegaron los sedimentos de la fosa del Agrio, desvinculando la Cuenca Neuquina de las ingresiones del océano Pacífico. De acuerdo con sus rasgos estructurales la Cuenca Neuquina puede subdividirse en cinco sectores: Faja Plegada y Corrida, Alto de Chihuido, Engolfamiento, Dorsal de Huíncul y Plataforma Externa (Figura 6.9).

El área Andina se caracteriza por una intensa deformación de la cobertura con amplios anticlinales y sinclinales elongados y afectados por falla de flancos. Se desarrolla en las proximidades del arco volcánico y coincide en líneas generales con las posiciones más profundas de cuenca de la mayoría de los ciclos sedimentarios que colmatan la cubeta.

El área de Engolfamiento, posee un estilo tectónico distinto cuyo modo de deformación predominante implica dislocaciones de basamento con intensidad decreciente hacia el borde de cuenca y suaves arqueamientos de la cubierta sedimentaria.

Uno de los rasgos más conspicuos en este ámbito es el denominado Dorso de los Chihuidos localizado inmediatamente al este del curso norte – sur del río Neuquén. Se trata de un extenso eje anticlinal de unos 70 Km de largo que presenta varias culminaciones menores (ver Figura 5.9).

Otro rasgo morfoestructural importante que se ubica hacia el sur de la zona del engolfamiento neuquino es la Dorsal de Huíncul. La misma presenta una orientación general este-oeste y se extiende por más de 250 kilómetros, constituida por un tren de estructuras anticlinales de orientación preferencial este-oeste fuertemente asimétricas, involucrando desde el basamento paleozoico hasta los sedimentos del Cretácico Superior.

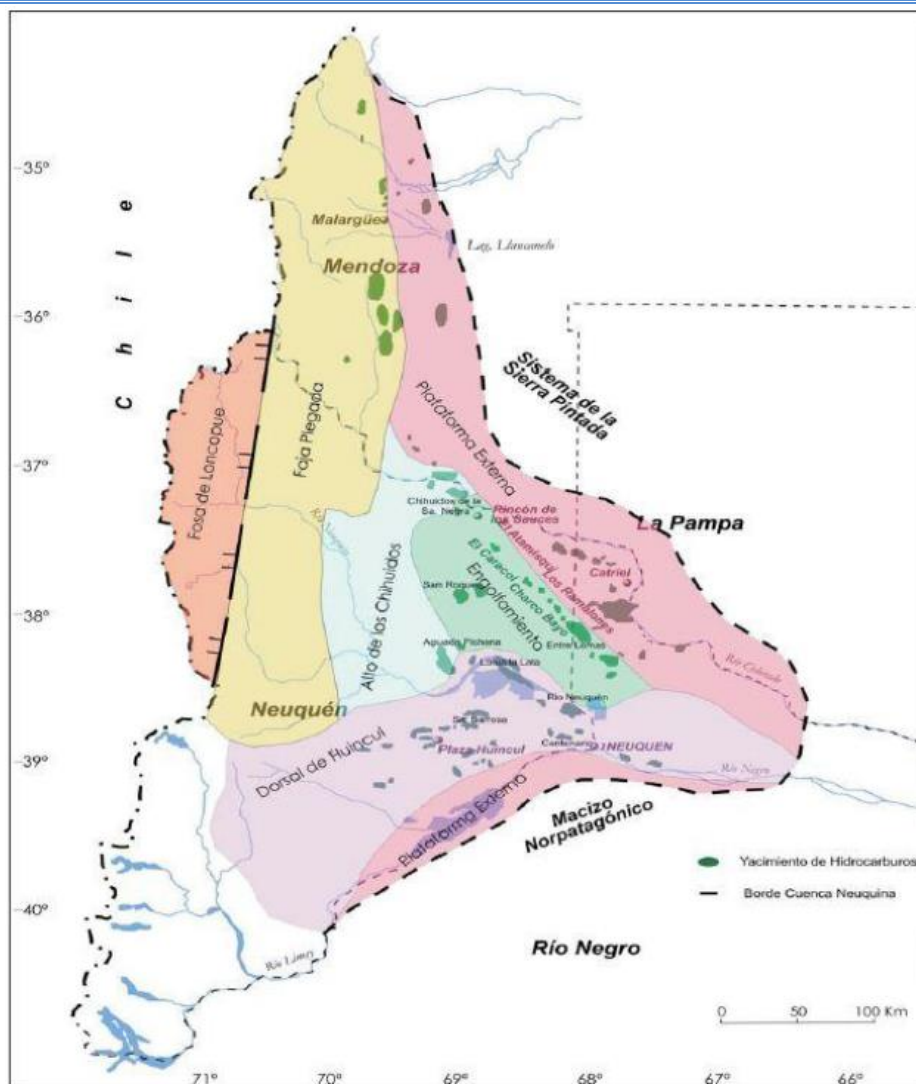


Figura 6.9: Clasificación de zonas estructurales de la cuenca neuquina (Fuente: G. Chebli *et. al.* 2011)

En el mapa 5 se muestra la geología de superficie, vectorizada mediante el uso del software ArcGis 10.1, a partir de las Hojas Geológicas en escala 1:200.000 31c Confluencia de los Ríos Grande y Barrancas, 31d La Matancilla, 32c Buta Ranquil y 32d Chachahuen cuya fuente es SegemAR.

La topografía del área a nivel regional comprende alturas que superan los 2.000 msnm en el sector norte del bloque CAM debido a las cercanías a la altiplanicie del Payún, extenso campo volcánico correspondiendo las alturas máximas a los volcanes Payún (3.838 m) y Payún Matrú (3.715 m).

El límite sur de los bloques de estudio lo delimita el curso del Río Colorado el cual desarrolla planicies aluviales extensas.

En el mapa 2: *Planialtimétrico* (Anexo I) se pueden ver estas características topográficas con un detalle de las curvas menores equidistantes 100 metros.

Geología local

La unidad más antigua reconocida en el área corresponde a las volcanitas mesosilíceas del Grupo Choiyoi de edad permo-triásica, las cuales constituyen el basamento sobre el que se depositan mediante discordancia las sedimentitas que conforman la Cuenca Neuquina de edades triásica superior, jurásica, cretácica y paleógena inferior. Durante el Cenozoico se registra una fuerte actividad magmática de retroarco extrandina, simultáneamente con la acumulación de sedimentitas en las

cuenclas de antepaís. A continuación se describen las unidades reconocidas en el área dando mayor detalle a las unidades superiores de interés hidrogeológico.

- **Grupo Choiyoi**

Esta entidad que tiene un gran desarrollo areal, forma parte del prerift de la Cuenca Neuquina. En el ámbito de la Hoja, el Grupo Choiyoi aparece solamente en unos pocos bloques elevados tectónicamente. En el área del anticlinal Domuyo, sus afloramientos son relativamente reducidos, habiendo sido levantada por la masa intrusiva del Grupo Domuyo. También aflora en el flanco oriental de las sierras de Cara Cura y Reyes y constituye además el núcleo de los braquianticlinales. En discordancia angular sobre esta unidad se depositan las unidades que corresponden a la etapa de inicio de apertura de la Cuenca Neuquina (depósitos de sinrift).

Esta unidad de edad permo-triásica está constituida por andesitas, tobas dacíticas y tobas riolíticas que alternan con brechas y areniscas tobáceas. El predominio de piroclásticas sobre las lavas sugiere que el volcanismo fue del tipo explosivo. La presencia de las sedimentitas intercaladas indica la existencia de sistemas fluviales coetáneos (Méndez et al., 1995).

- **Formación Remoredo (Pre-Cuyo)**

Son las rocas más antiguas de la sucesión jurásica (triásico sup. – Jurásico inf.) y forman parte del núcleo de los braquianticlinales de las sierras Azul, Cara Cura y Reyes. Esta unidad compuesta por conglomerados, areniscas y tobas, fue involucrada dentro de la mesosecuencia conocida como “Pre-cuyo” (Legarreta y Gulisano - 1989). Consiste en depósitos detríticos que incluyen componentes volcánicos y piroclásticos, generados como relleno inicial de sinrift, de espesores muy variables pudiendo llegar a potencias de 450 metros.

La Formación Remoredo se apoya en discordancia angular sobre las volcanitas permo-triásicas del Grupo Choiyoi y está limitada en su techo por la discordancia determinada por la Fase Rioatuelica que la separa de la Mesosecuencia Cuyo (equivalente al Grupo Cuyo).

- **Grupo Cuyo**

En el Jurásico inferior a medio, durante una etapa de subsidencia, se produjo el primer ciclo de relleno de la cuenca (ciclo Jurásico) acumulándose espesores en el orden de los 2500 metros. Estos depósitos se conocen como *Grupo Cuyo*, y está compuesto por las formaciones Los Molles y Lajas.

La Formación Los Molles (roca madre de hidrocarburos) se depositó en respuesta a la primera transgresión marina generalizada en la cuenca durante el Jr inf-med (etapa de post-rift temprano). Está compuesta principalmente por pelitas y turbiditas silicoclásticas formadas en un ambiente de cuenca relativamente profunda, con depositación por debajo del nivel base de oleaje (Leanza, 1990; Burgess et al., 2000).

La Formación Lajas (roca reservorio) se compone de areniscas grises y en menor medida pelitas y conglomerados de ambiente marino somero. Se encuentra mayormente desarrollada en la zona de las Sierras de Vaca Muerta.

- **Grupo Lotena**

Una nueva ingresión (expansión de la cuenca) genera la depositación del *Grupo Lotena*, compuesto de base a techo por las formaciones Lotena, La Manga (Barda Negra) y Auquilco. Está integrado por tres secuencias depositacionales, una inicial que corresponde a una etapa de sedimentación clástica continental y marina, otra intermedia con el desarrollo de facies turbidíticas en el centro de la cuenca sobre la que progresa una plataforma carbonática, y un episodio final de desecación de la cuenca con el desarrollo de facies evaporíticas Gulisano et al. (1984).

La Formación Lotena está compuesta por areniscas y conglomerados, cubiertas por pelitas verdosas y por encima bancos de arena. El espesor máximo de esta formación es de alrededor de 350 metros.

La Formación La Manga (Bardas Negras) consiste en lutitas oscuras, margas y calizas de ambiente marino-litoral, conformando unos 200 metros de espesor.

Por último la Formación Auquilco (Yeso principal) comprende rocas evaporíticas, principalmente yeso, con su mayor espesor (500 m) identificado en el sector central del Dorso de Los Chihuidos (hacia el oeste del sector de estudio).

- **Grupo Mendoza**

Por encima de los yesos Auquilco se depositó el *Grupo Mendoza*, en el cual se identificaron las formaciones Tordillo, Vaca Muerta, Quintuco, Mulichinco y Centenario. Este grupo representa el retorno a condiciones de cuenca marina y fondo euxínico evidenciado en pelitas de la Fm. Vaca Muerta.

La Formación Tordillo/Catriel se compone de un espeso paquete de sedimentos clásticos depositados durante el Jurásico superior en un ambiente de abanicos (fluvial, lacustre). Las litofacies presentes en esta porción de la cuenca son principalmente areniscas muy finas a medianas, con matriz arcillosa, que alternan con limolitas y delgados niveles de pelitas rojas.

La Formación Vaca Muerta (principal roca madre de hidrocarburos) consiste en lutitas oscuras, calcáreas, margas bituminosas, depositadas en el Jurásico superior en ambiente marino de baja energía y condiciones reductoras. El espesor promedio en el área de sierra de Reyes es de unos 270 m, aumentando hacia el sur. Esta primera ingresión representa la máxima expansión del mar durante esta etapa configurando a grandes rasgos una megasecuencia regresiva.

La Formación Quintuco (roca reservorio) está compuesta principalmente por rocas carbonáticas (calizas) intercaladas con arcillitas y limoarcillitas calcáreas, depositadas en un ambiente de plataforma interna abierta y externa, durante el cretácico inferior.

La Formación Mulichinco se acumuló durante el cretácico temprano y está compuesta por una sucesión sedimentaria que incluye a rocas de variado origen, desde clásticas continentales hasta marinas profundas, e inclusive calizas fosilíferas. Presenta en general menores espesores en comparación a las formaciones supra e infrayacentes.

Culminando el grupo Mendoza se encuentra la Formación Agrio (Fm. Centenario hacia el SE), Tiene extensos afloramientos en el flanco occidental del anticlinal de la sierra de Reyes y en la sierra de Cara Cura. Está dividida en los miembros inferior, Avilé y superior. Los miembros superior e inferior son depósitos de un ambiente marino de plataforma interna. Mientras que Avilé corresponde a una cuña clástica desarrollada al sur en posiciones más internas de la cuenca, compuesto dentro del ámbito de la Hoja por facies finas de ambiente lagunar y salino efímero (Veiga y Vergani, 1993).

- **Grupo Rayoso**

El Grupo Rayoso se compone de dos formaciones, de base a techo Formación Huitrín y Formación Rayoso. Esta última es cubierta en discordancia por la Formación Candeleros del Grupo Neuquén.

La Formación Huitrín (conocida como Yeso de Transición) se compone de calizas marinas y lagunares, evaporitas (sal y yeso) lagunares costeras y continentales y rocas clásticas continentales. Esta unidad se divide de base a techo en los Miembros Chorreado, Troncoso y La Tosca.

La Formación Rayoso apoya en contacto neto sobre bancos calcáreos de la Fm. Huitrín (Mb. La Tosca). Corresponde a una unidad clástico-evaporítica acumulada en un medio predominantemente continental, depositada durante el Cretácico temprano y marca la desconexión de la cuenca con el Pacífico. Internamente se compone por pelitas, areniscas medias a finas y, en menor medida, niveles evaporíticos. Los términos inferiores están caracterizados por la presencia de facies evaporíticas, representadas por anhidrita que alternan con pelitas rojas, las cuales se hacen dominantes hacia el techo. La sección superior se distingue por la existencia de clásticos rojos, donde participan pelitas, vaques y conglomerados.

En el análisis de la geología del área de estudio sólo se consideró la porción superior de Rayoso, es decir la fase clástica del grupo, representándose su espesor en secciones geológicas que se muestran más adelante (figuras 6.11 a 6.14) y el techo en el mapa estructural (mapeado por YPF) presente en el Anexo I (Mapa 7).

- **Grupo Neuquén**

Conforma una sucesión de depósitos continentales de origen fluvial, eólico y lacustre somero, desarrollado durante el Cretácico Superior. Esta sucesión alcanza un espesor máximo que supera 1.000 metros en el sector N de CAM y en el O (bloques ChLSS y CN VII/A) y disminuye hacia el sur del área de estudio, de aproximadamente 600-700 metros en el área sur (según Strip Log). Se encuentra limitada en base y techo por las discordancias Patagonídica y Huantráiquica respectivamente. Se compone a su vez de tres subgrupos, cada uno con distintas formaciones como se muestra en la figura 6.10, también suelen nombrarse como Grupo, Formación y Miembro. Este grupo es el más importante bajo la óptica del presente estudio, por lo que será descripto con mayor detalle que los anteriores.

Edad	Esquema litoestratigráfico vigente (*)	Esquema litoestratigráfico propuesto
65.5 Ma	Grupo Malargüe (parcial)	Grupo Malargüe (parcial)
70.6 Ma		
	Discordancia Huantráiquica	Discordancia Huantráiquica
Campaniano	Grupo Neuquén Subgrupo Río Colorado Subgrupo Río Neuquén Subgrupo Río Limay	Grupo Neuquén Subgrupo Río Colorado Subgrupo Río Neuquén Subgrupo Río Limay
83.5 Ma	F. Anacleto	F. Anacleto
Santoniano	F. Bajo de la Carpa	F. Bajo de la Carpa
85.8 Ma	F. Plottier	F. Plottier
Coniaciano	F. Portezuelo	F. Sierra Barrosa
88.6 Ma		F. Los Bastos
Turoniano	F. Cerro Lisandro	F. Portezuelo
93.6 Ma	F. Huincul	F. Cerro Lisandro
Cenomaniano	F. Candeleros	F. Huincul
99.6 Ma	Discordancia Miránica Principal	Discordancia Patagonídica

Figura 6.10: Estratigrafía del Grupo Neuquén (Cazau & Uliana, 1973).

Litológicamente el Grupo Neuquén constituye una secuencia integrada por una sucesión de capas rojas (red beds) compuestas principalmente de areniscas, fangolitas y grauvacas; con una reducida participación de horizontes conglomerádicos. Los depósitos tobáceos, tufíticos y evaporíticos (yeso) presentan una muy baja participación, conformando menos del 1% del total de la secuencia. Genéticamente estos depósitos son vinculados a un origen predominantemente fluvial, con intercalaciones de episodios eólicos y lacustres someros (Cazau & Uliana, 1973).

Tiene una gran distribución areal dentro del ámbito de la hoja. Aflora en el flanco occidental de la pampa del Carrizo, al este del Bordo Alto del Payún, en el área sur de la Altiplanicie del Payún conocida como Cañadón Amarillo, en la zona de la Puntilla del Huincán, río Grande, sierra de Palauco, bordeando el anticlinal de la sierra Azul y a ambos márgenes del río Barrancas.

Desde una óptica tectosedimentaria, el Grupo Neuquén ha sido vinculado a un estadio de desarrollo de una fase de antepaís en la Cuenca Neuquina, generado como consecuencia del inicio de una tectónica compresional sobre el margen andino acaecido a fines del Cretácico Inferior. Producto de esta fase compresional se produce la inversión de las antiguas estructuras extensionales, con la consiguiente generación de un frente de deformación occidental (faja plegada y corrida) y la migración hacia el este de los depocentros sedimentarios.

Los efectos de esta deformación quedan evidenciados en la base del Grupo Neuquén a partir de una marcada discordancia angular y erosiva que define a la discordancia Patagonídica. La

culminación de este ciclo sedimentario, se asocia al desarrollo hacia mediados del Campaniano de un arco magmático occidental asociado a una fuerte subsidencia regional, factor que posibilita el primer ingreso del océano Atlántico a la cuenca (Alberto C. Garrido, Dic. 2010).

En base a la información brindada por YPF para el análisis en detalle en el área de estudio, y a la existencia de niveles con gas dentro de la formación Rayoso e incluso dentro de la porción media – inferior del Gr. Neuquén, se decidió establecer como profundidad máxima de investigación la base de este último. Por este motivo, se evaluó con mayor detalle esta unidad y se realizaron algunas secciones geológicas distribuidas de manera longitudinal y transversal en los bloques de estudio, con el objetivo de conocer el comportamiento de las distintas capas en profundidad.

En las figuras 6.11 a 6.14 muestran secciones para el área de CAM-norte, CAM-sur, PBN y ChLSS respectivamente. Como se puede observar el espesor del Gr. Neuquén aumenta hacia el sector norte y hacia el oeste del área de estudio, coincidiendo con la mayor participación de material ígneo (como se puede ver en las coladas de lava presentes en la superficie). Aquí cabe aclarar que no ha sido discriminado en la interpretación de la geología local los materiales terciarios respecto del Gr. Neuquén, considerándose que este último comienza desde la superficie del terreno. Asimismo se realizó el mapa estructural al techo del Gr. Neuquén (Mapa 6 del Anexo I), con la información mapeada y brindada por YPF.

Se evidencia que el Gr. Neuquén presenta sus mayores espesores en los extremos este y oeste del área, disminuyendo hacia el centro del bloque, representando una estructura antiformal. Se estima que la capa arcillosa de baja permeabilidad y de considerable espesor presente en la parte media del Gr. Neuquén (identificada por control geológico y los perfilajes de pozos) representarían el sello de esta estructura generando el entrapamiento de una capa gasífera reconocida en una unidad arenosa inferior de escaso espesor.

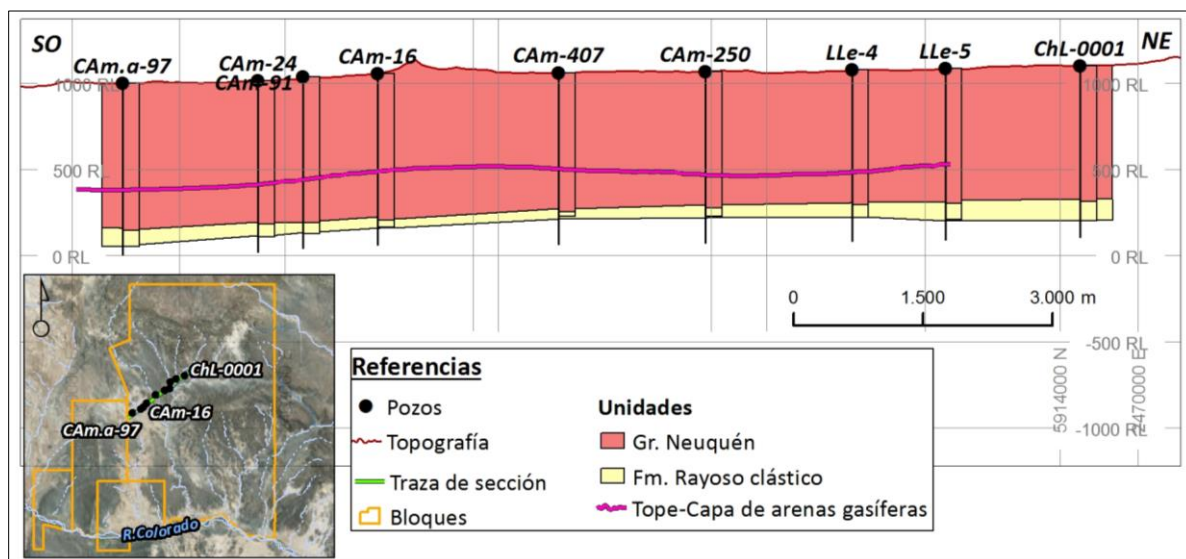


Figura 6.11: Sección geológica en el área de CAM-norte.

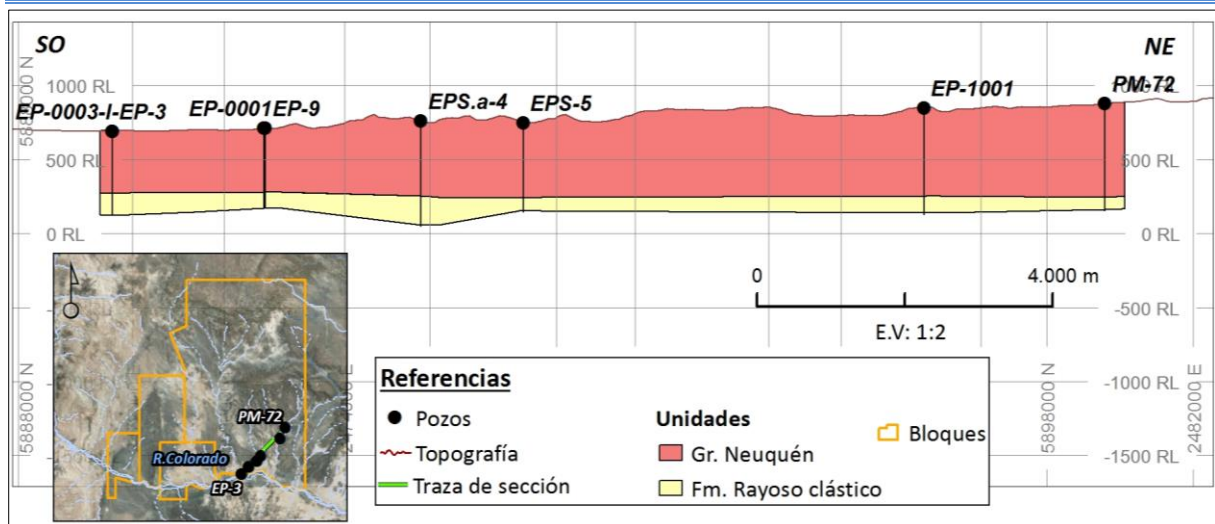


Figura 6.12: Sección geológica en el área CAM-sur.

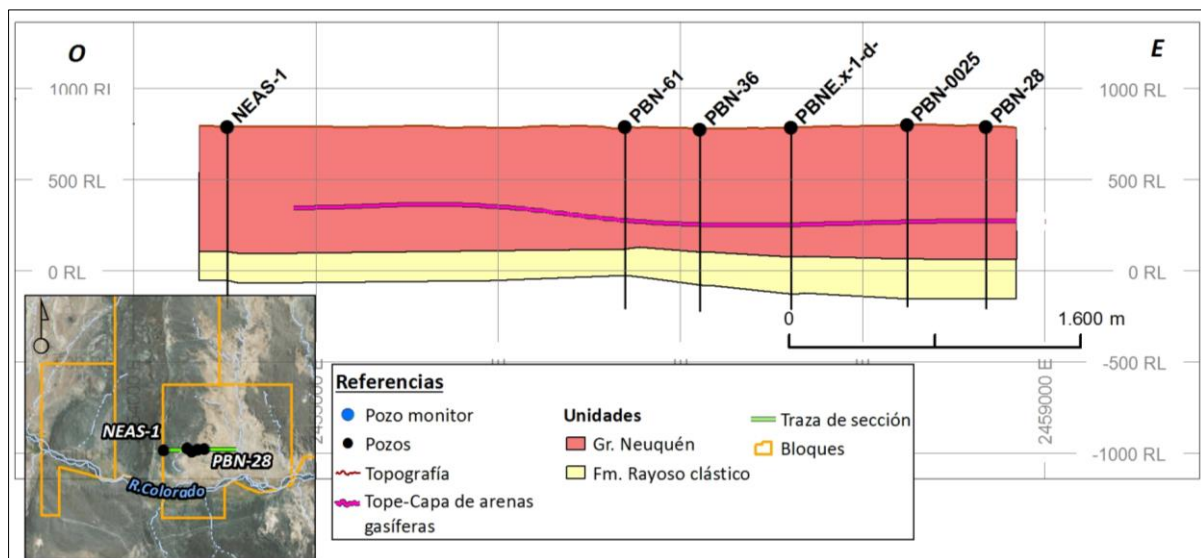


Figura 6.13: Sección geológica en el área PBN.

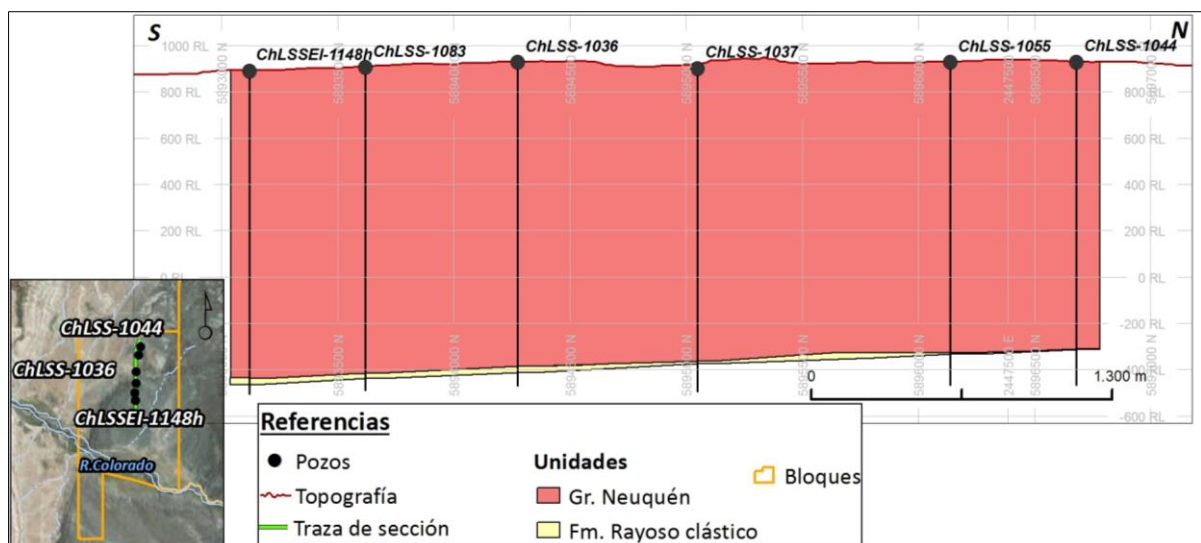


Figura 6.14: Sección geológica en el área ChLSS.

En base a descripciones del grupo Neuquén para el área realizadas por YPF, los depósitos que componen cada secuencia (y sus parasecuencias), observados en los distintos sondeos, si bien están vinculado genéticamente, pueden presentar "estilos deposicionales" diferentes en cada uno de ellos (canales apilados que pasan lateralmente y en corta distancia a canales aislados), así como también diferente composición, textura, etc.

- **Grupo Malargüe**

Se depositó por encima del Gr. Neuquén durante el cretácico superior-terciario inferior, con sedimentos de mar somero en la base y continentales hacia el techo. Aflora en forma más o menos continua en el sector sur de la Altiplanicie del Payún y al oeste del cañadón Amarillo. Está constituido por las Formaciones Loncoche, Roca y Pircala. En el área de estudio se encuentra hacia el extremo norte de CAm, constatándose su presencia desde los 90 a los 200 m.b.b.p. en el pozo AAZ.x-1.

La Formación Loncoche está constituida por areniscas finas medianas con cemento carbonático, pelitas rojas que suelen tener niveles de anhidrita de poca potencia. Hacia el techo se intercalan delgados bancos de calizas que pueden mostrar laminación paralela fina hasta entrecruzamiento de pequeña escala. Esta unidad marca el inicio de la inundación marina atlántica, estableciéndose un mar somero, sujeto a variaciones de salinidad.

La Formación Roca se caracteriza por presentar grainstones oolíticos y esqueléticos en capas tabulares con estratificación paralela. Asociadas a ellas se observan facies de limolitas y areniscas calcáreas muy finas con términos predominantemente pelíticos, con delgados niveles de vaques y limolitas calcáreas. Se define como una rampa carbonática de amplio desarrollo que marca la máxima expansión del mar rocanense en este sector de la cuenca.

La Formación Pircala está caracterizada por la presencia de areniscas medianas a gruesas, y pelitas rojas, con gran participación de material tobáceo. Suelen intercalarse niveles delgados de evaporitas y calcáreas. El ambiente de deposición de estas sedimentitas es eminentemente continental, representando un sistema fluvial distal, hasta barreal con breves interrupciones de acumulación de sedimentitas subácueas con influencia marina.

- **Depósitos Terciarios – Cuaternarios**

Durante el cenozoico (Paleoceno-Eoceno) se produce el levantamiento de la Cordillera de los Andes, evento con el cual se asocian los depósitos volcanoclásticos desarrollados durante el terciario. Entre ellos se han diferenciado distintos grupos y formaciones de características volcánicas (extrusivas e intrusivas) y sedimentarias vinculadas a distintos eventos de actividad ígnea durante todo el terciario y parte del cuaternario.

Durante el cuaternario se generaron depósitos de remoción en masa, aluviales y coluviales, culminando la columna estratigráfica la sedimentación aluvial reciente, que consiste en depósitos detríticos (gravas, arenas y limos) transportados por los cauces de agua actuales, que rellenan los valles y forman las planicies aluviales.

En la figura 6.15 se muestra una columna estratigráfica tipo de la cuenca Neuquina que ilustra todos sus componentes, desde los más antiguos a los más recientes, extraída de Olmos et al., 2002. En la misma se incluyen las edades, litología, unidades litoestratigráficas, discordancias y la clasificación del tipo de roca en relación al hidrocarburo (roca madre, sello y reservorio). Esta última clasificación está referida a distintos yacimientos dentro de la cuenca, por lo que aquí se debe considerar de forma generalizada, sin que necesariamente se aplique a los yacimientos correspondientes a este estudio.

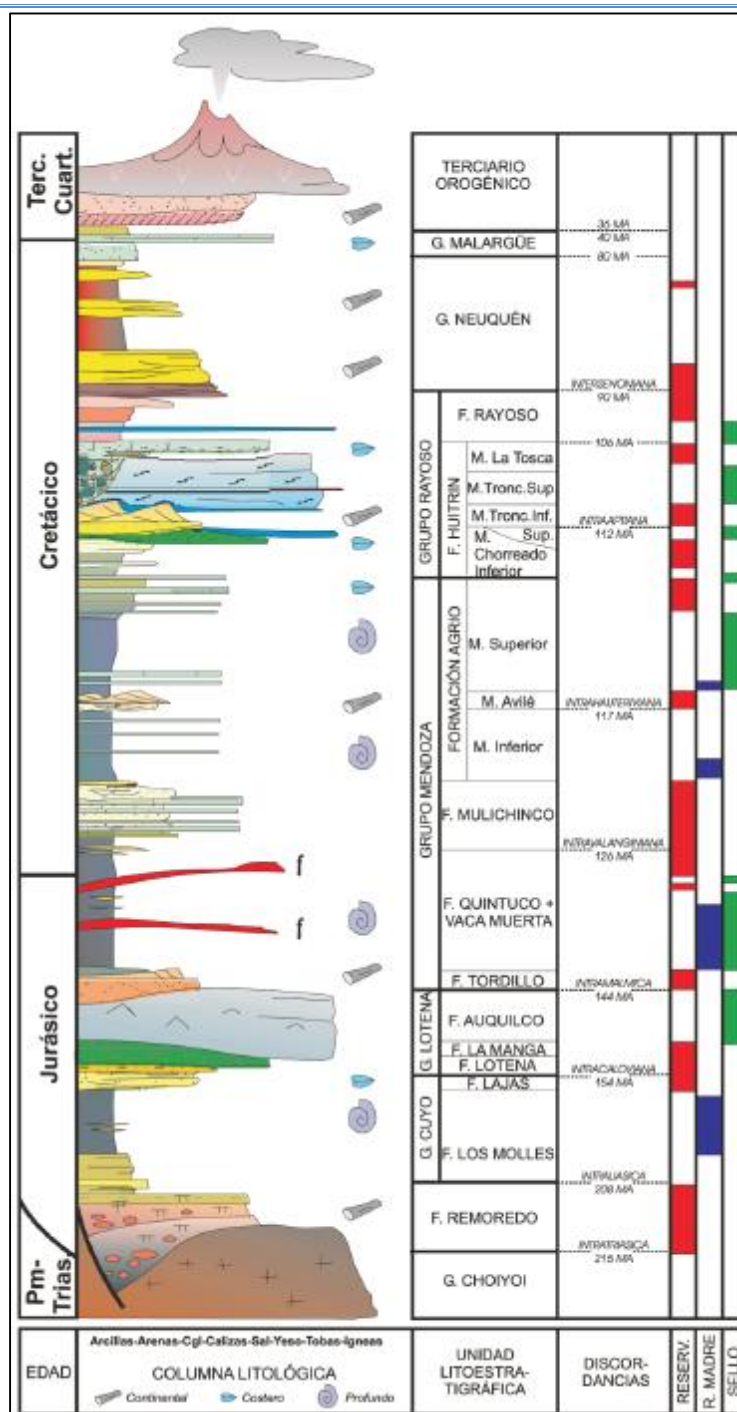


Figura 6.15: Columna estratigráfica de cuenca Neuquina (Olmos et al., 2002).

Geomorfología

El área de estudio se encuentra ubicada en base a la descripción de la Hoja 3769-I (Barrancas) dentro de lo que se denominó como montañas y serranías (Polanski, 1954) comprendiendo a las unidades morfoestructurales Cordillera Principal y Payunia. Los diferentes paisajes que presentan estas dos unidades morfoestructurales son el resultado de la acción de procesos tanto exógenos como endógenos, pudiendo identificarse distintas geoformas. En el mapa 4 se muestra la geomorfología del sector de estudio.

Dentro de los procesos endógenos se describen el *relieve volcánico*, extensa área de paisajes con morfología volcánica (Payunia) debido a las numerosas efusiones volcánicas acontecidas durante el terciario y cuaternario. Dentro de las geoformas volcánicas localizadas se identifican los *conos*

volcánicos y las calderas siendo la más importante de estas últimas la caldera del Payún Matrú, siguiéndole la del Payén. Los conos volcánicos conforman las elevaciones sobresalientes de los campos lávicos, pueden estar formados por piroclastos y/o lavas que se acumulan alrededor de un conducto volcánico central que puede o no tener una depresión central o cráter. Finalmente, la *planicie ignimbrítica tobácea* que rodea la caldera del Payún Matrú, sepultó el relieve volcánico previo generando un aspecto actual de relieve mayormente chato.

En cuanto a los procesos exógenos se han identificado principalmente geoformas asociadas a procesos fluviales, deslizamientos y geoformas vinculadas a procesos de glaciación. En las sedimentitas aflorantes (mesozoicas y terciarias), se aprecia un importante control estructural en la red de drenaje, por la presencia de plegamientos y fallas. Las *planicies de inundación* se restringen a ciertos tramos de los cursos permanentes de la zona, como el río Grande y río Barrancas. Existen varios sectores donde se identifican *abanicos aluviales*, principalmente al oeste de la sierra de Palauco. Los *pedimentos* se observan en la zona sur del cañadón Amarillo, extendiéndose hasta el río Colorado, su desarrollo estaría vinculado al retroceso del Bordo Alto del Payún.

Una característica que se desarrolla en el área del cañadón Amarillo y al este de la Sierra de Reyes labradas sobre terreno mesozoico, son las *huayquerías*, relieve con alta densidad de drenaje y divisorias no muy elevadas pero agudas, con ríos de tipo efímeros y generación de zanjones, cárcavas de escasa profundidad y laterales empinados.

6.4 Hidrogeología

La disponibilidad de información antecedente referida a las propiedades hidráulicas de las unidades que integran la geología del área es sumamente escasa debido a la ausencia de perforaciones ejecutadas con fines hidrogeológicos.

Para la realización de un estudio hidrogeológico de calidad es absolutamente necesario acceder al conocimiento del subsuelo a partir de perforaciones especialmente diseñadas y dedicadas a ese fin. El único medio directo de conocer la respuesta de las unidades alumbradas en cuanto a la capacidad de recibir, alojar y transmitir agua es a través de ensayos de inyección o bombeo.

En la zona de estudio no se ha arribado aún a tal nivel de información, de allí la importancia de algunos antecedentes que a priori pueden parecer pobres o limitados pero que han orientado las tareas aquí presentadas desde el inicio.

Unidades hidrogeológicas

Las unidades hidrogeológicas que se describen a continuación se establecieron de acuerdo al comportamiento hidrológico de las unidades geológicas que integran la columna estratigráfica, expuesta en el ítem 6.3 (Geología y geomorfología). Complementariamente se tuvo en cuenta también, entre otros, un trabajo realizado por CUEMECCO (Cuenca Media del Río Colorado), para el sector de Potasio Río Colorado (PRC) situado en CAM-sur, consistente en un proyecto de desarrollo territorial – ambiental y económico – productivo (<http://pem.malargue.gov.ar/>), para el departamento de Malargüe.

- Basamento cristalino: Incluye rocas del Precámbrico hasta rocas graníticas del Triásico cuyas grietas y fracturas le asignan una porosidad secundaria característica de acuíferos fisurados.
- Triásico hasta Grupo Mendoza: Integrado por sedimentitas de origen marino (Grupos Cuyos y Mendoza) con escasa permeabilidad y elevada mineralización. Existen registros de zonas hacia el SE (provincia de Neuquén) donde la Formación Mulichinco contiene agua con tenor salino del orden de los 5.000 mg/l (Sosis, 1978).
- Formación Centenario: Secuencia de areniscas, conglomerados y pelitas que conformarían acuitardos y acuicludos, y excepcionalmente acuíferos pobres de alta salinidad.

- **Grupo Rayoso:** Las rocas sedimentarias clásticas (areniscas – conglomerados) de la formación Rayoso podrían actuar como una unidad acuífera, la cual estaría confinada por capas de arcilita del grupo Neuquén inferior y Formación Huitrín superior (Mb. La Tosca) en techo y base respectivamente. En El Trapial (yacimiento ubicado a unos 40 Km al SE de CAM, en la provincia de Neuquén) se menciona un pozo con un caudal específico de 10 m³/día/m. Los niveles explotados son cuerpos irregulares de 1 a 2 m de espesor de sedimentos gruesos, conglomerados finos a areniscas lo que les confiere un comportamiento acuífero con cierto grado de confinamiento y/o semiconfinamiento.
- **Grupo Neuquén:** Sucesión de estratos continentales subhorizontales de areniscas y fangolitas que contienen agua subterránea en niveles acuíferos (también llamados acuíferos multi-unitarios en otras partes de la Patagonia) y reconocidos en numerosas perforaciones, dentro de la cuenca neuquina. En estudios precedentes (CUEMECO) se separa al GN en dos unidades, la unidad Arcilita/Arenisca Neuquén Superior compuesta por aproximadamente 50% arcilita y 50% arenisca de grano fino una conductividad hidráulica muy baja y por debajo la Arcilita Neuquén considerada prácticamente como impermeable. Estas características fueron observadas a grandes rasgos en los análisis petrofísicos realizados en el área.
- **Terciario Volcanoclástico:** se encuentra por encima del Grupo Neuquén, aparece en la parte noroeste de la zona de estudio, conformado por coladas basálticas y arenas sin una consolidación importante. En ellas se hallan las vertientes de la Aguada de Pérez, su comportamiento sería acuífero con buena permeabilidad.
- **Relleno Aluvial reciente:** Constituye la mayor parte del acuífero libre de la planicie aluvial del Río Colorado y de los cañadones de sus tributarios. Formados por sedimentos de textura gruesa no consolidada se desconocen los espesores de esta unidad y la profundidad del nivel freático. En base a estudios geofísicos realizados en el área de CAM para este trabajo, se estima que el desarrollo vertical es de unos metros a poco más de 30 metros por debajo del nivel del terreno.

En el siguiente capítulo se presentan los resultados obtenidos del relevamiento de campo, los cuales aportan datos sobre el conocimiento aproximado del sistema hidrogeológico, y que junto a las unidades aquí descriptas permitirán esbozar un modelo conceptual preliminar.

7 Relevamiento de campo

Las tareas de reconocimiento de campo se llevaron a cabo durante los días 3 al 7 de Abril del corriente, por la Lic. Soledad Ruiz y el Lic. Federico Ciucci; y las mismas complementan el relevamiento efectuado a fines del año 2015 en el área de CAM norte. Durante las mismas se contó con la colaboración y apoyo permanente en campo por parte de personal de YPF.

La información de referencia suministrada por personal de YPF que opera en el campamento El Portón sumado al conocimiento de manifestaciones de agua por puesteros y locales del lugar, permitieron la optimización de los recursos y tiempos de operación de las tareas de campo.

El relevamiento desde una perspectiva hidrogeológica consistió en el reconocimiento y adquisición de datos referidos a manifestaciones de agua subterránea, en su mayoría manantiales, y sistemas de captación tales como pozos cavados a pala o perforados mecánicamente.

7.1 Sitios censados

Durante el censo se apuntaron cuestiones relacionadas a las características constructivas (diámetro, brocal, bomba), uso de la fuente (ganadero, riego, doméstico), frecuencia (continuo, temporario, desuso), profundidad del nivel de agua y caudal aproximado.

En la figura 7.1 se puede consultar la ubicación de los sitios censados durante el relevamiento actual como así también los puntos relevados durante la campaña 2015-2016.

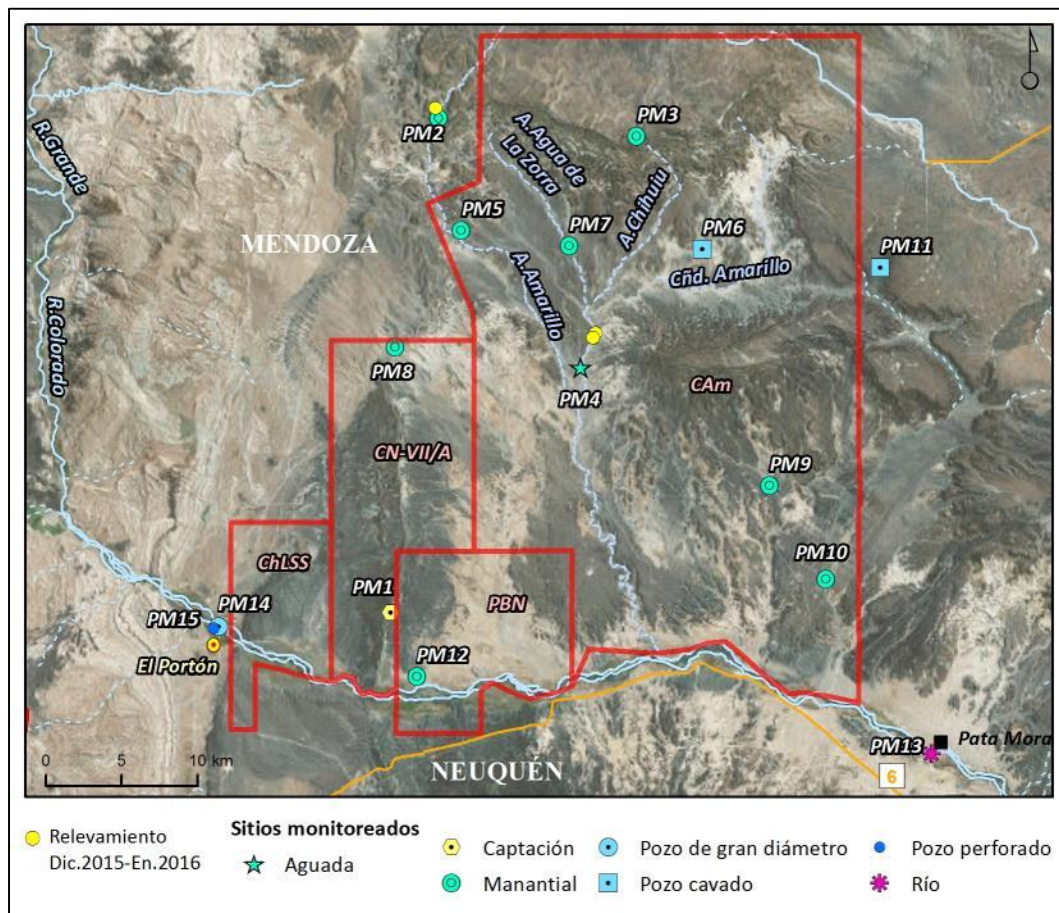


Figura 7.1 Ubicación de sitios censados.

Complementariamente se extrajeron muestras de agua para la determinación de parámetros físico-químicos in situ (pH, conductividad eléctrica, temperatura). El instrumental utilizado para la determinación de profundidad del agua incluyó una sonda marca Solinst modelo Ms-32 de 100 m de longitud. La adquisición de parámetros in situ se llevó a cabo con un conductivímetro marca Lutron CD-4301 y un sensor de pH marca Lutron PH-230SD.

Las técnicas utilizadas en campo para llevar a cabo el muestreo hidroquímico se acoplaron a la norma ASTM D 4448-85a "*Standard Guide for Sampling Groundwater Monitoring Wells*", con la correspondiente identificación y preservación de las muestras, y la elaboración de la cadena de custodia, para su posterior envío al laboratorio Induser S.R.L., quien estuvo a cargo de las determinaciones analíticas.

Las mismas incluyeron los parámetros establecidos en la Resolución Nº 249 del Departamento General de Irrigación de la provincia de Mendoza, que contiene las siguientes determinaciones analíticas : pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, alcalinidad total (expresada como bicarbonatos y carbonatos), dureza total, cloruros, sulfatos, calcio, magnesio, sodio, potasio, boro, metano, VOCs, BTEX, hidrocarburos totales, arsénico, bario, cadmio, cobre, cromo total, hierro total, manganeso, níquel, plomo, zinc, vanadio, aluminio, estroncio, litio, cobalto, mercurio, selenio, radio y uranio.

En todos los puntos relevados se fijaron las coordenadas geográficas con un GPS marca Garmin, modelo eTrex. En el Anexo II se presenta el resumen de los sitios censados detallando sus características y observaciones más relevantes.

El área de estudio se caracteriza por presentar muy pocos habitantes permanentes y caseríos como el que se visualiza en la Fotografía 1 (sitio PM1). En las entrevistas realizadas las personas reconocieron abastecerse de agua de manantiales y pozos artesanales, mientras que aquellos ubicados cerca del Río Colorado aprovechan este recurso con distintos fines (Fotografía 2 - sitio PM12).



Fotografía 1 – Caserío ubicado en extremo sureste del bloque CN-VII/A (sitio PM1).



Fotografía 2 – Canal de captación de agua del Río Colorado (sitio PM12).

7.1.1 Bloque Chihuido de la Salina Sur

El área se caracteriza por presentar un sector central topográficamente elevado, en el que se pudieron reconocer rocas volcánicas de edad miocena identificadas como Gr. Palaoco, y un sector sur, topográficamente más bajo, con presencia de rocas sedimentarias tales como conglomerados, areniscas y fangolitas que conforman los sedimentos de la planicie aluvial del Río Colorado.

De manera preliminar, en gabinete se analizaron imágenes satelitales con el objetivo de identificar sectores de mayor vegetación (zonas verdes) y viviendas, que en principio podrían estar asociadas a fuentes de agua cercanas, sin embargo no se reconocieron posibles puntos de monitoreo. Una vez en campo, se recorrieron los caminos internos y se entrevistó a personal de YPF y puesteros.

Tal como puede visualizarse en la Figura 7.2, se relevaron dos pozos ubicados al OSO del bloque que fueron identificados como PM14 y PM15.

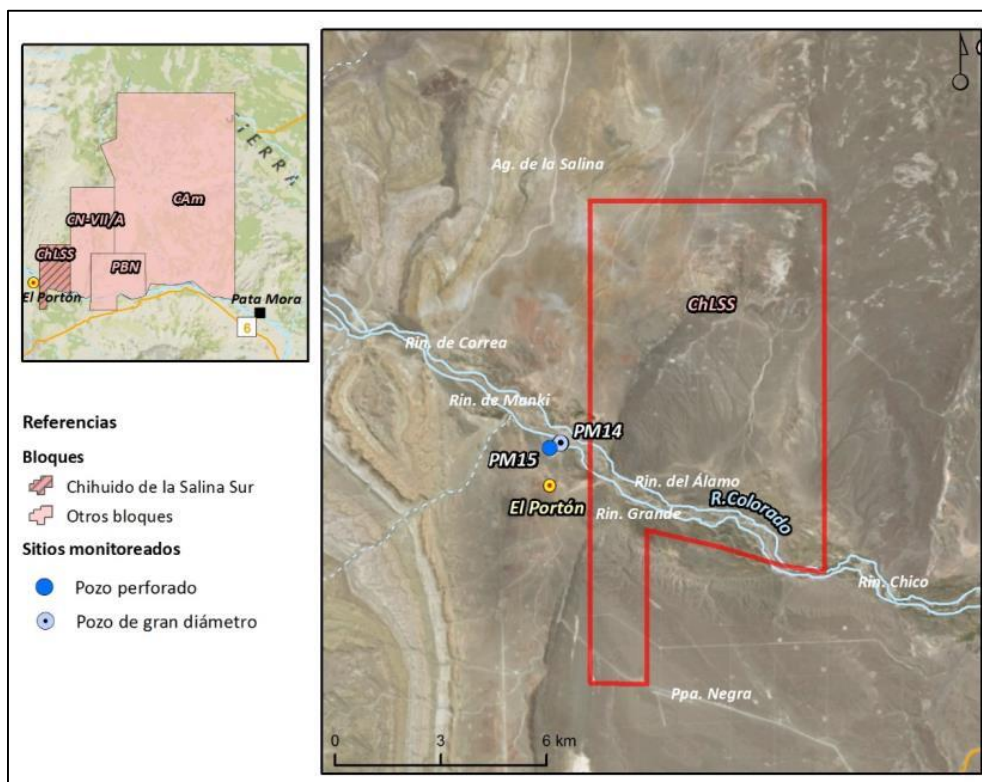


Figura 7.2 Detalle del Bloque Chihuido de la Salina Sur.

El pozo PM15, se encuentra localizado a 1km del campamento El Portón y según información brindada por personal de YPF es utilizado para riego y abastecimiento del campamento. No se cuenta con información del diseño constructivo, pero de acuerdo al relevamiento de campo, desde superficie se reconoció una profundidad de 17 metros y un diseño de entubamiento conformado por cañería de acero negro de 10" de diámetro (Fotografía 3).

Teniendo en cuenta la cercanía con el curso actual del Río Colorado y la similitud química de las muestras de agua analizadas se infiere que dicho pozo estaría captando agua del aluvio.



Fotografía 3 – Pozo de captación de agua (sitio PM15).

Sobre la planicie de inundación del río, se relevó un pozo de gran diámetro identificado como PM14 el cual aporta mayores caudales destinados al abastecimiento del campamento y Planta de Tratamiento de Crudo, ubicada 20 km al Norte.

Se trata de un pozo que presenta una base de hormigón, tapa de acero negro y un diámetro de 3 metros. Según las apreciaciones que se realizaron en campo, el agua es captada del aluvio del río, bombeada y almacenada en tanques como el que se puede visualizar en la Fotografía 4, para posteriormente ser distribuida al campamento y Planta de Tratamiento de Crudo.



Fotografía 4– Sistema de captación y almacenamiento de agua (sitio PM14).

7.1.2 Bloque CN-VII/A

Analogamente a lo observado en el bloque ChLSS, el área se caracteriza por un sector central topográficamente elevado donde se pudieron reconocer rocas volcánicas (Gr. Palaoco) y sedimentarias, tales como conglomerados y areniscas (Gr. Neuquén). Respecto a la zona norte y sur, abundan los depósitos continentales fluviales, principalmente areniscas y conglomerados.

La zona central resulta de muy difícil acceso debido a la elevada pendiente del Co. de la Teta y la ausencia de caminos. En las imágenes satelitales analizadas en el trabajo previo de gabinete, fueron identificados dos puntos denominados PM1 y PM8, que posteriormente fueron confirmados en campo (Figura 7.3).

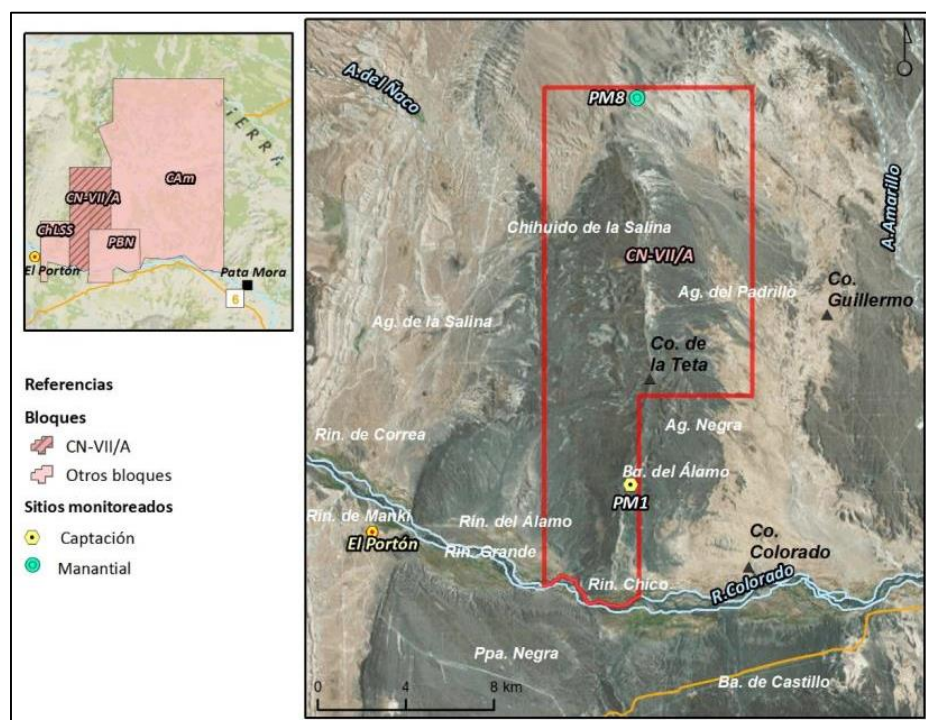


Figura 7.3 – Detalle del Bloque CN-VII/A.

En el punto PM8 se identificó la naciente de un manantial a pocos metros de una vivienda “Puesto Zúñiga”. El agua se presenta debajo del contacto de Areniscas/Fangolitas y escurre pendiente abajo hasta un piletón artificial para posteriormente ser transportada mediante un sistema de zanjas, canalizaciones y mangueras hasta la casa (Fotografía 5).

Según la entrevista realizada con el puestero y las observaciones de campo tales como arboles de gran porte, se trata de una fuente de agua perenne y de uso permanente. Respecto a las mediciones de los parametros in situ, se registró un valor de conductividad del agua de 3.400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a una temperatura de 10,5 °C y un valor de pH de 8,06.



Fotografía 5 – Manantial sitio PM8 “Puesto Zúñiga”.

El punto PM1 se encuentra al pie de la denominada bajada del álamo, en este caso se reconoció una captación de agua freática ubicada a metros de una vivienda. Según la entrevista realizada el agua es utilizada diariamente por la familia, siendo los valores de conductividad medidos 1.167 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a una temperatura de 19 °C y pH levemente alcalino, que le confieren en principio aptitud para consumo (Fotografía 6).

Se trata de una captación cavada a pala realizada a una profundidad de 3 m de la superficie del terreno, sobre horizontes de suelo de texturas arenosas y limosas. El agua es conducida mediante un caño de acero hasta un piletón donde es almacenada y posteriormente transportada mediante caño de material PVC hasta la vivienda.

En este punto se pudo estimar un caudal aproximado de 500 l/h, recurriendo para la estimación, a calcular el tiempo necesario para llenar un recipiente de 20 litros. Las personas entrevistadas reconocieron que se trata de una fuente de agua perenne.



Fotografía 6 – Captación sitio PM1 “Puesto Jorge René Flores”.

7.1.3 Bloque Paso de las Bardas Norte

Al igual que en los bloques Bloques Chihuélde de la Salina Sur y CN-VII/A, el área de Paso de las Bardas Norte se caracteriza por presentar un sector topográficamente elevado, en donde se identificaron principalmente conglomerados y areniscas del cuaternario y rocas volcánicas, mientras que en las zonas bajas, se reconocieron areniscas y conglomerados del Gr. Neuquén de edad cretácica y depósitos modernos asociados a la planicie aluvial del río Colorado.

Respecto a la hidrología, el principal curso de agua es el Río Colorado ubicado al sur del bloque. Asimismo, en la zona central se reconocieron algunos arroyos sin nombre, actualmente secos, de carácter intermitentes.

En relación a la hidrogeología, en principio se analizaron imágenes satelitales del área con el propósito de relevar viviendas o zonas verdes que podrían estar asociadas a manifestaciones de agua subterránea cercanas. La única vivienda reconocida se ubica al suroeste del bloque y fue identificada como PM12 (Figura 7.4). Una vez en el campo, se recorrió la zona y se realizaron entrevistas con puesteros y personal de YPF que confirmaron la ausencia de otros puestos.

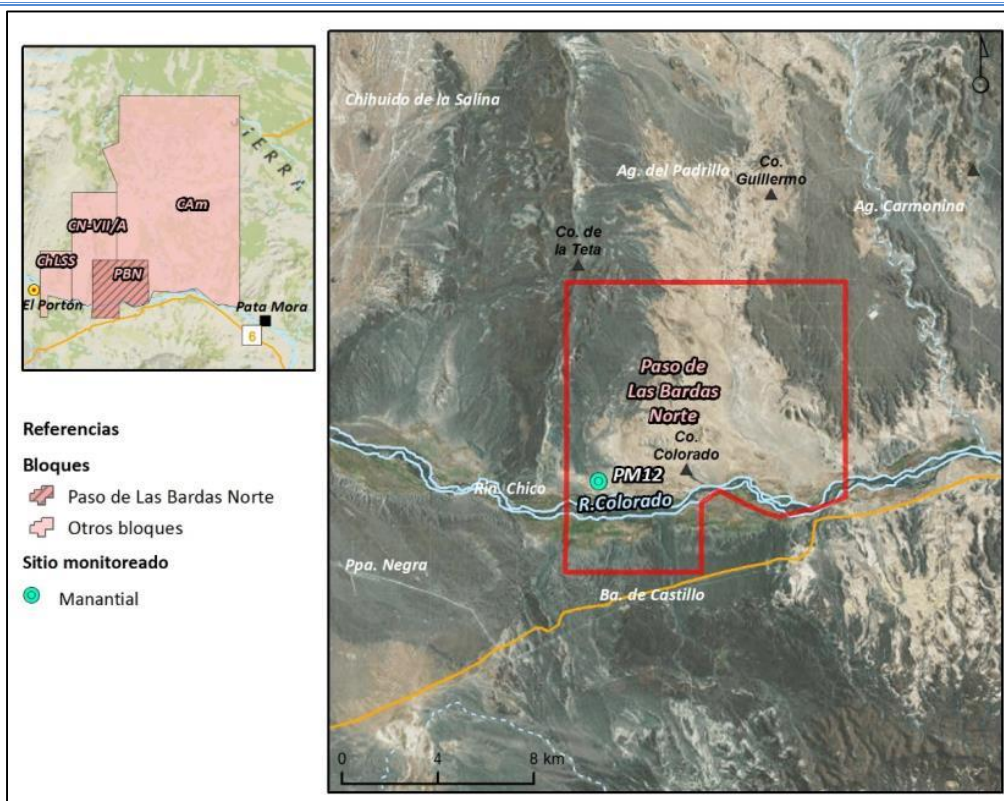


Figura 7.4 – Detalle del Bloque Paso de Las Bardas Norte.

En la entrevista realizada, la familia reconoció utilizar el agua del Río Colorado para riego mientras que el agua para uso doméstico la captan de un manantial que se encuentra 3 km al oeste de la vivienda. No fue posible llegar a la naciente del manantial debido a la ausencia de caminos y dificultad del terreno. Los parámetros relevados de la captación del manantial indican valores de conductividad de $1.960 \mu\text{S}/\text{cm}$ a una temperatura de 25°C y pH levemente alcalino.

En la Fotografía 7 se puede visualizar el sistema de captación de agua del manantial (izquierda) y el canal de captación del Río Colorado (derecha).



Fotografía 7 – Captación del manantial (Izquierda) y captación del río (derecha).

7.1.4 Bloque Cañadón Amarillo

Es el bloque con mayor extensión de los cuatro analizados (figura 7.5), en la zona norte se reconocieron rocas volcánicas en la denominada Pta. de la Barda al igual que en la zona centro en la denominada Lo. del Medio. El resto del área, se caracteriza por presentar areniscas y conglomerados de edad cretácica, identificadas como Gr. Neuquén y sedimentos modernos del cuaternario.

Dentro del área se identificaron tres arroyos principales denominados Amarillo, Agua de La Zorra y Chihui, caracterizados como intermitentes, con sentido de escurrimiento hacia el sur. Sobre el cauce de estos arroyos o en las inmediaciones de los mismos, en general se identificaron manantiales y aguadas. Se entiende como aguada a: “una manifestación de agua subterránea en superficie cuya acumulación se ve facilitada a partir de una excavación”.

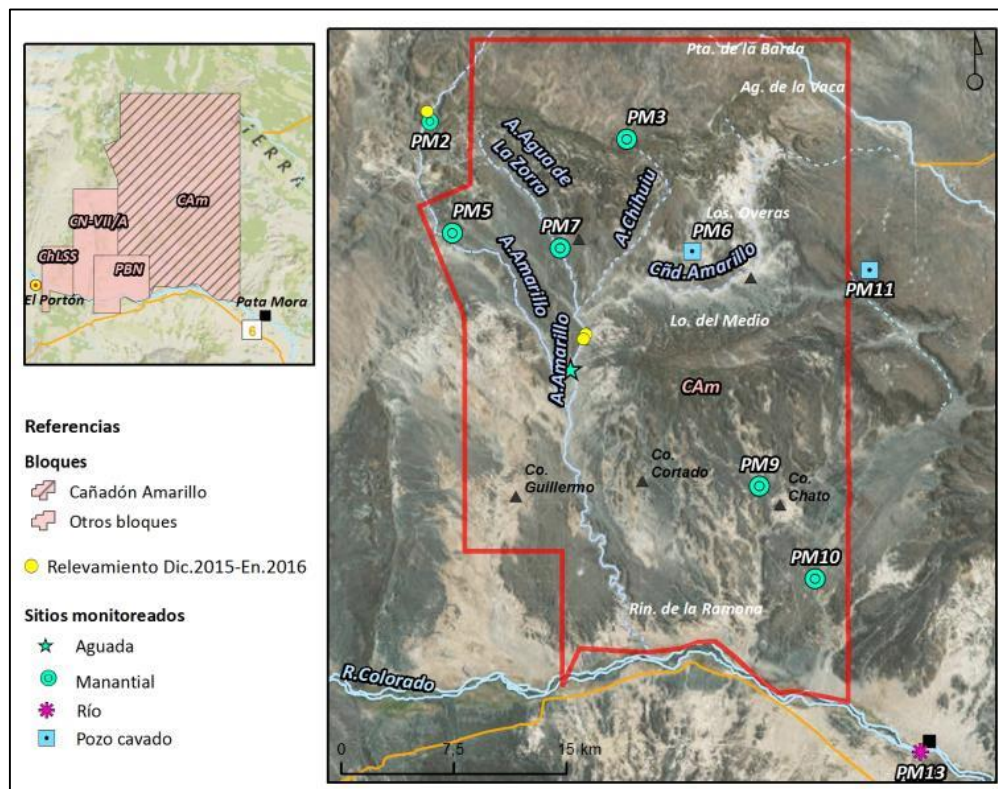


Figura 7.5 – Detalle del Bloque Cañadón Amarillo.

En la zona noroeste, sobre el cauce del arroyo amarillo, se reconoció una zona con abundante vegetación, tipo mallín y desarrollo de árboles de mayor porte en torno a sedimentos arenosos y limo-arcillosos (sitio PM2, fotografía 8).

Durante la recorrida de campo no se observó la naciente del manantial, no obstante se identificó un sistema de captación construido en el contacto entre los sedimentos arenosos y limo-arcillosos, en este punto se midió un valor de conductividad del orden de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El puestero entrevistado afirmó que se trata de una fuente de agua permanente utilizada para consumo humano, como así también para uso ganadero y de riego.



Fotografía 8 – Manantial sitio PM2 “Aguada de Perez”.

Hacia el sur, también sobre el cauce del arroyo amarillo, se relevó otro manantial con valores de conductividad algo más altos $3.800 \mu\text{S}/\text{cm}$ (sitio PM5, fotografía 9). En campo se observó una zona húmeda, topográficamente más baja, identificada como la naciente del manantial. Las siguientes dos Fotografías fueron tomadas desde un mismo punto, hacia adelante y hacia atrás, y pretenden mostrar la zona húmeda (naciente) y el manantial. Es importante aclarar que, a diferencia del PM5, el agua se encuentra en desuso.



Fotografía 9 – Manantial sitio PM5.

Hacia el Este de estos puntos, sobre los cauces de los arroyos Agua de la Zorra y Chihuiu, se relevaron dos manantiales identificados como PM3 y PM7. En ambos sitios se reconocieron condiciones algo más secas, con escasa vegetación, de tipo arbustiva con espinas.

En el “Puesto Navarro” sitio PM3, la naciente se encuentra por debajo de rocas volcánicas sobre el cauce del arroyo. Asimismo, la persona entrevistada reconoció que se trata de una fuente de agua permanente que es aprovechada para uso ganadero y doméstico. Los diques construidos con rocas permiten la acumulación de agua en “piletones” como se observan en la Fotografía 10.



Fotografía 10 – Manantial sitio PM3.

A diferencia de lo expuesto, el manantial identificado como PM7 se encuentra en desuso. Este sitio fue relevado en la campaña de diciembre de 2015, de modo que podría tratarse de una fuente perenne. La naciente del mismo se encuentra por encima de una barda y escurre pendiente abajo a través de sedimentos arenosos y limosos (Fotografía 11).



Fotografía 11 – Manantial sitio PM7.

En la zona noreste se relevaron dos pozos artesanales con diseños constructivos similares, cavados a pala, con un diámetro de 1,5 m y una profundidad aproximada de 4 m por debajo de la superficie del terreno (Sitios PM6 y PM11).

El pozo PM6 se encuentra ubicado sobre el cauce de un arroyo y está construido sobre rocas sedimentaria tales como conglomerados y areniscas. Junto al mismo se identificó una excavación de una profundidad aproximada de 3 m que es aprovechada por el ganado como fuente de agua (Fotografía 12).



Fotografía 12 – Excavación y Pozo artesanal (sitio PM6).

A diferencia del anterior, el pozo PM11 (fotografía 13) se encuentra en una zona topográficamente elevada, y está construido sobre rocas sedimentarias tales como conglomerados y areniscas. Es importante aclarar que la familia utiliza el agua como fuente de bebida desde hace más de 20 años, lo que indica que se trata de una fuente perenne.



Fotografía 13 – Pozo artesanal (sitio PM11).

En la zona sur-este, a unos 4,5 km de la RP Nº 180 se relevó el punto PM9 “Puesto Jacinto Hernández”. A pocos metros de la vivienda se localizó un manantial que aflora en el contacto entre areniscas y fangolitas. A unos 20 m del mismo, se observó un sistema de captación artesanal construido por el puestero que se puede visualizar en la Fotografía 14. La persona entrevistada reconoció que se trata de una fuente de agua perenne de uso ganadero.



Fotografía 14 – Manantial sitio PM9 (izquierda) y sistema de captación (derecha).

Distante 7,5 km al sur-este del “Puesto Jacinto Hernández” se reconoció otro manantial (sitio PM10, fotografía 15) con similares valores de conductividad y pH, aunque en este caso no se pudo identificar la naciente del mismo. El puestero entrevistado reconoció utilizar el agua para uso ganadero.



Fotografía 15 – Manantial sitio PM10

En la zona centro-oeste se identificó una aguada (sitio PM4, fotografía 16) ubicada sobre el cauce del arroyo Amarillo. Cabe aclarar que durante la campaña realizada por Hidroar S.A en el año 2015, se reconocieron otras aguadas sobre el mismo cauce. En este caso la unidad portadora de agua es el conjunto de sedimentos del relleno aluvial (Fotografía 16).



Fotografía 16 – Aguada (sitio PM4)

Respecto a los puntos de monitoreo de agua superficial, se midieron valores de conductividad, temperatura y pH en el río Colorado, aguas arriba (sitio PM14) y aguas abajo (sitio PM13) del área de estudio. En ambos puntos se obtuvieron valores similares, con pH de características alcalinas y conductividades entre 1000 y 1.100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a una temperatura de 17 °C.

7.2 Hidroquímica – Resultados analíticos

En el presente capítulo se desarrolla la evaluación química de los datos de laboratorio disponibles a la fecha, a partir de los resultados analíticos de 15 muestras de agua, extraídas durante la primera semana de abril de 2019 y analizadas por el laboratorio INDUSER S.R.L.

El relevamiento de campo consistió en el reconocimiento y adquisición de datos referidos a manifestaciones de agua subterránea del acuífero freático, en su mayoría manantiales, y sistemas de captación tales como pozos cavados a pala o perforados mecánicamente.

Las características de cada sitio de muestreo se presentan en la Tabla 7.1, donde se identifican las características constructivas (diámetro, brocal, bomba), uso de la fuente (ganadero, riego, doméstico), frecuencia (continuo, temporario, desuso), profundidad del nivel de agua y caudal aproximado.

La distribución espacial de las muestras se grafica en la Figura 7.6. El 67% de los muestreos se concentran dentro del área de estudio, y el 33% restante se encuentran fuera del área, muy cercana a los límites.

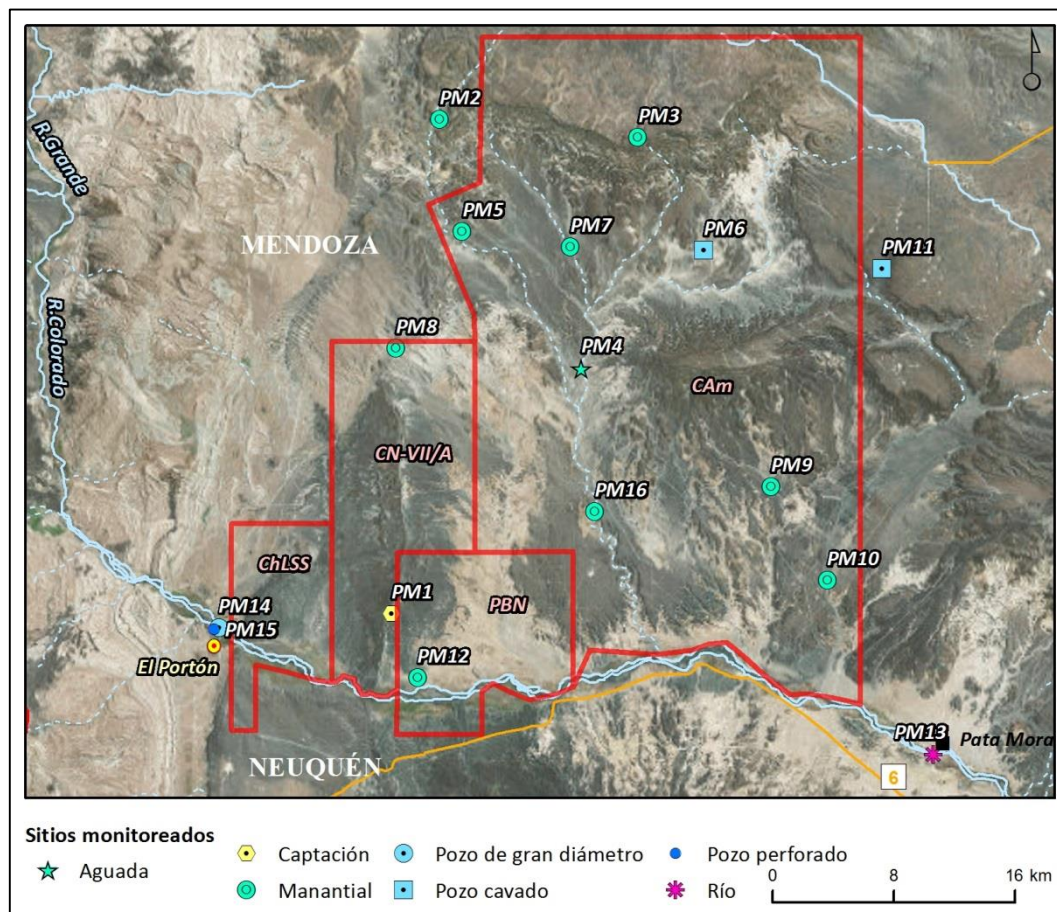


Figura 7.6: Distribución de puntos de muestreo

Sobre las muestras extraídas se analizaron los parámetros físico-químicos establecidos por la Resolución Nº 249 del Departamento General de Irrigación de la provincia de Mendoza (ver Tabla 7.1).

Parámetros	Método	Unidad
Hidrocarburos Totales de Petróleo	EPA 418.1	mg/l
pH	SM 4500-H B (#)	UpH
Conductividad a 25 °C	SM 2510 B (#)	μS/cm
Sólidos Disueltos Totales 180 °C	SM 2540 C (#)	mg/l
Alcalinidad Total	SM 2320 B (#)	mg/l
Carbonato	SM 2320 B (#) / Calculo	mg/l
Bicarbonato	SM 2320 B (#) / Calculo	mg/l
Dureza Total	SM 2340 B (#)	mg/l
Cloruro	SM 4110 B (#)	mg/l
Sulfato	SM 4110 B (#)	mg/l
Calcio	ISO 14911: 1998	mg/l
Magnesio	ISO 14911: 1998	mg/l
Sodio	ISO 14911: 1998	mg/l
Potasio	ISO 14911: 1998	mg/l
Metano	EPA 5021 A/ GC-FID (*)	mg/l
VOC's	EPA 5021 A/ 8260 D	μg/l
BETX	EPA 5021 A/ 8260 D	μg/l
Hierro Total	EPA 3015 A/ 6020 B	mg/l
Manganeso	EPA 6020 B	mg/l
Aluminio	EPA 6020 B	mg/l
Estroncio	EPA 6020 B	mg/l
Litio	EPA 6020 B	mg/l
Uranio	EPA 6020 B	mg/l
Arsénico	EPA 6020 B	mg/l
Bario	EPA 6020 B	mg/l
Boro	EPA 6020 B	mg/l
Cadmio	EPA 6020 B	mg/l
Zinc	EPA 6020 B	mg/l
Cobalto	EPA 6020 B	mg/l
Cobre	EPA 6020 B	mg/l
Cromo	EPA 6020 B	mg/l
Mercurio	EPA 7470 A	mg/l
Níquel	EPA 6020 B	mg/l
Plomo	EPA 6020 B	mg/l
Selenio	EPA 6020 B	mg/l
Vanadio	EPA 6020 B	mg/l
Radio	RUSHING	pCi/L

Tabla 7.1: Determinaciones de parámetros fisicoquímicos y elementos mayoritarios considerados.

Los análisis químicos de las muestras de agua se han evaluado desde tres enfoques metodológicos, en primer instancia mediante la revisión de datos y verificación de su representatividad, a través de la caracterización hidroquímica para los distintos sectores y por último, mediante la evaluación de la calidad del agua desde el punto de vista de su salinidad y en función de la aptitud para consumo humano.

7.3.1 Revisión de datos de laboratorio

Representatividad de las muestras

En primera instancia, se consideraron distintos criterios para evaluar la representatividad de las muestras, como ser tipo de muestreo y cálculo del error de balance iónico.

➤ Tipo de muestreo

Los muestreos se corresponden con diversas manifestaciones de agua subterránea, en su mayoría manantiales, y sistemas de captación tales como pozos cavados a pala o perforados mecánicamente (ver Tabla 7.1)

➤ Balance iónico – Cálculo del error

El grado de representatividad de los datos se determinó calculando el error de balance de cargas iónicas en base a los elementos mayoritarios en el agua. En este caso, el error de laboratorio se calculó mediante la fórmula de Custodio y Llamas (1996):

$$\text{Error (\%)} = 200 * ((r\text{Cationes} - r\text{Aniones}) / (r\text{Cationes} + r\text{Aniones}))$$

El porcentaje aceptable de error está ligado a los valores de conductividad eléctrica obtenido, ya que el mismo se reduce cuánto más salina es la muestra. En este sentido, las muestras con conductividad eléctrica superiores a 200 $\mu\text{S/cm}$, admiten errores en el orden del 8-10% para considerarse representativas.

En la Tabla 7.2 se muestran los errores de balance calculados para las distintas muestras analizadas, donde se aprecia que en todos los casos el porcentaje es aceptable.

Punto de monitoreo	Ubicación	Tipo	% de error
PM1	Puesto Jorge René Flores	Captación	1,90
PM2	Aguada de Perez	Manantial	-8,18
PM3	Puesto Navarro	Manantial	0,09
PM4	Cauce de arroyo	Aguada	-4,76
PM5	Cauce de arroyo	Manantial	-4,04
PM6	Puesto Díaz - Cortez	Pozo cavado	0,26
PM7	Cauce de arroyo	Manantial	-5,82
PM8	Puesto Zúñiga	Manantial	-6,45
PM9	Puesto Jacinto Hernández	Manantial	-1,07
PM10	Puesto Rincón Blanco	Manantial	-6,91
PM11	Puesto Agua de Campo	Pozo cavado	-3,66
PM12	Puesto Jorge Jesús Flores	Manantial	-0,14
PM13	Puente Pata Mora	Río	-8,17
PM14	El Portón	Pozo gran diámetro	-9,22
PM15	El Portón	Pozo perforado	-7,94

Tabla 7.2. Errores de balance iónico calculados para las muestras de agua.

7.3.2 Caracterización hidroquímica

Para analizar la composición química general del agua y variaciones entre los sectores de trabajo, se elaboraron representaciones gráficas que permitan diferenciar familias químicas en función de la concentración de iones mayoritarios (calcio, magnesio, sodio, potasio, bicarbonatos, sulfatos y cloruros).

Por ello se optó por volcar la información en gráficos de Piper y Schoeller para cada área junto con la elaboración de mapas hidroquímicos mediante el uso de diagramas Stiff (Mapa 9 del Anexo I), los cuales permiten ver cambios espaciales en la composición del agua.

El gráfico de Piper se basa en la representación de aniones y cationes mayoritarios en diagramas ternarios de escala porcentual (% de meq/l), donde cada muestra es simbolizada por un punto. Los puntos contenidos en los triángulos son proyectados a un rombo síntesis, que permite clasificar al agua en familias de comportamiento iónico y consecuentemente, apreciar si pertenecen a un mismo o diferentes acuíferos, dentro de cada uno, a zonas de recarga, circulación o descarga y otras características de interés.

Schöeller-Berkaloff utiliza un diagrama semilogarítmico, ubicando las concentraciones de meq/litro sobre el eje logarítmico y los iones sobre el decimal, facilitando la calificación iónica del agua y el agrupamiento familiar y reflejando con claridad su estadio evolutivo.

El diagrama Stiff es netamente geométrico, donde en tres líneas horizontales se representan en los extremos las concentraciones en meq/l de cationes (izquierda) y aniones (derecha), a escala a partir de una vertical central. Unidos los puntos extremos de cada línea, quedan formadas figuras irregulares que reflejan en su geometría el comportamiento hidroquímico de cada muestra.

Además del análisis mencionado, se aplicó el criterio de clasificación del agua según su dureza (Custodio y Llamas, 1996) que se muestra en el siguiente cuadro:

Rango Dureza (ppm en CaCO ₃)	Clasificación
0 hasta 50	Blanda
50 hasta 100	Algo dura
100 hasta 200	Dura
Mayor a 200	Muy dura

Dada la cantidad de muestras y con el objetivo de facilitar la visualización gráfica del análisis hidroquímico del agua subterránea, el sector se dividió en dos áreas. La primera comprende los bloques Chihuido de la Salina Sur (ChLSS), CN-VII/A y Paso de las Bardas Norte (PBN). La segunda, el bloque Cañadón Amarillo (CAM).

Área 1 - Chihuido de la Salina Sur (ChLSS), CN-VII/A y Paso de las Bardas Norte (PBN)

En estos bloques, situados hacia el sector occidental se consideraron las 6 muestras obtenidas (PM-1, PM-8, PM-12, PM-13, PM-14 y PM-15).

La salinidad varía entre contenidos mínimos de STD de 706 mg/L para la muestra PM-15 y máximo de 3020 mg/L para PM-8, representando agua dulce y salobre.

En relación a la dureza, predomina el agua muy dura en todos los sitios, con valores entre 245 y 1330 mg/L CaCO₃.

En el análisis de la composición del agua se identificaron dos familias claramente diferenciadas. Una es predominantemente *clorurada sulfatada calcosódica* (Figura 7.7 y 7.8), y corresponde a muestras tomadas del Río Colorado (PM-13) o captaciones ubicadas en depósitos aluviales próximos al cauce del río (PM-14 y PM-15). La otra familia está constituida por aguas netamente *sulfatadas* con variaciones catiónicas entre cálcicas y sódicas.

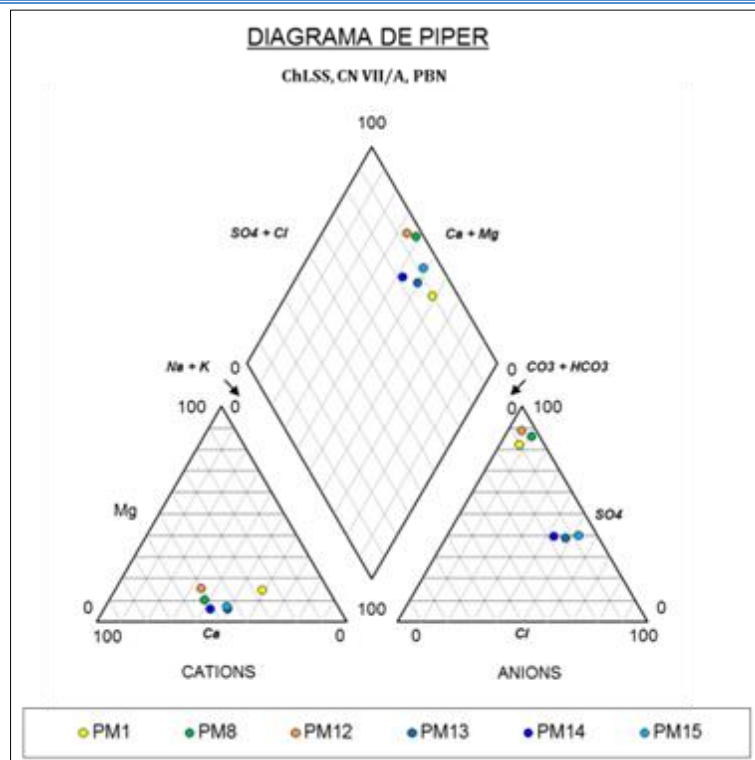


Figura 7.7: Diagrama de Piper para la composición química del agua en Área 1.

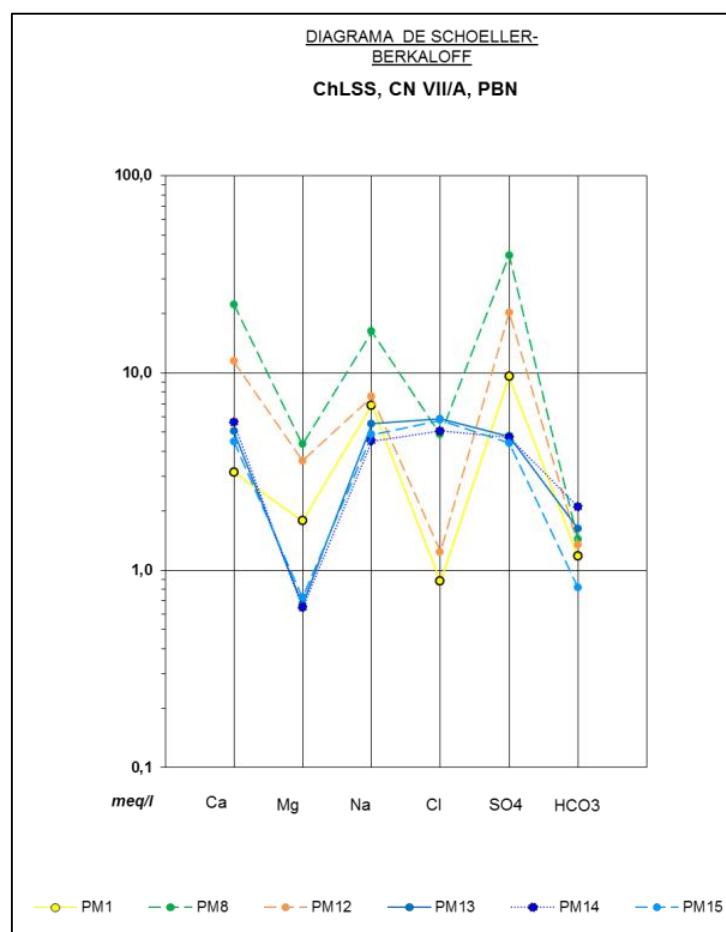


Figura 7.8. Diagramas de Schoeller para la composición química del agua en Área 1.

Área 2 - Cañadón Amarillo (CAM)

En este bloque, situado hacia el sector oriental se consideraron las 9 muestras obtenidas (PM-2, PM-3, PM-4, PM-5, PM-6, PM-7, PM-9, PM-10 y PM-11).

La salinidad varía entre contenidos mínimos de STD de 1050 mg/L para la muestra PM-3 y máximo de 7254 mg/L para PM-7, representando condiciones de agua dulce a salada.

En relación a la dureza, predomina el agua muy dura en todos los sitios, con valores entre 337 y 1720 mg/L CaCO_3 .

En el análisis de la composición del agua se identificaron dos familias diferenciadas en base al catión mayoritario predominante. Las muestras PM-2 y PM-7 presentan un comportamiento iónico similar, que las ubica dentro del campo de aguas de características *sulfatada sódica* y las muestras PM-9 y PM-10 se manifiestan como *sulfatadas cálcicas*. El resto de los sitios (PM-3, PM-4, PM-5, PM-6 y PM-11) presentan aguas netamente *sulfatadas* con variaciones catiónicas entre Ca y Na. (Figuras 7.9 y 7.10).

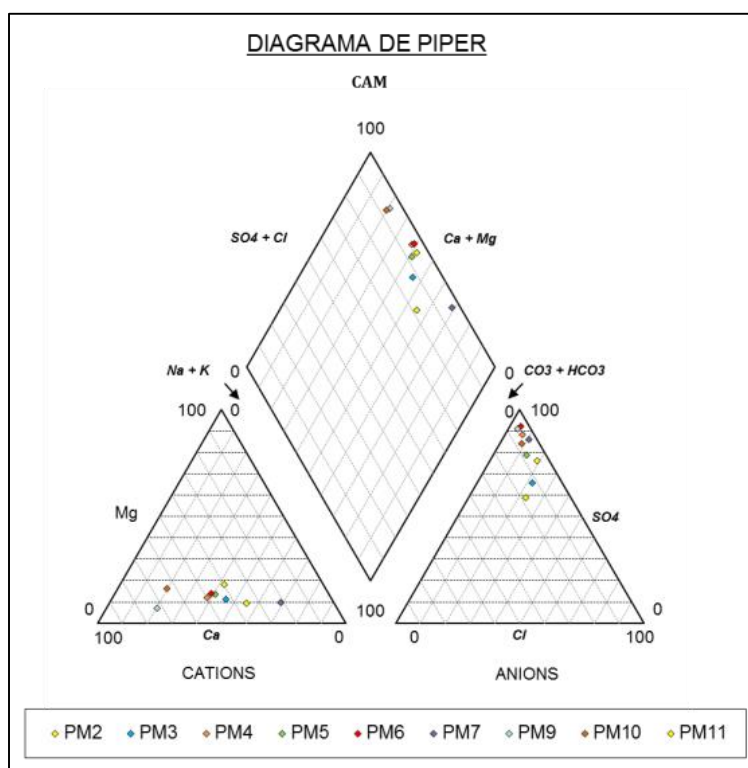


Figura 7.9. Diagrama de Piper para la composición química del agua en Área 2.

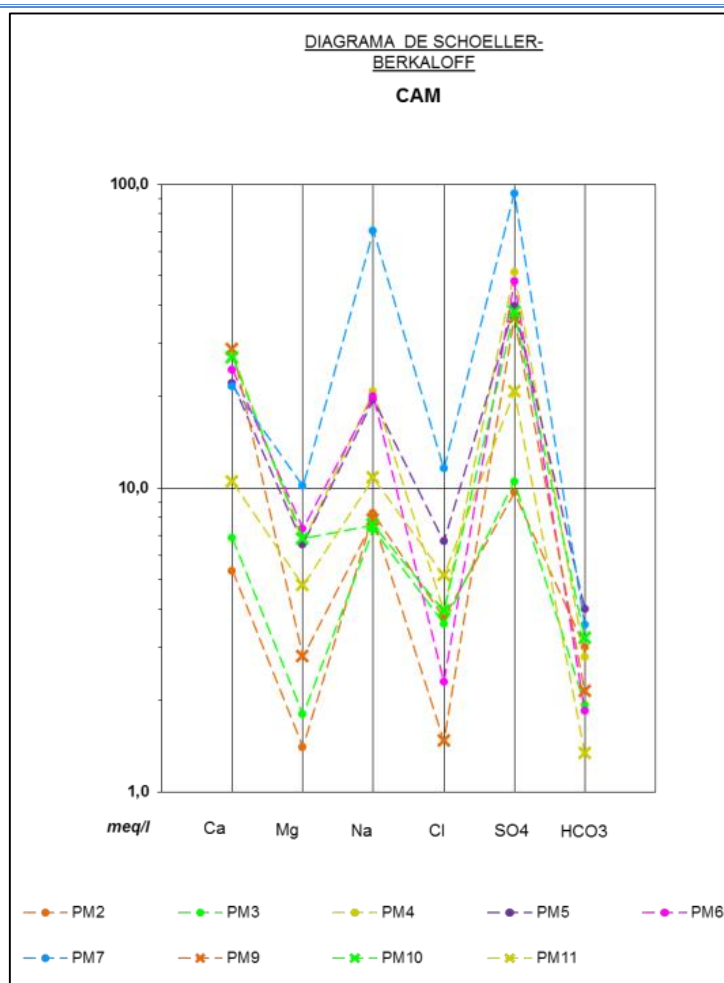


Figura 7.10. Diagrama de Schoeller para la composición química del agua en Área 2.

En el sector sur de CAM se tuvo en cuenta también información antecedente correspondiente al trabajo realizado por CUEMECCO (Fuente: <http://pem.malargue.gov.ar>), en la planta de Potasio Río Colorado, donde se cita que la calidad del agua subterránea basada en estudios de monitoreo presenta un neto predominio (100%) de aguas sulfatadas, con ausencia total de aguas cloruradas y bicarbonatadas y con predominio del catión calcio. La calidad del agua subterránea resulta en niveles elevados de sólidos disueltos totales y no es apta para consumo humano; no obstante, algunas de las fuentes son aptas para uso del ganado.

7.3.3 Análisis de calidad del agua

Criterios de aptitud según el uso

Teniendo en cuenta que la Resolución Nº 35/96 del Departamento General de Irrigación de la provincia de Mendoza contempla niveles guía de calidad para diferentes usos, deben en este caso tomarse como referencia. A su vez, se amplía el análisis teniendo en cuenta el uso para **consumo humano**, según la versión revisada y actualizada del Código Alimentario Argentino (CAA), en su artículo 982 (Tabla 7.3).

		CAA. Artículo 982	Ente Provincial del Agua y Saneamiento
Parámetro	Unidad	Uso humano	Res. 35/96
pH	-	6.5-8.5	6.5-8.5
Sodio (RAS ajustado)			
Conductividad eléctrica	μS/cm		2500
Solidos Totales Disueltos	mg/L	1500	
Oxigeno Disuelto	mg/L	-	
Dureza	mg/L	400	500
Aluminio total	mg/L	-	0,2
Antimonio (Total)	mg/L	0,02	
Arsénico (Total)	mg/L	0,01	0,05
Bario (Total)	mg/L	-	0,7
Boro (Total)	mg/L	0,5	0,3
Cadmio (Total)	mg/L	0,005	0,003
Cianuro (Total)	mg/L	0,1	0,07
Cinc (Total)	mg/L	5	
Cloro residual	mg/L	0.2-0.5	400
Cloruros	mg/L	350	
Cobalto (Total)	mg/L	-	
Cobre (Total)	mg/L	1	1
Cromo (Total)	mg/L	0,05	
Cromo (+6)	mg/L	-	0,05
Detergentes	mg/L	0,5	
Fluoruro (Total)	mg/L	0.9-1.7	1,5
Hierro (total)	mg/L	0,3	0,2
Manganeso (Total)	mg/L	0,1	0,1
Mercurio (Total)	mg/L	0,001	0,001
Molibdeno	mg/L	-	
Níquel (Total)	mg/L	0,02	
Nitrato	mg/L	45	50
Nitrito	mg/L	0,1	3
Paladio (Total)	mg/L	-	
Plata (Total)	mg/L	0,05	0,05
Plomo (Total)	mg/L	0,05	0,01
Selenio (Total)	mg/L	0,01	0,01
Sulfato	mg/L	400	400
Uranio (Total)	mg/L	-	
Hidrocarburos	mg/L	Ausencia	
Vanadio (Total)	mg/L	-	

Tabla 7.3: Límites establecidos para determinar aptitud del agua con fines de uso humano.

Aptitud para consumo humano

En base a los límites que se presentan en el Tabla 7.4, se establecieron las categorías de APTA y NO APTA.

Dada la cantidad de muestras analizadas, los analitos y las tablas de protocolos, se optó por subdividir y graficar en tres cuadros de 5 muestras cada uno, distinguiendo los analitos que exceden los límites.

		Q 287859	Q 287860	Q 287861	Q 287862	Q 287863
Parámetros	Unidad	PM-1	PM-2	PM-3	PM-4	PM-5
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/l	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
pH	UpH	7,4	7,8	7,2	7,3	7,8
Conductividad a 25 °C	µS/cm	1183	1508	1576	4250	3830
Sólidos Disueltos Totales 180 °C	mg/l	820	1090	1050	3890	3428
Alcalinidad Total	mg/l	59,2	150	97,1	138	200
Carbonato	mg/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Bicarbonato	mg/l	72,2	183	118	169	244
Dureza Total	mg/l	245	337	433	1720	1440
Cloruro	mg/l	31,2	133	127	140	237
Sulfato	mg/l	461	464	505	2470	1910
Calcio	mg/l	62,8	107	137	555	444
Hierro Total	mg/l	< 0.10	1,44	0,35	0,74	< 0.10
Manganeso	mg/l	< 0.03	< 0.03	< 0.03	0,35	< 0.03
Arsénico	mg/l	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010
Bario	mg/l	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50
Boro	mg/l	< 0.2	0,3	< 0.2	0,7	0,7
Cadmio	mg/l	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
Vanadio	mg/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05

Tabla 7.4. Muestras PM1 a PM5

En la Tabla 7.4 se exponen los resultados de las muestras PM-1 a PM-5, donde puede observarse que todas se consideran **NO APTAS** para el consumo humano; siendo las menor calidad las correspondientes a los puntos de muestreo PM-4 y PM-5, por sobrepasar los límites establecidos en Conductividad, TDS, Dureza, Sulfatos y Boro. Las muestras PM-1 y PM-2 sólo se exceden escasamente en Sulfatos, donde el límite es de 400 mg/l.

		Q 287864	Q 287865	Q 287866	Q 287867	Q 287868
Parámetros	Unidad	PM-6	PM-7	PM-8	PM-9	PM-10
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/l	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
pH	UpH	7,4	8,0	7,5	7,6	7,7
Conductividad a 25 °C	µS/cm	4010	8110	3500	2960	3220
Sólidos Disueltos Totales 180 °C	mg/l	3620	7254	3020	2780	3010
Alcalinidad Total	mg/l	92,9	178	71,79	108	161
Carbonato	mg/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Bicarbonato	mg/l	113	217	87,6	131	196
Dureza Total	mg/l	1590	1590	1330	1570	1690
Cloruro	mg/l	81,9	412	173	52,2	140
Sulfato	mg/l	2300	4480	1890	1750	1820
Calcio	mg/l	491	433	444	574	539
Hierro Total	mg/l	11,6	0,28	0,10	0,12	< 0.10
Manganeso	mg/l	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	1,92
Arsénico	mg/l	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010
Bario	mg/l	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50
Boro	mg/l	0,5	2,2	0,4	0,8	0,5
Cadmio	mg/l	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
Vanadio	mg/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0,06	< 0.05

Tabla 7.5. Muestras PM6 a PM10

La Tabla 7.5 exhibe los resultados de las muestras PM-6 a PM-10, donde se puede observar que también en este grupo todas se consideran **NO APTAS** para el consumo humano; siendo las más comprometidas PM-7 y PM-10 por superar los límites establecidos en Conductividad, TDS, Dureza, Cloruros, Manganeso, Sulfatos y Boro.

		Q 287869	Q 287870	Q 287871	Q 287872	Q 287873
Parámetros	Unidad	PM-11	PM-12	PM-13	PM-14	PM-15
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/l	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
pH	UpH	7,5	7,1	8,0	7,7	7,3
Conductividad a 25 °C	µS/cm	2340	1964	1211	1152	1109
Sólidos Disueltos Totales 180 °C	mg/l	1850	1610	790	792	706
Alcalinidad Total	mg/l	67,3	67,3	81,3	105	40,9
Carbonato	mg/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Bicarbonato	mg/l	82,1	82,1	99,2	128	49,9
Dureza Total	mg/l	762	750	286	312	261
Cloruro	mg/l	183	44,0	208	180	205
Sulfato	mg/l	996	970	229	226	212
Calcio	mg/l	210	229	101	112	90,1
Hierro Total	mg/l	< 0.10	< 0.10	0,48	< 0.10	1,68
Manganeso	mg/l	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	0,07
Arsénico	mg/l	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010
Bario	mg/l	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50
Boro	mg/l	0,6	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Cadmio	mg/l	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
Vanadio	mg/l	0,09	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05

Tabla 7.6. Muestras PM11 a PM15

En el grupo de muestras de los puntos del relevamiento PM-11 a PM-15 (Tabla 7.6), se destaca que las muestras PM-13, PM-14 y PM-15 son **APTAS** para el consumo humano ya que ninguno de los analitos supera los límites fijados, mientras que los puntos PM-11 y PM-12, exceden los límites relativos a TDS, Dureza, Sulfatos y Boro.

Hidrocarburos, BTEX. VOC's y metales pesados

Si bien estos compuestos no se tuvieron en cuenta al momento de tipificación de aptitud para consumo humano, por no estar contemplados en la Resolución N° 35/96 del Departamento General de Irrigación, es adecuado remarcar que estas sustancias fueron analizadas en laboratorio en la totalidad de las muestras y en todos los casos arrojaron resultados por debajo del límite de detección (ver protocolos, Anexo III).

Elementos radiactivos

En lo que respecta a los elementos radiactivos fueron determinadas en laboratorio las concentraciones de U y el Ra (226). Debido a la ausencia de límites normados para consumo humano estos elementos no fueron evaluados para aptitud.

Si bien en 10 de las 15 muestras de agua analizadas se hallaron valores de Ra por encima del límite de detección, todas se encuentran dentro de los valores medios esperables para agua subterránea según Custodio, E. & M. R. Llamas 1983. En el caso del Ra (226) ninguna de las muestras extraídas supera los límites fijados (5 pCi/L) por la Resolución 778/96 para la protección de la calidad de aguas, dando valores entre 0,3 y 1,1 pCi/L.

8 Análisis petrofísico

El objetivo de este análisis es aplicar diferentes metodologías para la identificación de capas acuíferas de interés en cumplimiento con la norma adoptada por la Provincia de Mendoza, a través de la salinidad obtenida por métodos indirectos. En el presente capítulo se desarrolla en detalle la metodología utilizada a partir de la interpretación de diversos datos provenientes de los perfiles de pozos petroleros, que han sido procesados mediante el software Sahara 3.2.

En la industria petrolera, la información obtenida mediante la aplicación de técnicas indirectas, ofrecen resultados sin la necesidad de muestrear y analizar directamente el agua contenida en las capas de interés. De esta forma, existen técnicas que permiten estimar datos mediante la aplicación

de relaciones entre variables, los cuales se basan en supuestos que enmarcan los escenarios hipotéticos.

La interpretación petrofísica de perfiles de pozo es una de ellas, tradicionalmente utilizada para la evaluación de formaciones, en conjunto con la observación binocular de cutting, cronometraje, cromatografía de gases, análisis de testigo corona, testigos laterales, ensayos de formación, etc.

Dichas técnicas se utilizan para determinar composición, propiedades físicas y químicas de las rocas y de los fluidos que contienen. Cada método por sí mismo aporta información específica, que comparada o complementada con otras fuentes de datos, llevan a una interpretación más precisa de los resultados. Esta precisión, alcanza niveles de mayor confiabilidad en los casos donde se incluyen “datos duros” o directos, como por ejemplo un análisis realizado sobre una muestra de fluido obtenida de la zona de interés.

Fundamentos del método indirecto

El método consiste en obtener valores de concentración de sales para los acuíferos identificados en el perfil de los pozos, mediante la relación de valores de conductividad estimados a través de datos de resistividad.

Para lograr estas relaciones y equivalencias, se recurre al uso de los Ábacos de soluciones de Schlumberger que relacionan temperaturas, resistividades y concentraciones de sales totales equivalentes expresadas como cloruro de sodio (NaCl).

Las concentraciones no resultan directamente proporcionales al total de sales disueltas (STD) cuando se estiman para los acuíferos de capas ubicadas por encima de la zona de interés petrolero (distintas químicamente a las aguas de formación), debido a la presencia de otros cationes y aniones mayoritarios bivalentes como Ca o Mg y SO₄, los cuales están habitualmente presentes en los niveles acuíferos más superficiales.

De esta forma, al utilizar los Ábacos de Schlumberger para la industria petrolera, que se basan en la presencia de NaCl como la sal más concurrente en las aguas de las zonas productivas, se estaría incurriendo en el planteamiento de escenarios de concentración de sales en exceso.

El límite de conductividad específica para la protección de acuíferos establecido en la Resolución Provincial Nº 249/18 del Departamento General de Irrigación (DGI) de 6.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, es equivalente a 1,67 ohm.m de resistividad y a un contenido de 3.091 ppm de sales disueltas, expresado en concentración de NaCl equivalente, en condiciones normales de temperatura y presión (valor obtenido del Ábaco de Schlumberger Gen-6, figura 8.1).

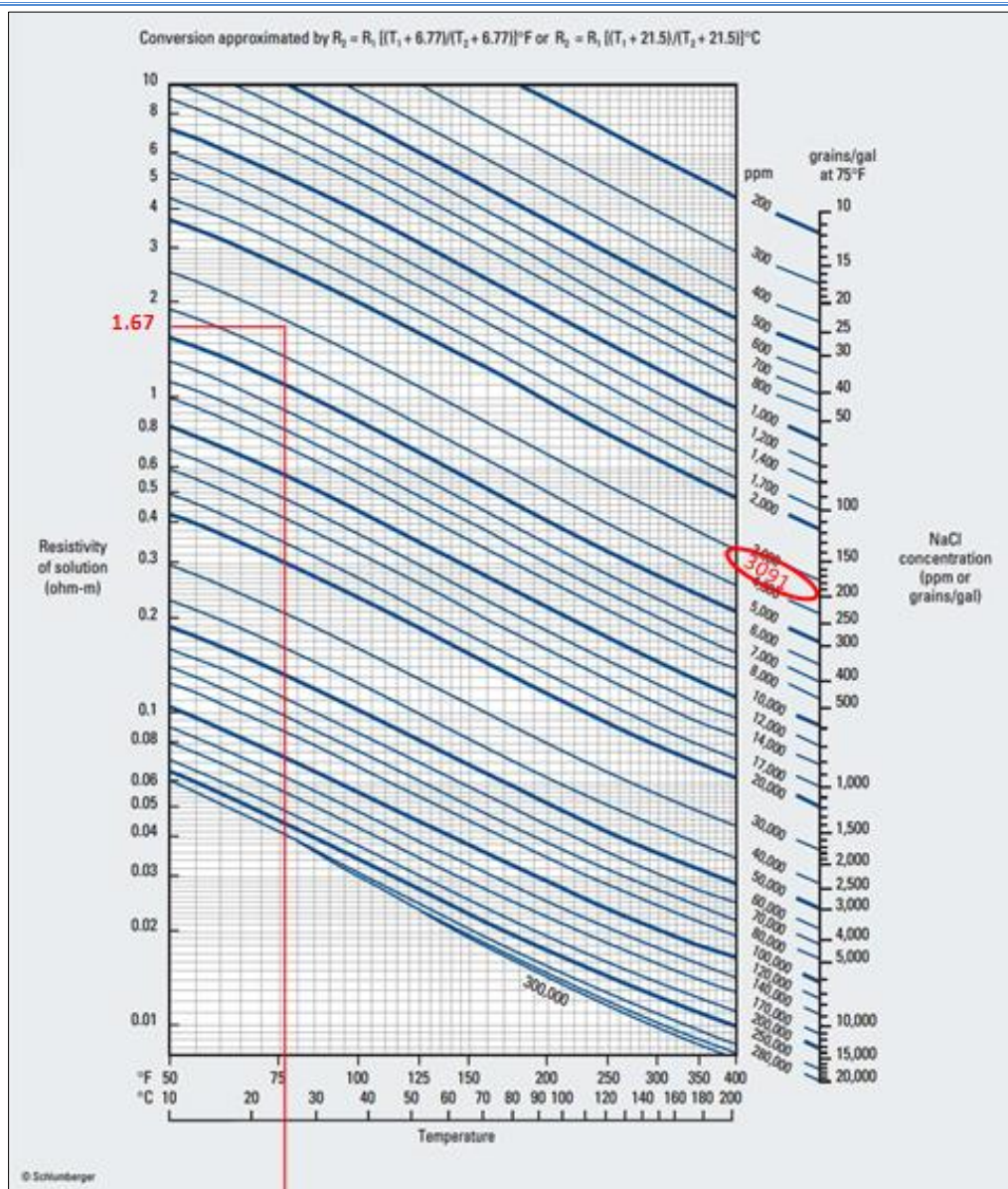


Figura 8.1: Ábaco de Schlumberger – Gen 6. Determinación de salinidad a 1,67 Ohm.m y 25°C.

8.1 Obtención de la resistividad del fluido de formación

Los cálculos efectuados a partir de los gráficos que se mencionaron y que se desarrollarán en este apartado, nos permiten obtener un valor “aparente” de la resistividad del agua de formación, siendo su valor real sólo el obtenido directamente de una muestra del fluido.

- Conceptos básicos de los perfiles de pozos

Los registros de perfiles de pozos se utilizan para identificar capas, espesores, correlacionar niveles, definir estructuras y determinar características de las rocas y fluidos que contienen, entre otros.

De los distintos tipos de perfiles, los más frecuentemente usados en la interpretación petrofísica son los llamados perfiles de pozo abierto, y los más utilizados son los perfiles de diámetro (caliper y bit), litológico (SP y GR), eléctricos (SP, inducción, etc.) y perfiles de porosidad (densidad, sónico y neutrónico).

Cabe señalar que los registros de pozos están influenciados por el fluido usado en la perforación del pozo, el espesor de la capa, las rocas adyacentes y los factores ambientales propios de las herramientas utilizadas. Por lo tanto debemos utilizar varios perfiles para llegar a un resultado más certero, teniendo siempre en cuenta que trabajamos con datos indirectos.

Para ello se expone una breve descripción de los fundamentos teóricos básicos para cada tipo de perfil utilizado en la identificación de niveles acuíferos de interés.

Durante la perforación de un pozo, las formaciones están expuestas a la presión hidrostática de la columna de inyección, la cual se ajusta a un valor mayor que la presión de los fluidos que puedan existir en las formaciones. Como resultado de esta diferencia de presiones, la parte líquida de la inyección, llamado filtrado, penetra en la formación y la parte sólida se deposita en la pared del pozo formando lo que se denomina “revoque”. Este revoque puede ser interpretado mediante la curva Caliper, la cual brinda información del diámetro del pozo en toda la extensión donde sea corrida la herramienta.

La formación atravesada, necesita ser tan sólo algo permeable para permitir la entrada del filtrado, el cual desplazará y reemplazará, en parte, los fluidos movibles existentes en el espacio poral, constituyendo la zona contaminada. La zona no contaminada de la capa, hasta la cual no llega el filtrado, tiene una resistividad llamada verdadera (R_t), cuyo valor depende del porcentaje y salinidad del agua de formación presente, además de la litología/mineralogía. Esta propiedad del fluido, permite circular la corriente eléctrica que se puede conocer mediante el perfil de resistividad, de forma diferenciada tanto para la zona no contaminada (R_t) como para la contaminada.

La curva de rayos gama (GR) mide la radioactividad natural de las formaciones a través de la emisión de ondas electromagnéticas de alta energía por la desintegración de elementos radioactivos. Estos elementos se encuentran por lo general en formaciones arcillosas (lutitas), los cuales emiten una respuesta produciendo altos valores de GR en la curva. Por lo tanto, se utiliza como un indicador litológico cualitativo que diferencia la presencia de “arcillas” y “no arcillas”.

La curva SP es la representación de medidas de corrientes eléctricas que se producen dentro del pozo debido al contacto de fluidos de distintas salinidades. Considerando una secuencia litológica de arenas intercaladas entre capas de arcilla que han sido atravesadas por la perforación un pozo, se produce en capas permeables la invasión del filtrado de lodo de perforación hacia el interior de la capa. Este contacto de fluidos de diferente salinidad produce una corriente electromotriz circulando entre lodo/filtrado/agua de la capa/arcilla/lodo. Debido a que la curva SP no es una curva que comienza con un valor cero, la deflexión se mide a partir de la línea base de lutitas o arcillas. De esta manera, a partir de las diferencias existentes entre la salinidad del lodo versus salinidad del agua de formación y considerando que las lutitas no tienen permeabilidad, a diferencia de las arenas, resulta una herramienta de identificación de litología. Cabe aclarar que esta curva se utilizó principalmente en los casos que no se contaba con la curva GR.

Una vez identificadas las capas permeables a través de los perfiles hasta aquí mencionados se observa el perfil de resistividad que proporciona información acerca de las propiedades eléctricas de las rocas y fluidos que contiene.

El flujo de corrientes en las rocas está relacionado con el fluido que contiene dentro de sus poros. Al ser la conductividad proporcional a la concentración de sales en el agua, se puede utilizar el perfil de resistividad para la identificación de fluidos de baja salinidad en las capas investigadas, (observándose un aumento de los valores en dicha curva). A su vez, frente a capas permeables que presenten diferencias entre las salinidades del lodo y el agua de formación, la separación entre las curvas de resistividad somera (R_s) y profunda (R_t) aumenta, pudiéndose observar diferencias medibles entre la zona contaminada y la zona no contaminada, modificando la morfología de la curva.

Los registros de porosidad proporcionan información acerca de la porosidad de una capa, dependiendo de características propias de la herramienta, son tres registros básicamente: sónico, densidad y neutrónico.

El registro sónico utiliza la conductancia acústica de una roca como la suma de la conductancia de la matriz o parte sólida y la del espacio poral lleno con fluidos. Mide el tiempo de tránsito de onda compresional, mientras mayor es el tiempo de tránsito, menor es la velocidad, y por lo tanto, mayor es la porosidad de la roca.

El perfil de densidad se usa principalmente como registros de porosidad, estimando la densidad del sistema roca – fluido (RHOB) que posteriormente servirá para calcular la porosidad por el registro de densidad (DPHI). Si el registro de densidad (RHOB) es bajo indica alta porosidad y viceversa. Junto con otros registros determina litología y combinado con el registro sónico identifica límites de capas.

Por último en el perfil neutrónico la herramienta responde principalmente a la presencia de hidrógeno, un valor de NPHI anómalamente alto indica una cantidad considerable de agua ligada a las arcillas, por lo tanto, determina porosidad e identifica gas combinado con otros registros. Combinado con otros perfiles también permite la delimitación de distintas capas.

Todas las clases de perfiles descriptas más arriba se analizan conjuntamente permitiendo así un conocimiento indirecto de las diferentes propiedades que caracterizan a las capas litológicas existentes en profundidad, lográndose en última instancia la delimitación de estratos permeables de elevada resistividad (posiblemente con fluidos de agua de baja salinidad en sus intersticios). Una vez identificadas dichas capas se procede al cálculo de la resistividad aparente del agua de formación mediante fórmulas empíricas como se explicará a continuación.

- *Procedimientos para la identificación de acuíferos de interés.*

Para la delimitación de capas con interés acuífero se establecieron etapas de análisis según se observa a continuación:

1. Cálculo del gradiente de temperatura por pozo o bloque.
2. Discriminación en la curva GR en 100°API (arcillas/no arcillas).
3. Definición de niveles permeables analizando las curvas de caliper, SP, resistividad somera y profunda.
4. Determinación de la porosidad efectiva.
5. Cálculo de la curva de Rwa.
6. Generación de la curva de Salinidad.
7. Visualización de las zonas con presencia de acuíferos con menos de 3.091 ppm de salinidad (equivalente a 6.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

1. Cálculo de la curva de gradiente de temperatura por pozo o bloque

Generación del gradiente de temperatura (TEMP) para cada pozo, a partir del encabezado del perfil de pozo, de donde adquirimos los datos de temperatura de superficie ($T^{\circ}\text{-Rmf}$), de fondo de pozo (TBH), como así también, la profundidad del perfil. A partir de estos datos y aplicando la fórmula que se muestra debajo, obtenemos una recta del gradiente térmico en profundidad, que posteriormente se utiliza para llevar los valores de resistividad medidos en el perfil a condiciones de temperatura de superficie, permitiendo la comparación con valores obtenidos en el laboratorio.

$$\text{Gradiente de } T^{\circ} = (\Delta T^{\circ} / \Delta \text{Prof}) * \text{DEPTH} + T^{\circ} \text{ Sup.}$$

2. Discriminación en la curva GR en 100°API (arcillas/no arcillas).

La línea de 100°API representa un valor arbitrario comúnmente utilizado para diferenciar de manera preliminar las litologías arcillosas (valores > 100°API, zonas negras en la figura 8.2) y no arcillosas (valores < 100°API, zonas amarillas en la figura 6.2).

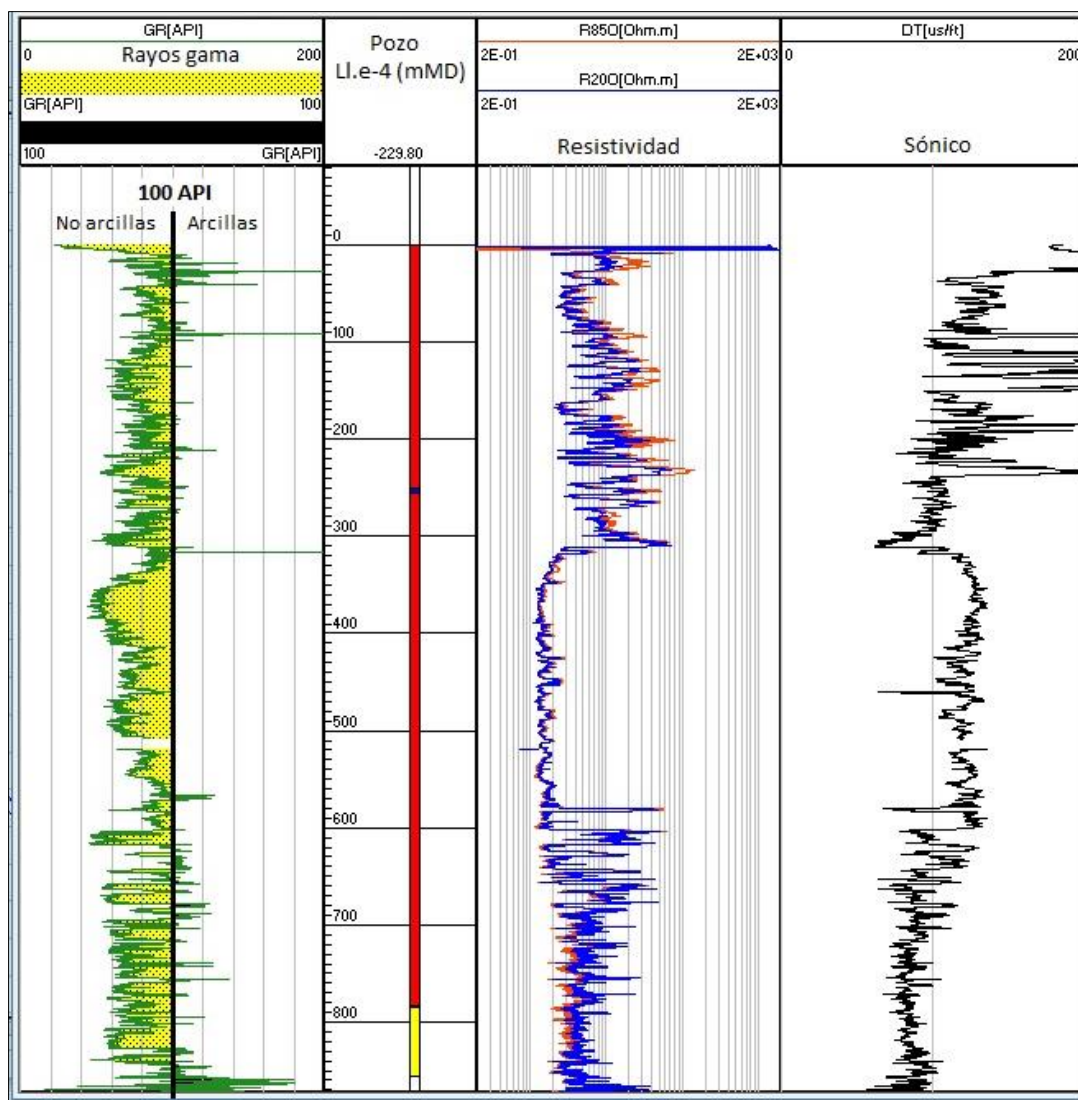


Figura 8.2: Ejemplo de la delimitación en 100°API de la curva GR en el pozo LL.e-4.

3. Definición de niveles permeables analizando las curvas de GR y resistividad somera y profunda.

Para la identificación de las capas permeables en profundidad se evaluaron principalmente las curvas GR y de resistividad, complementando en algunos casos de escasa información con la curvas SP y CAL/BIT. Se identificaron mediante las deflexiones de la curva SP, valores menores a 100°API en la curva GR y curvas de resistividad profunda y somera con un determinado delta entre ellas. En la figura 8.3 se muestra un ejemplo de esta interpretación para un tramo correspondiente al Gr. Neuquén en el pozo CAM.a-99.

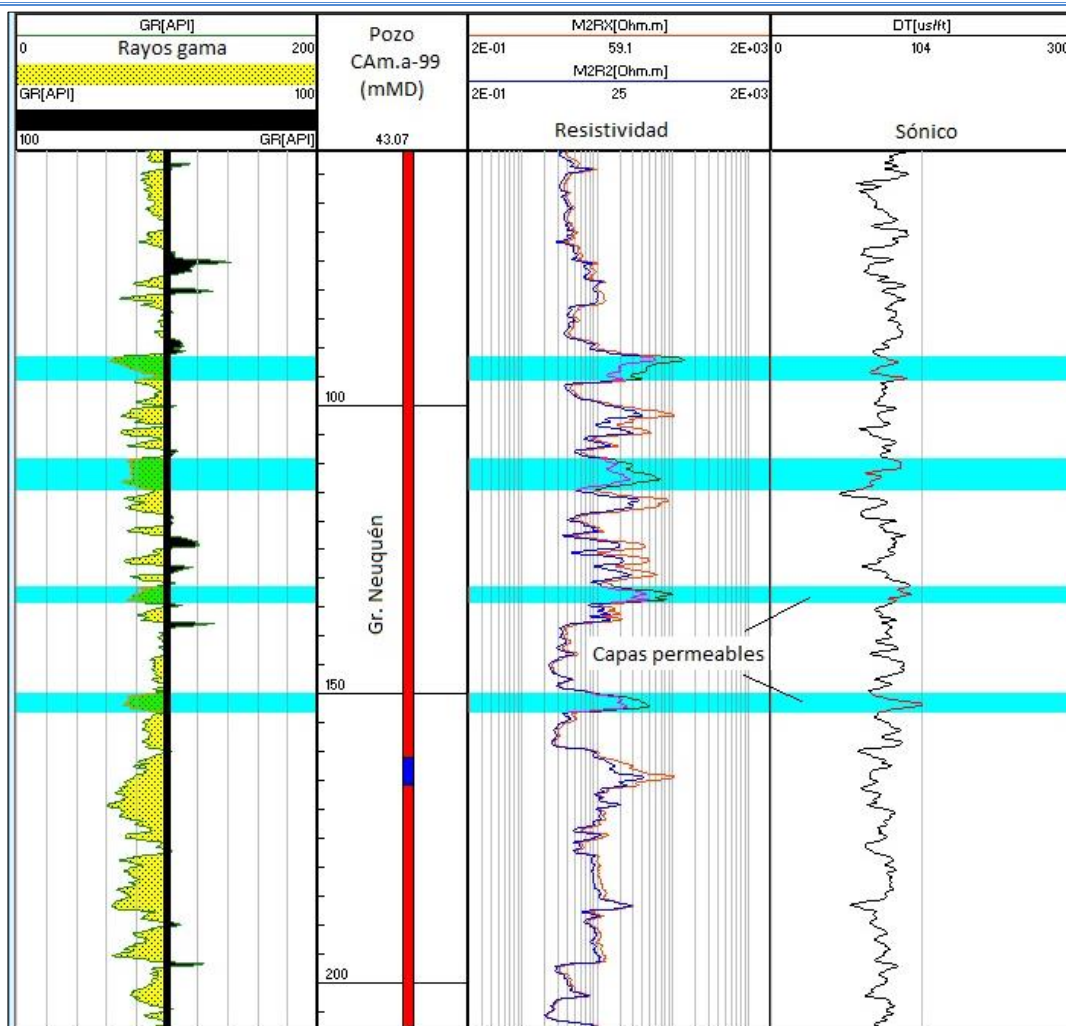


Figura 8.3: Ejemplo de identificación de capas permeables en el pozo CAM.a-99.

4. Determinación de la porosidad efectiva.

En cada pozo se generó la curva de porosidad efectiva a partir del perfil sónico (DT), como se explica a continuación, en los casos que no se contaba con ningún perfil sónico se buscó una porosidad promedio en base a pozos cercanos. Para determinar la porosidad efectiva de una capa se recurre, inicialmente, al cálculo de la porosidad total a partir de la curva del perfil sónico, utilizando la fórmula de Willie:

$$\Phi_s = (\Delta_{log} - \Delta_{ma}) / (\Delta_{fl} - \Delta_{ma})$$

$$\Delta_{ma} = 55,5 \mu s/ft$$

$$\Delta_{fl} = 189 \mu s/ft$$

Ahora bien, donde las arcillas adyacentes tienen tiempos de tránsito mayores a los 100 $\mu s/ft$, se adiciona a la fórmula de Willie el factor de compactación de las arcillas (C_p), donde:

$$C_p = 100 / \Delta_{sh}$$

Posteriormente debemos analizar el volumen de arcillas contenido dentro de las capas permeables, a partir de la curva GR, de la siguiente manera:

El volumen de arcilla se encuentra vinculado al índice de arcillosidad (I_{sh})

$$I_{sh} = (GR_{log} - GR_{cl}) / (GR_{sh} - GR_{cl})$$

Donde:

GRlog: GR promedio en la zona de interés.
GRcl: GR promedio frente a capas libres de arcilla
GRsh: GR promedio frente a capas 100% de arcilla

Luego se utiliza la correlación de Clavier para determinar el Volumen de Arcilla:

$$V_{sh} = 1,7 - (3,38 - (I_{sh} + 0,7)^2)^{1/2}$$

Por último se calcula la curva de Porosidad Efectiva (PHIE) considerando la porosidad total (PhiT), la porosidad de arcilla (Phish) y el volumen de arcilla (Vsh):

$$PHIE = \Phi_{iT} - \Phi_{iSh} * V_{sh}$$

5. Cálculo de la curva de R_w (aparente)

Como ya referimos, la curva de Resistividad del agua de formación (R_w) se calcula a partir de la formula empírica de Archie.

Es un método eficiente para conocer la salinidad del agua de formación a través de la resistividad del agua en base a datos de resistividad profunda, porosidad de perfiles sónico o densidad y datos litológicos, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$S_w = \sqrt[2]{\frac{1 * R_w}{\phi^2 * R_t}}$$

$$\frac{R_t * \phi^2}{1} = R_w$$

$$\frac{R_t * \phi^2}{1} = R_w$$

$$\frac{R_t * \phi^2}{1} = R_w$$

Donde:

a: Factor de tortuosidad
m: Exponente de cementación
n: Exponente de saturación
 R_w : Resistividad del agua de formación
 R_t : Curva de Resistividad profunda
 S_w : Saturación de agua (se considera 100%)

Para la correcta aplicación del método, es necesario conocer datos litológicos, como tortuosidad, cementación y valores de porosidad de la capa, por medio de testigos corona o perfiles. Estos valores son generalmente utilizados a partir de tablas de datos teóricos ya que raramente se cuenta con valores reales obtenidos de laboratorio. Aquí se utilizaron los siguientes coeficientes, utilizados comunmente por YPF para sus cálculos:

$$1 = \sqrt[2]{\frac{a * R_w}{\phi_m * R_t}}$$

Donde:

a: 1
m: 2
n: 2

Entonces, la resistividad del agua de formación quedara calculada a través de la fórmula:

$$R_w = \frac{R_t * \phi^2}{1}$$

Donde Φ y R_t proviene del registro de porosidad corregida por arcillosidad y del registro de resistividad profunda de investigación.

Solamente en **capas limpias acuíferas y bien desarrolladas** que contengan agua $R_t = R_o = F * R_w$ y el valor de R_{wa} sería igual a R_w . Un registro constante de valores de R_{wa} revelan un límite inferior concordante con el valor calculado de R_{wa} , y así este valor de R_{wa} es probablemente la resistividad del agua de formación. Esta técnica funciona mejor en capas donde la resistividad del agua permanece constante o cambia gradualmente.

Posteriormente la curva de resistividad de agua (@R_{wa}) obtenida se afecta por el gradiente de temperatura (TEMP) mencionado en el ítem 1, de la siguiente manera según corresponda:

$$R_{wa} \text{ CorrT} = @R_{wa} [(TEMP+6,77) / (83,77)] \text{ para temperaturas registradas en } ^\circ\text{F}$$

$$R_{wa} \text{ CorrT} = @R_{wa} [(TEMP+21,5) / (46,5)] \text{ para temperaturas registradas en } ^\circ\text{C}.$$

6. Generación de la curva de salinidad

A través del Ábaco de Schlumberger denominado Gen-6 (figura 8.1), se obtienen los valores de salinidad de la capa mediante la curva @R_w corregida. En cada pozo fue generada con la herramienta Sahara 3.2 una curva de salinidad procesada a partir de la fórmula que considera la curva de R_{wa} corregida por temperatura.

7. Visualización de las zonas con presencia de acuíferos de baja conductividad.

Por último, se generaron zonas resultantes de todo el análisis previamente desmembrado, donde se han discriminado zonas permeables, que implican la aplicación de filtros referentes a parámetros de porosidad y principalmente de resistividad de agua de formación mayor a 1,67 ohm.m (según lo especificado por la Resolución Provincial N° 249/18 del Departamento General de Irrigación) y salinidad del agua de formación corregida menor a 3.091 ppm "STD". En la figura 8.4 se muestra a modo de ejemplo el procesamiento de todas las curvas descriptas y la obtención de las zonas mencionadas para el caso del pozo CAM.a-99.

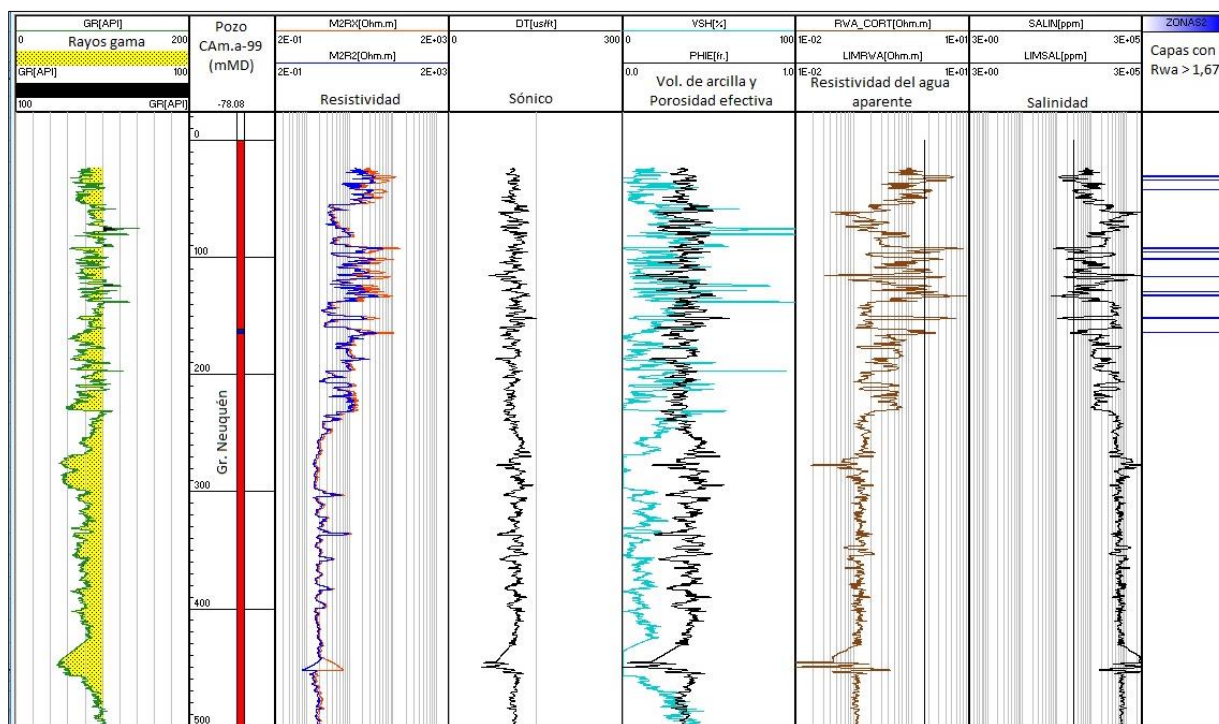


Figura 8.4: Ejemplo de identificación de capas permeables en el pozo CAM.a-99.

Cabe aclarar que para el presente estudio se consideró como límite inferior de análisis el techo de una capa de gas productiva que se encuentra dentro del Grupo Neuquén (identificada y mapeada por YPF), generalmente en su porción media, y en aquellos casos en los que no se contó con la identificación de dicha capa el límite se extendió hasta la base del Gr. Neuquén, alrededor de los 1.000 mbnt.

8.2 Niveles acuíferos con menos de 6.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad

En este ítem se presentan los resultados obtenidos del análisis petrofísico realizado con el objetivo de identificar niveles acuíferos en la porción superior del Gr. Neuquén, con agua de conductividad inferior a 6.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Como punto de partida, se analizó en detalle la petrofísica de un total de 28 pozos distribuidos en cuatro bloques (Anexo IV: Perfiles petrofísicos). Siguiendo la metodología previamente expuesta, se interpretaron los perfilajes geofísicos de todos los pozos con la información mínima necesaria para tal fin (GR, SP, Rt, Porosity y Rwa). En cada uno de ellos se aplicaron algoritmos que permitieron identificar la presencia de niveles o capas permeables con resistividad del fluido superior a 1.67 Ohm.m, o conductividad inferior a 6.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En la figura 8.5 se muestra a modo de ejemplo el perfilaje del LL.e-4, observándose las curvas procesadas e interpretadas para la discriminación de capas permeables con resistividad del fluido mayor a 1.67 y salinidad inferior a 3.091 ppm (líneas azules del último track de la figura).

Es de mencionar que la respuesta obtenida en las interpretaciones puede deberse o estar influenciada, en algunos casos, por la presencia de gas total constatada en los controles geológicos brindados por YPF.

De igual modo, no fue posible determinar la profundidad del nivel de agua subterránea en la zona, debido a la falta de información requerida, ya sea de tipo directa o indirecta.

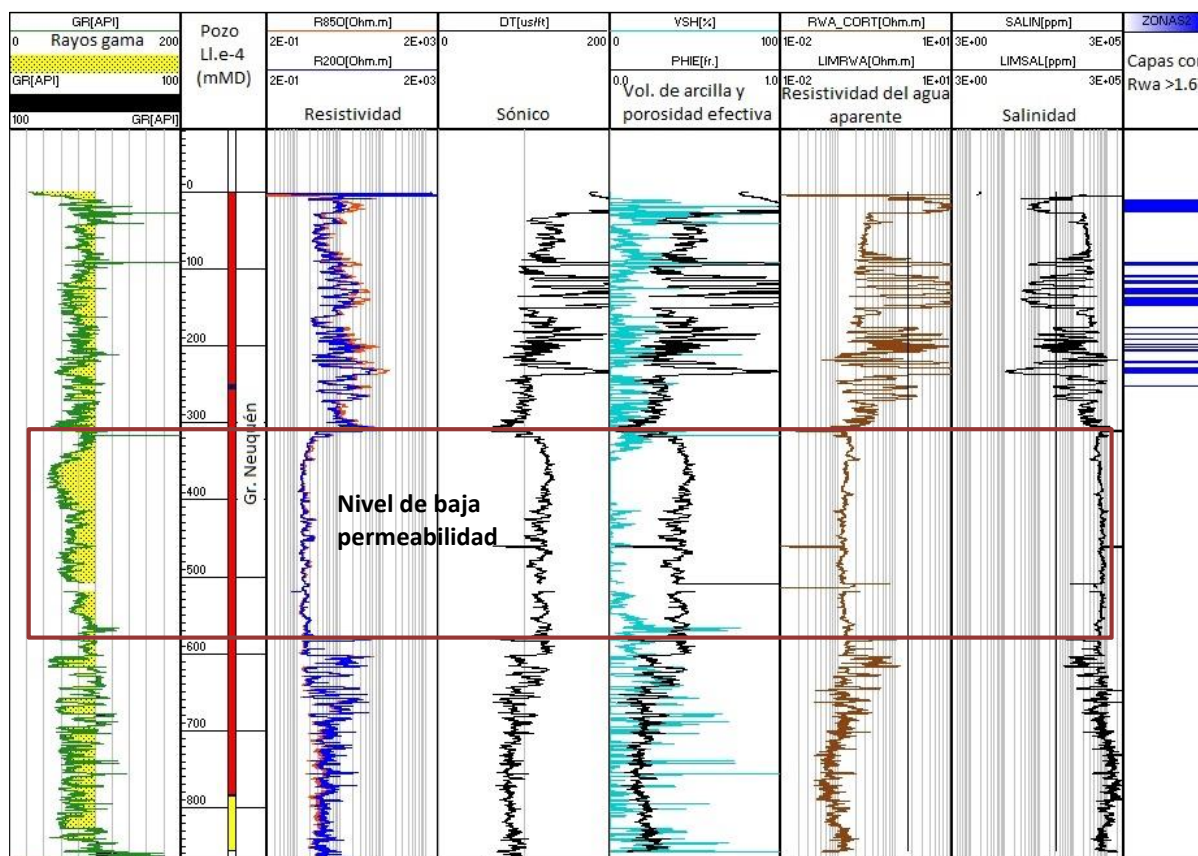


Figura 8.5: Análisis del perfilaje del pozo LL.e-4.

Los niveles identificados en cada caso resultaron variables dentro de los distintos bloques por lo cual no fue posible establecer una correlación de las unidades acuíferas a escala regional. Asimismo, fueron analizados pozos en los que se descartó la presencia de capas con fluido con las condiciones buscadas.

En todos los pozos analizados se identificó un nivel de baja permeabilidad compuesto por limoarcillitas, de importante desarrollo vertical y areal, el cual se pudo correlacionar en toda el área de estudio. Esta capa que se encuentra por debajo de las secuencias litoestratigráficas identificadas como unidades acuíferas y por encima de la capa de gas productiva del Gr. Neuquén. La misma se puede observar en la figura 8.5 delimitado por un recuadro.

Dada su importancia (por funcionar como una unidad impermeable y por su potencia) se confeccionó un mapa de Isoprofundidad al techo de dicho nivel (Mapa 11 del Anexo I), donde se aprecian las mayores profundidades hacia el N y O del área de estudio, debido a la presencia de depósitos correspondientes al vulcanismo Terciario que aumentan la potencia de la columna estratigráfica por encima de este nivel. Asimismo se presenta en el Mapa 12 del Anexo I, el Isoespesor de esta unidad, el cual como se puede observar varía en un promedio de 200 m de potencia, disminuyendo hacia el E-NE.

En base a lo antedicho y en función de establecer una capa profunda útil al monitoreo de las actividades no convencionales que se desarrollarán en el área, se identificó un nivel basal profundo obtenido bajo las limitaciones de salinidad evaluadas (sin corresponder necesariamente a la misma capa litológica) en cada uno de los pozos y se elaboró un mapa de *Isoprofundidad a la base del último acuífero con conductividad eléctrica inferior a 6.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$* , (Mapa 10 del Anexo I).

En la figura 8.6 (con mayor detalle en el Mapa 10) se puede observar que la profundidad de los niveles acuíferos identificados aumenta principalmente en el sector norte del área de estudio (CAm-norte) hasta alrededor de 550 mbnt en el extremo NO de CAm, hallándose en el orden de 200 a 250 mbnt en la zona sur (bloque PBN) y dentro de los primeros 150 m en el sector oeste (ChLSS).

Es importante mencionar que las metodologías de análisis implementadas en el presente estudio, tendientes a determinar la profundidad de acuíferos con agua de baja salinidad son de tipo indirectas, y por lo tanto representan una aproximación.

Por ello, resulta indispensable la obtención de datos duros que permitan cotejar los resultados aquí obtenidos, a través de ensayos de *Modular formation Dynamics Tester* (MDT) y/o realización de pozos de monitoreo (piezómetros) para la recolección de muestras de agua y su posterior análisis químico.

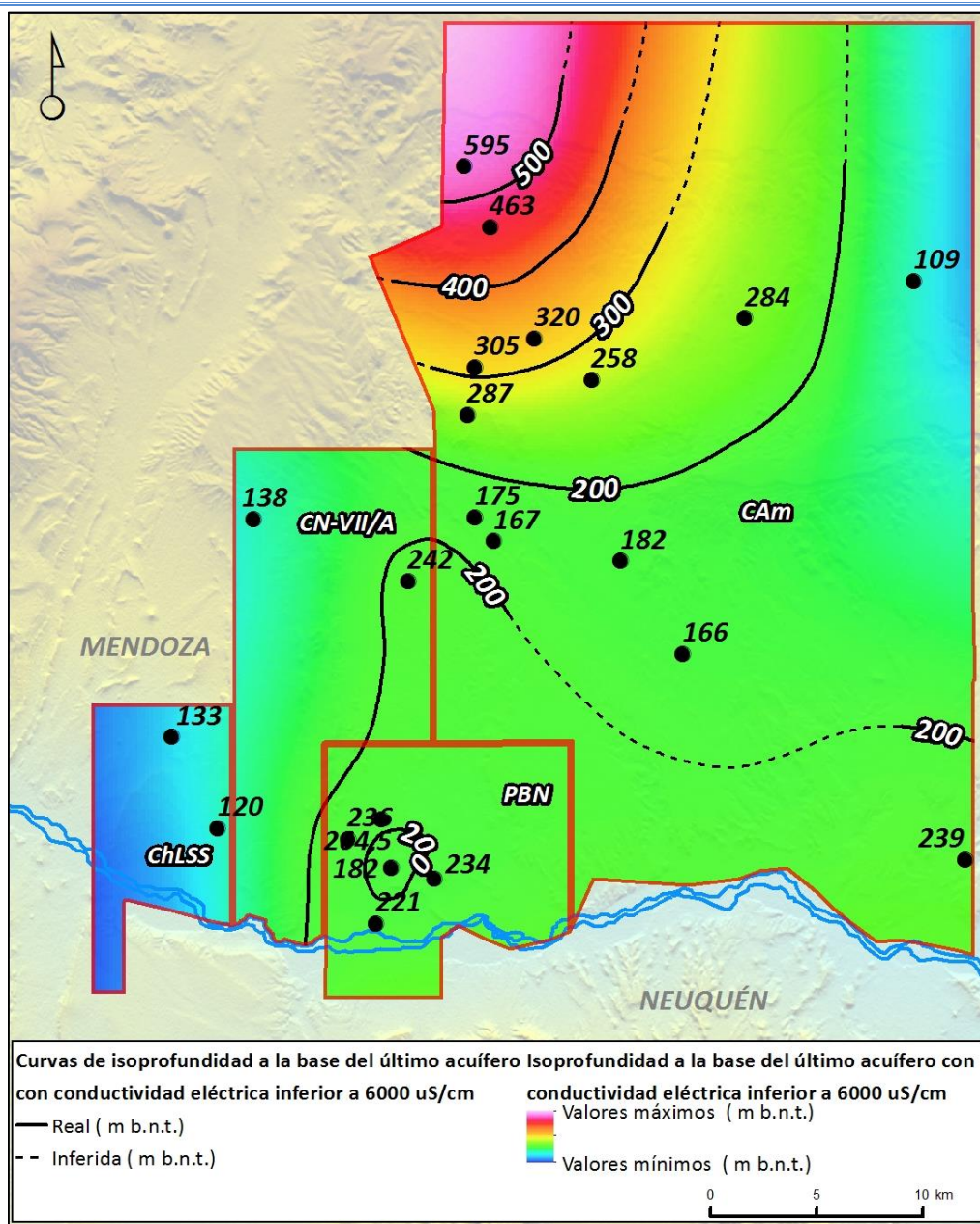


Figura 8.6: Profundidad del último nivel con resistividad $R_{wa} > 1,67$.

9 Esquema hidrogeológico conceptual

Con el fin de establecer el modelo hidrogeológico conceptual del área de estudio, se vincularon las observaciones realizadas en campo y los antecedentes de áreas próximas al sitio de estudio.

Cabe aclarar que no se dispuso de información hidráulica de perforaciones profundas que permitan caracterizar con precisión los acuíferos existentes. Por tal motivo, se ha integrado toda la información antecedente, junto con la interpretación de datos indirectos geológicos-geofísicos (YPF), cuya profundidad de investigación en subsuelo alcanza en general los 1000 metros, incluyendo las unidades litoestratigráficas que componen el Grupo Neuquén y en menor medida la unidad superior de la Fm Rayoso.

El área de estudio presenta un balance hidrológico de carácter notoriamente deficitario, en base a sus características áridas y las escasas precipitaciones registradas en el periodo 1985 – 2018 (180 mm/año – Buta Ranquil). Los exiguos excesos hídricos que acaecen en el área constituyen una de

las fuentes de recarga del área, ya que suceden mayormente en los meses de invierno con menor tasa de evapotranspiración o se vinculan a determinados eventos de intensa precipitación.

Como datos de nivel de agua subterránea se dispone de algunas manifestaciones como manantiales y aguadas artificiales que fueron identificadas en el relevamiento de campo. Se conocen en consecuencia las cotas de agua subterránea del acuífero freático de muy pocos puntos, que imposibilitan la generación de un mapa isofreático. De todas maneras, se deduce la existencia de un sentido de flujo que acompañaría la topografía con gradiente general hacia el sur.

Es necesario mencionar que personal de YPF ha informado en estudios antecedentes (Hidroar 2015) que en la perforación CAm-1009 se ha registrado ingreso de agua de baja salinidad a una profundidad de 200 m aproximadamente y que ha sido intervenida por dicho episodio, por lo que se presume la existencia de niveles acuíferos por debajo del freático relativamente someros.

Como principal zona de **recarga**, se destaca el sector de meseta, o altiplanicie del Payún, donde la litología se corresponde a las rocas basálticas con sedimentos intercalados. La existencia de discontinuidades como la disyunción columnar permite el ingreso al sistema subterráneo del agua precipitada por mecanismos de infiltración rápida, minimizando los fenómenos de evapotranspiración. Se estima que el Río Colorado funcionaría a su vez como una zona de recarga del acuífero aluvial.

Tanto el relleno terciario y cuaternario funcionan también de manera similar en la zona central del área de estudio. Compuestos por sedimentos de gruesa granulometría permiten el ingreso rápido del agua precipitada. Consecuentemente, la intensidad de la precipitación propiciará que se genere o no un flujo superficial y se vean favorecidos los procesos de infiltración.

El sistema hídrico subterráneo más somero presenta puntos de **descarga local**, que pueden coincidir con la existencia de cortes del terreno en pendientes abruptas o litologías menos permeables en la base, como se pudo observar en la aguada de Pérez al noroeste (tramo alto del arroyo Amarillo). Allí, el agua surge de arenas apoyadas sobre rocas basálticas, discurre por cursos no permanentes para, luego de un recorrido variable, volver a infiltrarse, dejando en algunos casos sales producto de evaporación en superficie.

Debido a la ausencia de datos provenientes de pozos de agua que permitan evaluar con mayor detalle el funcionamiento hidrogeológico del sistema acuífero en la zona de estudio, se desconoce la relación existente entre el curso principal de drenaje superficial (Río Colorado) y los acuíferos profundos.

Las muestras de agua tomadas de un pozo somero en el sector del oeste (bloque ChLSS) y sobre agua superficial del Río Colorado, arrojan resultados comparables, que permiten inferir desde el punto de vista de la caracterización hidroquímica del agua cierta conexión entre el río y el acuífero aluvial, que por datos antecedentes responde a un comportamiento principalmente influente del curso de agua superficial.

En base al análisis indirecto realizado, a la información recopilada y los antecedentes, se evidencia la existencia de un acuífero libre que se desarrolla en la unidad superficial de tipo aluvial, compuesta generalmente por un fanglomerado y que suele comprender los primeros 20 – 30 metros de profundidad, y subyacentemente un acuífero profundo desarrollado en areniscas del Gr. Neuquén, generalmente alrededor de los 100 y 200 metros de profundidad, de variable calidad. Este acuífero se encontraría limitado en su base por un importante nivel de baja permeabilidad (arcillitas), que se ha podido reconocer en los pozos de los distintos bloques y se desarrolla alrededor de los 200 – 250 metros en la zona sur, profundizándose hacia el norte concordantemente con el mayor espesor del Gr. Neuquén.

10 Red de monitoreo de agua subterránea

El principal objetivo de este estudio es la identificación de niveles acuíferos con agua de conductividad inferior a $6.000 \mu\text{S}/\text{cm}$ y su monitoreo frente a la exploración y explotación de yacimientos hidrocarburíferos no convencionales. En base a los resultados obtenidos en cada pozo analizado, se propone la ubicación de un pozo monitor por bloque (Mapa 13, Anexo I), con un diseño de pozo establecido según las zonas acuíferas arrojadas por el análisis petrofísico.

10.1 Ubicación y diseño de pozos monitores

A continuación se presenta la ubicación propuesta y el diseño elaborado para cada pozo monitor de manera detallada abordando cada bloque individualmente.

1. Bloque Paso de las Bardas Norte

En el bloque PBN se analizó la información de seis pozos denominados PBN-51, PBNE.x-1, PBN-38, PBN.e-4, PBN-63 y PBN.xp-37, localizados como se ve en la muestra en la figura 10.1. El perfil procesado y analizado de cada pozo se presenta en el Anexo IV.

Una vez localizada la capa de gas productiva entregada por YPF, se identificó y correlacionó el nivel de baja permeabilidad suprayacente, que actuaría como límite inferior de los niveles acuíferos de baja conductividad eléctrica.

Debido a la variabilidad litoestratigráfica observada en el bloque, propia de ambientes fluviales con diferencias depositacionales laterales, los resultados obtenidos en el análisis de los perfiles varían de pozo a pozo, siendo muy compleja su correlación.

En base a lo antedicho, los niveles acuíferos obtenidos para este bloque fueron variados, siendo prácticamente inexistentes en algunos casos como por ejemplo en el pozo PBN.e-4. Luego de interpretar cada pozo de manera individual, se elaboraron dos secciones o cortes del bloque para visualizar los niveles obtenidos, con el pozo PBNE.x-1 como punto pivote entre ambas secciones. En la figura 10.1 se muestra la traza de los cortes y en las figuras 10.2 y 10.3 se pueden observar las secciones S-N y O-E respectivamente.

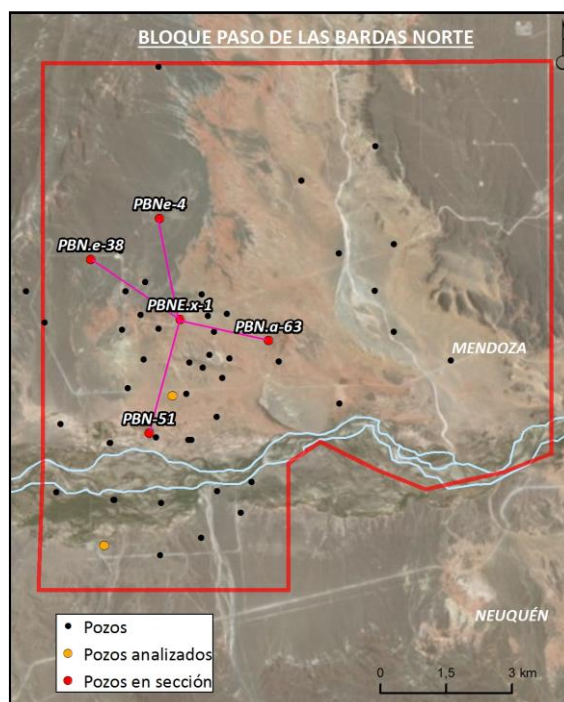


Figura 10.1: Pozos analizados y traza de los cortes en el bloque PBN.

El pozo PBN.xp-37 fue analizado al igual que el resto, pero no fue incluido en la traza de la sección por arrojar resultados que se alejaban de la interpretación de los pozos PBN-51 y PBNE.x-1.

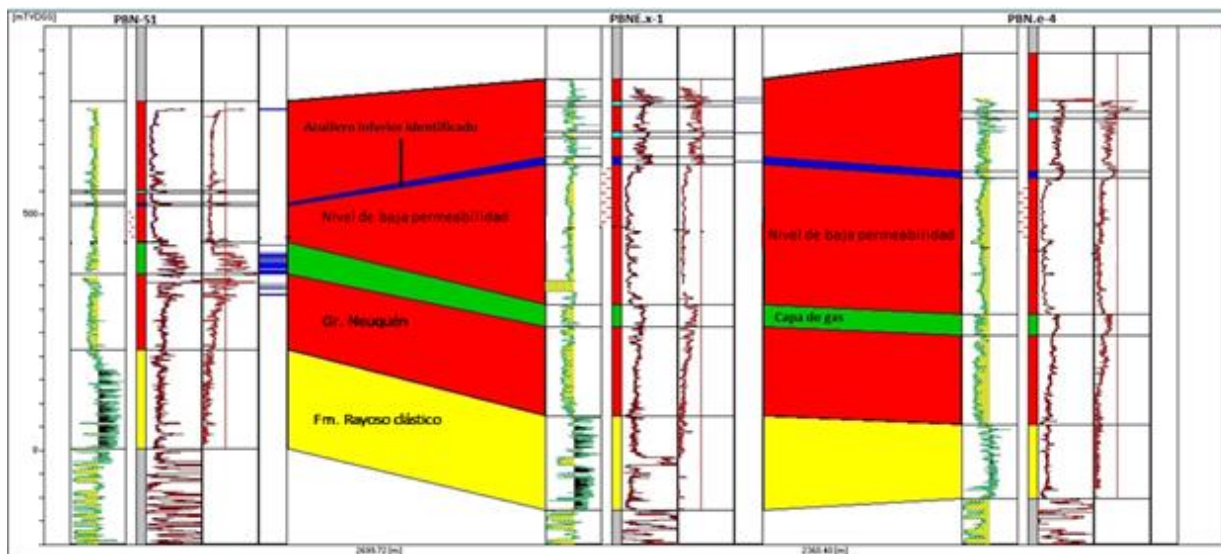


Figura 10.2: Sección S-N en el bloque PBN (Pozos PBN-51, PBNE.x-1 y PBN.e-4).

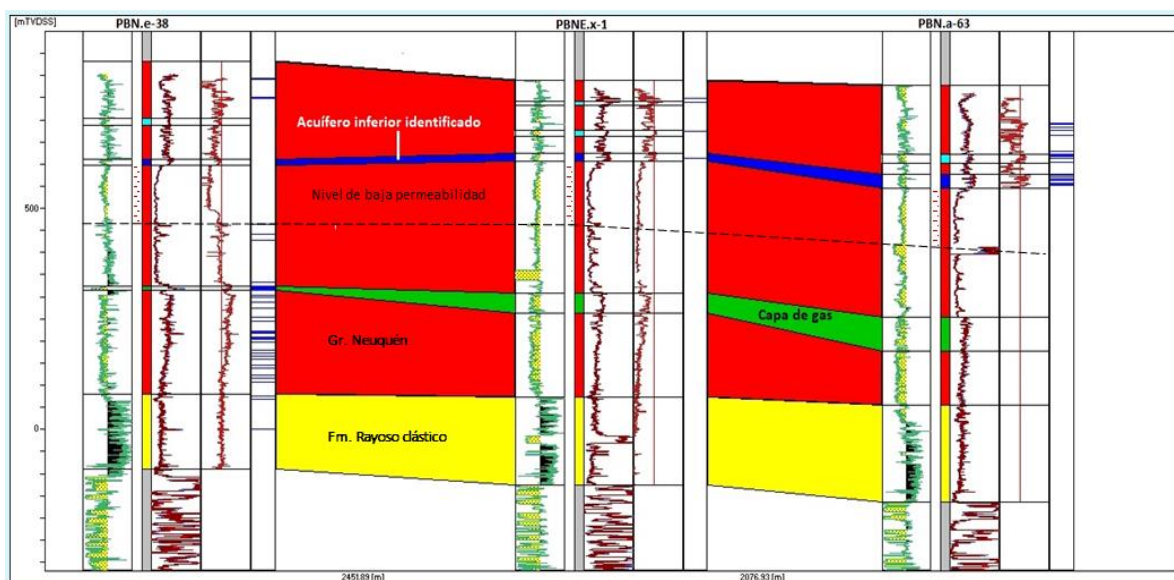


Figura 10.3: Sección O-E en el bloque PBN (Pozos PBN.e-38, PBNE.x-1 y PBN-63).

En las secciones se puede observar en verde la capa de gas productiva, por encima el desarrollo de la unidad de baja permeabilidad e infrayacente una capa basal, en azul, que representa un acuífero de baja salinidad que pudo ser correlacionado entre los pozos analizados. Por encima de este nivel existen una serie de capas no correlacionables entre pozos con presencia de agua con baja salinidad.

La ubicación del pozo monitor PBN.M-1 se seleccionó a partir de la locación del pozo PBNE.x-1, donde el perfilaje analizado arrojó mayor cantidad de zonas con las características buscadas y a partir de sectores más someros, que podrían representar niveles con agua de baja salinidad. Por otro lado, su ubicación resulta estratégica respecto a la distribución de todos los pozos interpretados, como punto representativo del bloque. De esta forma el pozo monitor brindaría mayor información para el entendimiento de la geometría y funcionamiento del sistema hidrogeológico del área.

En la figura 10.4 se presenta el diseño de entubado propuesto para el pozo monitor, denominado PBN.M-1, donde se disponen dos tramos de cañería filtro, a profundidades identificadas como paquetes de areniscas con niveles que podrían contener agua de baja salinidad.

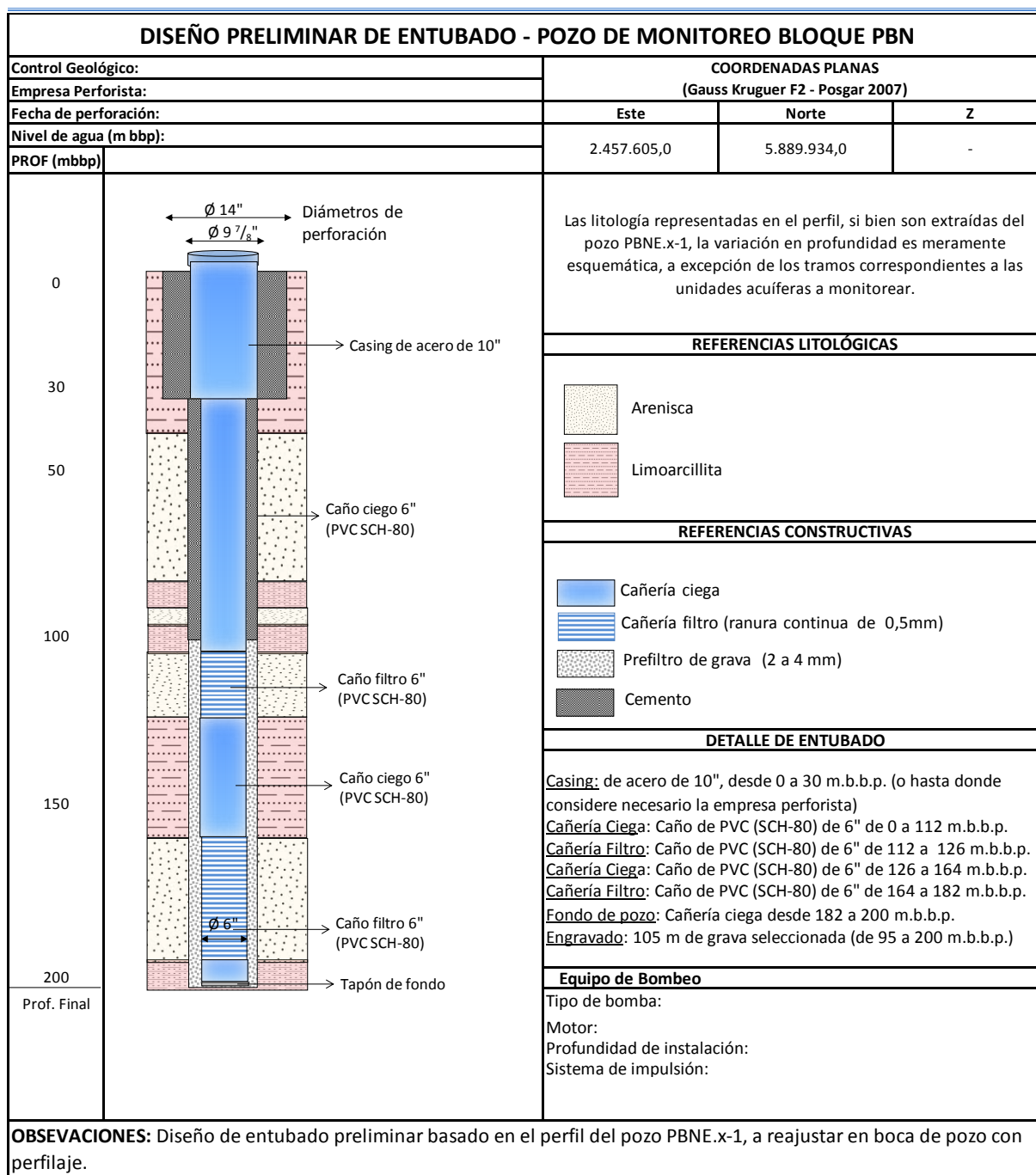


Figura 10.4: Diseño pozo monitor PBN.M-1 en locación del pozo PBNE.x-1.

2. Bloque Cañadón Amarillo

Para este bloque se analizaron en detalle la petrofísica de 14 pozos distribuidos como puede apreciarse en la Figura 10.5.

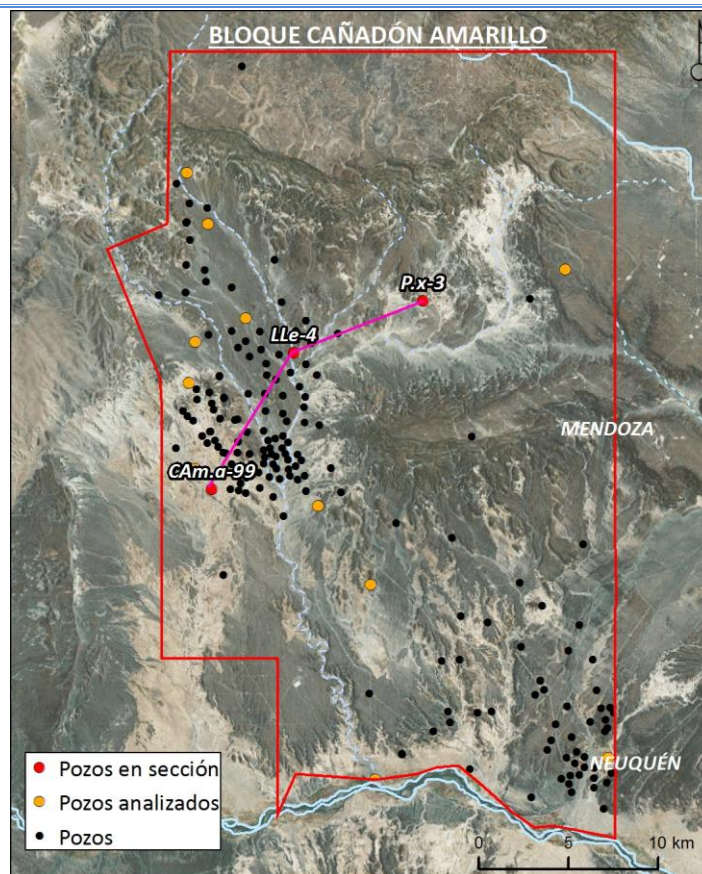


Figura 10.5: Pozos analizados y traza de los cortes en el bloque CAM.

A partir de la definición de la capa de gas productiva enviada por YPF se identificó el nivel de limoarcillitas de baja permeabilidad, se interpretaron todos los niveles permeables con el fin de establecer capas con agua de conductividad inferior a $6.000 \mu\text{S}/\text{cm}$. De este modo se pudo determinar un aumento en la profundidad de los niveles acuíferos de baja conductividad hacia el sector NO.

Como pozo testigo se eligió el LLe-4 por encontrarse en un punto intermedio en el desarrollo norte del yacimiento y al mismo tiempo por presentar la mayor cantidad de capas con las condiciones requeridas para el monitoreo, interpretadas en el análisis petrofísico, respecto al resto de los pozos aledaños.

En la elección del sitio para la construcción del pozo monitor se tuvo en cuenta también la geofísica realizada en el estudio antecedente (Hidroar, 2015), en el cual se efectuaron 20 sondeos eléctricos verticales, de los cuales los SEV 15 al 20 se realizaron alrededor del pozo LLe-4. Los resultados evidenciaron una secuencia con resistividades relativamente elevadas en las capas superiores (primeros 20 -30 metros) e inferiores (alrededor de los 100 metros), aunque las magnitudes obtenidas para esta última son muy bajas, por lo general menores que $10 \Omega\cdot\text{m}$.

Para una mejor visualización del área se realizó un corte con orientación SO-NE (figura 10.6), en el que pueden observarse los pozos Cam.a-9, LLe-4 y P.x-3, la capa de gas productiva en verde, y en posición suprayacente, la unidad de baja permeabilidad. Por encima se exhiben las capas que presentan baja salinidad resaltadas en azul.

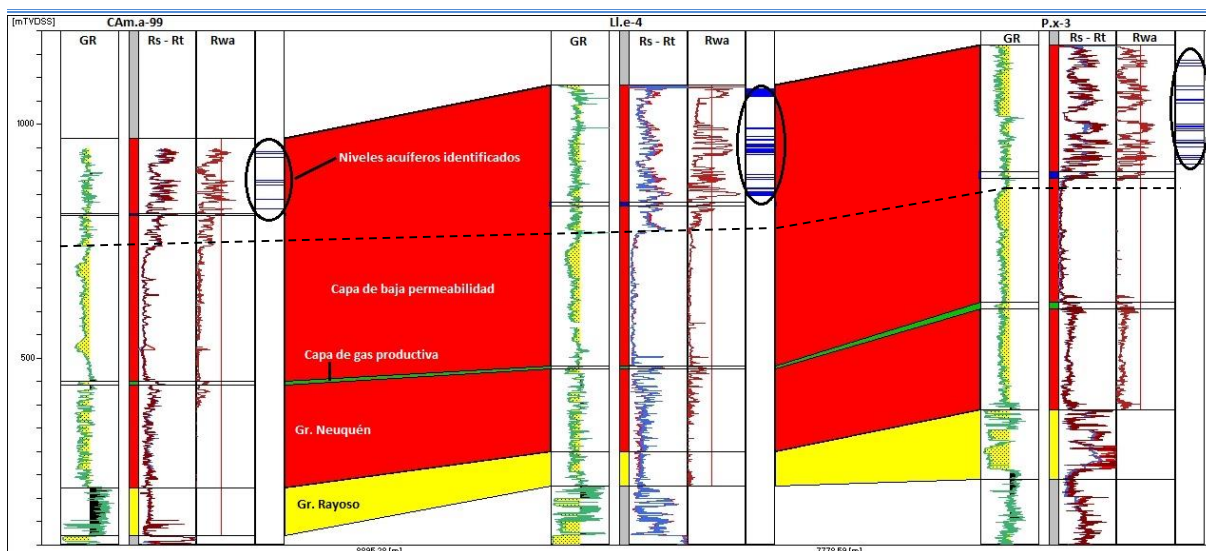


Figura 10.6: Corte O-E en CAM norte con los pozos CAm.a-99, Ll.e-4 y P.x-3.

Por todo lo anteriormente expuesto se propone la ubicación del pozo monitor CAmN.M-1 en la locación del pozo Ll.e-4, con un diseño que se puede observar en la figura 10.7

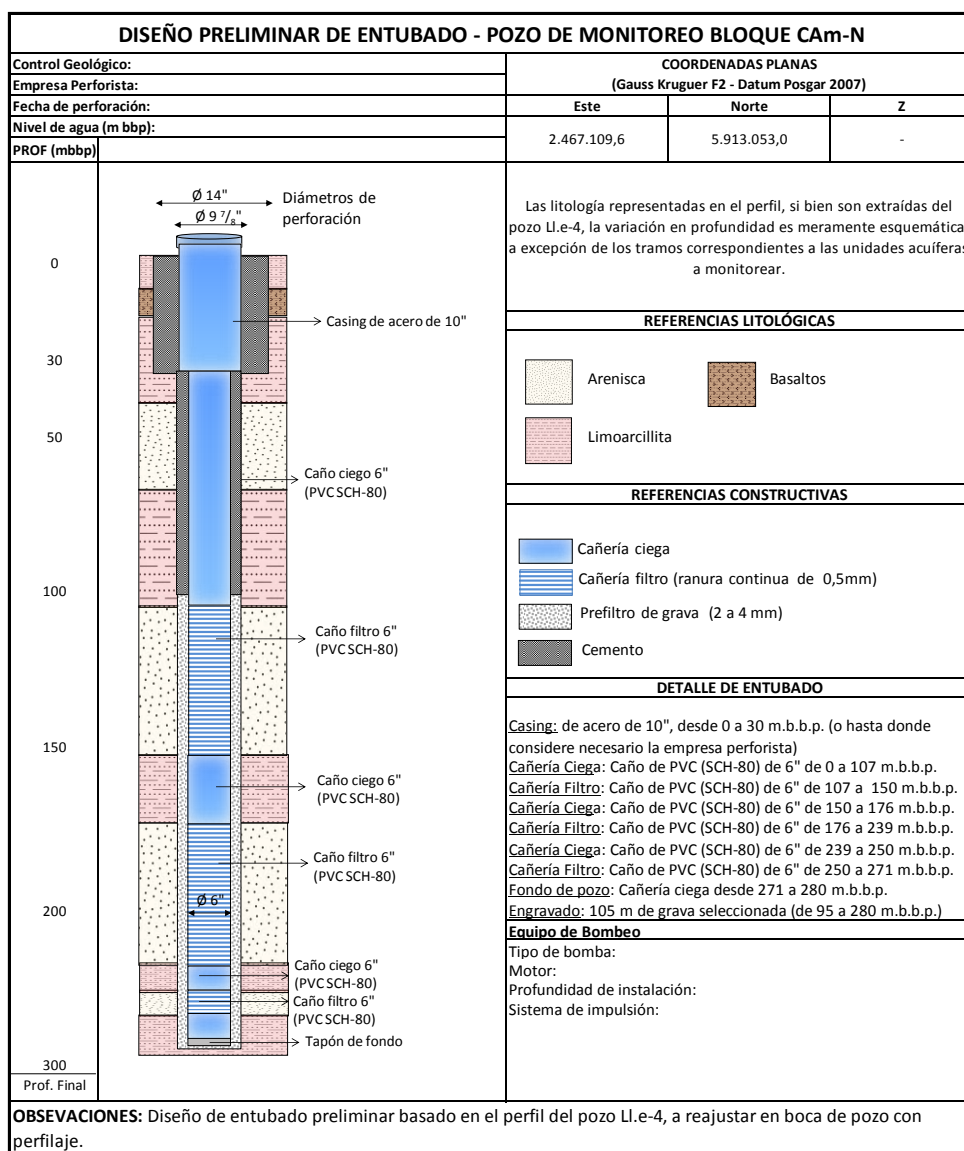


Figura 10.7: Diseño pozo monitor CAmN.M-1 en locación del pozo Ll.e-4.

3. Bloque CN VII /A

En este bloque se realizó el análisis petrofísico en 4 pozos EPñ.x-1, EMo.x-1, CLT.x-1 y AN.x-2 ubicados según se observa en la siguiente figura.

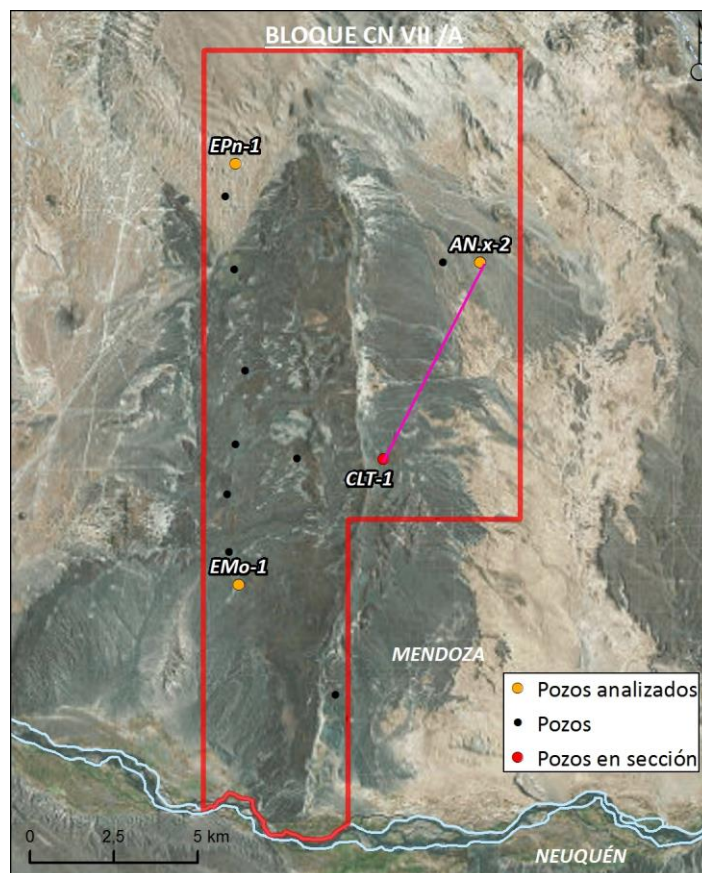


Figura 10.8: Pozos analizados y traza de del corte en el bloque CN VII/A.

Se elaboró un corte de orientación SO-NE entre los pozos CLT.x-1 y AN.x-2 (Figura 10.9). En el mismo se identifica claramente el importante espesor de la unidad de baja permeabilidad y por encima la secuencia silicoclástica con variable desarrollo dentro del Bloque. También se pone de manifiesto la escasa presencia de niveles permeables con agua de conductividad eléctrica $< 6.000 \mu\text{S/cm}$.

De acuerdo con el resultado obtenido del análisis petrofísico, se propone ubicar al pozo monitor CNVIIA.M-1 en la locación del pozo AN.x-2 por presentar la mayor cantidad de zonas con alta resistividad que podrían representar los niveles acuíferos buscados. A continuación en la figura 10.10, se presenta el diseño del pozo monitor, generado en base a la petrofísica y al control geológico del pozo AN.x-2.

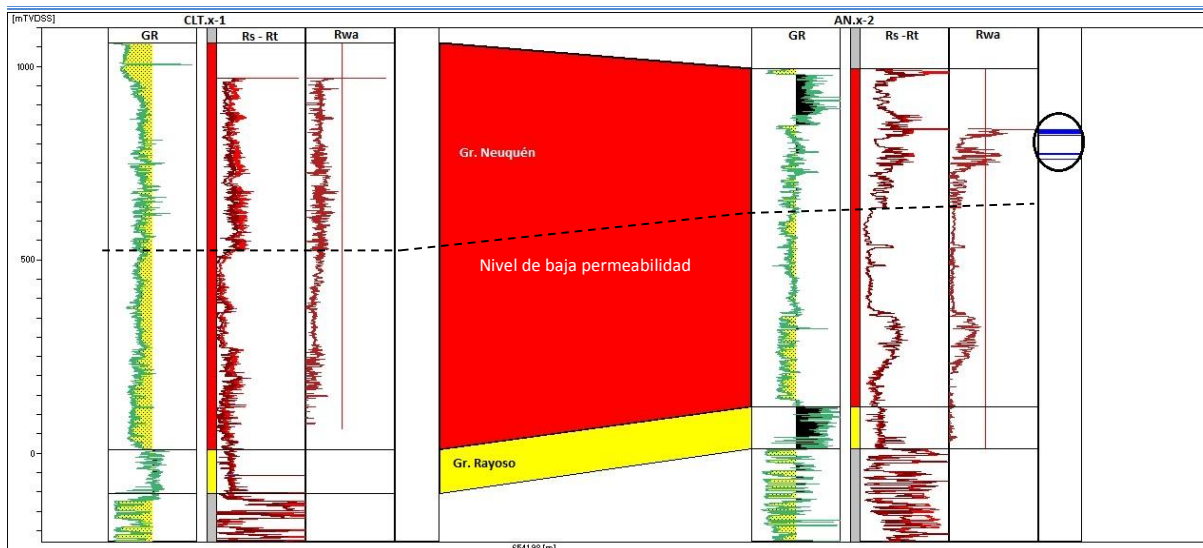


Figura 10.9: Corte SO-NE en el bloque CN VII/A.

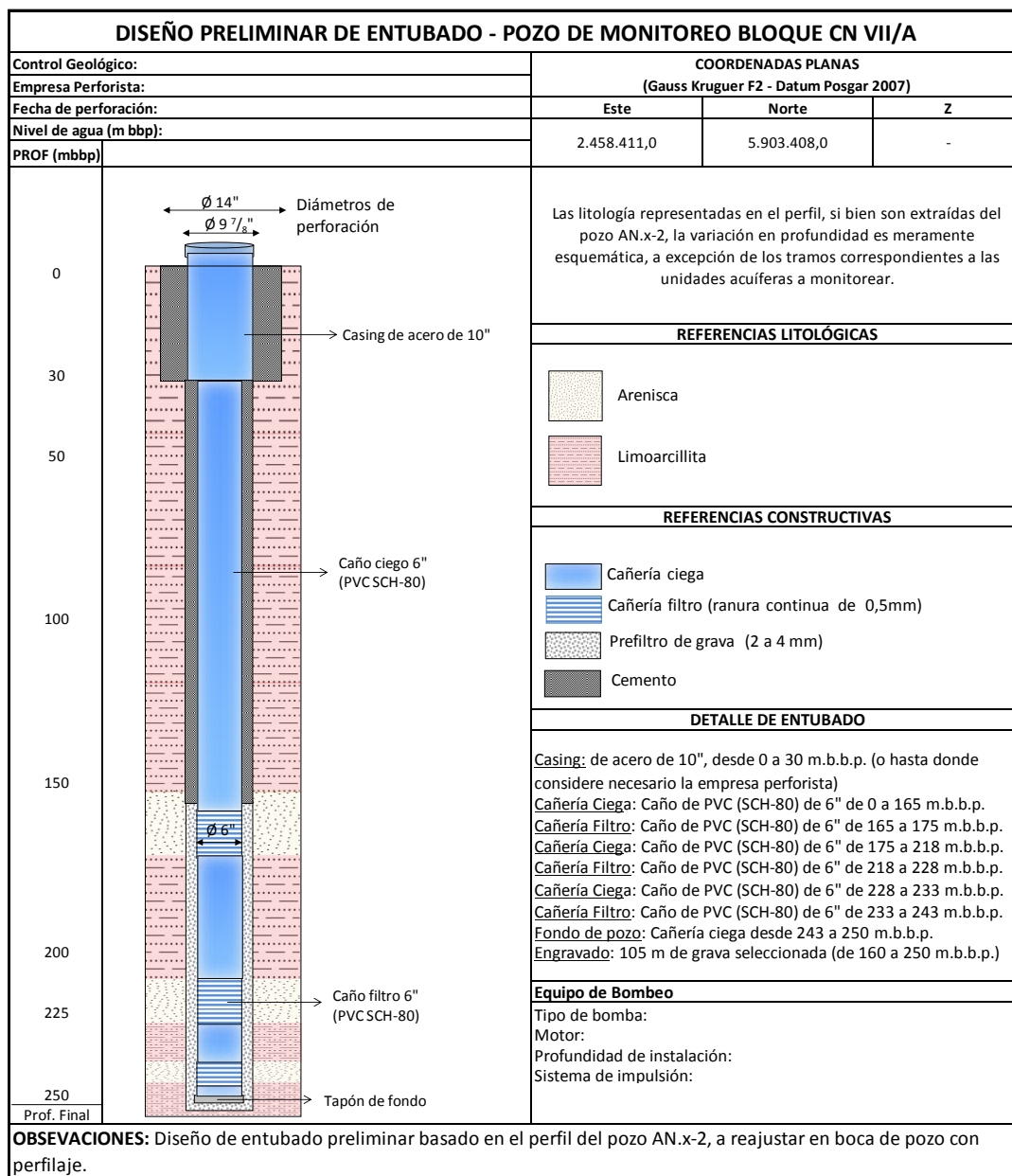


Figura 10.10: Diseño pozo monitor CNVII/A.M-1 en locación del pozo AN.x-2.

4. Bloque Chihuío de las Salinas Sur

En el bloque ChLSS se interpretaron los perfilajes de 4 pozos denominados ChLSS-1089, ChLSS-1190, BLL.x-1001 y BBL.a-1005 ubicados según se aprecia en la figura 10.11.

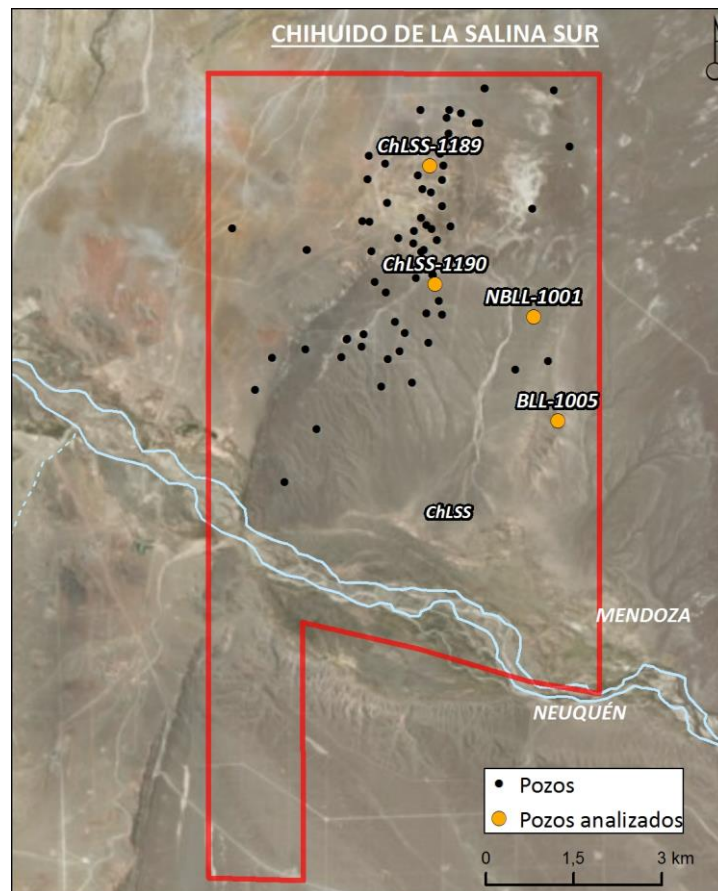


Figura 10.11: Pozos analizados y traza de del corte en el bloque CN VII/A.

Del análisis petrofísico se definió dentro de la secuencia silicoclástica superior, la presencia de niveles de rocas ígneas (basaltos) que coinciden con altos valores de resistividad. Igualmente resulto aleatoria la presencia de capas permeables de baja salinidad identificadas en los distintos sondeos. Debido a ello, se recomienda la locación del pozo ChLSS-1189 para realizar el pozo monitor ChLSS.M-1 cuyo diseño puede observarse en la figura 10.12.

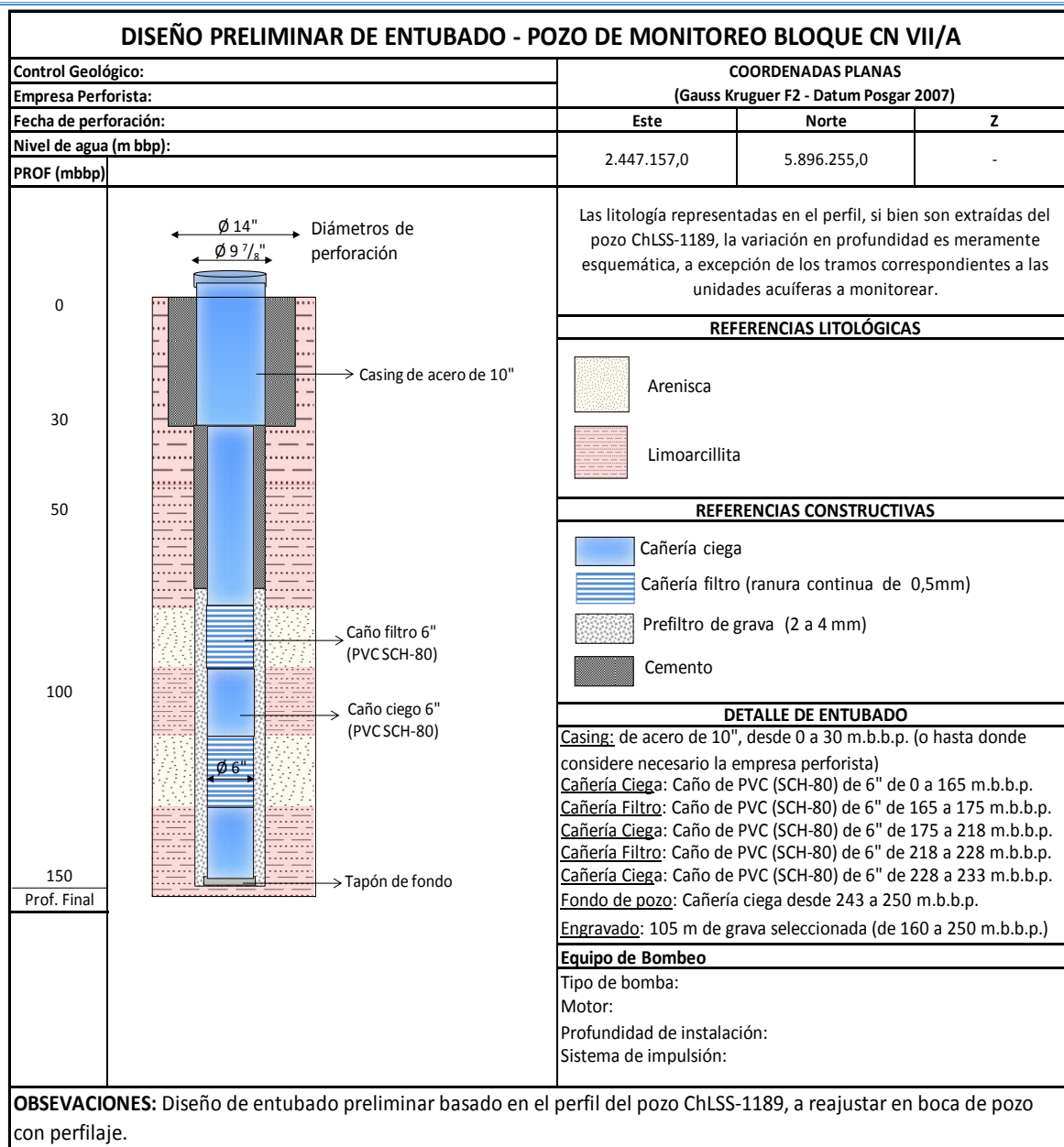


Figura 10.12: Diseño pozo monitor ChLSS.M-1 en locación del pozo ChLSS-1189.

10.2 Plan de monitoreo

A partir del conocimiento preliminar del funcionamiento hidrogeológico del área de estudio y en base a lo estipulado por la normativa considerada en este estudio (Decreto Provincial Nº 248/18 del Departamento General de Irrigación), se propone llevar adelante un plan de monitoreo que contemple la extracción y análisis hidroquímico del agua subterránea en los pozos de monitoreo que se ejecuten con tal fin.

La normativa estipula que en los pozos de monitoreo se deberán medir periódicamente los niveles estáticos y parámetros físico-químicos in-situ, asimismo se tomarán muestras de agua para monitoreo hidroquímico con frecuencia bimestral.

Además, el programa de monitoreo deberá incluir toma de muestra y mediciones in-situ de los cuerpos de agua superficiales que puedan estar vinculados con los recursos subterráneos y que puedan verse afectados por las actividades del proyecto en superficie.

Los análisis hidroquímicos de las muestras deberán incluir como mínimo los mismos parámetros contenidos en el estudio hidrológico e hidrogeológico de línea de base, evaluados en el presente informe (ver Tabla 7. 1).

11 Conclusiones y recomendaciones

Con los elementos geológicos, climáticos e hidrológicos antecedentes reunidos conjuntamente con las observaciones de campo se ha establecido un esquema del funcionamiento hidrogeológico.

- El área de estudio presenta un importante déficit hídrico, en el que los mecanismos de una recarga general se ven focalizados en eventos de precipitación en sectores de amplia extensión (sector de meseta, o altiplanicie del Payún, compuesta de rocas basálticas con sedimentos intercalados), hecho que favorece la rápida infiltración a pesar de la imperante evapotranspiración.
- Existen escasas evidencias directas de agua subterránea, tanto naturales como mallines, manantiales, eflorescencias salinas y algún cambio en la vegetación y antrópicas como pozos u otras captaciones, que permitan ahondar en el conocimiento directo del recurso subterráneo, hecho que ha limitado la realización de cartografía específica (equipotencial).
- La identificación y caracterización de acuíferos semiconfinados y/o confinados presentes en el Grupo Neuquén, que representa el principal objetivo de este estudio, fue abordada mediante un análisis de datos indirectos, con la información geológica y petrofísica puesta a disposición por YPF. De esta manera, se dedujeron las características hidrogeológicas de las unidades que integran el sistema, a fin de identificar posibles capas acuíferas con conductividad eléctrica inferior a 6.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- El estudio de niveles con agua de baja salinidad mediante la aplicación de métodos petrofísicos, ha resultado a priori una aproximación útil para el conocimiento del sistema hidrogeológico y el posterior diseño de una red de monitoreo de acuíferos. Sin embargo, cabe señalar que cada procedimiento presenta limitaciones acordes al tipo de metodología indirecta de investigación.
- Litológicamente se analizó principalmente al Gr. Neuquén, el cual se compone de secuencias silicoclástica con intercalaciones de material fino (limoarcillitas en general). Dentro del mismo se pudo identificar un nivel limoarcilloso de baja permeabilidad de importante espesor y correlacionable en toda el área de estudio. Esta capa se encuentra comprendida entre los niveles acuíferos superiores identificados y una capa de gas productiva, definida y mapeada por YPF.
- Del análisis efectuado se desprende el escaso desarrollo de niveles acuíferos con agua dulce dentro de las secuencias silicoclásticas superiores del Gr. Neuquén, no correlacionables e identificadas a profundidades variables.
- La caracterización hidroquímica de las aguas muestreadas arrojó dos ramas bien diferenciadas. Las aguas relacionadas al Río Colorado o el medio aluvial asociado, son claramente de carácter *clorurado a sulfatado calcosódico*, mientras que el resto de las muestras son netamente *sulfatadas*.
- Desde el punto de vista de la calidad de agua se destaca principalmente que las aguas aptas para consumo humano están vinculados a las aguas propias del río Colorado (medio superficial y agua contenida en el medio aluvial) mientras que el resto de las manifestaciones presentan inaptitud por diferentes parámetros donde se destaca principalmente el exceso en contenidos de sulfato.
- A fin de establecer los procesos y mecanismos que vinculan los acuíferos someros y el/los acuíferos profundos, será necesario profundizar en el conocimiento hidrogeológico del área, a

partir de estudios específicos, datos directos y perforaciones hidrogeológicas, actualmente no disponibles en esta instancia de investigación.

- Es por ello que se resalta la importancia de contar con una mínima cantidad de muestras de agua subterránea de las formaciones de interés (ensayos MDT, pozos hidrogeológicos exploratorios y/o monitores), que resulten representativas para el área de estudio y permitan corroborar los resultados obtenidos mediante métodos indirectos.
- Para cumplir con la normativa vigente que regula la exploración y explotación de formaciones hidrocarburíferas no convencionales, se propone la ejecución de un pozo monitor por bloque, con un diseño acorde a los niveles acuíferos identificados con conductividad eléctrica inferior a 6.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- El plan de monitoreo deberá contemplar la medición de niveles estáticos y la toma de muestras de agua subterránea para su correspondiente determinación hidroquímica con frecuencia de muestreo bimestral, durante el primer año. Dicho plan podrá ir migrando a una frecuencia más laxa de acuerdo a los resultados que se vayan obteniendo.

La Plata, 5 de Junio de 2019.

12 Bibliografía

- Braccacini, O.- "Rasgos tectónicos de las Acumulaciones Mesozoicas en las Provincias de Mendoza y Neuquén, Rep. Argentina", Revista de la Asociación Geológica Argentina. T. XXV, Abril -Junio de 1970.
- Bedini, P. y Meconi, Gabriel, 2015. "Método para el estudio de acuíferos con información de pozos hidrocarburíferos para proveer agua a la industria petrolera, Ejemplo: Yacimiento Punta Barda, Cuenca Neuquina.", Jornadas de gerenciamiento integral de agua en Yacimientos Petroleros, Comodoro Rivadavia, 26 y 27 de Agosto de 2015.
- Burgess, P., Flint, s. & Johnson, S. 2000. Sequence stratigraphic interpretation of turbiditic strata: an example from Jurassic strata of the Neuquén basin, Argentina. Geological Society of America Bulletin, 112, 1650 – 1666.
- Capitanelli, R. (1972). Geomorfología y clima de la provincia de Mendoza. Bol. Soc. Argent. Bot. 13: 15- 48.
- Cazau, L.B. & Uliana, M.A. 1973. El Cretácico superior continental de la Cuenca Neuquina. 5° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 131-163. Buenos Aires
- Chebli G., H. Mendiberri, A. Giusano, G. Ibáñez, & J. Alonso, 2011, El "Shale Gas" en la Provincia del Neuquén, VIII.º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, IAPG, p. 669-710. Buenos Aires.
- Colombino J. y Luengo M, 2011. "Regiones Hidrogeológicas". Relatorio del XVIII Congreso Geológico Argentino. Pág. 833-840.
- CUEMECCO, 2010. "Río Colorado Proyecto de Desarrollo Ambiental-Territorial y Económico-Productivo de la región Cuenca Media del Río Colorado." (Fuente: <http://pem.malargue.gov.ar/>).
- Custodio, E. & M. R. Llamas 1983. "Tratado de Hidrología Subterránea". Ed. Omega, T. I y II. (2a Ed.) Barcelona.
- Garrido, A.C. 2010a. Estratigrafía del Grupo Neuquén, Cretácico Superior de la Cuenca Neuquina (República Argentina): Nueva propuesta de ordenamiento litoestratigráfico. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, Nueva Serie, 12 (2).
- Gulisano, C. A., A. R. Gutierrez Pleimling y R. E. Digregorio, 1984. Esquema estratigráfico de la secuencia Jurásica del oeste de la provincia del Neuquén. IX Cong. Geol. Arg., Actas I: 236-259.
- Juan José Ponce, et. Al, 2002. "Análisis estratigráfico y modelo deposicional para la Formación Rayoso (Cretácico Inferior) en la Cuenca Neuquina, Provincia del Neuquén."
- Köppen and Geiger (1936). The Geographic System of Climates Vol I Part C, "Handbook of Climatology".
- Lagarreta, L. y Gulisano, C. A. 1989. "Análisis estratigráfico de la Cuenca Neuquina (Triásico superior-Terciario inferior). 10mo Congreso Geológico Argentino, San Miguel de Tucumán, Simposio de Cuencas Sedimentarias: 221-244. Buenos Aires.
- Laurencena, Patricia C.; Kruse, Eduardo E. (2008) "Caracterización de acuíferos profundos en un sector de la cuenca neuquina". Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea y Expo Agua. Quito.
- Leanza, H. A., 1990. Estratigrafía del Paleozoico y Mesozoico anterior a los Movimientos Intermálmicos en la comarca del cerro Chachil, provincia del Neuquén. Revista Asociación Geológica Argentina, 45(3-4): 272-299.

- Meconi, Gabriel, 2015. "Neuquén group and Rayoso Formation aquifer system (S.a.Ne.Ra), Neuquén basin, Argentina: Proposed denomination, study and integrated water resource management (IWRM). Session S8.6 – Aqua 2015 – 42nd IAH Congress.
- Olmos, M., H. Mareto, D. Lasalle, O. Carbone. y C. Naidés. 2002. Los Reservorios de la Formación Quintuco. 5º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Mar del Plata.
- Polansky, J., 1954. Rasgos geomorfológicos del territorio de la provincia de Mendoza. Ministerio Economía, Instituto Investigaciones Económicas y Tecnológicas. Cuadernos de Investigaciones y Estudios, 4: 4-10, Mendoza.
- Primo L. y O. Gonzalez, 1973. "Relevamiento de las aguas subterráneas de la Cuenca Neuquina y su posible utilización en proyectos de recuperación secundaria". II Simposio de Recuperación Secundaria de Petróleo y Gas, I.A.P., Y.P.F., Fac. Ing. del Petróleo de Cuyo.
- Schlumberger. "Fundamentos de la Interpretación de Perfiles". Junio de 1970.
- Schlumberger. "Log Interpretation Charts", 1972.
- SEGEMAR, Hoja Geológica 3769-I, Barrancas, a escala 1:250.000
- Sosic Mario, 1978. "Recursos Hídricos Subterráneos". Relatorio Geología y Recursos Naturales del Neuquén. VII Congreso Geológico Argentino. Pág. 309-323.
- V Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos – Mar del Plata 2002. "Rocas Reservorio de las Cuencas Productivas de la Argentina.
- Veiga, Gonzalo D., Ernesto Schwarz, Luis A. Spalletti, 2011. "Análisis estratigráfico de la Formación Lotena (Calloviano superior- Oxfordiano inferior) en la Cuenca Neuquina Central, República Argentina. Integración de información de afloramientos y subsuelo".

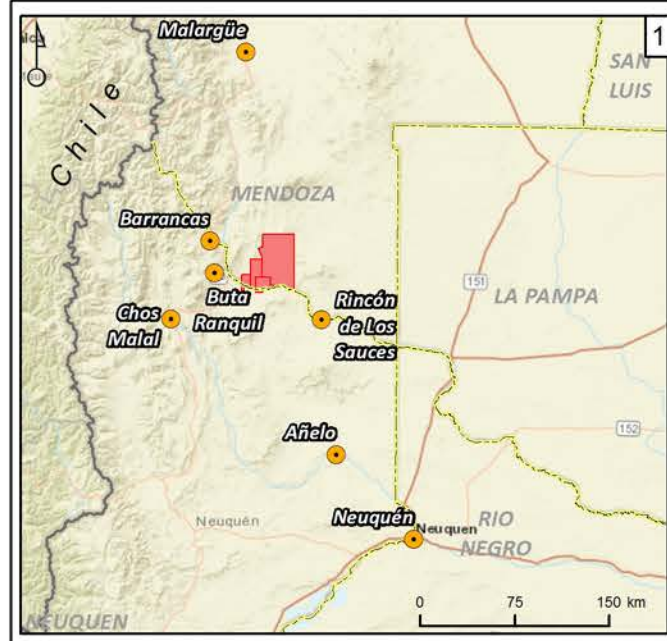
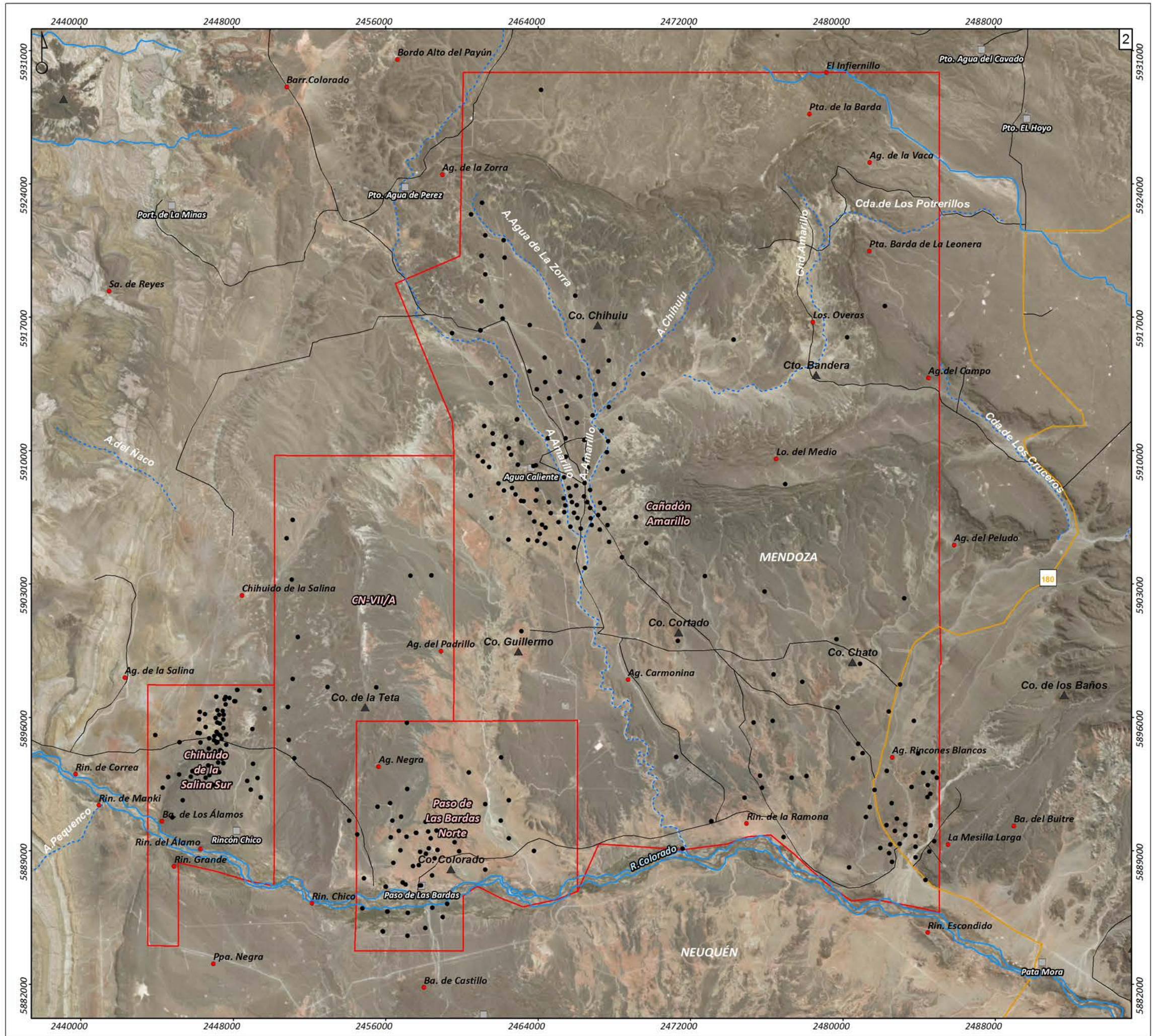


ANEXOS



ANEXO I

MAPAS



Referencias regionales

- Ciudad/Localidad
- Sector de estudio
- Limites interprovinciales

Referencias de detalle

- ▲ Cerro
- Lomas/Pampa/Rincón/Sierra/Otros
- Poblados**
- Pueblos/Parajes
- Ruta Provincial
- Caminos
- Cursos de agua**
- Ríos
- Cursos menores
- Bloques
- Pozos

Ag.:Agua	Lo.:Loma
Alpie.:Altiplanicie	Los.:Lomas
Ba.:Barda	Ppa.:Pampa
Barr.:Barreal	Pta.:Punta
Cto.:Cerrito	Rin.:Rincón
Co.:Cerro	Sa.:Sierra

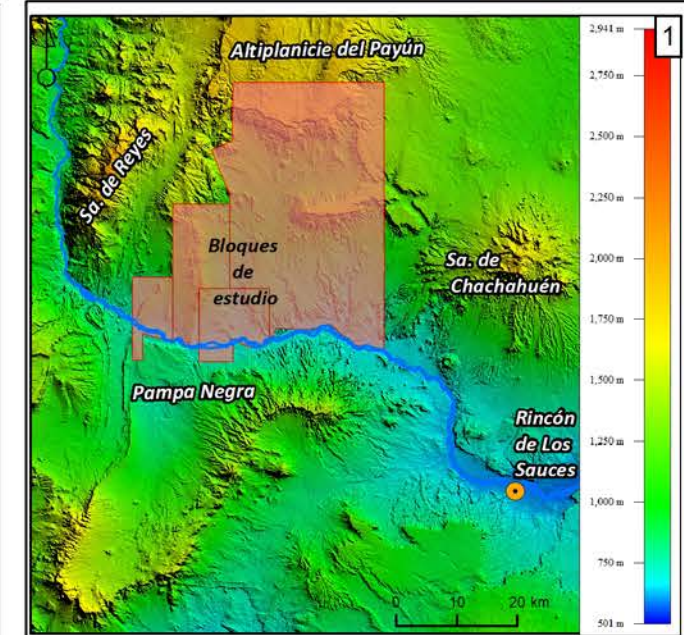
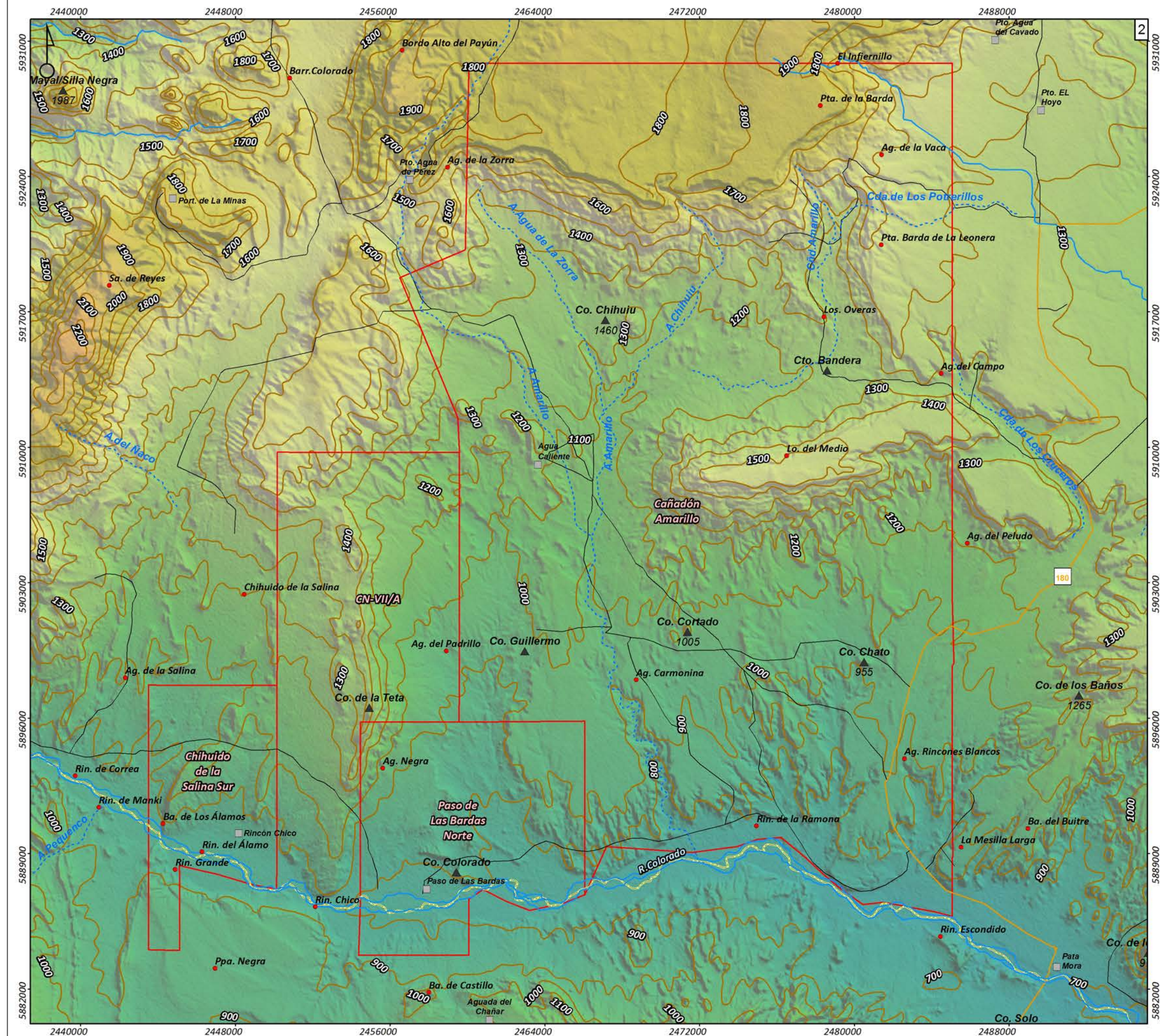
Hidroar S.A.
SERVICIOS HIDROGEOLOGICOS Y AMBIENTALES

Estudio hidrogeológico en los bloques hidrocarburíferos Cañadón Amarillo, CN VII/A, Paso de las Bargas Norte y Chihuido de la Salina Sur
YPF S.A. – PROVINCIA DE MENDOZA

Elaboró: Lic. Fernanda Dávila	Ubicación general	
Supervisó: Lic. Fernando Perera Lic. Natalia Zanetti		
Fecha: Junio 2019	Escala: Gráfica	Mapa: 1

0 1 2 4 6 8 10 12 km

Proyección Gauss-Krüger-Faja 2-Marco de referencia Posgar 2007



Referencias regionales

● Ciudad/Localidad ■ Sectores de estudio

~~~~~ Río Colorado

**Referencias de detalle**

■ Pueblos/Parajes    ~~~~~ Cursos de agua

—— Ruta Provincial    ~~~~~ Ríos

—— Caminos    ~~~~~ Cursos menores

▲ Cerro

● Lomas/Pampa/Rincón/Sierra/Otros

■ Bloques

—— Curvas de nivel-IGN (Equid.100 m)

**Modelo digital de elevación**

Rango (m)

Superior : 2946

Inferior : 500

Ag.:Agua    Lo.:Loma

Alpcie.:Altiplanicie    Los.:Lomas

Ba.:Barda    Ppa.:Pampa

Barr.:Barreal    Pta.:Punta

Cto.:Cerrito    Rin.:Rincón

Co.:Cerro    Sa.:Sierra

**Hidroar S.A.**  
SERVICIOS HIDROLOGICOS Y AMBIENTALES

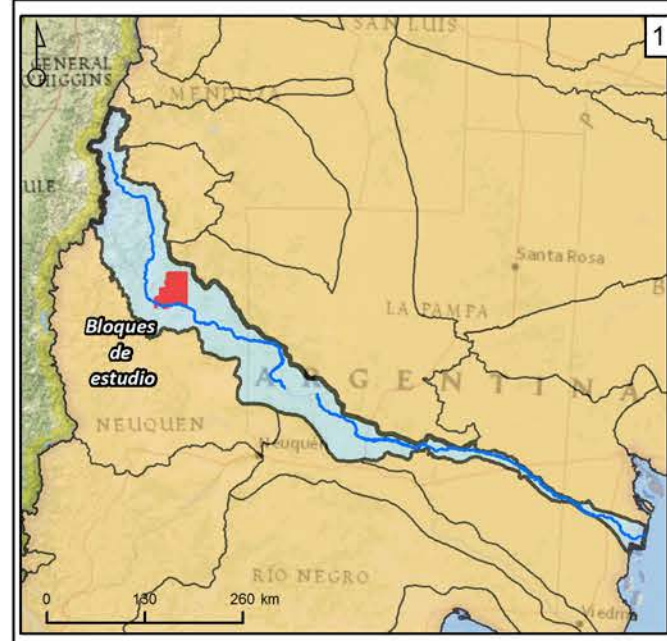
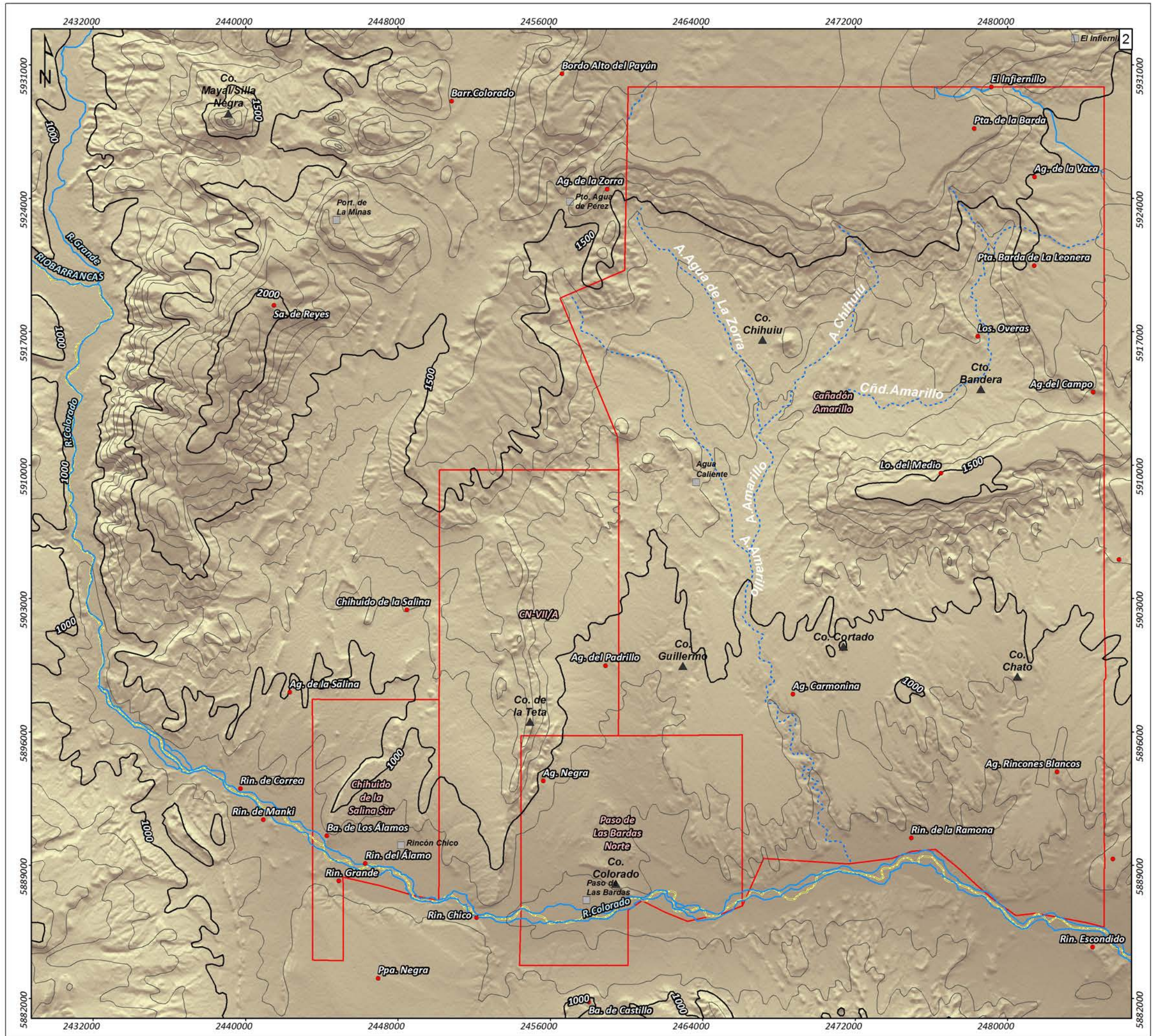
**YPF**

Estudio hidrogeológico en los bloques hidrocarburíferos Cañadón Amarillo, CN VII/A, Paso de las Bardas Norte y Chihuido de la Salina Sur  
YPF S.A. – PROVINCIA DE MENDOZA

|                                                            |                        |         |
|------------------------------------------------------------|------------------------|---------|
| Elaboró:<br>Lic. Fernanda Dávila                           | <b>Planialtimetría</b> |         |
| Supervisó:<br>Lic. Fernando Perera<br>Lic. Natalia Zanetti |                        |         |
| Fecha: Junio 2019                                          | Escala: Gráfica        | Mapa: 2 |

0 1 2 4 6 8 10 12 km

Proyección Gauss-Krüger-Faja 2-Marco de referencia Posgar 2007



Ag.:Agua  
Alpcie.:Altiplanicie  
Ba.:Barda  
Barr.:Barreal  
Cto.:Cerrito  
Co.:Cerro  
Lo.:Loma  
Los.:Lomas  
Ppa.:Pampa  
Pta.:Punta  
Rin.:Rincón  
Sa.:Sierra

**Hidroar S.A.**  
SERVICIOS HIDROLOGICOS Y AMBIENTALES

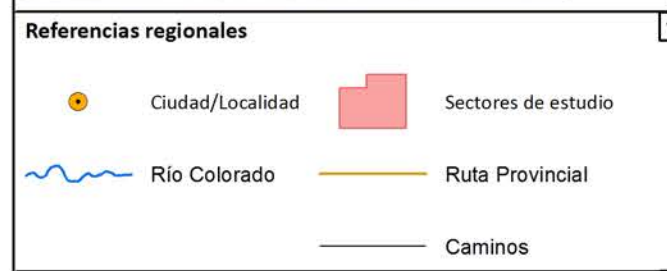
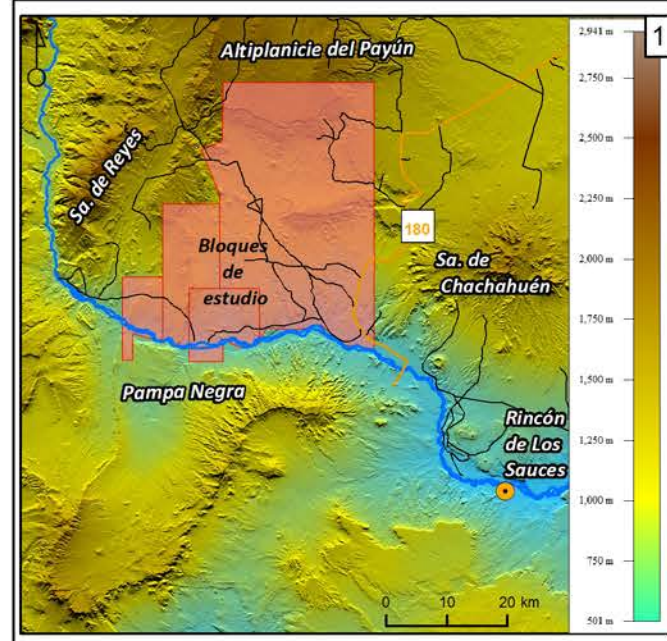
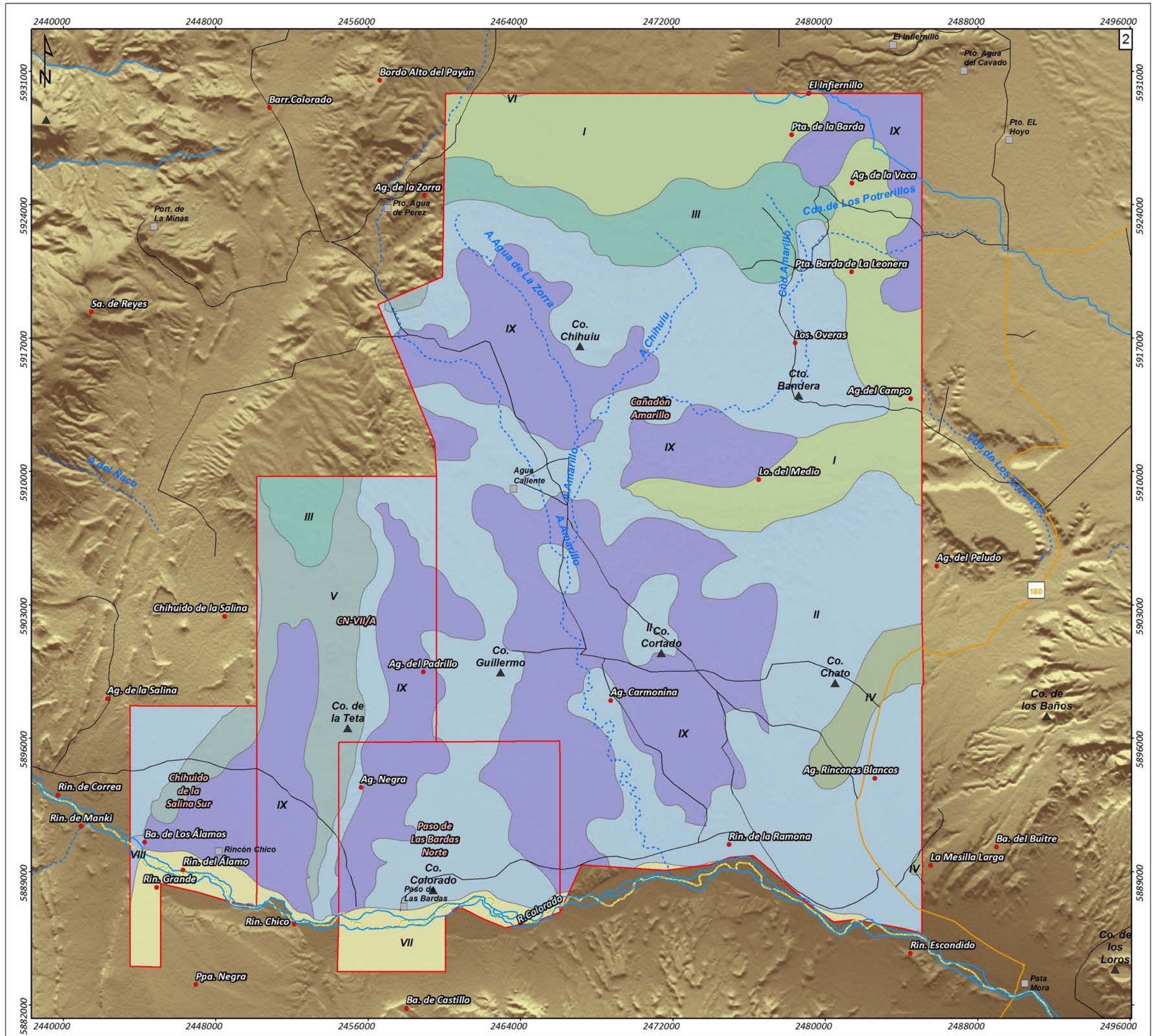
**YPF**

Estudio hidrogeológico en los bloques hidrocarburíferos Cañadón Amarillo, CN VII/A, Paso de las Bardas Norte y Chihuido de la Salina Sur  
YPF S.A. – PROVINCIA DE MENDOZA

|                                                            |                   |         |
|------------------------------------------------------------|-------------------|---------|
| Elaboró:<br>Lic. Fernanda Dávila                           | <b>Hidrología</b> |         |
| Supervisó:<br>Lic. Fernando Perera<br>Lic. Natalia Zanetti |                   |         |
| Fecha: Junio 2019                                          | Escala: Gráfica   | Mapa: 3 |

0 1 2 4 6 8 10 12 km

Proyección Gauss-Krüger-Faja 2-Marco de referencia Posgar 2007



**Hidroar S.A.**  
SERVICIOS HIDROLOGICOS Y AMBIENTALES

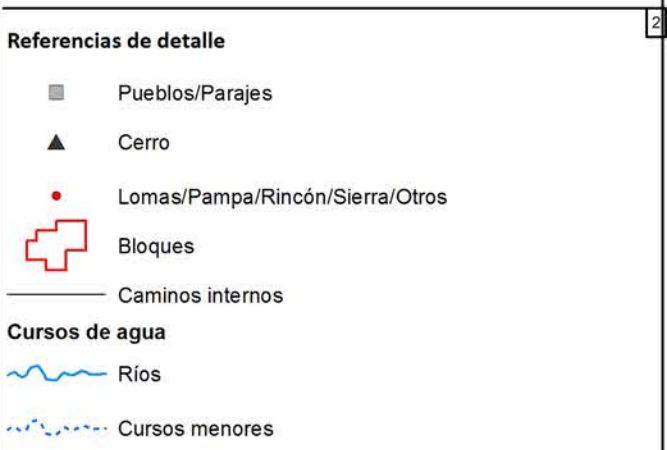
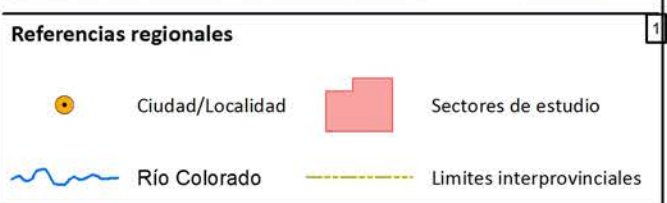
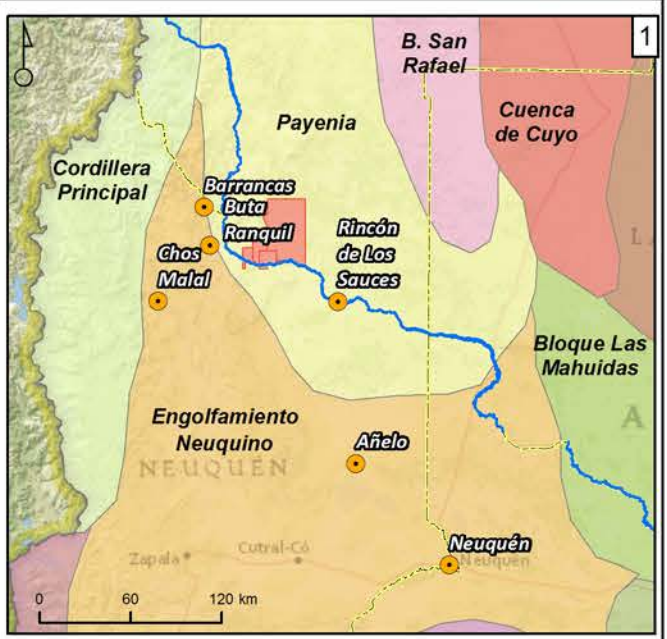
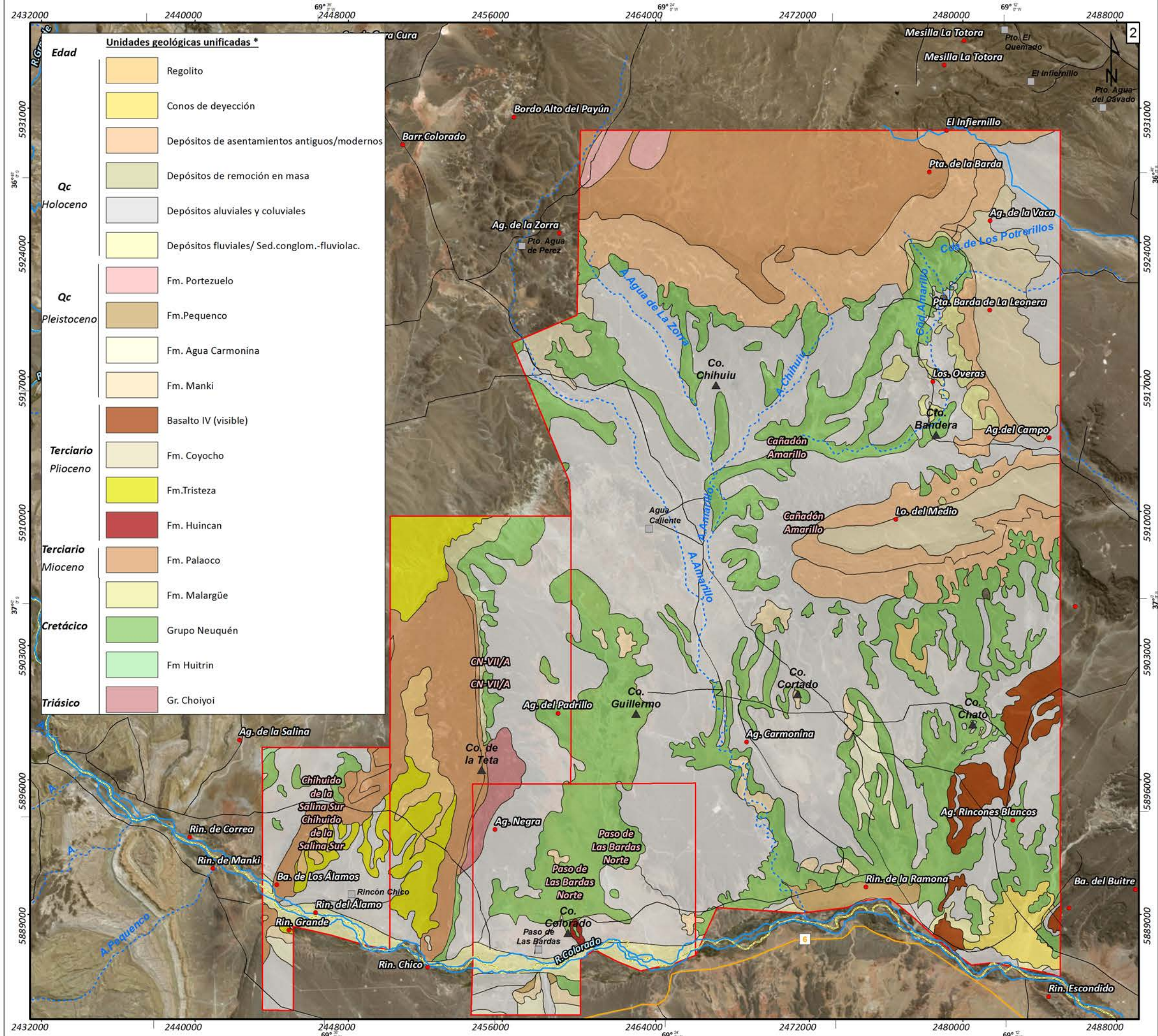
**YPF**

Estudio hidrogeológico en los bloques hidrocarburíferos Cañadón Amarillo, CN VII/A, Paso de las Bardas Norte y Chihuido de La Salina Sur  
YPF S.A. – PROVINCIA DE MENDOZA

|                                                            |                      |         |
|------------------------------------------------------------|----------------------|---------|
| Elaboró:<br>Lic. Fernanda Dávila                           | <b>Geomorfología</b> |         |
| Supervisó:<br>Lic. Fernando Perera<br>Lic. Natalia Zanetti |                      |         |
| Fecha: Junio 2019                                          | Escala: Gráfica      | Mapa: 4 |

0 1 2 4 6 8 10 12 km

Proyección Gauss-Krüger-Faja 2-Marco de referencia Posgar 2007



\*Unificada (Cartas geológicas E:1:200.000 31c,31d;32c,32d)

**Hidroar S.A.**  
SERVICIOS HIDROGEOLOGICOS Y AMBIENTALES

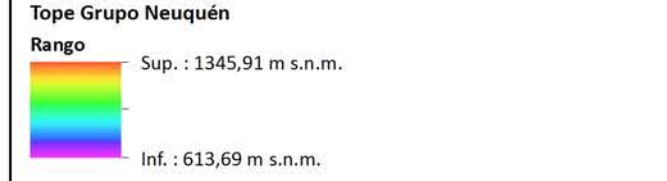
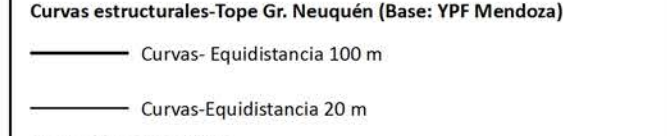
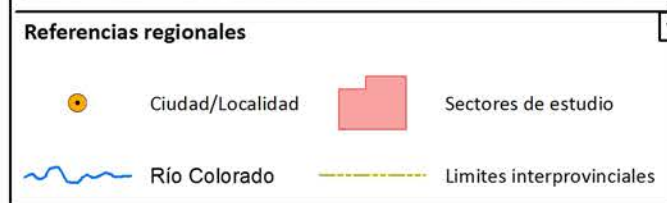
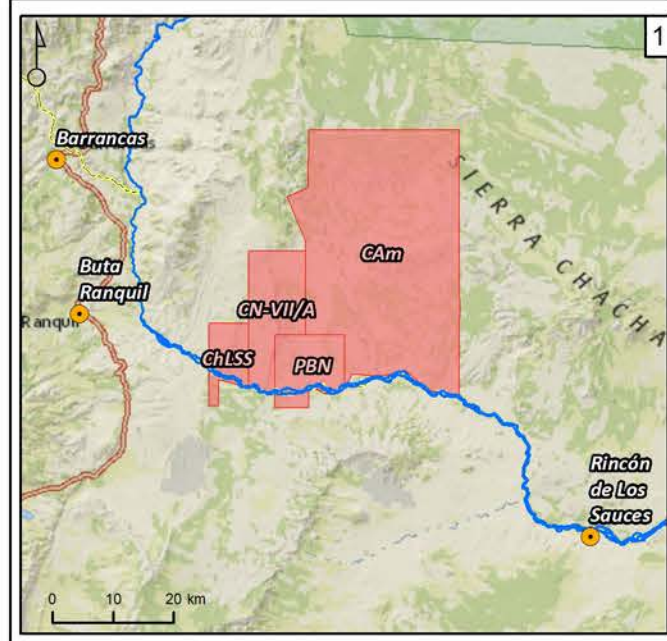
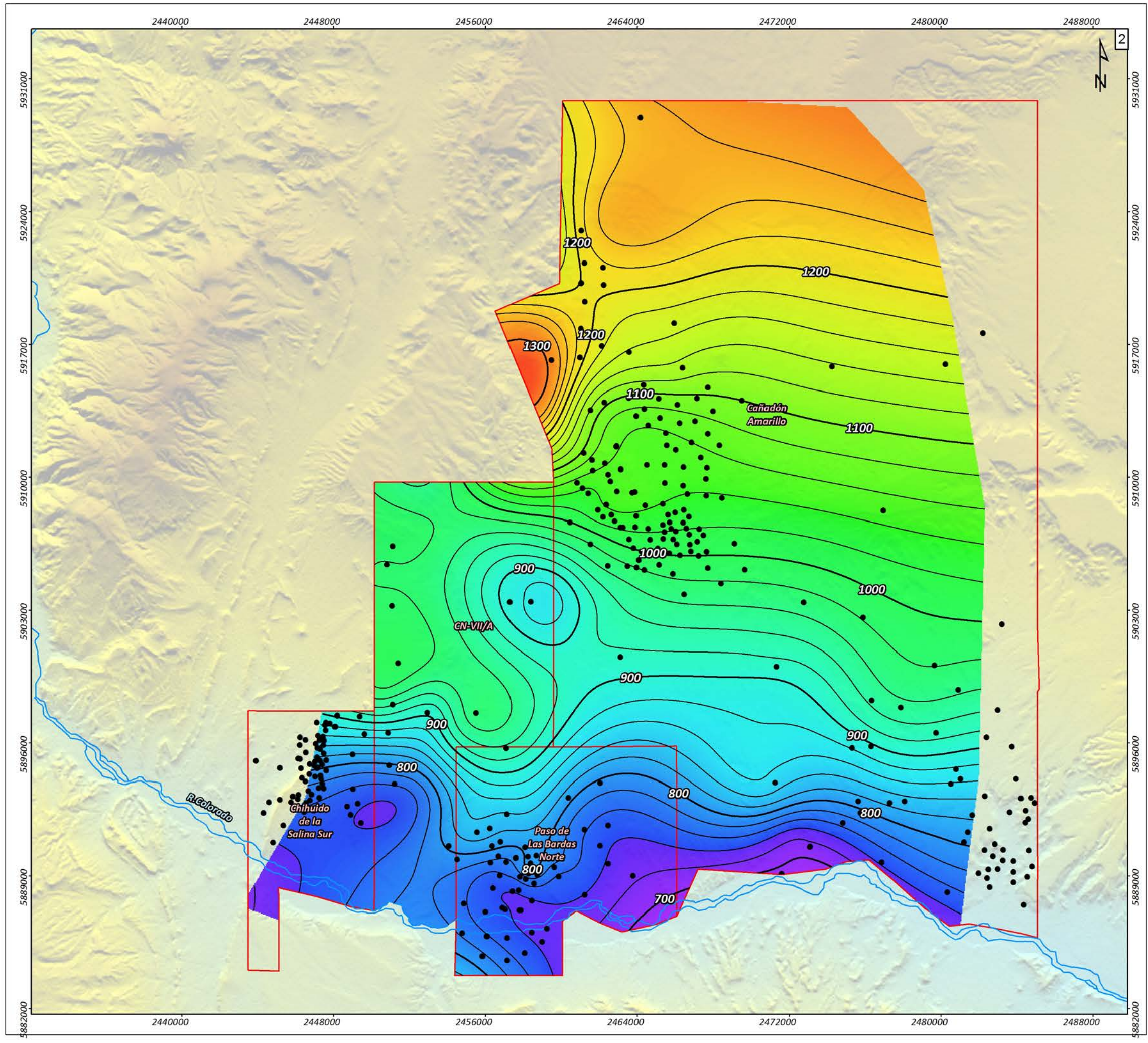
**YPF**

Estudio hidrogeológico en los bloques hidrocarburíferos  
Cañadón Amarillo, CN VII/A, Paso de las Bardas Norte y  
Chihuido de la salina Sur  
YPF S.A. – PROVINCIA DE MENDOZA

|                                                            |                 |         |
|------------------------------------------------------------|-----------------|---------|
| Elaboró:<br>Lic. Fernanda Dávila                           | <b>Geología</b> |         |
| Supervisó:<br>Lic. Fernando Perera<br>Lic. Natalia Zanetti |                 |         |
| Fecha: Junio 2019                                          | Escala: Gráfica | Mapa: 5 |

0 1 2 4 6 8 10 12 km

Proyección Gauss-Krüger-Faja 2-Marco de referencia Posgar 2007



**Hidroar S.A.**  
SERVICIOS HIDROGEOLOGICOS Y AMBIENTALES

Estudio hidrogeológico en los bloques hidrocarburíferos  
Cañadón Amarillo, CN VII/A, Paso de las Bardas Norte y  
Chihuido de la salina Sur  
YPF S.A. – PROVINCIA DE MENDOZA

Elaboró:  
Lic. Fernanda Dávila

Supervisó:  
Lic. Fernando Perera  
Lic. Natalia Zanetti

**Estructural al  
tope del Grupo Neuquén**

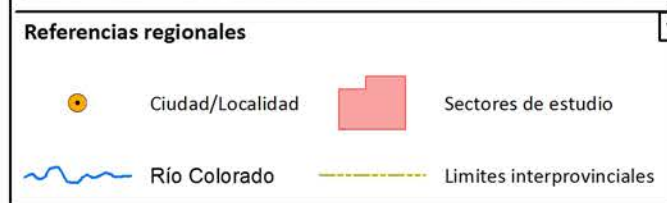
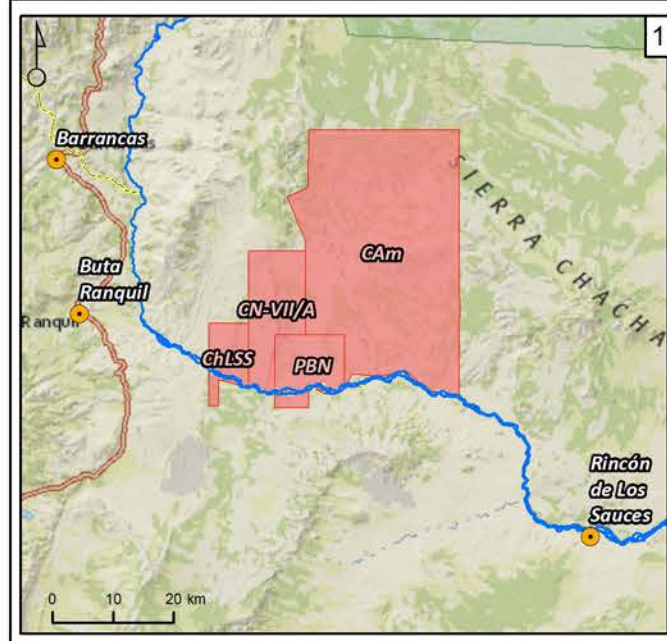
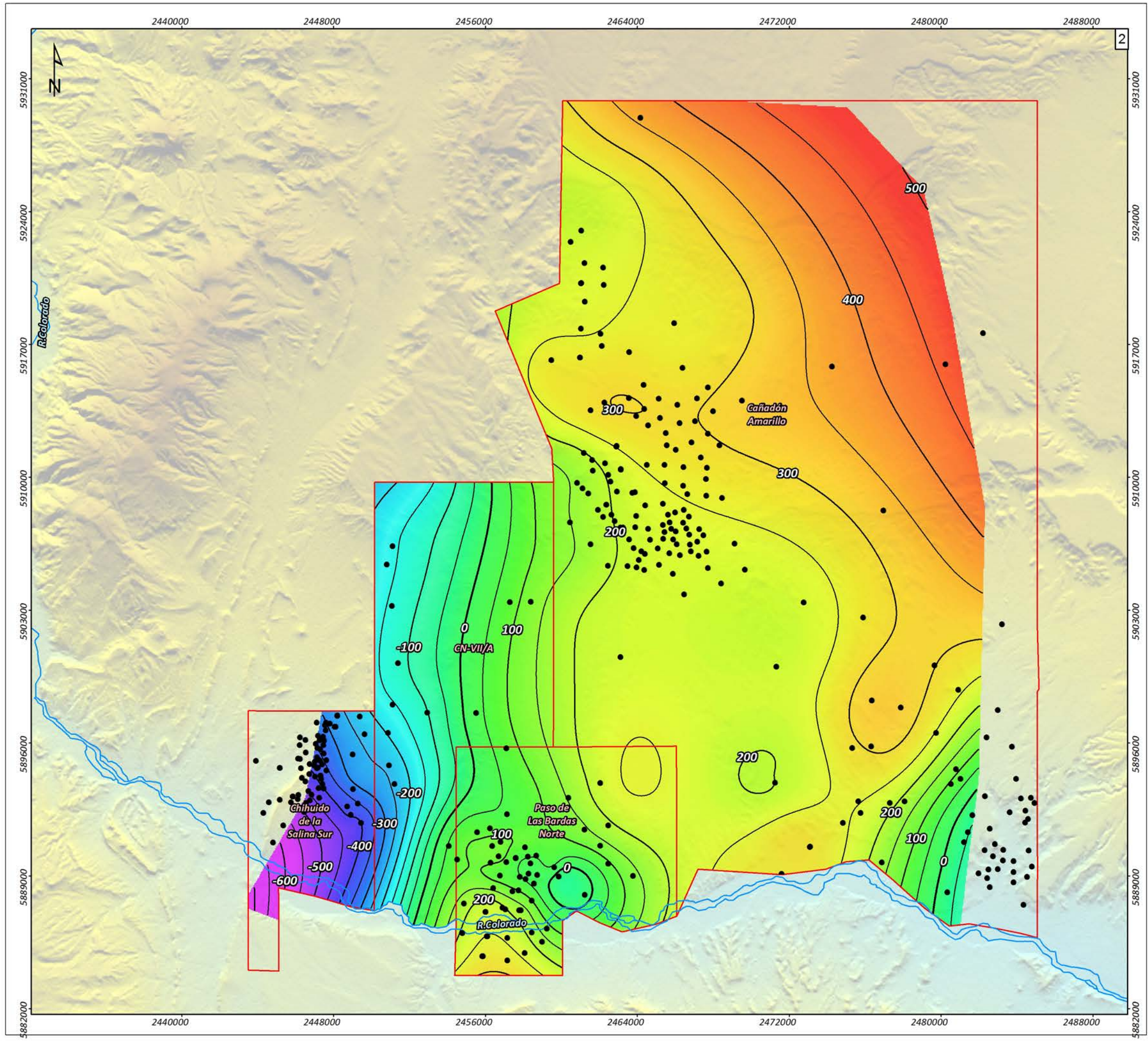
Fecha: Junio 2019

Escala: Gráfica

Mapa: 6

0 1 2 4 6 8 10 12 km

Proyección Gauss-Krüger-Faja 2-Marco de referencia Posgar 2007

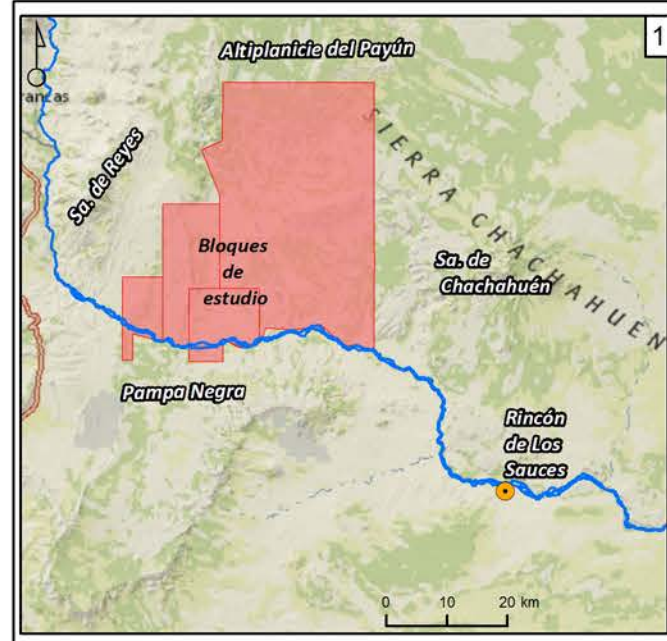
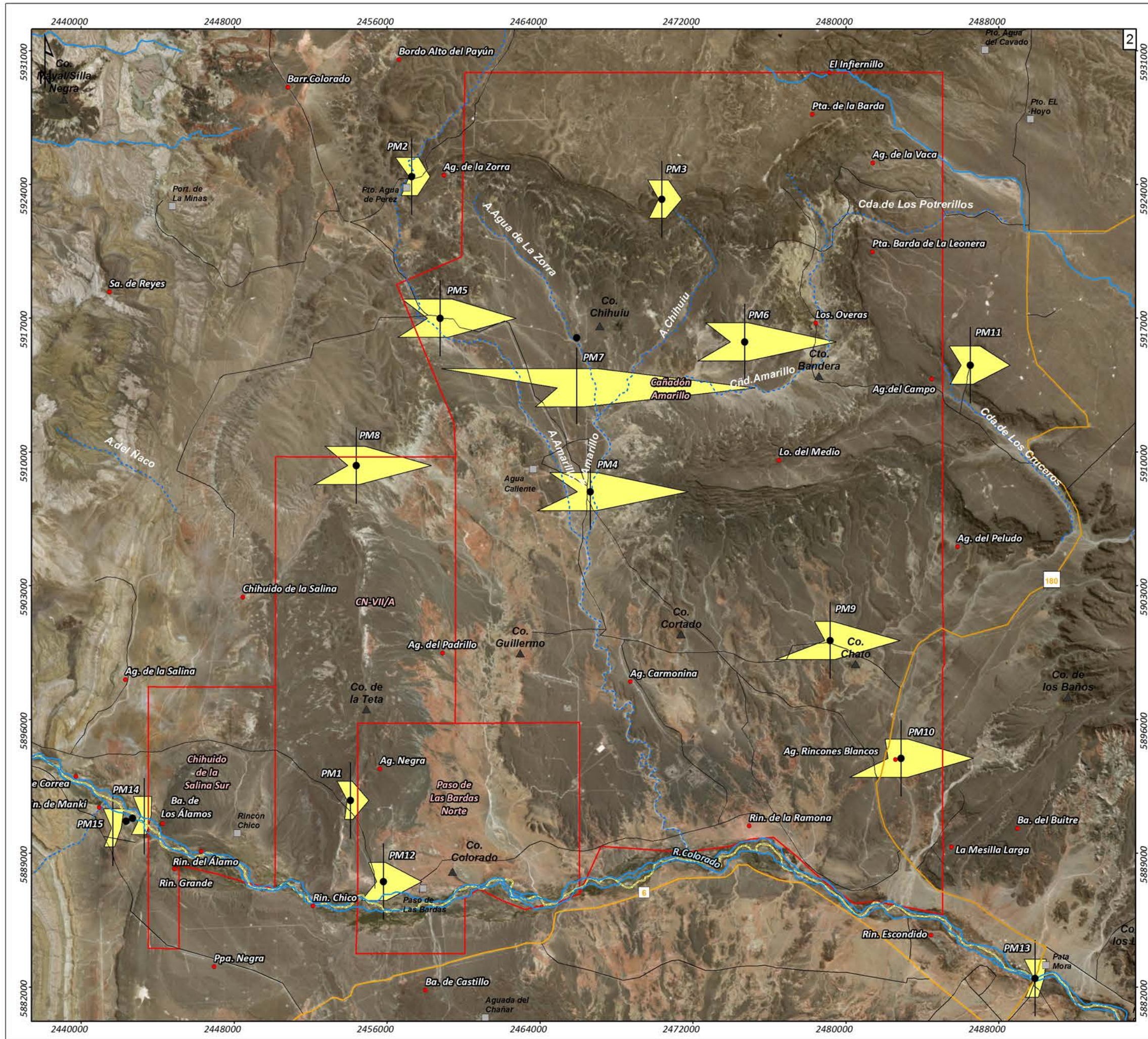


Estudio hidrogeológico en los bloques hidrocarbúferos  
Cañadón Amarillo, CN VII/A, Paso de las Bardas Norte y  
Chihuido de la salina Sur  
YPF S.A. – PROVINCIA DE MENDOZA

|                                                            |                                               |         |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------|
| Elaboró:<br>Lic. Fernanda Dávila                           | <b>Estructural al<br/>tope del Fm. Rayoso</b> |         |
| Supervisó:<br>Lic. Fernando Perera<br>Lic. Natalia Zanetti |                                               |         |
| Fecha: Mayo 2019                                           | Escala: Gráfica                               | Mapa: 7 |

Proyección Gauss-Krüger-Faja 2-Marco de referencia Posgar 2007





**Referencias regionales**

- Ciudad/Localidad
- Sectores de estudio
- Río Colorado

**Referencias de detalle**

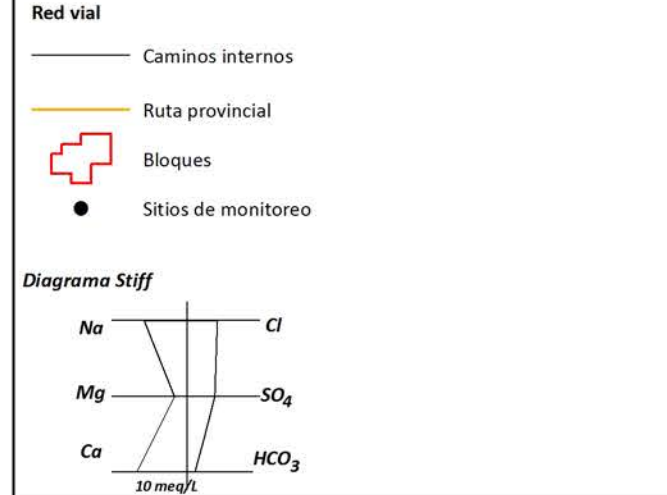
- Pueblos/Parajes
- Cerro
- Lomas/Pampa/Rincón/Sierra/Otros

**Cursos de agua**

- Ríos
- Cursos menores

**Red vial**

- Caminos internos
- Ruta provincial
- Bloques
- Sitios de monitoreo



**Hidroar S.A.**

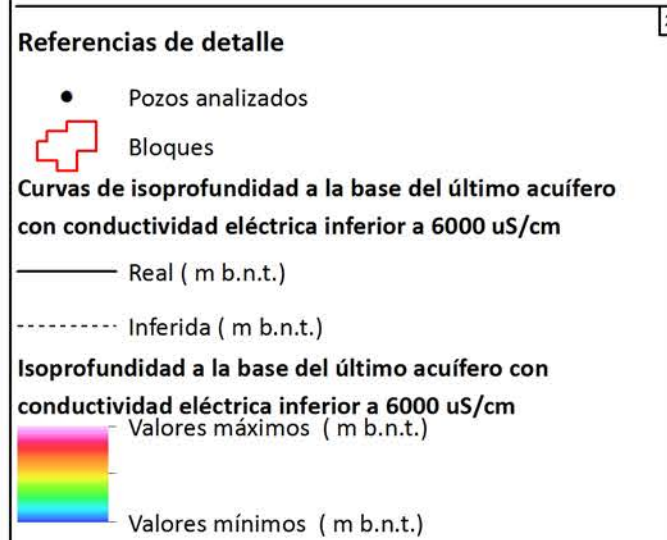
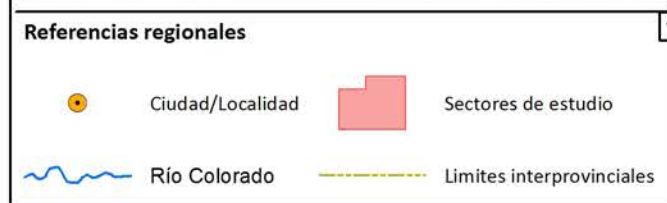
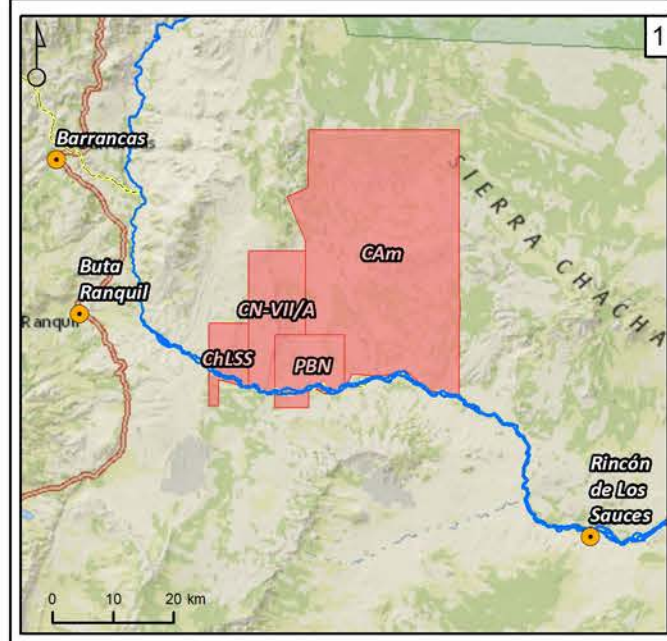
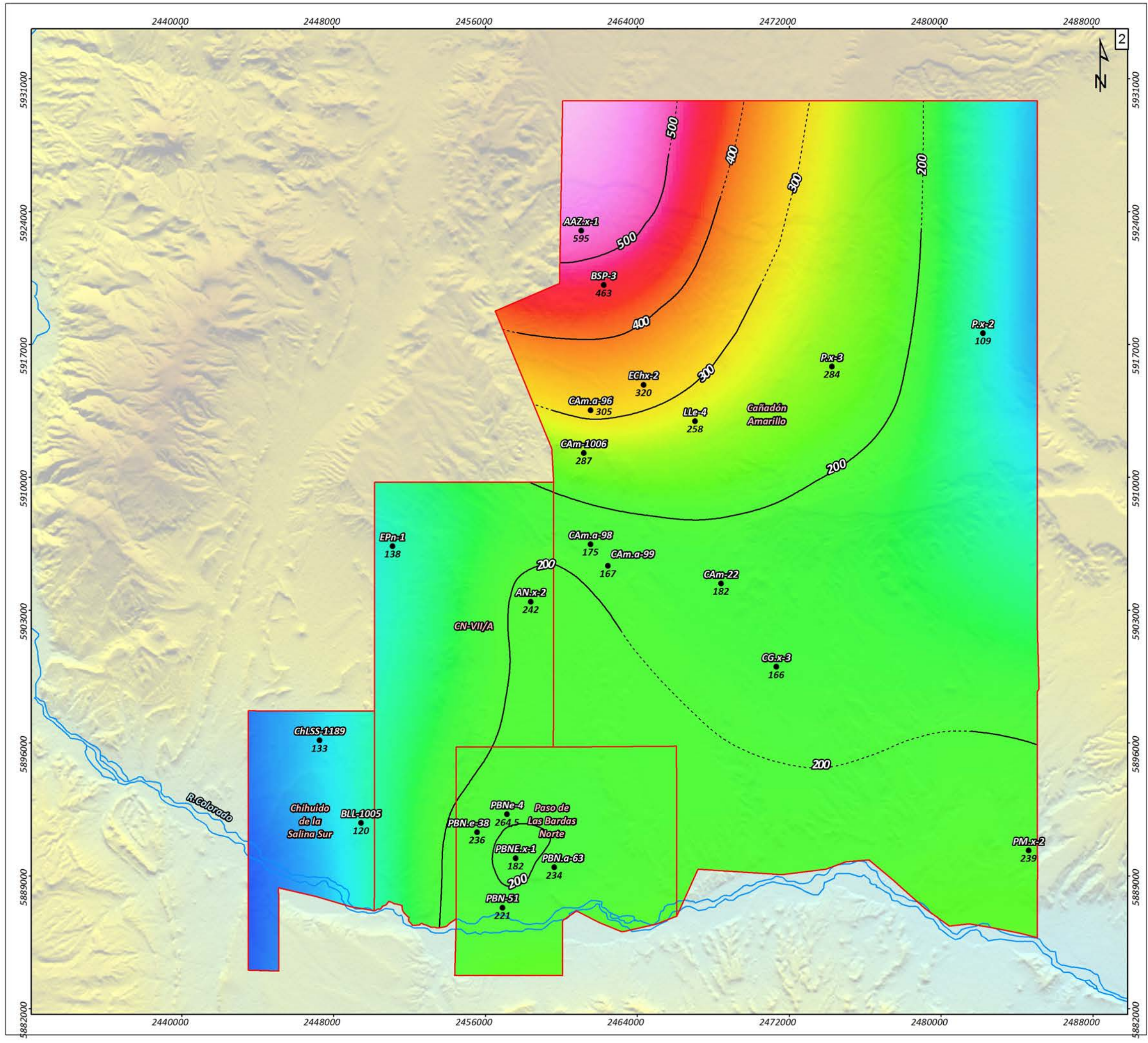
Estudio hidrogeológico en los bloques hidrocarburíferos  
Cañadón Amarillo, CN VII/A, Paso de las Bardas Norte y  
Chihuido de la salina Sur  
YPF S.A. - PROVINCIA DE MENDOZA

**YPF**

|                                                            |                                                     |                 |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------|
| Elaboró:<br>Lic. Fernanda Dávila                           | <b>Composición hidroquímica<br/>Diagramas Stiff</b> |                 |
| Supervisó:<br>Lic. Fernando Perera<br>Lic. Natalia Zanetti | Fecha: Junio 2019                                   | Escala: Gráfica |
|                                                            | Mapa: 9                                             |                 |

0 1 2 4 6 8 10 12 km

Proyección Gauss-Krüger-Faja 2-Marco de referencia Posgar 2007

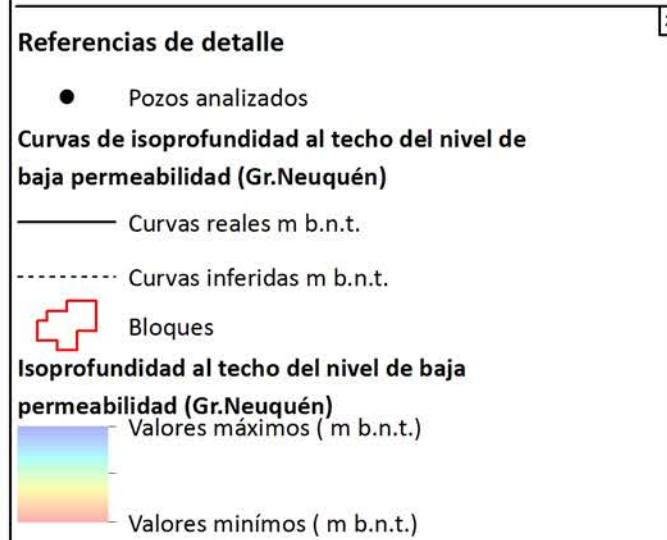
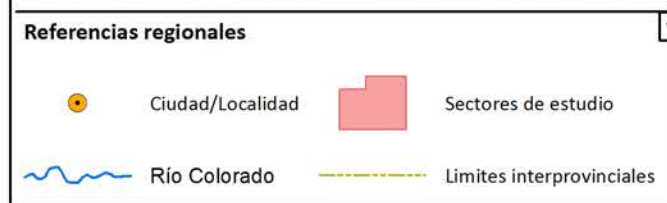
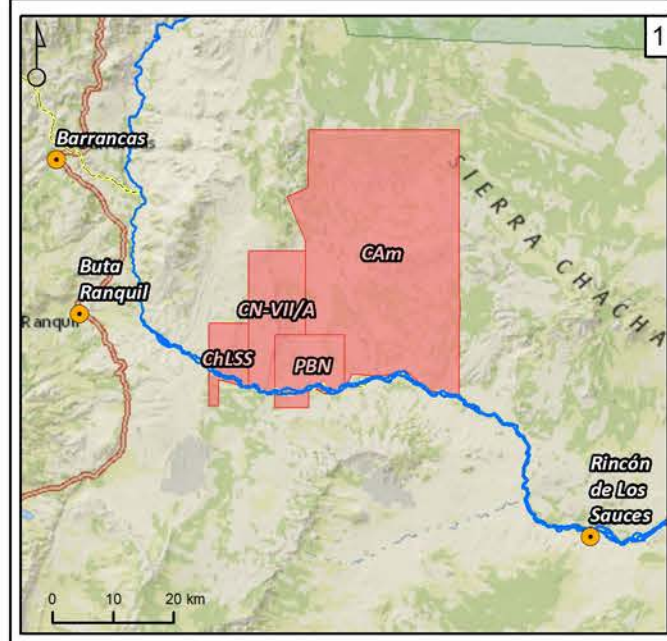
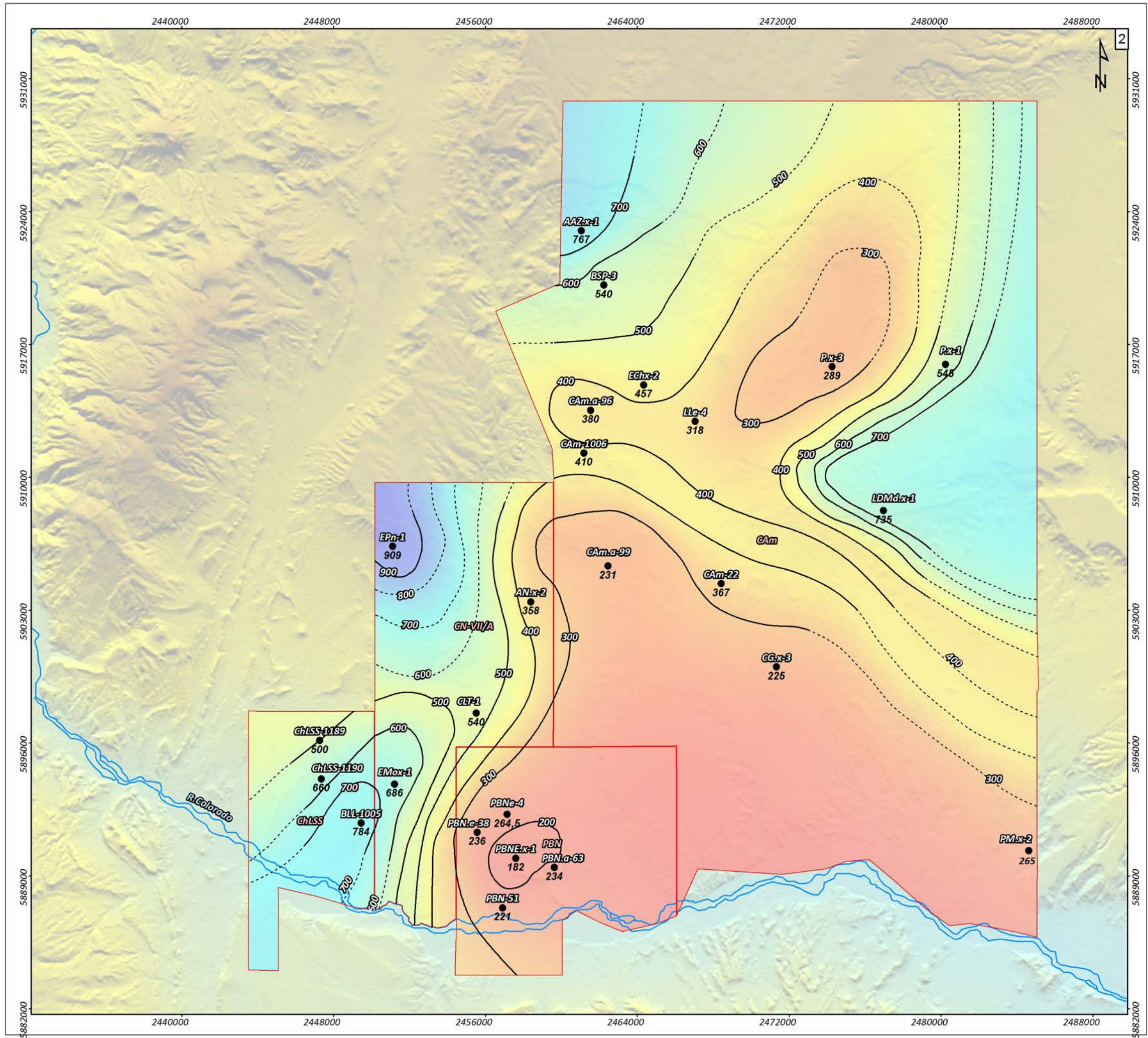


**Hidroar S.A.**  
SERVICIOS HIDROGEOLÓGICOS Y AMBIENTALES

Estudio hidrogeológico en los bloques hidrocarburíferos  
Cañadón Amarillo, CN VII/A, Paso de las Bardas Norte y  
Chihuido de la salina Sur  
YPF S.A. – PROVINCIA DE MENDOZA

|                                                            |                                                                                                       |          |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Elaboró:<br>Lic. F. Dávila                                 | <b>Isoprofundidad a la base del último acuífero con conductividad eléctrica inferior a 6000 uS/cm</b> |          |
| Supervisó:<br>Lic. Fernando Perera<br>Lic. Natalia Zanetti |                                                                                                       |          |
| Fecha: Junio 2019                                          | Escala: Gráfica                                                                                       | Mapa: 10 |

Proyección Gauss-Krüger-Faja 2-Marco de referencia Posgar 2007



**Hidroar S.A.**  
SERVICIOS HIDROGEOLOGICOS Y AMBIENTALES

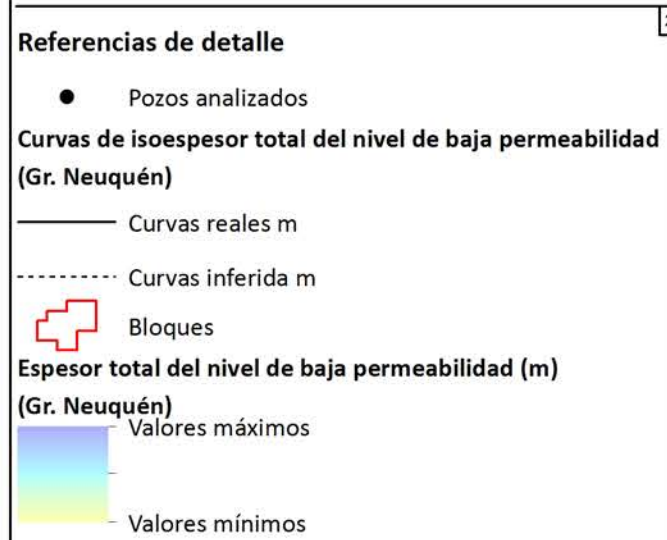
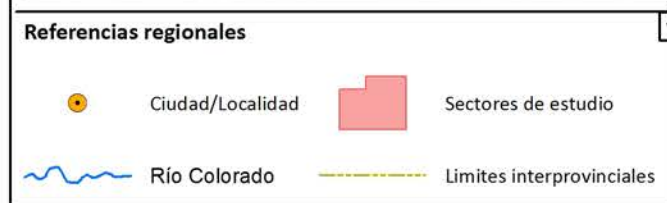
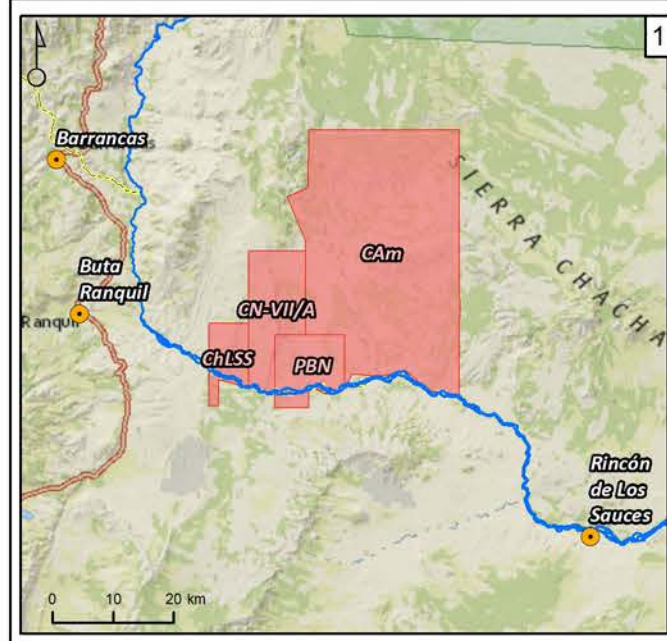
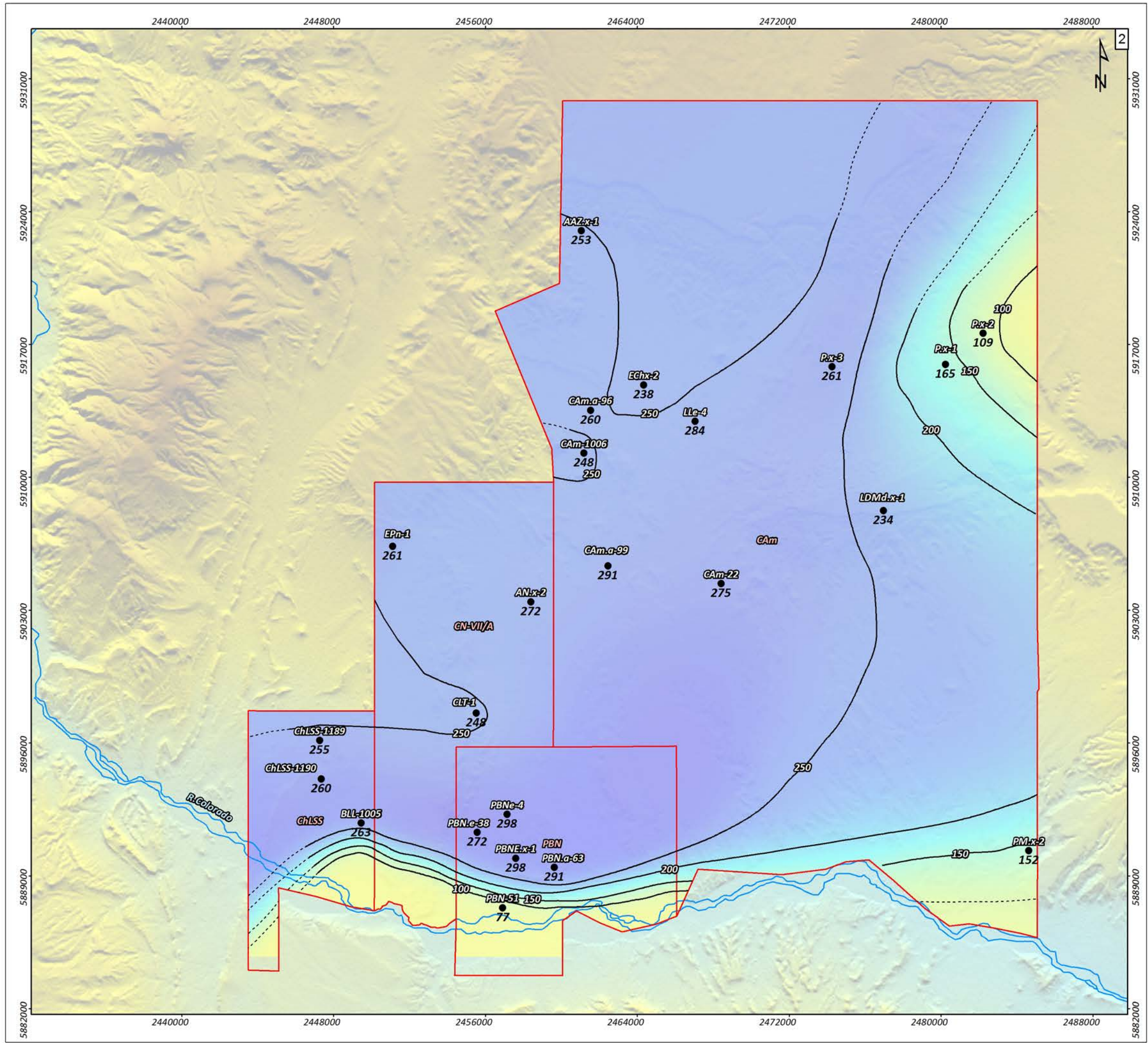
**YPF**

Estudio hidrogeológico en los bloques hidrocarburíferos  
Cañadón Amarillo, CN VII/A, Paso de las Bardas Norte y  
Chihuido de la salina Sur  
YPF S.A. – PROVINCIA DE MENDOZA

|                                                            |                                                                              |          |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Elaboró:<br>Lic. F. Dávila                                 | <b>Isoprofundidad al techo del nivel de baja permeabilidad (Gr. Neuquén)</b> |          |
| Supervisó:<br>Lic. Fernando Perera<br>Lic. Natalia Zanetti |                                                                              |          |
| Fecha: Junio 2019                                          | Escala: Gráfica                                                              | Mapa: 11 |

0 1 2 4 6 8 10 12 km

Proyección Gauss-Krüger-Faja 2-Marco de referencia Posgar 2007



**Hidroar S.A.**  
SERVICIOS HIDROGEOLOGICOS Y AMBIENTALES

Estudio hidrogeológico en los bloques hidrocarburíferos  
Cañadón Amarillo, CN VII/A, Paso de las Bardas Norte y  
Chihuido de la salina Sur  
YPF S.A. – PROVINCIA DE MENDOZA

|                                                            |                                                                    |          |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------|
| Elaboró:<br>Lic. F. Dávila                                 | <b>Espesor total del nivel de baja permeabilidad (Gr. Neuquén)</b> |          |
| Supervisó:<br>Lic. Fernando Perera<br>Lic. Natalia Zanetti |                                                                    |          |
| Fecha: Junio 2019                                          | Escala: Gráfica                                                    | Mapa: 12 |

Proyección Gauss-Krüger-Faja 2-Marco de referencia Posgar 2007





## ANEXO II

### TABLA DE RELEVAMIENTO

| Punto de monitoreo | Ubicación             | Coodenadas geográficas |            | Bloque                    | Tipo        | Características constructivas                                                                           | Uso      |       |           |        | Prof. agua (mbbp) | Parámetros in situ |        |              | Observaciones                                                                                                              |
|--------------------|-----------------------|------------------------|------------|---------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------|-----------|--------|-------------------|--------------------|--------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    |                       | Latitud S              | Longitud O |                           |             |                                                                                                         | Ganadero | Riego | Doméstico | Desuso |                   | pH                 | T (°C) | Cond (µS/cm) |                                                                                                                            |
| PM1                | Pto Jorge René Flores | 37,12203               | 69,51659   | CN-VII/A                  | Captación   |                                                                                                         | X        | X     | X         |        |                   | 7,71               | 18,9   | 1.167        | Caudal aprox. 500 l/h.                                                                                                     |
| PM2                | Aguada de Perez       | 36,82821               | 69,47881   | Noroeste Cañadón Amarillo | Manantial   |                                                                                                         | X        | X     | X         |        |                   | 8,37               | 19,7   | 1.470        |                                                                                                                            |
| PM3                | Pto Navarro           | 36,83943               | 69,33208   | Cañadón Amarillo          | Manantial   |                                                                                                         | X        |       | x         |        |                   | 7,49               | 14     | 1.430        |                                                                                                                            |
| PM4                | Cauce de arroyo       | 36,97716               | 69,37484   | Cañadón Amarillo          | Aguada      |                                                                                                         |          |       |           | X      |                   | 8,16               | 10,5   | 4.060        | Agua turbia.                                                                                                               |
| PM5                | Cauce de arroyo       | 36,89514               | 69,46257   | Cañadón Amarillo          | Manantial   |                                                                                                         |          |       |           | X      |                   | 8,04               | 17,2   | 3.800        | Caudal aprox. 830 l/h.                                                                                                     |
| PM6                | Pto Díaz - Cortez     | 36,90681               | 69,28385   | Cañadón Amarillo          | Pozo cavado | Pozo calzado con ladrillos y piedra. Prof. final de la captación: 4 mbbp. Diam: 1,55 m. Brocal: 0,20 m. | X        |       | X         |        | 3,64              | 7,85               | 18,8   | 3.900        | Agua turbia. Bomba sapo.                                                                                                   |
| PM7                | Cauce de arroyo       | 36,90448               | 69,38237   | Cañadón Amarillo          | Manantial   |                                                                                                         |          |       |           | X      |                   | 8,1                | 21,9   | 8.100        | Curso de arroyo salinizado. Bajo caudal, no se pudo aforar.                                                                |
| PM8                | Pto Zúñiga            | 36,96436               | 69,51221   | CN-VII/A                  | Manantial   |                                                                                                         | X        | X     | X         |        |                   | 8,06               | 10,5   | 3.410        | Afloramiento de areniscas. Presencia de sales. Conducción de agua mediante zanja y mangueras hasta la casa, distante 50 m. |
| PM9                | Pto Jacinto Hernández | 37,04776               | 69,23400   | Cañadón Amarillo          | Manantial   |                                                                                                         | X        |       |           |        |                   | 7,96               | 12,7   | 2.780        | Afloramiento de areniscas.                                                                                                 |
| PM10               | Pto Rincón Blanco     | 37,10338               | 69,19248   | Cañadón Amarillo          | Manantial   |                                                                                                         | X        |       |           |        |                   | 8,35               | 22,7   | 3.080        | Curso de agua seco. Caudal aprox. 270 l/h.                                                                                 |

| Punto de monitoreo | Ubicación              | Coodenadas geográficas |            | Bloque                         | Tipo               | Características constructivas                                                             | Uso      |       |           |        | Prof. agua (mbbp) | Parámetros in situ |        |              | Observaciones                                                                                                                                              |
|--------------------|------------------------|------------------------|------------|--------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------|-----------|--------|-------------------|--------------------|--------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    |                        | Latitud S              | Longitud O |                                |                    |                                                                                           | Ganadero | Riego | Doméstico | Desuso |                   | pH                 | T (°C) | Cond (μS/cm) |                                                                                                                                                            |
| PM11               | Pto Agua de Campo      | 36,91800               | 69,15134   | Noreste Cañadón Amarillo       | Pozo cavado        | Pozo calzado con piedra. Prof. final de la captación: 3 mbbp. Diam 1,50 m. Ras del suelo. | X        | X     | X         |        | 2                 | 8,47               | 17,4   | 2.150        | Bomba centrífuga.                                                                                                                                          |
| PM12               | Pto Jorge Jesús Flores | 37,16056               | 69,49749   | Paso de las Bardas Norte       | Manantial          |                                                                                           |          | X     | X         |        |                   | 7,46               | 25     | 1.960        | Manantial ubicado a 3 km. Conducción del agua mediante mangueras. Represa con agua derivada del río Colorado. Uso ganadero. (pH: 7,87, 1.410 μS/cm, 25°C). |
| PM13               | Puente Pata Mora       | 37,20723               | 69,11375   | Sureste Cañadón Amarillo       | Río                |                                                                                           |          |       |           |        |                   | 8,4                | 16     | 1.120        |                                                                                                                                                            |
| PM14               | El Portón              | 39,13000               | 69,64500   | Oeste Chihuío de la Salina Sur | Pozo gran diámetro | Sistema de captación. Pozo EP NQN. TEC Nº 1. Diám 3 m.                                    |          | x     |           |        |                   | 8,12               | 18     | 1.076        | Agua destinada a la Planta de Tratamiento de Crudo (PTC), ubicada 20 km al norte. Abastecimiento del campamento                                            |
| PM15               | El Portón              | 37,13134               | 69,64868   | Oeste Chihuío de la Salina Sur | Pozo perforado     | Prof. final de la captación: 17 mbbp. Diam 10". Brocal: 0,24 m.                           |          | x     |           |        |                   | 8,4                | 19,6   | 1.050        | Pozo utilizado para riego y abastecimiento del campamento.                                                                                                 |



# ANEXO III

## DATOS DE LABORATORIO

**Protocolo N°: 287859 al 873**

**AGUA - FECHA TOMADA 08/04/2019**

| Parámetros                        | Método                     | Unidad | Q<br>287859 | Q<br>287860 | Q<br>287861 | Q<br>287862 | Q<br>287863 | Q<br>287864 | Q<br>287865 | Q<br>287866 | Q<br>287867 | Q<br>287868 | Q<br>287869 | Q<br>287870 | Q<br>287871 | Q<br>287872 | Q<br>287873 |
|-----------------------------------|----------------------------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                   |                            |        | PM-1        | PM-2        | PM-3        | PM-4        | PM-5        | PM-6        | PM-7        | PM-8        | PM-9        | PM-10       | PM-11       | PM-12       | PM-13       | PM-14       | PM-15       |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo | EPA 418.1                  | mg/l   | < 0.5       | < 0.5       | < 0.5       | < 0.5       | < 0.5       | < 0.5       | < 0.5       | < 0.5       | < 0.5       | < 0.5       | < 0.5       | < 0.5       | < 0.5       | < 0.5       | < 0.5       |
| pH                                | SM 4500-H B (#)            | UpH    | 7,4         | 7,8         | 7,2         | 7,3         | 7,8         | 7,4         | 8,0         | 7,5         | 7,6         | 7,7         | 7,5         | 7,1         | 8,0         | 7,7         | 7,3         |
| Conductividad a 25 °C             | SM 2510 B (#)              | µS/cm  | 1183        | 1508        | 1576        | 4250        | 3830        | 4010        | 8110        | 3500        | 2960        | 3220        | 2340        | 1964        | 1211        | 1152        | 1109        |
| Sólidos Disueltos Totales 180 °C  | SM 2540 C (#)              | mg/l   | 820         | 1090        | 1050        | 3890        | 3428        | 3620        | 7254        | 3020        | 2780        | 3010        | 1850        | 1610        | 790         | 792         | 706         |
| Alcalinidad Total                 | SM 2320 B (#)              | mg/l   | 59,2        | 150         | 97,1        | 138         | 200         | 92,9        | 178         | 71,79       | 108         | 161         | 67,3        | 67,3        | 81,3        | 105         | 40,9        |
| Carbonato                         | SM 2320 B (#) /<br>Calculo | mg/l   | Ausencia    | Ausencia    | Ausencia    | Ausencia    | Ausencia    | Ausencia    | Ausencia    | Ausencia    | Ausencia    | Ausencia    | Ausencia    | Ausencia    | Ausencia    | Ausencia    | Ausencia    |
| Bicarbonato                       | SM 2320 B (#) /<br>Calculo | mg/l   | 72,2        | 183         | 118         | 169         | 244         | 113         | 217         | 87,6        | 131         | 196         | 82,1        | 82,1        | 99,2        | 128         | 49,9        |
| Dureza Total                      | SM 2340 B (#)              | mg/l   | 245         | 337         | 433         | 1720        | 1440        | 1590        | 1590        | 1330        | 1570        | 1690        | 762         | 750         | 286         | 312         | 261         |
| Cloruro                           | SM 4110 B (#)              | mg/l   | 31,2        | 133         | 127         | 140         | 237         | 81,9        | 412         | 173         | 52,2        | 140         | 183         | 44,0        | 208         | 180         | 205         |
| Sulfato                           | SM 4110 B (#)              | mg/l   | 461         | 464         | 505         | 2470        | 1910        | 2300        | 4480        | 1890        | 1750        | 1820        | 996         | 970         | 229         | 226         | 212         |
| Calcio                            | ISO 14911: 1998            | mg/l   | 62,8        | 107         | 137         | 555         | 444         | 491         | 433         | 444         | 574         | 539         | 210         | 229         | 101         | 112         | 90,1        |
| Magnesio                          | ISO 14911: 1998            | mg/l   | 21,5        | 17,0        | 21,8        | 80,2        | 79,1        | 89,0        | 123         | 52,6        | 33,8        | 82,5        | 57,9        | 43,4        | 8,1         | 7,8         | 8,8         |
| Sodio                             | ISO 14911: 1998            | mg/l   | 158         | 190         | 168         | 479         | 450         | 462         | 1620        | 373         | 181         | 174         | 249         | 174         | 127         | 104         | 112         |
| Potasio                           | ISO 14911: 1998            | mg/l   | 4,5         | 4,6         | 4,0         | 10,8        | 6,5         | 9,0         | 4,2         | 2,9         | 11,7        | 28,9        | 6,7         | 6,7         | 2,5         | 2,9         | 3,0         |
| Metano                            | EPA 5021 A/ GC-<br>FID (*) | mg/l   | < 0.1       | < 0.1       | < 0.1       | < 0.1       | < 0.1       | < 0.1       | < 0.1       | < 0.1       | < 0.1       | < 0.1       | < 0.1       | < 0.1       | < 0.1       | < 0.1       | < 0.1       |
| Diclorodifluorometano             | EPA 5021 A/<br>8260 D      | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| Clorometano                       | EPA 5021 A/<br>8260 D      | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| Cloruro de Vinilo                 | EPA 5021 A/<br>8260 D      | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| Bromometano                       | EPA 5021 A/<br>8260 D      | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| Cloroetano                        | EPA 5021 A/<br>8260 D      | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| Triclorofluorometano              | EPA 5021 A/<br>8260 D      | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| 1,1-Dicloroetano                  | EPA 5021 A/<br>8260 D      | µg/l   | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       |

| Parámetros                        | Método                | Unidad | Q<br>287859 | Q<br>287860 | Q<br>287861 | Q<br>287862 | Q<br>287863 | Q<br>287864 | Q<br>287865 | Q<br>287866 | Q<br>287867 | Q<br>287868 | Q<br>287869 | Q<br>287870 | Q<br>287871 | Q<br>287872 | Q<br>287873 |
|-----------------------------------|-----------------------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                   |                       |        | PM-1        | PM-2        | PM-3        | PM-4        | PM-5        | PM-6        | PM-7        | PM-8        | PM-9        | PM-10       | PM-11       | PM-12       | PM-13       | PM-14       | PM-15       |
| Diclorometano                     | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| trans-1,2-Dicloroeteno            | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| 1,1-Dicloroetano                  | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| 2,2-Dicloropropano                | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| cis-1,2-Dicloroeteno              | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| Bromoclorometano                  | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| Cloroformo                        | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| 1,1,1-Tricloroetano               | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| Tetracloruro de Carbono           | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| 1,1-Dicloropropeno                | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| Benceno                           | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| 1,2-Dicloroetano                  | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| Tricloroeteno                     | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| 1,2-Dicloropropano                | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| Dibromometano                     | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| Bromodiclorometano                | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| cis-1,3-Dicloropropeno            | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| Tolueno                           | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| trans-1,3-Dicloropropeno          | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| 1,1,2-Tricloroetano               | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| Tetracloroeteno (percloroetileno) | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |

| Parámetros                | Método                | Unidad | Q<br>287859 | Q<br>287860 | Q<br>287861 | Q<br>287862 | Q<br>287863 | Q<br>287864 | Q<br>287865 | Q<br>287866 | Q<br>287867 | Q<br>287868 | Q<br>287869 | Q<br>287870 | Q<br>287871 | Q<br>287872 | Q<br>287873 |
|---------------------------|-----------------------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                           |                       |        | PM-1        | PM-2        | PM-3        | PM-4        | PM-5        | PM-6        | PM-7        | PM-8        | PM-9        | PM-10       | PM-11       | PM-12       | PM-13       | PM-14       | PM-15       |
| 1,3-Dicloropropano        | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| Dibromoclorometano        | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| 1,2-Dibromoetano          | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| Clorobenceno              | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| 1,1,1,2-Tetracloroetano   | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| Etilbenceno               | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| m,p-Xileno                | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| o-Xileno                  | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| Estireno                  | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| Bromoformo                | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| Isopropilbenceno (cumeno) | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| Bromobenceno              | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| 1,1,2,2-Tetracloroetano   | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| 1,2,3-Tricloropropano     | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| n-Propilbenceno           | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| 2-Clorotolueno            | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| 4-Clorotolueno            | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| 1,3,5-Trimetilbenceno     | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| ter-Butilbenceno          | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| 1,2,4-Trimetilbenceno     | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| sec-Butilbenceno          | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |

| Parámetros                 | Método                | Unidad | Q<br>287859 | Q<br>287860 | Q<br>287861 | Q<br>287862 | Q<br>287863 | Q<br>287864 | Q<br>287865 | Q<br>287866 | Q<br>287867 | Q<br>287868 | Q<br>287869 | Q<br>287870 | Q<br>287871 | Q<br>287872 | Q<br>287873 |
|----------------------------|-----------------------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                            |                       |        | PM-1        | PM-2        | PM-3        | PM-4        | PM-5        | PM-6        | PM-7        | PM-8        | PM-9        | PM-10       | PM-11       | PM-12       | PM-13       | PM-14       | PM-15       |
| 1,3-Diclorobenceno         | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| p-Isopropiltolueno         | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| 1,4-Diclorobenceno         | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       |
| 1,2-Diclorobenceno         | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       | < 0.3       |
| n-Butilbenceno             | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| 1,2-Dibromo-3-cloropropano | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| 1,2,4-Triclorobenceno      | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| Hexaclorobutadieno         | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| Naftaleno                  | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| 1,2,3-Triclorobenceno      | EPA 5021 A/<br>8260 D | µg/l   | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       | < 1.0       |
| Hierro Total               | EPA 3015 A/<br>6020 B | mg/l   | < 0.10      | 1,44        | 0,35        | 0,74        | < 0.10      | 11,6        | 0,28        | 0,10        | 0,12        | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      | 0,48        | < 0.10      | 1,68        |
| Manganeso                  | EPA 6020 B            | mg/l   | < 0.03      | < 0.03      | < 0.03      | 0,35        | < 0.03      | < 0.03      | < 0.03      | < 0.03      | < 0.03      | 1,92        | < 0.03      | < 0.03      | < 0.03      | < 0.03      | 0,07        |
| Aluminio                   | EPA 6020 B            | mg/l   | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      |
| Estroncio                  | EPA 6020 B            | mg/l   | 0,50        | 0,51        | 0,99        | 6,95        | 3,09        | 8,36        | 8,06        | 0,88        | 22,8        | 6,56        | 3,17        | 1,27        | 0,59        | 0,72        | 0,75        |
| Litio                      | EPA 6020 B            | mg/l   | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      | < 0.10      |
| Uranio                     | EPA 6020 B            | mg/l   | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     |
| Arsénico                   | EPA 6020 B            | mg/l   | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     |
| Bario                      | EPA 6020 B            | mg/l   | < 0.50      | < 0.50      | < 0.50      | < 0.50      | < 0.50      | < 0.50      | < 0.50      | < 0.50      | < 0.50      | < 0.50      | < 0.50      | < 0.50      | < 0.50      | < 0.50      | < 0.50      |
| Boro                       | EPA 6020 B            | mg/l   | < 0.2       | 0,3         | < 0.2       | 0,7         | 0,7         | 0,5         | 2,2         | 0,4         | 0,8         | 0,5         | 0,6         | < 0.2       | < 0.2       | < 0.2       | < 0.2       |
| Cadmio                     | EPA 6020 B            | mg/l   | < 0.0005    | < 0.0005    | < 0.0005    | < 0.0005    | < 0.0005    | < 0.0005    | < 0.0005    | < 0.0005    | < 0.0005    | < 0.0005    | < 0.0005    | < 0.0005    | < 0.0005    | < 0.0005    | < 0.0005    |
| Zinc                       | EPA 6020 B            | mg/l   | < 0.05      | < 0.05      | < 0.05      | < 0.05      | < 0.05      | 0,26        | < 0.05      | < 0.05      | 0,09        | 0,08        | < 0.05      | 0,05        | < 0.05      | < 0.05      | 0,39        |
| Cobalto                    | EPA 6020 B            | mg/l   | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     |
| Cobre                      | EPA 6020 B            | mg/l   | < 0.05      | < 0.05      | < 0.05      | < 0.05      | < 0.05      | < 0.05      | < 0.05      | < 0.05      | < 0.05      | < 0.05      | < 0.05      | < 0.05      | < 0.05      | < 0.05      | < 0.05      |
| Cromo                      | EPA 6020 B            | mg/l   | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     | < 0.005     |
| Mercurio                   | EPA 7470 A            | mg/l   | < 0.001     | < 0.001     | < 0.001     | < 0.001     | < 0.001     | < 0.001     | < 0.001     | < 0.001     | < 0.001     | < 0.001     | < 0.001     | < 0.001     | < 0.001     | < 0.001     | < 0.001     |
| Níquel                     | EPA 6020 B            | mg/l   | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     |
| Plomo                      | EPA 6020 B            | mg/l   | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     |
| Selenio                    | EPA 6020 B            | mg/l   | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     | < 0.010     |

| Parámetros | Método     | Unidad | Q<br>287859 | Q<br>287860 | Q<br>287861 | Q<br>287862 | Q<br>287863 | Q<br>287864 | Q<br>287865 | Q<br>287866 | Q<br>287867 | Q<br>287868 | Q<br>287869 | Q<br>287870 | Q<br>287871 | Q<br>287872 | Q<br>287873 |
|------------|------------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|            |            |        | PM-1        | PM-2        | PM-3        | PM-4        | PM-5        | PM-6        | PM-7        | PM-8        | PM-9        | PM-10       | PM-11       | PM-12       | PM-13       | PM-14       | PM-15       |
| Vanadio    | EPA 6020 B | mg/l   | < 0.05      | < 0.05      | < 0.05      | < 0.05      | < 0.05      | < 0.05      | < 0.05      | < 0.05      | 0,06        | < 0.05      | 0,09        | < 0.05      | < 0.05      | < 0.05      | < 0.05      |
| Radio 226  | RUSHING    | pCi/L  | 0.4         | 0.4         | 0.3         | 1.1         | 0.3         | 0.6         | 0.3         | 0.5         | < 0.2       | 0.3         | < 0.2       | < 0.2       | 0.3         | < 0.2       | 0.2         |

(#) SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

(\*) Cuantificación basada en el trabajo: US EPA - REGION1: Technical Guidance for the Natural Attenuation Indicators: Methane, Ethane, and Ethene.

Based on Method: Analysis of Dissolved Methane, Ethane, and Ethene in Groundwater by a Standard Gas Chromatographic Technique, Don H. Kampbell and Steve A. Vandegrift, EPA, Ada, OK. J of Chrom, Vol 36, May 1998. Prepared by EPA New England. Date: July, 2001.

# Protocolos de Laboratorio



**Hidroar S.A.**  
SERVICIOS HIDROGEOLÓGICOS Y AMBIENTALES

**Protocolo de Análisis Nro:** Q 287859

**Fecha de Emisión:** 10/05/2019

**Fecha de Recepción:** 09/04/2019

**Cliente:** YPF S.A.

**Dirección Fiscal:** Macacha Güemes Boulevard 515 P. 24 T. YPF Localidad: Ciudad Aut. de Buenos Aires

**Muestra Manifestada:** AGUA - FECHA TOMADA 08/04/2019  
PM-1

**Cantidad:** (1 MUESTRA)

**Tomada Remitida por:** YPF S.A.

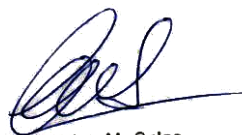
**Análisis Solicitados:**

- Hidrocarburos Totales de Petróleo (EPA 418.1) (\*)
- pH (SM 4500-H B (#)) (\*)
- Conductividad a 25 °C (SM 2510 B (#))
- Sólidos Disueltos Totales 180 °C (SM 2540 C (#))
- Alcalinidad Total (SM 2320 B (#))
- Carbonato (SM 2320 B (#)/ Calculo)
- Bicarbonato (SM 2320 B (#)/ Calculo)
- Dureza Total (SM 2340 B (#))
- Cloruro (SM 4110 B (#))
- Sulfato (SM 4110 B (#))
- Calcio (ISO 14911: 1998)
- Magnesio (ISO 14911: 1998)
- Sodio (ISO 14911: 1998)
- Potasio (ISO 14911: 1998)
- Metano (EPA 5021 A/ GC-FID) (\*) (\*\*)
- Comp. Orgánicos Volátiles (EPA 5021 A/ 8260 D)
- Hierro Total (EPA 3015 A/ 6020 B)
- Manganeseo (EPA 6020 B)
- Aluminio (EPA 6020 B)
- Estroncio (EPA 6020 B)
- Litio (EPA 6020 B)
- Uranio (EPA 6020 B)
- Arsénico (EPA 6020 B)
- Bario (EPA 6020 B)
- Boro (EPA 6020 B)
- Cadmio (EPA 6020 B)
- Zinc (EPA 6020 B)
- Cobalto (EPA 6020 B)
- Cobre (EPA 6020 B)
- Cromo (EPA 6020 B)
- Mercurio (EPA 7470 A)
- Níquel (EPA 6020 B)
- Plomo (EPA 6020 B)
- Selenio (EPA 6020 B)
- Vanadio (EPA 6020 B)

Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del O.A.A.

(#) SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition

(\*\*) Cuantificación basada en el trabajo: US EPA - REGION1: Technical Guidance for the Natural Attenuation Indicators: Methane, Ethane, and Ethene. Based on Method: Analysis of Dissolved Methane, Ethane, and Ethene in Groundwater by a Standard Gas Chromatographic Technique, Don H. Kampbell and Steve A. Vandegrift, EPA, Ada, OK. J of Chrom, Vol 36, May 1998. Prepared by EPA New England. Date: July, 2001.

  
Lic. Cristina M. Salas  
Directora Técnica  
GRUPO INDUSER S.R.L.  
M.P.C.P.Q. 4863

Página 1 de 4

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.  
Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. Pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

**Laboratorio Central:** Castelli 1761 – C.P 1832 – Lomas de Zamora (Bs. As.)

FC-5.10-O1-01

REV:1

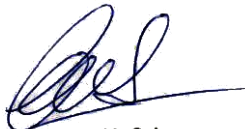
Fecha de vigencia: 06/07/05

Protocolo de Análisis Nro: Q 287859

Fecha de Emisión: 10/05/2019

# RESULTADOS:

| Parámetros                        | Unidad | PM-1     |
|-----------------------------------|--------|----------|
| Hidrocarburos Totales de Petróleo | mg/l   | < 0.5    |
| pH                                | UpH    | 7.4      |
| Conductividad a 25 °C             | µS/cm  | 1183     |
| Sólidos Disueltos Totales 180 °C  | mg/l   | 820      |
| Alcalinidad Total                 | mg/l   | 59.2     |
| Carbonato                         | mg/l   | Ausencia |
| Bicarbonato                       | mg/l   | 72.2     |
| Dureza Total                      | mg/l   | 245      |
| Cloruro                           | mg/l   | 31.2     |
| Sulfato                           | mg/l   | 461      |
| Calcio                            | mg/l   | 62.8     |
| Magnesio                          | mg/l   | 21.5     |
| Sodio                             | mg/l   | 158      |
| Potasio                           | mg/l   | 4.5      |
| Metano                            | mg/l   | < 0.1    |
| Diclorodifluorometano             | µg/l   | < 1.0    |
| Clorometano                       | µg/l   | < 1.0    |
| Cloruro de Vinilo                 | µg/l   | < 1.0    |
| Bromometano                       | µg/l   | < 1.0    |
| Cloroetano                        | µg/l   | < 1.0    |
| Triclorofluorometano              | µg/l   | < 1.0    |
| 1,1-Dicloroetano                  | µg/l   | < 0.3    |
| Diclorometano                     | µg/l   | < 1.0    |
| trans-1,2-Dicloroetano            | µg/l   | < 1.0    |
| 1,1-Dicloroetano                  | µg/l   | < 1.0    |
| 2,2-Dicloropropano                | µg/l   | < 1.0    |
| cis-1,2-Dicloroetano              | µg/l   | < 1.0    |
| Bromoclorometano                  | µg/l   | < 1.0    |
| Cloroformo                        | µg/l   | < 1.0    |
| 1,1,1-Tricloroetano               | µg/l   | < 1.0    |
| Tetracloruro de Carbono           | µg/l   | < 1.0    |
| 1,1-Dicloropropeno                | µg/l   | < 1.0    |
| Benceno                           | µg/l   | < 1.0    |
| 1,2-Dicloroetano                  | µg/l   | < 1.0    |
| Tricloroetano                     | µg/l   | < 1.0    |
| 1,2-Dicloropropano                | µg/l   | < 1.0    |
| Dibromometano                     | µg/l   | < 1.0    |
| Bromodiclorometano                | µg/l   | < 1.0    |
| cis-1,3-Dicloropropeno            | µg/l   | < 1.0    |

  
 Lic. Cristina M. Salas  
 Directora Técnica  
 GRUPO INDUSER S.R.L.  
 M.P.C.P.Q. 4863

Página 2 de 4

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.  
 Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

Laboratorio Central: Castelli 1761 – C.P 1832 – Lomas de Zamora (Bs. As.)

FC-5.10-O1-01

REV:1

Fecha de vigencia: 06/07/05

Protocolo de Análisis Nro: Q 287859

Fecha de Emisión: 10/05/2019

| Parámetros                        | Unidad | PM-1   |
|-----------------------------------|--------|--------|
| Tolueno                           | µg/l   | < 1.0  |
| trans-1,3-Dicloropropeno          | µg/l   | < 1.0  |
| 1,1,2-Tricloroetano               | µg/l   | < 1.0  |
| Tetracloroetano (percloroetileno) | µg/l   | < 1.0  |
| 1,3-Dicloropropano                | µg/l   | < 1.0  |
| Dibromoclorometano                | µg/l   | < 1.0  |
| 1,2-Dibromoetano                  | µg/l   | < 1.0  |
| Clorobenceno                      | µg/l   | < 1.0  |
| 1,1,1,2-Tetracloroetano           | µg/l   | < 1.0  |
| Etilbenceno                       | µg/l   | < 1.0  |
| m,p-Xileno                        | µg/l   | < 1.0  |
| o-Xileno                          | µg/l   | < 1.0  |
| Estireno                          | µg/l   | < 1.0  |
| Bromoformo                        | µg/l   | < 1.0  |
| Isopropilbenceno (cumeno)         | µg/l   | < 1.0  |
| Bromobenceno                      | µg/l   | < 1.0  |
| 1,1,2,2-Tetracloroetano           | µg/l   | < 1.0  |
| 1,2,3-Tricloropropano             | µg/l   | < 1.0  |
| n-Propilbenceno                   | µg/l   | < 1.0  |
| 2-Clorotolueno                    | µg/l   | < 1.0  |
| 4-Clorotolueno                    | µg/l   | < 1.0  |
| 1,3,5-Trimetilbenceno             | µg/l   | < 1.0  |
| ter-Butilbenceno                  | µg/l   | < 1.0  |
| 1,2,4-Trimetilbenceno             | µg/l   | < 1.0  |
| sec-Butilbenceno                  | µg/l   | < 1.0  |
| 1,3-Diclorobenceno                | µg/l   | < 1.0  |
| p-Isopropiltolueno                | µg/l   | < 1.0  |
| 1,4-Diclorobenceno                | µg/l   | < 0.3  |
| 1,2-Diclorobenceno                | µg/l   | < 0.3  |
| n-Butilbenceno                    | µg/l   | < 1.0  |
| 1,2-Dibromo-3-cloropropano        | µg/l   | < 1.0  |
| 1,2,4-Triclorobenceno             | µg/l   | < 1.0  |
| Hexaclorobutadieno                | µg/l   | < 1.0  |
| Naftaleno                         | µg/l   | < 1.0  |
| 1,2,3-Triclorobenceno             | µg/l   | < 1.0  |
| Hierro Total                      | mg/l   | < 0.10 |
| Manganeso                         | mg/l   | < 0.03 |
| Aluminio                          | mg/l   | < 0.10 |
| Estroncio                         | mg/l   | 0.50   |

  
 Lic. Cristina M. Salas  
 Directora Técnica  
 GRUPO INDUSER S.R.L.  
 M.P.C.P.Q. 4863

Página 3 de 4

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.  
 Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. Pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

Laboratorio Central: Castelli 1761 – C.P 1832 – Lomas de Zamora (Bs. As.)

FC-5.10-O1-01

REV:1

Fecha de vigencia: 06/07/05

**Protocolo de Análisis Nro: Q 287859**

**Fecha de Emisión: 10/05/2019**

| Parámetros | Unidad | PM-1     |
|------------|--------|----------|
| Litio      | mg/l   | < 0.10   |
| Uranio     | mg/l   | < 0.010  |
| Arsénico   | mg/l   | < 0.010  |
| Bario      | mg/l   | < 0.50   |
| Boro       | mg/l   | < 0.2    |
| Cadmio     | mg/l   | < 0.0005 |
| Zinc       | mg/l   | < 0.05   |
| Cobalto    | mg/l   | < 0.005  |
| Cobre      | mg/l   | < 0.05   |
| Cromo      | mg/l   | < 0.005  |
| Mercurio   | mg/l   | < 0.001  |
| Níquel     | mg/l   | < 0.010  |
| Plomo      | mg/l   | < 0.010  |
| Selenio    | mg/l   | < 0.010  |
| Vanadio    | mg/l   | < 0.05   |

Para los Parámetros Acreditados:

Conductividad a 25 °C – Iniciado: 11/04/2019 Finalizado: 11/04/2019.  
 Sólidos Disueltos Totales 180 °C – Iniciado: 15/04/2019 Finalizado: 15/04/2019.  
 Alcalinidad Total – Iniciado: 23/04/2019 Finalizado: 23/04/2019.  
 Carbonato – Iniciado: 23/04/2019 Finalizado: 23/04/2019.  
 Bicarbonato – Iniciado: 23/04/2019 Finalizado: 23/04/2019.  
 Dureza Total – Iniciado: 24/04/2019 Finalizado: 24/04/2019.  
 Aniones – Iniciado: 24/04/2019 Finalizado: 24/04/2019.  
 Cationes – Iniciado: 24/04/2019 Finalizado: 24/04/2019.  
 Compuestos Orgánicos Volátiles – Iniciado: 18/04/2019 Finalizado: 19/04/2019.  
 Metales Totales – Iniciado: 15/04/2019 Finalizado: 17/04/2019.  
 Mercurio – Iniciado: 15/04/2019 Finalizado: 17/04/2019.

  
 Lic. Cristina M. Salas  
 Directora Técnica  
 GRUPO INDUSER S.R.L.  
 M.P.C.P.Q. 4863

**Página 4 de 4**

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.  
 Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

**Laboratorio Central:** Castelli 1761 – C.P 1832 – Lomas de Zamora (Bs. As.)

FC-5.10-O1-01

REV:1

Fecha de vigencia: 06/07/05

**Protocolo de Análisis Nro:** Q 287860

**Fecha de Emisión:** 10/05/2019

**Fecha de Recepción:** 09/04/2019

**Cliente:** YPF S.A.

**Dirección Fiscal:** Macacha Güemes Boulevard 515 P. 24 T.YPF Localidad: Ciudad Aut. de Buenos Aires

**Muestra Manifestada:** AGUA - FECHA TOMADA 08/04/2019  
 PM-2

**Cantidad:** (1 MUESTRA)

**Tomada Remitida por:** YPF S.A.

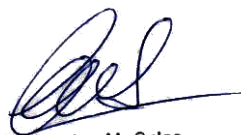
**Análisis Solicitados:**

- Hidrocarburos Totales de Petróleo (EPA 418.1) (\*)
- pH (SM 4500-H B (#)) (\*)
- Conductividad a 25 °C (SM 2510 B (#))
- Sólidos Disueltos Totales 180 °C (SM 2540 C (#))
- Alcalinidad Total (SM 2320 B (#))
- Carbonato (SM 2320 B (#)/ Calculo)
- Bicarbonato (SM 2320 B (#)/ Calculo)
- Dureza Total (SM 2340 B (#))
- Cloruro (SM 4110 B (#))
- Sulfato (SM 4110 B (#))
- Calcio (ISO 14911: 1998)
- Magnesio (ISO 14911: 1998)
- Sodio (ISO 14911: 1998)
- Potasio (ISO 14911: 1998)
- Metano (EPA 5021 A/ GC-FID) (\*) (\*\*)
- Comp. Orgánicos Volátiles (EPA 5021 A/ 8260 D)
- Hierro Total (EPA 3015 A/ 6020 B)
- Manganeseo (EPA 6020 B)
- Aluminio (EPA 6020 B)
- Estroncio (EPA 6020 B)
- Litio (EPA 6020 B)
- Uranio (EPA 6020 B)
- Arsénico (EPA 6020 B)
- Bario (EPA 6020 B)
- Boro (EPA 6020 B)
- Cadmio (EPA 6020 B)
- Zinc (EPA 6020 B)
- Cobalto (EPA 6020 B)
- Cobre (EPA 6020 B)
- Cromo (EPA 6020 B)
- Mercurio (EPA 7470 A)
- Níquel (EPA 6020 B)
- Plomo (EPA 6020 B)
- Selenio (EPA 6020 B)
- Vanadio (EPA 6020 B)

Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del O.A.A.

(#) SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition

(\*\*) Cuantificación basada en el trabajo: US EPA - REGION1: Technical Guidance for the Natural Attenuation Indicators: Methane, Ethane, and Ethene. Based on Method: Analysis of Dissolved Methane, Ethane, and Ethene in Groundwater by a Standard Gas Chromatographic Technique, Don H. Kampbell and Steve A. Vandegrift, EPA, Ada, OK. J of Chrom, Vol 36, May 1998. Prepared by EPA New England. Date: July, 2001.

  
 Lic. Cristina M. Salas  
 Directora Técnica  
 GRUPO INDUSER S.R.L.  
 M.P.C.P.Q. 4863

Página 1 de 4

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.  
 Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

**Laboratorio Central:** Castelli 1761 – C.P 1832 – Lomas de Zamora (Bs. As.)

FC-5.10-O1-01

REV:1

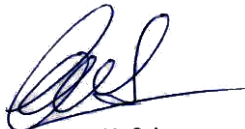
Fecha de vigencia: 06/07/05

Protocolo de Análisis Nro: Q 287860

Fecha de Emisión: 10/05/2019

# RESULTADOS:

| Parámetros                        | Unidad | PM-2     |
|-----------------------------------|--------|----------|
| Hidrocarburos Totales de Petróleo | mg/l   | < 0.5    |
| pH                                | UpH    | 7.8      |
| Conductividad a 25 °C             | µS/cm  | 1508     |
| Sólidos Disueltos Totales 180 °C  | mg/l   | 1090     |
| Alcalinidad Total                 | mg/l   | 150      |
| Carbonato                         | mg/l   | Ausencia |
| Bicarbonato                       | mg/l   | 183      |
| Dureza Total                      | mg/l   | 337      |
| Cloruro                           | mg/l   | 133      |
| Sulfato                           | mg/l   | 464      |
| Calcio                            | mg/l   | 107      |
| Magnesio                          | mg/l   | 17.0     |
| Sodio                             | mg/l   | 190      |
| Potasio                           | mg/l   | 4.6      |
| Metano                            | mg/l   | < 0.1    |
| Diclorodifluorometano             | µg/l   | < 1.0    |
| Clorometano                       | µg/l   | < 1.0    |
| Cloruro de Vinilo                 | µg/l   | < 1.0    |
| Bromometano                       | µg/l   | < 1.0    |
| Cloroetano                        | µg/l   | < 1.0    |
| Triclorofluorometano              | µg/l   | < 1.0    |
| 1,1-Dicloroetano                  | µg/l   | < 0.3    |
| Diclorometano                     | µg/l   | < 1.0    |
| trans-1,2-Dicloroetano            | µg/l   | < 1.0    |
| 1,1-Dicloroetano                  | µg/l   | < 1.0    |
| 2,2-Dicloropropano                | µg/l   | < 1.0    |
| cis-1,2-Dicloroetano              | µg/l   | < 1.0    |
| Bromoclorometano                  | µg/l   | < 1.0    |
| Cloroformo                        | µg/l   | < 1.0    |
| 1,1,1-Tricloroetano               | µg/l   | < 1.0    |
| Tetracloruro de Carbono           | µg/l   | < 1.0    |
| 1,1-Dicloropropeno                | µg/l   | < 1.0    |
| Benceno                           | µg/l   | < 1.0    |
| 1,2-Dicloroetano                  | µg/l   | < 1.0    |
| Tricloroetano                     | µg/l   | < 1.0    |
| 1,2-Dicloropropano                | µg/l   | < 1.0    |
| Dibromometano                     | µg/l   | < 1.0    |
| Bromodiclorometano                | µg/l   | < 1.0    |
| cis-1,3-Dicloropropeno            | µg/l   | < 1.0    |

  
 Lic. Cristina M. Salas  
 Directora Técnica  
 GRUPO INDUSER S.R.L.  
 M.P.C.P.Q. 4863

Página 2 de 4

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.  
 Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

Laboratorio Central: Castelli 1761 – C.P 1832 – Lomas de Zamora (Bs. As.)

FC-5.10-O1-01

REV:1

Fecha de vigencia: 06/07/05

Protocolo de Análisis Nro: Q 287860

Fecha de Emisión: 10/05/2019

| Parámetros                        | Unidad | PM-2   |
|-----------------------------------|--------|--------|
| Tolueno                           | µg/l   | < 1.0  |
| trans-1,3-Dicloropropeno          | µg/l   | < 1.0  |
| 1,1,2-Tricloroetano               | µg/l   | < 1.0  |
| Tetracloroetano (percloroetileno) | µg/l   | < 1.0  |
| 1,3-Dicloropropano                | µg/l   | < 1.0  |
| Dibromoclorometano                | µg/l   | < 1.0  |
| 1,2-Dibromoetano                  | µg/l   | < 1.0  |
| Clorobenceno                      | µg/l   | < 1.0  |
| 1,1,1,2-Tetracloroetano           | µg/l   | < 1.0  |
| Etilbenceno                       | µg/l   | < 1.0  |
| m,p-Xileno                        | µg/l   | < 1.0  |
| o-Xileno                          | µg/l   | < 1.0  |
| Estireno                          | µg/l   | < 1.0  |
| Bromoformo                        | µg/l   | < 1.0  |
| Isopropilbenceno (cumeno)         | µg/l   | < 1.0  |
| Bromobenceno                      | µg/l   | < 1.0  |
| 1,1,2,2-Tetracloroetano           | µg/l   | < 1.0  |
| 1,2,3-Tricloropropano             | µg/l   | < 1.0  |
| n-Propilbenceno                   | µg/l   | < 1.0  |
| 2-Clorotolueno                    | µg/l   | < 1.0  |
| 4-Clorotolueno                    | µg/l   | < 1.0  |
| 1,3,5-Trimetilbenceno             | µg/l   | < 1.0  |
| ter-Butilbenceno                  | µg/l   | < 1.0  |
| 1,2,4-Trimetilbenceno             | µg/l   | < 1.0  |
| sec-Butilbenceno                  | µg/l   | < 1.0  |
| 1,3-Diclorobenceno                | µg/l   | < 1.0  |
| p-Isopropiltolueno                | µg/l   | < 1.0  |
| 1,4-Diclorobenceno                | µg/l   | < 0.3  |
| 1,2-Diclorobenceno                | µg/l   | < 0.3  |
| n-Butilbenceno                    | µg/l   | < 1.0  |
| 1,2-Dibromo-3-cloropropano        | µg/l   | < 1.0  |
| 1,2,4-Triclorobenceno             | µg/l   | < 1.0  |
| Hexaclorobutadieno                | µg/l   | < 1.0  |
| Naftaleno                         | µg/l   | < 1.0  |
| 1,2,3-Triclorobenceno             | µg/l   | < 1.0  |
| Hierro Total                      | mg/l   | 1.44   |
| Manganeso                         | mg/l   | < 0.03 |
| Aluminio                          | mg/l   | < 0.10 |
| Estroncio                         | mg/l   | 0.51   |

  
 Lic. Cristina M. Salas  
 Directora Técnica  
 GRUPO INDUSER S.R.L.  
 M.P.C.P.Q. 4863

Página 3 de 4

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras recibidas o material ensayado. Los mismos no pueden ser reproducidos sin la aprobación escrita del Laboratorio Induser.  
 Las muestras serán mantenidas en el laboratorio por el período de 14 días posteriores a la fecha de emisión del protocolo. pasado este lapso se dispondrá de las mismas según normativa vigente.

Laboratorio Central: Castelli 1761 – C.P 1832 – Lomas de Zamora (Bs. As.)

FC-5.10-O1-01

REV:1

Fecha de vigencia: 06/07/05



**Gobierno de la Provincia de Mendoza**

-

**Hoja Adicional de Firmas  
Informe Firma Ológrafa**

**Número:**

Mendoza,

**Referencia:** A.P CN VII A Perforacion Pozo YPF.MdN.AN.x-101(pil+h) 12°parte

---

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 100 pagina/s.