



Ilustración: EFO

**CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL GRUPO NEUQUÉN EN LA ZONA
ESTE DEL YACIMIENTO ESTACIÓN FERNÁNDEZ ORO (EFO):
IDENTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES NIVELES SELLO DENTRO DE DICHA UNIDAD**

Autor: Azar, Gonzalo Gaspar

Directora: Lic. Otalora Ardila, Nayibe

Codirector: Dr. Ponce, Juan José

TRABAJO FINAL DE GRADO

Lic. en Ciencias Geológicas

**“CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL GRUPO NEUQUÉN EN LA
ZONA ESTE DEL YACIMIENTO ESTACIÓN FERNÁNDEZ ORO (EFO):
IDENTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES NIVELES SELLO DENTRO DE
DICHA UNIDAD”**

Universidad Nacional de Río Negro (UNRN) – Sede Alto Valle y Valle Medio

Yacimientos Petrolíferos Fiscales - YPF

Autor: Azar, Gonzalo Gaspar
azargonzalo@gmail.com

Directora: Otalora Ardila, Nayibe:
notalora@ypf.com

Codirector: Ponce, Juan José:
jponce@unrn.edu.ar

Año: 2020

RESUMEN

El siguiente trabajo es un informe sobre una tesis final de grado (TFG) de la carrera Licenciatura Geología, realizada en la Universidad Nacional de Río Negro. Esta tesis fue posible gracias al apoyo de YPF (Yacimientos Petrolíferos Fiscales), el Gobierno de la Provincia de Neuquén, Fundación YPF y, sobre todo, de la Universidad misma. La investigación requirió visitas al campo, equipos de perforación, análisis de *cutting*, sísmica 2D y 3D, y utilización de perfiles litológicos y eléctricos. Esto último nos ayudó a identificar los principales niveles sello y su influencia en los acuíferos en la zona. El principal objetivo del presente trabajo fue definir una caracterización estratigráfica del Grupo Neuquén en el área del yacimiento EFO. Centramos nuestra atención en la identificación y distribución areal de los principales niveles sello y su posible implicancia en las variaciones verticales de salinidad del agua de formación, con el fin de resguardar la calidad de los acuíferos del yacimiento que actualmente tiene gran desarrollo hidrocarburífero.

ABSTRACT

The following work is a report on a Licentiate thesis in Geology, carried out at the National University of Río Negro (Argentina). This thesis was possible thanks to the support of YPF (Fiscal Oilfields), the Provincial Government of Neuquén, YPF Foundation and, above all, the Universidad Nacional de Río Negro. The research required field visits, drilling equipment, shear analysis, 2D and 3D seismic, and the use of lithological and electrical profiles – which helped us to identify the main seal levels and their impact on the aquifers in the area. The main goal was to define a stratigraphic characterization of the Neuquén Group in the area of the EFO deposit. We focused our attention on the identification and areal distribution of the main seal levels and their possible implication in the vertical variations of salinity of the forming water, in order to protect the quality of the aquifers of the reservoir, which currently undergoes considerable hydrocarbon development.

AGRADECIMIENTOS

- *A mi abuela Elvira "Coca" que fue mi gran soporte emocional en la cursada de mi carrera y los pasos preliminares de mi Tesis, que seguro donde está, se complace de la concreción de esta investigación.*
- *A mi padres y hermanas que fueron y son mi gran red de contención para lo que es, esta etapa de mi vida.*
- *A mis tíos y primos que estuvieron siempre a mi lado cuando los requerí.*
- *A los docentes de la Universidad Nacional de Río Negro de la carrera de la Licenciatura en Geología que permitieron que mi incipiente vocación, al comenzar la carrera en las Ciencias Geológicas, finalizara con mi formación profesional, cada uno de ellos con los conocimientos impartidos en las diferentes disciplinas.*
- *A mi directora Lic. Nayibe Otalora que sin conocerme me acepto como su tesista, me acompañó permanentemente con paciencia frente a mis inquietudes, guiándome ante mis dudas. Y además por los valiosos aportes realizados en cada una de las fases del proceso de Trabajo Final de la Licenciatura en Geología.*
- *A mi Codirector Dr. Juan José Ponce por su contribuyo en esta etapa de formación final.*
- *A Lic. María Eugenia García que me guió, me brindó su apoyo y sus conocimientos de manera desinteresada en este proceso de investigación.*
- *A la empresa nacional YPF, por los aportes de información que me permitieron la construcción de datos para este trabajo.*
- *A la Fundación YPF por el otorgamiento de una beca que posibilito la cristalización de este proyecto académico hasta la finalización del mismo.*
- *A mi Tutor Lic. Emiliano Santiago lo cual fue un excelente tutor; como también a resuelto todas mis dudas y me acompañó en el momento de obtener una conducción académica vinculándome con quien es mi directora.*
- *A Lic. Reinaldo Carldera y Lic. Juan Manuel Martínez por facilitarme los soportes técnicos necesarios para la redacción de la tesina.*
- *A la/os compañera/os de la facultad que me brindaron su acompañamiento, sus consejos, sus sugerencias, todas ellas valiosas para todo el recorrido en mi formación y en este tramo final.*
- *A Gastón con quien transitamos las instancias del proyecto y la elaboración del trabajo final y compartí tanto momentos de alegría, como también, con obstáculos que pudimos sortear.*

¡Muchas Gracias!

ÍNDICE

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN.....	5
UBICACIÓN.....	5
UBICACIÓN GEOLÓGICA.....	7
CUENCA NEUQUINA.....	9

CAPÍTULO 2

GRUPO NEUQUÉN.....	12
• SUBGRUPO RÍO LIMAY	15
• SUBGRUPO RÍO NEUQUÉN	17
• SUBGRUPO RÍO COLORADO.....	21

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA DE CAMPO.....	24
• VISITAS A LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN	24
• VISITA A LOS AFLORAMIENTOS.....	26

METODOLOGÍA DE LABORATORIO.....	29
• METODOLOGÍA SEM-EDS.....	31
• METODOLOGÍA DRX Y PREPARADO ORIENTADO DE LA FRACCIÓN MENOR A DOS MICRONES.....	33

METODOLOGIA DE GABINETE.....	36
------------------------------	----

- PERFILES ELÉCTRICOS
- Registro de Rayos Gamma (GR)
- Registro de Potencias Espontaneo (SP)
- Perfil Neutrónico (NPHI)
- Perfil de Densidad (ρ)
- Perfiles Sónicos (DT)
- Perfiles Resistivos (Inducción)
- Perfil Fotoeléctrico (PEF)
- Perfil Caliper (CALI)
- PETREI.....
- BASE DE DATOS UTILIZADA.....
- DESCRIPCIÓN DE LAS LITOLOGÍAS.....

CAPÍTULO 4

CLASIFICACIÓN DE LAS LITOLOGÍAS.....	83
POZOS Y SUS CARACTERÍSTICAS.....	86
➤ POZO EX-10	
➤ POZO EX-20	
➤ POZO EX-20	
➤ POZO EX-30	
➤ POZO EX-50	
➤ POZO EX-60	
➤ POZO EX-70	

DESCRIPCIONES GENERAL POR NIVELES.....	122
➤ Formación Centenario	
➤ NIVEL A	
➤ NIVEL B	
➤ NIVEL C	
➤ NIVEL D	
MAPAS ESTRUCTURALES Y MAPAS DE ESPESORES.....	128
➤ Mapas de la Formación Centenario	
➤ Mapas del NIVEL A	
➤ Mapas del NIVEL B	
➤ Mapas del NIVEL C	
➤ Mapas del NIVEL D	
➤ Anomalía de espesor del Grupo Neuquén	
CARACTERIZACIÓN DEL NIVEL D.....	165
➤ Nivel de las Arenas Basales	
➤ Nivel del Sello Secundario	
➤ Nivel Ciclo Granocreciente 1	
➤ Nivel Ciclo Granocreciente 2	
➤ Mapa de espesor total del Grupo Neuquén.	
CAPÍTULO 5	
CLASIFICACIÓN DEL NIVEL SELLO DE LA ZONA DE EFO.....	114
CARACTERÍSTICAS PETROFÍSICAS DE LOS NIVELES SELLO, ACUÍFEROS Y SELLOS.....	120
SELLO SECUNDARIO Y SELLOS MENORES.....	124
MAPA 3D DEL SELLO PRINCIPAL.....	126
DISCUSIONES.....	127
• ANOMALÍA DE ESPESOR Y SELLO PRINCIPAL DEL GRUPO NEUQUÉN EN LA ZONA DEL YACIMIENTO ESTACIÓN FERNÁNDEZ ORO.....	127
• SELLO PRINCIPAL.....	129
• ACUÍFEROS DEL GRUPO NEUQUÉN.....	130
CONCLUSIONES.....	131
BIBLIOGRAFÍA.....	135
<u>ANEXOS</u>.....	138
• TABLA LITOLÓGICA-DESCRRIPTIVA DE LOS PERFILES.....	138
• CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DE LAS FACIES DE ARENISCAS ARCILLOSAS DEL GRUPO NEUQUÉN DENTRO DEL NIVEL C.....	145
➤ Resultados del análisis de DRX (Difractometría de Rayos X)	
➤ Resultados del SEM-EDS (Microscopio electrónico de barrido con detector EDS)	
• IMÁGENES DE ANEXO.....	152

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El tema propuesto para el trabajo final de licenciatura en Ciencias Geológicas de la Universidad Nacional de Río Negro es la caracterización y correlación estratigráfica dentro del Grupo Neuquén enfocado a la determinación de los principales niveles sello dentro de dicha unidad, en la zona este del yacimiento Estación Fernández Oro (EFO). El objetivo principal del presente trabajo es definir una caracterización estratigráfica del Grupo Neuquén en el área del yacimiento, centrandó la atención en la identificación y distribución areal de los principales niveles sello y su posible implicancia en las variaciones verticales de salinidad del agua de formación, con el fin de resguardar la calidad de los acuíferos del yacimiento que actualmente tiene gran desarrollo hidrocarburífero. El trabajo contempló visitas al campo, descripción litológica, realización de perfiles, correlación de pozos, análisis de laboratorio, interpretación sísmica y generación de mapas.

UBICACIÓN

El yacimiento Estación Fernández Oro (EFO) se localiza en el sector sureste de la Cuenca Neuquina, sobre el margen del río Negro, al sur de la localidad de Allen - Provincia de Río Negro, ubicándose a los 39° 00' de latitud y 67° 50' de longitud (Fig. 1-2). El área de reserva abarca un área de 194 km² y se desarrolla sobre la llanura de inundación del río, donde se lleva a cabo la actividad hidrocarburífera en conjunto con la actividad frutícola. Para ingresar al yacimiento es posible hacerlo por Ruta Nacional N° 22 y accediendo por caminos no pavimentados.

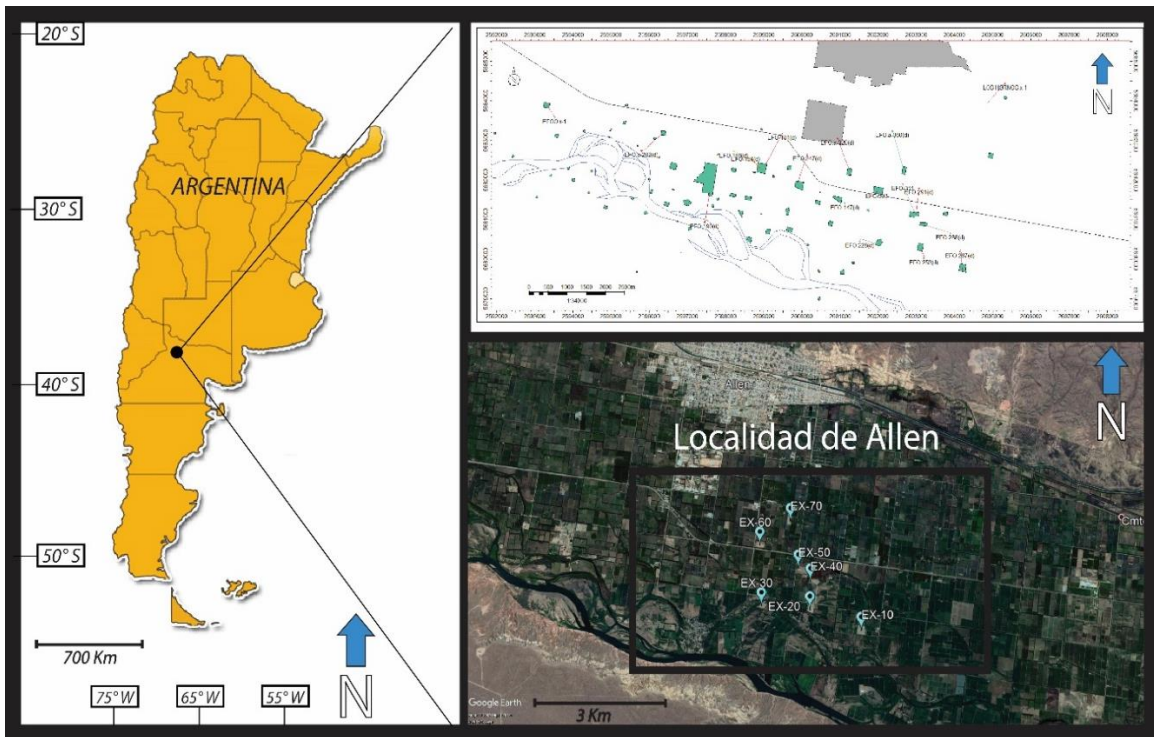


Figura 1: Ubicación del yacimiento Estación Fernández Oro (EFO).



Figura 2: Distancia entre los pozos del yacimiento.

UBICACIÓN GEOLÓGICA

Geológicamente, la zona del yacimiento Estación Fernández Oro (EFO), se encuentra ubicado en el margen sureste del Engolfamiento de la Cuenca Neuquina en el límite con la Dorsal de Huincul, alcanzando la región extrandina del Neuquén. En la cuenca existe un rasgo de primer orden que segmenta la cuenca en dos subcuencas, hacia el Norte una cuenca principal llamada Cuenca Neuquina y otra más pequeña hacia el Sur conocido como Cuenca Picún Leufú (Ramos *et al.*, 2004). Esta división de la cuenca se da por una reactivación de un lineamiento transversal que corta a todo el continente (Turner y Baldis, 1978), llamada Dorsal de Huincul y podría pertenecer al antiguo límite del continente paleozoico de Patagonia (Ramos *et al.*, 2004).

En cuanto a los rasgos estructurales del área cercana al yacimiento, se trata de estructuras de edad precuyana (Triásico Superior - Jurásico Inferior) constituidas por una serie de grábenes y hemigrábenes de orientación noroeste-sureste, que fueron colmatados con depósitos del precuyano (Cristallini *et al.*, 2009). Las dimensiones de estos hemigrábenes varían entre 10 a 20 kilómetros de extensión en sentido del rumbo con rellenos de unos 1,5 a 3 kilómetros (Pángaro *et al.*, 2009). El yacimiento EFO se ubica al suroeste del sistema de grábenes y hemigrábenes de Estancia Vieja-Loma Kauffman, estas depresiones se encuentran desvinculadas por altos del basamento: Alto Estancia Vieja, Alto de Kauffman y Alto La Yesera, al suroeste de éste último alto se ubica la cubeta de Estación Fernández Oro (Fig. 3).

El yacimiento EFO se encuentra limitada al sur por una falla normal de alto ángulo de 77° aproximadamente, con dirección oeste-y noroeste que verge hacia el noroeste. Esta

falla tiene un importante rechazo (400 metros aproximadamente) y poniéndose en contacto con el basamento con los depósitos del Grupo Cuyo (1500 metros de espesor aproximadamente). En la siguiente imagen se puede observar un corte sísmico O-E de la zona EFO (Fig. 4).

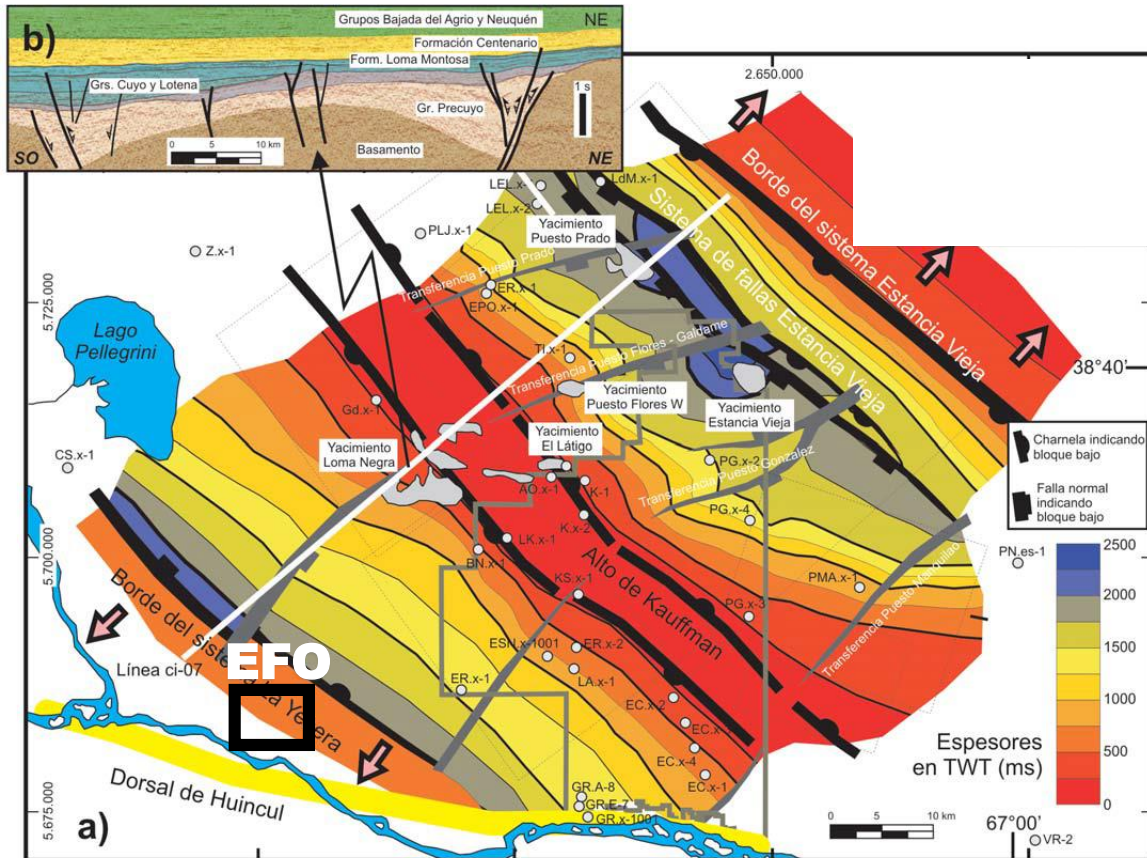


Figura 3: Marco estructural en cercanías al yacimiento Estación Fernández Oro. Tomada de (Cristallini et al., 2009). El cuadrado rojo se señala la ubicación del yacimiento EFO al suroeste del Alto La Yesera.

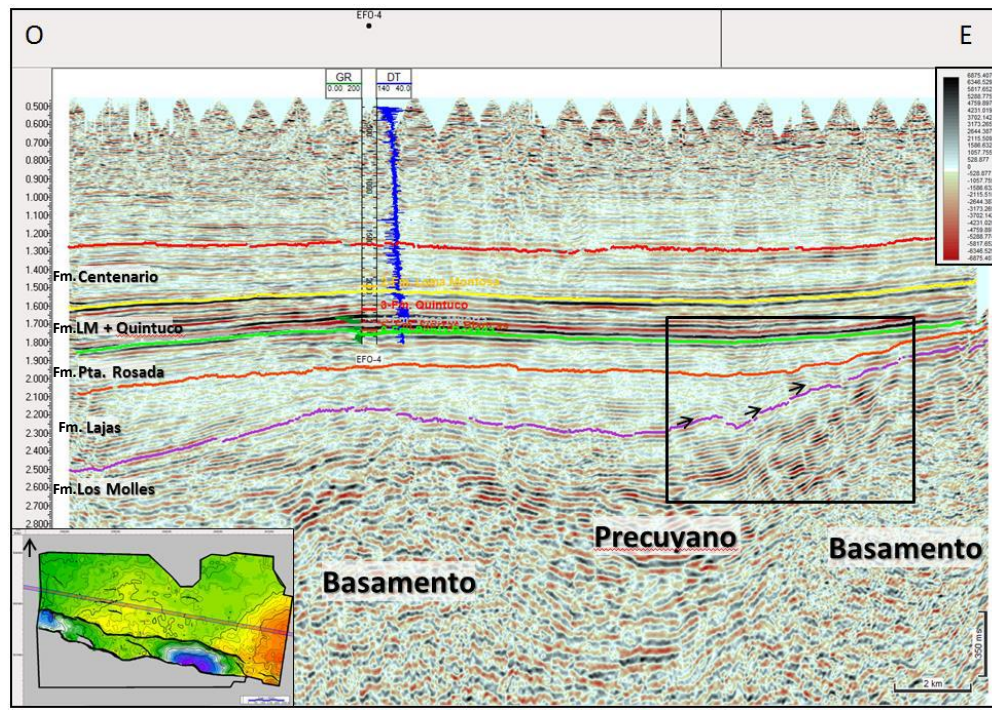


Figura 4: Sección sísmica de EFO (tomado de Roberts, 2018).

CUENCA NEUQUINA

La cuenca Neuquina ha sido definida como cuenca de retroarco multiepisódica, desarrollada sobre corteza continental y originada por el colapso termo-tectónico detrás de un arco magmático estacionario durante el Triásico Tardío (Mpodosis y Ramos, 1989). Sus depósitos registran más de 7.000 metros de potencia de rocas sedimentarias marinas y continentales que abarcan desde el Triásico Superior al Paleoceno (Howell *et al.*, 2005; Aguirre y Urreta *et al.*, 2008).

Esta cuenca se sitúa en un margen tectónico activo donde se dieron condiciones sedimentarias y biológicas propicias para la producción y preservación de materia orgánica, fundamentalmente de origen marino, dando origen en diferentes etapas evolutivas a la generación, migración y entrapamiento de hidrocarburos (Vergani G *et al.*, 2011). Con un

área de más de 200.000 km² que comprende la mayor parte de la provincia de Neuquén, así como también parte de las provincias de Mendoza, Río Negro y La Pampa (Fig. 5). Los límites noreste como sudeste son de naturaleza cratónica y están conformados respectivamente por el Bloque San Rafael, Sistema de la Sierra Pintada y el Macizo Nordpatagónico; mientras que por el oeste está dado por una estructura de arco volcánico. Desde entonces, comienza la gestación de la cuenca Neuquina, asociándose a una cubeta subandina que se relaciona a un margen de placas convergentes, una de naturaleza oceánica que formó parte del proto-oceano pacífico y otra formada por corteza continental que estableció el límite sudoccidental de Gondwana (Arregui *et al.*, 2011).

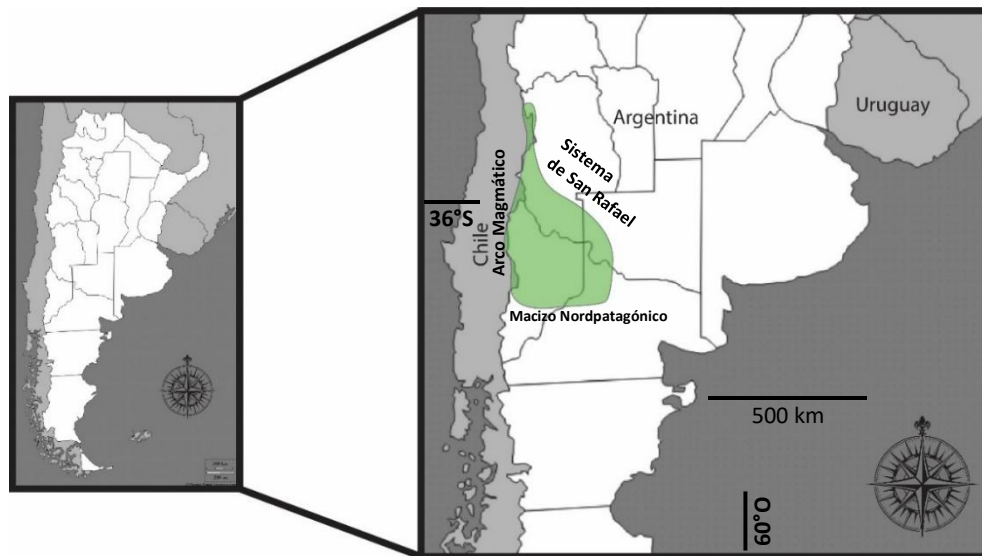


Figura 5: Ubicación areal de la Cuenca Neuquina.

En cuanto al potencial hidrocarburífero, la cuenca Neuquina se constituye como una de las cuencas más importante del país debido a que en ella se registran múltiples y diferentes tipos de entrapamientos, además de una amplia diversidad geológica donde es posible hallar rocas pertenecientes a distintos ambientes sedimentarios (Mendiberri y Carbone, 2002).

En cuanto a la evolución estructural de la cuenca Neuquina está caracterizada por tres estadios evolutivos: una etapa inicial de *rift*, una etapa de *sag* relacionada a subsidencia termal y una etapa de antepaís.

Durante el estadio inicial de *rift* (Triásico Tardío-Jurásico Temprano) se produce la acumulación de depósitos volcánicos en depocentros aislados, generados a partir de una fase tectónica extensional que dio lugar a la formación de hemigrábenes de rumbo noroeste. La etapa de subsidencia termal comienza con una subducción producida a lo largo del margen oeste de Gondwana durante el Jurásico Temprano (Franzese *et al.*, 2003). Bajo estas condiciones, se desarrolla un arco magmático que genera subsidencia de retroarco y la consecuente inundación de la cuenca, la cual se encontraba conectada al proto-Pacífico a través de pasajes entre el arco volcánico (Macdonald *et al.*, 2003; Aguirre-Urreta, 2013). A fines del Cretácico Temprano, se produce la inversión de estructuras extensionales previas (Vergani *et al.*, 1995). Como consecuencia de esta inversión tectónica la cuenca Neuquina se convirtió en una cuenca de antepaís debido al incipiente levantamiento de la Cordillera de los Andes asociado a las formaciones de la fajas plegadas y corridas. Este proceso produjo el retiro de las aguas del Océano Pacífico y generó la primera transgresión marina proveniente desde el Océano Atlántico a fines del Cretácico (Arregui *et al.*, 2011). La evolución de la Cordillera de los Andes ha sufrido etapas de extensión y compresión. Ramos y Folguera (2005) en (Arregui *et al.*, 2011) describen dos etapas de extensión durante el Oligoceno - Mioceno Temprano y Plioceno - Cuaternario Temprano y dos de compresión en el Mioceno Medio - Tardío y el Cuaternario Superior. En la actualidad, hay descriptas más etapas de extensión y compresión.

CAPÍTULO 2

GRUPO NEUQUÉN

El Grupo Neuquén es definido como una sucesión de depósitos continentales del Cretácico Superior de la Cuenca Neuquina, limitados en su base por la discordancia Patagónica y en su techo por la discordancia Huantráiquica (Garrido, 2010). Estas discordancias han sido ubicadas en la base del Cenomaniano (Tunik *et al.*, 2010) y en el techo del Campaniano Medio (Dingus *et al.*, 2009). (Fig. 6). Esta sucesión clástica continental constituye una secuencia de 1.200 metros de espesor máximo desarrollada durante gran parte del Cretácico Tardío. Litológicamente el Grupo Neuquén está compuesto principalmente de conglomerados, areniscas, fangolitas y grauvacas. Estos depósitos son vinculados a un origen predominantemente fluvial, con intercalaciones de episodios eólicos y lacustres someros (Cazau y Uliana, 1973).

Desde el punto de vista tectosedimentario, el Grupo Neuquén ha sido vinculado a un estadio de desarrollo de una fase de antepaís en la cuenca Neuquina (Tunik *et al.*, 2010). Esta tectónica compresional produjo la inversión de 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 (Garrido, 2010). Los efectos de esta deformación quedan demostrados en la base del Grupo Neuquén a partir de una marcada discordancia angular y erosiva denominada discordancia intersenoniana o patagónica (Leanza, 2009). Mientras tanto en el tope de toda la secuencia sedimentaria, el desarrollo de un arco magmático occidental asociado a una fuerte subsidencia regional, posibilitando la primera ingresión marina del Atlántico a mediados del Campaniano. La transgresión se

vincula a cambios en los polos de rotación y reorganización de la placa sudamericana, elemento que posibilitó la generación de una discordancia regional, reconocida como discordancia Huantráiquica (Leanza, 2009; Garrido, 2010 y trabajos allí citados). Esta transgresión marina proveniente del atlántico, asociada con el alto nivel del mar a escala global, afectó a la cuenca Neuquina y permitió la depositación de sedimentos marinos poco profundos en grandes áreas (Cobbold y Rosello, 2003), conocido como Grupo Malargüe (Fig. 7).

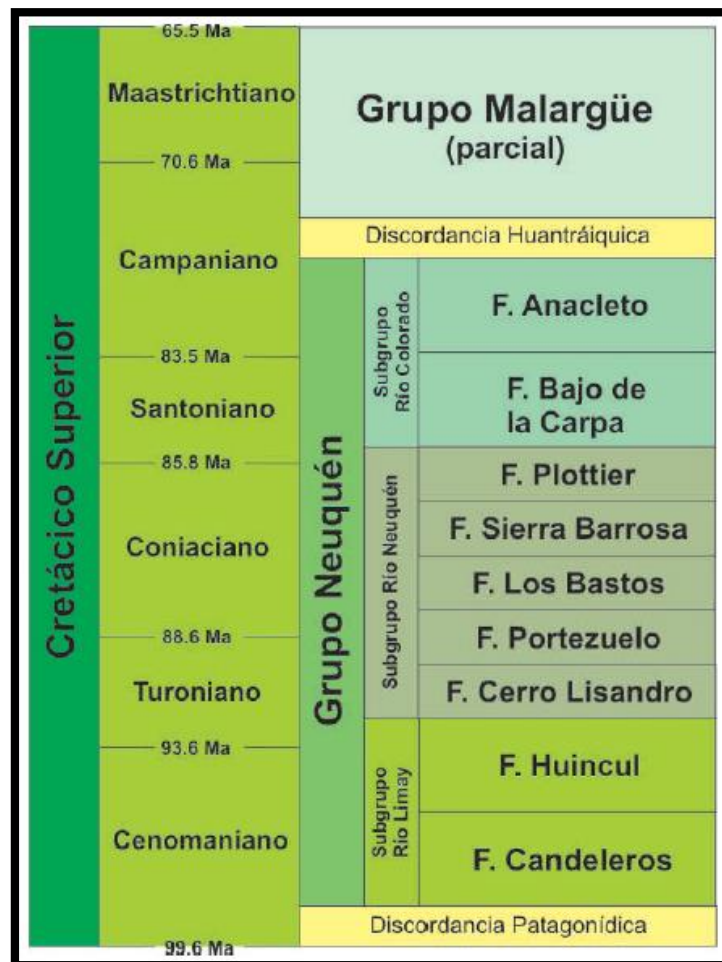


Figura 6: Cuadro litoestratigráfico del Grupo Neuquén. Tomado de Garrido, 2010.

Litoestratigráficamente, el Grupo Neuquén se compone de tres subgrupos y nueve formaciones. El Subgrupo Río Limay comprende a las formaciones Candeleros y Huincul, y corresponde predominantemente a depósitos de canales de baja sinuosidad. El Subgrupo Río Neuquén comprende a las formaciones Cerro Lisandro, Portezuelo, Los Bastos, Sierra Barrosa y Plottier, conformando una sucesión alternante de unidades psamíticas y pelíticas de origen fluvial. Finalmente, el Subgrupo Río Colorado integrado por las formaciones Bajo de la Carpa y Anacleto, corresponde a depósitos fluvio-lacustres (Garrido, 2010; Paz *et al.*, 2014).

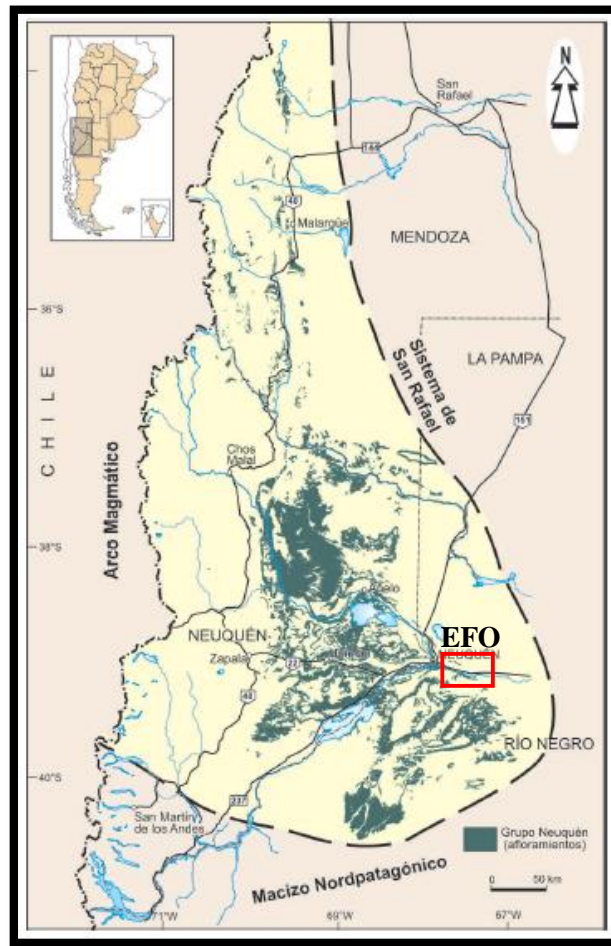


Figura 7: Mapa de la Cuenca Neuquina, mostrando la distribución de los afloramientos del Grupo Neuquén, Cretácico Superior (Tomado de Garrido, 2010).

SUBGRUPO RÍO LIMAY

El Subgrupo Río Limay (De Ferrariis, 1968) es la unidad basal del Grupo Neuquén. Conformado por las formaciones Candeleros y Huincul, con espesores máximos de hasta 550 metros (ver más detalles en Garrido, 2010). Se extiende desde el Albiano hasta el Turoniense temprano (Rodríguez *et al.*, 2007), aflorando en la parte suroccidental de las provincias de Mendoza, Neuquén y la parte noroccidental de la provincia de Río Negro (Hugo y Leanza, 2001). El Subgrupo Río Limay consiste de depósitos fluviales, eólicos, lacustres y deltaicos acumulados en la cuenca de antepaís de Neuquén. (Asurmendi *et al.*, 2017). A continuación, se hace un breve resumen de las dos formaciones que componen dicho Subgrupo:

Formación Candeleros

La Formación Candeleros tiene su localidad tipo al este del Cerro Lotena en el sur de la provincia de Neuquén y está en discordancia angular con sedimentitas del Grupo Mendoza (Hugo y Leanza, 2001). La secuencia en la localidad tipo se interpreta como depósitos de sistemas de ríos trenzados asociados con fangos depósitos en la llanura de inundación con desarrollo de paleosuelos (Asurmendi y Sanchez, 2015). Aflora también con sus facies típicas en la región del dique El Chocón y al sur del mismo. En ésta zona Spalletti y Gazzera (1994) definen un ambiente correspondiente a los depósitos eólicos y lacustres (Asurmendi y Sanchez, 2015). Los espesores máximos de la Formación Candeleros son de 300 metros aproximadamente (Leanza y Hugo, 2001). Litológicamente se encuentra conformada por areniscas cuarcíticas, areniscas grauváquicas y grauvacas. Las areniscas son violáceas de grano grueso y escasa selección, con clastos subredondeados a subangulosos y gran

contenido de matriz (Leanza y Hugo, 2001). Su rasgo más destacable es la presencia de bitumen en “bolsones” y de manera dispersa en las areniscas de relleno de canal y en los depósitos de abanicos de desborde (Asurmendi y Sánchez, 2015). Es frecuente asimismo la presencia de paquetes de conglomerados polimícticos y areniscas conglomerádicas (Garrido, 2010). Los paleoambientes de sedimentación incluyen sistemas fluviales meandriforme y entrelazado, con desarrollo de paleosuelos en ambientes de *swamp* asignados con reserva al Cenomaniano inferior (Leanza y Hugo, 2001). La Formación Candeleros se encuentra representada por una sucesión de depósitos de megabanicos terminales que representan el inicio del relleno de la cuenca de antepaís (retroarco) durante el Albiano (Asurmendi y Sánchez, 2015). En general la unidad muestra un dominio fluvial, al que se asocian depósitos de abanicos terminales, barreales, canales y dunas eólicas (Garrido, 2010). Respecto a su edad, la misma ha sido asignada al Cenomaniano Temprano afirmada a partir de dataciones realizadas en zircones (Tunik *et al.*, 2010).

Formación Huincul

La Formación Huincul fue definida en los alrededores de la ciudad de Plaza Huincul (Garrido, 2010 y referencias allí citadas). La Formación Huincul sobreyace concordantemente a la Formación Candeleros, presentando un contacto neto y marcadamente erosivo (Rodríguez *et al.*, 2007). Su límite superior está dado por una marcada superficie de discontinuidad regional, sobre la que asienta en relación de concordancia la Formación Cerro Lisandro del Subgrupo Río Neuquén, teniendo espesores que varían entre 50 y 250 metros (Asurmendi *et al.*, 2017), está conformado por areniscas cuarcíticas de granulometría variable presentando escasa matriz y moderado contenido de cemento carbonático; cabe

destacar que se ha observado asimismo la presencia de niveles de tobas y tufitas de más de 2 metros de espesor (Garrido, 2010). En cuanto al paleoambiente de la Formación Huincul, las sedimentitas se vinculan a depósitos fluviales de baja sinuosidad de tipo entrelazado arenoso y gravo-arenoso, siendo esta la característica más frecuente a lo largo de toda la cuenca. No obstante, en algunas áreas de la misma, se han registrado depósitos ligados a sistemas fluviales de mayor sinuosidad (Gazzera y Spalletti, 1990; Sánchez *et al.*, 2008). La Formación Huincul en base a datos estratigráficos se le asigna una edad que comprende el Cenomaniano Tardío y el Turoniano Temprano (Legarreta y Gulisano, 1989).

SUBGRUPO RÍO NEUQUÉN

El Subgrupo Río Neuquén está integrado por las formaciones Cerro Lisandro, Portezuelo, Los Bastos, Sierra Barrosa y Plottier. El espesor total del Subgrupo es muy variable, desde los 210 a 370 metros (Garrido, 2010). Estas cinco unidades integran una sucesión alternante de litologías de tipo pelíticas y psamíticas con bajo grado de litificación. El pasaje entre las formaciones que integran al subgrupo es de carácter transicional, factor que dificulta en algunos casos la identificación de los límites entre estas unidades.

El paleoambiente de las unidades psamíticas del Subgrupo Río Neuquén (formaciones Portezuelo y Sierra Barrosa), está interpretado como depósitos de sistemas de canales arenosos, conformando en conjunto cuerpos tabulares o mantiformes que se expanden arealmente mostrando un carácter multiepisódico. En cambio, las unidades pelíticas (formaciones Cerro Lisandro, Los Bastos y Plottier), quedan caracterizadas por depósitos de paleocanales simples y de carga mixta (Garrido, 2010).

Formación Cerro Lisandro

La Formación Cerro Lisandro tiene su localidad tipo en el Cerro Lisandro, muy próximo a la ciudad de Senillosa (Leanza y Hugo, 2001). Esta unidad se dispone concordante y a través de una superficie marcada de discontinuidad regional sobre la Formación Huincul (Garrido, 2010). El espesor total varía entre los 35 a 75 metros (Asurmendi *et al.*, 2017). Litológicamente está constituida por arcilitas y fangolitas de color rojo oscuro con intercalaciones de niveles de arenas finas con tonalidades verde amarillentas (Leanza y Hugo, 2001). Los depósitos han sido vinculados a sistemas fluviales sinuosos de carga mixta o fangosa y planicies fangosas distales de sistemas fluviales, conformando complejos de distributarios proximales de abanico terminal (Garrido, 2010). Estos depósitos estarían vinculados a un ambiente de baja a moderada energía (Leanza y Hugo, 2001). Esta unidad se le asigna una edad de Turoniano Medio – Tardío en base a sus relaciones estratigráficas (Garrido, 2010).

Formación Portezuelo

La Formación Portezuelo tiene su localidad tipo en la sierra del Portezuelo, 20 km al oeste de la ciudad de Plaza Huincul, sobre la ruta nacional 22. La Formación Portezuelo descansa en concordancia y de forma transicional sobre los niveles pelíticos de la Formación Cerro Lisandro, siendo la misma relación en su techo con la Formación. Está compuesta por areniscas con intercalaciones de conglomerados y arcilitas. Las areniscas son de granulometría media, cuarzo-feldespáticas y cuarzolíticas; escasa a nula matriz y escaso cemento carbonático (Leanza y Hugo, 2011). Las fangolitas son rojizas y poco consolidadas,

compuestas por granos de cuarzo, plagioclasa, feldespatos potásicos y fragmentos líticos. El espesor máximo medido en su localidad tipo es de 96 metros (Garrido, 2010). El paleoambiente corresponde a sistemas fluviales de alta sinuosidad, de tipo meandroso y carga arenosa dominante. En base a sus relaciones estratigráficas, a esta unidad se le asigna una edad que va entre el Turoniano Tardío y el Coniaciano Temprano (Hugo y Leanza, 2001).

Formación Los Bastos

La Formación Los Bastos fue definida por Garrido (2010). Esta unidad sobryace en concordancia y de manera transicional a la Formación Portezuelo, mostrando la misma relación entre su techo y los depósitos de la unidad suprayacente (Formación Sierra Barrosa). Su localidad tipo se ubica en afloramientos situados en cercanía a la planta de operaciones del yacimiento hidrocarburífero Los Bastos, entre las localidades de Sierra Barrosa y Cerro Senillosa. Esta unidad se compone principalmente de pelitas, dispuesta en grandes bancos con intercalaciones de limolitas y areniscas finas bien seleccionadas y poco consolidadas, de color amarillento y gris-verdosos. El espesor máximo medido en su localidad tipo es del orden de los 35 metros. Estos depósitos son interpretados como sistemas fluviales monocanales sinuosos de carga mixta a fangosa. Se le atribuye una edad Coniaciano Temprano a Coniaciano Medio; cabe destacar que esta formación carece de dataciones absolutas, basándose en sus relaciones estratigráficas (Garrido, 2010).

Formación Sierra Barrosa

Su localidad tipo se ubica sobre las estribaciones meridionales de la Sierra Barrosa, al este del Cerro Challacó, con un espesor de 62 metros en Garrido (2010). Esta unidad

sobreyace en concordancia y de manera transicional a la Formación Los Bastos, existiendo la misma relación entre su techo y los depósitos de la Formación Plottier. Litológicamente presenta un dominio psamítico representado por areniscas amarillentas a rojizas de granulometría mediana a fina, poco consolidada, con intercalaciones menores de niveles fangosos. Estas areniscas son cuarzo-feldespáticas, cuarzomicáceas y cuarzolíticas, con poco cemento carbonático. En cuanto la fracción pelítica se compone principalmente de fangolitas rojizas poco consolidadas. Estos depósitos se asocian a sistemas fluviales de alta sinuosidad y carga arenosa dominante, similares a las de la Formación Portezuelo. A esta unidad se ha asignado una edad al Coniaciano Medio-Tardío basados en sus relaciones estratigráficas (Garrido, 2010).

Formación Plottier

La localidad tipo de la Formación Plottier se encuentra ubicada al norte de la ciudad de Plottier (Leanza y Hugo, 2001; Garrido, 2010). En su localidad tipo el espesor de esta unidad es de 25 metros (Rodríguez *et al.*, 2007); pero puede alcanzar más de 100 metros hacia el sector septentrional de la cuenca (Garrido, 2010). La Formación Plottier se dispone concordantemente y de forma transicional a la Formación Sierra Barrosa, y está en contacto neto con los niveles basales de la Formación Bajo de La Carpa (Garrido, 2010). Litológicamente se compone casi exclusivamente de pelitas rojas a rojizas pálidas, poco consolidadas, con intercalaciones de bancos de limolitas y areniscas finas micáceas de color predominante verdoso (Leanza y Hugo, 2001). La presencia de pequeños septarios y de concreciones carbonáticas son frecuentes en esta unidad (Garrido, 2010). Autores como

Cazau y Uliana (1973); Ramos (1981) y Leanza y Hugo (2001) interpretaron el ambiente de la Formación Plottier como depósitos de baja energía, vinculados a amplias llanuras aluviales de escaso relieve. Salgado *et al.*, (2009) y Garrido (2010) interpretan esta unidad como depósitos de sistemas fluviales sinuosos de carga mixta a fangosa dominante. La edad asignada a esta formación abarca el intervalo Coniaciano Tardío - Santoniano Temprano en base a estudios de microfósiles y de sus relaciones estratigráficas (Garrido, 2010).

SUBGRUPO RÍO COLORADO

El Subgrupo Río Colorado está conformado por las formaciones Bajo de la Carpa y Anacleto (Leanza y Hugo, 2001). Los depósitos de estas unidades están conformados por pelitas y areniscas escasamente litificadas. Sus afloramientos se encuentran comúnmente asociados a los del Subgrupo Río Neuquén, distribuidos sobre los sectores más orientales de la cuenca (Garrido, 2010). Este subgrupo consiste en depósitos de origen fluvial, eólico y estuarios (Arsumendi *et al.*, 2017). En cuanto al espesor de esta unidad, dependiendo del área de la cuenca, varía entre los 105 y 180 metros (Garrido, 2010). Este subgrupo se depositó durante el Santoniano-Campaniano (Leanza y Hugo, 2001).

Formación Bajo de la Carpa

La localidad tipo para la Formación Bajo de la Carpa se encuentra en el Bajo (o Aguada) de la Carpa (Hugo y Leanza, 2001), situado aproximadamente a 40 kilómetros al noroeste de la ciudad de Neuquén. La Formación Bajo de la Carpa se encuentra apoyada

concordante sobre las fangolitas de la Formación Plottier a través de un contacto neto (Garrido, 2010). Esta misma relación se observa al techo con los depósitos de la Formación Anacleto. El espesor de la unidad es de 50 metros aproximadamente (Asurmendi *et al.*, 2017). Litológicamente se conforma por una sucesión de depósitos predominantemente psamíticos, con niveles pelíticos rojizos, en algunos sectores se observan horizontes y lentes conglomerádicos con clastos de origen extraformacional. Las areniscas tienen una coloración amarillenta a rojiza siendo areniscas de tipo cuarzolíticas, con escasa a nula matriz y débil cemento carbonático. Esta unidad muestra una marcada variación lateral de facies: desde depósitos de claro dominio fluvial a niveles de planicie de inundación distal con fuerte participación de sedimentitas de origen eólico (Garrido, 2010; Asurmendi *et al.*, 2017). En base de su contenido faunístico y sus relaciones estratigráficas, a esta unidad se le asigna una edad santoniana (Bonaparte 1991; Hugo y Leanza, 2001).

Formación Anacleto

La localidad tipo de la Formación Anacleto se encuentra ubicada en el Cerro Senillosa, en las cercanías de la Aguada de Anacleto (Asurmendi *et al.*, 2017) aproximadamente 50 kilómetros al oeste de la ciudad de Neuquén (Hugo y Leanza, 2001). La Formación Anacleto se dispone concordantemente sobre los depósitos de la Formación Bajo de la Carpa a través de un marcado plano de discontinuidad regional (contacto neto), siendo cubierto en disconformidad (contacto erosivo) por los depósitos de la Formación Allen (Grupo Malargüe) (Garrido, 2010 y referencias allí citadas). El espesor de la Formación Anacleto en su localidad tipo es del orden de los 65 metros, alcanzando valores de 90 metros en el sector noroccidental de la cuenca. En cuanto la litología, esta unidad se compone por

depósitos predominantemente pelíticos a psamíticos finos, presentando en algunos sectores, una secuencia basal integrada por cuerpos de canales arenosos amalgamados de granulometría variada (Garrido, 2010). El Paleambiente sedimentario se interpreta como sistemas de ríos de baja energía, con cursos fluviales que se desvían de extensas llanuras aluviales. En la parte superior de la formación se han identificado estuarios, depósitos asociados a la primera transgresión del Atlántico (Rodríguez *et al.*, 2007). La Formación Anacleto se deposita durante el Campaniano Temprano a Medio en base a estudios paleomagnéticos (Dingus *et al.*, 2009).

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA DE CAMPO

VISITAS A LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN

La visita a los equipos de perforación se realizó en el Yacimiento Estación Fernández Oro (EFO) y tuvo por objetivo, conocer las locaciones e instalaciones de los pozos en perforación, etapas de construcción de los mismos, adquisición de datos, registro de un perfil guía y análisis de recortes de perforación para tener un mayor conocimiento del origen de los datos con los cuales se estará trabajando.

La visita a los equipos se llevó a cabo durante dos jornadas. Durante la primera, se visitaron dos locaciones del Yacimiento Estación Fernández Oro (EFO), pertenecientes a los equipos de perforación 166 y 169. En ambas se concurrió a la cabina de control geológico de dos empresas de servicio donde los geólogos a cargo de cada cabina explicaron cómo se extraen los recortes de roca, las muestras cada 5 metros de profundidad que luego son estudiadas y clasificadas. Se usó la lupa para poder observar el *cutting* del Grupo Neuquén. Durante el mismo día, el representante del equipo 166, explicó las actividades que se realizaban en el equipo de perforación durante la entubación de un pozo.

Durante la segunda jornada se visitó la locación de un pozo exploratorio del equipo de perforación 167, que estaba realizando el perfilaje del tramo de la guía con la compañía Schlumberger. El ingeniero a cargo del centro de cómputos explicó los tipos de perfiles que se realizan y los parámetros que se deben tener en cuenta para cada uno de ellos, como, por ejemplo, perfiles de Rayos Gamma que muestra la radioactividad de los minerales de la roca;

el Potencial Espontáneo que mide la diferencia de salinidad entre el fluido de formación y el filtrado del lodo de perforación generando una diferencia de potencial eléctrico. Luego el perfil de Resistividad que identifica la propiedad de los fluidos al dejar circular una corriente eléctrica, como también el perfil Sónico que indica el tiempo de tránsito de las ondas generadas, que permite conocer la porosidad de la roca y por último el perfil Caliper que mide el diámetro del pozo para poder estimar zonas con cavernas e indirectamente permite diferenciar zonas de arenas y pelitas (Fig. 8).



Figura 8: A) Instalaciones del equipo de perforación 167 en el yacimiento Estación Fernández Oro (EFO). B) Camión de perfilaje de la empresa de servicio.

VISITA A LOS AFLORAMIENTOS

La visita al campo se realizó en la localidad Villa El Chocón, provincia de Neuquén, donde aflora la Formación Candeleros parte más basal del Grupo Neuquén, posiblemente análoga con parte del Grupo Neuquén analizado en subsuelo. El objetivo del viaje fue poder reconocer sus litologías e identificar algunas semejanzas con lo visto en los pozos (Fig. 9).

En el área aflorante se ha podido identificar paquetes masivos de varios metros de areniscas arcillosas con pequeñas intercalaciones de arcilitas arenosas. Las areniscas arcillosas van de colores rojizos a rojizos claros; tienen una granulometría de arenas media a fina con matriz arcillosa; estas areniscas arcillosas comienzan con bancos pequeños tabulares con intercalaciones de bancos de arcilita arenosa de aproximadamente 15 centímetros de espesor (Fig. 10). Luego por encima de este arreglo heterolítico, yacen grandes paquetes tabulares, a veces laminados internamente de areniscas arcillosas que van desde pocos centímetros hasta varios metros de espesor. Dentro de estos afloramientos se puede observar canales de diferentes tamaños, estructuras ondulíticas, grietas de desecación como también trazas fósiles y huellas de dinosaurios (Fig. 11). En cuanto a las litologías vistas en el campo, se puede relacionar con un sector de los recortes de roca analizada perteneciente a las areniscas arcillosas y arcilitas arenosas ubicadas entre los 400 y 700 metros de profundidad por sus similitudes de espesores, granulometría y colores rojizos.



Figura 9: Localidad Villa El Chocón. Afloramientos de la Formación Candeleros, Grupo Neuquén.



Figura 10: Arreglo heterolítico. Arenas arcillosas (rojizos claros)-Arcilita arenosa (rojizo oscuro).

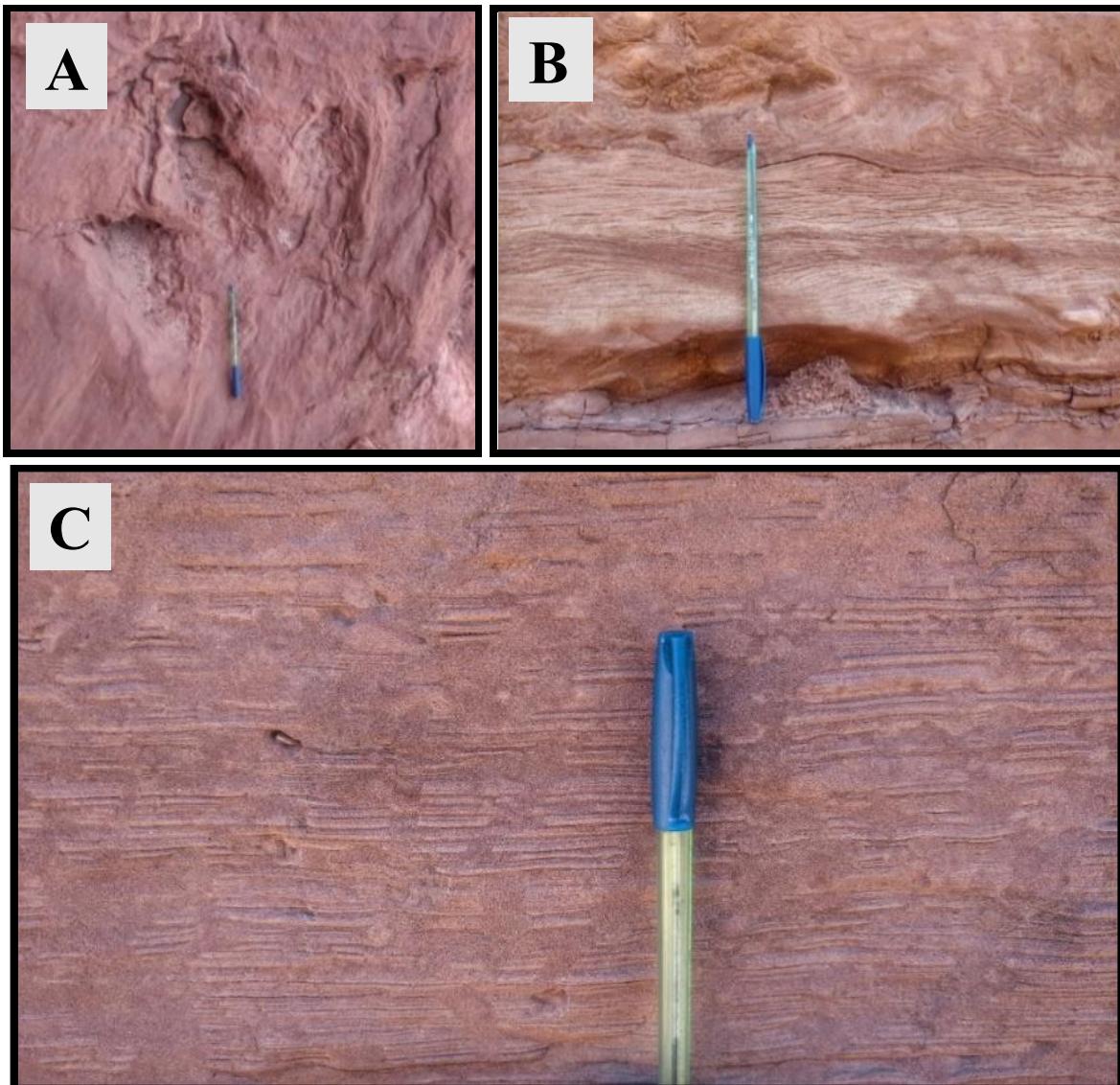


Figura 11: Estructuras sedimentarias. a) Icnita de dinosaurios. b) *Climbing ripples*, por encima deformación litoestática por el mismo peso de la columna sedimentaria. c) Arenas arcillosas laminadas bioturbadas por posibles icnogénero de Skolitho.

METODOLOGÍA DE LABORATORIO

Una vez finalizada la descripción de los recortes de perforación y la identificación de los niveles sello, se seleccionaron las muestras de los pozos EX-10, EX-40 EX-70 sacadas a una profundidad de 650 metros en la zona de interés, tomando estas en la zona media del sello. Las muestras se encuentran separadas a 3 kilómetros entre ellas. El propósito de estos estudios fue definir la composición química, mineralógica y para poder determinar si existen cambios laterales en su composición y tener una caracterización más detallada. Cabe mencionar que las areniscas arcillosas fueron las que se eligieron ya que es la litología predominante como sello de todas las secciones estudiadas (Fig. 12-13). Para una caracterización más detallada se usaron la técnica de difracción de rayos X (DRX) y el Microscopio Electrónico de Barrido (SEM-EDS).

Para estos estudios se recurrió al IIPG (Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología; UNRN-CONICET), cuyo personal nos asistió en el uso del instrumental aplicado: el microscopio electrónico de barrido (SEM-EDS) y la técnica de difracción de rayos X (DRX). Allí se realizaron todos los preparados preliminares para llevar a cabo todo el análisis de MEB y DRX.

La técnica de DRX permite realizar dos tipos de análisis. El primer estudio es llamado *análisis de roca total*, y consiste en obtener una submuestra representativa de la muestra principal (sello), la cual se molió y se tamizó. El material resultante fue distribuido uniformemente en un portamuestras y analizado en el equipo de DRX. Hay que tener en cuenta que la distribución de la muestra sobre el portamuestra debe realizarse de tal manera que los cristales queden orientados azarosamente, permitiendo que estos sean expuestos a la

mayor cantidad de Rayos X posibles. Además, la identificación de cualquier fase mineral mediante el análisis de DRX.

El segundo análisis, que es conocido como “preparado orientado de la fracción menor a dos micrones” consiste en caracterizar las arcillas para saber su comportamiento de expansibilidad y la mineralogía.

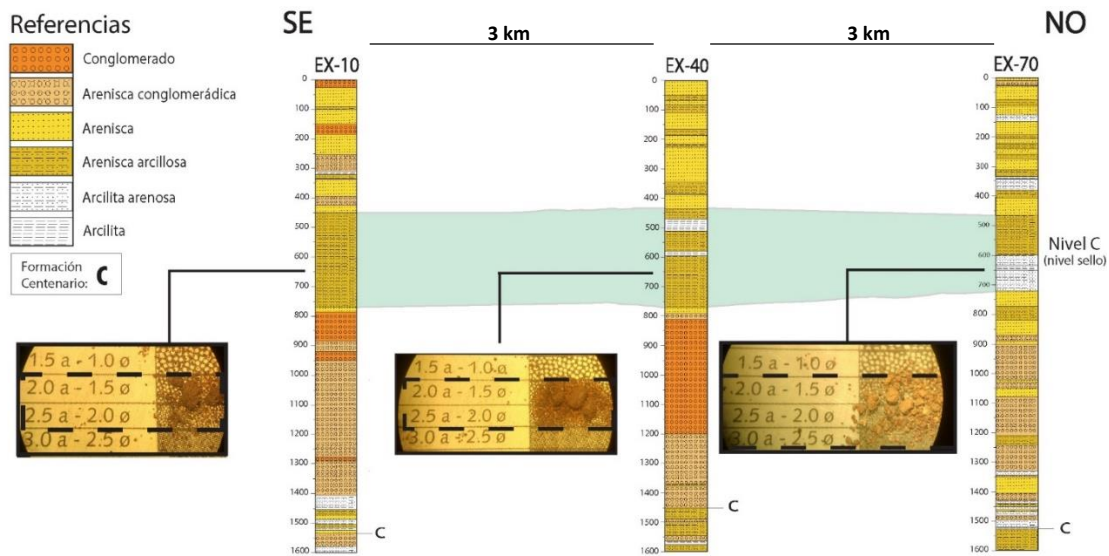


Figura 12: Muestras de *cutting* tomadas para el análisis de SEM-EDS y DRX. Vista en lupa con 8X de aumento.

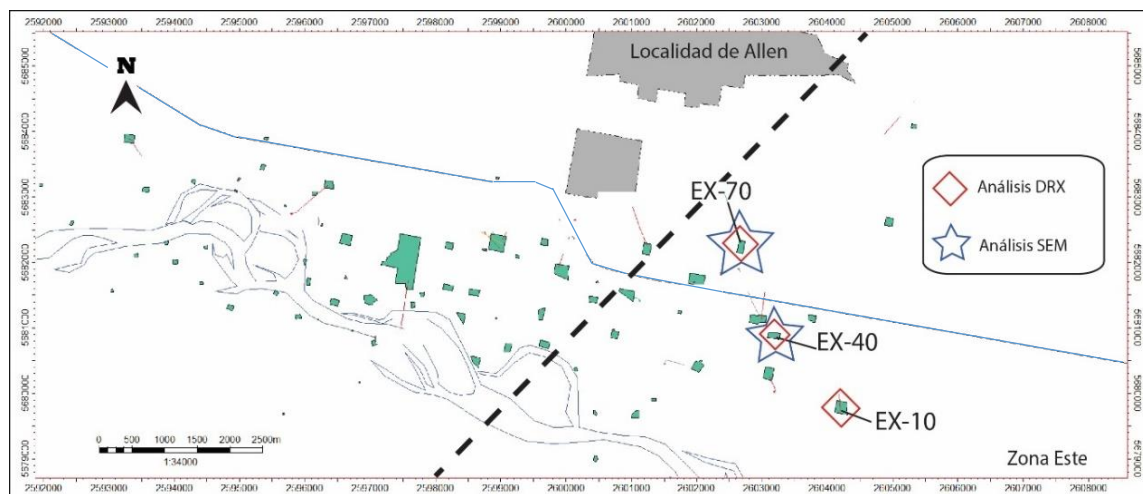


Figura 13: Ubicación y tipo de análisis para cada muestra analizada.

METODOLOGÍA SEM-EDS

El primer análisis se realizó con el microscopio electrónico de barrido (SEM-EDS), a partir de tres pasos fundamentales para el preparado de las muestras:

- Descripción de la muestra
- Preparado de la muestra
- Técnica de *sputtering* para el uso del SEM-EDS

En la primera etapa, se ordenaron las muestras en placas de Petri, luego fueron observadas bajo lupa y descritas detalladamente para tener un mayor control del análisis de la muestra. Posteriormente, fueron extraídos aglomerados modélicos de 1 a 2 mm aproximadamente de los pozos EX-40 (arenisca arcillosa) y EX-70 (arcilita arenosa), que fueron pegados a un portamuestra circular de acero (Fig. 14). Luego estas muestras son sometidas a una técnica llamada *sputtering* que consiste en la introducción de átomos de oro para que la muestra sea conductora y se pueda ser visualizada en el SEM-EDS (Fig. 15).

Una vez preparadas las muestras, se introducen en el SEM-EDS para que este pueda ofrecer las características superficiales de las muestras brindando información de las formas, texturas y composición química de las mismas.

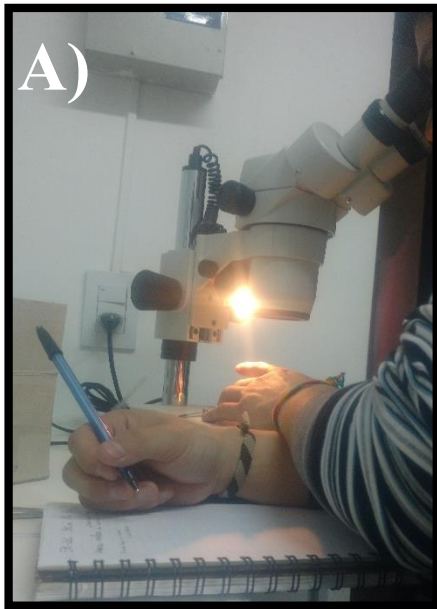


Figura 14: A) Descripción detallada de la muestra de areniscas arcillosas. B) Los aglomerados modélicos extraídos del pozo EX40 y EX70, son pegados en el portamuestra circular de acero.

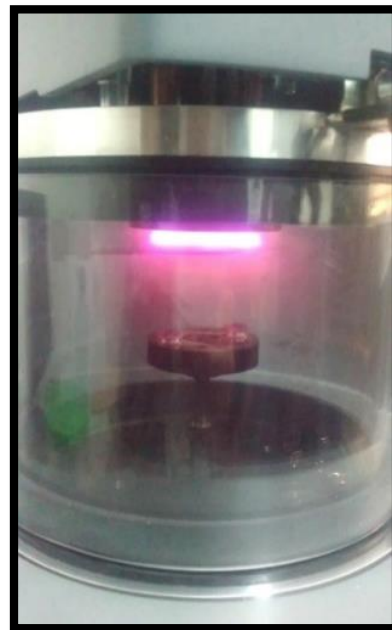
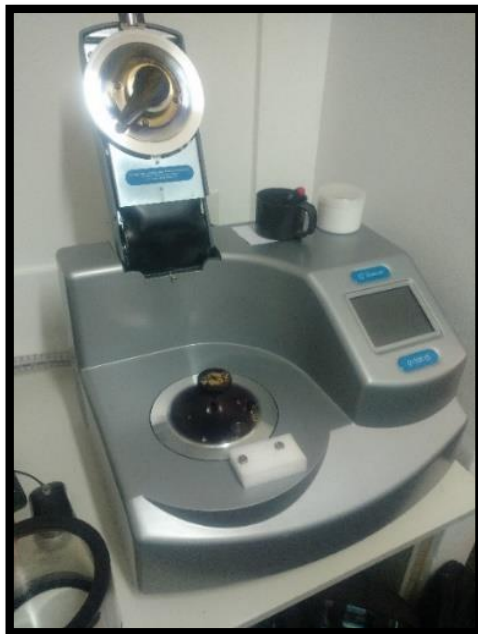


Figura 15: Utilización de la técnica de *sputtering* para luego introducirlo y utilizarlo en el SEM-EDS

METODOLOGÍA DRX: ROCA TOTAL Y “PREPARADO ORIENTADO DE LA FRACCIÓN MENOR A DOS MICRONES”

El segundo análisis que se realizó sobre las muestras fue la determinación del porcentaje mineralógico de roca total y adicionalmente el tipo de arcillas componen la roca, utilizando la técnica de Difracción de rayos X (DRX) (difractor modelo *SmartLab3* de RIGAKU) del Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología (IPPG) Universidad Nacional de Río Negro (UNRN)-CONICET.

Para ello, se recurrió a una serie de pasos previos en la preparación de las muestras:

En una primera instancia, se cuarteo la muestra para separar una porción representativa que luego se molió en un mortero. Luego fue tamizada en una malla de 74 micrones donde el pasante de esta misma fue colocada en unos portamuestras de vidrio provistos de una pequeña cavidad.

Una vez listo los muestrarios, son colocados individualmente en el difractor de rayos X. Para utilizar esta técnica es necesario el uso de un *software* específico (PDXL2 de Rigaku) para realizar el análisis de las muestras. Cada análisis tiene una duración de aproximadamente 20 minutos. Una vez terminado cada uno de ellos, este *software* genera un gráfico en donde nos ayudará a definir qué tipo de mineral es (Fig. 16 -17).

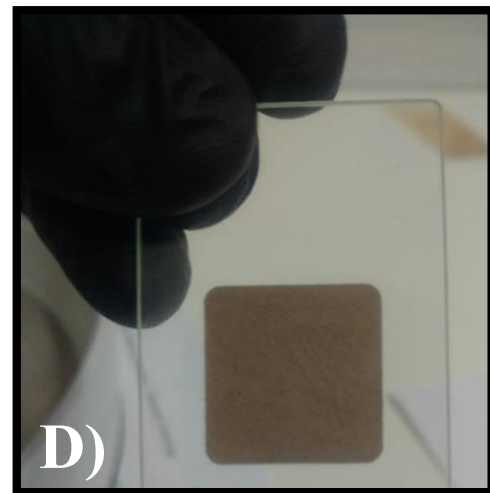
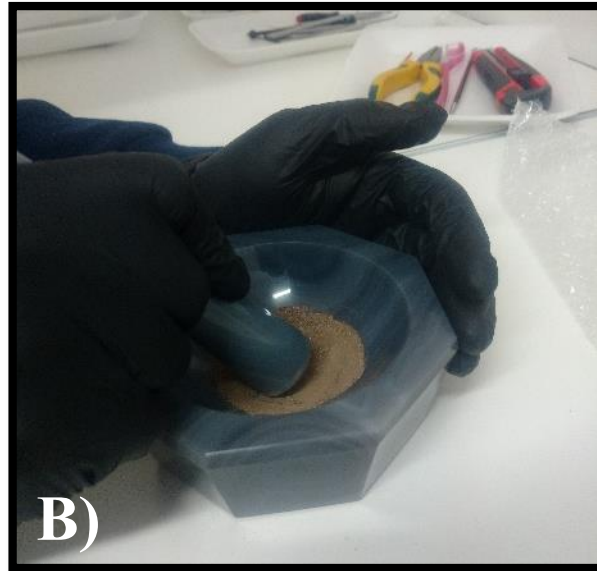


Figura 16: A) Difractor de rayos X (DRX) del Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología (IPPG) Universidad Nacional de Río Negro (UNRN)-CONICET.
B) Trituración de la muestra en un mortero.
C) Tamización de la muestra en una malla de 74 micrones.
D) Muestra colocada en un portaobjeto para luego ser analizado por DRX.

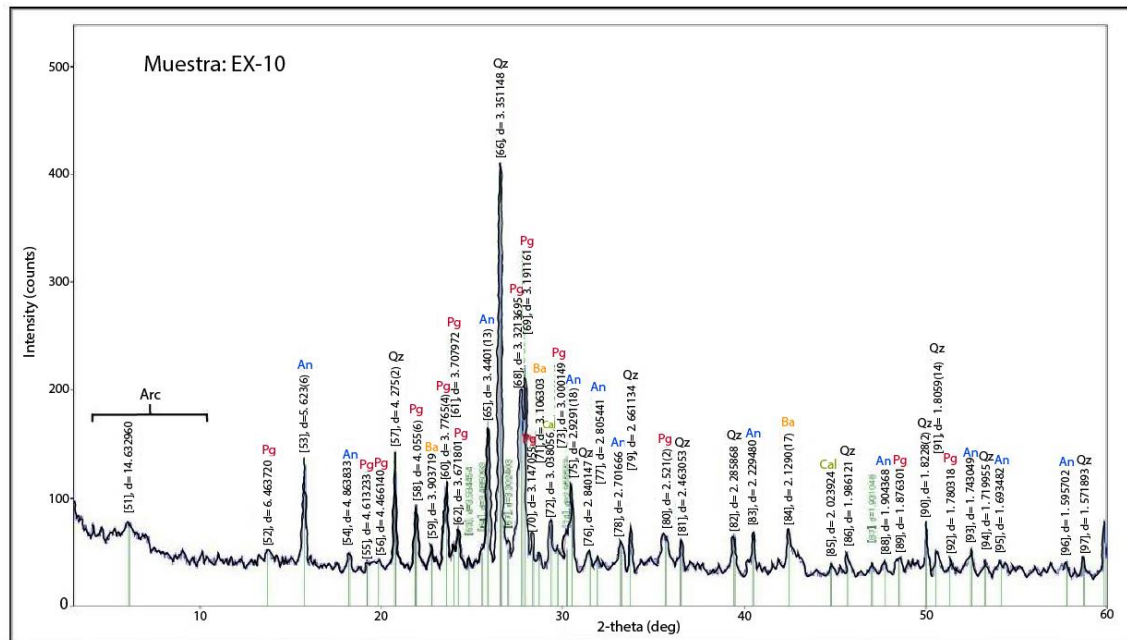


Figura 17: Difractograma de roca total correspondiente a la muestra EX-10: Qz: cuarzo; Pg: plagioclasa; An: analcima; Cal: calcita; Ba: baritina; Arc: arcillas.

El contenido de arcilla se obtuvo a partir de una submuestra representativa (15g aprox.) de la muestra principal. Para ello se colocó dicha submuestra en un tubo tipo *Falcón* con 40 ml de agua destilada y se agitó durante 40min, luego se retiró mediante pipeteo la suspensión que contenía la fracción arcillosa menor a 2 μm . De dicha suspensión, se esparció en un vidrio portaobjeto y se dejó secar al aire a temperatura ambiente por 24 horas antes de ser analizados por el DRX. Este procedimiento asegura una sedimentación extendida de los cristales arcillosos preferencialmente sobre sus caras basales una vez que el agua destilada se evapora, lo que permite una correcta identificación. Posterior al análisis DRX del extendido secado al aire (AD), se sometió por 12 hs al mismo extendido, a la solvatación con etilenglicol para luego ser analizado en el DRX. Por último, el extendido de arcillas fue calcinado a 550°C y vuelto a analizar por el DRX.

METODOLOGIA DE GABINETE

PERFILES ELÉCTRICOS

Los registros de pozo son mediciones de una o varias propiedades físicas de las rocas que se registran en función de la profundidad. El gráfico obtenido se denomina *perfil*. El perfilaje de pozos entrega una descripción del subsuelo, una radiografía del mismo, en función de su respuesta a distintas propiedades físicas. Las magnitudes medidas pueden ser de distinto tipo, entre las más comunes: eléctricas, radioactivas y sónicas. Los perfiles a determinar las propiedades petrofísicas de las rocas y los fluidos presentes, realizar mediciones de presión y temperatura de las rocas atravesadas. A partir de estas mediciones, es posible realizar una interpretación litológica, definición de facies y con ella inferir procesos sedimentarios y realizar interpretaciones ambientales de depositación. La interpretación petrofísica a partir de los datos de perfiles permite identificar zonas productivas diferenciando zonas de gas, de petróleo o agua y calcular el espesor de dichos intervalos. Esta información hace parte fundamental del cálculo de reservas de hidrocarburos.

Principales tipos de perfiles:

- **Perfil de Rayos Gamma (GR)**
- **Perfil de Potencial Espontáneo (SP)**
- **Perfil Neutrónico (NPHI)**
- **Perfil de Densidad (ρ)**
- **Perfil Sónico (DT)**
- **Perfiles Resistivos (Inducción)**
- **Perfil Fotoeléctrico (PEF)**
- **Perfil Caliper (CALI)**

Perfiles de Rayos Gamma (GR)

El registro de Rayos Gamma mide la radioactividad natural de las formaciones. Se fundamenta en los rayos gamma naturales de las rocas son que generados por el decaimiento de los isotopos radiactivos ^{40}K , ^{238}U , ^{235}U y ^{232}Th y que se concentran mayoritariamente en las arcillas y lutitas. Los rayos gamma son impulsos de ondas electromagnéticas de alta energía, que son emitidas espontáneamente por algunos elementos radioactivos. El registro de los rayos gamma forma parte del llamado grupo de “perfiles radioactivos” y su unidad de medición es el grado API. El resultado de la detección de los rayos gamma emitidos por el K, U y Th, es la generación de una curva cuyos valores mínimos (GR limpio) se asocian a litologías como cuarzo, calizas, ó evaporitas, mientras que los valores altos (GR sucio) se asocian a bancos arcillosos y/o depósitos piroclásticos. El perfil GR permite realizar una estimación del contenido de arcillas, debido a que estas tienen una radioactividad muy alta y las areniscas generalmente poseen una radioactividad muy baja o nula (Fig. 18).

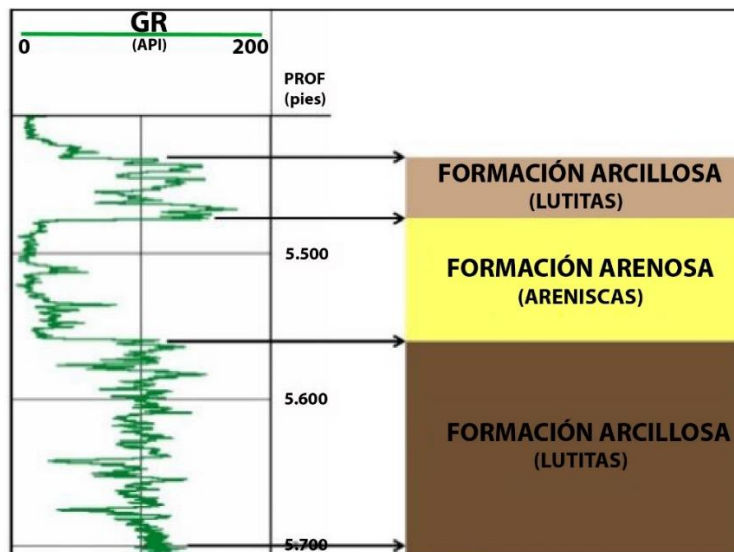


Figura 18: Representación de la curva GR.

Registro de Potencias Espontaneo (SP)

El registro del SP forma parte del llamado grupo de “perfiles eléctricos”. Este registra el potencial eléctrico (voltaje) producido por la interacción entre el agua de formación y el fluido de perforación. La unidad del registro del SP se mide en milivolts (mV). El fundamento de la curva del SP depende si el fluido de perforación es menos salino que el agua de formación; si es así la curva de SP se desplaza a la izquierda; ahora si el fluido de perforación es más salino que el agua de formación la curva de SP se desplaza a la derecha. El SP es un muy buen registro para determinar espesores y litologías. Sirve fundamentalmente para secuencias compuestas por alternancia arenas/arcillas y es muy útil cuando se manejan lodos base agua. Este registro permite detectar las capas permeables, estimar la salinidad del agua y contenido de arcilla de formación (Fig. 19).

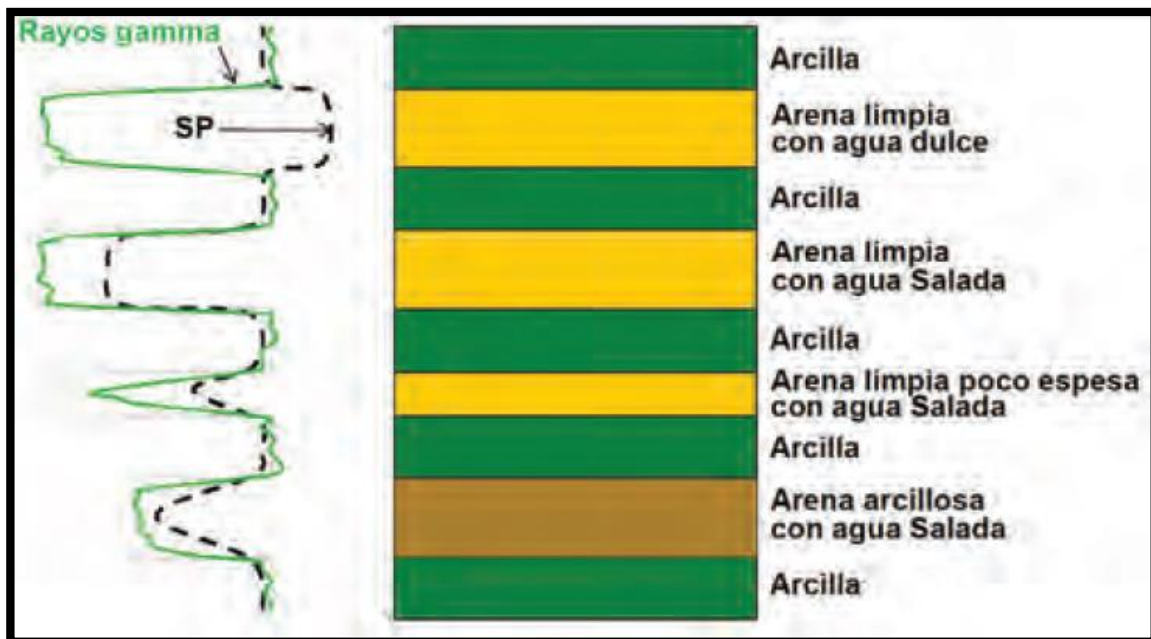


Figura 19: Forma de la curva de los Rayos Gamma y del SP de acuerdo a la litología presente en un pozo de lodo dulce.

Perfil Neutrónico (NPHI)

Este perfil se utiliza para determinar la porosidad de la formación. Permite determinar la cantidad de hidrógeno de la formación. Su funcionamiento se basa en una fuente de americio/berilio (Am/Be) que despiden neutrones de alta energía, los cuales ingresan a la formación que al chocar con los núcleos de los átomos de la roca pierde energía hasta que finalmente son “capturados” por los núcleos de los átomos de hidrógeno presente en la formación. En el proceso de “captura” se emiten rayos gamma de alta energía, que son detectados por un contador Geiger o un contador centellante. Este registro permite junto con otros registros de porosidad detectar zonas de gas y con el perfil de Densidad proporciona lecturas de porosidad más exactas (Fig. 20).

Perfil de Densidad (ρ)

El perfil de densidad se usa como un registro de porosidad, además de identificar niveles de gas, determinar la densidad de Hidrocarburos y calcular propiedades mecánicas de las rocas. Su funcionamiento se basa en una fuente radioactiva ($Ce137$) que emite rayos gamma de mediana energía, que chocan con los electrones en la formación. Con cada choque pierden energía (no toda, ceden una parte al electrón y continúan con la energía disminuida). Los rayos gamma dispersos llegan al detector e indican (de acuerdo a la intensidad final), la densidad “electrónica” de la formación. Este perfil calcula la densidad electrónica de las formaciones. El registro de densidad se mide en gr/cm^3 (Fig. 20).

Perfiles Sónicos (DT)

El registro sónico en su forma más sencilla consiste en una fuente que emite impulsos sónicos (10 pl/seg o us/ft), que viajan a través de la formación, la columna de fluido del pozo y la misma herramienta de registro; y son captados por receptores que registran estos impulsos (2, 4 y 6 pies de distancia entre ellos). El fundamento del registro Sónico es la medición del tiempo de tránsito que una onda acústica insume en atravesar un pie de formación. (a menor tiempo de tránsito, mayor velocidad de propagación). Las velocidades sónicas dependen del material de la matriz de la roca (arenisca, caliza, dolomita) y de la distribución de la porosidad. La escala de presentación es generalmente de 140 a 40 us/ft y tiene una resolución vertical de 30 cm y una profundidad de investigación de 15 cm de la pared del pozo. El perfil Sónico es el registro es uno de los mejores registros para determinar litologías (Fig. 20).

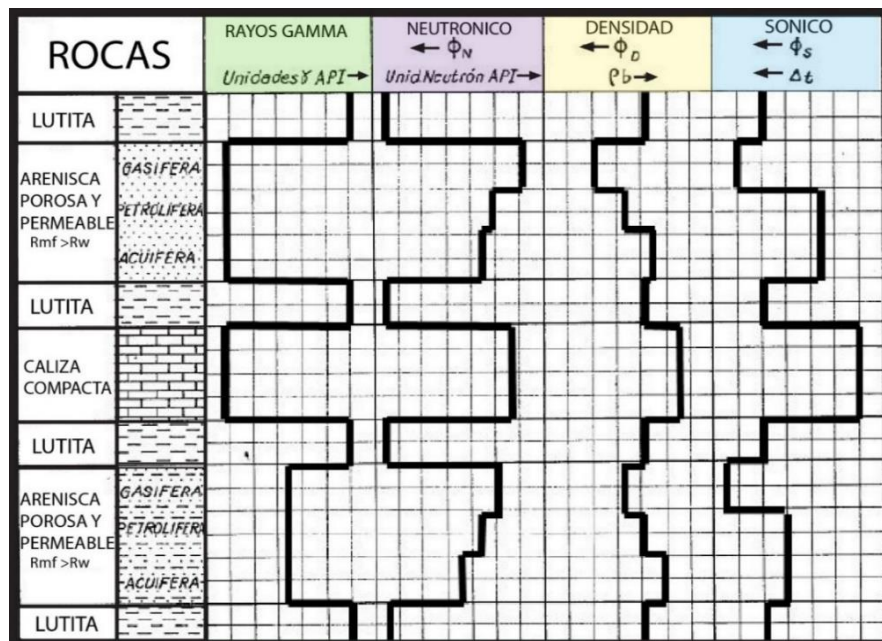


Figura 23: Curvas modelos con el perfil GR, Neutrónico, Densidad y Sónico para distintas rocas.

Perfiles Resistivos (Inducción)

El fundamento del registro de la resistividad eléctrica se basa en la capacidad de impedir el flujo de corriente eléctrica a través de sí misma. La unidad utilizada es ohmio/metro (ohm/m). Este parámetro de la roca reviste importancia, ya que permite determinar la saturación de Hidrocarburos de la zona no invadida. Las mediciones de resistividad permiten determinar la resistividad de la zona no invadida (R_t), la resistividad de la zona invadida por el lodo (R_{xo}). Estas mediciones junto con la resistividad del agua de formación permiten obtener los valores de saturación y de esta manera determinar espesores útiles (Fig. 21).

La resistividad de una formación depende de:

- La geometría estructural de los poros.
- La cantidad de agua presente.
- La resistividad del agua de formación.

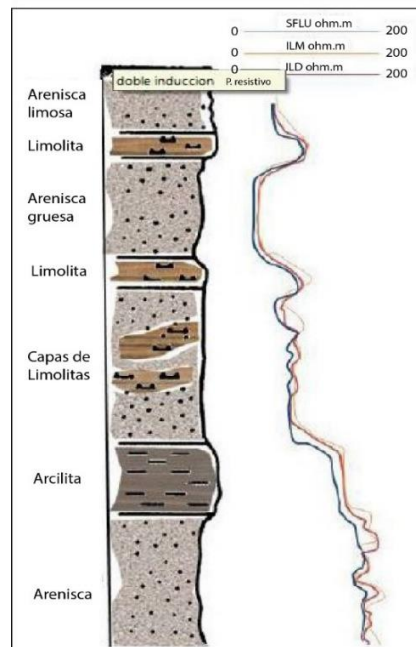


Figura 21: Representación del Perfil de Resistividad

Perfil Fotoeléctrico (PEF)

Este perfil indica la litología de la roca con muy poca influencia de la porosidad y del tipo de fluido de la misma. Se obtiene a partir del choque de rayos gamma de baja energía detectados por la herramienta que fueron sometidos a absorción fotoeléctrica de donde se obtiene la curva de efecto fotoeléctrico (Pe o Pef). El PEF mide el tiempo de tránsito que una acústica insume en atravesar un pie de formación. Generalmente el perfil PEF se grafica en escalas que van de 0 a 10 o de 0 a 20 y se mide en msec/ft. Existen valores de PEF estándares para litologías puras que se utilizan como guía en la interpretación de perfiles. El uso principal de este perfil sirve para la identificación de litologías, reconocer minerales pesados como también la detección de fracturas (lodo con baritina).

Perfil Caliper (CALI)

El perfil “caliper” permite determinar la geometría del pozo y permite relacionar la presencia de arcilitas con desmoronamientos o cavernas del pozo (zonas de “mal caliper”), debido al menor o mayor grado de hidratación que muchos de los minerales arcillosos presentan frente a fluidos de perforación. Con herramientas de cuatro brazos es posible medir simultáneamente dos calibres del pozo en planos ortogonales y con ello estimar la deformación del hueco y la presencia de *breakouts*. Indirectamente es una herramienta útil para una primera determinación de litologías. Este registro es uno de los métodos más antiguos, simples y cualitativos que habitualmente, se lo grafica en la pista 1 junto al SP y GR en escala de 10 pulgadas aumentado hacia la derecha. La calidad de dicha información dependerá del número de brazos de la herramienta utilizada.

PETREL

La plataforma “*Petrel E & P*” de la empresa *Schlumberger*; fue el software con el que se desarrolló la parte final del trabajo. Esta plataforma es utilizada en la industria de hidrocarburos. El programa permite al usuario realizar correlaciones de pozos, interpretar datos sísmicos, calcular volúmenes, producir mapas, construir modelos y obtener simulaciones de yacimiento, junto con el plan de estrategias de desarrollo para maximizar la explotación de yacimientos. (Fig. 22-23-Tab.1).

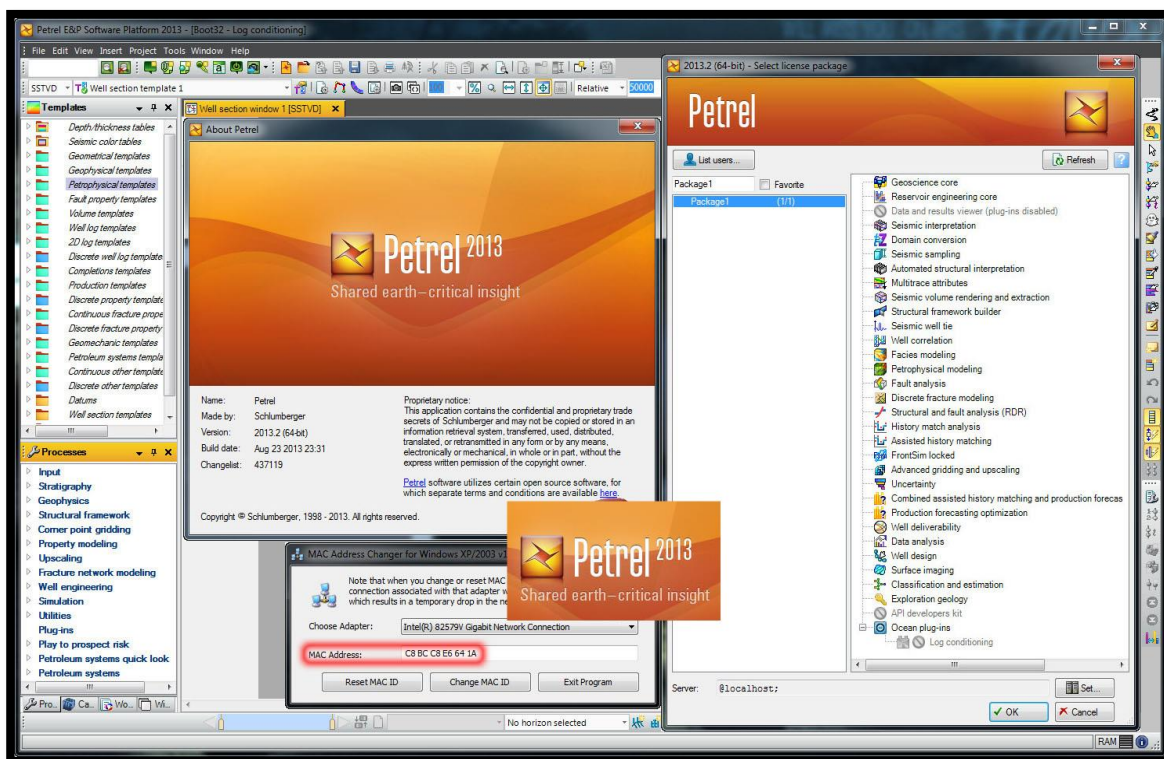


Figura 22: Plataforma utilizada “*Petrel E & P*” de la empresa *Schlumberger*.

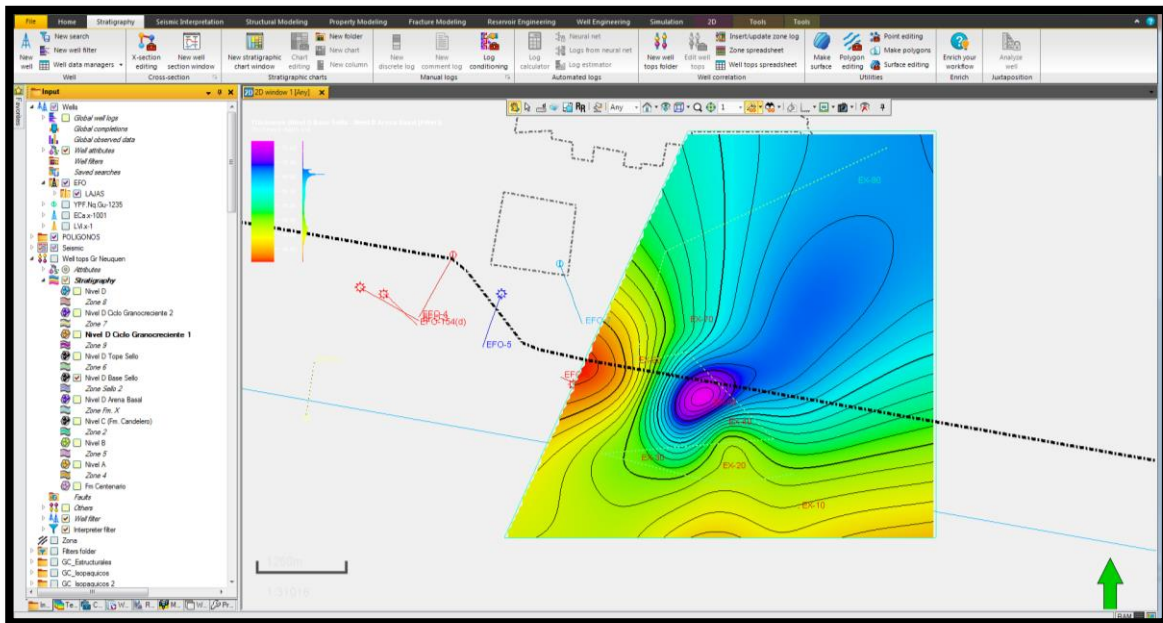


Figura 23: Creación de mapas, perfiles y correlación de los pozos sobre la plataforma.

BASE DE DATOS UTILIZADA

<u>POZOS</u>	<u>EX-10</u>	<u>EX-20</u>	<u>EX-30</u>	<u>EX-40</u>	<u>EX-50</u>	<u>EX-60</u>	<u>EX-70</u>
<i>Análisis de recorte de perforación</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Perfil litológico preliminar</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Perfil eléctrico del Gr. Neuquén (0-1500 m.)</i>	✓	✓	—	—	—	✓	—
<i>Perfil eléctrico del Gr. Neuquén (0-600 m.)</i>	✓	✓	—	✓	✓	✓	✓

Tabla 1: Base de datos manejada.

DESCRIPCIÓN DE LAS LITOLOGÍAS

En cuanto al trabajo de gabinete, el mismo se realizó en las oficinas de YPF de la provincia de Neuquén, donde se trabajó sobre muestras de recorte de roca (*cutting*), de 7 pozos del Yacimiento Estación Fernández Oro (EFO), ubicados hacia el este del mismo. Estos recortes fueron observados con lupa binocular hasta los 1600 metros de *cutting* para cada pozo, analizados cada 5 metros, describiendo granulometría, cambios y características principales en las litologías (Fig. 24)

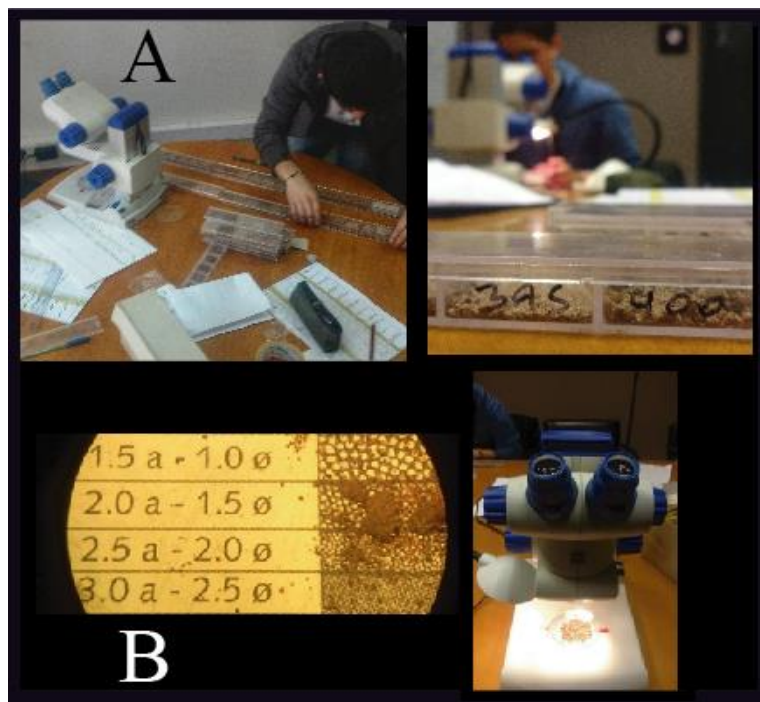
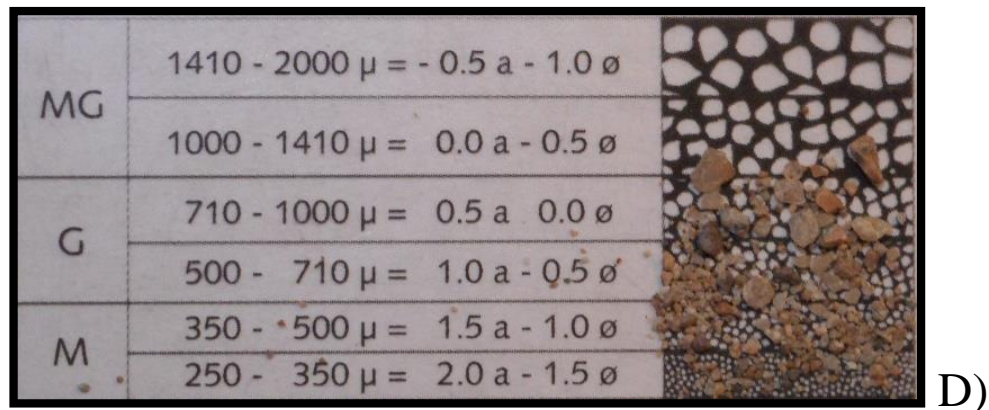
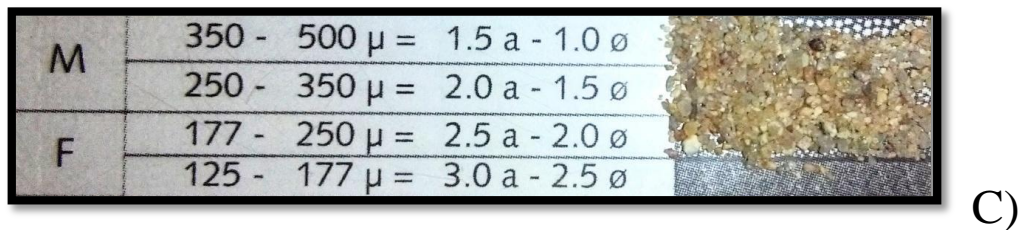
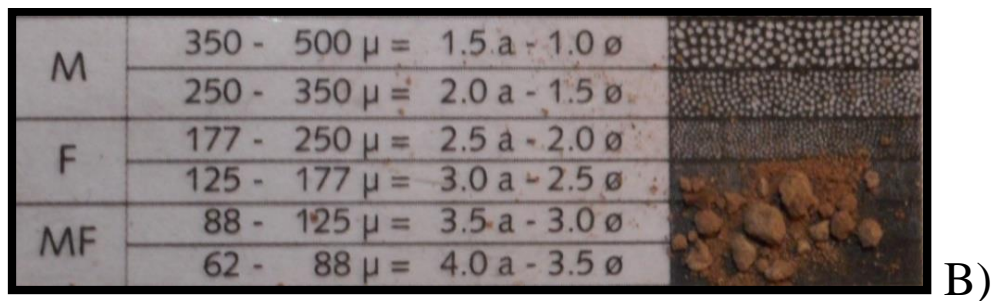
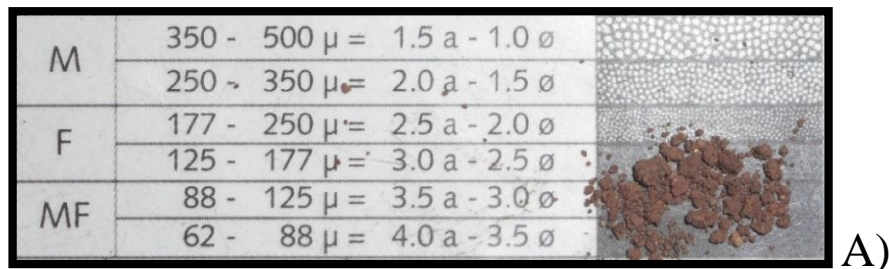
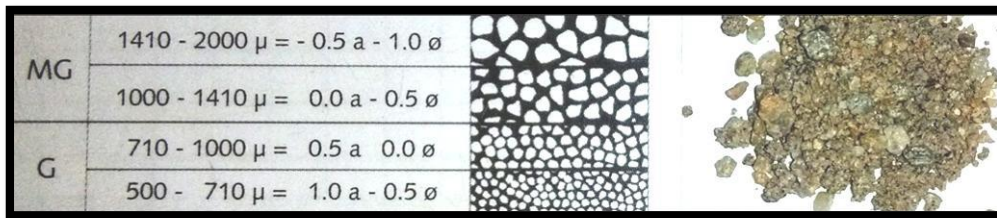


Figura 25: Lugar de trabajo. A) izquierda, trabajo de gabinete. A la derecha, análisis de *cutting* cada 5 metros. B) Análisis del *cutting*. A la izquierda Lupa utilizada en el Gabinete para describir el *cutting* A la derecha, vista en lupa de arenas arcillosas con 8X de aumento. (*Stemi DV4* de Carl Zeiss con zoom de entre 2,4 x a 64 x)

Una vez finalizada la descripción del *cutting* esta información se cargó en el programa Adobe Illustrator en donde se generaron los perfiles litológicos. En los recortes se definieron

seis tipos de litologías: conglomerados, areniscas conglomerádicas, areniscas, areniscas arcillosas, arcilita arenosa y arcilita. (basado en la clasificación *Folk et al., 1951*. Estas descripciones se iban comparando con los perfiles litológicos preliminares (realizados por las compañías de control geológico) y con los perfiles eléctricos para lograr una mayor identificación de las diferentes litologías (Fig. 26-27).





E)

Figura 26: Litologías características del Grupo Neuquén de los pozos revisados. A: Arenisca arcillosa, areniscas muy fina-fina. B: Arcilita arenosa, areniscas muy fina-fina. C: Arenisca fina-media D: Arena Conglomerádica media a muy gruesa. E: Arena Conglomerádica media a muy gruesa.

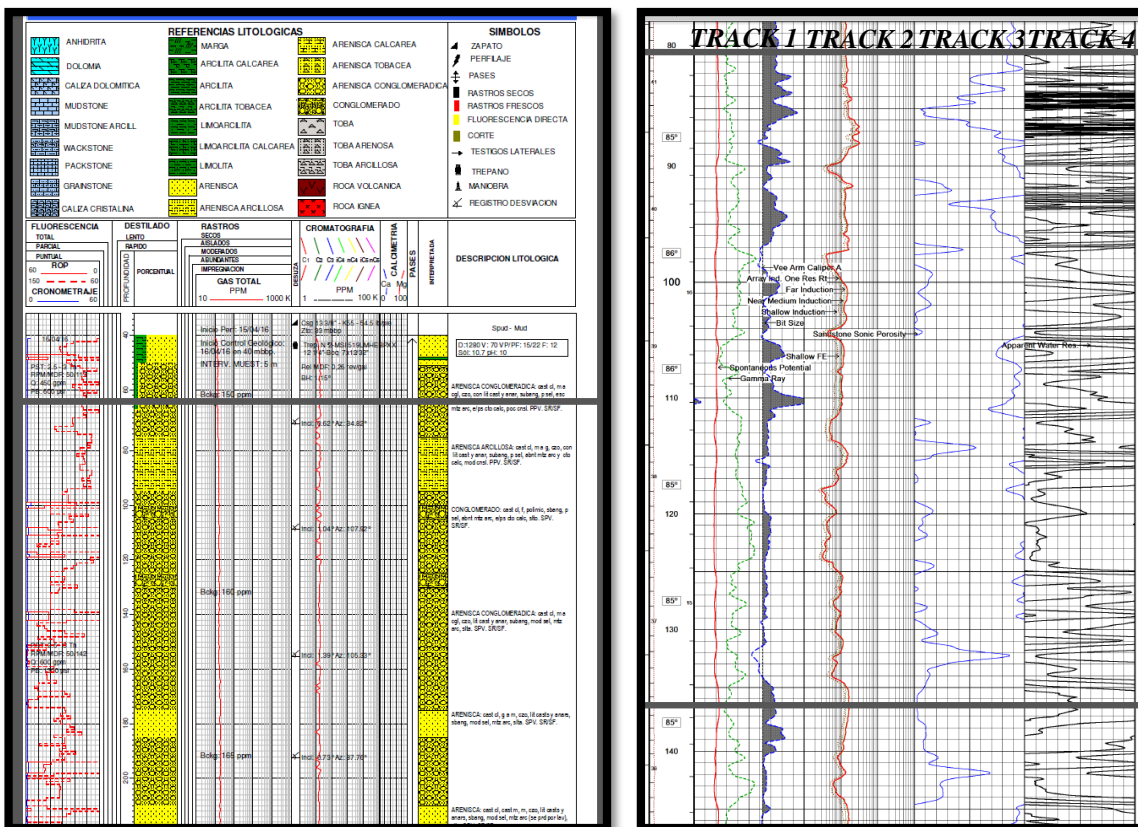


Figura 27: Perfiles utilizados facilitados por YPF. A) Perfil litológico, B) Perfil eléctrico. TRACK 1: Potencial Espontaneo (rojo) – Gamma Rey (verde). Caliper (azul y gris) - TRACK 2: Resistividad (rojo) - TRACK 3: Sónico (azul). TRACK 4: Resistividad del agua aparente (negro).

CAPÍTULO 4

CLASIFICACIÓN DE LAS LITOLOGÍAS

Las litologías provenientes de recortes de rocas (*cutting*) de 7 pozos de EFO, se pudieron clasificar en 6 tipos de litologías donde fueron clasificadas por su tamaño y dominancia litológica. Cabe mencionar que la clasificación de este apartado es en general con una vista generalizada para todos los niveles de la sección, ya que más adelante se verá por nivel con detalle de 5 metros y por pozo individual (Fig.28).

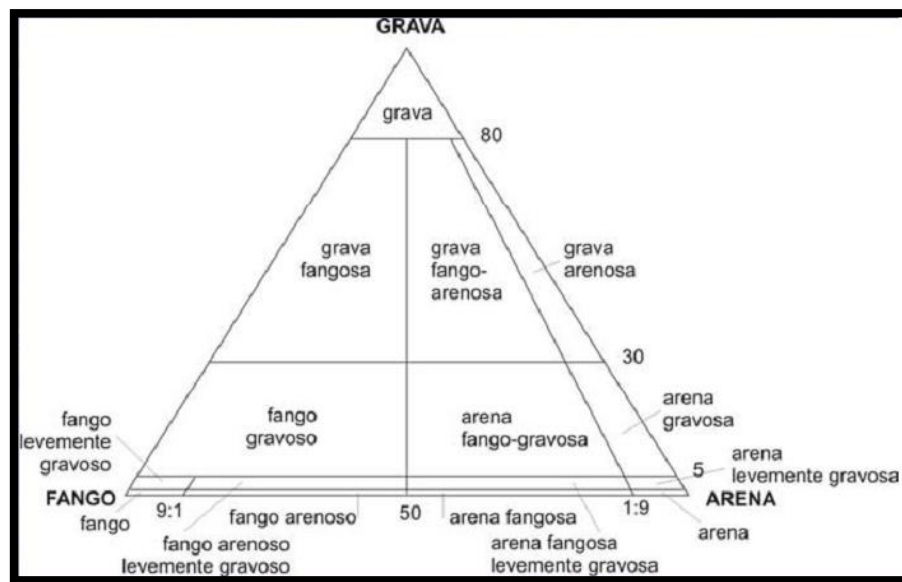


Figura 28: Clasificación de sedimentos basado en el triángulo de Folk, 1951.

Arcilitas: se caracterizan por colores que van de castaños rojizos a castaños claros y se presentan en forma de acumulaciones compactas a moderadas desde 1 mm hasta 1 cm con cortes en bloque y algunas irregulares; y formas parecidas a las pizarras. En algunos muestrarios era común encontrarlas incluidas con arenas muy finas.

Arcilitas arenosas: Estas son muy similares a las arcilitas; caracterizándose por tener colores que van de rojizos oscuros a castaños oscuros a veces moderado con abundantes inclusiones de arena muy fina a fina de color castaño rojizo, irregular, moderadamente compactada.

Areniscas arcillosas: Se caracterizan por colores castaños rojizos que van de oscuros a claros en algunos sectores. Estas se destacan por ser friables con granulometrías que van desde arenas muy finas a finas con abundante cuarzo y líticas; poca a moderada selección con matriz arcillosa de colores rojizos oscuros a moderados.

Areniscas: Esta litología se destaca por tener colores castaños que van desde castaño-gris y amarillos; en algunos sectores se encuentran areniscas castañas rojizas. La granulometría de esta litología es muy variable yendo de tamaños finos a gruesos e inclusive muy finos en algunos sectores. Esta es friable, en varios sectores aglomerados conteniendo abundante cuarzo y líticas. En general las areniscas contienen abundante matriz arcillosa, lo que permite la aglomeración de las areniscas en varios sectores, de colores castaños a castaños rojizos y en menor medida en algunos sectores castaños claros; en algunos sectores presenta escasa matriz arcillosa. En cuanto a la selección va de mala selección a buena selección.

Areniscas conglomerádicas: Esta litología se caracteriza por tener colores castaños claros pasando a la gama de grises y amarillos con granulometrías que van desde medias a muy gruesas generalmente con escasa matriz arcillosa en todas las secciones. Esta contiene abundantes minerales de cuarzo, feldespatos potásicos y fragmento líticas. Esta presenta mala a moderada selección.

Conglomerados: Esta litología se caracteriza por tener tonalidades de colores muy similares a las areniscas conglomerádicas con la particularidad de que esta mantiene más variedad de colores en sus fragmentos líticos de colores verdes, rojizos, anaranjados y amarillos; presentando grandes cantidades de cuarzo, feldespatos potásicos y abundantes clastos fracturados. Esta litología se presenta de forma suelta con pobre a media selección, en algunos sectores buena selección.

POZOS Y SUS CARACTERISTICAS

El yacimiento EFO dispone actualmente más de 120 pozos produciendo de la sección inferior de la Formación Lajas, algunos de los cuales pertenecen a profundizaciones de antiguos pozos productores de las Formaciones Quintuco y Sierras Blancas, reservorios que estuvieron en producción de gas y petróleo por más de 35 años.

En este trabajo final de grado, se analizaron siete (7) pozos ubicados en el sector este del yacimiento Estación Fernández Oro, donde se realizó la descripción de los recortes de perforación clasificados cada 5 metros. Por otro, se pudo identificar cuatro niveles que se repetían en cada pozo teniendo en cuenta los perfiles eléctricos, como se muestra en la siguiente tabla (Fig. 29-32-Tab. 2).

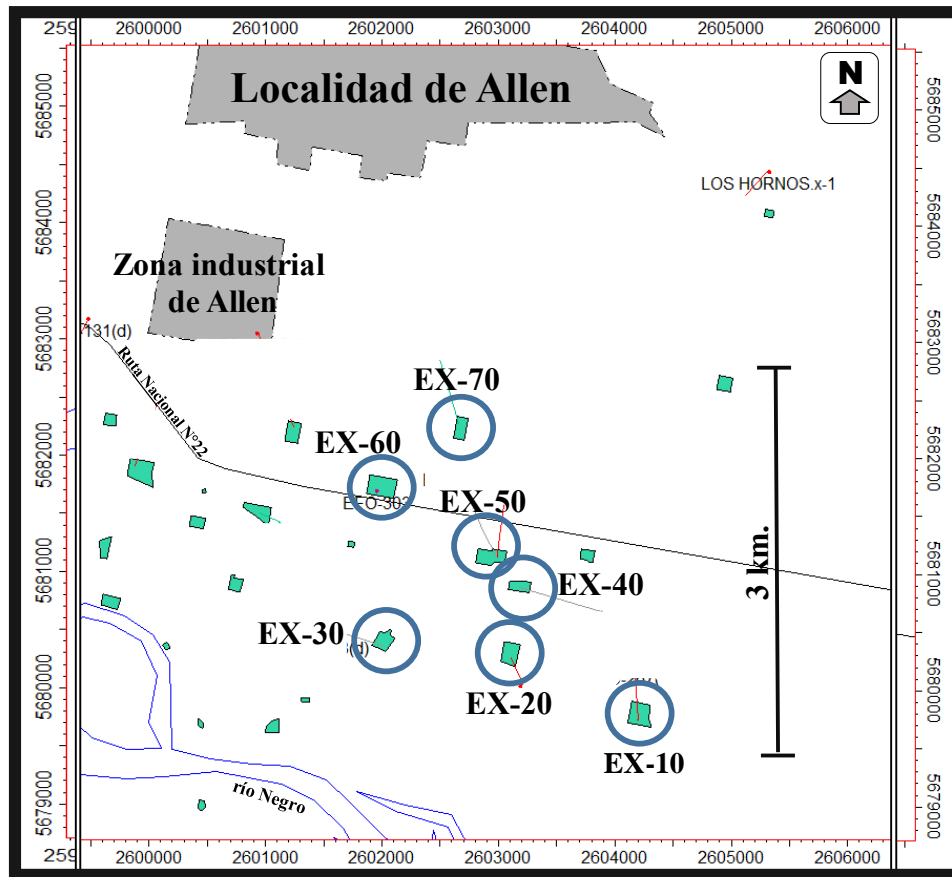


Figura 29: Mapa de la zona de efo con sus respectivos pozos estudiados

POZOS	EX-10	EX-20	EX-30	EX-40	EX-50	EX-60	EX-70
Resumen de la información							
Análisis de recorte de perforación (1600 m. de recorte)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Perfil litológico preliminar.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Perfil eléctrico del Gr. Neuquén (0-1500 m.)	✓	✓	—	—	—	✓	—
Perfil eléctrico del Gr. Neuquén (0-550 m.)	✓	✓	—	✓	✓	✓	✓
Información del Sello Principal con todos datos anteriores.	✓	✓	—	—	—	✓	—

Tabla 2: Cuadro resumen de la información.

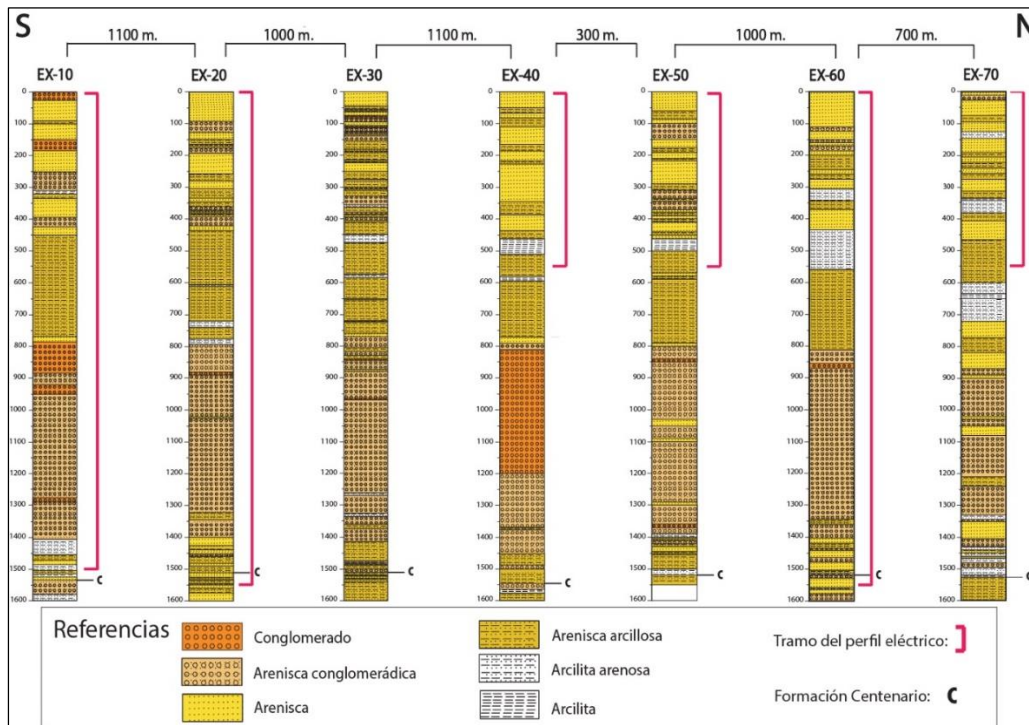


Figura 30: Pozos de estudio con los perfiles litológicos analizados mediante el estudio de los recortes de perforación (*cutting*). La línea café hace referencia a la profundidad hasta donde se cuenta con perfiles eléctricos.

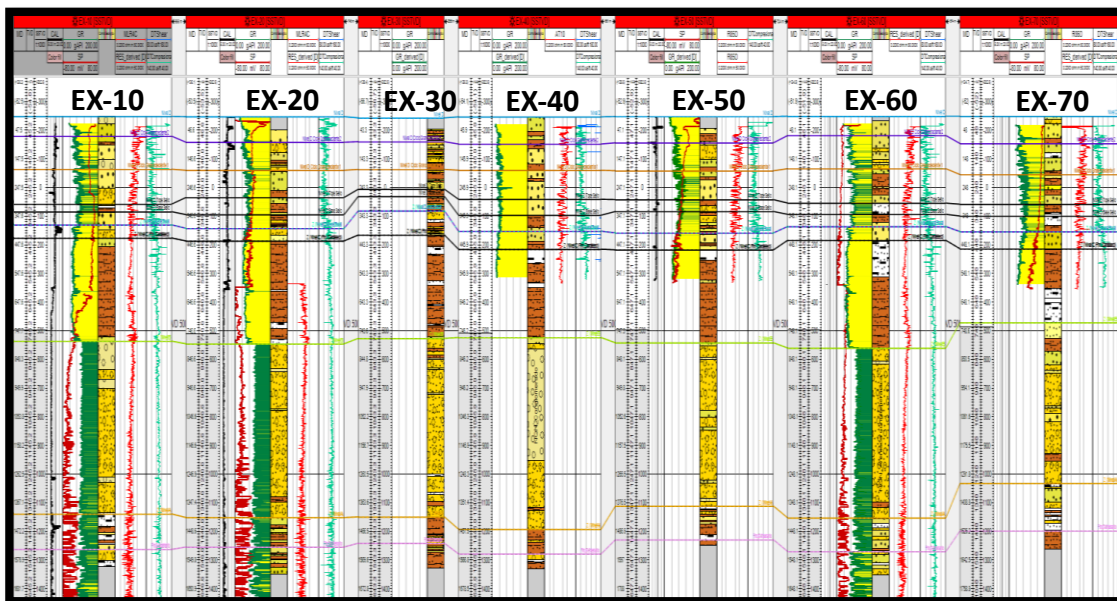


Figura 31: Pozos de estudio con la correlación de los perfiles litológicos cargados en el software Petrel junto con los perfiles eléctricos.

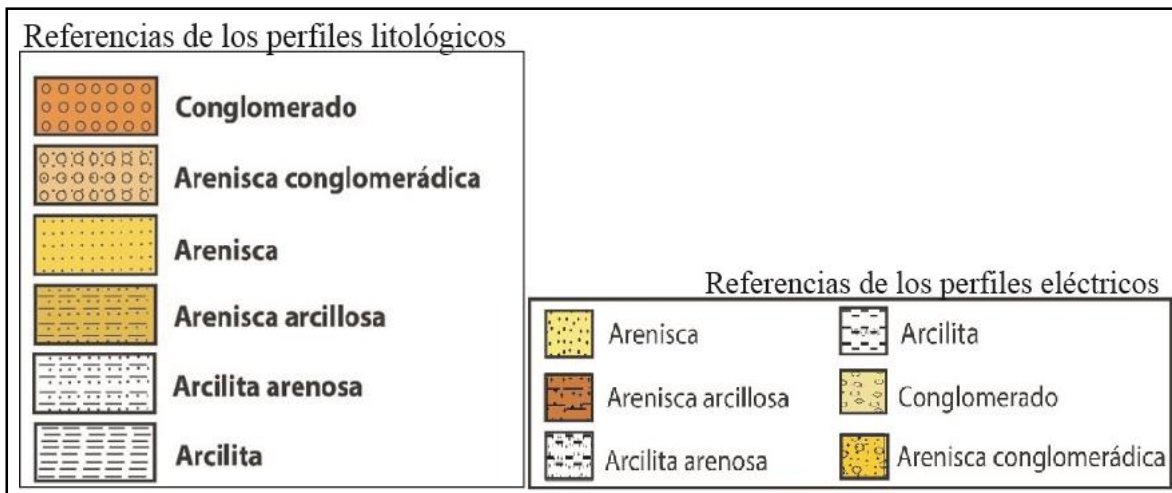


Figura 32: Referencias equivalentes litológicas para los perfiles litológicos y eléctricos.

Pozo: EX-10

El pozo EX-10 se encuentra al sureste del pozo EX-20 del yacimiento EFO. En este pozo el espesor del Grupo Neuquén es de aproximadamente 1500 metros (Fig. 33 hasta 35).

El **Nivel A** tiene un espesor de 135 metros aproximadamente. Se compone principalmente de sedimentos finos descriptos como arcilitas arenosas rojizas y areniscas arcillosas. En menor proporción se presentan areniscas medias de color castaño rojizo. Los niveles de areniscas medias se presentan hacia la base del intervalo, mientras que hacia el tope y con mayor espesor se tiene los niveles de arcilitas arenosas.

Las arcilitas arenosas de la base del nivel presentan valores de GR alto (150 API) y valores de SP de -20 mV mientras que las arcilitas arenosas del tope muestran un aumento de GR de base a techo (valores desde 90 a 130 API). Las areniscas arcillosas tienen valores de GR alrededor de 90 API y con valores de SP de -25 mV. Las areniscas limpias tienen valores de GR similares a las Areniscas arcillosas, pero con mayor deflexión del SP (en valores de -110 mV) que indicarían un intervalo más permeable.

El **Nivel B** tiene un espesor total de 620 metros aproximadamente. Se compone principalmente de areniscas conglomerádicas de color castaño claro a rojizo y en menor proporción conglomerados castaño claro a rojizos. Las areniscas conglomerádicas se encuentran dominando la parte inferior y media del intervalo mientras que los conglomerados se hacen más espesos hacia el tope del nivel.

Las areniscas conglomerádicas de todo el nivel tienen valores de GR entre 100 -120 API, Resistividades entre 4-6 ohm.m y con valores de Sónico de 90 us/ft y no presentan mayores variaciones internas. Los conglomerados tienen valores de GR y de Resistividades similares a las areniscas conglomerádicas, la única diferencia es que tienen valores de Sónico un poco más altos (entre 100 y 110 us/ft). Este aumento en el Sónico es bastante gradual desde la base del intervalo hasta el tope del nivel.

El **Nivel C** tiene un espesor total de alrededor de los 360 metros. Se compone en casi su totalidad de areniscas arcillosas castaño oscuro y mínimamente de areniscas medias castaño claro. Las areniscas se encuentran en el tope y la base del nivel con espesores entre 10 y 20 m. El resto del intervalo se compone de areniscas arcillosas. En la arenisca basal se observa un mínimo descenso del SP (-40 mV), el valor del GR es bajo (80 API) y con una gran variación en la Resistividad (entre 4-20 ohm.m). Por encima las areniscas arcillosas muestran un aumento gradual del SP y valores de GR bajos (50-60 API). El Sónico es bajo (90us/f), y una Resistividad que va descendiendo progresivamente de 20 a 4 ohm.m. En el tope se encuentra un nivel de areniscas medias castaño claro con valores de SP alrededor 50 mV y con un GR de 60 API.

El **Nivel D** tiene un espesor de 425 metros Se compone mayoritariamente por areniscas que van de gruesas a finas; areniscas conglomerádicas y conglomerados. En menor

porcentaje se presentan areniscas arcillosas y arcilitas. Las areniscas son castaño claro y van de granulometrías más gruesas en la base del nivel, mientras que hacia el tope se hacen más finas. Las areniscas conglomerádicas son castaño claro y se encuentran en la parte basal y media del nivel, mientras que los conglomerados castaños claros se encuentran en la parte superior. En los perfiles se ve un GR que va en la zona basal con valores de 60 API hasta valores de 100 API en la parte media del nivel; a partir de este punto los valores de GR vuelven a disminuir a valores de 60 API. El SP va disminuyendo desde valores 60 mV hasta valores de 40 mV. El Sónico se encuentra con valores entre 110-130 us/ft. En cuanto la resistividad se encuentra mayoritariamente con resistividades de 2 a 10 ohm.m en la zona basal y media del nivel, mientras que en el tope las resistividades varían 10 a 20 ohm.m.

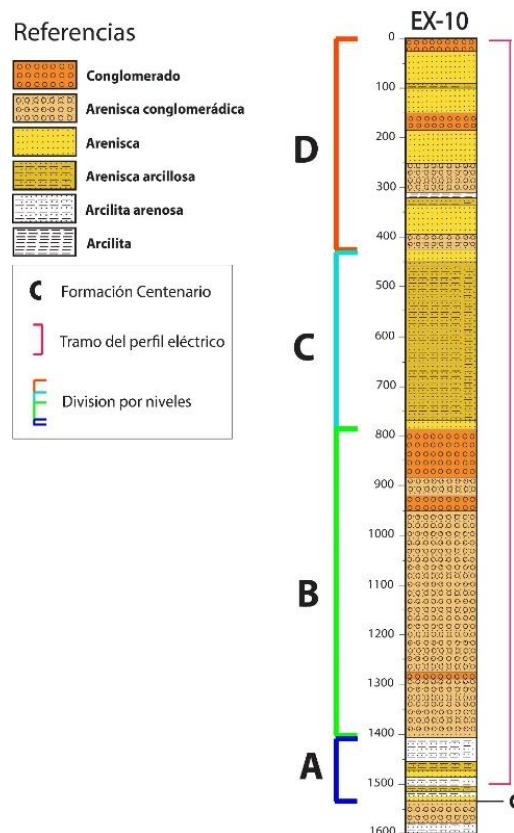


Figura 33: Perfil litológico EX-10.

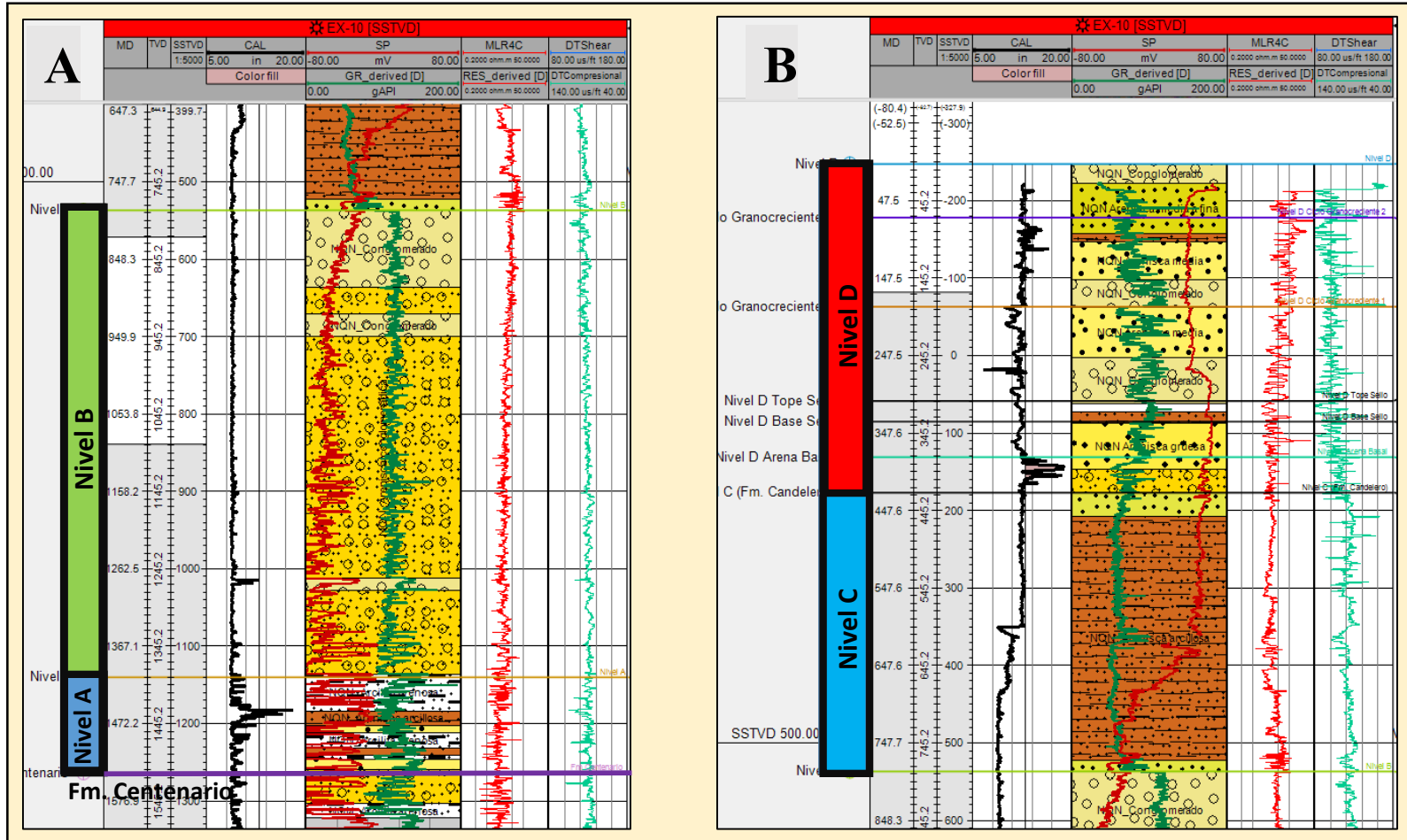


Figura 34: Perfil eléctrico del pozo EX-10. a) Se muestra la parte inferior del Grupo Neuquén que va de los 1550 hasta los 780 metros (Nivel A y B). b) Se muestra la parte superior del Grupo Neuquén que va desde los 780 hasta los 0 metros (Nivel C y D). El perfil muestra cuatro columnas, en la primera el perfil Caliper, en la segunda el SP y GR; en la tercera la Resistividad y en la cuarta el perfil Sónico.

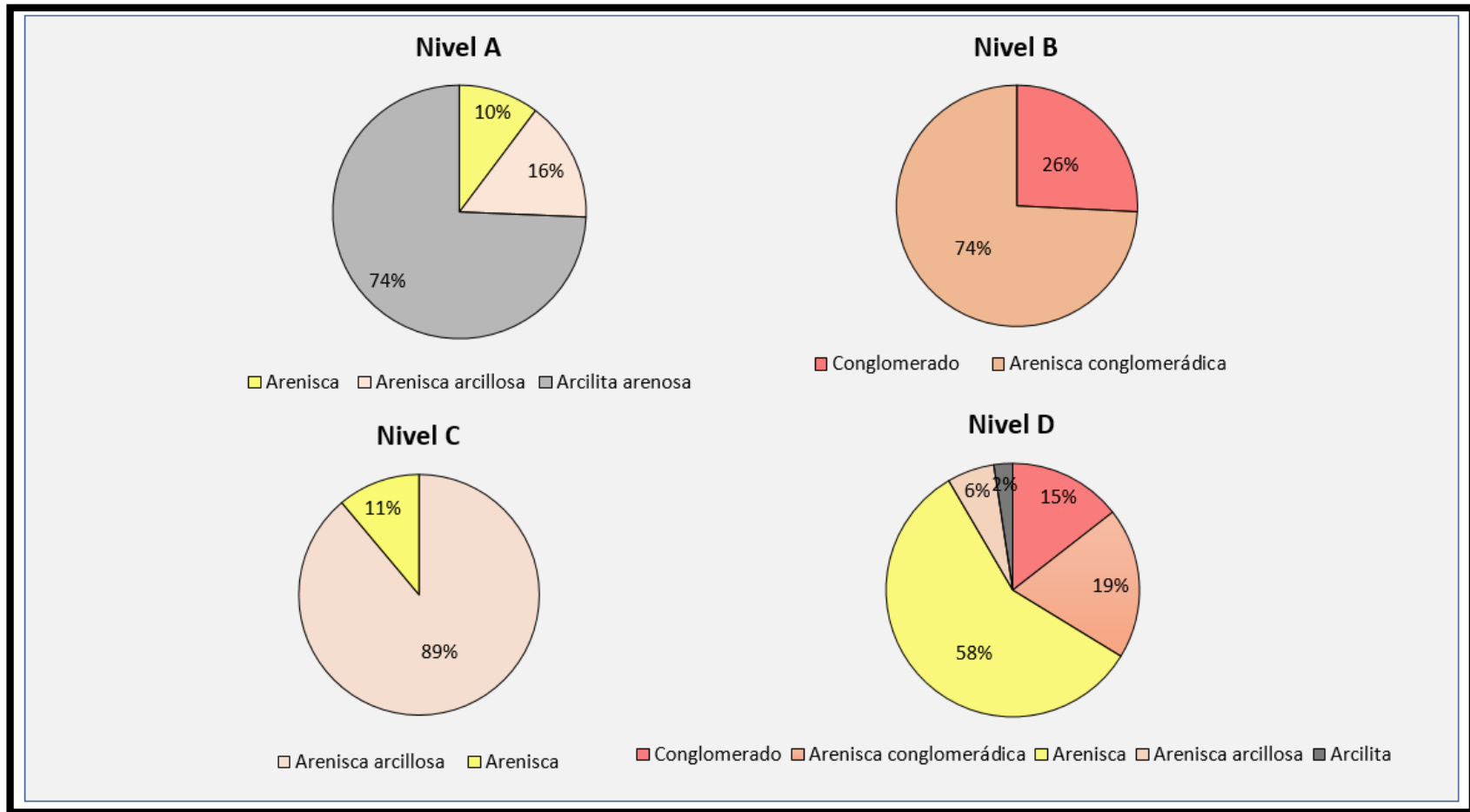


Figura 35: Diagramas de distribución de litologías para cada nivel. Se observa el Nivel A y C con predominancias de litologías fina; los Niveles B y D con litologías más gruesas. Adicionalmente el Nivel D presenta mayor heterogeneidad litológica.

Pozo: EX-20

El pozo EX-20 se ubica al noroeste del pozo EX-10 y al este del pozo EX-30 dentro yacimiento. En este pozo el espesor del Grupo Neuquén es de aproximadamente 1505 metros. Se identificaron de base a techo los Niveles A al D (Fig. 36 hasta 38).

El **Nivel A** tiene un espesor de 100 metros aproximadamente. Se compone principalmente de areniscas medias a gruesas castañas a rojizas y en menor proporción de areniscas arcillosas rojizas y areniscas conglomerádicas castañas. Los niveles de areniscas se presentan en forma intercalada con las areniscas arcillosas manteniendo, en sí, espesores similares y un mínimo espesor de areniscas conglomerádicas en el medio del intervalo. Granulométricamente los niveles de areniscas son medias en la base, mientras que en el tope son gruesas.

Las areniscas arcillosas se observan en el perfil eléctrico con un GR de 120 API y SP de 60 mV mientras que las areniscas se observan más limpias con un GR de 50 API y SP de -40 mV. En la resistividad se observa en la base valores aproximados que van de 4-8 ohm.m, mientras que en el tope los valores van entre 6-14 ohm.m. En cuanto al Sónico se mantiene todo el nivel con valores en el rango de 80-100 us/f.

El **Nivel B** tiene un espesor total de 620 metros aproximadamente. Se compone principalmente de areniscas conglomerádicas castaño claro y en menor proporción areniscas medias a gruesas castaño claro, areniscas arcillosas castaño y conglomerado castaño claro. Las areniscas conglomerádicas se encuentra en todo el intervalo mientras que las restantes litologías se encuentran es pequeños niveles mostrando una gradación en el tamaño de la granulometría de tipo granocreciente.

En el perfil eléctrico se observa una continuidad en los valores en todo el nivel, teniendo un GR de 120 API, SP de 30 mV, resistividades entre el rango de 6 y 10 ohm.m y sónico con valores de 90 us/f.

El **Nivel C** tiene un espesor alrededor de los 330 metros. Se compone principalmente de areniscas arcillosas castaño rojizo y en menor proporción arcilitas arenosas castaño rojizo, yendo de tonalidades oscuras a más claras de base a techo. Los niveles más arcilíticos se encuentran en la mitad inferior del intervalo; mientras que las areniscas arcillosas se encuentran en todo el nivel. En el perfil eléctrico se observa la base del nivel con un GR de 60 API y SP 25 mV; y hacia la parte superior con un GR de 45 API y un SP de 25 a 10 mV. En cuanto los valores de Resistividad se puede observar una disminución en los valores desde la base con 20 ohm.m hasta 4 ohm.m en la parte superior. El sónico se mantiene con valores 90 us/f en la base; en la parte media un aumento de 100 us/f y la parte superior del nivel volviendo a valores de 90 us/f.

El **Nivel D** tiene un espesor de 435 metros aproximadamente. Se compone más de la mitad por areniscas castaño claro y luego en proporciones casi iguales de areniscas conglomerádicas castaño claro y areniscas arcillosas castaño. Los niveles más arenosos se encuentran en el tope, mientras que los niveles finos se encuentran en la parte media del intervalo. Los valores de GR son de 80 API y SP de 160 mV en la parte inferior, mientras que en la parte superior el GR baja a 60 API y el SP aumenta progresivamente de 70 a 120 mV.

Referencias

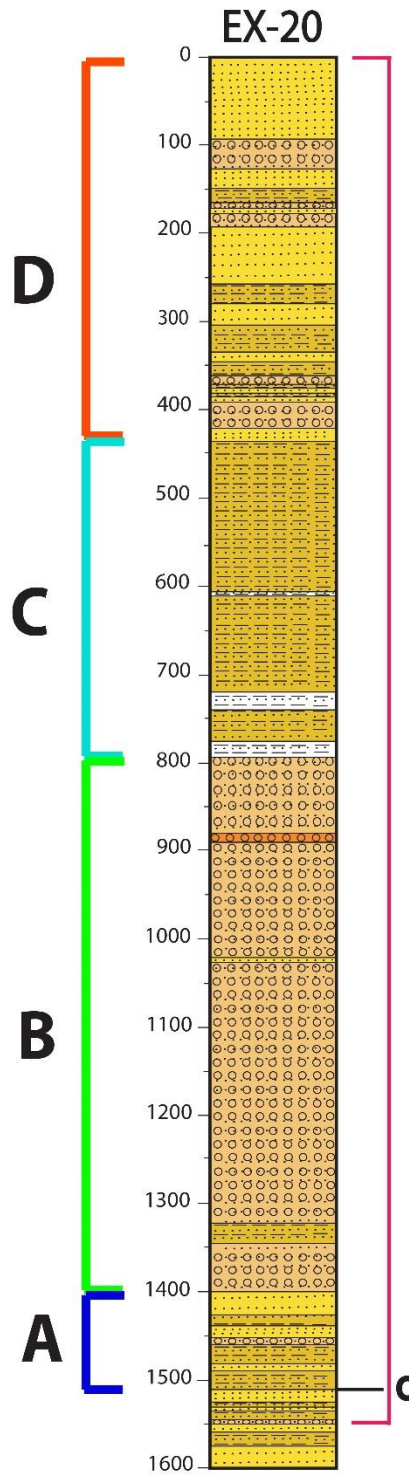
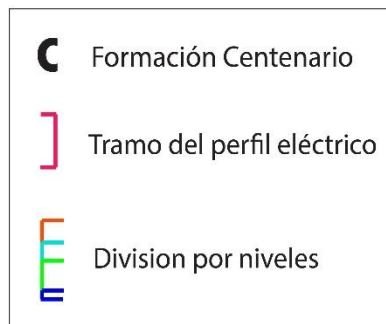
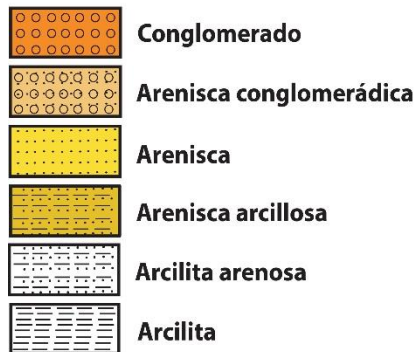


Figura 36: Perfil litológico EX-20.

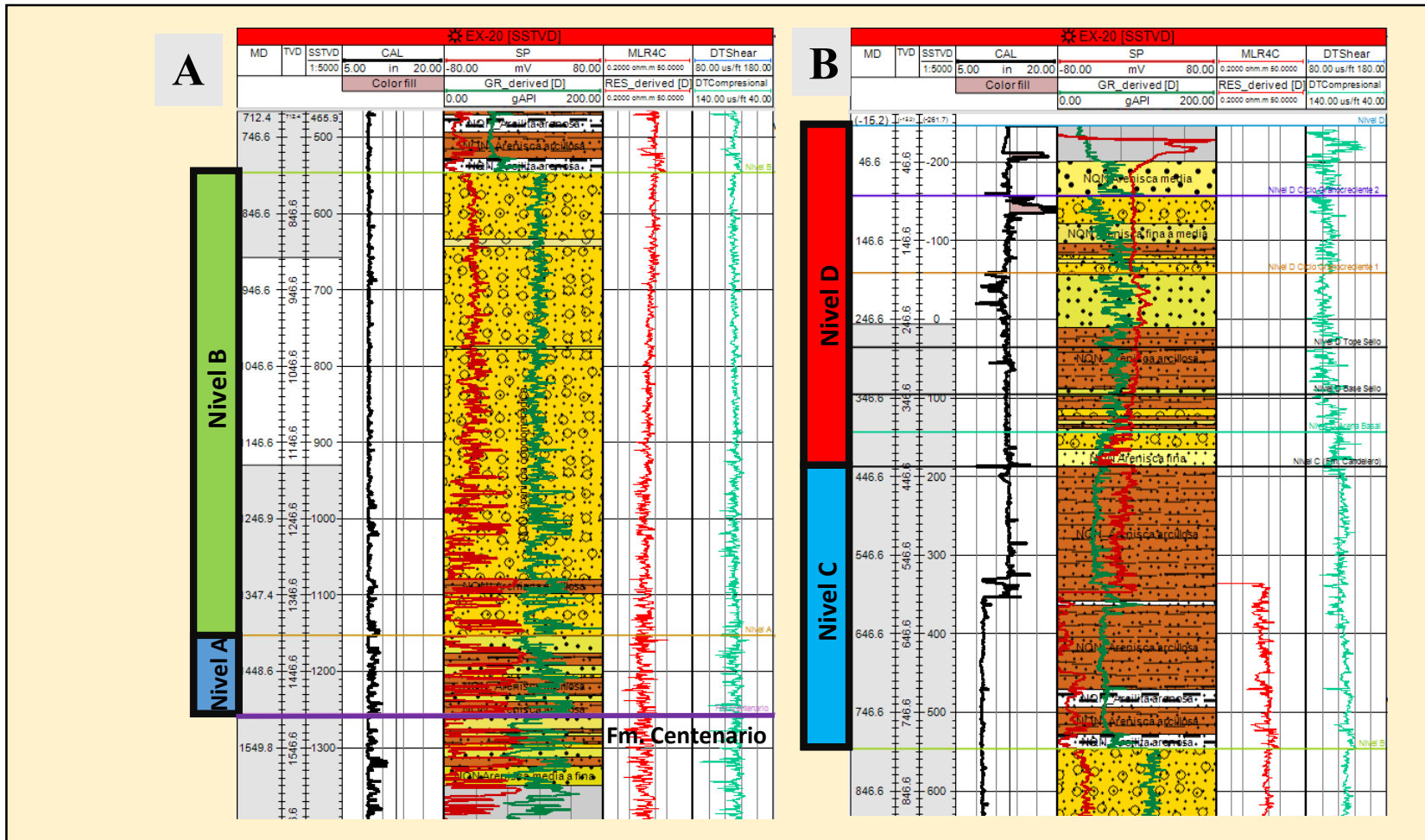


Figura 37: Perfil eléctrico del pozo EX-20. A) se muestra la parte basal inferior del Grupo Neuquén que va de los 1550 hasta los 800 metros. B) Se muestra la parte superior del Grupo Neuquén que va desde los 800 hasta los 0 metros. El perfil muestra cuatro columnas, en la primera el perfil Caliper, en la segunda el SP y GR, en la tercera la Resistividad y en la cuarta el perfil Sónico.

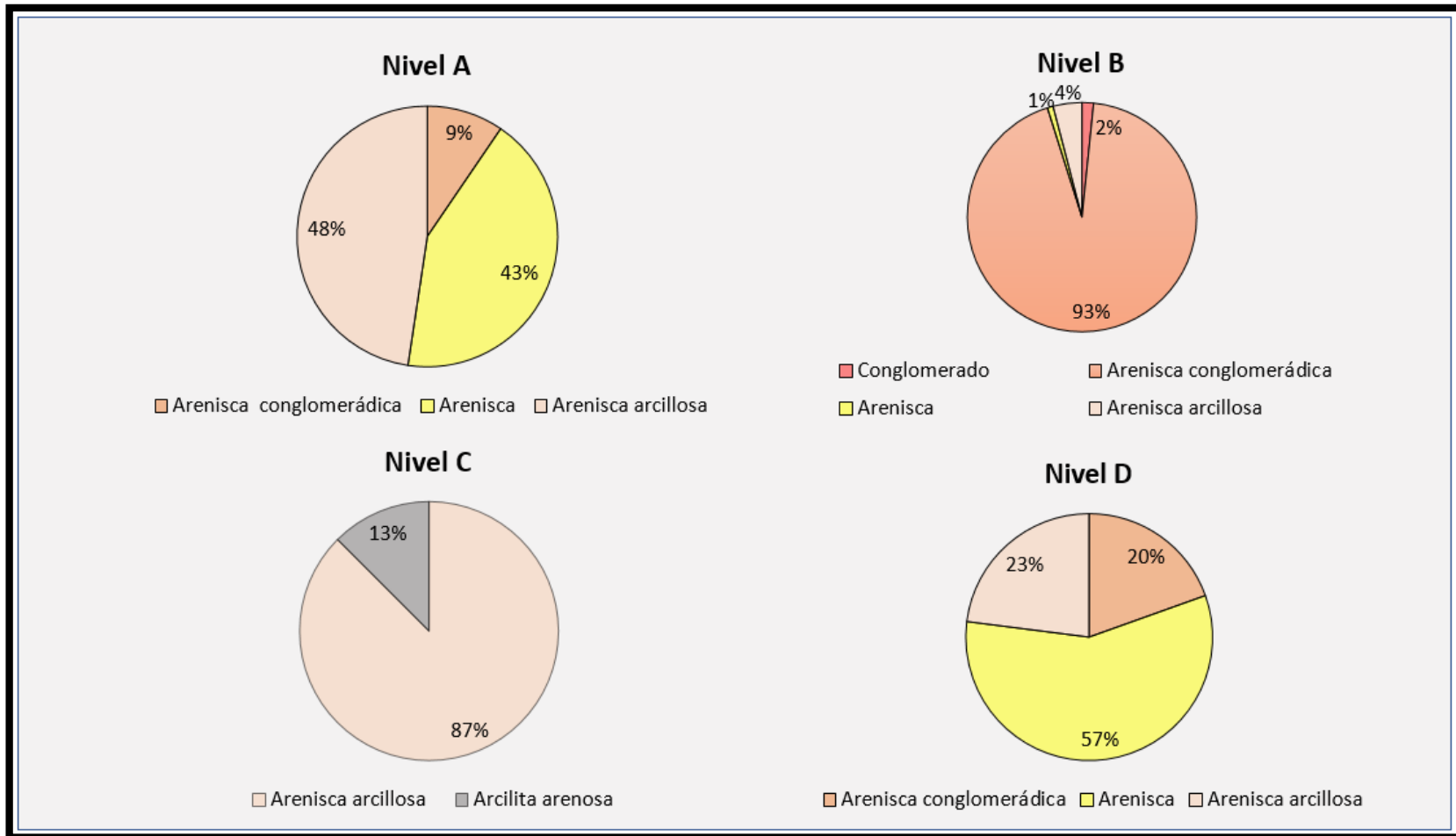


Figura 38: Diagramas de distribución de litologías para cada nivel. Se observa el Nivel A y C con predominancias de litologías finas; los Niveles B y D con litologías más gruesas. Adicionalmente los Nivel A y D presenta mayor heterogeneidad en la litología

Pozo: EX-30

El pozo EX-30 se encuentra al este del pozo EX-20. En este pozo el espesor del Grupo Neuquén es de aproximadamente 1510 metros. Este pozo no cuenta con perfiles eléctricos, sin embargo, se decidió realizar la descripción del *cutting* por su ubicación y tener así otro punto de control (Fig. 39 hasta 41).

El **Nivel A** tiene un espesor de 100 metros aproximadamente. Se compone principalmente de areniscas arcillosas con tonalidades castaño y en menor proporción areniscas conglomerádicas castaño claro con una mínima porción de arcilita castaño rojizo. Los niveles de areniscas arcillosas están prácticamente en todo el nivel concentrándose los mayores en el tope, mientras que los niveles de areniscas conglomerádicas aparecen a la base del intervalo.

El **Nivel B** tiene un espesor de 645 metros aproximadamente. Se compone casi completamente de areniscas conglomerádicas castaño claro y en menor proporción las areniscas arcillosas castaño, arcilitas arenosas castaño rojizo, conglomerados y areniscas finas a medias castaño claro. Las areniscas conglomerádicas se distribuyen en toda la sección manteniendo un mayor espesor en el centro del nivel, mientras que en la base como en el tope se encuentra intercaladas, con espesores menores con el resto de las litologías.

El **Nivel C** tiene un espesor de 355 metros aproximadamente. Se compone principalmente de areniscas arcillosas castaño y en menor medida arcilitas arenosas castaño claro. Las areniscas arcillosas se encuentran en todo el perfil, mientras que en las arcilitas arenosas se puede observar un patrón granocreciente.

El **Nivel D** tiene un espesor de 410 metros aproximadamente. Se compone principalmente de areniscas arcillosas castaño rojizo, y en menor proporción por areniscas y areniscas conglomerádicas castaño claro; y una mínima porción de arcilitas arenosas castaño rojizo. Se puede observar la base y el techo con litologías más gruesas, mientras que en el medio del nivel se encuentran las litologías más finas. En cuanto a las areniscas, estas muestran un patrón granocreciente (desde finas en la base hasta gruesas en el tope).

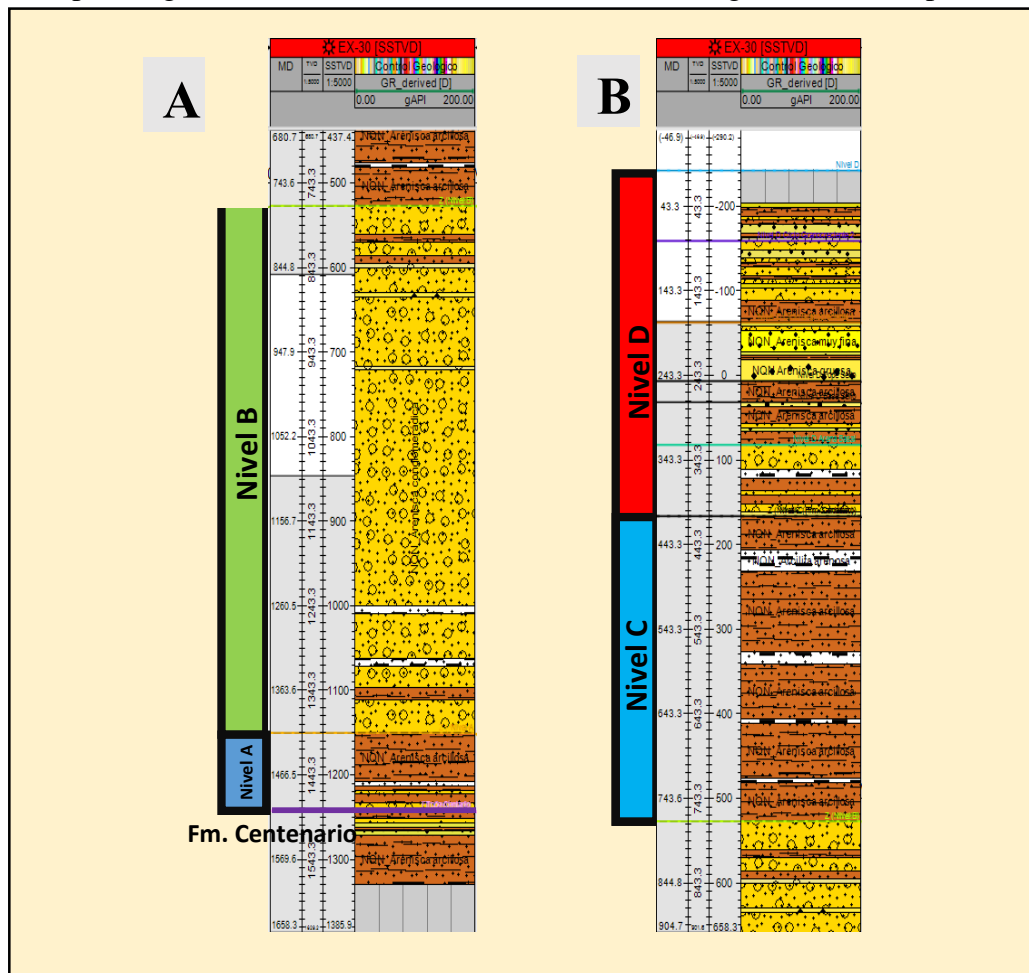


Figura 39: Perfil eléctrico del pozo EX-30. A) se muestra la parte basal inferior del Grupo Neuquén que va de los 1550 hasta los 800 metros. B) Se muestra la parte superior del Grupo Neuquén que va desde los 800 hasta los 0 metros. Este pozo no cuenta con perfiles eléctricos.

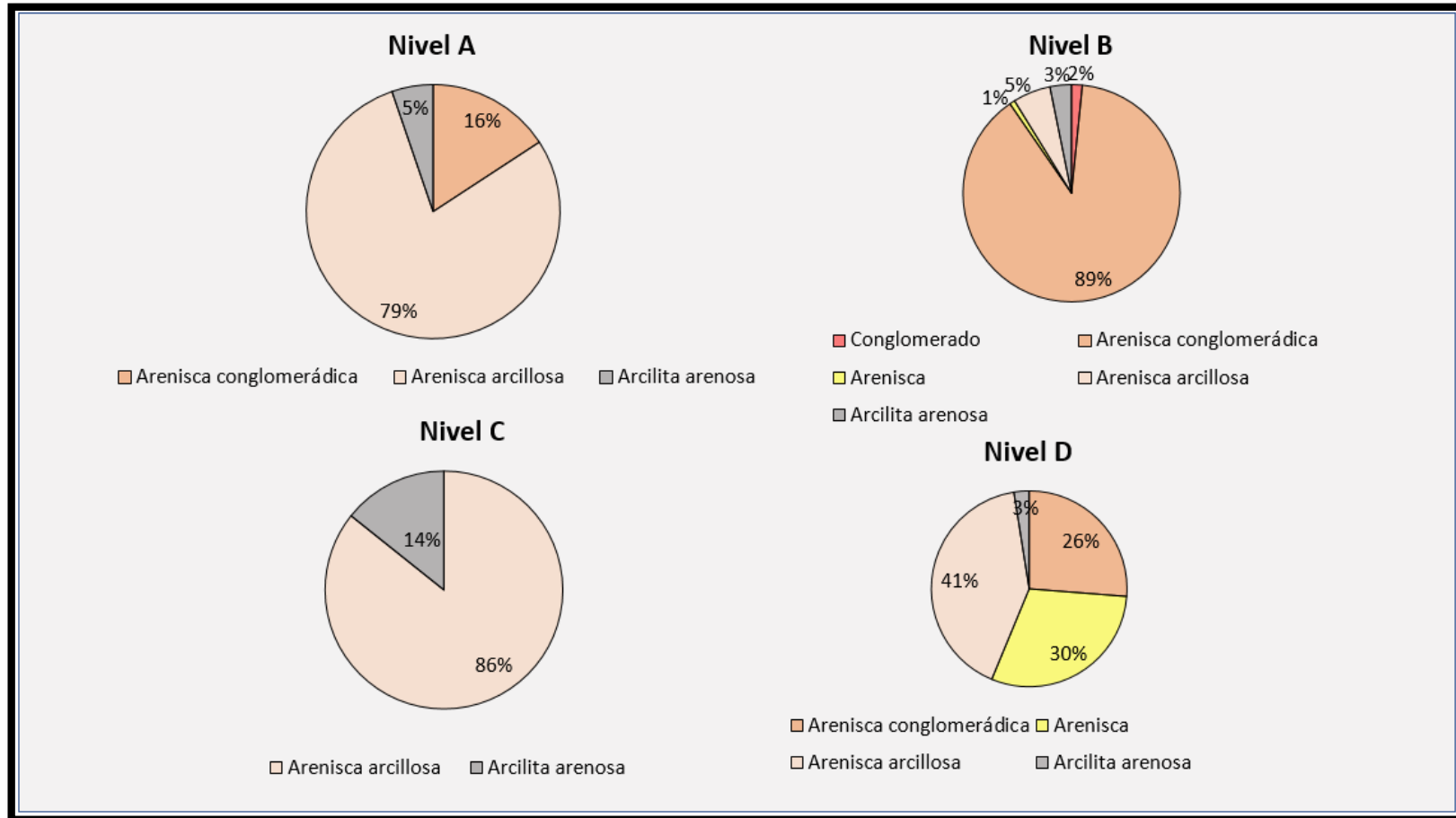


Figura 40: Diagramas de distribución de litologías para cada nivel. Se observa el Nivel A y C con predominancias de litologías fina; los Niveles B con D con litologías más gruesas. Adicionalmente el Nivel D presenta mayor heterogeneidad litológica.

Referencias

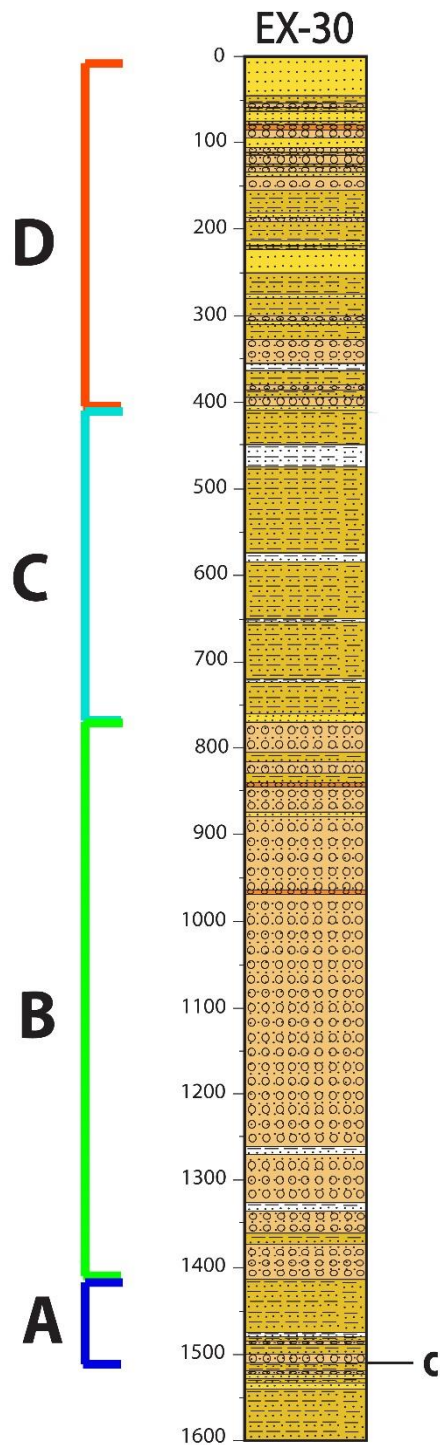
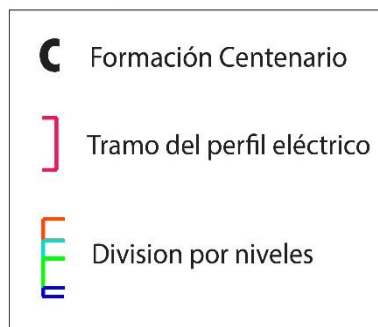
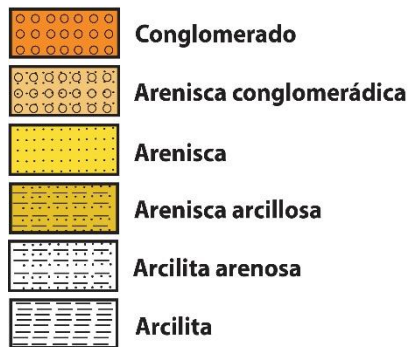


Figura 41: Perfil litológico EX-30

Pozo: EX-40

El pozo EX-40 se encuentra al norte del pozo EX-20. En este pozo el espesor del Grupo Neuquén es de aproximadamente 1545 metros. Este pozo cuenta con perfil eléctrico desde el tope hasta los 560 metros (Fig. 42 hasta 44).

El **Nivel A** tiene un espesor de 145 metros aproximadamente. Este nivel está compuesto principalmente de areniscas arcillosas castaño y luego por areniscas conglomerádicas castaño grisáceo. El nivel de areniscas conglomerádicas se encuentra en la parte media del nivel.

El **Nivel B** tiene un espesor de 680 metros aproximadamente. Se compone predominantemente por conglomerados castaños grisáceos y en menor medida de arenas conglomerádicas castaño claro y una pequeña porción de areniscas finas a medias y arenisca arcillosa castaño. Entre las litologías principales, las areniscas conglomerádicas se encuentran en la parte inferior del nivel mientras que los conglomerados se encuentran en la parte superior con un espesor mayor.

El **Nivel C** tiene un espesor de 310 metros aproximadamente. Se compone principalmente de areniscas arcillosas castaño rojizo y en menor proporción de arcilita castaño. Las areniscas arcillosas generalmente se distribuyen en todo el nivel encontrándose los sedimentos más finos en la parte media superior.

El **Nivel D** tiene un espesor de 460 metros aproximadamente. Este nivel está compuesto principalmente de areniscas castaño claro. Estas areniscas presentan un patrón granocreciente (de finas a medias en la base a medias a gruesas en el tope) en cuerpos de

grandes espesores; mientras que las areniscas arcillosas se encuentran tanto en la parte inferior del nivel como hacia el techo del mismo.

En el perfil eléctrico el valor del GR se mantiene continuo (10 API) en todo el perfil, siendo este más lineal en la base (parte superior del Nivel C) y más sinuoso en techo. La resistividad va de 2 ohm.m en la base, subiendo progresivamente a 20 ohm.m. El Sónico mantiene valores de 11 us/ft en la base y de 13 us/ft en el techo.

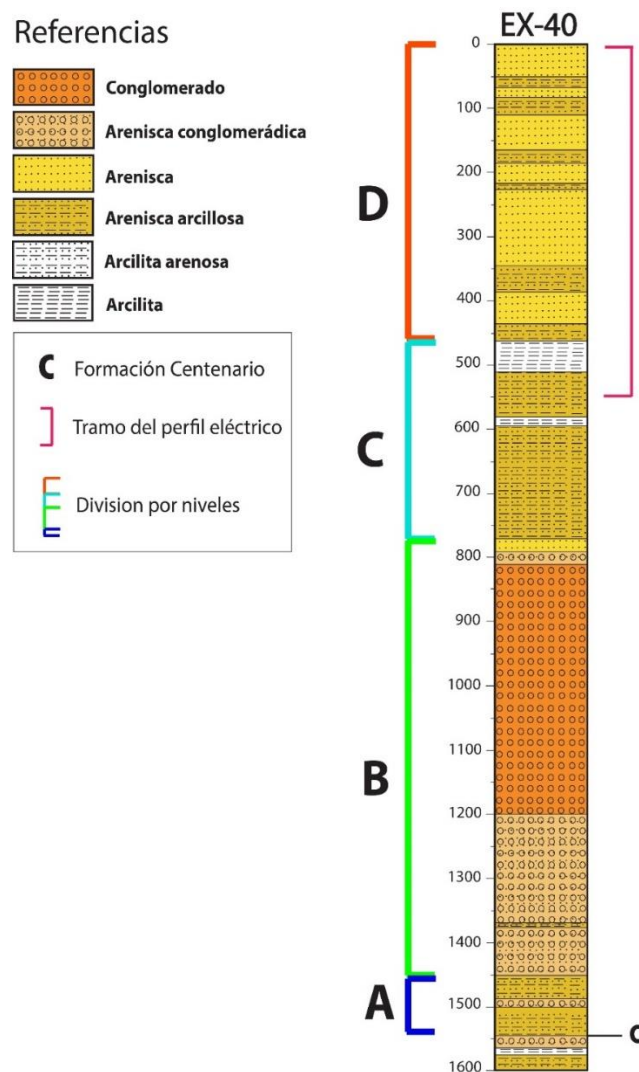


Figura 42: Perfil litológico EX-40.

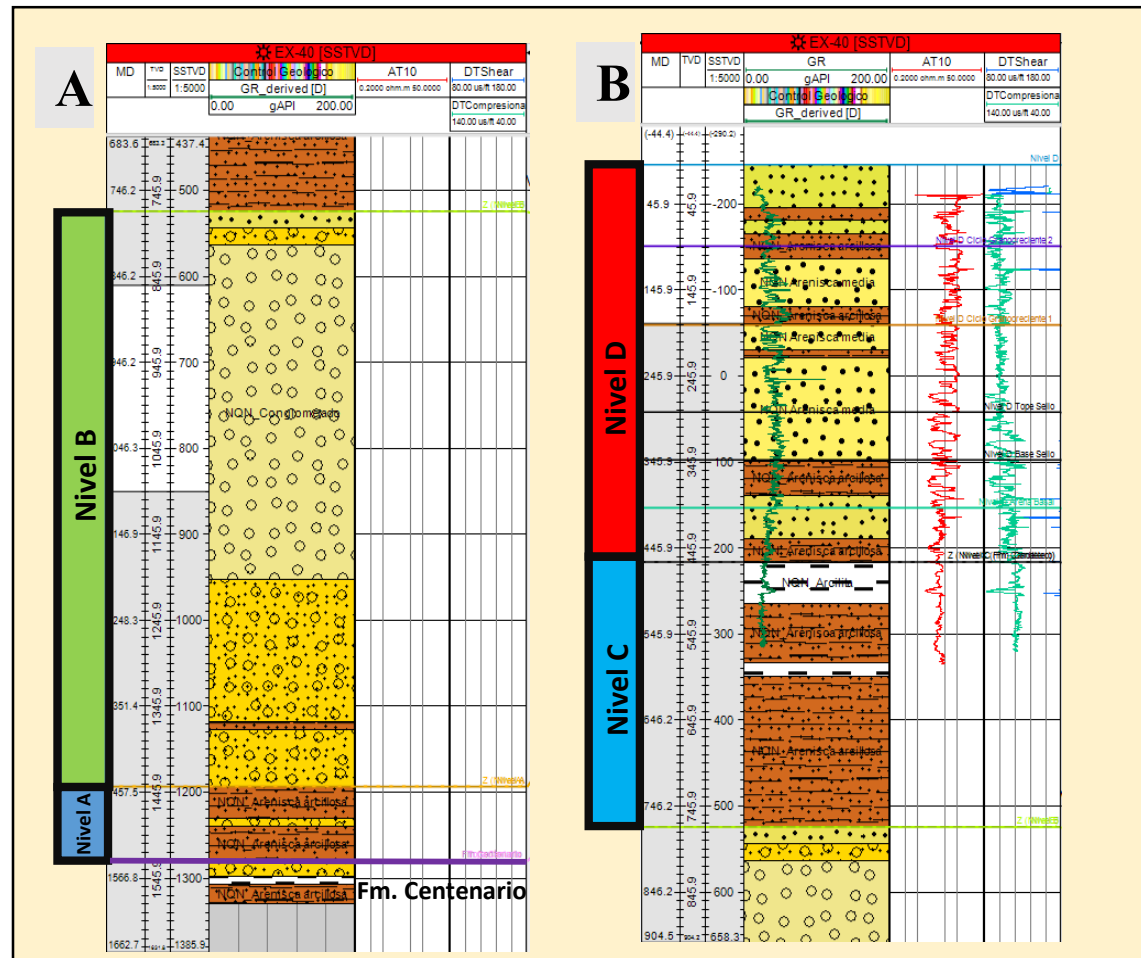


Figura 43: Perfil eléctrico del pozo EX-40. A) se muestra la parte basal inferior del Grupo Neuquén que va de los 1520 hasta los 760 metros. B) Se muestra la parte superior del Grupo Neuquén que va desde los 800 hasta los 0 metros. Este pozo cuenta con perfiles eléctricos hasta los 550 metros aproximadamente.

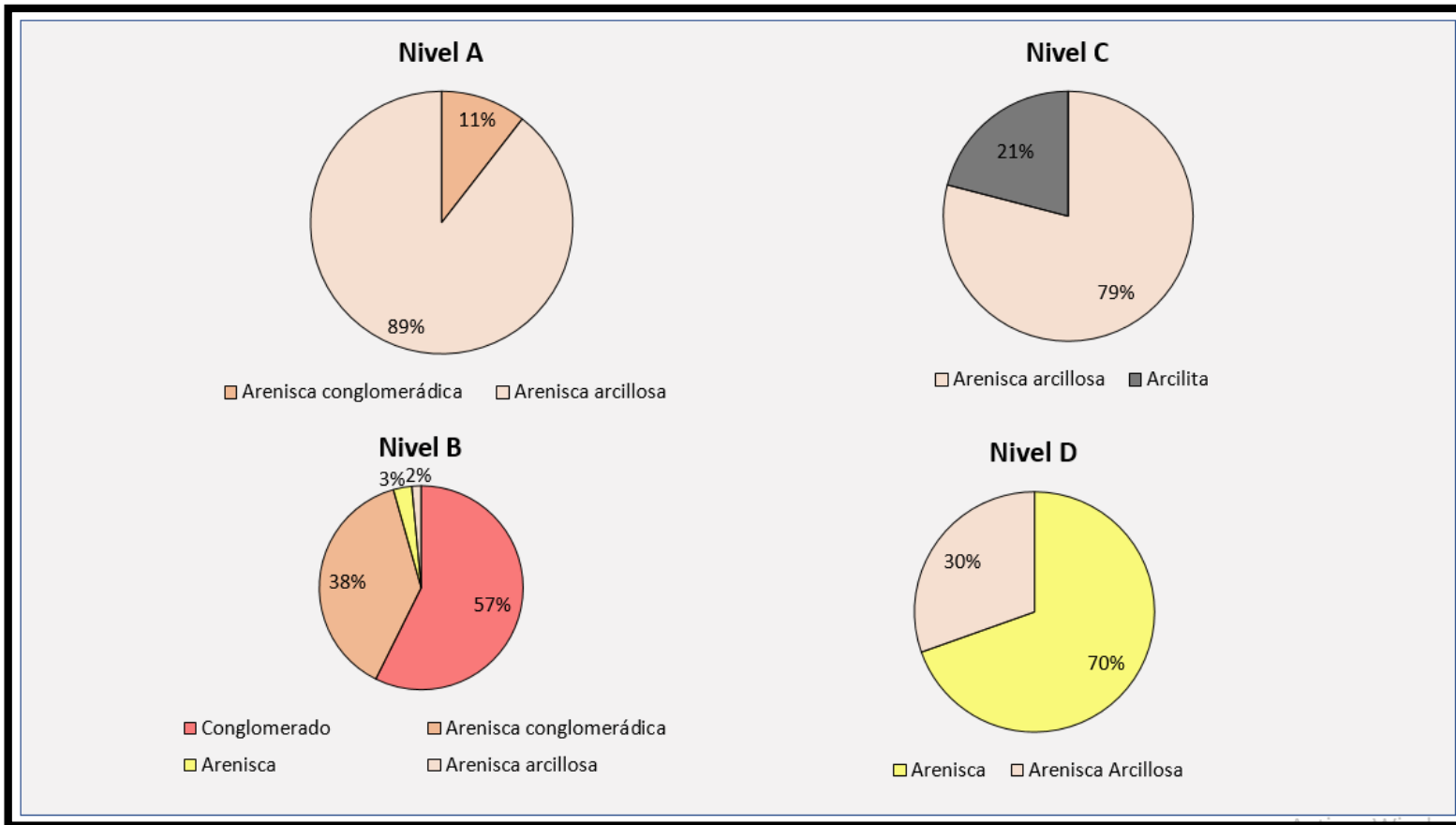


Figura 44: Diagramas de distribución de litologías para cada nivel. Se observa el Nivel A y C con predominancias de litologías fina; el Nivel B presenta una gran proporción de litologías desde gruesas a muy gruesas y mayor heterogeneidad de la misma. El Nivel D presenta mayor porcentajes de areniscas.

Pozo: EX-50

El pozo EX-50 se encuentra al noroeste del pozo EX-40. En este pozo el espesor del Grupo Neuquén es de aproximadamente 1520 metros. Este pozo al igual que el anterior cuenta con perfiles eléctricos solamente de la parte más superior del Grupo Neuquén (desde 0 a los 560 m). (Fig. 45 hasta 47).

El **Nivel A** tiene un espesor de 130 metros aproximadamente se compone principalmente de areniscas arcillosa castaño; luego la compone areniscas medias castaño claro y arcilitas castaño y una mínima porción de areniscas conglomerádicas castaño claro. Se puede observar un patrón estrato creciente y litologías que van de más finas a gruesas, de base a techo del intervalo.

El **Nivel B** tiene un espesor de 600 metros aproximadamente. Se compone principalmente de areniscas conglomerádicas castaño y en menor medida areniscas medias a gruesas castaño y conglomerados castaño grisáceo. Las areniscas conglomerádicas se encuentran en contundentes espesores, mientras que las areniscas y conglomerados aparecen en capas con menores espesores en todo el nivel.

El **Nivel C** tiene un espesor de 325 metros aproximadamente. Se compone principalmente de areniscas arcillosas castaño, seguido por arcilitas castaño rojizo oscuro y un mínimo contenido de areniscas finas a medias castaño oscuro. Las areniscas arcillosas están prácticamente en todo el perfil estando el nivel de arcilitas en el tope del intervalo.

El **Nivel D** tiene un espesor de 465 metros aproximadamente. Se compone por más de la mitad del nivel de areniscas medias castaño claro mientras que la otra mitad se compone de areniscas conglomerádicas castaño claro y areniscas arcillosas castaño. Las areniscas y las

areniscas conglomerádicas mantienen grandes espesores, intercalándose espesores menores de arenisca arcillosa.

En el perfil eléctrico, se puede ver una parte inferior con valores de GR que va desde 60 a 90 API, el Sónico yendo de 100 a 130 us/f, la resistividad siguiendo un patrón de 4 ohm.m y una parte superior con un GR que va de 90 a 40 API, el Sónico 130-110 us/ft. El SP mantiene un aumento progresivo de valores de 0 a 200 mV debido al contacto con el acuífero.

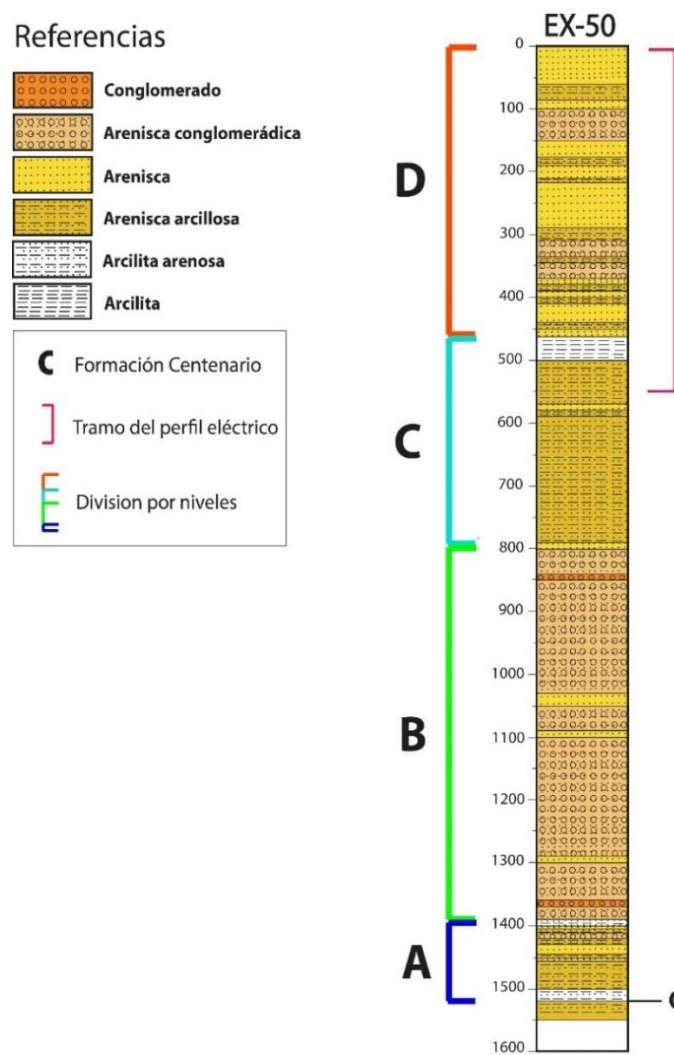


Figura 45: Perfil litológico EX-50.

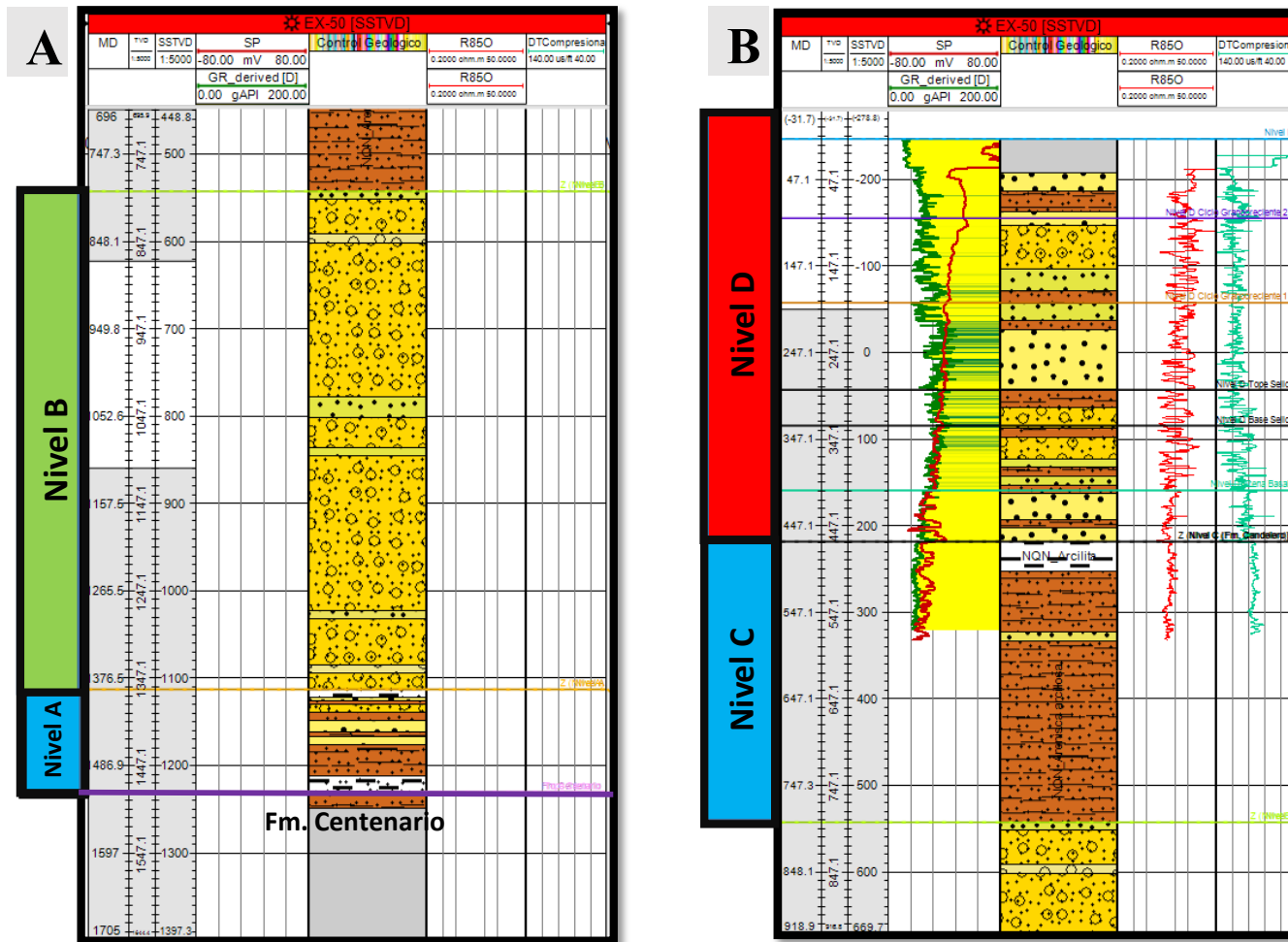


Figura 46: Perfil eléctrico del pozo EX-50. A) se muestra la parte basal inferior del Grupo Neuquén que va de los 1560 hasta los 780 metros. B) Se muestra la parte superior del Grupo Neuquén que va desde los 780 hasta los 0 metros. Este pozo cuenta con perfiles eléctricos hasta los 550 metros aproximadamente.

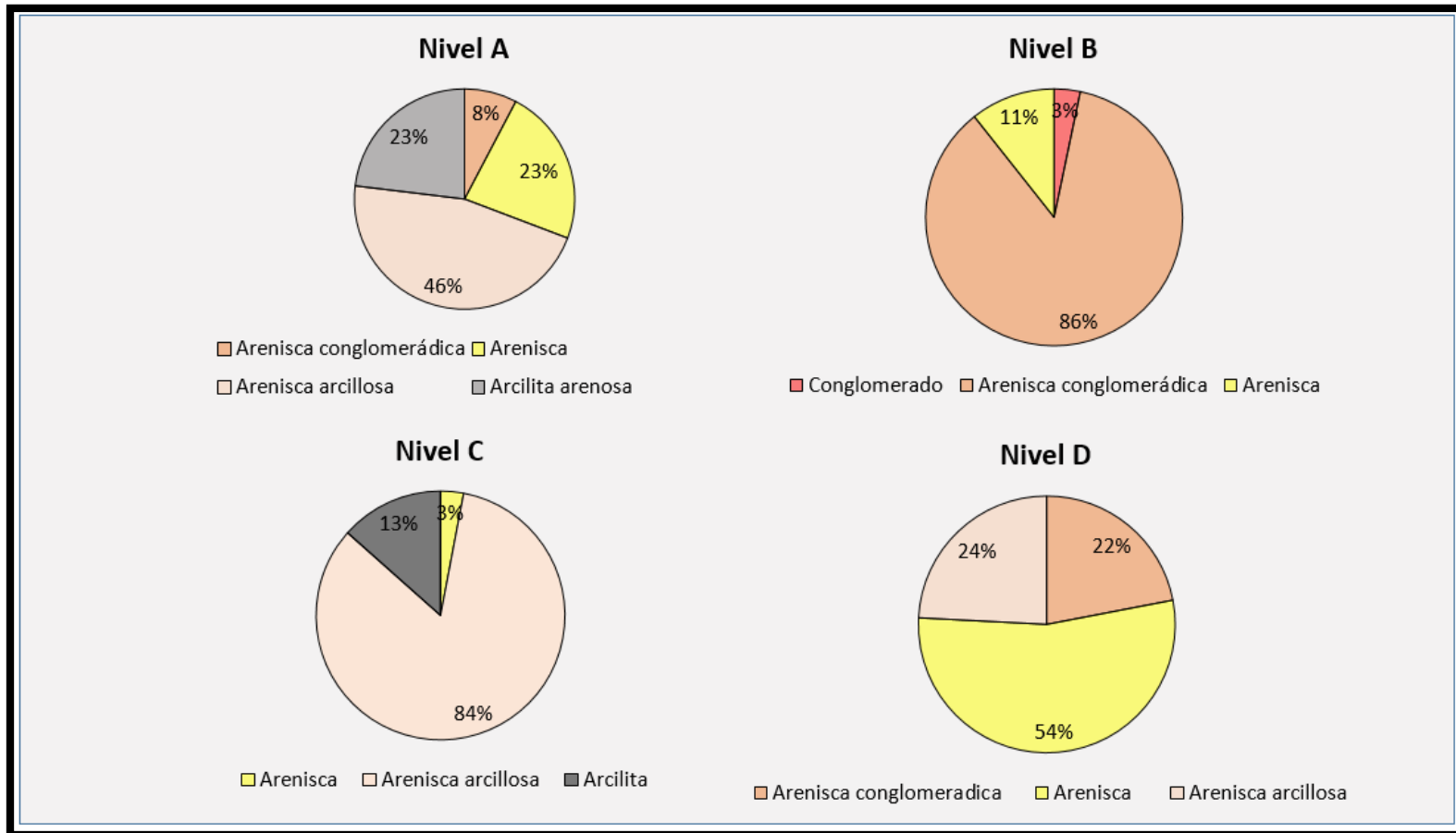


Figura 47: Diagramas de distribución de litologías para cada nivel. Se observa el Nivel A y C con predominancias de litologías finas; presentando el Nivel A mayor heterogeneidad en la litológica. El Nivel B presenta dominio de litologías gruesas mientras que en el Nivel D dominan las litologías más arenosas.

Pozo: EX-60

El pozo EX-60 se encuentra al noroeste del pozo EX-50. En este pozo el espesor del Grupo Neuquén es de aproximadamente 1520 metros (Fig. 48 hasta 50).

El **Nivel A** tiene un espesor de 120 metros aproximadamente. Se compone principalmente de areniscas finas a medias de color castaño, luego de areniscas conglomerádicas castaño y en menor medida areniscas arcillosas y arcilitas castaño rojizo.

Las areniscas y las areniscas conglomerádicas tienen valores de GR de 100 API y las areniscas arcillosas de 120-140 API. Los valores de SP se mantienen en -20 mV en las litologías más arenosas y valores de 20 mV en las más arcilíticas. Los valores de resistividad varían en todo el nivel, en el rango de 2-4 ohm.m y el Sónico en el rango de 95-80 us/f.

El **Nivel B** tiene un espesor de 595 metros aproximadamente. Se compone casi en su totalidad de areniscas conglomerádicas color castaño y una mínima porción de areniscas arcillosas castaño y conglomerado castaño claro. Las areniscas se encuentran en todo el nivel, tanto en la base como el techo concentrándose su máximo espesor en el medio del nivel, mientras que, con espesores menores, las areniscas arcillosas se encuentran en la base y los conglomerados en el tope del nivel.

En el perfil eléctrico, los valores de GR mantienen un patrón de 120 API en todo el nivel y el SP mantiene un patrón de 0 mV; aumentando progresivamente a 5 mV. La resistividad se mantiene en el rango de 4 a 8 ohm.m y un Sónico que aumenta de 80 a 90 us/f.

El **Nivel C** tiene un espesor de 375 metros aproximadamente. Se compone principalmente por areniscas arcillosas castaño y en menor proporción de arcilitas arenosas

castaño. Las areniscas arcillosas se ubican en la parte inferior y las arcilitas en la parte superior del nivel.

En el perfil eléctrico se observa que en el Sónico coincide con el cambio principal entre las dos litologías. En la parte superior hay aumento progresivo del GR yendo de 60 a 80 API y una caída brusca de los valores de SP desde valores de -70 a -30 mV, coincidente con el cambio litológico entre la arenisca arcillosa y la arcilita arenosa. En la resistividad se puede observar una zona inferior con tres valores de resistividad que disminuye progresivamente de 16, 8 y luego 4 ohm.m; y una zona superior donde la resistividad varía en el rango de 4-20 ohm.m. En el perfil Sónico se puede observar un aumento que va de 80 a 100 us/f.

El **Nivel D** tiene un espesor de 435 metros aproximadamente. Se compone principalmente de areniscas finas a medias castaño claro; luego en menor proporción de areniscas arcillosas, areniscas conglomerádicas y arcilitas arenosas. Las litologías más finas se encuentran en la base y las litologías más gruesas hacia el techo. Las areniscas se encuentran con grandes espesores tanto en la base como en el techo y espesores menores hacia la parte media del nivel.

La resistividad muestra una variación más pronunciada comparada al nivel anterior, yendo de 6-20 ohm.m; haciéndose cada vez más resistivo hacia el tope del nivel. En el perfil Sónico se puede observar un aumento que va de 100 a 130 us/f.

Referencias

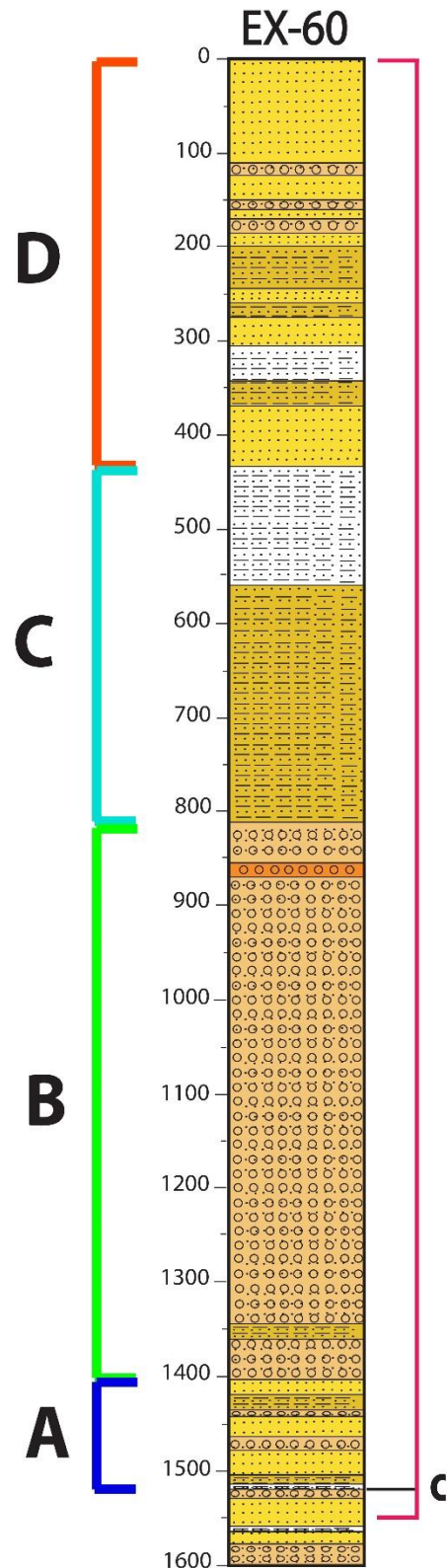
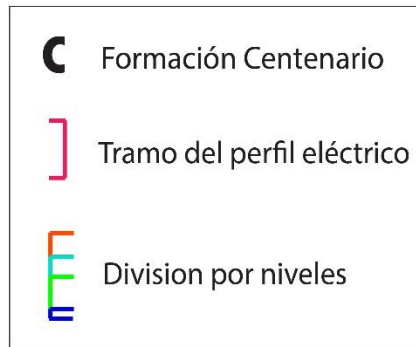
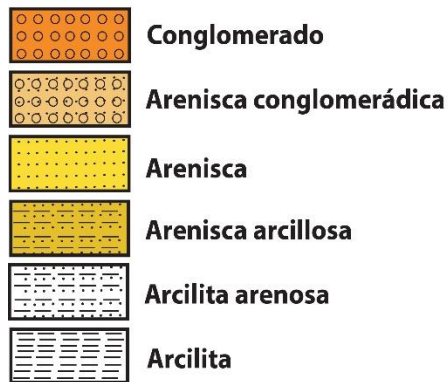


Figura 48: Perfil litológico EX-60.

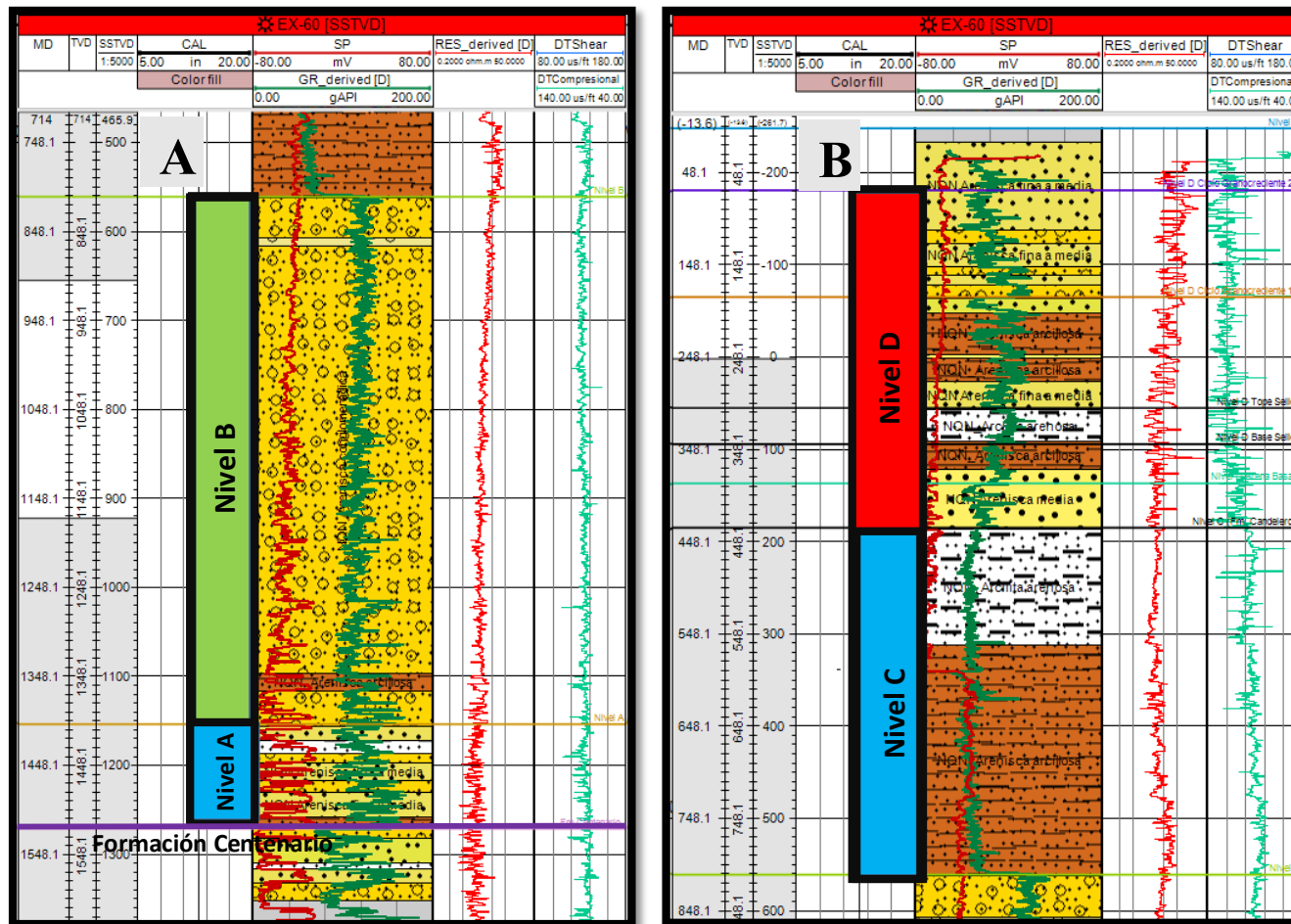


Figura 49: Perfil eléctrico del pozo EX-60. A) se muestra la parte basal inferior del Grupo Neuquén que va de los 1550 hasta los 750 metros. B) Se muestra la parte superior del Grupo Neuquén que va desde los 750 hasta los 0 metros. Este perfil cuenta con perfil eléctrico hasta los 500 metros aproximadamente; mostrando tres columnas: La primera con SP y GR, la segunda mostrando la Resistividad y la tercera el Sónico.

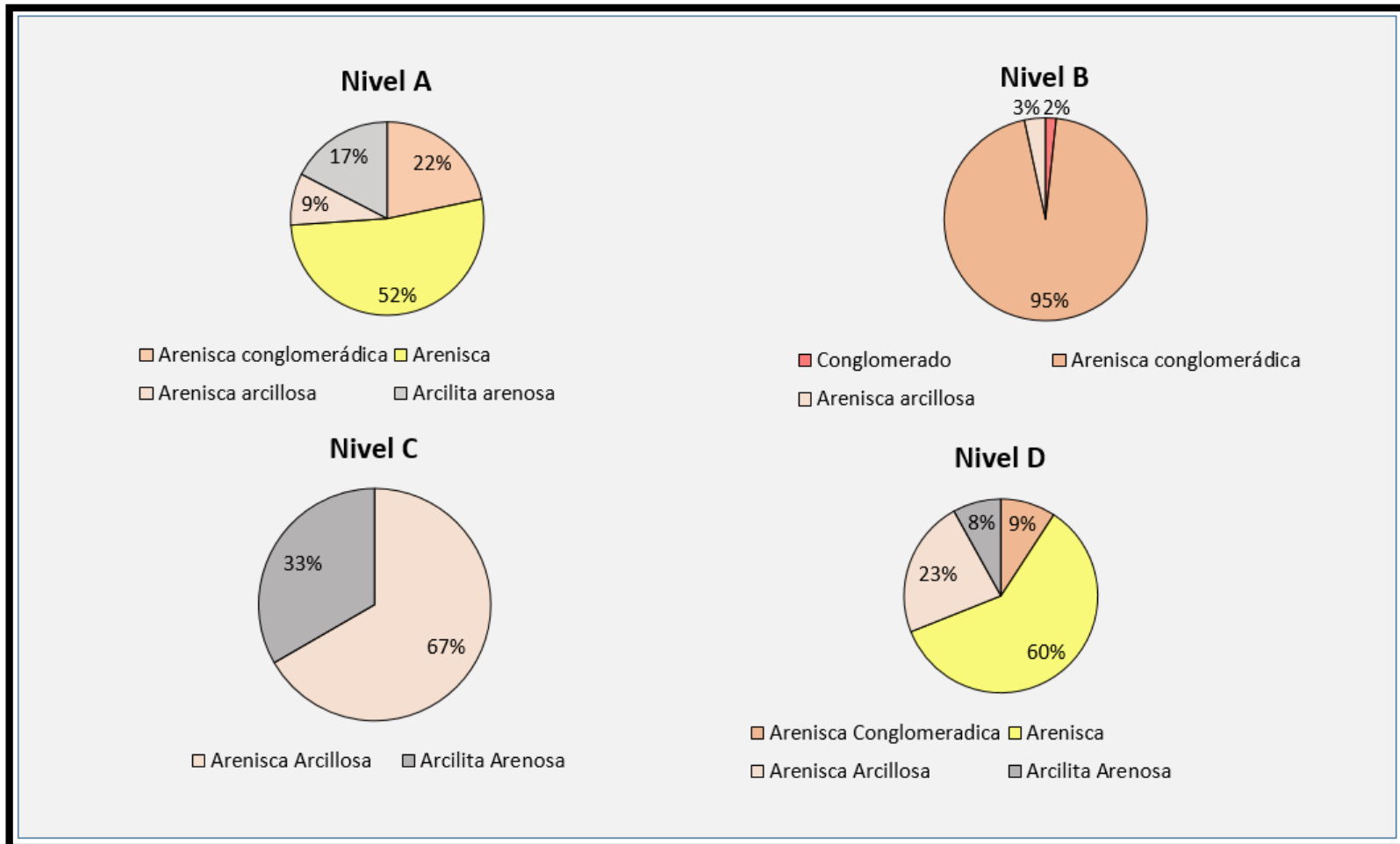


Figura 50: Diagramas de distribución de litologías para cada nivel. Se observa el Nivel A y D con mayor heterogeneidad.; el Nivel B con mayor porción de litologías gruesas y el Nivel con C con predominancia de litologías finas.

Pozo: EX-70

El pozo EX-70 se encuentra al noreste del pozo EX-60. En este pozo el espesor del Grupo Neuquén es de aproximadamente 1525 metros (Fig. 51 hasta 53).

El **Nivel A** tiene un espesor de 195 metros aproximadamente. En este nivel se encuentra una gran heterogeneidad, donde se compone principalmente de arcilitas arenosas castaño, areniscas medias a gruesas castaño claro y areniscas conglomerádicas castaño claro; en menor medida areniscas arcillosas y arcilitas rojizas. Los niveles de litologías arcillosas se concentran hacia la base del intervalo, mientras que hacia el tope se presentan litologías más arenosas.

El **Nivel B** tiene un espesor de 610 metros aproximadamente. Se compone principalmente de areniscas conglomerádicas castaño y, en menor medida, areniscas medias a gruesas castaño y areniscas arcillosa castaño rojizo. Las areniscas conglomerádicas presentan grandes espesores, mientras que las areniscas y areniscas arcillosas con espesores menores. El intervalo se compone de litologías más gruesas en la base (arenas conglomerádicas) y litologías más finas hacia el tope (areniscas finas a medias y areniscas arcillosas).

El **Nivel C** tiene un espesor de 256 metros aproximadamente. Se compone principalmente de areniscas arcillosa castaño rojizo y arcilitas arcillosas castaño rojizo oscuro; y una mínima porción de arcilita castaño rojizo oscuro. Las arcilitas arenosas y arcilitas se encuentran en la parte inferior del nivel, mientras que las areniscas arcillosas están en el tope; siendo este intervalo más arcilloso en la base y más arenoso hacia el tope.

El **Nivel D** tiene un espesor de 465 metros aproximadamente. Esta sección está compuesta principalmente por areniscas castaño claro y areniscas arcillosas castaño; y en menor proporción arcilita arenosa castaño claro rojizo, arcilita y conglomerados castaños claro. Los niveles de areniscas se distribuyen en todo el nivel, manteniendo espesores mayores en la parte inferior y superior del nivel; y espesores menores hacia la parte media.

En el perfil eléctrico se observa la base del nivel con valores de GR de 60 API, aumentando progresivamente en la parte media del Nivel D con valores de GR de 100 API que se mantiene hasta descender a 60 API en la parte superior. La resistividad se puede observar en la parte superior del Nivel C con valores de 4 ohm.; luego en la parte inferior del Nivel D con valores de 8 ohm.m y la parte superior con valores de 20 ohm.m. El perfil Sónico se presenta en la parte superior del Nivel C con valores 90 us/f. aumentando progresivamente hacia el Nivel D con valores de 140-130 us/f. y luego hacia la parte superior con valores de 130-110 us/f.

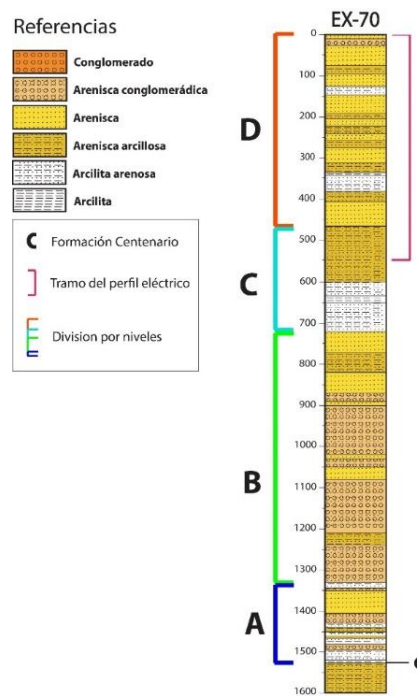


Figura 51: Perfil litológico EX-70.

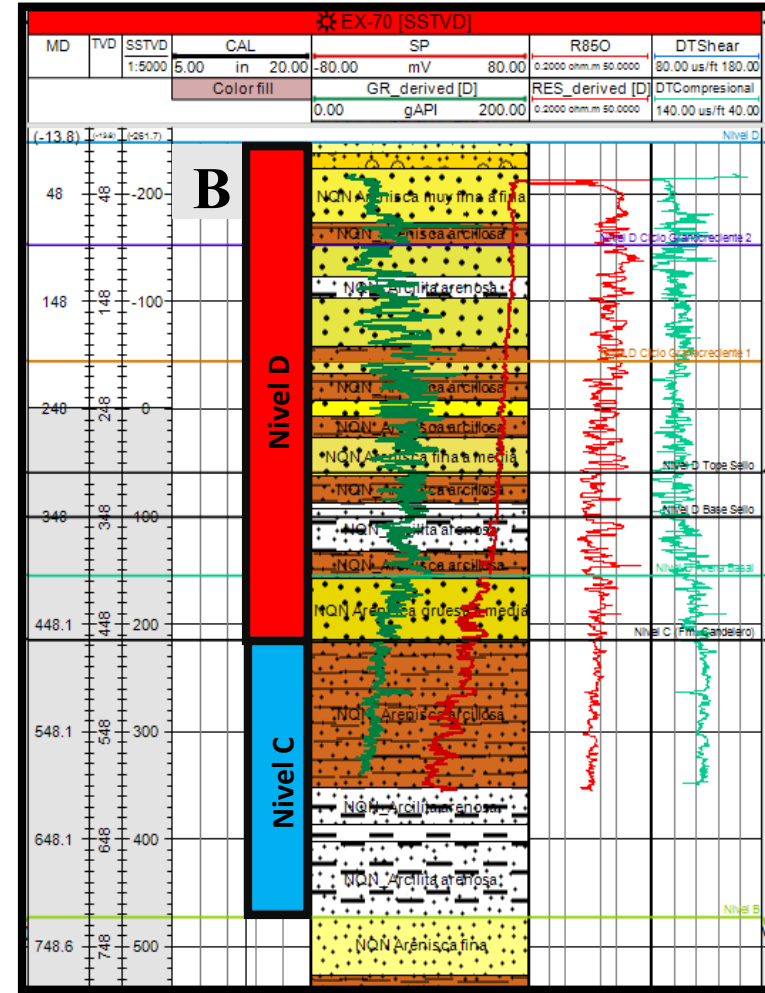
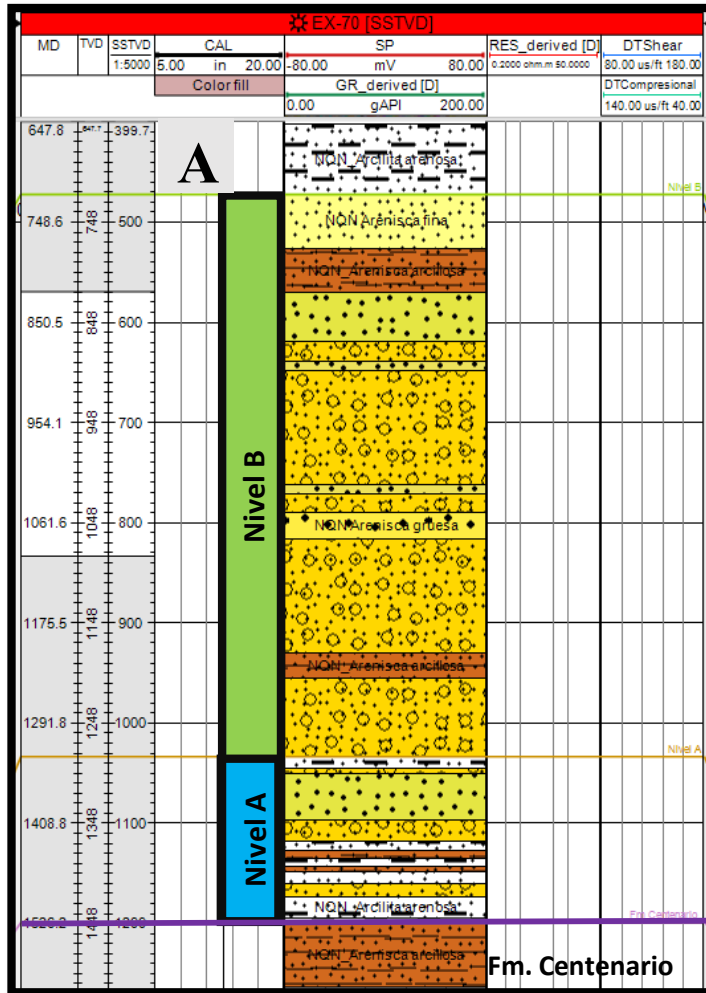


Figura 52: Perfil eléctrico del pozo EX-70. A) se muestra la parte basal inferior del Grupo Neuquén que va de los 1500 hasta los 750 metros. B) Se muestra la parte superior del Grupo Neuquén que va desde los 750 hasta los 0 metros. Este perfil cuenta con perfil eléctrico hasta los 550 metros aproximadamente; mostrando tres columnas: La primera con el perfil SP y GR, la segunda mostrando la Resistividad y la tercera el Sónico.

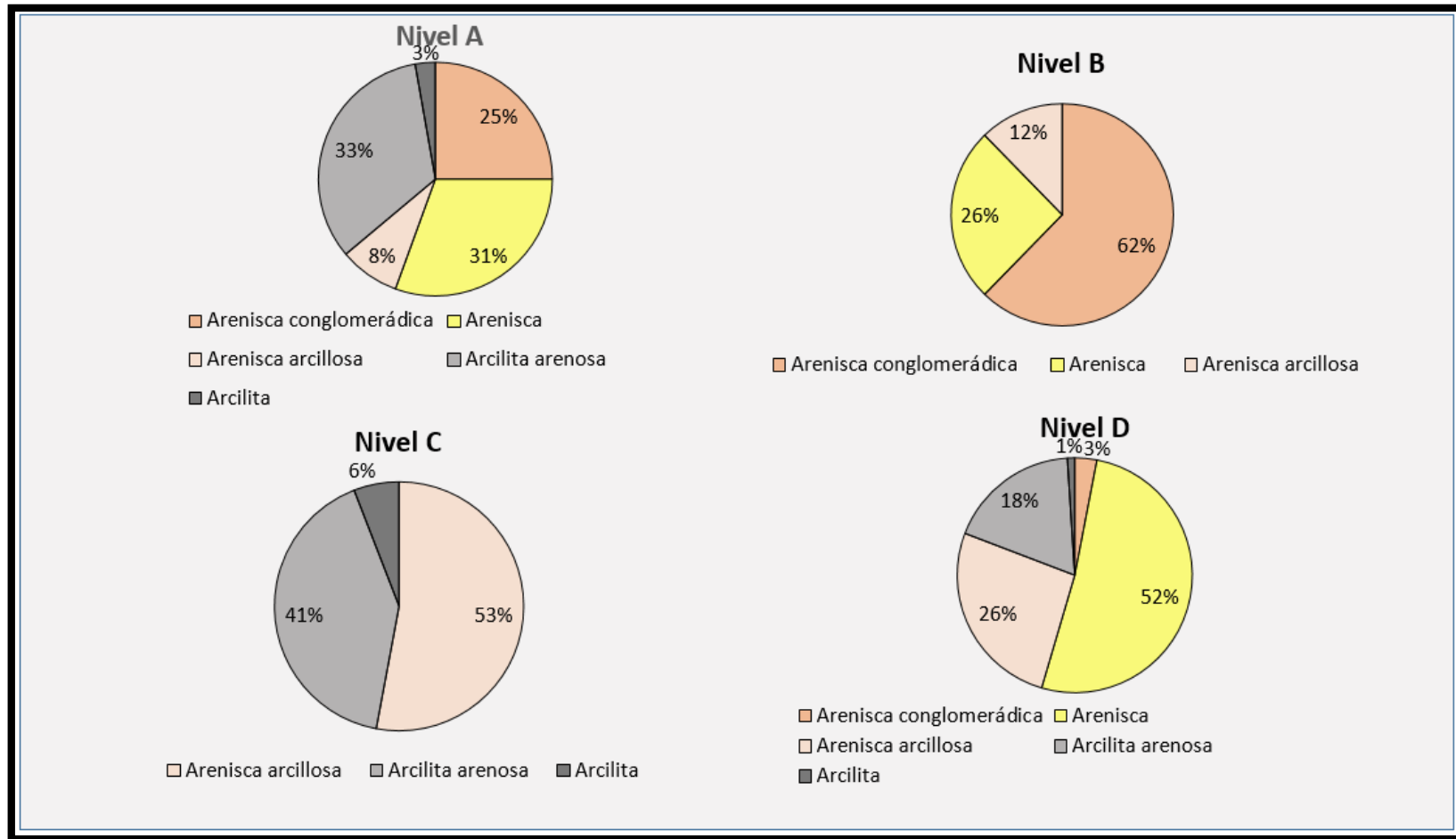


Figura 53: Diagramas de distribución de litologías para cada nivel. Se observa el Nivel A y C con predominancias de litologías finas; los Niveles B y D con litologías más gruesas. Adicionalmente el Nivel A y D presenta mayor heterogeneidad en la litología.

DESCRIPCIÓN GENERAL POR NIVELES

Nivel A: corresponde a la parte más basal del Grupo Neuquén con espesores totales entre 100 a 200 metros. En el perfil eléctrico, el Nivel A se destaca por tener altos valores de GR que van desde 120° a 160° API y SP con valores de -20 mV, indicando baja permeabilidad debido a la cantidad de matriz arcillosa que tiene la secuencia. Algunas litologías tienen valores de GR similares a las areniscas arcillosas, pero con mayor deflexión del SP (en valores de -110 mV) que mostrarían ser un intervalo más permeable. En cuanto a la resistividad, no tienen deflexiones significativas. En el perfil Sónico el nivel mantiene valores de 80-100 us/f aproximadamente, considerando como valores bajos, es decir, se mantiene todo el nivel con valores en el rango de 80-100 us/f. estimando velocidades de retardo bajas, debido a posibles rocas cerradas (Fig. 54).

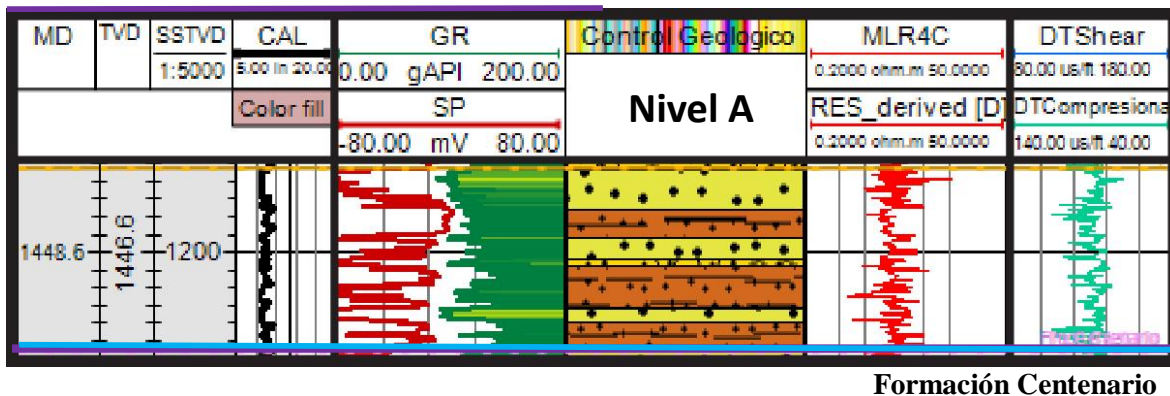


Figura 54: Comportamiento general del Nivel A.

Nivel B: Presenta espesores totales entre 600 y 650 metros. Este nivel es el intervalo que presenta valores de GR más altos de todas las zonas correlacionadas. Este aumento posiblemente este asociado a la composición de los conglomerados y las arenas conglomerádicas, probablemente de composición feldespática, haciendo que la curva de GR se mantenga en valores de 120 API.

En cuanto a la curva SP (-40mV) se puede observar en la base del intervalo mayores deflexiones respecto al tope; es decir, que en la base hay mayor intercambio iónico que el tope, dado por la diferencia del agua de perforación y el agua de formación, deduciendo que la base podría ser más permeable que el resto del intervalo. En cuanto a la Resistividad no se observan cambios significativos, lo que nos podría estar indicando rocas de baja permeabilidad en comparación con el resto de los niveles. Lo mismo, con el perfil Sónico que tiene valores bajos de $DT=100$ us /ft, sin tener significativa deflexión, lo que podría estar indicando rocas con porosidad media a baja (Fig. 55).

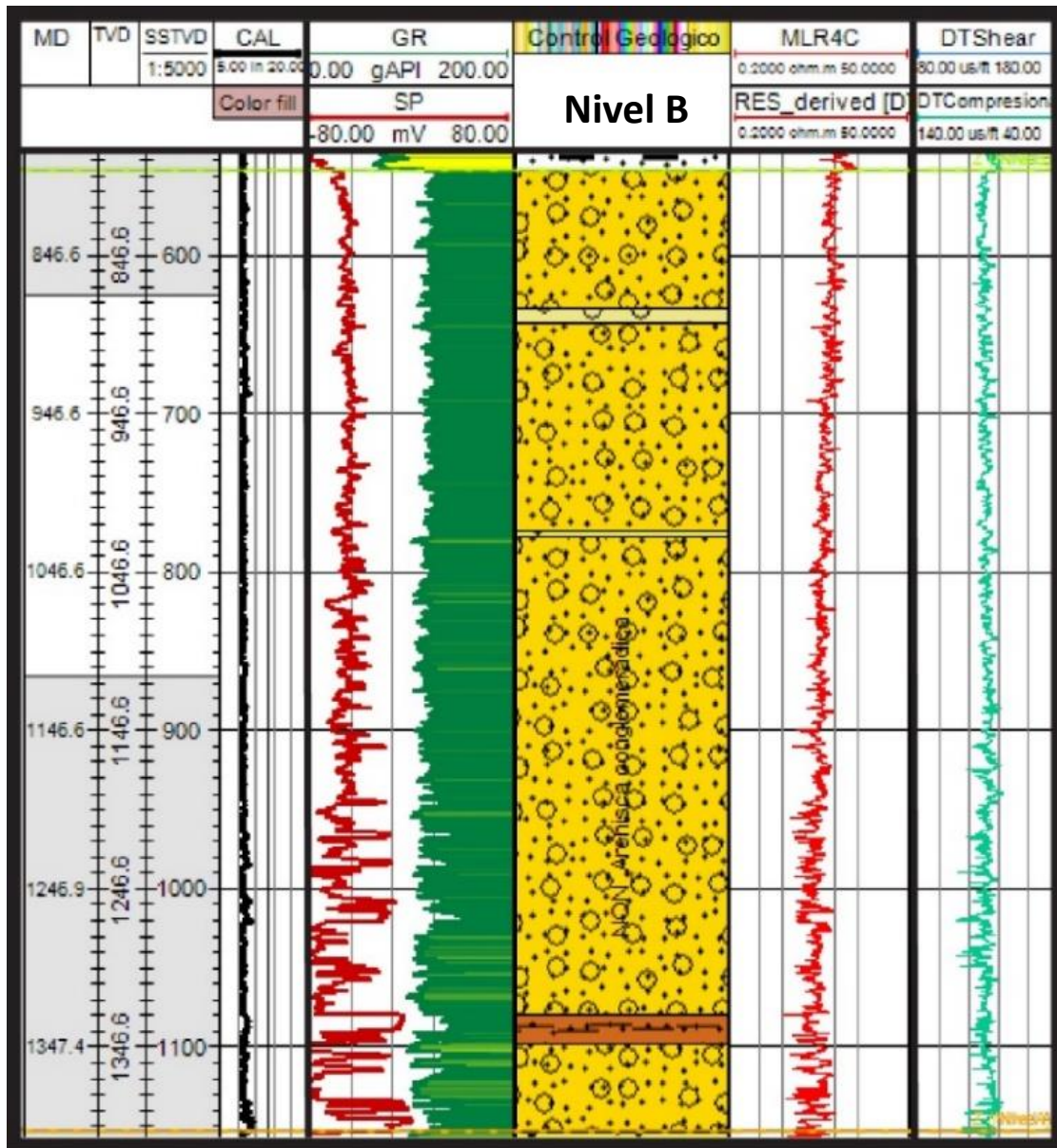


Figura 55: Comportamiento general del Nivel B. se observa una homogeneidad litológica bastante grande. Se observa dos zonas en función de la curva SP (una zona inferior más permeable y una zona superior más cerrada).

Nivel C: Varía en espesores de 300 a 350 metros. Este nivel se caracteriza por tener un GR bajo, alrededor de los 70° a 90° API. En cuanto el SP se observa un cambio en el comportamiento de la curva, pasando de -20 mV a los 70 mV, esto podría corresponder a una variación en la salinidad del agua de formación. En el perfil de Resistividad se observa una base más resistiva respecto al tope de la sección desde valores de 35 a 25 ohm.m. El perfil SP como el resistivo tienen un comportamiento muy particular estando asociado a que el momento de la perforación se utilizaron dos lodos diferentes.

En cuanto al Sónico, se puede observar que la curva no tiene cambios tan significativos como el tope del mismo, lo que podría estar indicando menos porosidad en la base respecto al tope; este track tiene valores aproximados de DT=90 us/ft, lo que nos podría estar indicando en si toda una sección de baja porosidad (Fig. 56).

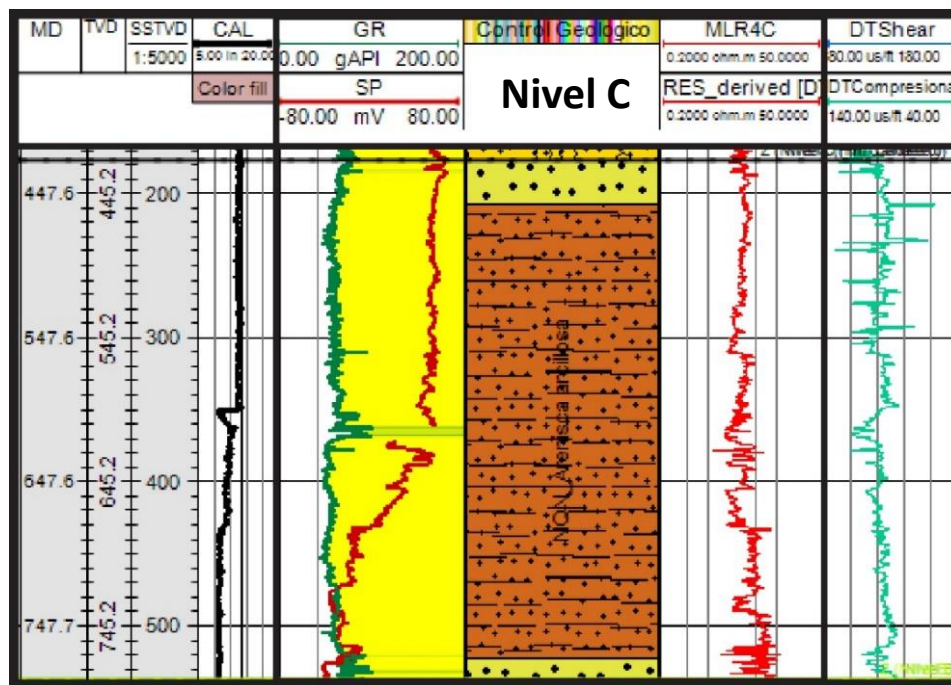


Figura 56: Comportamiento general del Nivel C.

Nivel D: varía en espesores de 400 a 450 metros. En este nivel se puede apreciar variaciones del comportamiento de los perfiles eléctricos. El más significativo se puede apreciar en el perfil GR, donde al menos es posible apreciar cuatro posibles zonas dentro de este intervalo; están fueron llamadas Nivel de Arena Basal, Sello Secundario, Ciclo Granocreciente 1, Ciclo Granocreciente 2.

En general este nivel presenta un GR bajo de alrededor 70° API. El perfil de resistividad presenta zonas de transición asociadas a la variación en la salinidad del agua de formación. En cuanto al Sónico tiene valores entre 140-120 us/ft, lo que podría estar indicando zonas más porosas. Las cuatro zonas dentro del Nivel D, se las puede identificar bien si se observa con atención la curva del GR, donde se puede apreciar gradaciones litológicas y estimar los posibles niveles sellos (Fig. 57).

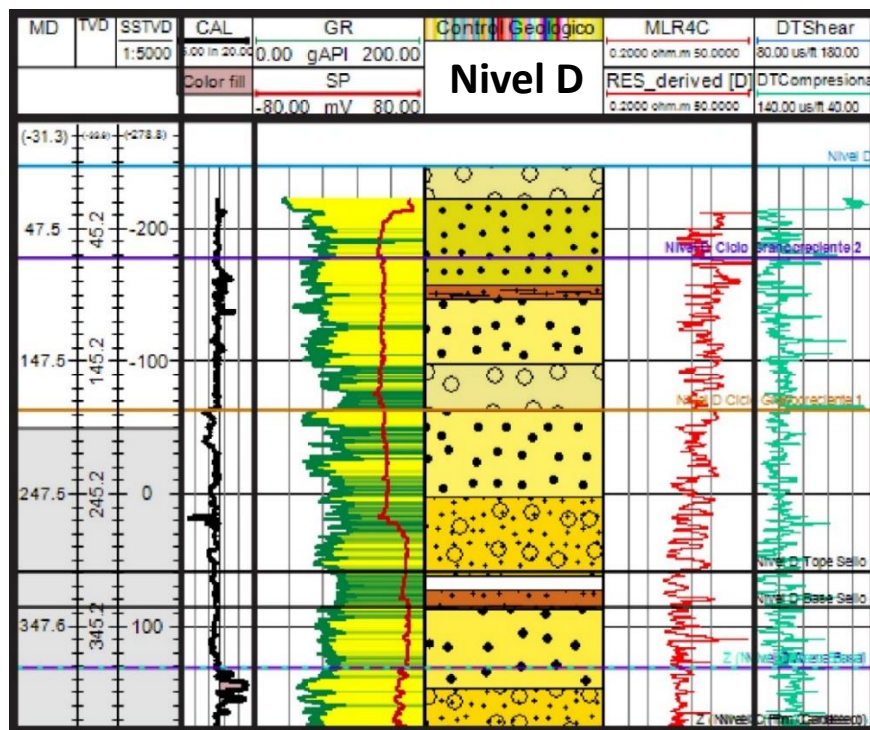


Figura 57: Comportamiento general del Nivel D.

A continuación, se presenta los siete pozos correlacionados con los niveles identificados, en base a los perfiles litológicos y eléctricos (Fig. 58).

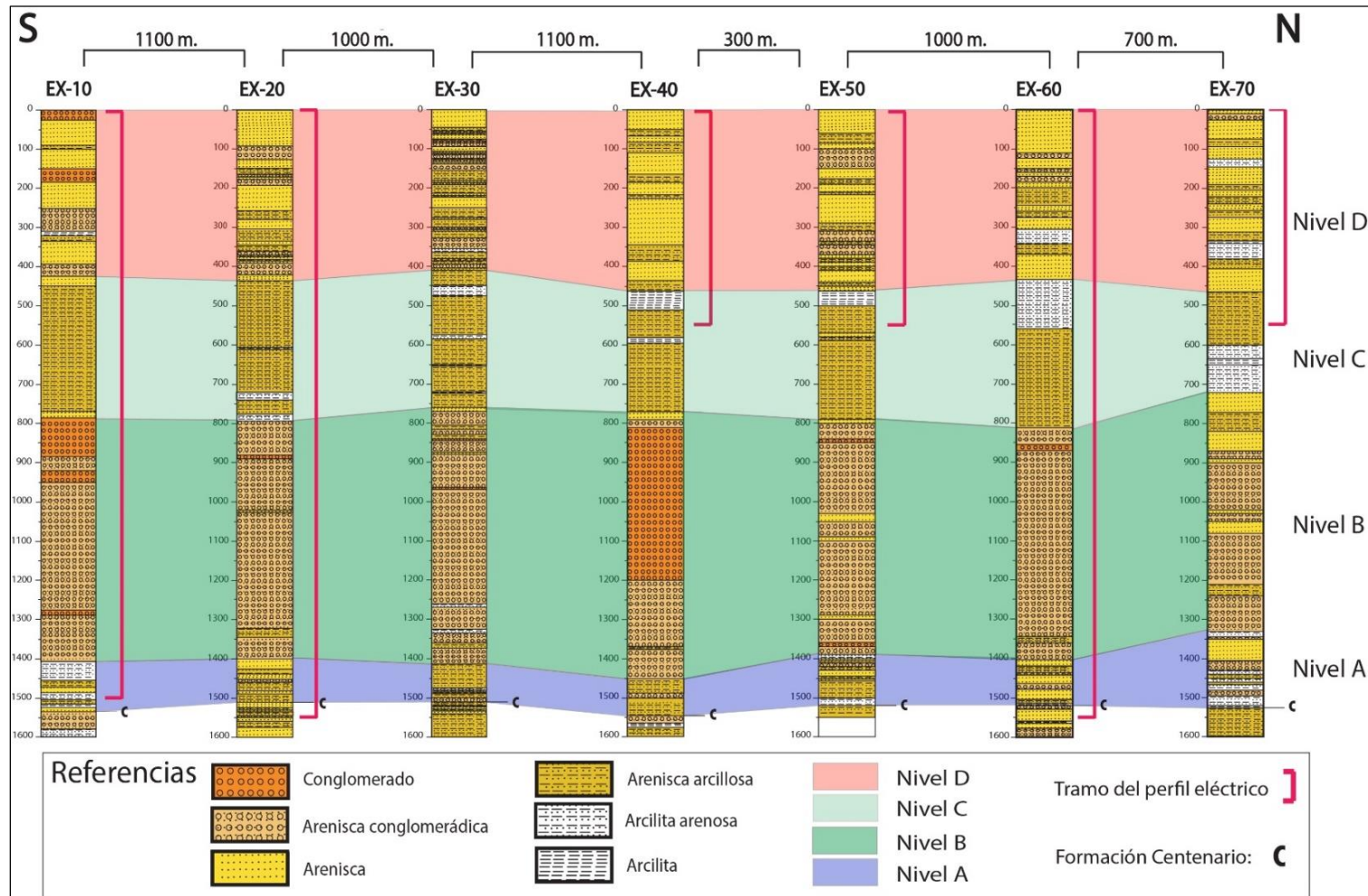


Figura 58: Correlación de los siete pozos estudiados del yacimiento Estación Fernández Oro identificando cuatro niveles.

MAPAS ESTRUCTURALES Y DE ESPESOR

Un mapa estructural hace referencia a la profundidad (en este caso metros bajo el nivel del mar – mbnm.) a la cual se encuentra determinado tope o nivel de interés. Las curvas de contorno hacen referencia a dicha profundidad y junto con rasgos geológicos como las fallas permiten dar una idea de la estructura de dicha formación geológica o nivel de interés.

En cuanto a un mapa de espesor muestra líneas que incluyen puntos de igual valor y separan puntos de valor más alto de puntos de valor más bajo y mostrando variaciones de espesor de una unidad estratigráfica, también se los denomina mapas isopáquicos. A continuación, se hace una descripción para cada uno de los niveles definidos dentro del Grupo Neuquén:

Mapa de la Formación Centenario

El mapa estructural al tope de la Formación Centenario se muestra en la parte central del mapa, incluyendo los pozos EX-20, EX-40, EX-60. El sector más bajo tiene profundidades de –1280 mbnm en la zona de EX-40 pozo. Se muestra un alto estructural asociado a la zona del pozo EX-70. El mapa estructural de la Formación Centenario correspondería a la base del Nivel A (Fig. 59).

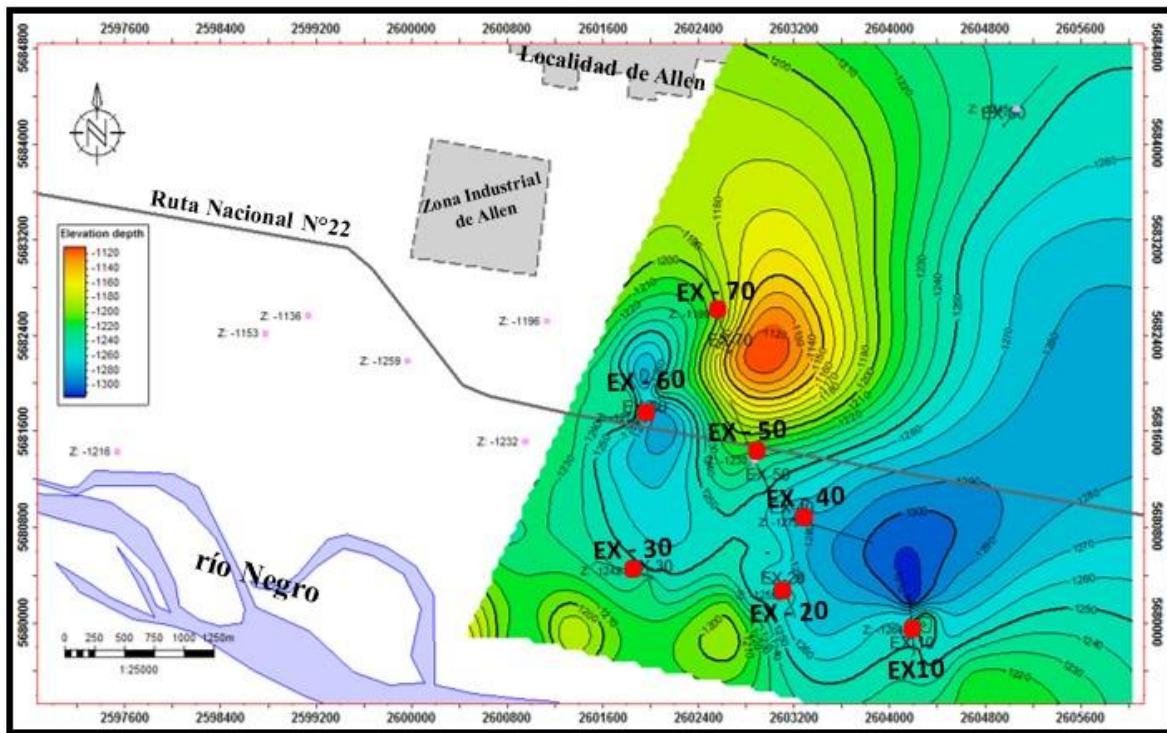


Figura 59: Mapa estructural del tope de la Formación Centenario.

MAPAS DEL NIVEL A

El Nivel A representa el primer intervalo definido en los perfiles, alcanzando espesores promedio de aproximadamente 150 metros (Fig. 60). Este nivel exhibe mucha heterogeneidad lateral dada por la variación vertical de litofacies que se presenta en cada pozo. Está integrado por grandes depósitos de arenas arcillosas rojizas a castaño en algunos sectores, intercalados por menores espesores de arenas finas a medias castaño con abundante matriz arcillosa y a veces intercalaciones de arcilitas arenosas rojizas. El pozo EX-10 ubicado en la parte más sur del mapa, contiene los sedimentos más finos para esta unidad, mientras que hacia la zona central dominan las areniscas arcillosas. En cuanto a los pozos ubicados

más al norte se presentan más arenosos. Esto podría indicar una gradación lateral desde sedimentos más finos al sur hasta más gruesos en la parte norte (Fig. 61).

En el mapa estructural del Nivel A se muestran los sectores bajos con una orientación suroeste-noreste alcanzando profundidades de alrededor de los -1160 mbnm. Por otro lado, en la zona de estudio tiende a aumentar levemente hacia el pozo EX-10 con orientación sureste, teniendo profundidades de -1140 a -1120 mbnm. La parte más alta estructuralmente se encuentra en la zona del pozo EX-70 llegando a la cota de -980 mbnm. El mapa estructural del Nivel A representa la base del Nivel B (Fig. 62).

En el mapa de espesor del Nivel A se puede observar la zona con menor espesor con una orientación SO-NE del mapa con espesores que van de 80 a 60 metros; mientras que los mayores espesores se encuentran en la zona sureste y noroeste alcanzando los 160-140 metros de espesor (Fig. 63). Esto coincide con que en los sectores estructuralmente más bajos tienden a tener espesores menores, mientras que los sectores más altos tienen mayores espesores.

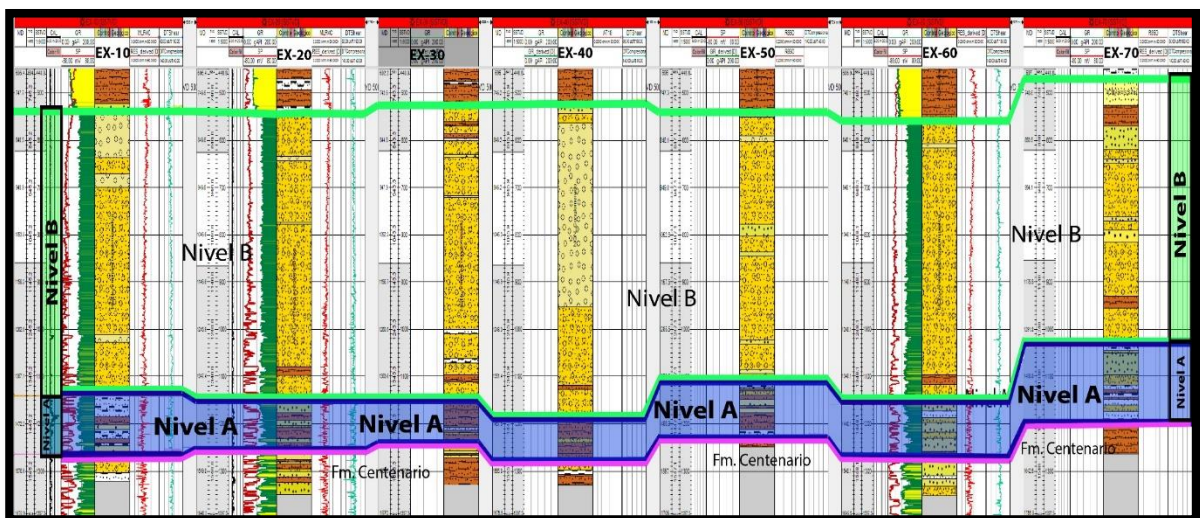


Figura 60: Representación de la unidad denominada "Nivel A".

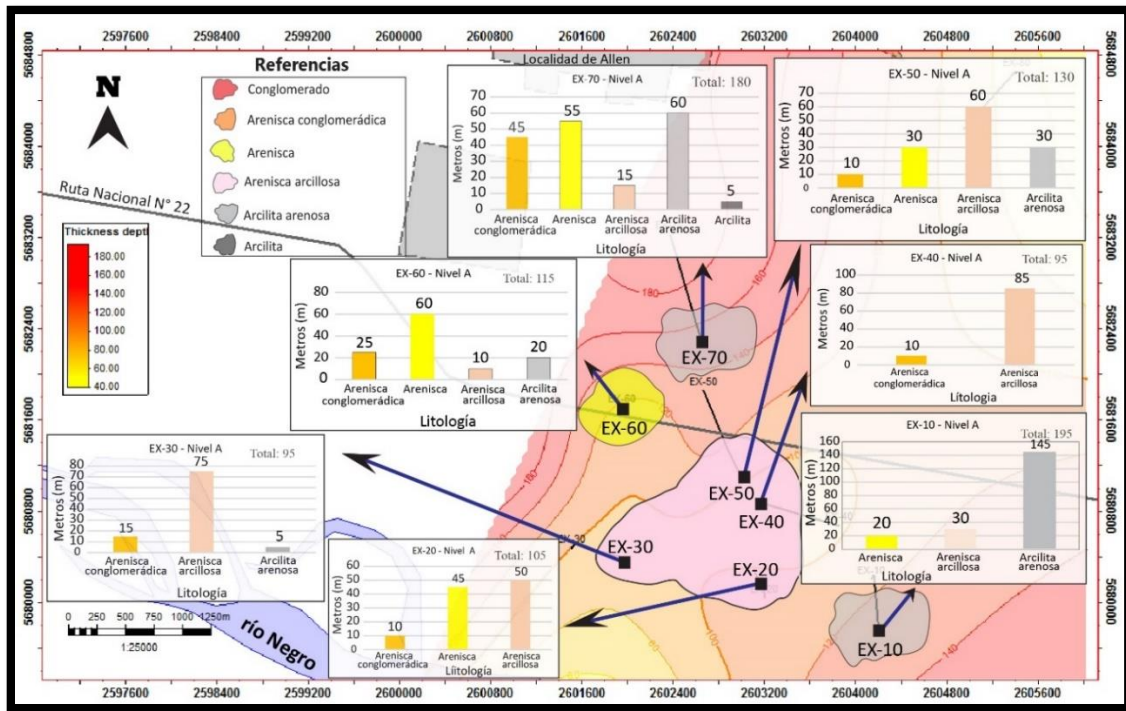


Figura 61: Mapa de distribución de litologías del Nivel A. Los contornos hacen referencia al espesor, Las barras hacen referencia a espesor en metros de las litologías descriptas. Los polígonos hacen referencia a la litología dominante para cada pozo.

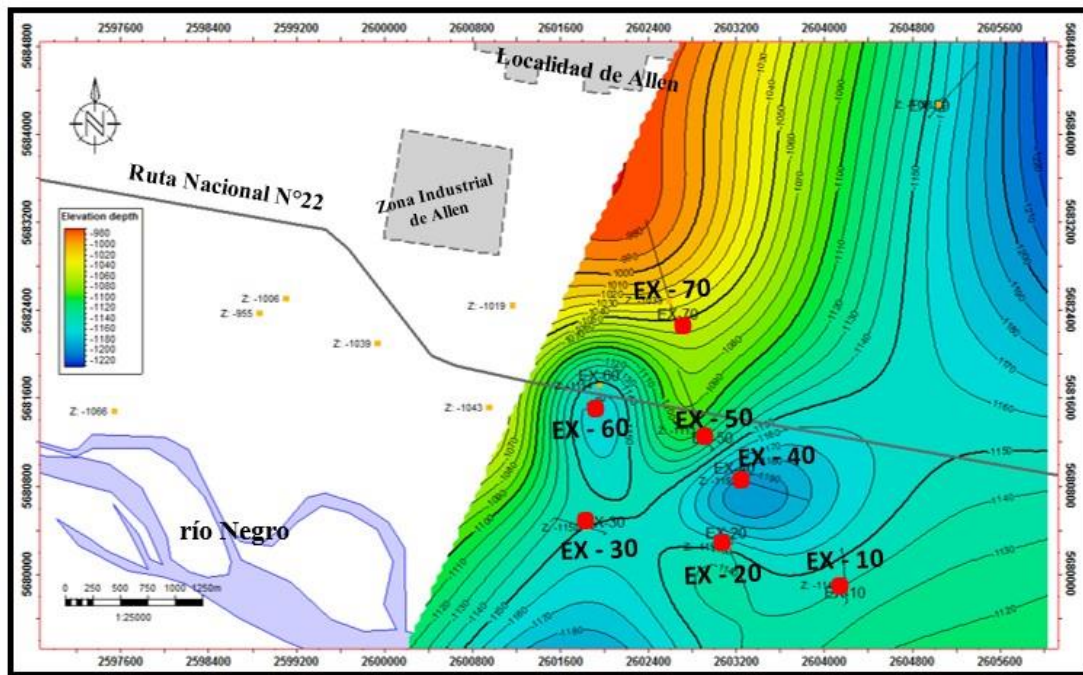


Figura 62: Mapa estructural de Nivel A

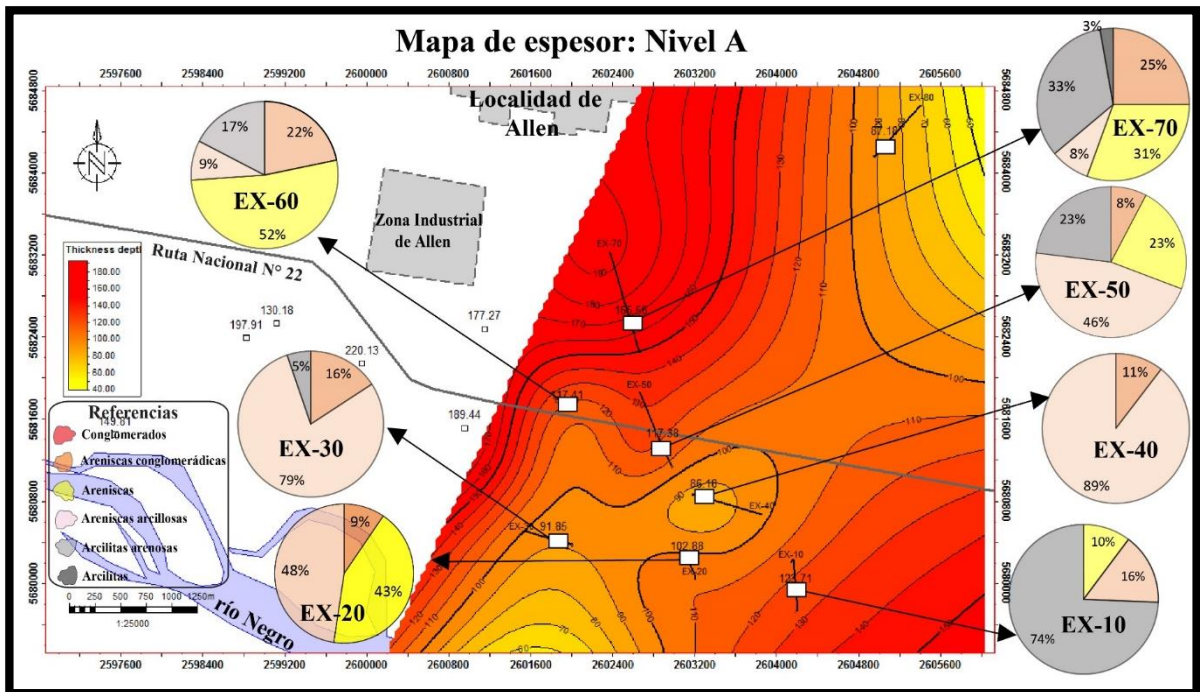


Figura 63: Mapa isopáquico Nivel A con la distribución y proporción de las litologías en gráficos de torta.

MAPAS DEL NIVEL B

El Nivel B representa la segunda sección definida en la correlación. Este nivel es el que tiene más desarrollo de espesor de todas las secciones correlacionadas alcanzando espesores de hasta 600 metros (Fig. 64). Esta unidad presenta poca variación litológica representada por sedimentos gruesos. En toda esta sección se puede observar predominancia de arenisca conglomerádicas de color castaño claro-gris con matriz arenosa de granos medios a gruesos inclusive finos en algunos sectores con buena selección. El pozo EX-40 es el único pozo en el que predominan los conglomerados con colores castaños rojizos. En el pozo EX-10 también predominan los conglomerados, estos dos pozos ubicados en la zona sureste de

estudio. El predominio de los conglomerados en la zona sur podría estar indicando una zona de mayor energía para este sector, haciéndose más arenoso hacia el norte y pudiendo corresponder a una gradación lateral desde sedimentos más gruesos a más finos de sur a norte (Fig. 65).

En el mapa estructural se observa el sector más alto con orientación noroeste-sureste con un alto estructural en la zona del pozo EX-70 ubicado en el noroeste del mapa encontrándose a los -460 mbnm, mientras que los bajos se ubican en el noreste, este y sur del mapa (Fig. 66).

En el mapa isopáquico del Nivel B se puede observar un mayor desarrollo hacia el sur de la zona de estudio con espesores que alcanzan los 640 metros disminuyendo los espesores hacia el norte y noroeste con espesores de 540 metros aproximadamente. Se puede observar que la zona con espesores mayores al sur coincide con el bajo estructural de esta parte sur. Cabe mencionar que el tope del Nivel B correspondería la base del Nivel C (Fig. 67).

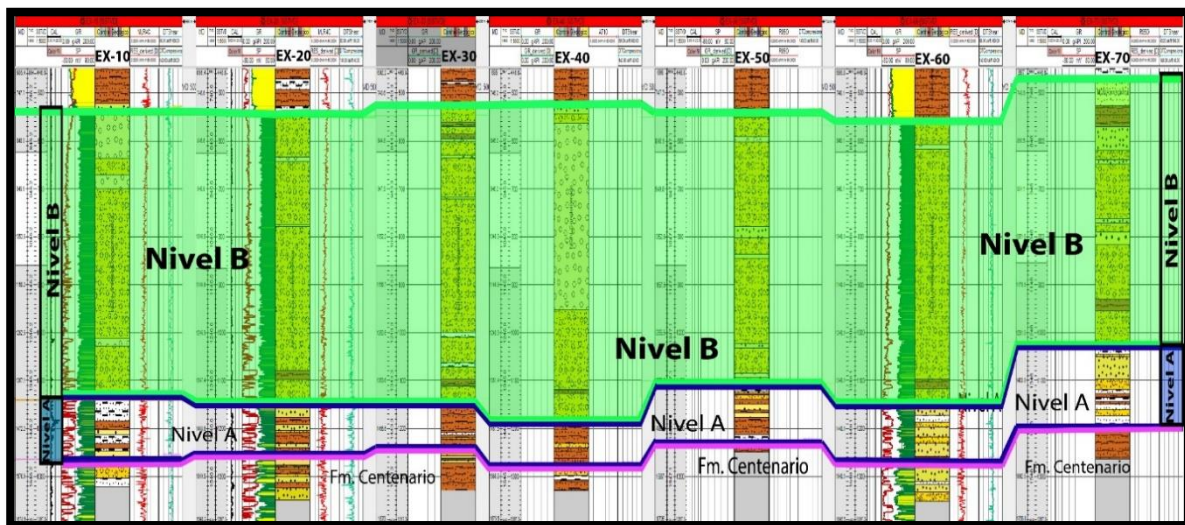


Figura 64: Representación de la unidad denominada "Nivel B".

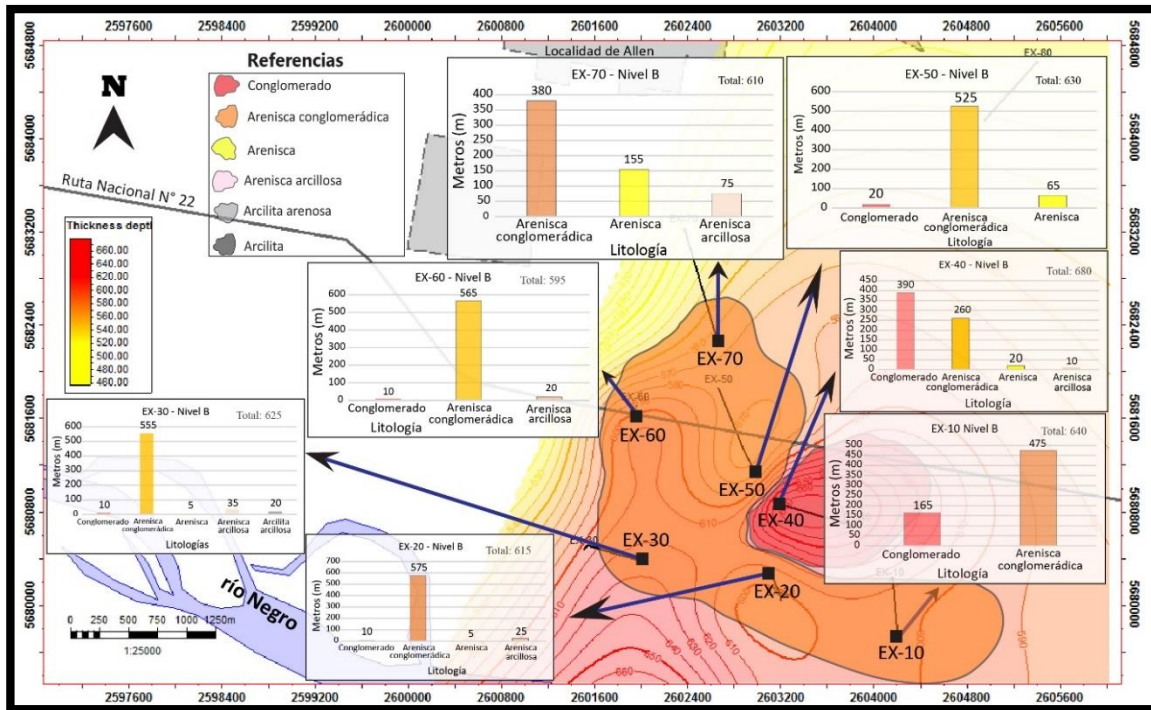


Figura 65: Mapa de distribución de litologías principales del Nivel B. Los contornos hacen referencia al espesor. Las barras hacen referencia a espesor en metros de las litologías descriptas. Los polígonos hacen referencia a la litología dominante para cada pozo.

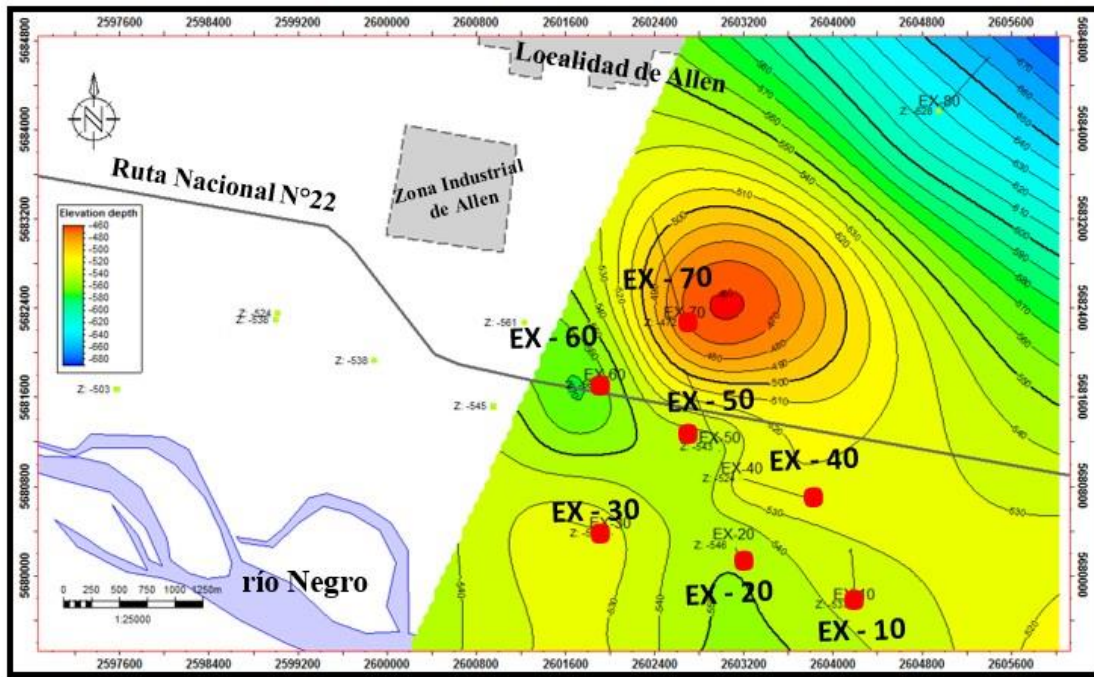


Figura 66: Mapa estructural del Nivel B

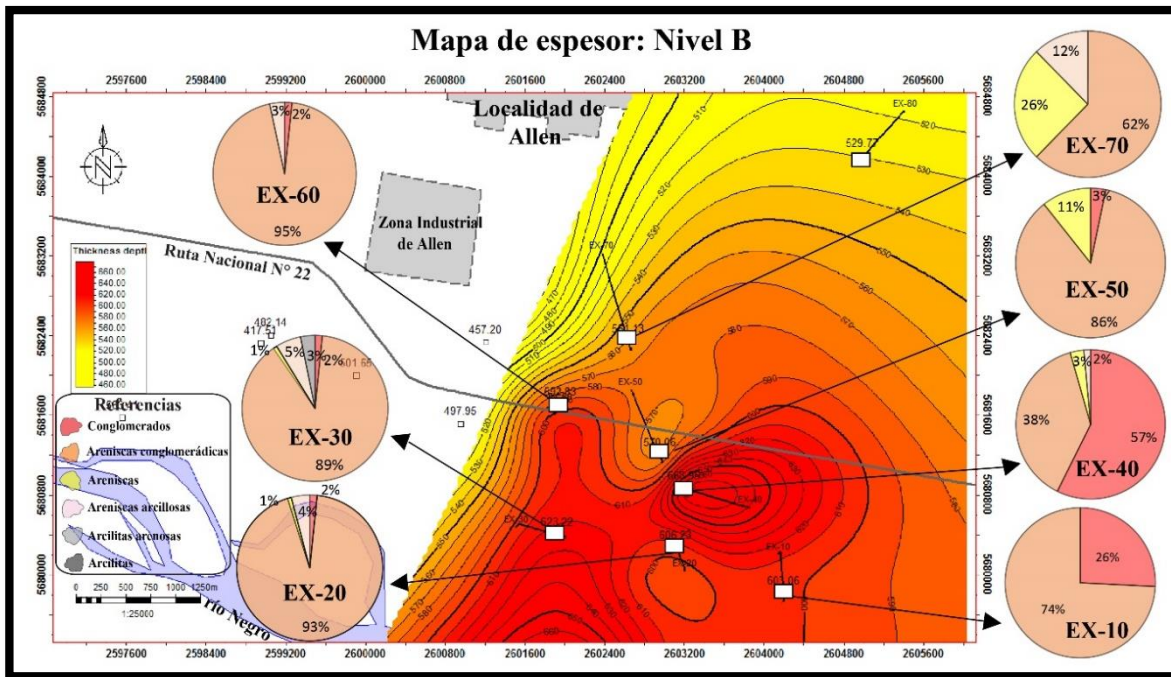


Figura 67: Mapa isopáquico Nivel B con la distribución y proporción de las litologías en gráficos de torta.

MAPAS DEL NIVEL C

El Nivel C corresponde al tercer intervalo definido dentro del Gr. Neuquén. Este nivel está representado por depósitos que rondan los 350 metros de espesor con gran homogeneidad en sus litologías (Fig. 68). En este nivel las litologías predominantes son las areniscas arcillosas de tamaño de grano fino a muy fino, de colores rojizos y en menor porcentaje las arcilitas arenosas de tamaño de grano muy fino y arcilitas de colores rojizos a rojizos moderados. Las areniscas arcillosas son la litología que presenta mayores espesores. En la sección se puede observar un pequeño aumento de litologías más arcillosas hacia el norte, mientras que hacia el sur son más arenosas. Esto puede indicar una gradación lateral desde sedimentos más gruesos al sur a más finos hacia el norte (Fig. 69).

En el mapa estructural se observa la zona estructural más alta al sur con profundidades de -160 mbnm y la zona más baja hacia al norte con una orientación suroeste-noreste, teniendo una profundidad de -230 mbnm. Además, este mapa representaría la base del Nivel D (Fig. 70).

En el mapa isopáquico se puede observar una zona central con los espesores más bajos de aproximadamente 280 metros, mientras que hacia el suroeste y noreste del mapa los mayores espesores pueden alcanzar los 380 metros (Fig. 71).

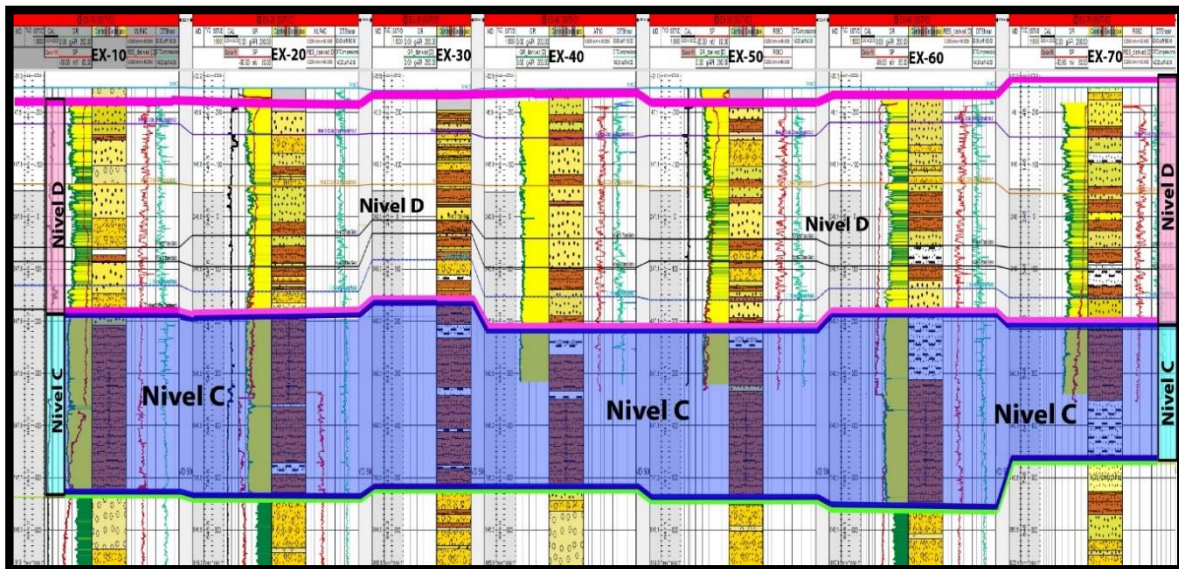


Figura 68: Representación de la unidad denominada "Nivel C".

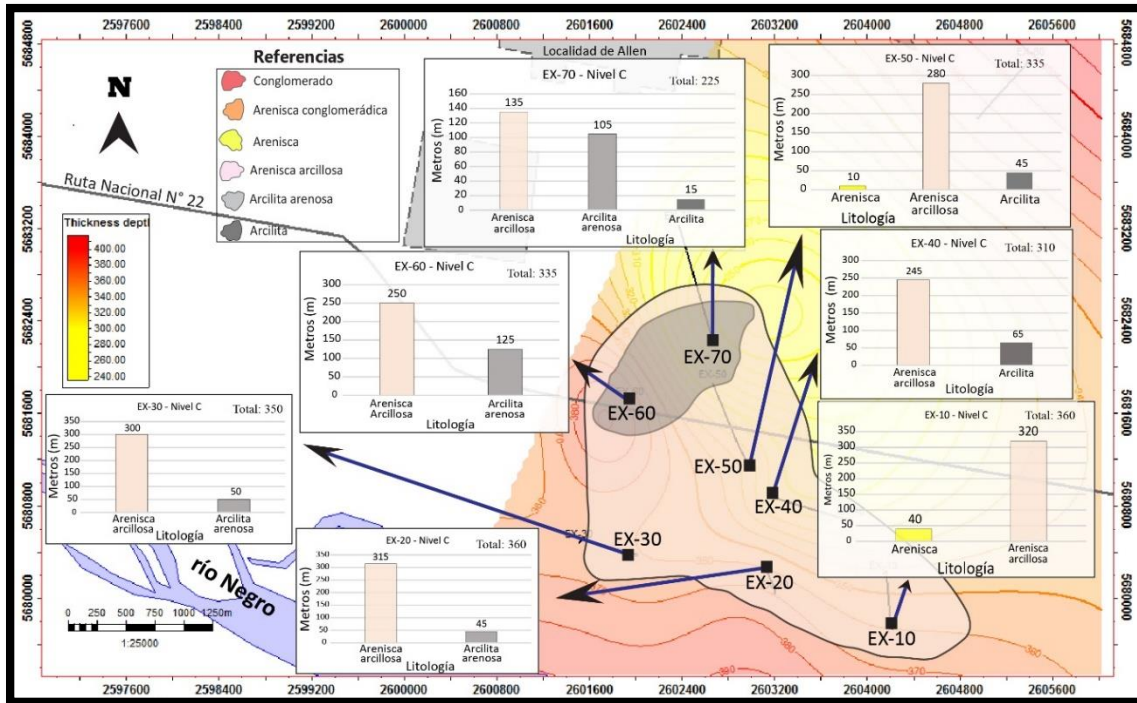


Figura 69: Mapa de distribución de litologías. Los contornos hacen referencia al espesor; las barras hacen referencia a espesor en metros de las litologías descritas. Los polígonos hacen referencia a la litología dominante para cada pozo.

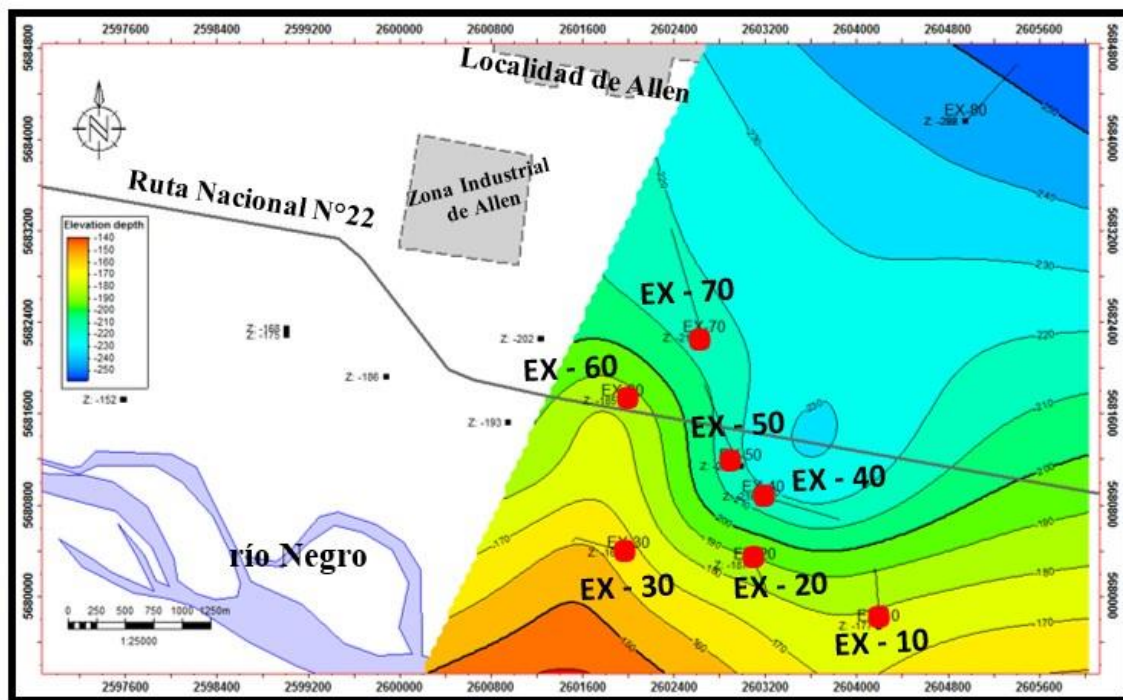


Figura 70: Mapa estructural Nivel C.

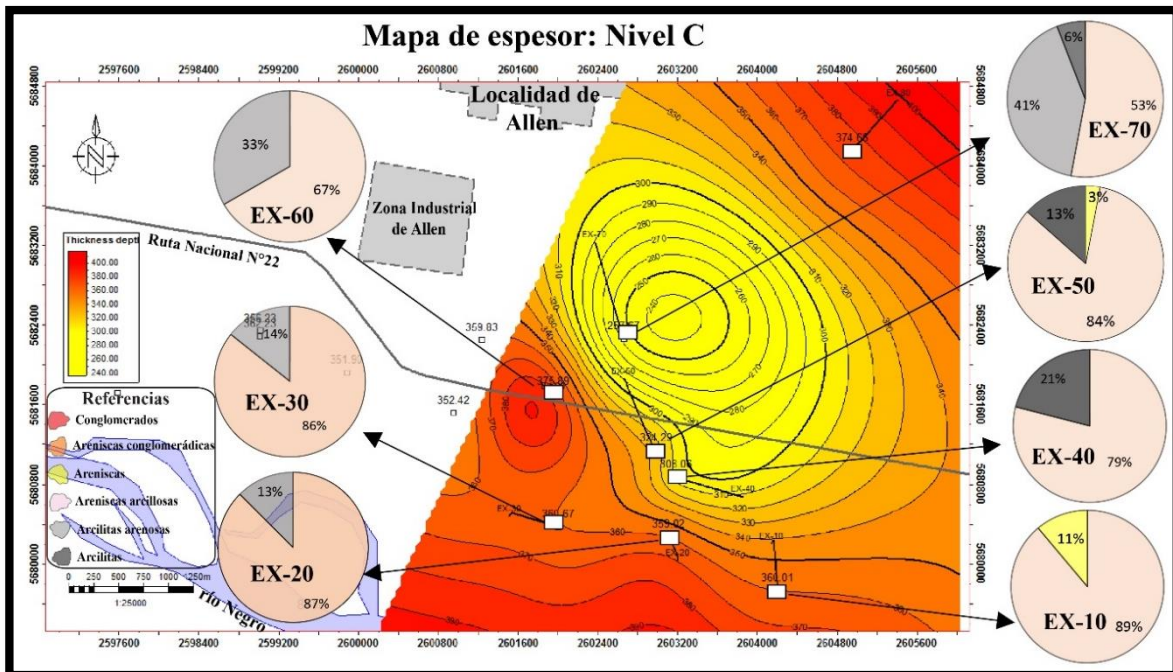


Figura 71: Mapa isopáquico Nivel C con la distribución y proporción de las litologías en gráficos de torta.

MAPAS DEL NIVEL D

El Nivel D correspondería al intervalo más superior de los niveles correlacionados. Este presenta mucha heterogeneidad lateral dada por la variación vertical de litofacies que se muestra en cada pozo (Fig. 70). En este nivel las litologías son muy variables y de pocos espesores, predominando principalmente las arenas de finas a medias de color castaño rojizo, con moderada selección y pobre a abundante matriz. El espesor total de este nivel puede alcanzar valores de 450 metros, aunque podría haber tenido mayor desarrollo, ya que es la unidad que está en contacto con la superficie. En este nivel se puede observar litologías más gruesas en el sur gradando a litologías más finas al norte; lo que podría indicar una variación lateral con orientación sur-norte (Fig. 71).

En el mapa estructural es importante aclarar que este intervalo está ubicado por arriba del nivel del mar (msnm), con lo cual los valores sobre el mapa son positivos. Se observa un bajo hacia el pozo EX-30 orientándose al sureste del mapa con profundidades de 240 msnm y la zona más alta hacia el noroeste (Fig. 72).

En el mapa isopáquico se observa una tendencia de espesores menores de 380 metros en el sur, con espesores mayores hacia el norte; alcanzando espesores de 480 metros (Fig. 73).

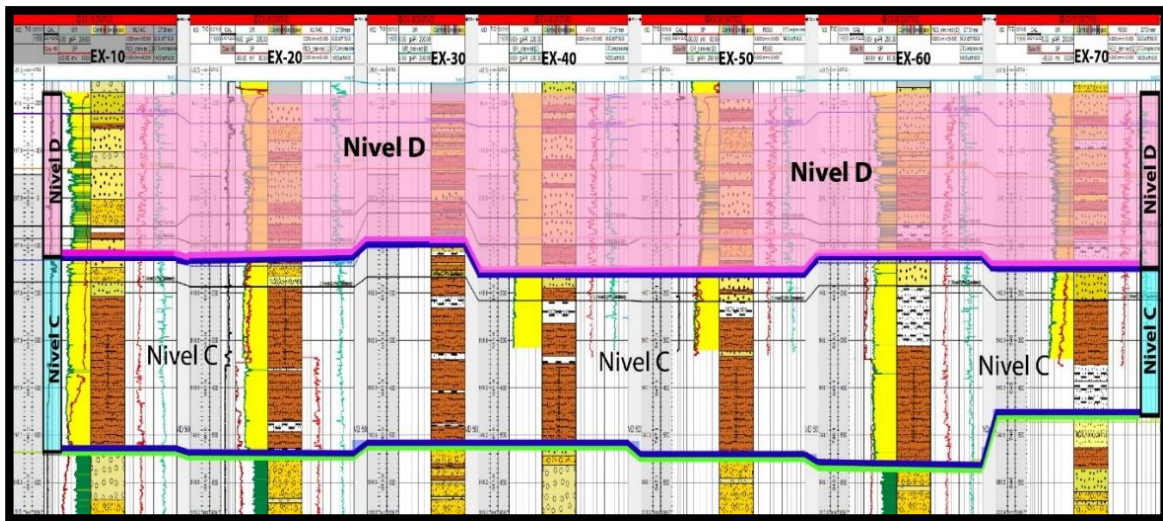


Figura 70: Representación de la unidad denominada "Nivel D".

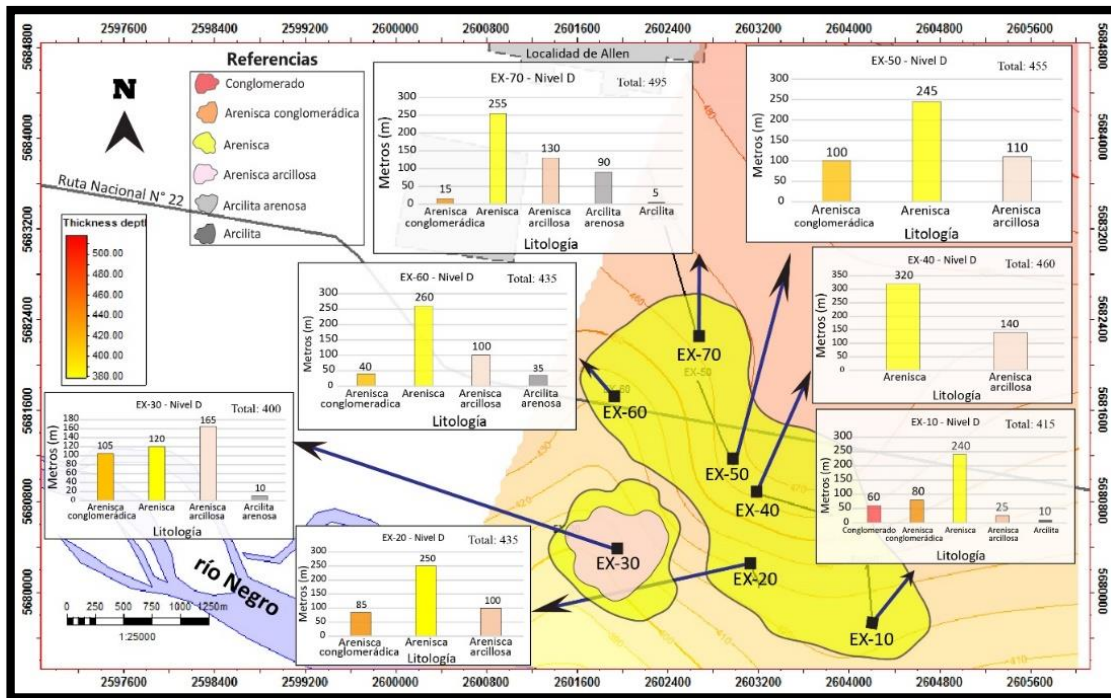


Figura 71: Mapa de distribución de litologías del Nivel D. Los contornos hacen referencia al espesor. Las barras hacen referencia a espesor en metros de las litologías descritas. Los polígonos hacen referencia a la litología dominante para cada pozo.

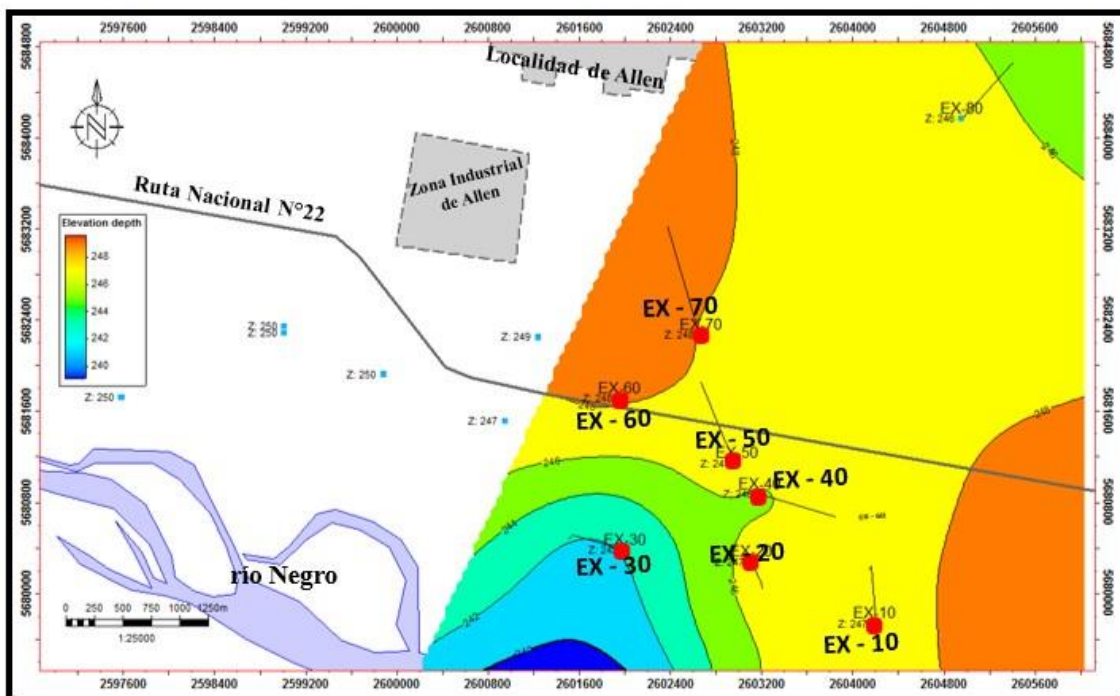


Figura 72: Diagramas de distribución de litologías para cada pozo dentro del Nivel D.

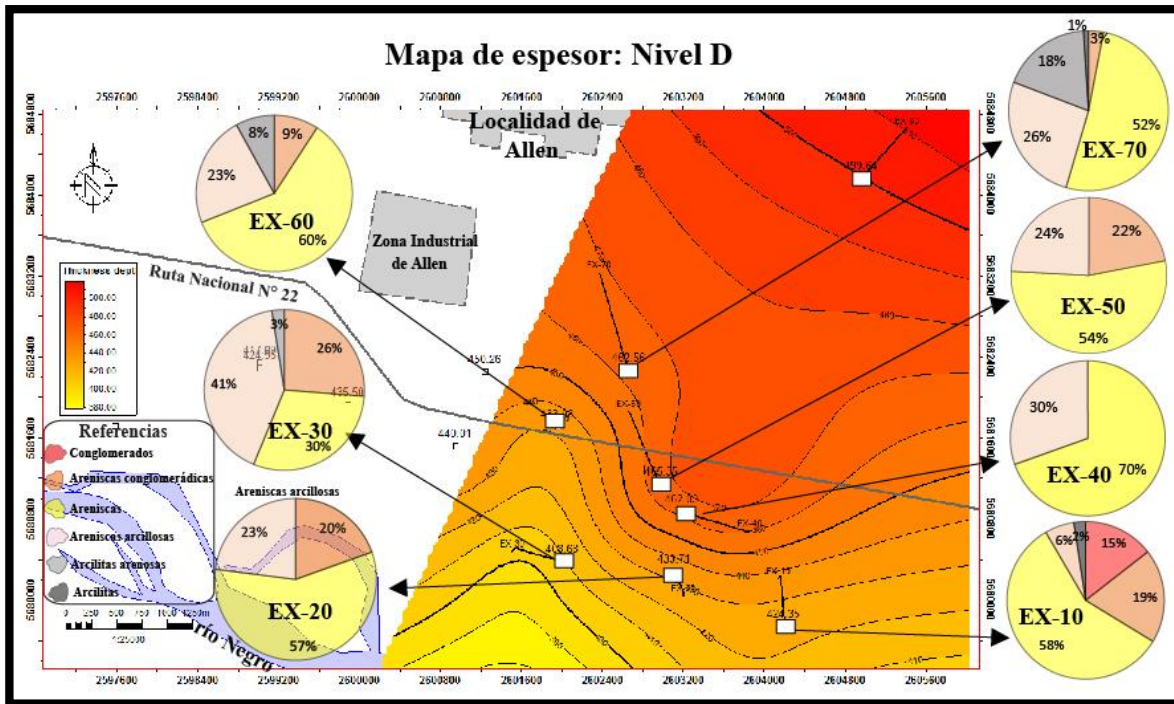
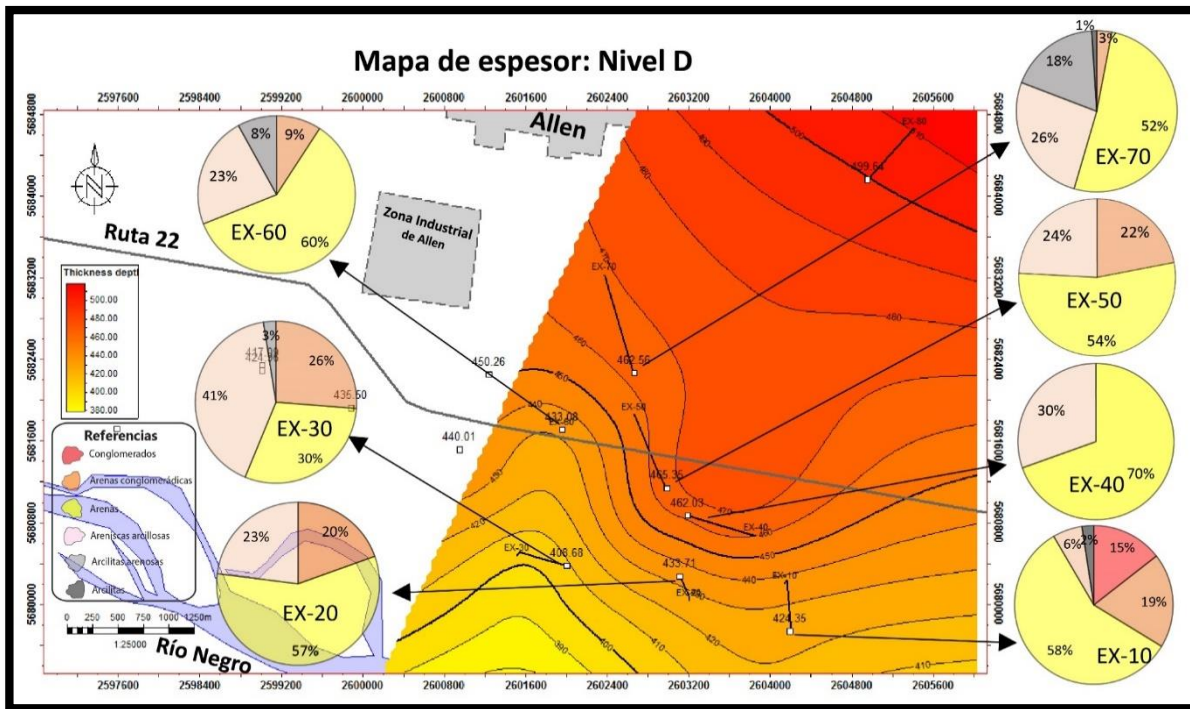


Figura 73: Mapa isopáquico Nivel D con la distribución y proporción de las litologías en gráficos de torta.



CARACTERIZACIÓN DEL NIVEL D

Como ya se mencionó anteriormente, dentro del Nivel D se observaron mayores variaciones en los perfiles litológicos y los perfiles eléctricos lo cual permitió definir algunos markers internos dentro de dicho nivel: nivel de las Arenas Basales, nivel compuesto por Arcillas y Areniscas Arcillosas que se denominó Sello Secundario y luego dos niveles con características granocrecientes en los perfiles que se denominaron Ciclo Granocreciente 1 y Ciclo Granocreciente 2 (Fig. 74).

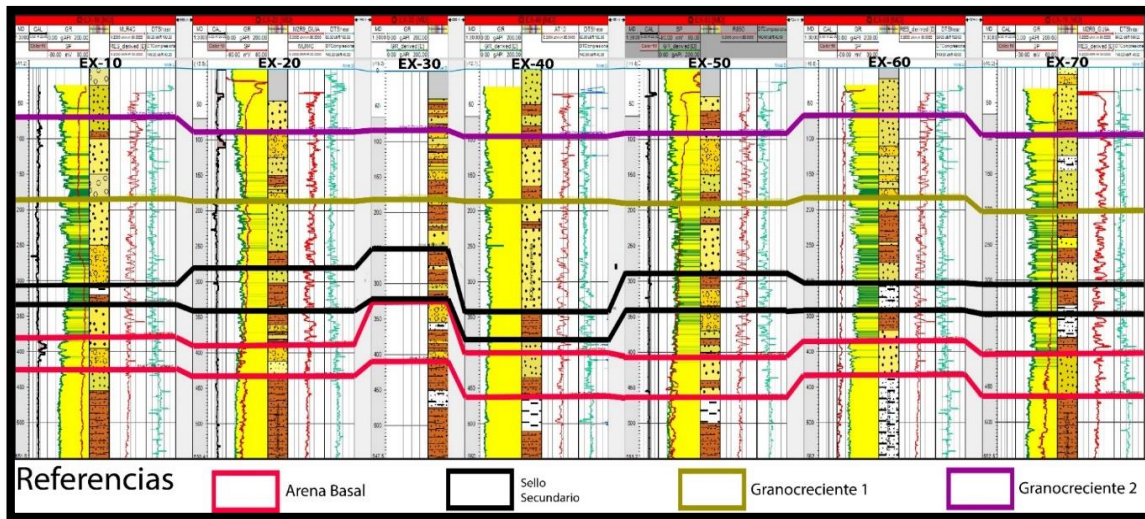


Figura 74: Unidades internas del Nivel D representadas por marker.

Nivel de las Arenas Basales

Este nivel se compone principalmente por areniscas medias a finas y areniscas conglomerádicas. Las areniscas conglomerádicas aparecen en el sur del yacimiento y podrían indicar mayor energía respecto al norte del yacimiento (Fig. 75). En el mapa estructural de este nivel se muestra las partes bajas abarcando gran parte de la zona de estudio; donde los sectores más bajos se encuentran en el centro del mapa, conteniendo los pozos EX-40, EX-50, EX-70 con profundidades de alrededor de los -150 mbnm. En cuanto a los sectores altos, el terreno aumenta hacia el suroeste del mapa abarcando los pozos EX-10, EX-20, EX-60, aumentando de una forma pronunciada hacia el pozo EX-30 con profundidades que podrían llegar a los -60 mbnm (Fig. 76).

En el mapa isopáquico se puede observar los espesores mayores con orientación suroeste (EX-30); perdiendo espesor hacia el noreste del mapa. Por otra parte, se observa dos zonas con bajos espesores: la zona del pozo EX-60 con espesores de 40 metros y la zona de los pozos EX-10 y EX-20 con espesores de 30 metros (Fig. 77). El mapa de espesor es

coincidente con el mapa estructural; donde se encuentran los altos estructurales con mayores espesores en el suroeste; mientras que los bajos con espesores menores orientándose hacia el noreste del mapa.

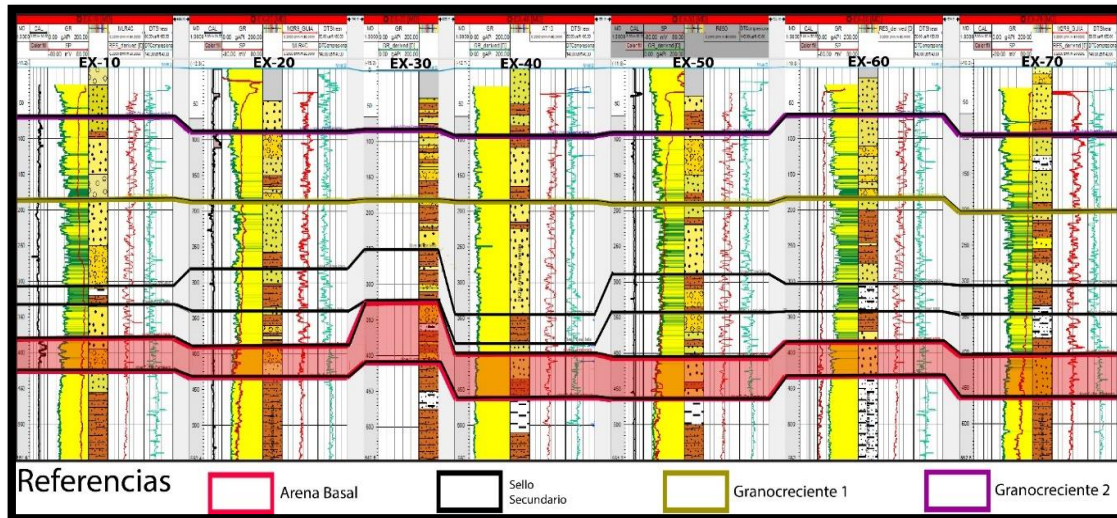


Figura 75: Representación de la unidad Arena Basal.

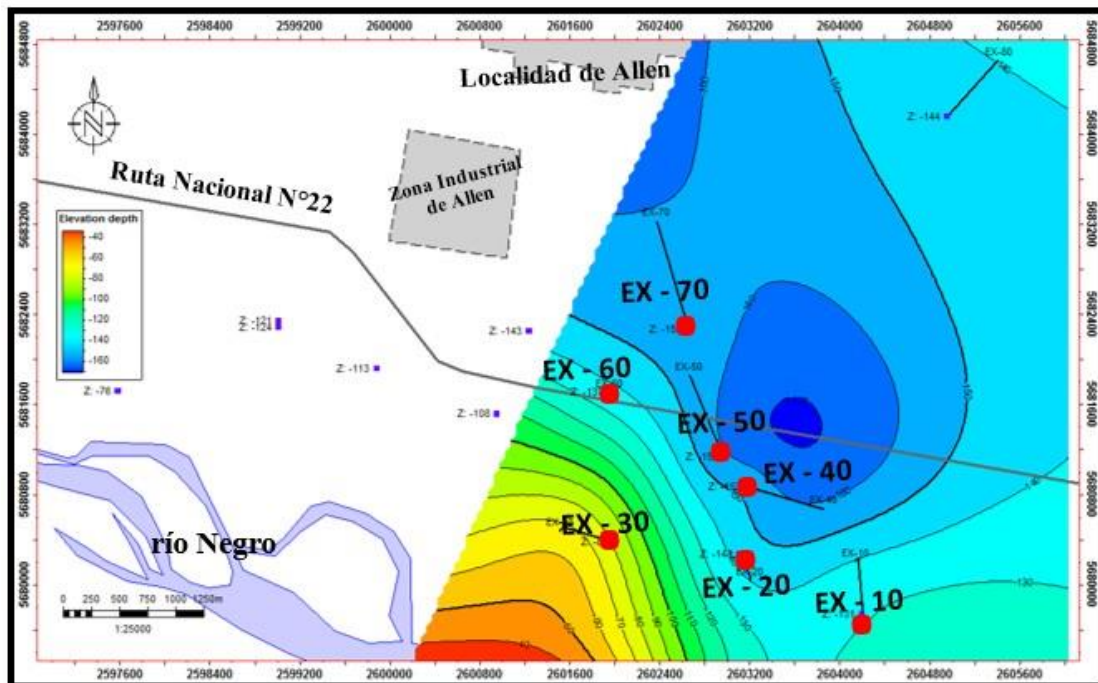


Figura 76: Mapa estructural de las Arenas Basales.

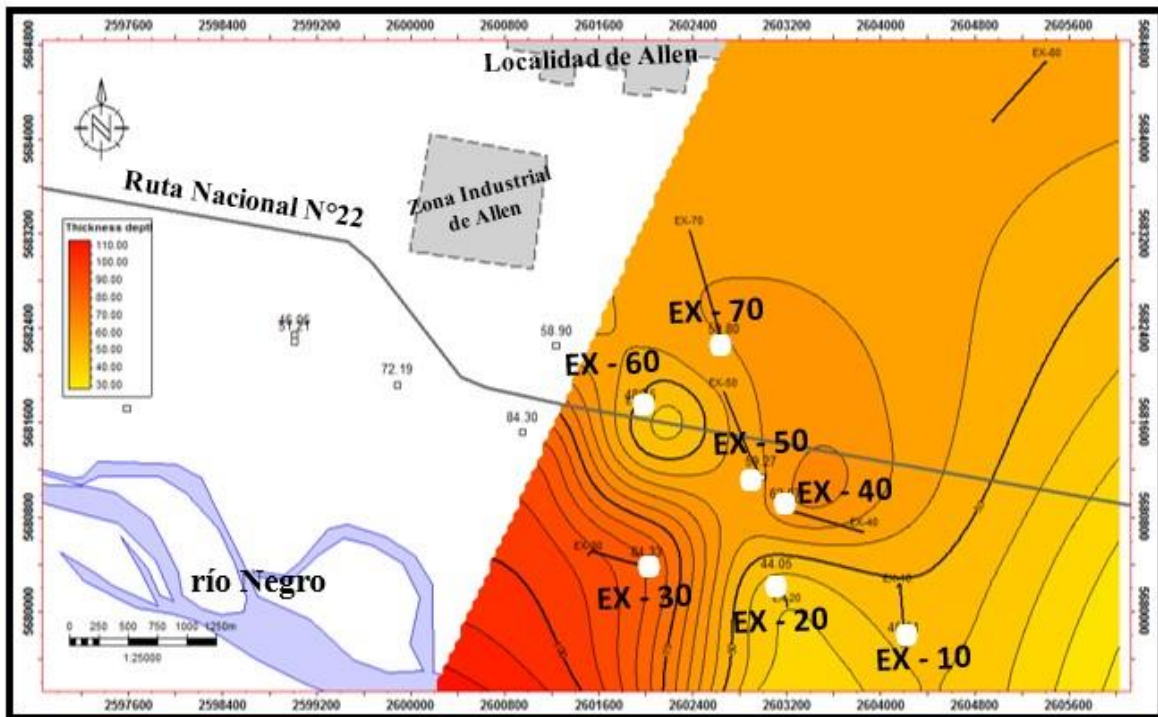


Figura 77: Mapa isopáquico de las Arenas Basales.

Nivel del Sello Secundario

El nivel del Sello Secundario se compone principalmente de areniscas arcillosas y en menor proporción de arcilitas arenosas. Los mayores bancos de arcilitas arenosas se encuentran al norte en la zona de los pozos EX-60 y el EX-70. Para este nivel se realizaron dos mapas estructurales: uno a la base del mismo y otro al tope (Fig. 78).

Con respecto al mapa estructural de la base, se muestran los sectores más bajos en el este y noreste en la zona de los pozos EX-70 y EX-10 con profundidades que van hasta los -100 mbnm aumentando de forma pronunciada hacia el suroeste en la zona del pozo EX-30 en el rango de los -75 msnm (Fig. 79).

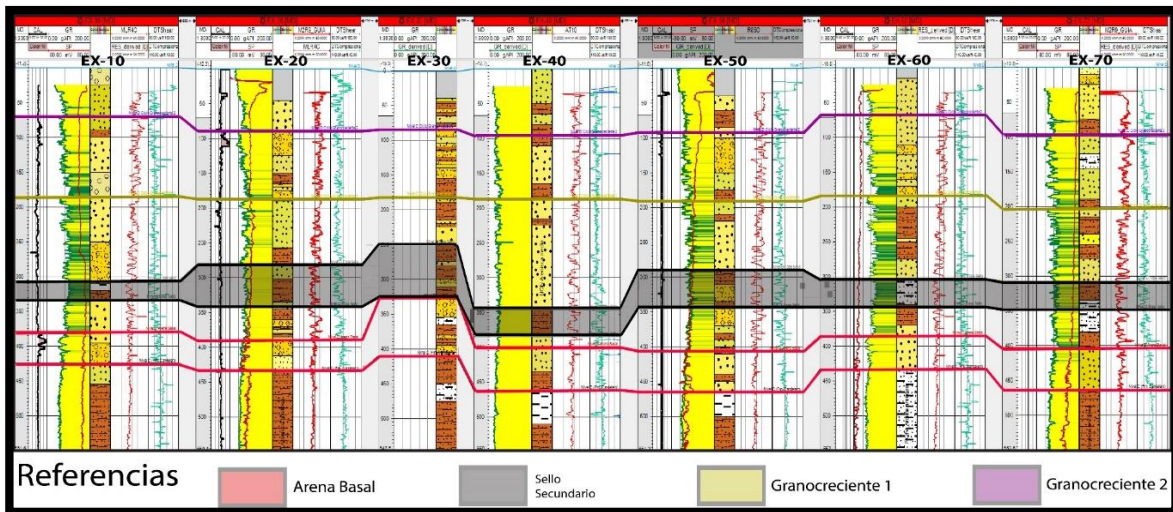


Figura 78: Representación de la unidad Sello Secundario.

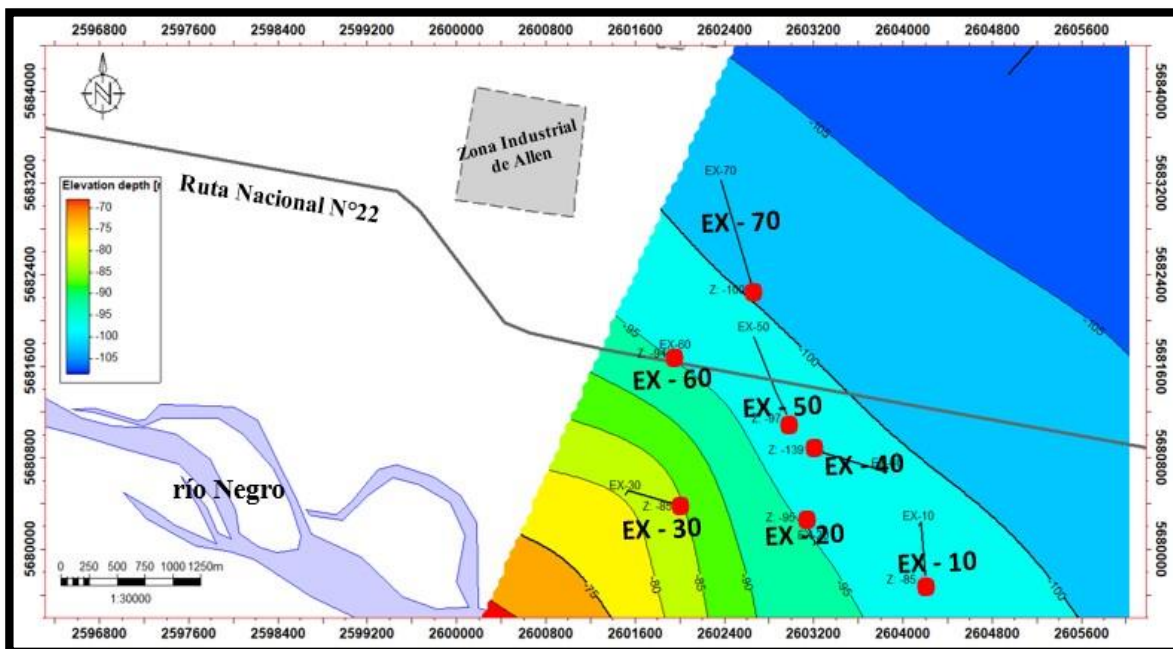


Figura 79: Base del Nivel Sello Secundario mapa estructural.

En el mapa estructural del tope del nivel Sello Secundario se observan los niveles más bajos hacia el centro y sureste con profundidades dentro del rango de los -10 a los -60 mbnm, aumentando levemente hacia el sureste y noroeste del mapa (con una profundidad de 0 metros, si lo medimos respecto a las cotas del nivel del mar) (Fig. 80).

El mapa isopáquico del nivel Sello Secundario muestra, en forma lineal, los mayores espesores entre 80-60 metros con orientación sureste abarcando las zonas de los pozos EX-30 y EX-20. Por otra parte, los menores espesores se encuentran hacia el suroeste y hacia el noreste del mapa con profundidades de entre 60-20 metros de espesor (Fig. 81).

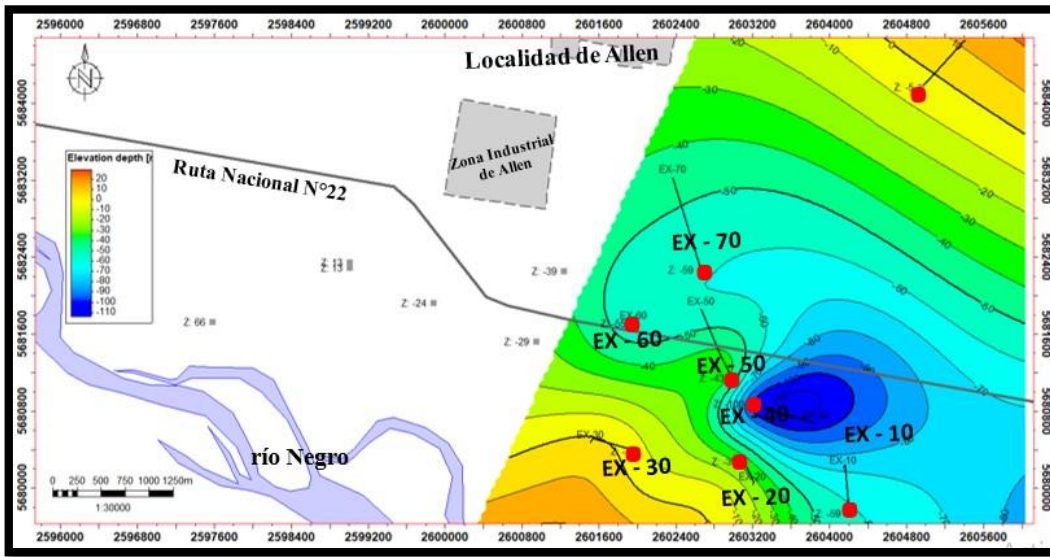


Figura 80: Tope del Nivel Sello Secundario mapa estructural.

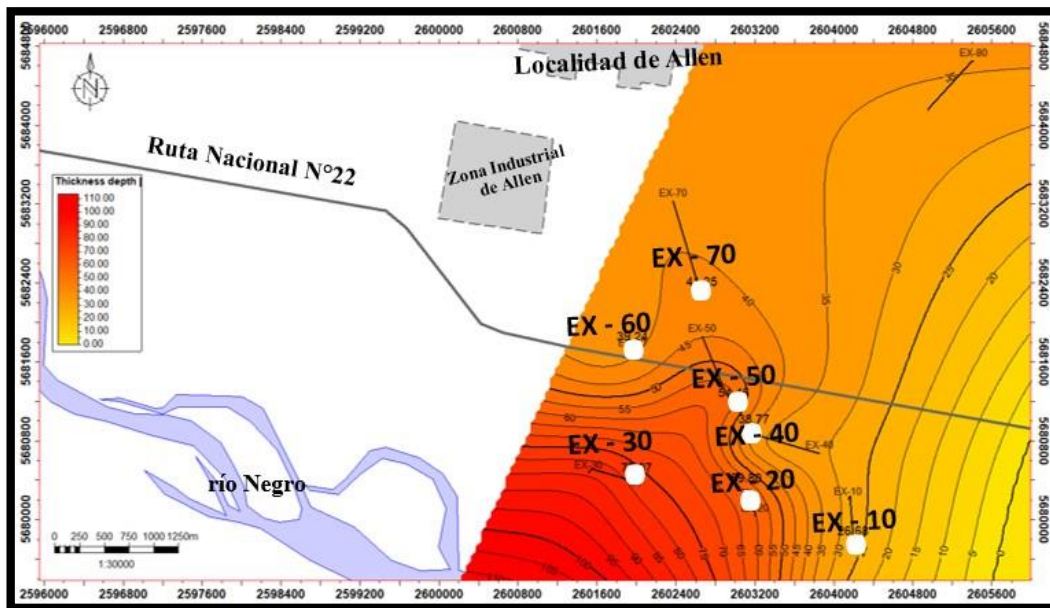


Figura 81: Isopáquico del Nivel Sello Secundario.

Nivel Ciclo Granocreciente 1-

Este nivel, lateralmente, exhibe los depósitos más gruesos hacia el sur y los depósitos más finos hacia el norte del yacimiento, pudiendo indicar una gradación litológica de sur a norte (Fig. 82). En el mapa estructural del nivel Granocreciente 1 se observa que los cambios de elevaciones se dan con orientación norte-sur; donde los sectores bajos se encuentran hacia el norte con profundidades que van de los 35 a los 50 msnm y los sectores altos hacia el sur del mapa con profundidades de 50 a 70 msnm (en este caso es positivo porque pasamos estar por encima del nivel del mar) (Fig. 83).

Por otra parte, en el mapa isopáquico del nivel Ciclo Granocreciente 1 se muestran pocas variaciones de espesor; encontrándose que los depósitos de mayores espesores superan los 100 metros. Por otro lado, los depósitos de menores espesores se encuentran en una pequeña parte hacia el suroeste del mapa con espesores que van de 100 a 50 metros aproximadamente (Fig. 84).

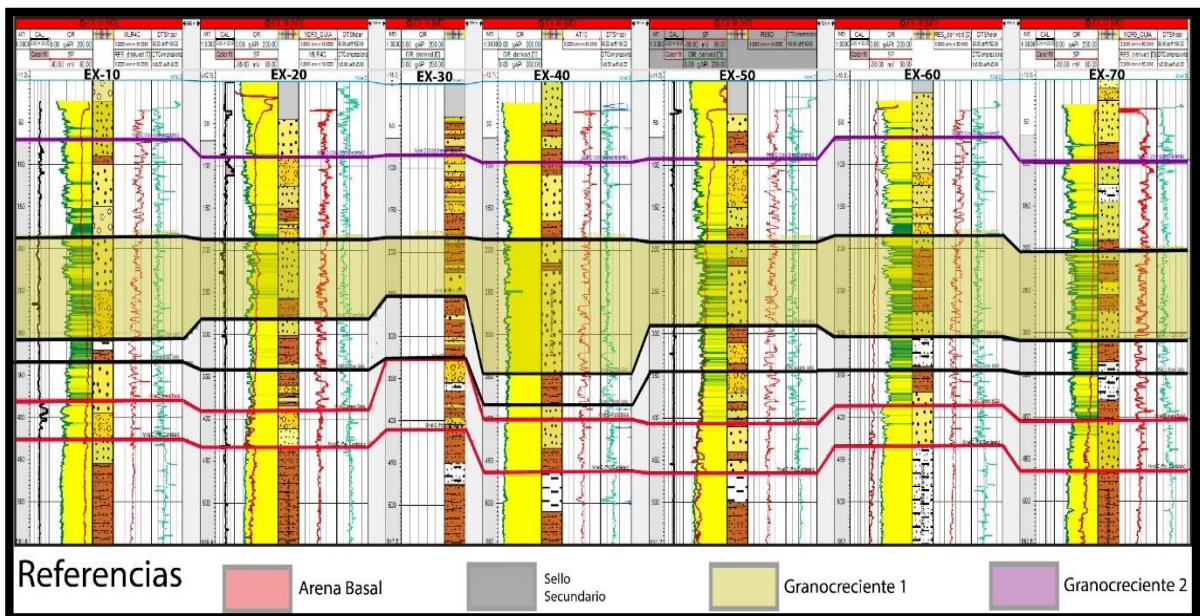


Figura 82: Representación de la unidad Granocreciente 1.

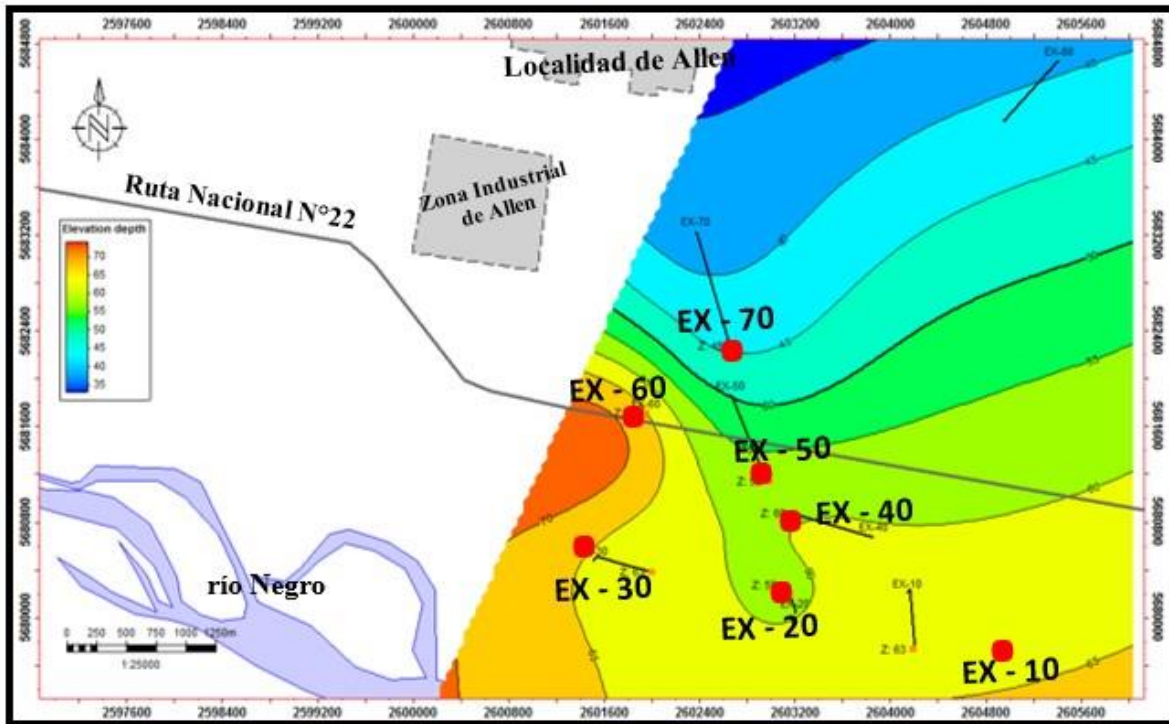


Figura 83: Mapa de estructura del nivel Granocreciente 1.

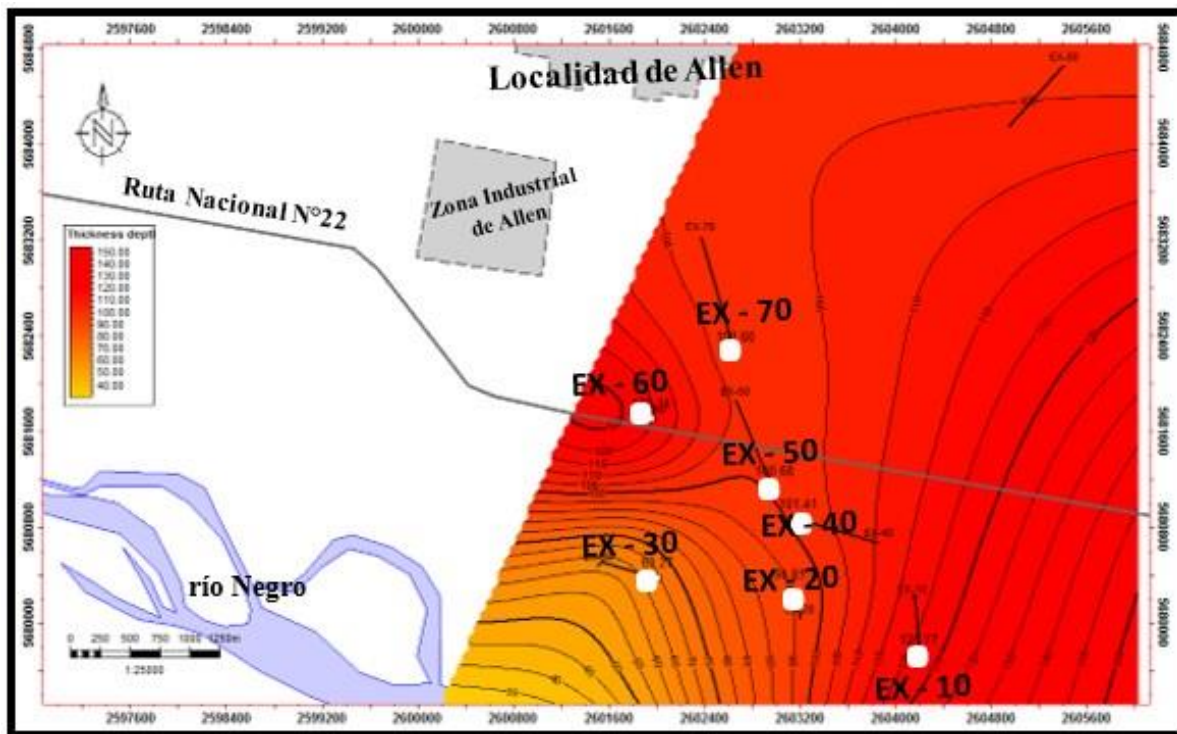


Figura 84: Mapa de espesor del nivel Granocreciente 1.

Nivel Ciclo Granocreciente 2

El nivel Ciclo Granocreciente 2 se compone de depósitos de una gran variabilidad de litologías principalmente gruesas conteniendo menores espesores respecto al nivel Ciclo Granocreciente 1 (Fig. 85).

En el mapa estructural del tope del nivel Ciclo Granocreciente 2 se observa que para la zona de los pozos EX-50, EX-40, EX-30, EX-20 se tienen los niveles más bajos de la zona de estudio; orientándose hacia el norte y suroeste del mapa con profundidades que rondan los 140 msnm. En el mapa estructural tiene los sectores más bajos se ubican en el norte subiendo muy levemente hacia el oeste en la zona del pozo EX-60 y sureste en la zona del pozo EX-10 alcanzando profundidades de 190 msnm con un bajo estructural en la zona central del área (Fig. 86).

Respecto al mapa isopáquico del nivel Ciclo Granocreciente 2, se observa que en todo el sector de la zona de estudio se mantienen espesores similares entre 90 y 120 metros de espesor (Fig. 87).

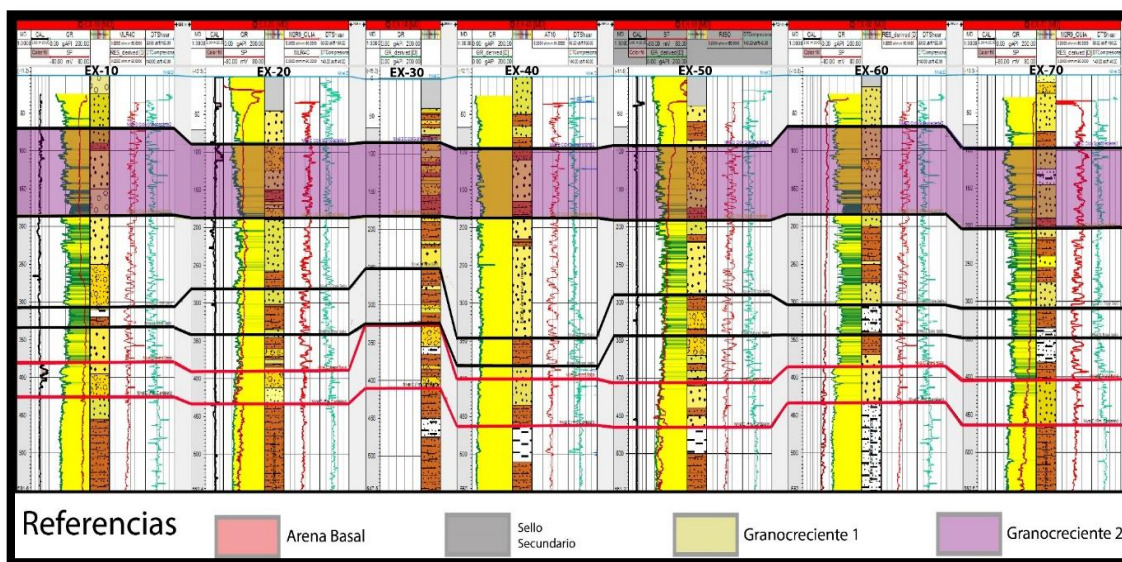


Figura 85: Representación de la unidad Granocreciente 2.

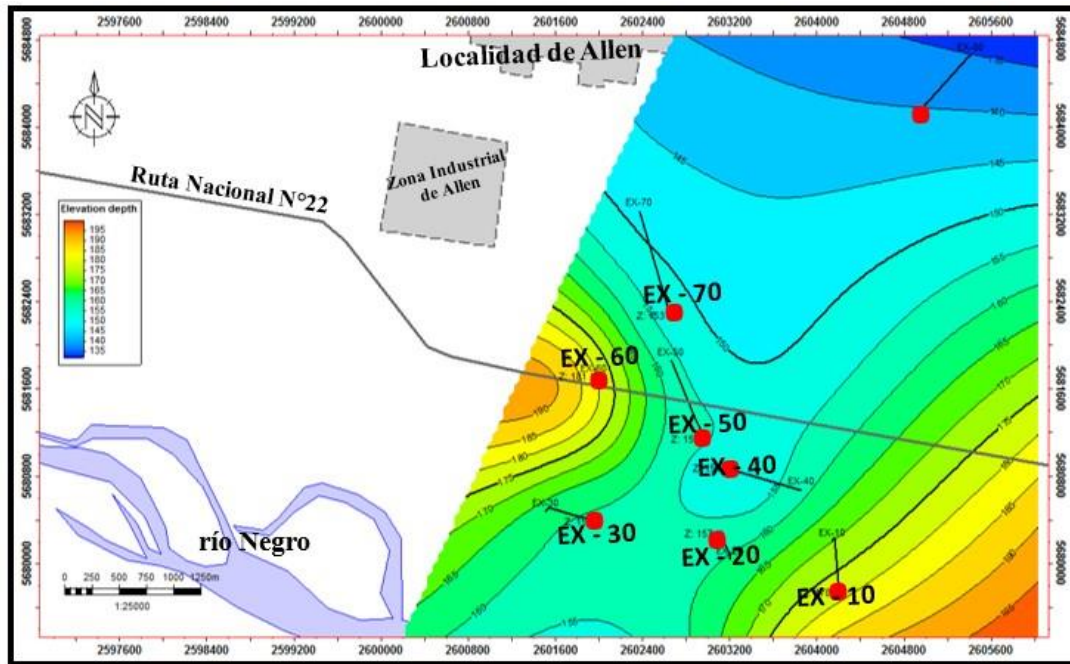


Figura 86: Tpe del Nivel Granocreciente 2.

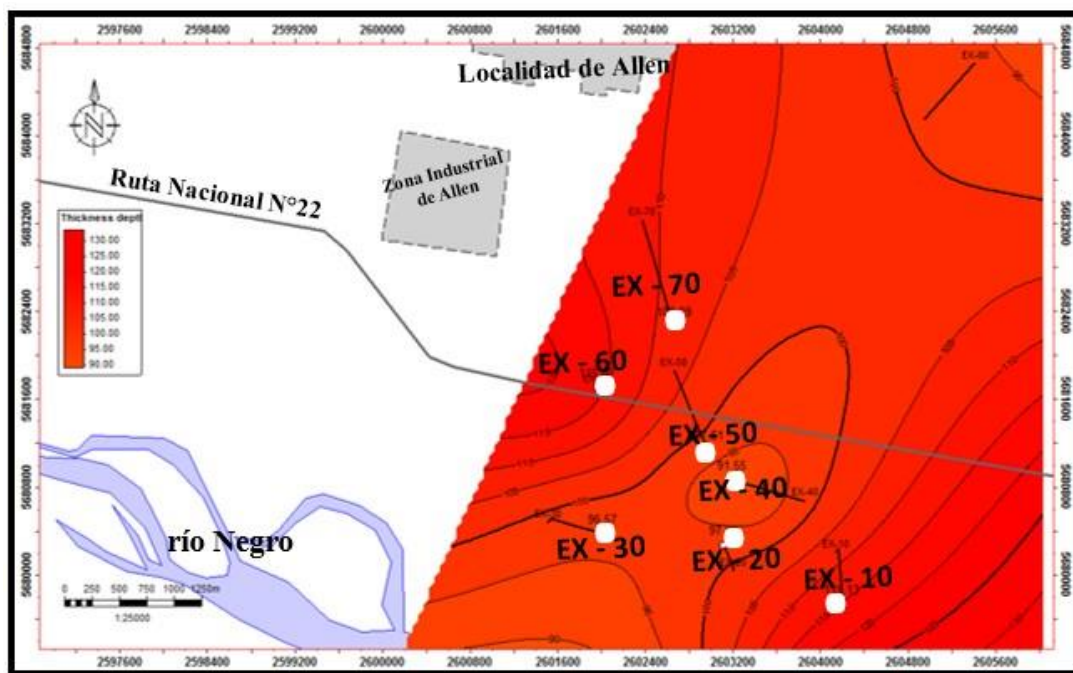


Figura 87: Mapa de espesor ciclo Granocreciente 2 - Nivel D. Se observa poca variación de los espesores en todos los pozos, (entre 95 y 115 metros) con lo cual la variación en la escala de colores es mínima.

Mapa de Espesor Total del Grupo Neuquén

En el mapa de espesor total del Grupo Neuquén se puede observar los espesores menores hacia el norte-noreste con valores de 1430 metros con tendencia a aumentar hacia la parte central y sur-sureste del yacimiento. En el mismo se pueden observar dos zonas con mayores espesores para los pozos EX-40 y EX-60; llegando a los 1530 metros de espesor. La diferencia de espesores totales del Grupo Neuquén puede variar entre los 100 metros de espesor aproximadamente (Fig. 88).

El espesor total del Grupo Neuquén en esta parte de la cuenca muestra espesores anormalmente mayores a lo visto regionalmente. En la siguiente sección se describirán las diferencias encontradas.

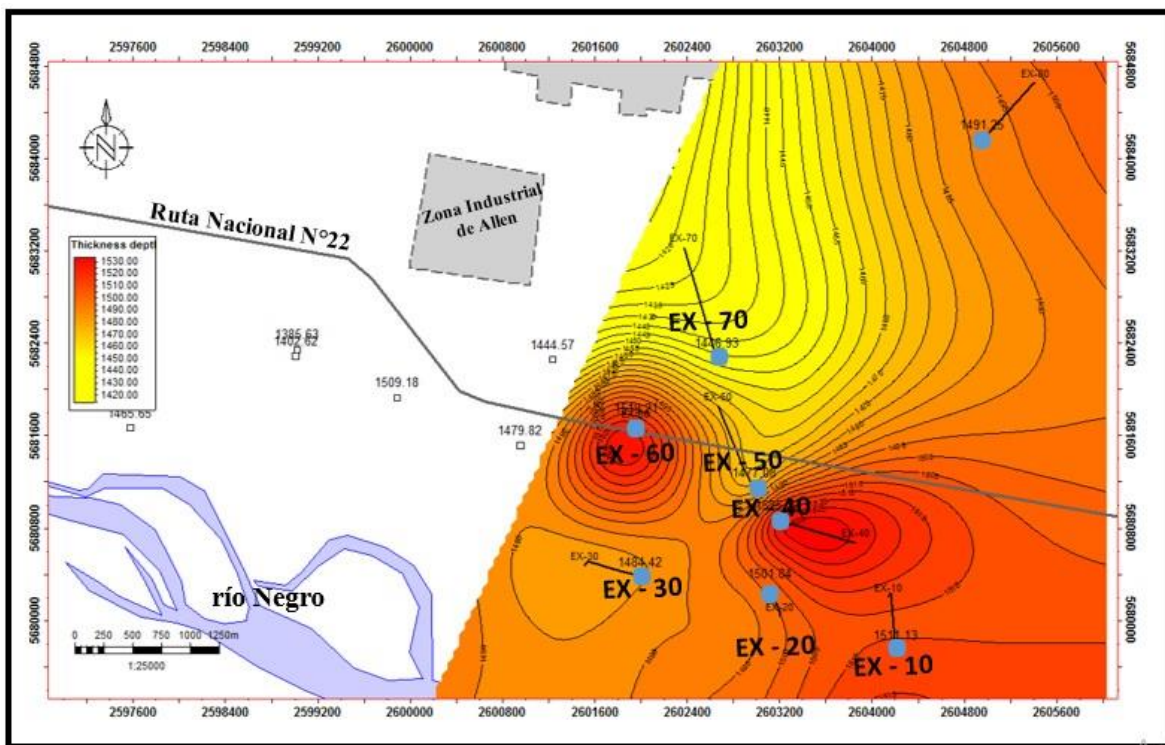


Figura 88: Mapa de espesor total del Grupo Neuquén.

CAPÍTULO 5

CLASIFICACIÓN DEL NIVEL SELLO DE LA ZONA DE EFO

Los sellos son considerados rocas impermeables que forman barreras para el movimiento de fluidos. Para considerar la roca como sello, esta tiene que ser **impermeable**, tener nula o escasa porosidad efectiva, contar con cierta **plasticidad** (ya que a posibles movimientos tectónicos esta se puede romper o abrirse y permitir la fuga de fluidos); y tener **continuidad horizontal** y vertical, ya que debe cubrir totalmente la roca reservorio, puesto que, si tiene pequeñas aberturas, grietas, o discontinuidades en su espesor puede permitir el escape de fluidos, principalmente los gases. Las principales rocas sedimentarias que actúan como roca sello son las pelitas, calizas, dolomías y evaporitas.

Como se mencionó anteriormente; aproximadamente a los 600 metros de profundidad de se encuentra un nivel compuesto por de litologías finas, con espesores que rondan los 200 metros de areniscas arcillosas y 80 metros en las arcilitas arenosas y arcilitas. A partir de los estudios mencionados en los resultados este trabajo; se trata de un desarrollo homogéneo de aproximadamente 350 metros de niveles con características de roca sello, de litologías homogéneas, tanto lateral como en la vertical, lo cual lo hace un nivel correlacionable en todos los pozos de la zona.

Este nivel, se lo ha llamado “Nivel C” porque se pudo determinar una homogeneidad de litologías, color, respuestas en los perfiles eléctricos y semejanzas en los estudios de DRX y SEM-EDS en todos los pozos, con desarrollo de importantes depósitos de areniscas arcillosas de granulometría fina a muy fina, en algunos casos media, con intercalaciones de

arcilita arenosa y arcilita de grano muy fino. Por otro lado, todo el nivel mantiene colores rojizos a castaños generalmente con tonalidades oscura (Fig. 89-95).

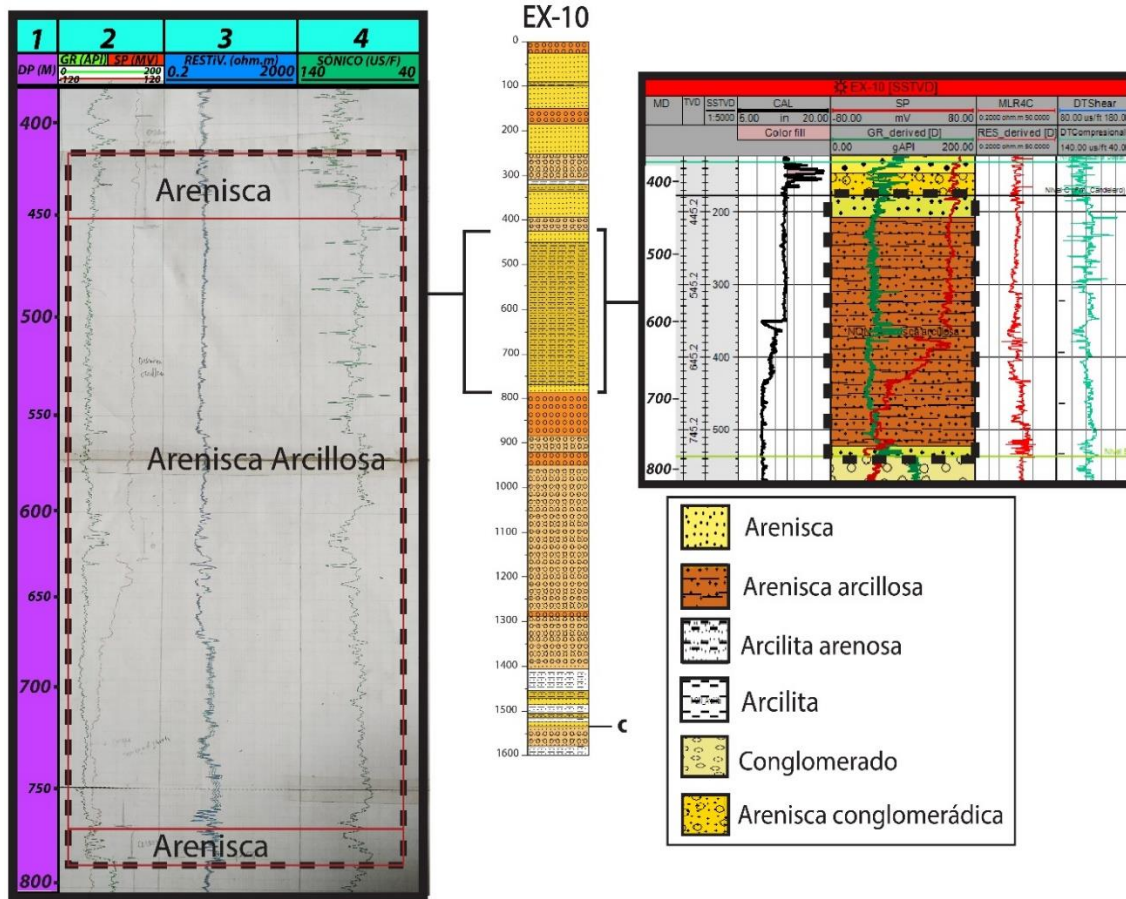


Figura 89: Perfiles eléctricos del sector del Nivel Sello del pozo EX-10.

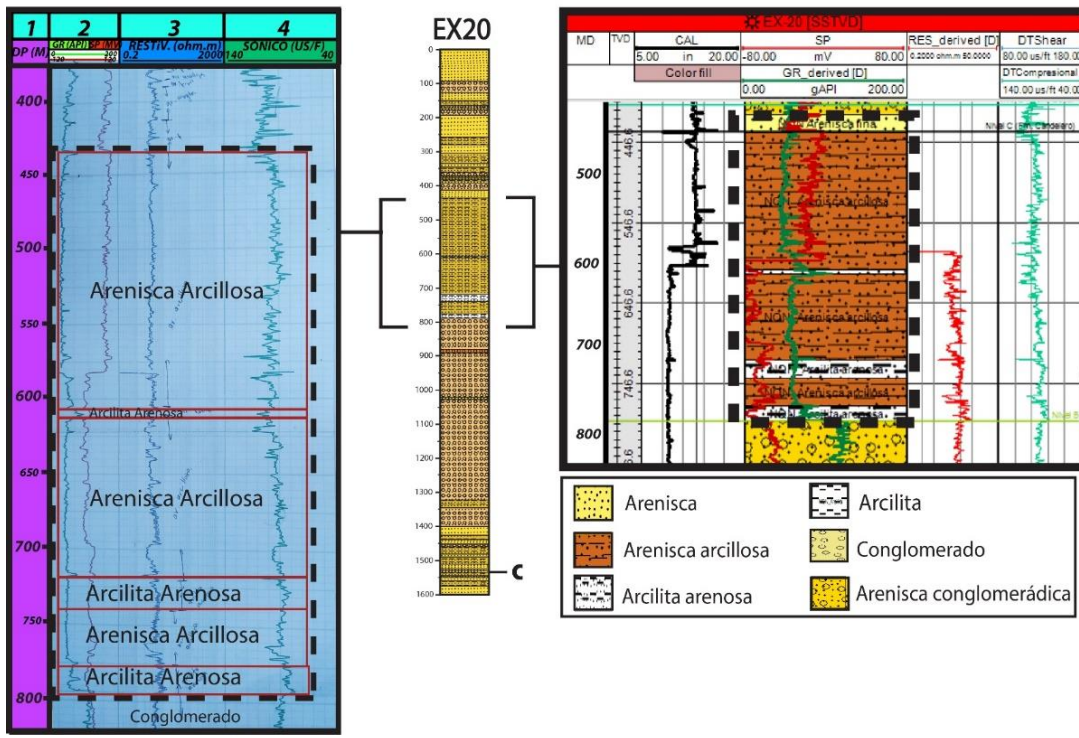


Figura 90: Perfiles eléctricos del sector del Nivel Sello del pozo EX-20.

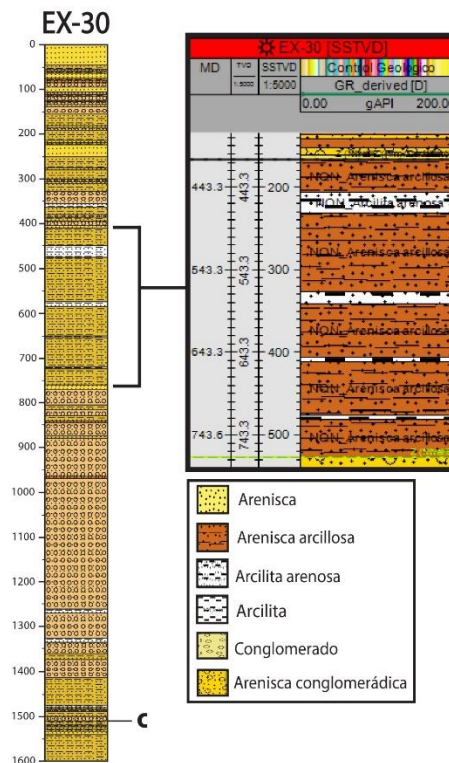


Figura 91: Perfiles eléctricos del sector del Nivel Sello del pozo EX-30.

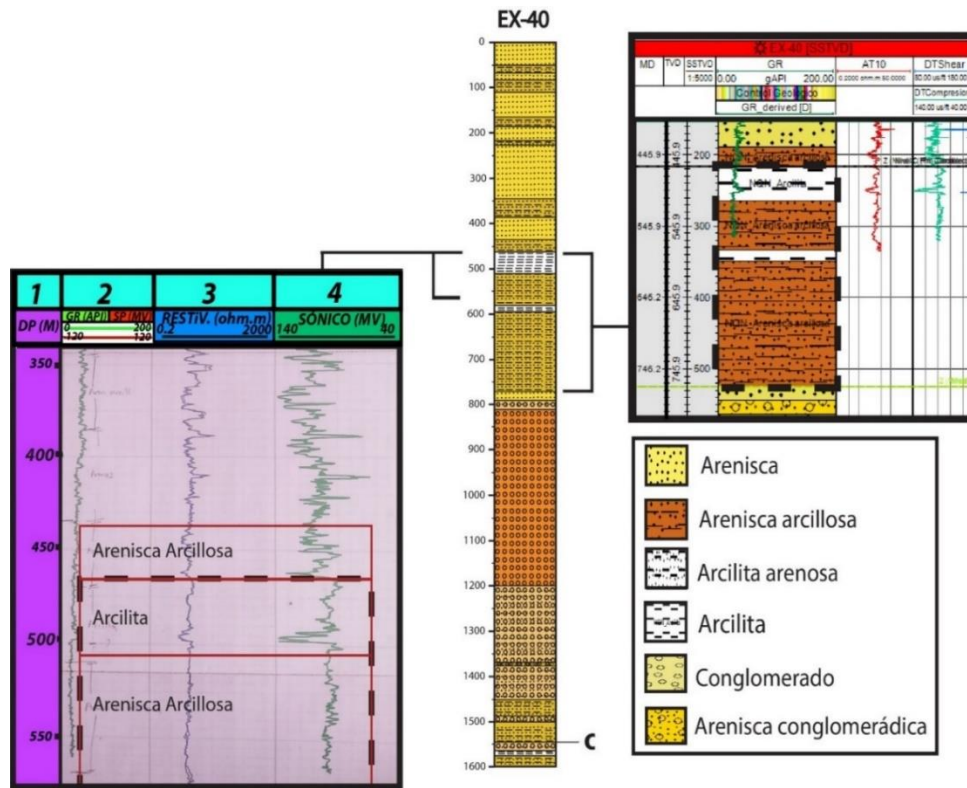


Figura 92: Perfiles eléctricos del sector del Nivel Sello del pozo EX-40.

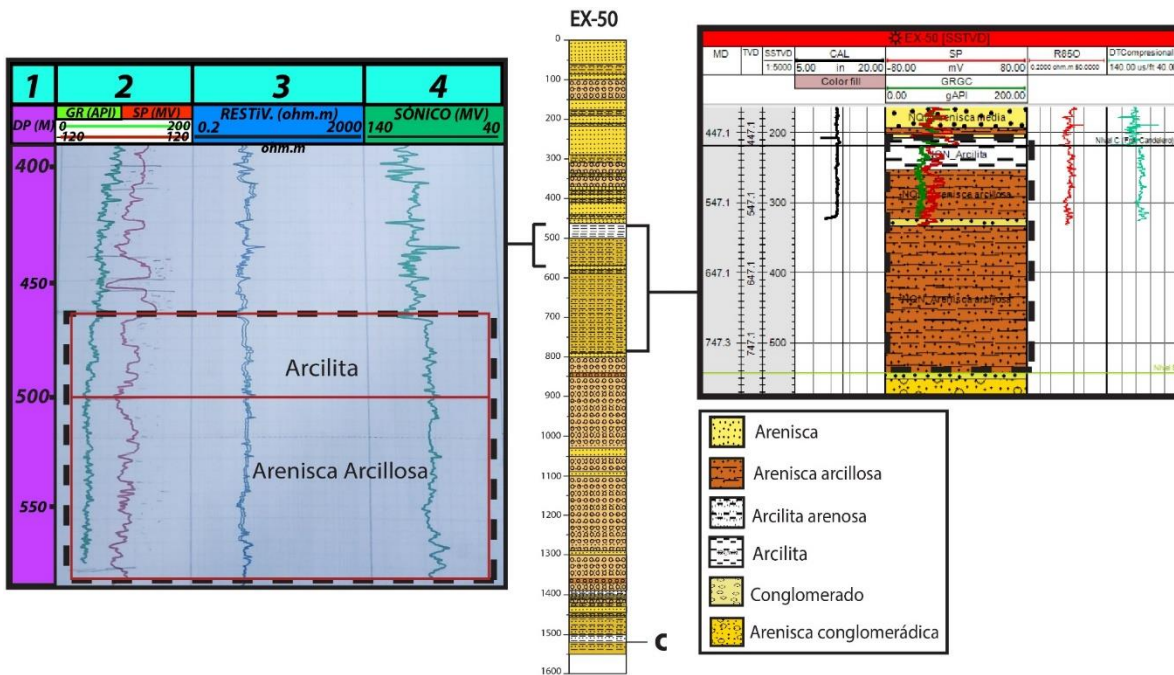


Figura 93: Perfiles eléctricos del sector del Nivel Sello del pozo EX-50.

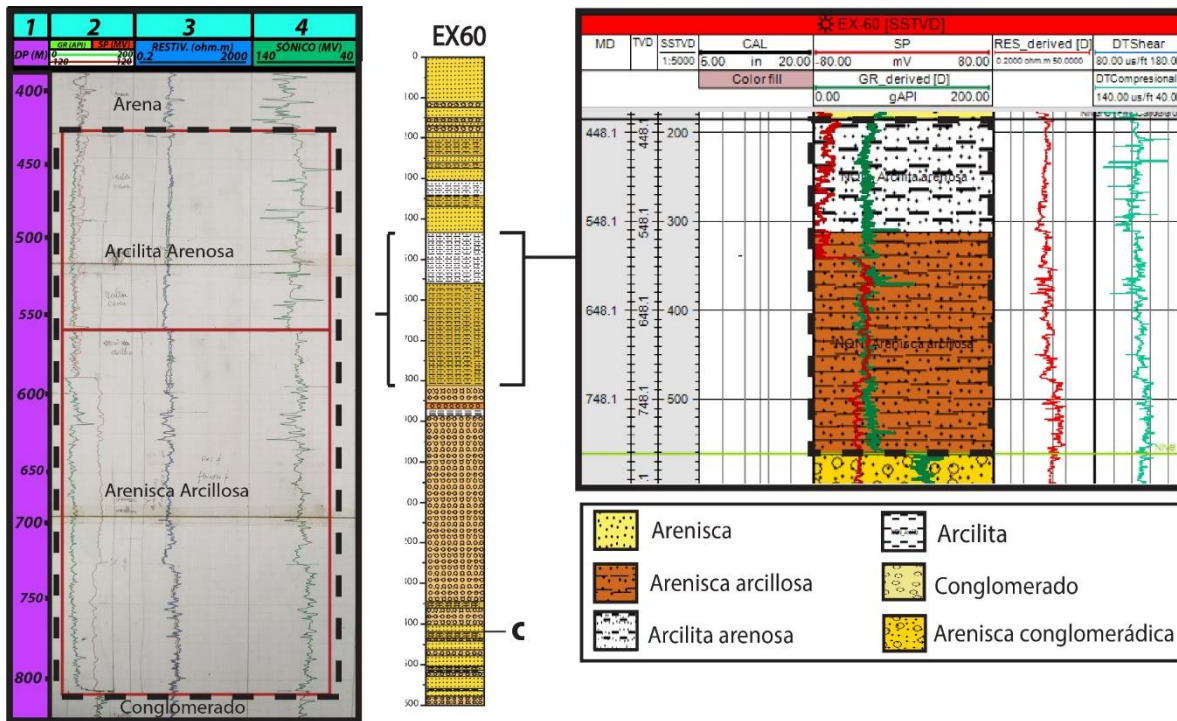


Figura 94: Perfiles eléctricos del sector del Nivel Sello del pozo EX-60.

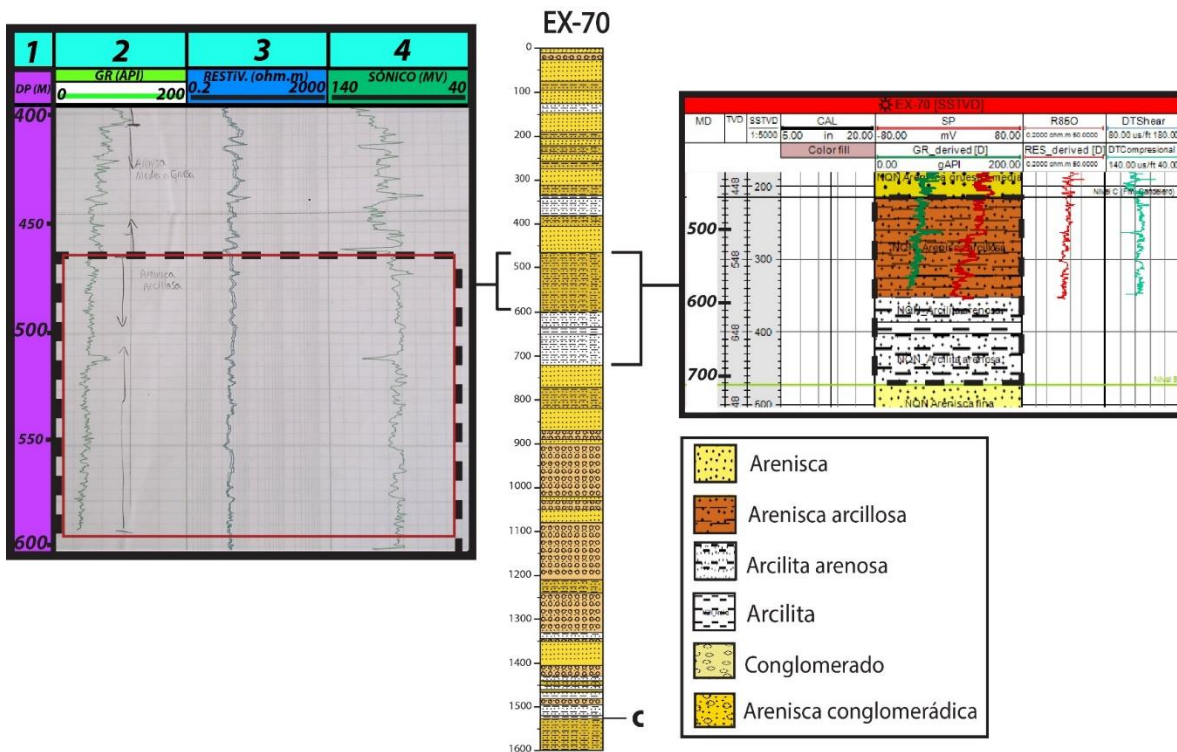


Figura 95: Perfiles eléctricos del sector del Nivel Sello del pozo EX-70.

CARACTERÍSTICAS PETROFÍSICAS DE LOS NIVELES SELLOS Y ACUÍFEROS

A lo largo de este trabajo final de grado se nombraron algunas propiedades petrofísicas de los niveles sellos de las secciones analizadas en la zona de EFO; estos son muy importantes debido a que sirven como barreras verticales para la protección de los acuíferos. En este apartado se analizarán las propiedades más significativas de las arenas haciendo hincapié en las propiedades eléctricas y su relación con las variaciones de salinidad (Fig. 96 - Tab.3). Esto último permite definir zonas de agua dulces versus de agua salada según la normativa que rige en la provincia de Río Negro. Según la Ley No. 4637 se considera agua subterránea dulce aquella cuyo contenido en sales totales no supera las 1.500 partes por millón, o que su conductividad específica sea menor a 2.000 micromhs por centímetro.

Para estimar la salinidad de agua se deberá conocer la Resistividad del agua (R_{wa}) y para calcular este parámetro, se deberá utilizar la siguiente fórmula:

$$R_{wa} = ILD * (PHIT)^m$$

<i>PHIT</i>	<i>Porosidad calculada a partir del perfil sónico</i>
<i>m</i>	<i>Exponente de cementación</i>
<i>ILD</i>	<i>Resistividad de la Formación en la zona virgen (zona profunda no afectada por el lodo de perforación)</i>

Con este cálculo se obtiene un R_{wa} variable para toda la formación. En función de la Ley No. 4637 que estipula un R_w (R_w normativa) para separar zona de agua dulce versus zona de agua salada. Al comparar estas dos curvas a lo largo del pozo se pudieron separar tres zonas con rangos de resistividad de agua de formación distinta:

- Valores de $R_{wa} > R_{wa}$ normativa: Zona de agua dulce
- Valores de $R_{wa} < R_{wa}$ normativa: Zona de agua salada

Entonces los valores de resistividades altos indican bajas conductividades (baja salinidad), y resistividades bajas indican altas conductividades (alta salinidad).

Una vez calculado R_{wa} a lo largo de todo el pozo se puede conocer el valor de la salinidad utilizando las siguientes formulas, donde X es el Exponente de saturación:

$$\text{Salinidad} = 10^x$$
$$X = \frac{3.562 - \log(R_{wa} - 0.0123)}{0.955}$$

En función a las tres zonas de salinidades distintas se obtuvieron tres rangos de salinidad: Para los primeros 300 metros valores de salinidad < 2000 ppm; de los 300 a los 450 metros valores de salinidad < 5000 ppm y a partir de los 450 metros valores de salinidad > 15000 ppm.

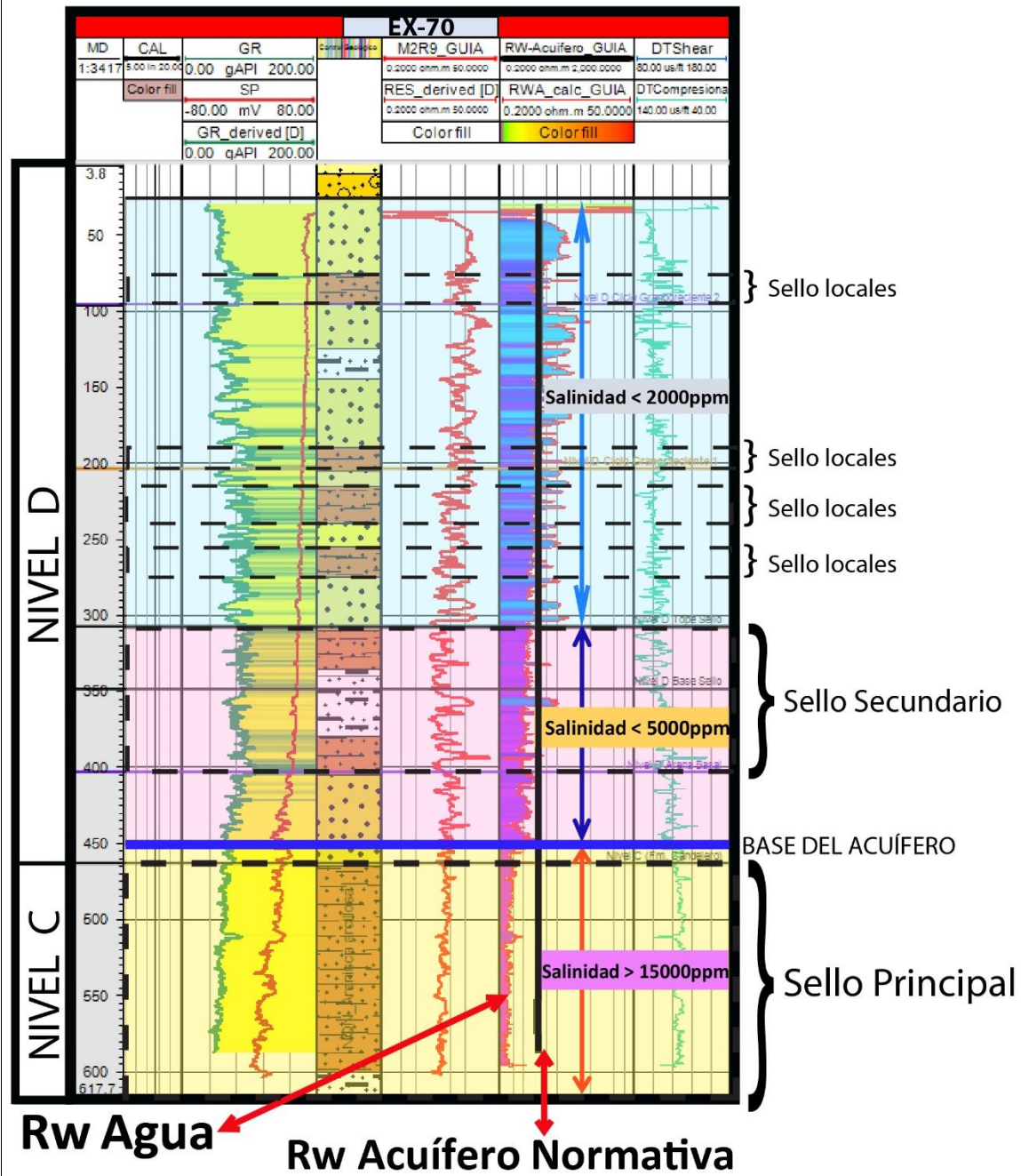


Figura 96: Escenario posible de la zona de EFO mostrando los sellos y los niveles de salinidades del acuífero.

CARACTERÍSTICAS DE LOS SELLOS									
SELLOS	Nvl	Espesor (m)	Litología	Cont. Lateral	GR (API)	DT (us/ft)	Perm.	Acuíferos	Form.
Sello Locales	D	10-20m.	*Aren. Arcillosa	Poca	80	120	Baja	Dulce	Gr. Neuquén
Sello Secundario	D	50m.	*Aren. Arcillosa *Arcilita arenosa	Alta	90	120	Baja	Salino	Gr. Neuquén
Sello Principal	C	350m.	*Arenisca arcillosa *Arcilita arenosa *Arcilita	Muy alta	70	80	Baja	Salino	Gr. Neuquén

Tabla 3: Características de los sellos y acuíferos del Grupo Nuequén.

SELLO SECUNDARIO Y SELLOS MENORES

El Nivel D, es caracterizado por depósitos de arenas finas a gruesas en su mayoría de colores que van desde castaños rojizos a castaños claros, en varios casos con abundante matriz arcillosa y con poca selección. Este nivel se encuentra con intercalaciones de areniscas arcillosas, similares a las areniscas del Nivel C, y en menor medida arcilitas arenosas y arcillitas. Dentro de este nivel se puede observar una continuidad lateral de menor tamaño de granulometría, denominando "Sello secundario" como también se puede ver algunas continuidades laterales entre pozos cercanos y espesores considerables por lo cual se denominaron "Sello locales", ya que podrían funcionar como sellos para ese sitio. Cabe destacar que el nivel del Sello secundario como los Sellos locales se toma con ambigüedad ya que sus correlaciones no son tan continuas y los espesores no son tan considerables como el Sello Principal (Nivel C). (Fig. 97).

A continuación, se plantea las correlaciones de los sellos dentro del Nivel C. La primera imagen muestra la correlación previa utilizando los análisis de los perfiles eléctricos y litológicos y la segunda imagen exponiendo un posible diseño del subsuelo empleando los perfiles litológicos elaborados a través del análisis de los recortes de perforación de cada pozo (Fig. 98).

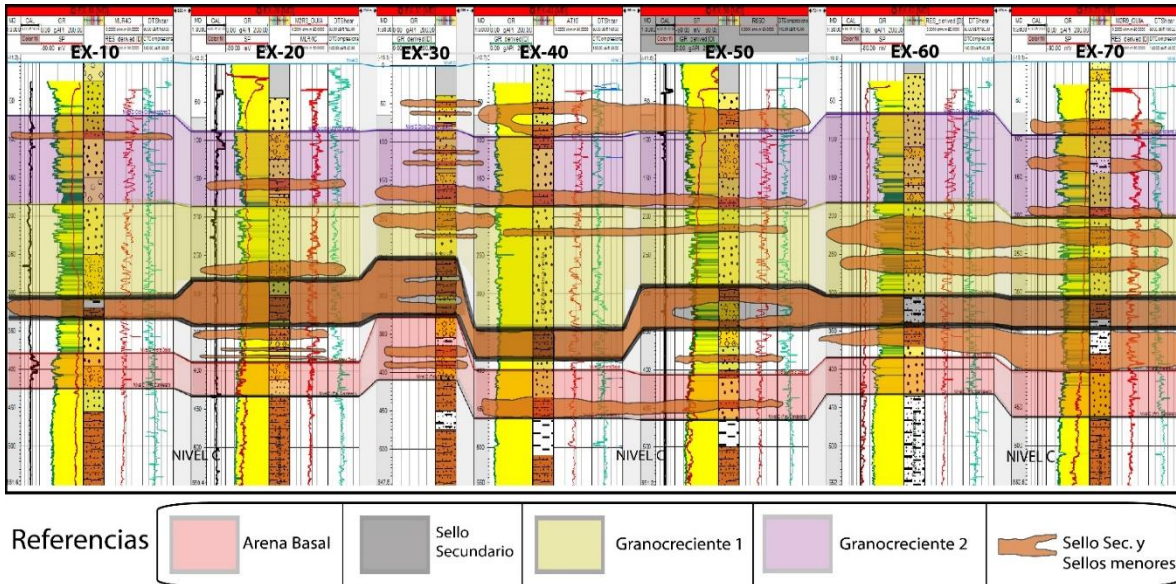


Figura 97: Correlación del Sello secundario y los Sellos locales; a la vez correlaciones de las unidades dentro del Nivel D.

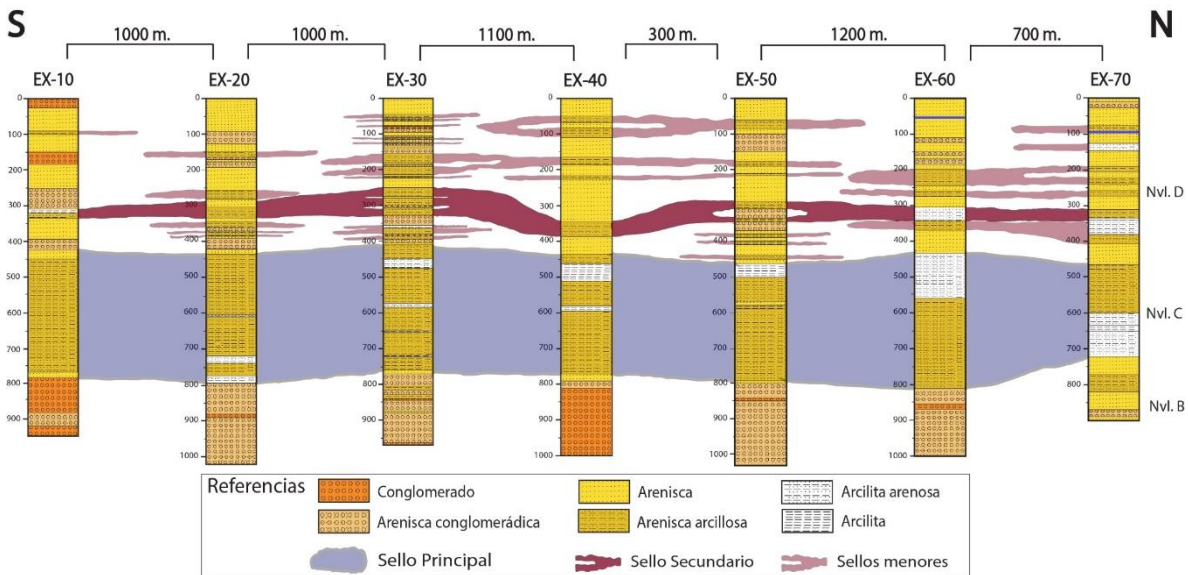


Figura 98: Perfiles litológicos de todos los pozos, definiendo el Sello Principal, el Sello Secundario y los Sellos menores.

MAPA (3D) DEL SELLO PRINCIPAL

La vista en tercera dimensión se consideró necesaria para tener una mayor visualización del Sello Principal basándonos en el tope y la base; donde los colores rojos muestran las zonas altas y los celestes las zonas más bajas (Fig. 99-Tab. 4). A la vez los mapas muestran la ubicación de los pozos y los topes de cada nivel identificados con los siguientes colores:

Granocreciente 2	Azul		Tope
Granocreciente 1	Amarillo		Tope
Sello Secundario	Gris		Tope
Sello Secundario	Gris		Base
Arena Basal	Rojo		Tope
Sello Principal (Nv.C)	Negro		Tope
Nivel B	Verde		Tope
Nivel A	Amarillo osc.		Tope
Formación Centenario	Rosa		Tope

Tabla 4: Topes de cada sección.

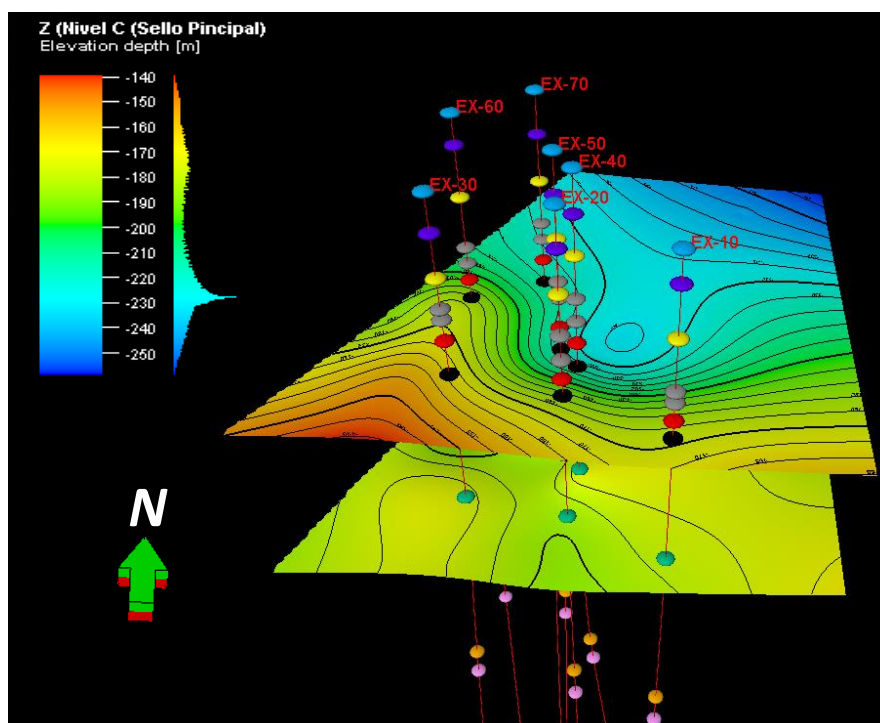


Figura 99: Vista del Sur hacia el Norte

DISCUSIONES

ANOMALÍA DE ESPESOR Y SELLO PRINCIPAL DEL GRUPO NEUQUÉN EN LA ZONA DEL YACIMIENTO ESTACIÓN FERNÁNDEZ ORO

En este apartado se describirá el gran espesor sedimentario que posee el Grupo Neuquén en la zona del yacimiento Estación Fernández Oro. Este espesor adicional está representado por el Nivel A y Nivel B; teniendo el primero con espesores que pueden alcanzar los 600 metros y el segundo con espesores mayores a 100 metros. El Nivel B está representado por sedimentos gruesos clasificados en areniscas conglomerádicas y conglomerados de colores castaños claro-gris con matriz arenosa de grano fino a grueso; mientras que el Nivel A esta constituido con intercalaciones de varias litologías. En todos los pozos de la zona se puede observar una predominancia de areniscas conglomerádicas constituyentes al Nivel B.

Se compararon los espesores del Grupo Neuquén en el yacimiento con el trabajo de Alonzo *et al.*, (2018). Este último, muestra un mapa isopáquico del Grupo Neuquén de toda la zona extrandina de la provincia de Neuquén mostrando los espesores mayores en dos zonas: en el área del volcán Auca Mahuida en el norte, y en la parte sur para el área cercana a San Patricio del Chañar (espesores entre 900 y 1000 metros). El yacimiento EFO se ubica a 60 kilómetros de esta última localidad y muestran espesores de 1500 metros aproximadamente (Fig. 100-101). Además, si se observa el trabajo regional estratigráfico de la provincia de Neuquén de Garrido (2010), donde los espesores máximos para el Grupo Neuquén son de 1200 metros; se sigue observando aun así un espesor anómalo dentro de dicho grupo en la zona de EFO (Fig. 102).



Figura 100: Ubicación del yacimiento EFO en comparación con la localidad de San Patricio del Chañar. Están separados 60 kilómetros de distancia. Vista desde Google Earth.

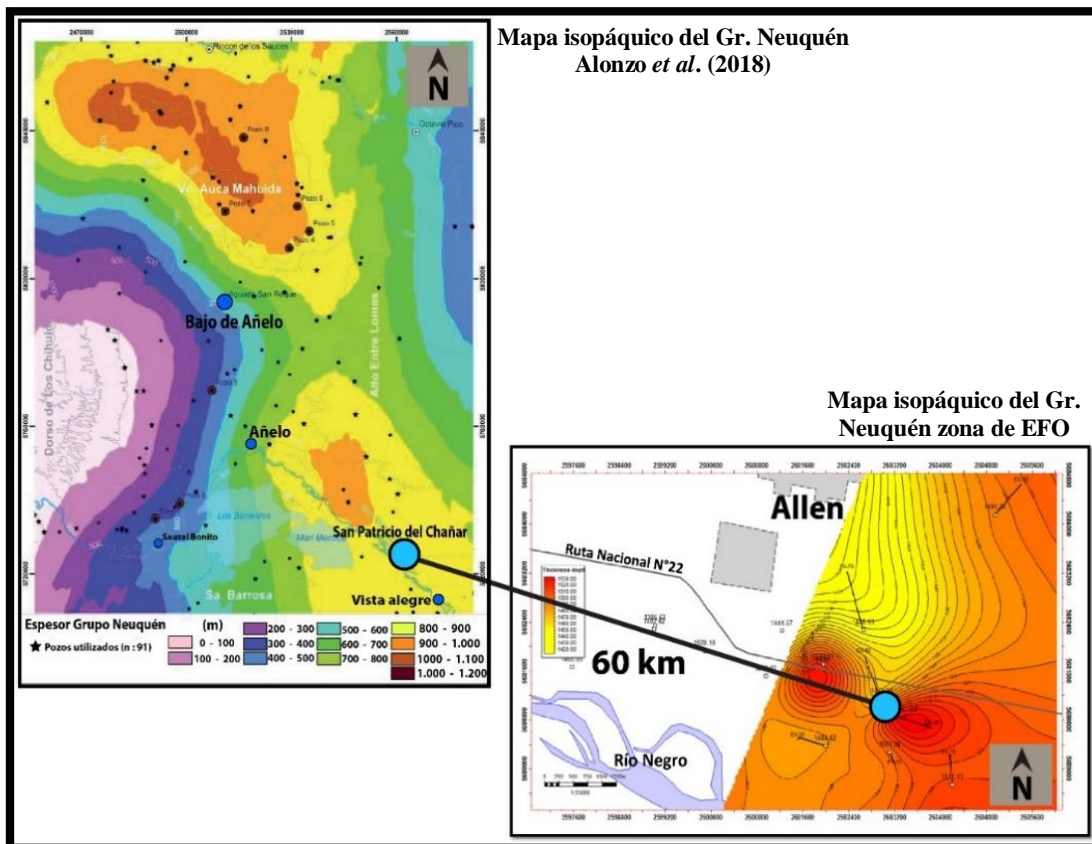


Figura 101: Comparación de espesores del Grupo Neuquén en el trabajo de Alonzo *et al.* (2018) (900-1000 metros de espesor para San Patricio del Chañar) y lo interpretado para el yacimiento EFO (1600 metros de espesor).

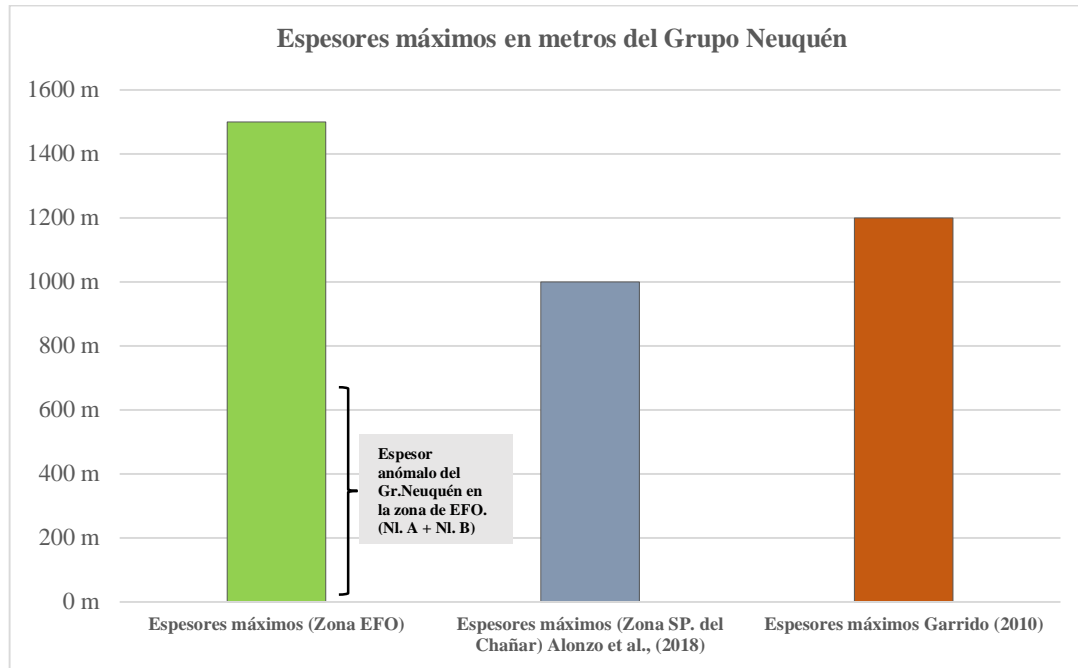


Figura 102: Espesores máximos del Grupo Neuquén en cada zona estudiada.

En el trabajo de Laurenzano *et al.*, (2018), el cual se realizó perfilajes en la misma área de estudio que de Alonzo *et al.*, (2018) se ha podido correlacionar con la zona de EFO, donde se pudo distinguir una semejanza en las respuestas de los perfiles eléctricos y coincidiendo con los diferentes topes de los niveles del yacimiento. Donde el Nivel A y B (anomalía) pertenecerían a la Formación Rayoso, el Nivel C (Sello Principal) a la Formación Candeleros y por encima el Nivel D conteniendo el Tope S2; siendo este último el nivel Sello Secundario de la zona de EFO.

Esto mismo se puede observar a lo largo de los diferentes perfiles de EFO, pero aún sigue poniendo en duda la base del Grupo Neuquén; poder identificar si el Nivel A y Nivel B son una anomalía o sería una continuación de la Formación Rayoso y si el Nivel C (Sello Principal) corresponde a la Formación Candeleros expuesta por dichos autores (Fig. 103).

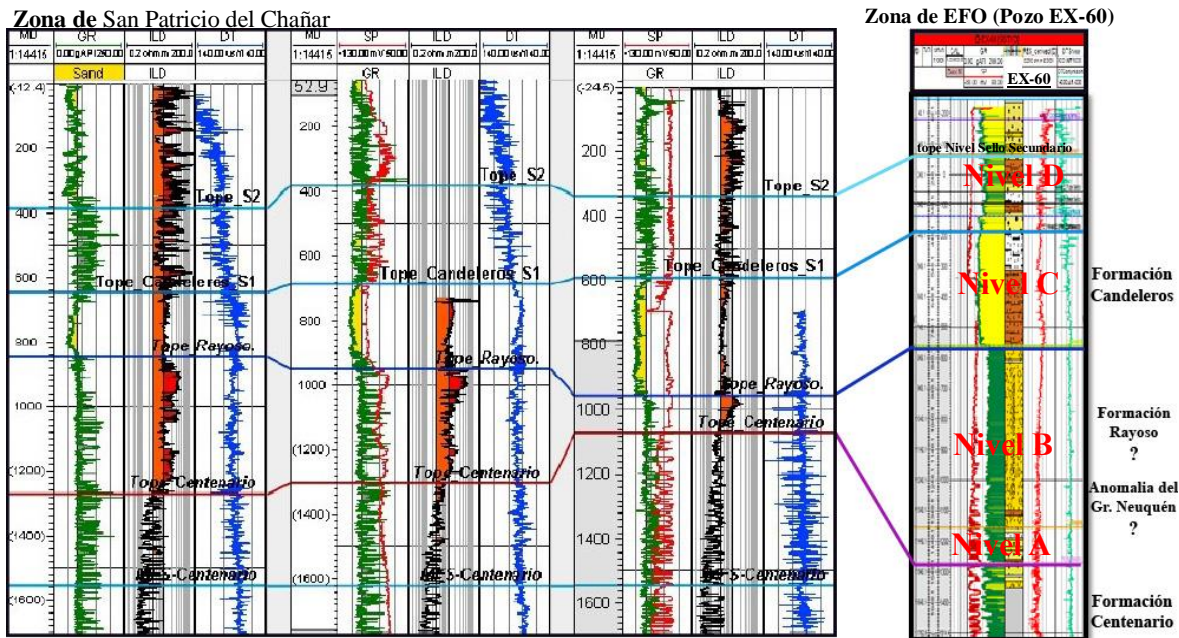


Figura 103: Correlación llevada a cabo por Laurenzano *et al.*, (2018) y perfilaje del pozo EX-60.

ACUÍFEROS DEL GRUPO NEUQUÉN

En cuanto los acuíferos del Grupo Neuquén, el trabajo de Alonzo *et al.*, (2018), a través de estudios de perfiles, afirman que la base del grupo no se ha detectado acuíferos, cómo es igual a la zona de EFO, donde la base de los acuíferos comienza en el Nivel D y por encima del Nivel C (Sello Principal). Esto nos ayudaría afirmar que el Nivel C sea posible Formación Candeleros (base del Grupo Neuquén).

Además, estudios de los acuíferos del Grupo Neuquén, de la zona de San Patricio del Chañar realizados por estos autores, muestran que los acuíferos de este grupo pueden llegar a valores de salinidades de hasta 3.000 mpp; mientras que en la zona de EFO se puede apreciar aguas más salinas que pueden llegar hasta los 5.000 mpp. Es importante mencionar que a pesar de estas diferencias de valores, aun así, estos acuíferos mantienen salinidades similares.

CONCLUSIONES

- ❖ El trabajo final consistió en la descripción y correlación estratigráfica del Grupo Neuquén, orientado a la determinación de los principales niveles sello dentro de dicha unidad en la zona Este del Yacimiento Estación Fernández Oro (EFO); a través de descripciones litológicas, elaboración de perfiles, correlación de pozos, interpretación sísmica, generación de mapas y análisis de laboratorio. Cabe destacar que también se trabajó en el ajuste del tope de la Formación Centenario.
- ❖ El estudio se llevó a cabo a través del análisis de 7 pozos de la zona este del yacimiento, donde se realizó la descripción de los recortes de perforación extraídos cada 5 metros y diferentes análisis que permitió definir cuatro niveles estratigráficos dentro del Grupo Neuquén. Estos niveles fueron llamados Nivel A, B, C y Nivel D.
- ❖ El Nivel C sería de mayor interés como sello. En este nivel se logró identificar una gran continuidad litológica de depósitos finos, entre los 450 y 780 metros de profundidad aproximadamente; considerándolo como posible sello principal de acuíferos del Grupo Neuquén. En cuanto al Nivel D, ubicado entre los 780 metros y la superficie, se ha considerado como zona de interés por su abundancia en depósitos finos. Estos depósitos finos tienen menores espesores y no tienen la gran continuidad que posee el Nivel C. Estos niveles internos del Nivel D podrían actuar como posibles sellos locales.
- ❖ Los estudios de laboratorio se llevaron a cabo en las muestras extraídas dentro del nivel sello de los pozos EX-10, EX-40 y EX-70. En estos últimos se realizó análisis de difracción de rayos X (DRX) y adicionalmente dos de ellas fueron analizadas en

el microscopio electrónico de barrido (SEM-EDS). Estos estudios muestran que la composición mineralógica homogénea, permitiendo interpretar que se trata de la misma roca con continuidad lateral del sello.

- ❖ En cuantos los minerales arrojados por el SEM-EDS y el DRX, indicaron minerales de tipo **arcilla del grupo de la illita y esmectita en** ambas muestras, lo que nos ayudaría afirmar la continuidad lateral del Nivel C (Sello Principal). Este último mineral tiene la propiedad de expandirse lo que podría beneficiar a que el Nivel C tenga una baja permeabilidad y ser un buen sello. Es importante resaltar que los estudios del SEM-EDS indicaron en muchas oportunidades varios elementos en un mismo mineral, lo que podría estar indicando una tendencia a una interestratificación illita-esmectita.
- ❖ Entre los elementos indicados por el SEM-EDS se observó calcita y carbono, donde la calcita podría estar como traza entre los filosilicatos o se encuentre como cemento y el carbono este indicando bitumen, ya que se han encontrado este mineral en pozos vecinos en el mismo nivel donde fue extraída la muestra.
- ❖ El sello correspondiente al Nivel C es considerado como el mejor intervalo para la protección de acuíferos, ya que corresponde al de mayor espesor (350 metros) de litologías finas dentro de todas las secciones estudiadas. Además, a escala regional se puede observar el Nivel C posee mayores espesores de litologías más finas de Sur a Norte del yacimiento.
- ❖ El Nivel C es un intervalo del Grupo Neuquén, que por sus características en perfiles eléctricos podría corresponder a la Formación Candeleros.

- ❖ La expresión anómala que se halla en la zona de EFO es equivalente a las unidades denominadas Nivel B y Nivel A, perteneciente al Grupo Neuquén, pudiéndose ver mayores espesores en comparación a la zona extrandina de Neuquén y a la estratigrafía descriptas en la actualidad.
- ❖ El acuífero del yacimiento se encuentra por encima del Sello Principal (Nivel C).
- ❖ Para calcular y saber la salinidad del agua de EFO se debe obtener un R_{wa} variable para toda la formación. En función de la Ley No. 4637 que estipula un R_w (R_w normativa) para separar zona de agua dulce versus zona de agua salada. Al comparar estas dos curvas a lo largo del pozo se pudieron separar tres zonas con rangos de resistividad de agua de formación distinta
- ❖ Con el cálculo de R_{wa} (resistividad de la roca y los fluidos que los contienen) comparándolo con la normativa vigente en la Provincia de Río Negro, se infiere que las aguas saladas se encontraran del lado izquierdo de la normativa y las que se encuentran del lado derecho serán consideradas aguas dulces. Esto se puede ver que las aguas dulces se encuentran principalmente por encima del Sello Principal y el Sello Secundario.
- ❖ Los acuíferos de aguas dulces se encuentran a una profundidad de hasta 200 metros aproximadamente
- ❖ El Sello Principal como también el Sello Secundario funcionaría bien para la protección y preservación de las aguas dulces.
- ❖ Los acuíferos de la zona de EFO son más salinos que los acuíferos de la zona noroeste de la provincia de Neuquén.

ESCENARIO EN EL AREA DE ESTUDIO

A continuación, se puede observar el escenario posible del área de estudio del yacimiento Estación Fernández Oro (Fig. 105).

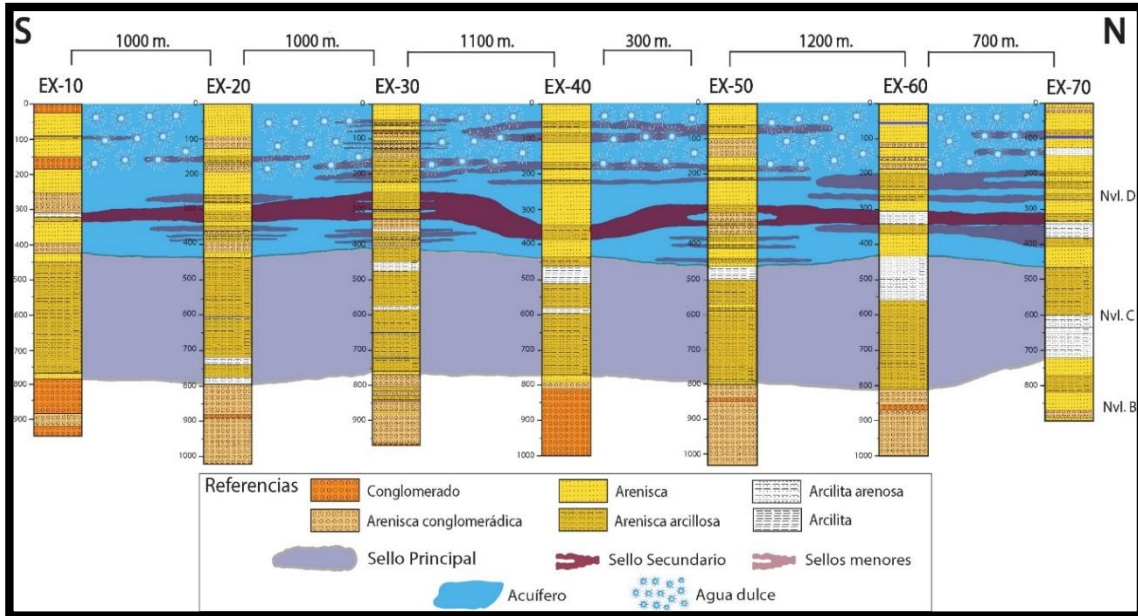


Figura 105: Escenario hipotético del yacimiento EFO.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre-Urreta, M.B., Casadío, S., Cichowolski, M., Lazo, D.G. y Rodríguez, D.L. 2008. Afinidades paleobiogeográficas de los invertebrados cretácicos de la Cuenca Neuquina. *Ameghiniana (Rev. Asoc. Paleontol. Argent.)* - 45 (3): 593-613.
- Aguirre-Urreta, M.B. 2013. Amonoideos del Valanginiano-Hauteriviano de la cuenca Neuquina: sistemática, bioestratigrafía y paleobiogeografía. *Tesis Doctoral*. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 269 pp.
- Alonso, M., Dufilho, A.C., Giusiano, A. 2018. Límites litoestratigráficos de las unidades acuíferas Formación Rayoso y Grupo Neuquén en la cuenca neuquina. Universidad Nacional del Comahue - Facultad de Ingeniería Lic. en Ciencias Geológicas - Dpto. de Geología y Petróleo.
- Arregui C., Carbone, O. & Leanza, H.A. 2011. Contexto Tectosedimentario. Relatorio 18° Congreso Geológico Argentino.
- Asurmendi, E. y Sánchez, M.L., 2015. Stratigraphy and sedimentology of the terminal fan of Candeleros Formation (Neuquén Group), Lower Cretaceous, Neuquén Basin, provinces of Neuquén and Mendoza, Argentina. *Andean Geology* 42 (3): 329-348. September, 2015.
- Cazau, L.B. y Uliana, M.A. 1973. El Cretácico superior continental de la Cuenca Neuquina. 5° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 131-163. Buenos Aires.
- Cristallini, E., Pando, G., Martínez, J.M., Buhler, M., Tomezzoli, R., Gazzera, C., Quiroga, J., Bechis, F., Barredo, S. y Zambrano, O. 2009. Controles precuianos en la estructura de la cuenca Neuquina *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65 (2): 248-264.
- Cobbold, P.; Rossello, E. 2003. Aptian to recent compressional deformation, foothills of the Neuquén Basin, Argentina. *Marine and Petroleum Geology* 20: 429-443.
- De Ferrariis, C. 1968. El Cretácico del Norte de la Patagonia. 3° Jornadas Geológicas Argentinas. Actas 1: 121-144. Buenos Aires.
- Dingus, L., Garrido, A.C., Scott, G.R., Chiappe, L.M., Clarke, J. & Schmitt, J.G. 2009. The litho-bio-, and magnetostratigraphy of titanosaurian nesting sites in the Anacleto Formation at Auca Mahuevo (Campanian, Neuquén Province, Argentina). En: Barry Albright III, L. (Ed.): *Papers on Geology, Vertebrate Paleontology, and Biostratigraphy in Honor of Michael O. Woodburne*. Museum of Northern Arizona Bulletin 65: 237- 258.
- Franzese, J., Spalletti, L., Gómez Pérez, I. y Macdonald, D. 2003. Tectonic and paleoenvironmental evolution of Mesozoic sedimentary basins along the Andes foothills of Argentina (32°-54°S). *Journal of South American Earth Sciences*. 16: 81-90.
- Folk, R. 1951. Stages of textural maturity in sedimentary rocks. *Journal of Sedimentary Petrology* 21: 127-130.
- 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).
- Gazzera, C.E. & L.A. Spalletti. 1990. Modelo de sedimentación arenosa y fangosa en canales fluviales: Grupo Neuquén inferior, Cretácico, Argentina Occidental. *Revista Geológica de Chile* 17(2): 131-151.
- Howell, J.A., Schwarz, E., Spalletti, L.A., y Veiga, G.D., 2005. The Neuquen Basin; an overview (in The Neuquen Basin, Argentina; a case study in sequence stratigraphy and basin dynamics) *Geological Society Special Publications*, 252, 1-14.
- Hugo, C.A. & H.A. Leanza. 2001. Hoja Geológica 3069- IV General Roca (escala 1:250.000). Provincias de Río Negro y Neuquén. Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR. Boletín 308: 1-65. Buenos Aires.
- Macdonald, D., Gómez Perez, I., Franzese, J., Spalletti, L., Lawver, L., Gahagan, L., Dalziel, I., Thomas, C., Trewin, N., Hole, M. & Paton, D. 2003. Mesozoic break-up of SW Gondwana: implications for regional hydrocarbon potential of the southern South Atlantic. *Marine and Petroleum Geology* 20:287-308.
- Mendiberri H. & Carbone, O. 2002. Cuenca Neuquina: Marco geológico y reseña histórica de la actividad petrolera. En: Schiuma, M., Hinterwimer, G. & Vergani, G. (Eds.): *Rocas reservorio de las cuencas productivas argentinas*. 5° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos (IAPG): 201-211. Mar del Plata.

- Mpodozis, C. y Ramos, V.A. 1989. The Andes of Chile and Argentina. En Ericksen G.E., Cañas Pinochet, M.T. y Reinemud, J.A. (eds.) Geology of the Andes and its relation to hydrocarbon and mineral resources. Circumpacific Council for Energy and Mineral Resources, Earth Sciences Series 11:59-90.
- Laurenzano, B., Hernández, H., Núñez, I., Sticco, M., Deza, M., Curetti, N., Estivariz, A. y García Bes, P., 2018. Generando instrumentos de gestión para protección de acuíferos mediante cooperación entre empresas operadoras hidrocarburíferas bajo coordinación estatal de la provincia del Neuquén. Subsecretaría de Recursos Hídricos. XIV Congreso Latinoamericano de Hidrogeología. X Congreso Argentino de Hidrogeología. VIII Seminario Hispano- Latinoamericano sobre temas actuales de la Hidrología Subterránea. (Inédito).
- Leanza, H.A., C.A. Hugo & D. Repol, 2001. Hoja geológica 3969-I, Zapala (escala 1: 250.000), provincia del Neuquén. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina a escala 1: 250.000. Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR. Boletín 275: 1-128. versión digital. (=2005, Versión impresa).
- Leanza, H.A. 2009. Las principales discordancias del Mesozoico de la Cuenca Neuquina según observaciones de superficie. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, Nueva Serie 11 (2): 145-184. Buenos Aires.
- Legarreta, L. & C.A. Gulisano. 1989. Análisis estratigráfico secuencial de la Cuenca Neuquina (Triásico superior - Terciario inferior). En: G. Chebli & L. Spalletti (Eds.), Cuencas Sedimentarias Argentinas. X° Congreso Geológico Argentino. Serie Correlación Geológica 6: 221-243. Buenos Aires.
- Pángaro, F., Pereira, D.M. & Micucci, E. 2009. El sinrift del ámbito de la dorsal de Huincul, Cuenca Neuquina: su evolución y control sobre el registro estratigráfico del Jurásico y la evolución estructural del área. Revista de la Asociación Geológica Argentina 65(2): 265-277.
- Paz, M., Baez, A.D., Pino, D.A., Yunes, Y.S., Garat, L.M., Ponce J.J. y Tunik. M.A. 2014. Análisis sedimentológico de depósitos lacustres y eólicos del cretácico tardío en la localidad Paso Córdoba, cuenca Neuquina. Revista de la Asociación Geológica Argentina 71 (4): 459 – 471.
- Ramos, V.A. 1981. Descripción Geológica de la Hoja 33c, Los Chihuidos Norte. Provincia del Neuquén. *Servicio Geológico Nacional*. Boletín 182: 1-103. Buenos Aires.
- Ramos, V.A., Zapata T., Cristallini, E. & Introcaso, A. 2004. The Andean thrust system: latitudinal variations in structural styles and orogenic shortening. En: McClay, K. (Ed.): Thrust Tectonics and Hydrocarbon Systems, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 82(3): 30-50.
- Ramos V.A. & Folguera, A. 2005. Tectonic evolution of the Andes of Neuquén: Constraints derived from the magmatic arc and foreland deformation En: Veiga, G.D., Spalletti, L.A., Howell, J.A. & Schwaerz, E. (Eds.): The Neuquén Basin: A case study in sequence stratigraphy and basin dynamics. The Geological Society, Special Publication 252: 15-35. London.
- Roberts González, J.A., 2018. Análisis sismoestratigráfico y estructural del bloque Estación Fernández Oro, Cuenca Neuquina, provincia de Río Negro. Universidad Nacional de Río Negro. Tesis final de grado (TFG).
- Rodríguez, M., Leanza, H. y Salvarredy Aranguren, M. 2007. Hoja Geológica 3969-II, Neuquén, provincias del Neuquén, Río Negro y La Pampa. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 370: 0-165, Buenos Aires.
- Salgado, L., J.I. Canudo, A.C. Garrido, J.I. Ruiz Omeñaca, R.A. García, M.S. de la Fuente, J.L. Barco & R. Bollati. 2009. Upper Cretaceous vertebrates from El Anfiteatro area, Río Negro, Patagonia, Argentina. *Cretaceous Research* 30: 767-784.
- Sánchez, M.L., J. Rossi, S. Morra & P. Parmas. 2008. Análisis estratigráfico secuencial de las formaciones Huincul y Lisandro del Subgrupo Río Limay (Grupo Neuquén – Cretácico Tardío) en el Departamento El Cuy, Río Negro, Argentina. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 15 (1): 1-26.
- Sánchez, M.; Asurmendi, E. 2011. Distribución y evolución del Subgrupo Río Limay (Cretácico Superior) en el sector central de Cuenca Neuquina, provincias de Neuquén, Mendoza y Río Negro. In Congreso Geológico Argentino, No. 18: 1 p. (CD Room). Neuquén.
- Spalletti, L. & C.E. Gazzera. 1994. Eventos eólicos en capas rojas cretácicas (Formación Río Limay, Grupo Neuquén), sector sudeste de la Cuenca Neuquina, Argentina. En: L. Spalletti (Ed.). Contribuciones de los Simposios sobre Cretácico de América Latina. Parte A: Eventos y Registro Sedimentario. Actas: 89-100.

- Tunik, M., A. Folguera, M. Naipauer, M. Pimentel & V. Ramos. 2010. Early uplift and orogenic deformation in the Neuquén Basin: constraints on the Andean uplift from U-PB and Hf isotopic data of detrital zircons. *Tectonophysics* 489(1-4): 258-27.
- Turner, J.C.M. & Baldis, B.A.J. 1978. La estructura transcontinental del límite septentrional de la Patagonia. 7° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 225-238. Buenos Aires.
- Vergani, G.D., Tankard, A.J., Bellotti, H. & Welsink, H.J. 1995. Tectonic evolution and Paleogeography of the Neuquén Basin, Argentina. *Petroleum basins of South America* American Association of Petroleum Geologists, Memoir 62: 383-402.
- Vergani, G.D., Arrregui, C., y Carbone, O., 2011. SISTEMAS PETROLEROS Y TIPOS DE ENTRAMPAMIENTOS EN LA CUENCA NEUQUINA.

ANEXOS

TABLA LITOLÓGICA-DESCRRIPTIVA DE LOS PERFILES

EX - 10			
Profundidad (m)		Descripción	
Inicial	Final	Litología	Comentarios
0	25	Conglomerados	Cast mod, gr- mgr, esc mtz arc, pc sel, ppv.
25	90	Arenisca Medias a Finas	Cast cl, m-f, esc mtz arc, pc sel, ppv.
90	100	Arenisca Arcillosa	Cast cl, m-f, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
100	150	Arenisca Media	Cast cl, m, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
150	185	Conglomerados	Cast cl, gr- mgr, abnt mtz arc, mod sel, ppv.
185	250	Arenisca Media	Cast cl, m, mod mtz arc, mod sel, ppv.
250	310	Arena Conglomerádica	Cast gris, m-mgr, abnt mtz arc, mod sel, ppv.
310	320	Arcilita	Cast rjzo, incl aren. blda-mod.
320	335	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo, f-m, abnt mtz arc, mod sel, ppv.
335	395	Areniscas a Gruesa	Cast gris, g, mod mtz arc, pc sel, ppv.
395	415	Arenisca Conglomerádica	Cast gris, mgr-m, esc mtz arc, pc sel, ppv.
415	455	Arenisca Medias a Gruesas	Cast gris, m-gr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
455	770	Arenisca Arcillosa	Cast mod, f- m, abnt mtz arc, mod sel, ppv.
770	785	Arenisca Media a Gruesa	Cast mod, m-gr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
785	885	Conglomerados	Cast cl, mgr-gr, esc mtz arc, pc sel, ppv.
885	920	Arenisca Conglomerádica	Cast cl, gr-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
920	950	Conglomerados	Cast cl, mgr-gr, esc mtz arc, pc sel, ppv.
950	1275	Arenisca Conglomerádica	Cast rjzo, m-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1275	1290	Conglomerados	Cast rjzo cl, gr-mgr, esc mtz arc, pc sel, ppv.
1290	1405	Arenisca Conglomerádica	Cast mod, m-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1405	1455	Arcilita Arenosa	Cast rjzo cl, incl aren f, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
1455	1475	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo cl, f-m, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1475	1485	Arenisca Media	Cast mod cl, m, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1485	1505	Arcilita Arenosa	Cast rjzo cl, incl aren f, abnt mtz arc, pc sel.
1505	1515	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo cl, f-m, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1515	1525	Arcilita Arenosa	Cast rjzo cl, incl aren f-m. mod-cmp.
1525	1535	Arenisca Media	Cast rjzo cl, m, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1535	1580	Arenisca Conglomerádica	Cast mod cl, gr-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1580	1600	Arcilita Arenosa	Cast rjzo cl, incl aren f-m, mod mtz arc, pc sel.

EX - 20			
Profundidad (m)		Descripción	
Inicial	Final	Litología	Comentarios
45	90	Arenisca Media	Cast cl, m, pc mtz arc, pc sel, ppv.
90	125	Arenisca Conglomerádica	Cast bl, g-mgr, pc mtz arc, pc sel, ppv.
125	150	Arenisca Fina a Media	Cast cl, f-m, pc mtz arc, pc sel, ppv.
150	165	Arenisca Arcillosa	Cast cl, f-m, abnd mtz arc, pc sel, ppv.
165	170	Arenisca Conglomerádica	Cast cl, m-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
170	175	Arenisca Fina a Media	Cast cl, f-m, mod mtz arc, pc sel, ppv.
175	190	Arenisca Conglomerádica	Cast cl, m-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
190	257	Arenisca Media a Gruesa	Cast bl, m-gr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
257	282	Arenisca Arcillosa	Cast bl, f-m, abnd mtz arc, pc sel, ppv.
282	302	Arenisca Media a Gruesa	Cast bl, m-gr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
302	335	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo, f-m, mod mtz arc, pc sel, ppv.
335	345	Arenisca Media a Gruesa	Cast cl, m-gr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
345	360	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo, f-m, mod mtz arc, pc sel, ppv.
360	370	Arenisca Conglomerádica	Cast cl, g-mgr mod mtz arc, pc sel, ppv.
370	375	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo, f, abnd mtz arc, pc sel, ppv.
375	380	Arenisca Fina a Media	Cast, f-m, mod mtz arc, pc sel, ppv.
380	385	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo, f, abnd mtz arc, pc sel, ppv.
385	390	Arenisca Fina a Media	Cast cl, f-m, mod mtz arc, pc sel, ppv.
390	412	Arenisca Conglomerádica	Cast cl, g-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
412	435	Arenisca Fina	Cast rjzo, f, mod mtz arc, pc sel, ppv.
435	605	Arena Arcillosa	Cast rjzo, f-mf, abnd mtz arc, pc sel, ppv.
605	610	Arcilita Arenosa	Rjzo osc, incl aren f, abnd mtz arc, pc sel, ppv.
610	720	Arenisca Arcillosa	Rjzo osc, f-mf abnd mtz arc, pc sel, ppv.
720	740	Arcilita Arenosa	Rjzo osc, incl aren f, abnd mtz arc, pc sel, ppv.
740	775	Arenisca Arcillosa	Rjzo osc, f-mf, abnd mtz arc, pc sel, ppv.
775	795	Arcilita Arenosa	Rjzo osc, incl aren f, abnd mtz arc, pc sel, ppv.
795	880	Arenisca Conglomerádica	Rjzo, m-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
880	890	Conglomerados	Cast cl, gr-mgr pc mtz arc, pc sel, ppv.
890	1020	Arenisca Conglomerádica	Cast rjzo, gr-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1020	1025	Arenisca Media a Gruesa	Cast cl, m-gr, pc mtz arc, pc sel, ppv.
1025	1327	Arenisca Conglomerádica	Cast rjzo, m-mgr, pc mtz arc, pc sel, ppv.
1327	1345	Arenisca Arcillosa	Cast gris, m-f, abnd mtz arc, pc sel, ppv.
1345	1400	Arenisca Conglomerádica	Cast rjzo, m-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1400	1425	Arenisca Media a Gruesa	Cast rjzo, m-gr, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
1425	1440	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo, m-f, abnd mtz arc, pc sel, ppv.
1440	1452	Arenisca Media a Gruesa	Cast rjzo, m-gr, abnd mtz arc, pc sel, ppv.
1452	1460	Arenisca Conglomerádica	Cast cl, m-mgr, mod mtz arc, pc se, ppv.
1460	1480	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo, f-m, abnd mtz arc, pc sel, ppv.
1480	1490	Arenisca Media a Gruesa	Cast, m-gr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1490	1510	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo, abnd mtz arc, pc sel, ppv.
1510	1525	Arenisca Fina a Media	Cast rjzo, f-m, abnd mtz arc, pc sel, ppv.
1525	1530	Arenisca Arcillosa	Rjzo, f, m-f mod mtz arc, pc sel. , ppv.
1530	1535	Arenisca Media a Gruesa	Cast cl, m-gr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1535	1545	Arenisca Arcillosa	Cast osc, f-mf, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1545	1550	Arenisca Conglomerádica	Cast mod, m-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1550	1560	Arenisca Media a Gruesa	Cast mod, m.gr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1560	1575	Arenisca Arcillosa	Rjzo, f-m, mod mtz arc, mod sel, ppv.
1575	1600	Arenisca Media a Fina	Cast rjzo, m-f, abnt mtz arc, mod sel, ppv.

EX - 30

Profundidad (m)		Descripción	
Inicial	Final	Litología	Comentarios
40	45	Arenisca Media a Fina	Cast rjzo, m-f, mod mtz arc, pc sel, ppv.
45	55	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo cl, f-m, abnt mtz arc, mod sel, ppv.
55	60	Arenisca Conglomerádica	Cast rjzo cl, m-mgr, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
60	65	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo cl, f-mf, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
65	75	Arenisca Fina a Media	Cast amll cl, f-m, mod mtz arc, pc sel, ppv.
75	80	Arenisca Arcillosas	Rjzo, f-m, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
80	85	Conglomerado	Cast rjzo cl, m-mgr, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
85	95	Arenisca Conglomerádica	Cast rjzo cl, m-mgr, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
95	105	Arenisca Fina a Media	Cast rjzo, f-m, mod mtz arc, pc sel, ppv.
105	110	Arenisca Conglomerádica	Cast rjzo cl, m-mgr, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
110	115	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo, mod mtz arc, mod sel, ppv.
115	125	Arenisca Conglomerádica	Cast rjzo cl, m-mgr, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
125	130	Arenisca Arcillosa	Cast gris, f-mf, abnt mtz arc, mod sel, ppv.
130	135	Arenisca Conglomerádica	Cast mod, m-mgr, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
135	140	Arenisca Gruesa a Media	Cast rjzo, gr-m, mod mtz arc, pc sel, ppv.
140	155	Arenisca Conglomerádica	Cast mod, m-mgr, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
155	180	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo cl, f-mf, abnt mtz arc, mod sel, ppv.
180	185	Arenisca Media a Gruesa	Cast rjzo, m-gr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
185	190	Arenisca Conglomerádica	Cast rjzo cl, m-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
190	215	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo cl, f-mf, abnt mtz arc, pc sel
215	220	Arenisca Medias a Gruesa	Cast cl, m-gr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
220	225	Arenisca Arcillosa	Rjzo, f-mf, abnt mtz arc, mod sel, ppv.
225	250	Arenisca Gruesa	Cast, gr, mod mtz arc, bna sel, ppv.
250	275	Arenisca Arcillosa	Rjzo gris, f-mf, abnt mtz arc, mod sel, ppv.
275	280	Arenisca Media	Cast cl, m, mod mtz arc, mod sel, ppv.
280	300	Arenisca Arcillosa	Cast cl, f-mf, abnt, mtz arc, mod sel, ppv.
300	305	Arenisca Conglomerádica	Cast rjzo, abnt, mtz arc, pc sel, ppv.
305	310	Arenisca Medias a Gruesas	Cast, m-gr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
310	325	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo, f-mf, abnt, mtz arc, mod sel, ppv.
325	355	Arenisca Conglomerádica	Cast rjzo, m-mgr, mod mtz arc, mod sel, ppv.
355	365	Arcilita Arenosa	Rjzo, incl.aren f. mod-cmp.
365	380	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo, f-mf, abnt, mtz arc, mod sel, ppv.
380	385	Arenisca Conglomerádica	Cast, m-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
385	395	Arenisca Arcillosa	Cast, mod mtz arc, mod sel, ppv.
395	405	Arenisca Conglomerádica	Cast, m-mgr, mod mtz arc, mod sel, ppv.
405	410	Areniscas Media	Gris cl, m, mod mtz arc, bna sel, ppv.
410	450	Arenisca Arcillosa	Rjzo, f-m, abnt mtz arc, mod sel, ppv.
450	475	Arcilita Arenosa	Rjzo, incl.aren f. mod-cmp.
475	570	Arenisca Arcillosa	Rjzo, f-mf, abnt mtz arc, mod sel, ppv.
570	584	Arcilita Arenosa	Rjzo, incl aren f. mod-cmp.
584	650	Arenisca Arcillosa	Rjzo, f-mf, mod mtz arc, mod sel, ppv.
650	655	Arcilita Arenosa	Rjzo, incl aren f, mod-cmp.
655	720	Arenisca Arcillosa	Rjzo, f-mf, abnt mtz arc, mod sel, ppv.
720	725	Arcilita Arenosa	Rjzo cl, incl aren f. mod-cmp.
725	760	Arenisca Arcillosa	Rjzo, f-mf, abnt mtz arc, mod sel, ppv.
770	805	Arenisca Conglomerádica	Cast cl, m-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
805	815	Arenisca Arcillosa	Rjzo, f-mf, abnt mtz arc, mod sel, ppv.
815	830	Arenisca Conglomerádica	Cast cl, gr-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
830	840	Arenisca Arcillosa	Gris, f-mf, abnt mtz arc, mod sel, ppv.

840	845	Conglomerado	Gris, mgr-gr, pc mtz arc, pc sel, ppv.
845	875	Arena Conglomerádica	Gris, gr-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
875	880	Arenisca Gruesa	Gris, gr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
880	965	Arenisca Conglomerádica	Gris, gr-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
965	970	Conglomerado	Gris, mgr-gr, mod mtz arc, mod sel, ppv.
970	1260	Arenisca Conglomerádica	Gris, gr-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1260	1270	Arcilita Arenosa	Rjzo, incl.aren f. blda-mod.
1270	1325	Arenisca Conglomerádica	Gris cl, gr-mgr, mod mtz arc, mod sel, ppv.
1325	1335	Arcilita Arenosa	Rjzo, incl.aren f. mod-cmp.
1335	1360	Arenisca Conglomerádica	Gris cl, gr-mgr, mod mtz arc, mod sel, ppv.
1360	1375	Arenisca Arcillosa	Rjzo, f-m, abnt mtz arc, bn sel, ppv.
1375	1415	Arenisca Conglomerádica	Gris, m-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1415	1475	Arenisca Arcillosa	Rjzo gris, m-f, abnt mtz arc, bn sel, ppv.
1475	1480	Arcilita Arenosa	Rjzo, incl.aren f, blad.
1480	1485	Arenisca Arcillosa	Rjzo, f-m, abnt mtz arc, bn sel, ppv.
1485	1490	Arenisca Conglomerádica	Gris, gr-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1490	1500	Arenisca Arcillosa	Rjzo, f-m, abnt mtz arc, b sel, ppv.
1500	1510	Arenisca Conglomerádica	Gris, gr-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1510	1520	Arenisca Arcillosa	Rjzo gris, f-m, mod mtz arc, b sel, ppv.
1520	1525	Arenisca Conglomerádica	Gris, gr-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1525	1530	Arenisca Media a Gruesa	Gris cl, m-gr, mod mtz arc, mod sel, ppv.
1530	1535	Arenisca Arcillosa	Rjzo, m-f, abnt mtz arc, b sel, ppv.
1535	1540	Arenisca Media a Gruesa	Gris cl, m-gr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1540	1600	Arenisca Arcillosa	Rjzo, m-f, abnt mtz arc, b sel, ppv.

EX - 40

EX - 40			
Profundidad (m)		Descripción	
Inicial	Final	Litología	Comentarios
0	50	Arenisca Medias a Gruesas	Cast mod, m-gr, esc mtz arc, mod sel, ppv.
50	65	Arenisca Arcillosa	Cast mod, m-f, bnt mtz arc, mod sel, ppv.
65	80	Arenisca Media a Gruesa	Cast rjzo, m-gr, esc mtz arc, pc sel, ppv.
80	110	Arenisca Arcillosa	Cast mod, f-m, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
110	165	Arenisca Media	Cast cl, m, esc mtz arc, pc sel, ppv.
165	185	Arenisca Arcillosa	Cast gris, m-f, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
185	215	Areniscas Media	Cast cl, m, esc mtz arc, pc sel, ppv.
215	225	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo, f-gr, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
225	345	Arenisca Media	Cast cl, m, esc mtz arc, pc sel, ppv.
345	385	Arenisca Arcillosa	Cast mod, f-m, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
385	435	Arenisca Fina a Media	Gris rjzo, f-m, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
435	470	Arenisca Arcillosa	Cast mod, f-m, abnt mtz arc, mod sel, ppv.
470	510	Arcilita	Cast mod, incl aren, blda.
510	580	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo, f-mf, abnt mtz arc, mod sel, ppv.
580	595	Arcilita	Cast mod, incl aren, blda.
595	770	Arenisca Arcillosa	Cast osc, f-mf, abnt mtz arc, mod sel, ppv.
770	790	Arenisca Fina a Media	Cast rjzo, f-m, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
790	810	Arenisca Conglomerádica	Cast osc, m-mgr, esc mtz arc, pc sel, ppv.
810	1200	Conglomerado	Cast rjzo, mgr-gr, esc mtz arc, pc sel, ppv.
1200	1370	Arenisca Conglomeradica	Cast rjzo, g-mgr, esc mtz arc, pc sel, ppv.
1370	1380	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo, f-m, abnt mtz arc, mod sel, ppv.
1380	1450	Arenisca Conglomerádica	Cast rjzo, g-mgr esc mtz arc, pc sel, ppv.
1450	1490	Arenisca Arcillosa	Cast mod, f-m, abnt mtz arc, mod sel, ppv.

1490	1500	Arenisca Conglomerádica	Cast gris, m-mgr, mod mtz arc, mod sel, ppv.
1500	1545	Arenisca Arcillosa	Cast mod, f-m, abnt mtz arc, mod sel, ppv.
1545	1565	Arenisca Conglomerádica	Cast gris, m-mgr, mod mtz arc, mod sel, ppv.
1565	1575	Arcilita	Gris mod, incl aren, blda.
1575	1600	Arenisca Arcillosa	Gris rjzo, f-mf, abnt mtz arc, mod sel, ppv.

EX - 50			
Profundidad (m)		Descripción	
Inicial	Final	Litología	Comentarios
40	60	Arenisca Media	Cast rjzo, m, esc mtz arc, mod sel, ppv.
60	85	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo, m-f, abnd mtz arc, pc sel, ppv.
85	100	Arenisca Media	Cast mod, m, esc mtz arc, bn sel, ppv.
100	150	Arenisca Conglomerádica	Cast rjzo, g-mgr, esc mtz arc, pc sel, ppv.
150	175	Arenisca Media a Gruesa	Cast mod, m-gr, esc mtz arc, esc sel, ppv.
175	190	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo, m-f, abnd mtz arc, pc sel, ppv.
190	210	Arenisca Media a Gruesa	Cast mod, m-gr, esc mtz arc, mod sel, ppv.
210	220	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo, f-gr, abnd mtz arc, pc se, ppv.
220	290	Arenisca Media	Cast rjzo, m, abnd mtz arc, pc sel, ppv.
290	310	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo, f-m, abnd mtz arc, pc sel, ppv.
310	335	Arenisca Conglomerádica	Cast rjzo, m-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
335	345	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo, f, abnd mtz arc, pc sel, ppv.
345	370	Arenisca Conglomerádica	Cast rjzo, m-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
370	380	Arenisca Media a Gruesa	Cast cl, m-gr, mod mtz arc, mod sel, ppv.
380	390	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo, f-m, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
390	400	Arenisca Media a Gruesa	Cast rjzo, m-gr, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
400	410	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo, m-f, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
410	440	Arenisca Media	Cast rjzo, m, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
440	450	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo, f-mf, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
450	455	Arenisca Media	Cast rjzo, m, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
455	500	Arcilita	Cast rjzo, incl aren, blada-mod.
500	570	Arenisca Arcillosas	Cast rjzo, f, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
570	580	Arenisca Finas a Medias	Cast rjzo, f-m, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
580	790	Arenisca Arcillosas	Cast rjzo osc, f-m, abnt mtz arc, pc sel, ppv.
790	800	Arenisca Medias a Gruesas	Cast mod, m-gr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
800	840	Arenisca Conglomerádica	Cast mod, gr-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
840	850	Conglomerados	Cast mod, gr-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
850	1030	Arenisca Conglomerádica	Cast mod, m-gr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1030	1055	Arenisca Medias a Gruesas	Cast mod, m-gr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1055	1090	Arenisca Conglomerádicas	Cast mod, g-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1090	1100	Arenisca Media a Gruesa	Cast rjzo, m-gr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1100	1290	Arenisca Conglomerádica	Cast mod, m-mgr, esc mtz arc, pc sel, ppv.
1090	1100	Arenisca Medias a Gruesas	Cast cl, m-gr, esc mtz arc, pc sel, ppv.
1100	1290	Arenisca Conglomerádica	Cast mod, m-mgr, mod mtz arc-aren, pc sel, ppv.
1290	1300	Arenisca Finas a Medias	Cast cl, f-m, esc mtz arc, pc sel, ppv.
1300	1360	Arenisca Conglomerádica	Cast mod, m-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1360	1370	Conglomerados	Cast cl, mgr-gr, esc mtz arc, pc sel, ppv.
1370	1390	Arenisca Conglomerádica	Cast mod, m-mgr, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1390	1400	Arcilita Arenosa	Cast mod, incl.aren mf, mod-comp.
1400	1405	Arenisca Medias	Cast cl, m, esc mtz arc, pc sel, ppv.
1405	1410	Arenisca Arcillosas	Cast mod, f-mf, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1410	1420	Arenisca Conglomerádica	Cast mod, m-mgr, esc mtz arc, pc sel, , ppv.

1420	1430	Arenisca Arcillosa	Cast mod, m-f, mod mtz arc -aren, pc sel, ppv.
1430	1445	Arenisca Medias	Cast cl, m, mod mtz arc -aren, pc sel, ppv.
1445	1450	Arenisca Arcillosas	Cast mod, m-f, mod mtz arc -aren, pc sel, ppv.
1450	1460	Arenisca Medias	Cast cl, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1460	1500	Arenisca Arcillosas	Cast mod, m-f, mod mtz arc -aren, pc sel, ppv.
1500	1520	Arcilita Arenosa	Cast cl, incl.aren f-m, mod-comp.
1520	1540	Arenisca Arcillosa	Cast mod, m-f, mod mtz arc, pc sel, ppv.

EX - 60			
Profundidad (m)		Descripción	
<i>Inicial</i>	<i>Final</i>	<i>Litología</i>	<i>Comentarios</i>
15	110	Arenisca Fina a Media	Cast mod, f-m, esc mtz arc, bn sel, ppv.
110	125	Arenisca Conglomerádica	Cast mod, f-mygr, mtz aren, bn sel., ppv.
125	150	Arenisca Fina a Media	Cast mod, f-m, mtz aren, bn sel., ppv.
150	160	Arenisca Conglomerádica	Cast mod, m-mygr, mtz aren, bn sel., ppv.
160	170	Arenisca Fina a Media	Cast mod, f-m, esc mtz arc, bn sel, ppv.
170	185	Arenisca Conglomerádica	Cast cl, m-mygr, esc mtz arc, bn sel, ppv.
185	200	Arenisca Media a Gruesa	Cast cl, m-gr, mod mtz arc, bn sel, ppv.
200	245	Arenisca Arcillosa	Cast mod, f-m, abnt mtz arc, bn sel, ppv.
245	250	Arenisca Media	Cast mod, m, esc mtz arc, bn sel, ppv.
250	275	Arenisca Arcillosa	Cast gris, f-m, mod mtz arc, bn sel, ppv.
275	305	Arenisca Fina a Media	Cast cl, f-m, mod mtz arc, bn sel, ppv.
305	340	Arcilita Arenosa	Cast mod, incl aren f, blda.
340	370	Arenisca Arcillosa	Cast cl, f-m, abnt mtz arc, bn sel, ppv.
370	435	Arenisca Media	Cast mod, m, abnt mtz arc, bn sel, ppv.
435	560	Arcilita Arenosa	Cast cl, incl. aren f, blda.
560	810	Arenisca Arcillosa	Cast cl, m-f, abnt mtz arc, blda, ppv.
810	855	Arenisca Conglomerádica	Cast gris, f-mgr, gr- mgr, mtz arn, bn sel, ppv.
855	865	Conglomerados	Cast gris, mgr-m, mtz arn, bn sel, ppv.
865	1345	Arenisca Conglomerádica	Cast cl, f-mgr, pc mtz arc, bn sel, ppv.
1345	1365	Arenisca Arcillosa	Cast mod, m-f, abnt mtz arc, bn sel, ppv.
1365	1405	Arenisca Conglomerádica	Cast mod, f-mgr, esc mtz arc, bn sel, ppv.
1405	1420	Arenisca Fina a Media	Cast gris, f-m, esc mtz arc, bn sel, ppv.
1420	1435	Arcilita Arenosa	Cast mod, incl.aren f, blda.
1435	1445	Arenisca Conglomerádica	Cast mod, f-mgr, abnt mtz arc, bn sel, ppv.
1445	1465	Arenisca Fina a Media	Cast gris, f-m, esc mtz arc, bn sel, ppv.
1465	1480	Arenisca Conglomerádica	Cast gris, m- mgr esc mtz arc, bn sel, ppv.
1480	1505	Arenisca Fina a Media	Cast mod, f-m, abnt mtz arc, bn sel, ppv.
1505	1515	Arenisca Arcillosa	Cast gris, f-mf, abnt mtz arc, bn sel, ppv.
1515	1520	Arcilita Arenosa	Cast mod, incl.aren f, blda.
1520	1530	Arenisca Conglomerádica	Cast gris, m- mgr abnt mtz arc, bn sel, ppv.
1530	1560	Arenisca Media a Gruesa	Cast gris, m-gr, abnt mtz arc, bn sel, ppv.
1560	1565	Arcilita Arenosa	Cast mod, incl.aren f, blda, ppv.
1565	1580	Arenisca Fina a Media	Cast mod, f-m, abnt mtz arc, bn sel, ppv.
1580	1600	Arenisca Conglomerádica	Cast mod, gr- mgr, abnt mtz arc, bn sel, ppv.

EX - 70			
Profundidad (m)		Descripción	
Inicial	Final	Litología	Comentarios
0	10	Arenisca Fina	Cast osc, f, mod mtz arc, pc sel, ppv.
10	25	Arenisca Conglomerádica	Cast cl, m-mgr, pc mtz arc, pc sel, ppv.
25	75	Arenisca Muy Fina a Fina	Cast cl, mf-f, esc mtz arc, bn sel, ppv.
75	95	Arenisca Arcillosa	Cast cl, f-mf, abnt mtz arc, bn sel, ppv.
95	125	Arenisca Media a Gruesa	Cast cl, m-gr, pc mtz arc, pc sel, ppv.
125	145	Arcilita Arenosa	Cast cl, incl aren f, blda.
145	190	Arenisca Media a Gruesa	Cast cl, m-gr, esc mtz arc, bn sel, ppv.
190	205	Arenisca Arcillosa	Cast cl, f-m, abnt mtz arc, bn sel, ppv.
205	215	Arenisca Fina a Media	Cast gris, f-m, mod mtz arc, bn sel, ppv.
215	240	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo cl, f-mf, abnt, mtz arc, mod sel, ppv.
240	255	Arenisca Muy Fina a Fina	Cast rjzo cl, mf-f, esc mtz arc, bn sel, ppv.
255	275	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo cl, mf-f, abnt mtz arc, mod sel, ppv.
275	310	Arenisca Fina a Media	Cast rjzo cl, f-m, abnt mtz arc, mod sel, ppv.
310	335	Arenisca Arcillosa	Cast, mf-f, mod mtz arc, mod sel, ppv.
335	340	Arcilita	Cast rjzo cl, incl aren, mod-comp.
340	380	Arcilita Arenosa	Cast rjzo, incl aren f, mod-comp.
380	405	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo, f-m, mod mtz arc, bn sel, ppv.
405	465	Arenisca Gruesa a Media	Cast mod, gr-m, mod mtz, mod sel, ppv.
465	600	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo, f-m, mod mtz arc, bn sel, ppv.
600	635	Arcilita Arenosa	Cast rjzo osc, incl aren mf, blda-mod.
635	650	Arcilita	Cast rjzo cl, incl aren, mod-comp.
650	720	Arcilita Arenosa	Cast rjzo cl, incl aren mf, mod-comp.
720	775	Arenisca Fina	Cast cl, f, pc mtz arc, pc sel, ppv.
775	820	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo osc, f, abnt mtz arc, bn sel, ppv.
820	870	Arenisca Media a Gruesa	Cast cl, m-gr, pc mtz arc, pc sel, ppv.
870	890	Arenisca Conglomerádica	Cast mod, f-mgr, pc mtz arc, pc sel, ppv.
890	900	Arenisca Fina a Media	Cast, f-m, pc mtz arc, pc sel, ppv.
900	1020	Arenisca Conglomerádica	Cast gris, f-mgr, pc mtz arc, pc sel, ppv.
1020	1030	Arenisca Fina a Media	Cast cl, f-m, pc mtz arc, pc sel, ppv.
1030	1050	Arenisca Conglomerádica	Cast cl, f-mgr pc mtz arc, pc sel, ppv.
1050	1080	Arenisca Gruesa	Cast rjzo, gr, abnt mtz arc, bn sel, ppv.
1080	1210	Arenisca Conglomerádica	Cast mod, mod mtz arc, pc sel, ppv.
1210	1240	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo, f-mf, abnt mtz arc, pc sel, blda, ppv.
1240	1330	Arenisca Conglomerádica	Cast mod, m-mgr- mod mtz arc, mod sel, ppv.
1330	1345	Arcilita Arenosa	Cast rjzo, incl aren f-m, blda-mod.
1345	1350	Arenisca Conglomerádica	Cast mod, mod mtz arc, mod sel, ppv.
1350	1405	Arenisca Media a Gruesa	Cast mod, m-gr, abnt mtz arc, mod sel, ppv.
1405	1430	Arenisca Conglomerádica	Cast mod, mgr-gr, mod mtz arc, mod sel, ppv.
1430	1440	Arcilita Arenosa	Cast rjzo, f-mf, incl aren f-m, blda.
1440	1450	Arenisca Arcillosa	Cast gris cl, f-m, abnt mtz arc, mod sel, ppv.
1450	1460	Arcilita Arenosa	Cast rjzo, incl aren f-m, blda.
1460	1465	Arenisca Arcillosa	Cast gris cl, mf-f, abnt mtz arc, mod sel, ppv.
1465	1480	Arcilita Arenosa	Cast rjzo, incl aren f-m, blda.
1480	1495	Arenisca Conglomerádica	Cast mod, mgr-gr, mod mtz arc, mod sel ppv.
1495	1520	Arcilita Arenosa	Cast rjzo, incl aren f-m, blda.
1520	1525	Arcilita	Cast rjzo, incl aren, blda-mod.
1525	1600	Arenisca Arcillosa	Cast rjzo osc, f, abnt mtz arc, mod sel, ppv.

CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DE LAS FACIES DE ARENISCAS ARCILLOSAS DEL GRUPO NEUQUÉN DENTRO DEL NIVEL C

Resultados del análisis de DRX (Difractometría de Rayos X)

Muestra 1: EX-10

El estudio macroscópico de la muestra de interés observada con lupa binocular permite analizar fragmentos de una arenisca poco consolidada de composición cuarzosa granulometría media a fina, moderada selección y redondez; donde la matriz es abundante y de composición arcillosa. El estudio de difracción de rayos X (DRX) indicó contenido de cuarzo, plagioclasas, analcima, calcita y minerales arcillosos (Fig. 106). En cuanto al estudio del "preparado orientado de la fracción menor a dos micrones" muestra que los difractogramas (Fig. 107) presentan picos característicos compatibles a una arcilla expansible del grupo de las esmectitas o illita-esmectita.

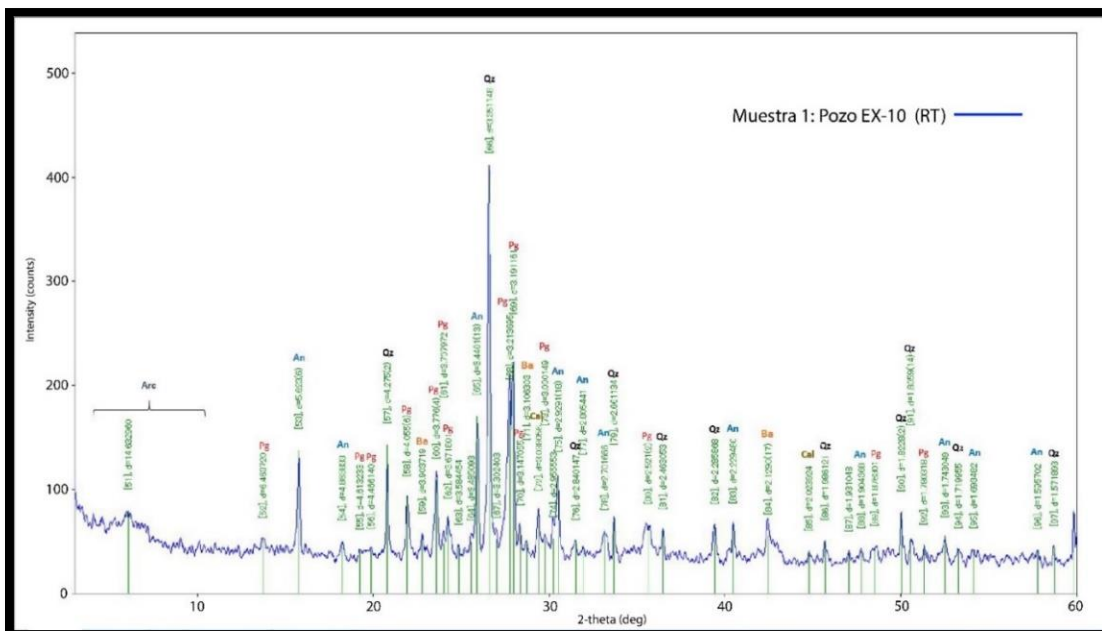


Figura: 106: Difractograma de roca total correspondiente a la muestra EX-10. Qz: cuarzo; Pg: plagioclasa; An: analcima; Cal: calcita; Ba: baritina; Arc: arcillas.

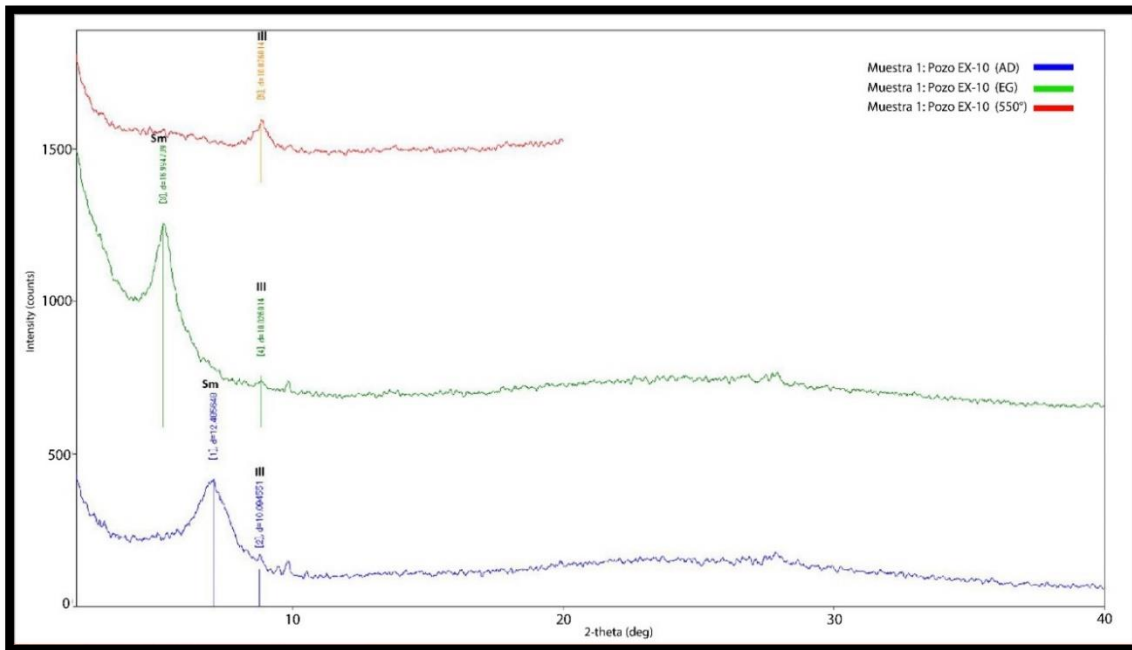


Figura: 107: Difractogramas AD: secada al aire; EG: glicolada y 550°: calcinada, correspondientes a la fracción arcillosa de la muestra EX-10. Ref. Smc: esmectita; Ill: illita.

Muestra 2: EX-40

El estudio macroscópico de la muestra EX-40 con lupa binocular muestra que se trata de fragmentos de una arenisca poco consolidada de composición cuarzosa de granulometría media a fina, moderada selección y redondez. La matriz es abundante y de composición arcillosa. Como se mencionó en la metodología, se molió la muestra en un mortero donde fue colocada en un puertamuestra y colocadas en el DRX, cuyo contenido es de cuarzo y plagioclasas, analcima, calcita y minerales arcillosos (Fig. 108).

En cuanto al estudio del "preparado orientado de la fracción menor a dos micrones" muestra que los difractogramas presentan picos característicos compatibles a una arcilla expansible del grupo de la esmectita y/o illita-esmectita (Fig. 109).

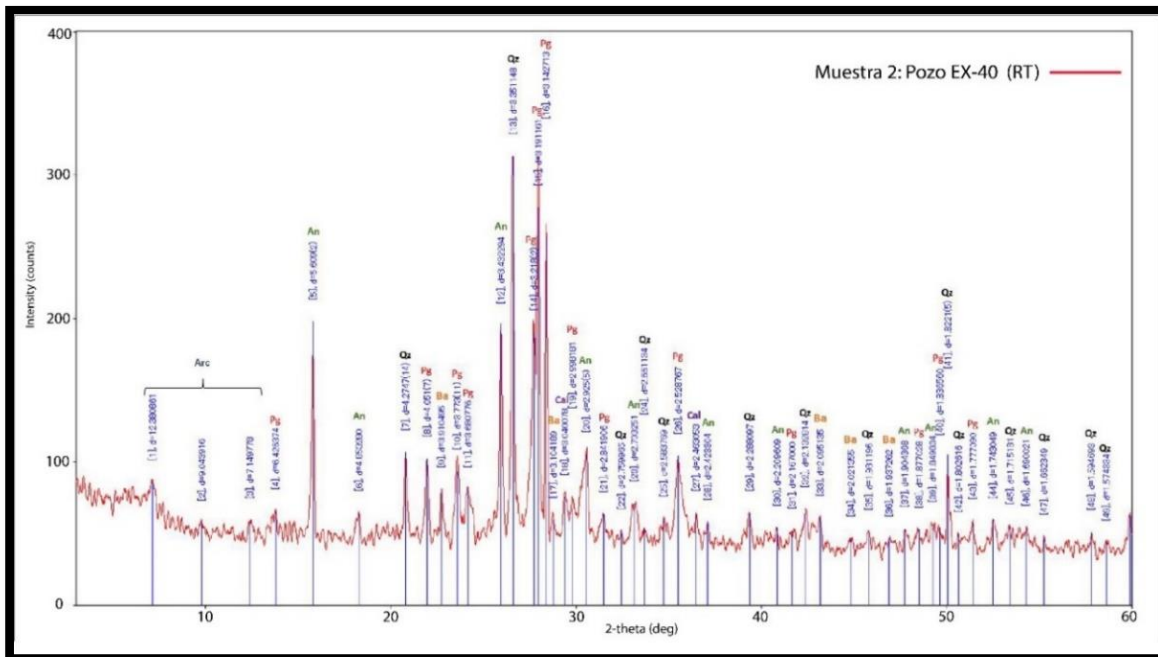


Figura 108: Diffractograma de roca total correspondiente a la muestra EX-40. Qz: cuarzo; Pg: plagioclasa; An: analcima; Ba: baritina; Cal: calcita; Arc: arcillas.

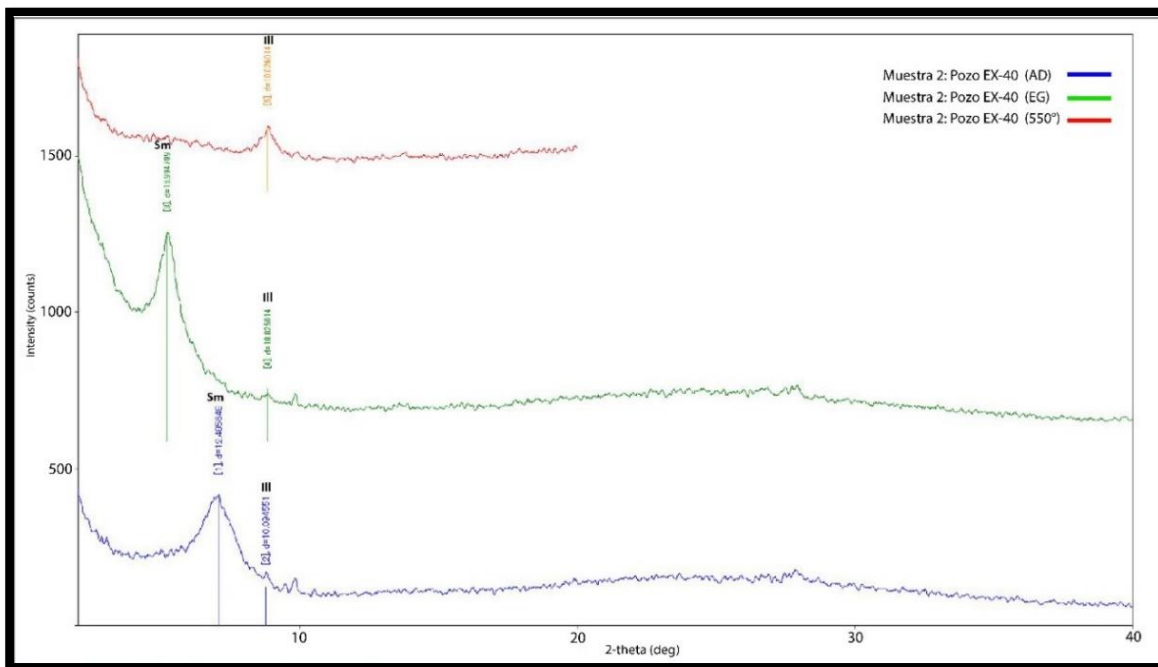


Figura 109: Diffractogramas AD: secada al aire; EG: glicolada y 550°: calcinada, correspondientes a la fracción arcillosa de la muestra EX-40. Ref. Smc: esmectita; Ill: illita.

Muestra 3: EX-70

El estudio macroscópico de la muestra EX-70 con lupa binocular indica que se trata de fragmentos de una arenisca poco consolidada de composición cuarzosa de granulometría fina a media y moderada selección y redondez. La matriz es abundante y de composición arcillosa. El estudio de DRX indicó cuarzo, plagioclasas, analcima, calcita y minerales arcillosos (Fig. 110).

En cuanto al estudio del "preparado orientado de la fracción menor a dos micrones" muestra mediante DRX, los difractogramas (Fig. 111) presentan picos característicos compatibles a una arcilla expansible del grupo de las esmectitas y/o illita-esmectita.

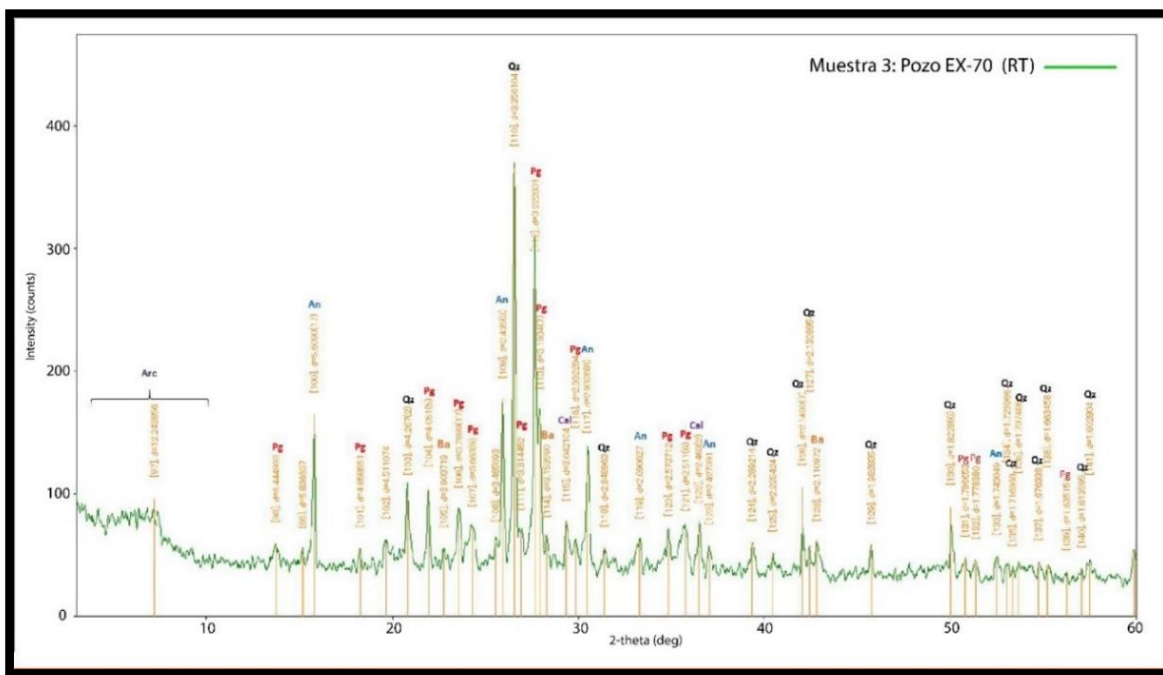


Figura 110: Difractograma de roca total correspondiente a la muestra EX-70. Qz: cuarzo; Pg: plagioclasa; An: analcima; Cal: calcita; Ba: baritina y Arc: arcillas.

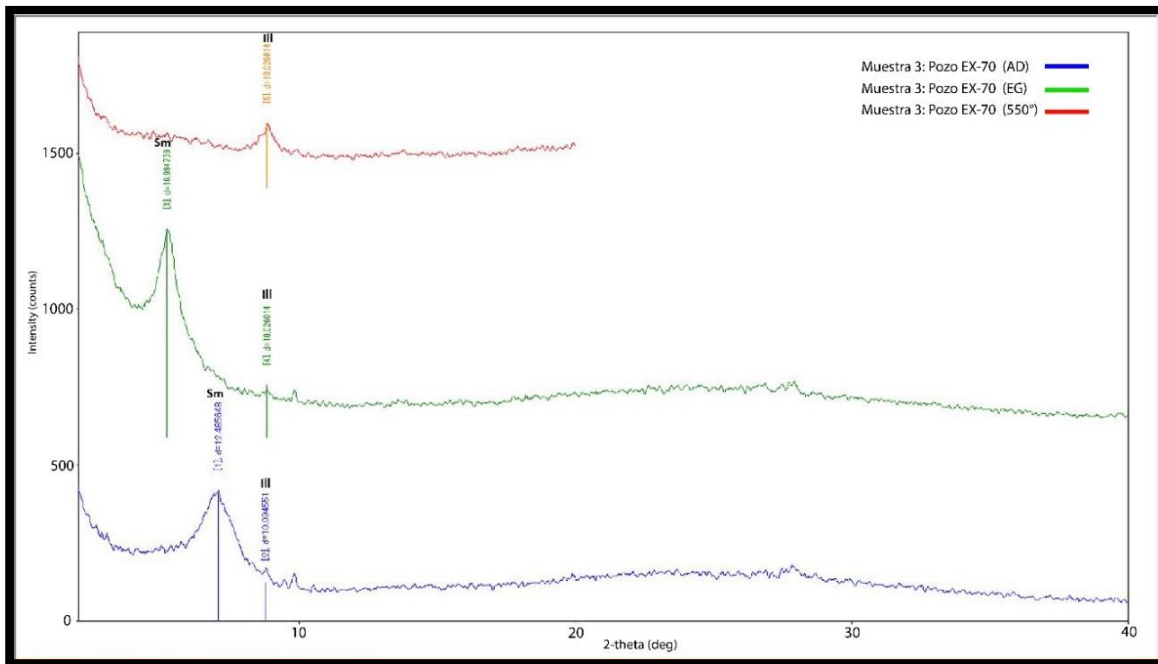


Figura 111: Difractogramas AD: secada al aire; EG: glicolada y 550°: calcinada, correspondientes a la fracción arcillosa de la muestra EX-70. Ref. Smc: esmectita; Ill: illita.

Resultados del SEM-EDS (Microscopio electrónico de barrido con detector EDS)

El estudio SEM-EDS fue el segundo análisis que se realizó a las muestras de las areniscas arcillosas también en el Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología (IIPG). Como se mencionó anteriormente en el marco teórico, el principio del microscopio electrónico de barrido (SEM-EDS), utiliza electrones en lugar de luz para crear una imagen. Para lograrlo, el equipo cuenta con un dispositivo (filamento) que genera un haz de electrones para iluminar la muestra y con diferentes detectores se recogen después los electrones generados de la interacción con la superficie de la misma para crear una imagen que refleja las características superficiales de la misma, pudiendo proporcionar información de las formas, texturas y composición química de sus constituyentes (Ver: Metodología de

Laboratorio). Este análisis se realizó sobre las muestras EX-70 y EX-40 (Fig. 112-113). A continuación, mostraremos algunos punteos que se hicieron en varias partes de la muestra ya que varios de ellos se repiten (Tab. 5-6).

MUESTRA: EX-70 y EX – 40

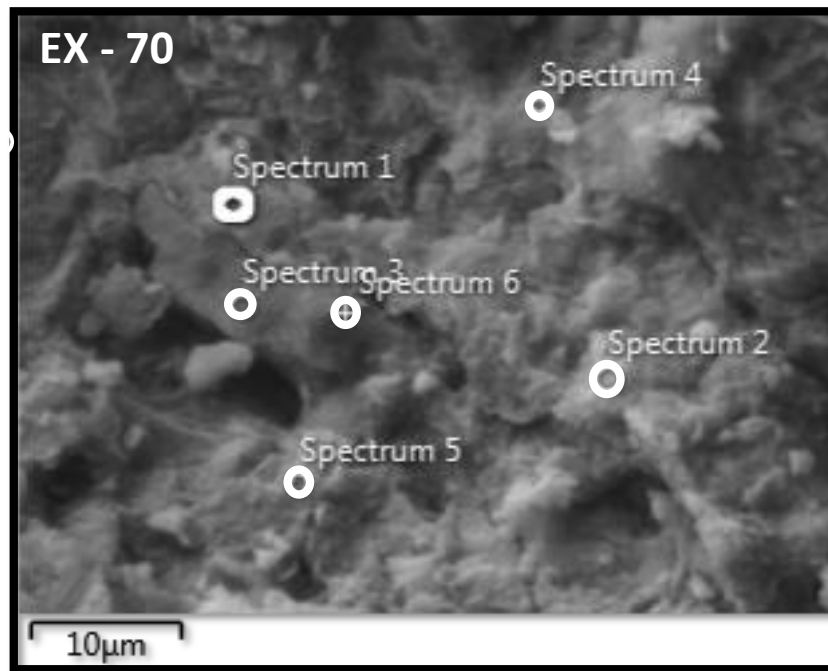


Figura 112: Imagen utilizada de la muestra EX-70 visualizada a través del SEM-EDS.

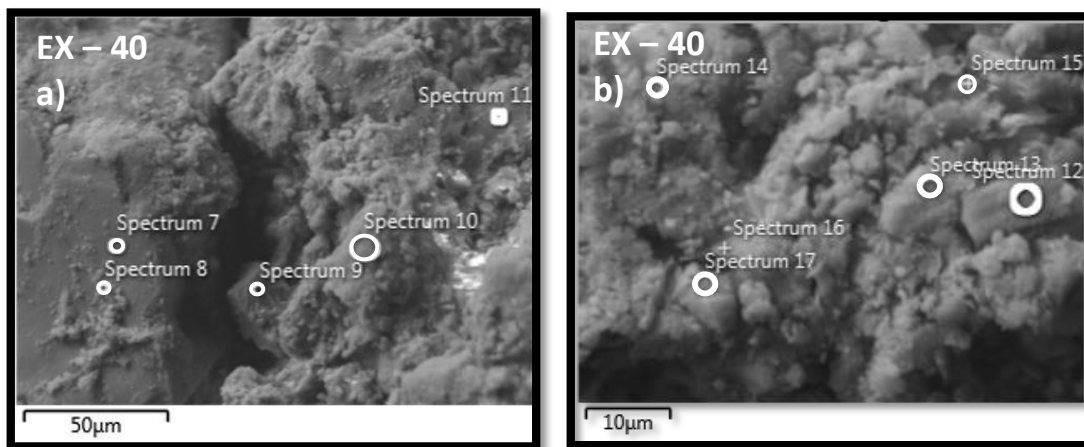


Figura 113: Imágenes utilizadas de la muestra EX-40 visualizada a través del SEM-EDS.

Punteo	<u>Spm. 1</u>	<u>Spm. 2</u>	<u>Spm. 3</u>	<u>Spm. 4</u>	<u>Spm. 5</u>	<u>Spm. 6</u>	<u>Spm. 7</u>
Elemento	Wt%	Wt%	Wt%	Wt%	Wt%	Wt%	Wt%
C	15.34	14.18	-	-	13.23	17.89	-
O	36.04	44.18	45.77	43.43	39.58	32.71	48.51
Na	1.02	1.06	0.95	1.17	0.87	-	-
Mg	4.75	4.18	0.69	5.12	4.54	1.29	-
Al	8.03	7.17	10.90	10.28	8.62	10.39	
Si	27.71	21.7	36.55	32.26	26.62	30.56	51.48
K	3.12	2.64	2.39	3.63	3.68	3.28	-
Ca	0.83	2.77	2.00	1.08	0.99	2.73	-
Fe	3.16	2.07	0.74	3.03	2.63	1.26	-
Total:	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 5: Tabla de valores porcentuales de cada elemento de los Spectrum de la muestra del pozo EX-70.

Punteo	<u>Spm.9</u>	<u>Spm.11</u>	<u>Spm.12</u>	<u>Spm.13</u>	<u>Spm.14</u>	<u>Spm.16</u>	<u>Spm.17</u>
Elemento	Wt%	Wt%	Wt%	Wt%	Wt%	Wt%	Wt%
C	-	-	-	-	-	-	-
O	31.91	10.84	35.22	41.56	43.2	46.77	46.37
Na	-	-	4.69	2.27	4.85	4.38	6.34
Mg	0.96		0.77	2.9	2.45	1.71	1.22
Al	1.16	4.40	15.32	8.36	11.08	9.94	10.94
Si	4.3	22.27	34.08	30.19	28.34	26.93	29.04
K	-	45.50	1.49	4.11	2.23	1.51	1.13
Ca	59.66	10.55	6.50	4.87	0.97	1.31	
Fe	1.95	6.41	1.91	5.7	6.02	7.71	4.94
Total:	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 6: Tabla de valores porcentuales de cada elemento de los Spectrum de la muestra del pozo EX-40.

IMÁGENES DE ANEXO (Fig. 114-116):

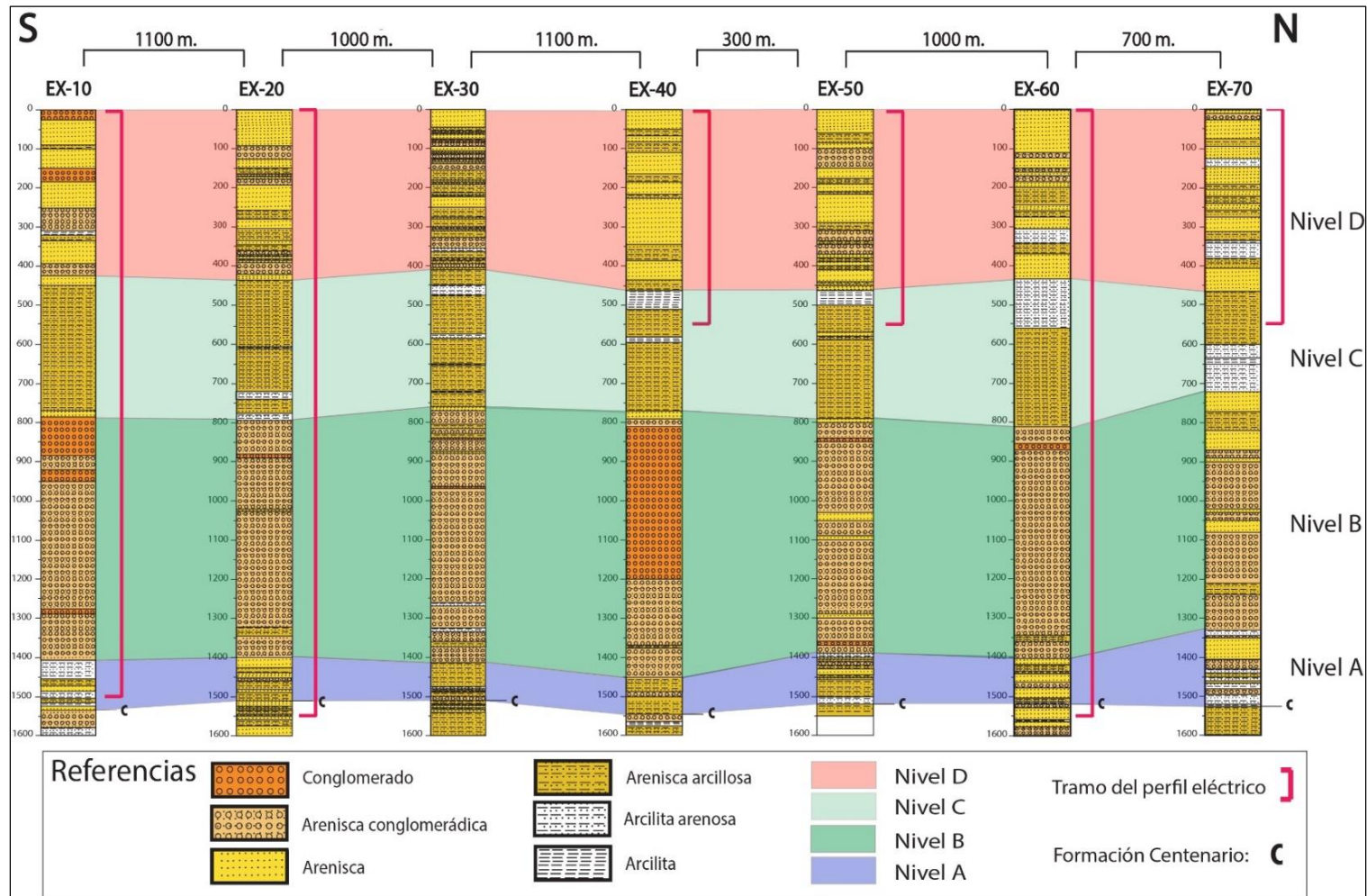


Figura 114: Correlación esquemática del yacimiento EFO.

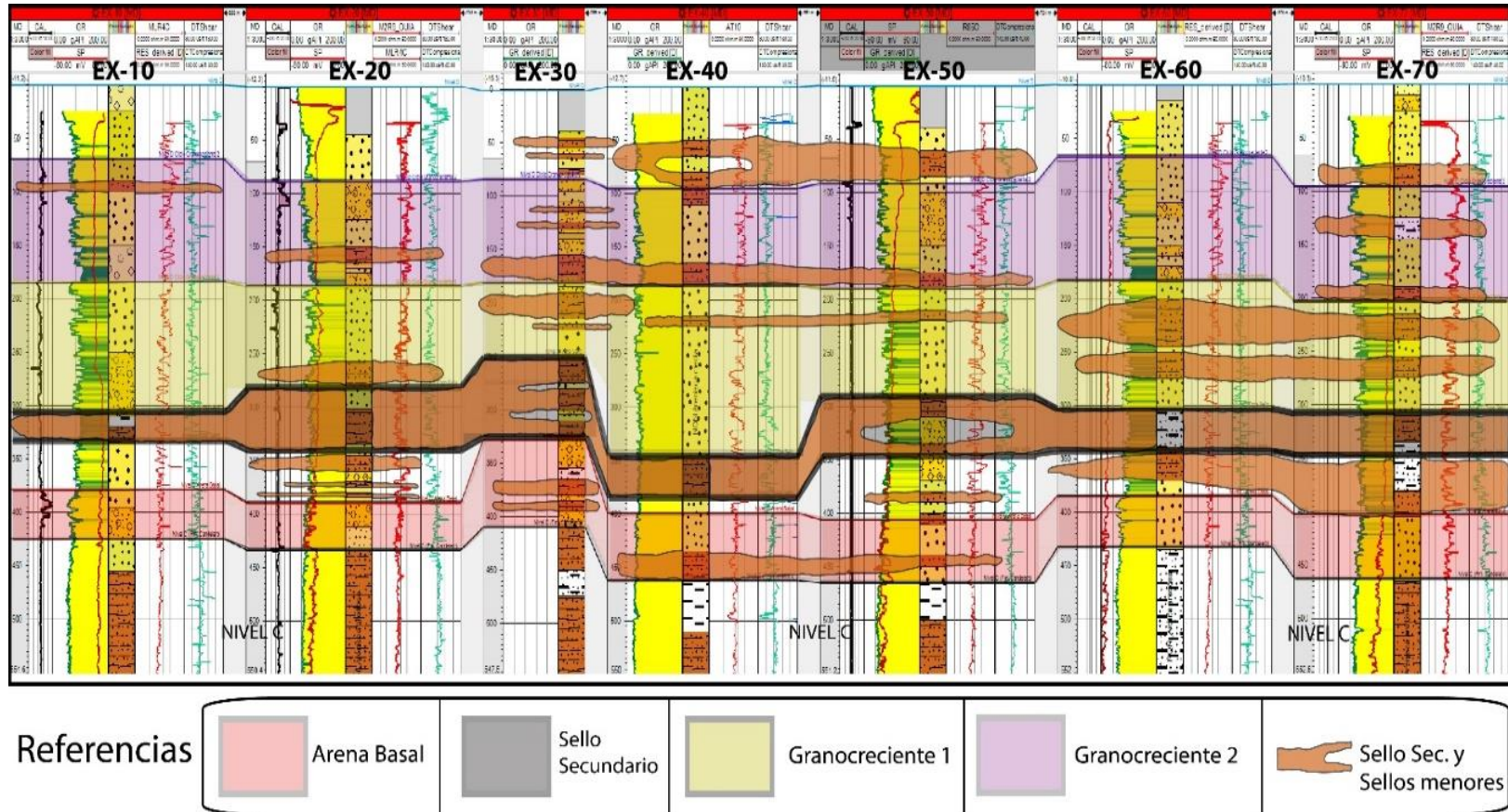


Figura 115: Correlación esquemática del yacimiento EFO marcando las secciones internas dentro del Nivel C.

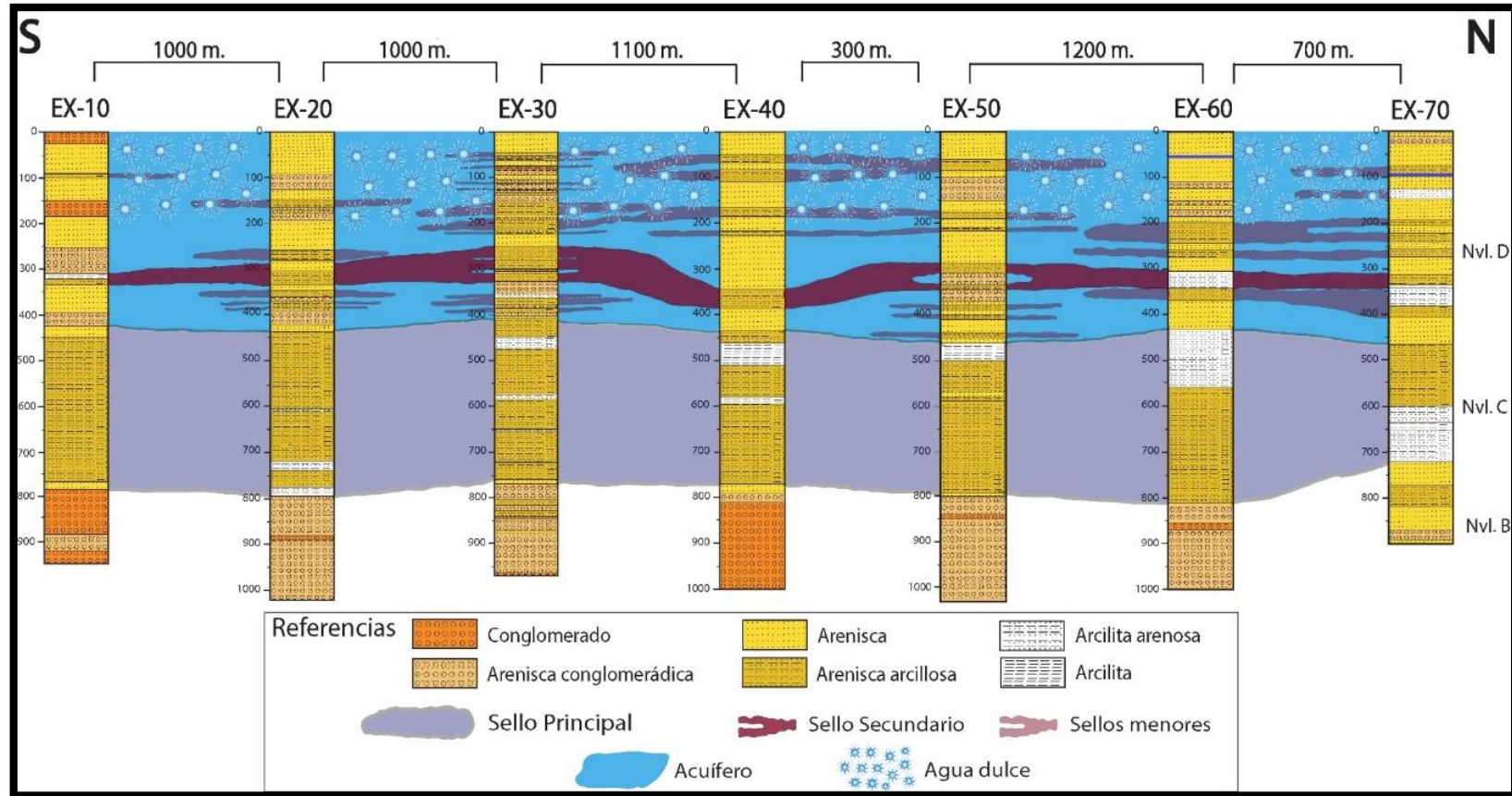


Figura 116: Posible escenario en el yacimiento Estación Fernández Oro.