



**Universidad Nacional del Comahue**  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Geología y Petróleo  
Trabajo Final de Licenciatura en Ciencias Geológicas

**Análisis sedimentológico e interpretación  
paleoambiental de la Fm. Agua de la Caldera en  
el Cordón de Cerros Colorados, Costa norte del  
Lago Barreales, Neuquén**

Autor: Juan Guisande  
Director: Dr. Jorge O. Calvo

**-2021-**

## Índice de contenidos

1. Resumen	1
2. Agradecimientos	2
3. Introducción	3
4. Ubicación del área de estudio	4
5. Metodología	4
6. Marco Geológico Regional	5
7. Estratigrafía Regional	7
7.1.Etapa Syn-Rift	7
7.2.Etapa Post-Rift	8
7.3.Etapa Antepaís	9
8. Grupo Neuquén	11
8.1.Unidades presentes en la zona de estudio	12
8.2.Unidades cuaternarias	16
9. Análisis de facies sedimentarias	20
9.1.Definición y descripción de litofacies	20
9.2.Tabla de facies	27
9.3.Asociación de facies a las unidades formacionales	28
9.4.Asociaciones de facies y elementos arquitecturales	29
10.Descripción de los sectores analizados	34
10.1.Sector A	34
10.1.1.Perfil A	35
10.2.Sector B	36
10.2.1.Perfil B	37
10.3.Sector C	38
10.3.1.Perfil C	39
10.4.Sector D	40
10.4.1.Perfil D	42
11. Mapeo de bloques (Fm. Candeleros-Fm. Huincul- Volcánicos).	43
12. Paleontología	53
13. Discusión	54
14. Conclusiones	63
15. Bibliografía	64

## Resumen

Sobre el Cordón de Cerros Colorados, al norte del Lago Barreales, provincia de Neuquén, se identificó una unidad litoestratigráfica del Plio-Pleistoceno de la Cuenca Neuquina correspondiente a la Formación Agua de la Caldera, la cual se apoya en discordancia erosiva sobre la unidad perteneciente al Cretácico Superior conocida como la Fm. Sierra Barrosa.

Un corte geológico localizado al costado de la R.P. N°51 expone un afloramiento de sabulitas de aproximadamente 21 metros de espesor, las cuales, varios autores asignan a la Fm. Agua de la Caldera. A través del reconocimiento de litofacies, asociaciones de facies y el análisis detallado de bloques erráticos, se ha logrado confeccionar un modelo paleoambiental caracterizado por conformar una llanura erosiva que evidencia el desplazamiento de un frente glacial. En dicha unidad, se observó una serie de bloques de gran tamaño, estos bloques presentarían una posible vinculación genética con la unidad cuaternaria.

**Palabras clave:** *Formación Sierra Barrosa; Formación Agua de la Caldera; Bloques erráticos; Desplazamiento glacial; Hiatus.*

## Abstract

At Cerros Colorados hills, at the north of Barreales Lake, Neuquén province, one Plio-Pleistocene lithostratigraphic unit belonging to the Agua de la Caldera formation were identified. It overlies on erosive disconformity above the Upper Cretaceous Sierra Barrosa formation.

A geological profile located next to the R.P. N°51 exposes an outcrop of sabulitic rocks with a thickness of approximately 21 meters, which several authors assign to the Agua de la Caldera Formation. Through the recognition of lithofacies, facies associations and a the detailed analysis of erratic blocks, it was accomplished a paleoenvironmental model, characterized by an eroded plain proof of a glacial shift. In the Agua de la Caldera unit, were observed big sized erratic blocks. These blocks may show a straight genetic link up with the Quaternary Formation Agua de la Caldera.

**Key words:** *Sierra Barrosa Formation; Agua de la Caldera Formation; Erratic Blocks; Glacial shift; Hiatus.*

## **Agradecimientos**

A mi familia, la cual me ha apoyado incondicionalmente a lo largo de los años en esta hermoso mundo de la carrera de Geología. Quien me ha sostenido económicamente desde el comienzo y ha sido mi sostén emocional frente a cualquier adversidad.

A la Universidad Nacional del Sur de la ciudad de Bahía Blanca, quien formó mis primeros 4 años en la Lic. de Ciencias Geológicas y la Universidad Nacional del Comahue de la ciudad de Neuquén, la cual consideró mi formación anterior y me permitió continuar mis estudios en su institución.

A mi director de tesis el Dr. Jorge O. Calvo quien inicialmente aceptó mi propuesta realizar mis Trabajo Final de Licenciatura y amablemente respondió todas mis inquietudes y estuvo presente a lo largo de todo el proceso de estudio.

A todo el equipo que conforman el parque geo-paleontológico “Proyecto Dino” por abrir sus puertas, aconsejarme, prestarme sus equipos de investigación así como ayudarme en la recolección de datos y orientarme en numerosas salidas de campo.

A mis compañeros geólogos y tesistas de la zona, Nicolás Dinamarca, Gabriel Asencio y Jennifer Sieiro quienes salieron al campo conmigo y me ayudaron numerosas veces en inquietudes y dudas acerca de mi trabajo.

## Introducción

La Cuenca Neuquina, se ubica en el noroeste de la Patagonia y su historia geológica cubre desde el Triásico Superior hasta el Cuaternario con una superficie aproximada de 170.000 Km<sup>2</sup>. Es una cuenca de retroarco (Digregorio, 1972; Legarreta y Uliana, 1999) constituida por un relleno sedimentario de más de 7000 metros de espesor (Gulisano *et al.*, 1984b) que evoluciona hacia una cuenca de antepaís originada como consecuencia de una tectónica compresional sobre el margen andino acaecida a fines del Cretácico Inferior (Tunik *et al.*, 2010).

En el cordón de Cerros Colorados, en la costa norte del Lago Barreales (Fig.1.B), aflora suprayacentemente al tramo superior del Grupo Neuquén (Sánchez *et al.*, 2005b; Rodríguez *et al.*, 2007) la Formación Agua de la Caldera. Los registros de rocas de edad cuaternaria de la Formación Agua de la Caldera (Pleistoceno) cubren en discordancia a diferentes términos del Grupo Neuquén en el sector centro - este de la Cuenca Neuquina (Ardolino *et al.*, 1996) y están restringidos a los valles fluviales como en el río Limay y río Neuquén, en asomos esporádicos en bordes de mesetas como en el Bajo del Añelo y el Cordón de Cerros Colorados (Rodríguez *et al.*, 2007).

Esta formación fue definida por Gentili (1950) quién la describió como Rionegrense y la asignó al Plioceno medio. Wichmann (1922, 1924), Biondi (1933), y de Ferrariis (1966) se han referido, entre otros, directa o indirectamente a estos depósitos, a los que describieron como Rionegrense o Formación Río Negro, y los asignaron a edades comprendidas entre el Plioceno y el Pleistoceno.

Los estudios estratigráficos más detallados se han realizado en rocas del Grupo Neuquén, en la zona de Loma de la Lata ubicada en el sector oriental de la costa norte del Lago Barreales. Estos trabajos han dado como resultado análisis paleoambientales, identificación de discordancias y determinación de los factores de control estructurales mas relevantes (Sánchez *et al.*, 2005a). Dichos factores estructurales de control se encuentran estrechamente relacionados con las condiciones paleogeográficas de la cuenca así como la distribución litofacial de los sedimentos cuyo dominio es netamente clástico.

Sin embargo, sobre el sector occidental de la costa norte del Lago Barreales, en el Cordón de Cerros Colorados, los estudios previos, tanto de los afloramientos cretácicos del Grupo Neuquén como de los depósitos cuaternarios suprayacentes en discordancia erosiva, han sido poco detallados al establecer los límites para las distintas formaciones geológicas que afloran (Rodríguez *et al.*, 2007). Es por ello que en este trabajo se intenta caracterizar estratigráfica y sedimentológicamente a los depósitos correspondientes de la Formación Agua de la Caldera, detallar su procedencia y relación con los depósitos cretácicos subyacentes. Se pretende discutir si la proveniencia de estos depósitos cuaternarios es glacial o producto del flujo de detritos de los bloques depositados por encima de sedimentitas cretácicas del Grupo Neuquén, con la finalidad de obtener un adecuado modelo paleoambiental en este sector, del cual no existen antecedentes.

El presente trabajo consiste en mapear, describir y caracterizar estratigráfica y sedimentológicamente las sedimentitas cuaternarias de la Formación Agua de la Caldera aflorante en el Cordón de Cerros Colorados al norte de la costa del Lago Barreales. Además se incluye un análisis litofacial detallado junto con la interpretación paleoambiental de la unidad. Con toda la información reunida, se establece un modelo de evolución paleoambiental.

## Ubicación del área de estudio

La zona de estudio se encuentra en el sector occidental del Cordón de Cerros Colorados, al norte del embalse “Los Barreales” (fig.1.B) , departamento Confluencia, provincia del Neuquén, aprox. a 89 Km del noroeste de la ciudad capital.

La vía de acceso desde Neuquén capital es a través de la ruta provincial N° 7 (fig.1.A) que atraviesa la ciudad de Centenario hasta Vista Alegre, luego se toma la ruta provincial N° 51 y finalmente un camino rural hasta aproximadamente al Km 80.

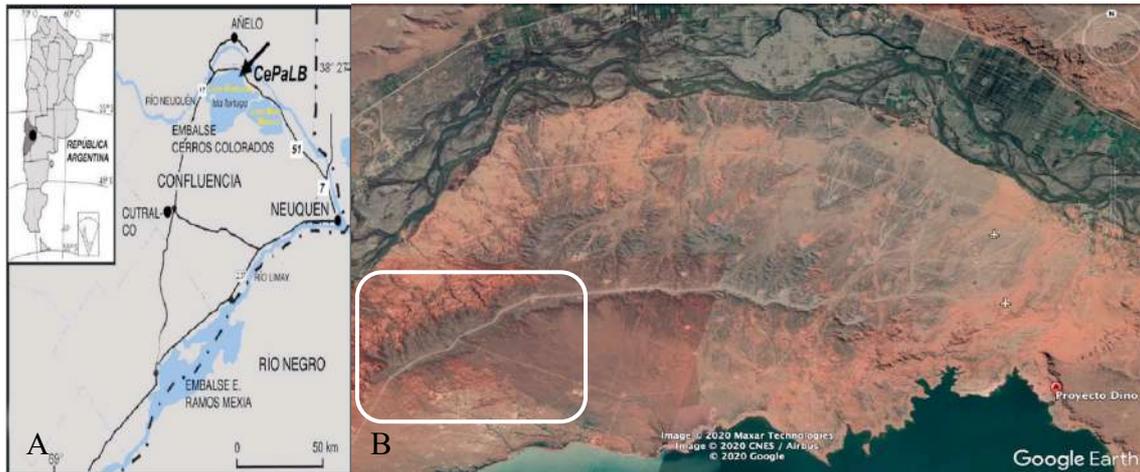


Fig.1:A) Mapa político correspondiente a la prov. de Neuquén. B) Imagen satelital de la zona de estudio (remarcado en blanco) al oeste del Parque Geo-Paleontológico “Proyecto Dino” correspondiente a la zona norte del Lago Barreales del Cordón de Cerro Colorados.

## Metodología

Con el fin de desarrollar los objetivos planteados, el trabajo se separó en etapas. En primera instancia se realizó la recopilación bibliográfica de antecedentes referida a los depósitos del Grupo Neuquén y unidades cuaternarias suprayacentes (de las cuales se encontró muy escasa bibliografía) para utilizar como base en los análisis preestablecidos.

Luego de la revisión bibliográfica de antecedentes se procedió con la recopilación de datos. Esta etapa consistió en realizar un relevamiento geológico de los afloramientos del área, lo que implicó recorrer a pie los afloramientos, observando límites de estratos y cambios laterales de facies. Para dicha tarea principal, se contó con la utilización de una cámara fotográfica junto con anotaciones y esquemas en la libreta de campo para la documentación de los datos, tablas comparativas de redondez y esfericidad, brújula geológica, indicadores granulométricos, lupa de mano, cinta métrica, martillo geológico, G.P.S y báculo gradado (x metros) para la medición de espesores. Posteriormente se llevaron a cabo labores de detalle para una correcta interpretación litoestratigráfica de las unidades. Aquí se confeccionaron perfiles estratigráficos tipo “selley” de escala 1:100.

La última etapa consistió en la revisión, descripción y mapeo de bloques, donde se determinó la litología y características de gran parte de ellos, para dicha tarea se contó con imágenes satelitales del área, fotografías aéreas y GPS para poder georeferenciar la

posición relativa de cada uno de los bloques mencionados. Posteriormente se los geolocalizó con el software Google Earth y luego se plotearon con el software QGIS para realizar mapas digitales.

Finalmente, como última etapa, se llevaron a cabo las tareas de gabinete donde fue revisada y analizada la información recopilada en campo. Se realizó una descripción litofacial para interpretar las condiciones hidrodinámicas y posterior asociación de litofacies. En base a la asociación de facies y cuerpos sedimentarios asociados se propuso el paleoambiente que se ajustó a los depósitos.

## Marco geológico regional

La Cuenca Neuquina corresponde a una de las principales cuencas petroleras de la Argentina. Esta cuenca se localiza en el centro-oeste de la Argentina (fig.2) y es actualmente considerada como una cuenca de retroarco multiepisódica, desarrollada en el margen oeste de Sudamérica durante el Triásico-Cenozoico (Ramos y Folguera, 2005). La Cuenca Neuquina se compone por una sucesión predominantemente clástica (Vergani *et al.*, 1995) de hasta 7000 metros de espesor sedimentario acumulados principalmente durante el Jurásico y Cretácico.

Se caracteriza por ser un depocentro cuyo basamento es producto de la acreción de múltiples terrenos paleozoicos (Vergani *et al.*, 1995) cubiertos por un intervalo de vulcanismo que excede el ámbito de la cuenca (Gpo. Choiyoi), sobre los que hacia el Triásico superior – Sinemuriano (Vergani *et al.*, 1995), comenzó el relleno de la ulterior Cuenca Neuquina. Los depósitos de sedimentitas acumulados en la cuenca documentan su evolución comprendida desde el Triásico Superior al Cenozoico.

La configuración y relleno de esta cuenca involucra al menos tres etapas evolutivas. Durante la primera etapa (Triásico Tardío, Jurásico Temprano) se produce la configuración inicial de la cuenca. El margen centro-oeste de la placa de América del Sur estuvo sometido a procesos tectónicos extensionales asociados al desmembramiento de Pangea. El resultado de dichos procesos fue la formación de *Hemigrabens* de rumbo noroeste. En esta etapa de *syn-rift* se intercalan sucesiones volcánicas y facies continentales (Vergani *et al.*, 1995).



Fig.2: imagen satelital de los límites morfoestructurales de la Cuenca Neuquina.

Durante la segunda etapa (Jurásico Temprano a Tardío) se restableció en el margen occidental de Gondwana un sistema de subducción, desarrollando el primer arco magmático mesozoico. Durante esta etapa ocurrieron importantes cambios tectónicos como la formación de cuencas de intraarco y retroarco, y del nivel de base, que provocaron un marcado control en la distribución de facies y geometría de las unidades (Zavala y González, 2001).

Durante la tercera etapa (Jurásico Tardío a Cretácico Tardío) la Cuenca Neuquina se comportó como una cuenca de retroarco y, hacia fines del Cretácico Inferior, se convirtió en una cuenca de antepaís debido al incipiente levantamiento de la Cordillera de los Andes y a la formación de la faja plegada y corrida del Agrio (Franzese *et al.*, 2003).

## Estratigrafía

### Etapa de *Syn-rift* (Triásico tardío a Jurásico temprano)

Durante el Triásico Superior – Jurásico Inferior; se generaron en la Cuenca Neuquina numerosas cuencas extensionales de orientación general NO (Uliana y Biddle, 1988) que representan la respuesta a un cambio sustancial en el régimen de subsidencia en el margen occidental de la placa Sudamericana (Digregorio *et al.*, 1978; Mpodozis y Ramos, 1989).

La columna precuyana comienza con un espesor de unos 1800 metros de volcanitas que han sido descritas como una sucesión de coladas y depósitos de flujos piroclásticos que hacia el tope gradan a una alternancia de arcilitas y tobas de caída (Bermúdez *et al.*, 2002; Pángaro *et al.*, 2002b). La composición de las volcanitas es en general ácida, observándose una mayor participación relativa de depósitos de flujos piroclásticos distales en los términos superiores, y de coladas y flujos proximales en los inferiores.

Sobre un basamento integrado por metamorfitas de bajo grado de edad silúrica y devónica (e.g. Formación Piedra Santa) y plutonitas y vulcanitas del Carbonífero-Triásico inferior que se han incluido, en forma general, dentro del Grupo Choiyoi, se desarrollaron sucesiones de *syn-rift* que contienen el registro de eventos volcánicos y depósitos epiclásticos del Triásico superior-Jurásico inferior que se agrupan bajo la denominación de ciclo Precuyano (Gulisano *et al.*, 1981). Las rocas de este ciclo, expuestas en la sierra de Chacaico, fueron incluidas por Leanza (1990) en la Formación Lapa. Esta unidad representa un escenario paleoambiental complejo en donde se suceden flujos lávicos, intrusivos someros, depósitos piroclásticos, aluviales y lacustres (Muravchik *et al.*, 2011). En la Sierra de Reyes este ciclo está representado por las formaciones Chihuido, Llantenes y Remoredo, mientras que en el área de Chos Malal por la Formación Cordillera del Viento y la Formación Milla Michicó (Carbone *et al.*, 2011).

Este período finaliza con el crecimiento de fallas en echelon que interconectan estos depocentros permitiendo que lleguen a interactuar entre si (Vergani *et al.*, 1995; Franzese *et al.*, 2006) y la transición a una subsidencia de carácter mas regional durante el Jurásico temprano, lo que se vería reflejado en el registro estratigráfico por el advenimiento de las facies marinas generalizadas en toda la cuenca.

**Etapa de *Post-rift*** (Jurásico temprano a Cretácico temprano)

En esta etapa caracterizada por la subsidencia generalizada, se suceden una serie de eventos de ingresos del mar, que se alternan con cambios paleogeográficos tectónicamente inducidos que interrumpen parcial o completamente esta conexión con el paleo-océano Pacífico, alternando sucesiones marinas y continentales (Franzese *et al.* 2003; Howell *et al.* 2005). A medida que avanza el relleno, la cuenca experimenta una disminución en su tasa de subsidencia, restringiéndose gradualmente las áreas de acumulación marina hasta que el último ciclo de esta etapa (Grupo Bajada del Agrio) es casi enteramente continental (fig.3).

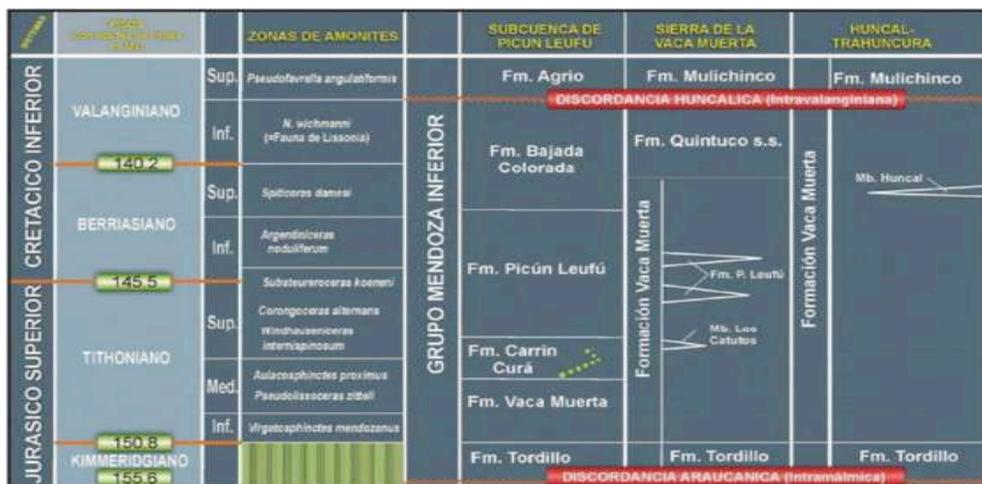


Fig. 3: cuadro estratigráfico del Grupo Mendoza inferior para unidades de superficie comprendidas entre las discordancias Intramálmica (Araucánica) e Intravalanginiana (Huncalica). (Extraído de Leanza *et al.*, 2011).

Durante el Jurásico inferior y medio comenzó la subducción en el margen occidental de Gondwana (Franzese *et al.*, 2003) y a partir del Jurásico superior ya se había desarrollado el arco magmático. La subsidencia generada en el retroarco originó las condiciones para que se produjeran transgresiones desde el Pacífico a través de aperturas en el arco (Spalletti *et al.*, 2000; Macdonald *et al.*, 2003). Inicialmente, la topografía generada durante la etapa de *syn-rift* controló la sedimentación pero con posterioridad, la subsidencia térmica y la extensión detrás del arco generaron las condiciones para la depositación de potentes sucesiones sedimentarias, en las que se registra una historia compleja que involucra cambios en el nivel del mar, en las tasas de aporte sedimentario y subsidencia (Howell *et al.*, 2005). Los depósitos de esta etapa tradicionalmente se dividen, siguiendo a Groeber (1946) y Groeber *et al.* (1956), en dos grandes ciclos sedimentarios separados por discordancias de carácter regional.

## Etapa de antepaís (Cretácico Superior a Cenozoico)

Hacia el inicio del Cretácico superior (Cenomaniano) los cambios en las tasas de apertura del Atlántico Sur y la reorganización de las placas pacíficas (fig.4), resultaron en el desarrollo de un régimen tectónico andino compresional, que causó la inversión de estructuras extensionales previas (Mpodozis y Ramos, 1989; Vergani *et al.*, 1995; Franzese *et al.*, 2003). En esta fase la región neuquina entró en una etapa de cuenca de antepaís, con una consecuente variación en el tamaño y forma de la cuenca (Legarreta y Uliana, 1991) junto con una migración hacia el este de los depocentros a la vez que se cerraron completamente las conexiones con el océano proto-Pacífico (Franzese *et al.*, 2003). Hacia finales del Cretácico los elevados niveles del mar permitieron la primera transgresión del Atlántico. Cabe destacar que el régimen compresional citado, no fue un episodio único y continuo, sino que se dió a través de diferentes etapas de compresión tectónica y relajación durante la evolución de la faja plegada y corrida andina durante el Cretácico tardío y el Cenozoico (Zapata y Folguera, 2005). Durante esta etapa se destacan las facies fluviales, lacustres y eólicas con escasa participación de evaporitas y rocas piroclásticas que son propias del Grupo Neuquén. Este es superpuesto por el Grupo Malargüe, caracterizado por sus facies marinas atlánticas someras depositadas en el Maastrichtiano-Daniano (Cobbold y Rossello, 2002). La columna estratigráfica (fig.5) se completa con depósitos netamente continentales alternando con eventos volcánicos que se depositaron en distintas etapas del Cenozoico (Arregui *et al.*, 2011).

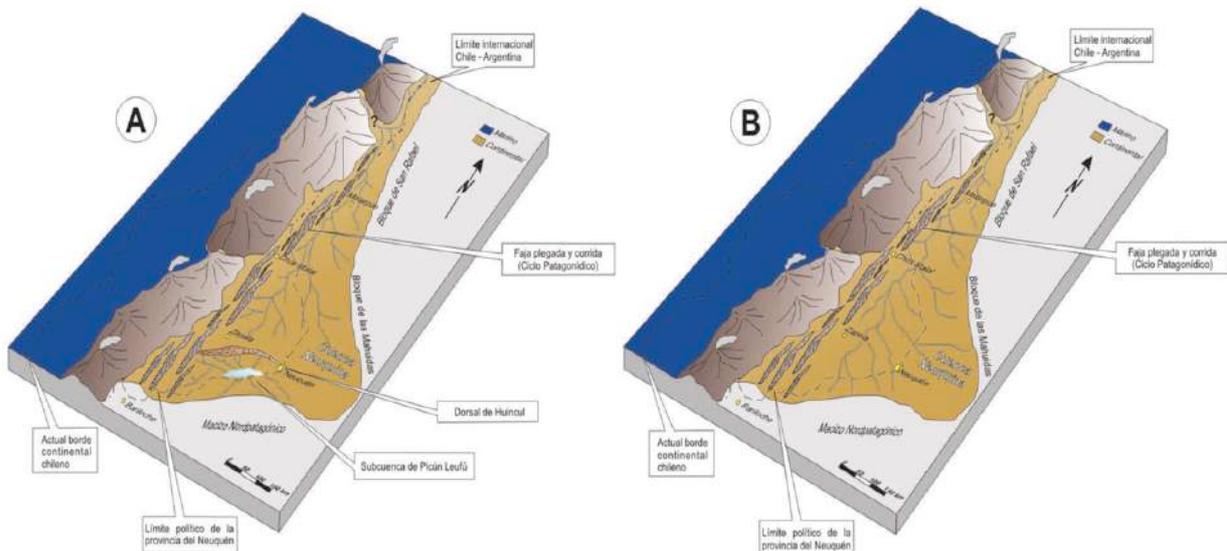


Fig. 4: esquema paleogeográfico de la Cuenca Neuquina durante la depositación del Grupo Neuquén (Cenomaniano – Campaniano). A) Modelo paleogeográfico operante durante la sedimentación de la Fm. Candeleros. La Dorsal de Huincul habría actuado como un elemento positivo, delimitando hacia el sur a la Subcuenca de Picún Leufú. B) Modelo paleogeográfico desarrollado durante la depositación la Fm. Huincul y de los Subgrupos Río Neuquén y Río Colorado. El drenaje se habría producido colectivamente a través de un colector axial hacia el nor-noroeste de la cuenca. Tomado y modificado de Howell *et al.*, 2005 (Garrido, 2010).



## **Grupo Neuquén**

### *Antecedentes*

Esta unidad, una de las más típicas y características de la Cuenca Neuquina, fue reconocida por primera vez con algún detalle por Doering (1882), quien la designó con el nombre de Piso Pehuenche. Más tarde Roth (1898, 1899), indistintamente, la designó como Formaciones de Areniscas Rojas o Formación con Dinosaurios. Otras designaciones fueron introducidas por Wilckens (1906), quien las llamó Formación Guaranítica, en tanto que Ameghino (1906) las reunió con depósitos aflorantes en otras regiones en las Areniscas Abigarradas. Windhausen (1914), quien realizó las primeras observaciones sobre los terrenos ubicados al norte del río Neuquén y al sur de la Sierra del Auca Mahuida, esbozó una primera separación preliminar en tres horizontes. Keidel (1917), propuso abandonar la denominación de areniscas abigarradas, dado que no todo se compone de areniscas y que se les había dado este nombre a litologías similares pero de edad mucho mayor, por ejemplo triásicas. Por esta razón recomendó llamar a dichas capas Estratos con Dinosaurios, en atención al contenido fósil de estas sedimentitas. Estudios posteriores (Keidel, 1925 y Wichmann, 1927) procuraron establecer con mayor precisión las características litológicas, límites y subdivisión de los Estratos con Dinosaurios. El último autor, en su análisis de las unidades aflorantes a lo largo del río Neuquén, efectuó una subdivisión de estas capas en diversos “grupos” que los señaló de A hasta I, de arriba hacia abajo y en sentido ascendente por el valle. El Grupo A corresponde aproximadamente a la actual Formación Allen, base del Grupo Malargüe. El Grupo Neuquén está comprendido en los grupos B a F, en tanto que las unidades G a I de Wichmann incluyen al actual Grupo Bajada del Agrio. Posteriormente, en Fossa Mancini *et al.*, (1938), la comisión conformada por Boehm, Fossa Mancini y Roll propuso un nuevo esquema litoestratigráfico para referirse a las sedimentitas presentes en el sur de Mendoza y Neuquén. Fue en ese entonces, que dicha comisión propuso utilizar “Formación del Neuquén” para agrupar las siguientes unidades: Areniscas del Limay; Estratos de la Bajada Colorada, Estratos de los Candeleros, Estratos de Plaza Huincul, Estratos del Cerro Lisandro, Estratos del Portezuelo, Estratos del Plottier, Estratos del Bajo de la Carpa, Estratos de Anacleto y Estratos del Allen. De Ferrariis (1968), presentó una nueva subdivisión, mucho más parecida a la utilizada actualmente, para estas capas a las que dio categoría de Grupo, denominándolas Grupo Neuqueniano. Reconoció dos formaciones, Río Limay y Río Neuquén, constituidas por los miembros ya definidos anteriormente, y diferenció dos subciclos de relleno en la cuenca. La denominación formal de Grupo Neuquén fue utilizada por primera vez por Stipanovic *et al.*, (1968). El esquema de De Ferrariis (1968) fue parcialmente modificado por Cazau y Uliana (1973), quienes hicieron una subdivisión en cuatro formaciones y siete miembros. De base a techo son: Formación Río Limay (Miembros Candeleros, Huincul y Cerro Lisandro), Formación Río Neuquén (Miembros Portezuelo y Plottier), Formación Río Colorado (Miembros Bajo de la Carpa y Anacleto) y Formación Allen. En algunos trabajos concernientes a la región al sur de Auca Mahuida (Padula, 1951; Holmberg, 1964) se había separado a la Formación Allen del Grupo Neuquén, sobre la base de consideraciones estratigráficas y paleontológicas. Uliana (1973, 1979) también separó a la Formación Allen del Grupo Neuquén y la interpretó, en cambio, como la unidad basal del ciclo sedimentario cretácico-paleógeno representado por el Grupo Malargüe. Este criterio fue seguido posteriormente por Digregorio (1978), Uliana y Dellapé (1981) y Ramos (1981) y es el que se acepta actualmente. De esta forma, el Grupo Neuquén ha quedado definido como una sucesión de depósitos continentales del Cretácico superior

de la Cuenca Neuquina, limitados en su base por la discordancia Patagonídica (Keidel, 1917; Leanza, 2009). Otros autores ubican la base del Grupo Neuquén o de la discordancia Patagonídica y en la base de la Formación Candeleros como Albiana basada en huellas de dinosaurios (Calvo y Gazzera, 1989; Calvo, 1991), con datos de antigüedad U/Pb de los detritus de zircón (100 Ma; Fennell et al., 2015) y en base en las discontinuidades estratigráficas (Asurmendi et al., 2017). Y en su techo por la discordancia Huantráquica (Mendez et al., 1987). Estas discordancias han sido ubicadas en la base del Cenomaniano (Leanza, 2009; Tunik et al., 2010) y en el Campaniano medio (Dingus et al., 2009) respectivamente. Por último, es necesario hacer un comentario sobre la subdivisión propuesta por Holmberg (1964), al sur de Auca Mahuida. Para este autor, en la región afloran todas las formaciones del Grupo Neuquén, pero ante la imposibilidad de una correlación exacta prefirió dividirlo en tres subagrupaciones locales: Grupo del Rincón Grande, Grupo de Rincón de Aranda y Grupo Bandeado. Posteriormente, Ardolino et al. (1996) reinterpretaban estas divisiones locales y las correlacionaron con la nomenclatura establecida. En el sector sudoccidental de Auca Mahuida, Holmberg (1964) también reconoció a la Formación Candeleros (mapeada como Grupo de Candeleros); pero se trataría en realidad de depósitos correspondientes a las formaciones Huincul, Lisandro y Portezuelo, error debido seguramente a las tonalidades rojizas de Huincul y a la naturaleza más psamítica de la Formación Lisandro en esa área (Ardolino *et al.*, 1996).

Bajo la denominación de Fm. Río Neuquén, De Ferrariis (1968) incluyó a los depósitos de las unidades medias y superiores del Grupo Neuquén, integrados por los miembros Portezuelo, Plottier, Bajo de la Carpa, Anacleto y Allen. Más tarde Cazau & Uliana (1973) adoptan esta denominación, pero solo incluyen dentro de ésta a los miembros Portezuelo y Plottier, al considerar que el resto de las unidades pertenecen a un ciclo sedimentario distinto. Finalmente Ramos (1981) toma este último esquema, elevando la jerarquía de dichas unidades de formación a subgrupo y de miembros a formaciones. Se incluye dentro del Subgrupo Río Neuquén a la Fm. Cerro Lisandro, como así también se introducen dos nuevas unidades litoestratigráficas bajo la denominación de Fm. Los Bastos y Fm. Sierra Barrosa (Garrido, 2010). Estas dos últimas unidades se presentan intercaladas entre las Fms. Portezuelo y Plottier que habían sido propuestas por Herrero Ducloux (1939) como miembro inferior medio y superior de la Formación Portezuelo.

## Unidades presentes en la zona de estudio

En la superficie de la zona de estudio, el registro estratigráfico comienza en el Cretácico Superior con las sedimentitas pertenecientes al Grupo Neuquén. Estas afloran fundamentalmente en los márgenes norte y sur de los Cerros Colorados, donde sus afloramientos solo son interrumpidos por depósitos cuaternarios, aluviales y pedimentos cuaternarios.

Las unidades estratigráficas más actuales son los depósitos cuaternarios representados por sedimentos aluviales, pedemontanos, de bajos y lagunas. Debido a la gran extensión de la zona, y al tiempo en el que se pudo visitar la misma, se hizo énfasis en el análisis estratigráfico de las unidades sedimentarias aflorantes en la zona de estudio, localizadas en el sector centro y centro-norte, frente al Lago Barreales; ya que estas son las que pueden aportar una mayor comprensión de la evolución estratigráfica que se ajusta a la zona de estudio.

## Formación Portezuelo

### *Antecedentes*

Esta unidad debe su nombre a la sierra del Portezuelo, situada a 20 km al oeste de Plaza Huincul, donde tiene su sección tipo. Sus características distintivas son su forma positiva y su coloración amarillenta, la cual es bastante similar a la Formación Huincul. La Formación Portezuelo fue originalmente establecida por Keidel (en Wichmann, 1927) bajo la denominación de Grupo de Portezuelo. Posteriormente Herrero Ducloux (1939) la denominó como estratos de Portezuelo, subdividiéndola entre Portezuelo inferior, Portezuelo medio y Portezuelo superior. Siendo luego denominada litoestratigráficamente por De Ferrariis (1968) y Cazau y Uliana (1973) como Miembro Portezuelo. También corresponde a parte de los Horizontes inferiores del Grupo del Rincón Grande de Holmberg (1964), y al Grupo San Roque de Padula (1951), tanto en la zona sur del Auca Mahuida, como en el borde sur del bajo de Añelo. El término Formación Portezuelo fue empleado por primera vez por Cangini (en Cazau y Uliana, 1973), siendo Ramos (1981) quien la formalizara finalmente. En el margen norte del Lago los Barreales, la Fm. Portezuelo se desarrolla en el denominado Cordón de Cerro Colorado (Garrido, 2010), perdiéndose paulatinamente hacia el Este como consecuencia del buzamiento regional que afecta a estos depósitos.

### *Litología*

Herrero Ducloux (1939) para realizar un trabajo de mayor detalle, subdivide a los estratos de Portezuelo en inferior, medio y superior. El Portezuelo inferior constituido por bancos gruesos de areniscas grises y amarillentas, con intercalaciones de poco espesor de arcillas arenosas rojas y gris verdosas. El Portezuelo medio comprendiendo arcillas arenosas rojas, y el Portezuelo superior compuesto por areniscas gris amarillentas que alternan con capas de arcillas arenosas rojas, predominando hacia arriba las areniscas gris amarillentas.

Holmberg (1964) asignó estos depósitos como areniscas de buena induración, que forman marcados resaltos de relieve y que hacia el techo gradan a secciones clásticas más finas, culminando con un tope pelítico. Ramos (1981) clasifica a esta unidad como 3 subciclos de acumulación deposicional de areniscas predominantemente feldespáticas, de grano fino a mediano y de colores rojizos, donde predominan los clastos subangulosos a subredondeados con buena selección.

En el borde sur de bajo de Añelo, Ardolino *et al.*, (1996) destacaron el carácter atípico de los afloramientos de la unidad, integrados por areniscas gruesas y sabulíticas de color rojo, interestratificadas con areniscas medianas a gruesas de color verde y pelitas rojas a chocolate. Este conjunto da un aspecto escalonado al paisaje.

Está constituida por areniscas de aspecto grises amarillentas de grano mediano a grueso hasta conglomerádicas e intercalaciones de fangolitas rojas a verdosas y yeso (Sanchez *et al.*, 2005). Sus depósitos se componen por una sucesión de areniscas y pelitas interestratificadas en porcentaje variable, existiendo en general un dominio de la fracción clástica psámitica (Garrido, 2011). Estos últimos términos se conforman de areniscas subarcosas y wackes feldespáticas y arenitas líticas y arcosas subordinadas, de granulometría mediana (dominante), escasa a nula matriz y débil cemento carbonático. En general, estas areniscas muestran tonalidades amarillentas, gris-amarillentas y blanquecinas; pudiendo ocasionalmente adquirir un color rojizo anaranjado. Las areniscas son coherentes y forman resaltos y relieves positivos en el paisaje (Rodríguez

et al. 2007). La fracción pelítica se compone principalmente de fangolitas rojo ladrillo claro poco consolidadas, seguidas en segundo término por depósitos limo-arenosos gris-verdosos y verde-amarillento.

#### *Ambiente sedimentario*

La Fm. Portezuelo se compone de depósitos de origen fluvial, con dominio de litologías psamíticas en el sector oriental de la cuenca y mayor proporción de pelitas hacia el oeste, en posiciones más centrales (Cazau y Uliana, 1973). La instalación de un sistema fluvial con estas características señala un rejuvenecimiento del sector oriental, donde se desarrolló una amplia bajada en cuya parte distal se depositaron las facies pelíticas en una extensa llanura aluvial (Ramos, 1981). Por su parte, (Dandenfer y Vera, 1992) interpretaron el ambiente como un sistema fluvial anastomosado, que gradaba progresivamente a sedimentos de llanura aluvial. Leanza y Hugo (1997, 2001) señalaron, sobre la base del registro fósil de la unidad, condiciones de clima templado cálido; por otra parte, los frecuentes intervalos con rasgos de edafización indican condiciones estables durante lapsos relativamente prolongados. De acuerdo con (Garrido, 2000) y Salgado y Coria (2009), los depósitos de la Formación Portezuelo sugieren un ambiente de depositación vinculado a sistemas fluviales de alta sinuosidad, de tipo meandroso y carga arenosa dominante.

#### *Edad*

En lo referente a su edad, se ubica tentativamente a esta unidad entre el Turoniano tardío y el Coniaciano temprano (Hugo y Leanza 2001, Leanza *et al.*, 2004).

## **Formación Los Bastos**

#### *Antecedentes*

Esta unidad fue reconocida en los esquemas originales de Herrero Ducloux (1938, 1939) bajo la denominación de “Portezuelo Medio”, dentro de sus “Estratos del Portezuelo”. Su localidad tipo se ubica al pie de las estribaciones de los afloramientos sobre los que se sitúa la planta de operaciones del yacimiento hidrocarburífero Los Bastos (S 38° 50' 20" - O 68° 47' 05"), entre las localidades de sierra Barrosa y cerro Senillosa, cercano al área del perfil elaborado por Herrero Ducloux (1938).

#### *Litología*

Esta unidad, reconocida por Herrero Ducloux (1939) como Portezuelo medio, consiste en una espesa faja de arcillas rojas. Presenta características similares de la Fm. Cerro Lisandro, encontrándose mayormente compuesta por potentes bancos de fangolitas rojas. Resulta frecuente la intercalación de delgados niveles de limolitas y areniscas finas bien seleccionadas, débilmente consolidadas, de tonalidades amarillentas. No existen análisis petrológicos efectuados para esta unidad. Macroscópicamente, la fracción psamítica presenta un claro dominio de granos de cuarzo, seguidos en menor proporción por moscovita, plagioclasa y escasos componentes líticos. La matriz es escasa a nula y presenta un débil cemento compuesto por óxido férrico.

### *Ambiente sedimentario*

Esta unidad posee marcadas similitudes con la Fm. Cerro Lisandro (Garrido, 2010). En líneas generales, dominan en esta secuencia los depósitos pelíticos de planicie de inundación. Los paleocanales se presentan como cuerpos aislados mostrando una geometría de tipo *ribbon*, compuestos por depósitos de carácter heterolítico (interestratificación de pelitas y psamitas), los cuales denotan claras macroformas de acreción lateral. Sobre las bases de estas características, se atribuye los depósitos de esta unidad a sistemas fluviales de monocanales sinuosos de carga mixta a fangosa.

### *Edad*

Hasta el momento se carece de dataciones absolutas que permitan establecer la edad de estos depósitos. Basados en sus relaciones estratigráficas, se infiere para esta unidad una edad situada entre el Coniaciano temprano al Coniaciano medio.

### *Distribución areal*

Dentro de área de estudio, esta unidad se encuentra bien representada a lo largo de la faja de afloramientos desarrollados en las estribaciones meridionales de sierra Barrosa y cerro Senillosa. Otras exposiciones es posible observarlas en los sectores más altos de la sierra del Portezuelo, Portezuelo Grande y Bardas de Añelo. En líneas generales, esta unidad presenta marcadas variaciones de espesor. En el área de Sierra Barrosa, Herrero Ducloux (1938) señala espesores de 20 a 28 metros, mientras que en el área en su localidad tipo se midieron espesores del orden de los 35 metros. En el caso de sierra del Portezuelo, la potencia de esta unidad alcanza los 22,5 metros.

## **Formación Sierra Barrosa**

### *Antecedentes*

Con esta denominación se designa a una sucesión de areniscas cuarzolíticas amarillentas, de granulometría variable, con intercalaciones de delgados niveles fangolíticos. Litoestratigráficamente esta unidad se ubica por encima de la Fm. Los Bastos y por debajo de la Fm. Plottier. Esta unidad fue reconocida en los esquemas originales de Herrero Ducloux (1938, 1939) bajo la denominación de “Portezuelo Superior”, dentro de sus “Estratos del Portezuelo”. Su localidad tipo se ubica sobre las estribaciones meridionales de sierra Barrosa y al este del cerro Challacó (S 38° 52' 10" – O 68° 51' 20"), cercano al área del perfil elaborado por Herrero Ducloux (1938).

### *Distribución areal*

La Fm. Sierra Barrosa se distribuye, a lo largo de las estribaciones meridionales de Sierra Barrosa y cerro Senillosa. Otras exposiciones se desarrollan en la porción austral más elevada de sierra del Portezuelo, Portezuelo Grande, Bardas de Añelo (sector oriental) y bardas de la costa septentrional de los lagos Barreales y Mari Menuco. En el sector de sierra Barrosa, Herrero Ducloux (1938) señala para esta unidad espesores del

orden de los 70 metros. En su localidad tipo, el espesor medido para la misma es de 62 metros, disminuyendo hasta los 40 metros de potencia en el área del cerro Challacó.

### *Litología*

Esta unidad se conforma por depósitos fluviales de dominio psamítico, exhibiendo características similares a la Fm. Portezuelo. Los mismos se encuentran integrados por una sucesión de areniscas de granulometría mediana a fina, débilmente consolidada, con intercalaciones menores de niveles fangolíticos. Los términos psamíticos se componen de areniscas cuarzo-feldespáticas, cuarzomicáceas y cuarzolíticas, con escasa a nula matriz y débil cemento carbonático. El color dominante en esta litología es el amarillo pálido a gris-amarillento, no obstante, hacia el área de Añelo, estas areniscas adquieren tonalidades rojizas debido a una mayor presencia de óxido férrico. La fracción pelítica se compone principalmente de fangolitas rojizas poco consolidadas, seguidas en segundo término por depósitos limo-arenosos, gris-verdosos y verde-amarillentos.

### *Ambiente sedimentario*

Los cuerpos sedimentarios de esta unidad exhiben características similares a los de la Fm. Portezuelo. Los niveles psamíticos de mayor espesor se conforman por depósitos de canales amalgamados, formando extensos estratos de geometría tabular caracterizados internamente por el desarrollo de macroformas de acreción lateral. Lateralmente estos depósitos dan lugar a una monótona sucesión de areniscas finas a limosas y fangolitas, correspondientes a depósitos de desbordes y de planicie de inundación, con marcado desarrollo de paleosuelos. En analogía con la Fm. Portezuelo, se infiere para esta unidad un ambiente de depositación vinculado a sistemas fluviales de alta sinuosidad y carga arenosa dominante.

### *Edad*

No se posee hasta el momento dataciones absolutas que permitan establecer la edad de estos depósitos. Basados en sus relaciones estratigráficas, se asigna esta unidad al Coniaciano medio-tardío.

## **Unidades cuaternarias**

### **Formación Agua de la Caldera**

#### *Antecedentes*

Esta unidad fue definida por Ardolino *et al.*, (1996), quienes incluyeron en ella a “un conjunto sedimentario que aflora en el valle inferior del río Neuquén entre las localidades de Paso de los Indios hasta Bajada Colorada, cubierto por los mantos de gravas que tapizan la parte superior de las mesetas vinculadas genéticamente a la historia evolutiva del río Neuquén”. Wichmann (1922, 1924) había descripto afloramientos en el borde sur del bajo de Añelo que incluyó en las Areniscas del Río Negro; estas capas cubren depresiones elaboradas en los Estratos con Dinosaurios y se componen

mayoritariamente de areniscas grises azuladas muy friables, medianas a gruesas, y con estructuras de corriente; contienen, además, grandes bloques de areniscas rojizas y amarillentas de las capas cretácicas infrayacentes con un espesor de 60 metros.

La Formación Río Negro (Rionegrense) originalmente definida como Areniscas Azules (Gres Azuré) por d'Orbigny, (1842) fue posteriormente definida como Arenisca de Río Negro (Roth, 1896). Posteriormente muchos autores se han ocupado de estas capas (Wichmann, 1922, 1924; Biondi, 1933; Gentili, 1950; Padula, 1951; De Ferrariis, 1966) correlacionaron estas areniscas con las aflorantes en Barranca del Palo, y con diferentes denominaciones las refirieron al Rionegrense. De Ferrariis (1966) acuñó el nombre Formación Río Negro para incluir tres miembros de abajo hacia arriba, Miembro psamítico de Paso de Indios, Alcafilo y Cerro Bayo Mesa. En su estudio detalla que el perfil se hizo en la zona de Paso de los Indios, aparentemente y en base a las coordenadas geográficas (69° 30' O y 38 ° 31 S) se corresponde al margen derecho del río Neuquén cerca de la confluencia del río Covunco con el río Neuquén. Esta Formación Río Negro, y Miembro Paso de los Indios definida por De Ferrariis es revisada por Uliana (1979) y redefine a la parte inferior de la Formación Río Negro de las areniscas grises como Formación el Palo. Menciona que son areniscas grises gruesas a conglomerádicas con regular a mala selección, líticas. Se disponen en aristas con estructura entrecruzada. Este miembro Paso de Indios de la Formación Río Negro es lo que hoy se conoce como Formación Agua de la Caldera.

Finalmente, Ardolino *et al.*, (1996) introdujeron la nueva denominación con el propósito de desvincular a estos estratos de la Formación Río Negro, cuya expresión más típica son las areniscas gris azuladas, con estratificación cruzada, de edad pliocena media a superior, aflorantes en la región comprendida entre los valles inferiores de los ríos Negro y Colorado. Estos autores establecieron como perfil tipo al descrito por Uliana (1979) en la localidad de Agua de la Caldera. Por ello se la define como “un conjunto sedimentario que aflora en el valle inferior del río Neuquén entre las localidades de Paso de los Indios hasta Bajada Colorada, cubierto por los mantos de gravas que tapizan la parte superior de las mesetas vinculadas genéticamente a la historia evolutiva del río Neuquén” (Rodríguez *et al.*, 2007).

Se incluyen en la Formación Agua de la Caldera, afloramientos localizados en las bardas ubicadas al oeste de la ciudad de Neuquén frente al aeropuerto internacional, que Heredia y Calvo (2002) denominaron informalmente “Estratos terciarios” y tentativamente correlacionaron con la Formación Chichinales y que Danderfer y Vera (1992) adjudicaron a la Formación Allen.

### *Distribución areal*

Dentro de los límites de la Hoja Neuquén se presentan los afloramientos típicos de la unidad en las barrancas que bordean por el norte y por el sur a la planicie de Añelo. Además, se reconocieron asomos en los faldeos del cerro Colorado situado al norte del Embalse Los Barreales, y en la parte alta de las mesetas próximas a la ciudad de Neuquén, por debajo del nivel de terraza III.

### *Litología*

En Agua de la Caldera, la unidad se compone de areniscas gruesas gris azuladas en la base, con lentes de conglomerado polimítico con fenoclastos de volcanitas, arcilitas castaño blanquecinas, fangolitas rojo ladrillo y areniscas claras del Grupo Neuquén; la

base es de corte y relleno. Continúa con una alternancia de limoarcilitas claras laminadas con areniscas gris oscuras delgadas, con estratificación cruzada de pequeña escala; a veces son más potentes y se asocian a conglomerados intraformacionales con bases erosivas. En el tercio superior de la unidad, puede apreciarse deformación sinsedimentaria en la secuencia (estructuras de tipo bola y cojín); los últimos metros del perfil son de areniscas grises con intercalaciones lenticulares de areniscas tobáceas gris blanquecinas y limolitas arenosas y finalmente areniscas gris claras, medianas a gruesas, con estratificación cruzada de pequeña escala, laminación ondulítica y bases de corte y relleno; presentan concreciones calcáreas cilíndricas (Uliana, 1979, en Ardolino *et al.*, 1996). El espesor total es de 53 metros.

En la subida desde Añelo a la planicie homónima se observaron, en un corte de ruta, areniscas castaño grisáceas finas a medianas con estratificación cruzada en artesa, alternando con limolitas arenosas laminadas, (Wichmann, 1924) destacó el abundante contenido de ceniza volcánica y fragmentos pumíceos en los términos más finos de la unidad. En la bajada del camino desde la localidad de Añelo hacia el bajo homónimo, según descripciones de este autor, el espesor alcanza los 35 metros.

Los afloramientos registrados en las bardas del oeste de la ciudad de Neuquén se componen de unos 10 metros de espesor de tufitas de color gris verdoso. Presentan laminación fina; algunos estratos delgados de granulometría más gruesa muestran laminación ondulítica. Como intercalaciones, aparecen estratos arenosos conteniendo abundantes clastos pumíceos oscuros, con bases erosivas de corte y relleno; éstos culminan en pelitas con grietas de desecación, marcas de gotas de lluvia y rizolitos (Heredia y Calvo, 2002). Todo el conjunto se apoya mediante contacto neto sobre términos arenosos a fangolíticos del Subgrupo Río Colorado.

### *Ambiente*

De acuerdo a diversos autores, los estratos ubicados en el Cordón de Cerros Colorados en la costa norte del Lago Barreales de la Formación Agua de la Caldera corresponden, en base a las estructuras sedimentarias, a un medio continental, en facies fluviales de canal y planicie de inundación, con esporádicos cuerpos de agua (Uliana, 1979; Ardolino *et al.*, 1996). Los depósitos con bloques observados en el cerro Colorado, y las facies similares descritas en Paso de los Indios responderían en su origen a fenómenos de remoción en masa que junto con material tobáceo y fragmentos de pómez provendrían de efusiones volcánicas cercanas (Ardolino *et al.*, 1996). Para el sector cercano a la ciudad de Neuquén, predominan las condiciones lacustres en las que se acumuló abundante ceniza volcánica, con esporádicos eventos fluviales.

### *Relaciones estratigráficas*

La unidad infrayace a distintos niveles de terraza del río Neuquén; en Paso de los Indios, está cubierta por el nivel de terraza I de Leanza y Hugo (2001), en tanto que en los restantes afloramientos ya dentro de la Hoja Neuquén siempre está cubierta por el nivel de terraza III. La presencia de clastos de basalto en algunos niveles dentro de la unidad y su distribución areal restringida al valle fluvial, sugieren la posibilidad de una vinculación genética entre la Formación Agua de la Caldera y los niveles de rodados que integran las terrazas del río Neuquén (Uliana, 1979; Ardolino *et al.*, 1996).

### *Edad y correlaciones*

Esta formación fue definida por Gentili (1950) quién la describió como Rionegrense y la asignó al Plioceno medio. Wichmann (1922, 1924), Biondi (1933), y De Ferrariis (1966) se han referido, entre otros, directa o indirectamente a estos depósitos, a los que describieron complexivamente como Rionegrense o Formación Río Negro, y los asignaron a edades comprendidas entre el Plioceno y el Pleistoceno. Lo cubren afloramientos de la Formación Cerro Bayo Mesa.

Finalmente Ardolino *et al.*, (1996), le otorga una edad pliocena media a superior.

## **Análisis de facies sedimentarias**

### **Definición y descripción de litofacies**

El siguiente estudio se encuentra basado en la nomenclatura litofacial propuesta por Miall (1985), en la cual se adoptó su metodología descriptiva. Sin embargo, es necesario resaltar la necesidad de modificar o utilizar códigos nuevos propuestos por el autor, ante la ausencia de nomenclatura apropiada para ciertas litofacies identificadas, debido a que no todos los sistemas son idénticos y algunos sedimentos no se adecuan a la clasificación propuesta por Miall.

Adicionalmente, las facies sedimentarias se agruparon en elementos arquitecturales (Miall, 1985), utilizando como criterios de discriminación características como escala, geometría interna y externa de los cuerpos, tipos de contactos inferior y superior y arreglo de facies.

Las litofacies se caracterizan por poseer dos propiedades claramente distinguibles, el tamaño granulométrico, el cual se lo detalla con una letra mayúscula y las estructuras sedimentarias que están representadas por una letra minúscula. Puede ocurrir en aquellos casos donde la facies este integrada por dos fracciones granulométricas donde una de ellas es dominante. En este caso será representada por dos letras mayúsculas (donde la primera representa el tamaño predominante); por ejemplo, una arenisca conglomerádica se la indicaría con las siglas SG.

La interpretación de las litofacies esta basada en el método de caracterización litológica del material sedimentario y las características de transporte, como el tipo de energía y el régimen de flujo de la corriente que lo originó.

A continuación, se procede a describir las facies sedimentarias más significantes de la zona de estudio.

### **Formación Sierra Barrosa**

#### *L.1: depósitos pelíticos, masivos (Fm)*

Esta litofacies esta conformada por depósitos pelíticos, sin estructura, deleznales, con presencia de moteados y ausencia de matriz (fig.6.A). Esta facies se encuentra subyaciendo a la facies Sm.

Interpretación: depósitos de granulometría muy fina, desarrollados por un régimen de flujo muy bajo, significan una concentración de sedimentos en suspensión. Podrían

representar una decantación rápida de los sedimentos debido a la presencia de algún obstáculo.

*L.2: depósitos de areniscas amarillentas con intraclastos de pelitas (Se)*

Litofacies psamítica de granulometría fina e intraclastos conglomerádicos de hasta un T.M.C de 1 cm con selección moderada y bajo porcentaje de matriz. Son areniscas cuarzolíticas, maduras, con estructura de laminación planar poco clara. Geométricamente de carácter lenticular. Se caracterizan por poseer predominantemente un color amarillento (fig.6.B).

Interpretación: delgados sets de areniscas que se originan bajo condiciones de baja a moderada energía que podrían constituir un flujo concentrado.

*L.3: depósito de areniscas finas, macizas (Sm)*

Facies de fracción psamítica fina y pelítica que se intercalan y sus límites no son muy precisos. La fracción psamítica se conforma por areniscas de tipo cuarzo-feldespáticas moderadamente seleccionadas, maduras. Este último orden granulométrico se encuentra conformando bancos de poco de espesor. Se caracteriza por ser un depósito masivo, de color predominantemente rojizo anaranjado, friable, y sin estructura (fig.6.A). Es posible encontrar una débil cementación de carbonato de calcio y escasa a nula matriz. Se la encuentra disgregada producto de la meteorización.

Interpretación: este depósito evidencia zonas de calma, baja acción de corrientes tractivas.

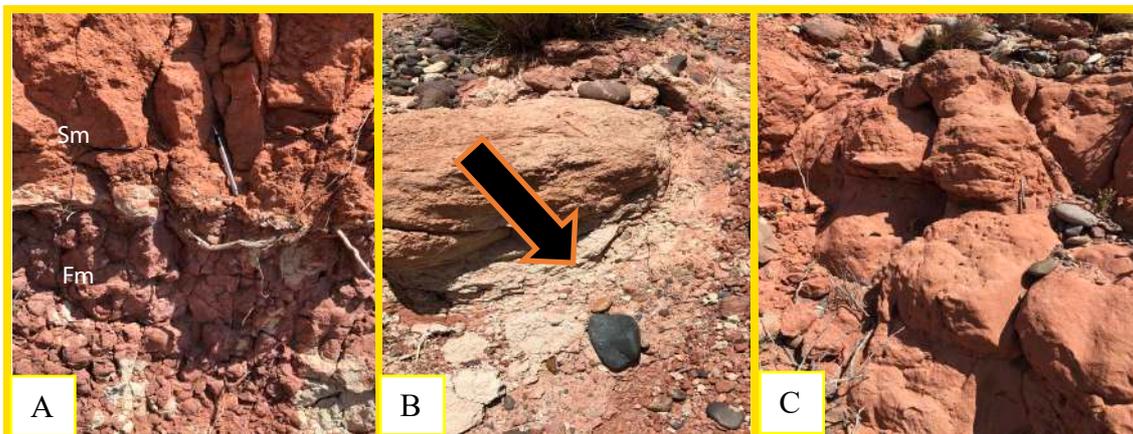


Fig. 6: A) Litofacies Sm y Fm B) Litofacies Se (señalado con flecha). C: Litofacies Sh.

*L.4: depósitos de areniscas gruesas con laminación planar (Sh)*

Litofacies psamítica compuesta por areniscas cuarzo-feldespáticas consolidadas, de coloración rosada que se depositan en formal sub-horizontal debido a una leve inclinación de los sets, en la cual se observan marcas de erosión hídrica, conformando huecos en algunos sectores (fig.6.C). Presenta una mala selección y escasa a nula matriz.

Interpretación: depósitos de granulometría gruesa desarrollados por corrientes fluviales, asociadas a condiciones de alta energía del medio.

*L.5: areniscas medias con estratificación cruzada tabular planar (Sp)*

Areniscas cuarzosas de granulometría media, con buena selección, escasa matriz y esfericidad moderada. Cuenta con la inclusión de fragmentos líticos tamaño guija de 4

mm de diámetro. Se disponen en sets de reducido espesor con una estructura de estratificación cruzada planar que le infiere una morfología tabular y planar (fig.7.A). Logra alcanzar un espesor de aproximadamente de 1,15 m.

Interpretación: se evidencia la migración de onduladas de crestas rectas (Harms, 1979) vinculado a regímenes de baja a moderada (Simons, Richardson y Nordin, 1965).

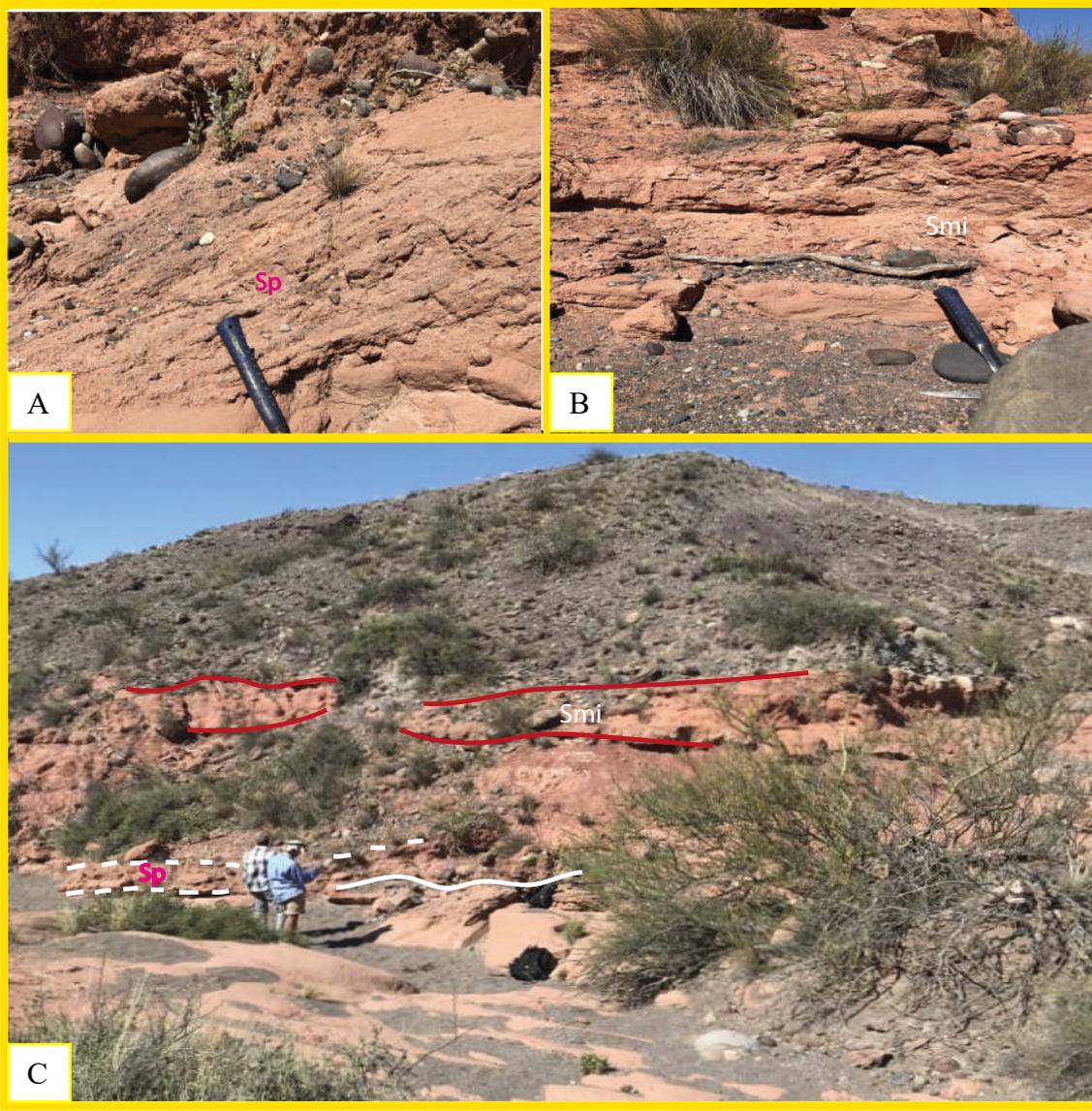


Fig. 7: A) Litofacies Sp. B) Litofacies Smi. C) Imagen general correspondiente a las facies Sp-Smi.

#### L.6: areniscas medias macizas (Smi)

Litofacies de granulometría psamítica media, poco consolidadas, grano decrecientes, masivas y sin estructura. Cuentan con una mala selección y débil matriz. Su geometría es en forma tabular y lenticular (fig.7.B).

Interpretación: bancos de areniscas de moderado espesor, el carácter grano-estrato-decreciente conformando delgadas laminas indican un descenso progresivo de la velocidad de la corriente.

## **Formación Agua de la Caldera**

### *L.7: conglomerado areniscoso macizo (GSc)*

Depósito de conglomerados areniscos, friables, con bloques de hasta 20 cm de diámetro, redondeados, con buena selección y esfericidad. Se encuentran contenidos en una matriz arenosa de granulometría media a fina que actúa como sostén y cementados con carbonato de calcio. No se observan estructuras ni imbricación de los clastos (fig.8.B). Posee un espesor aproximado de 2,91 m.

Interpretación: depósitos conglomerádico-areniscos de granulometría media depositados por flujos de detritos de alta energía.

### *L.8: depósito de areniscas gruesas conglomerádicas con estratificación cruzada (SGp)*

Litofacies psamítica caracterizada por una estructura de estratificación cruzada. Alcanza un espesor de 1,2 m. Presenta intraclastos de tamaño guija de 5 a 7 cm de diámetro, subredondeados y débilmente seleccionados (fig.8.A) en una matriz areniscas cuarzosas.

Interpretación: depósitos moderadamente gruesos desarrollados por migración de óndulas en condiciones de bajo régimen de flujo pero de alta energía.

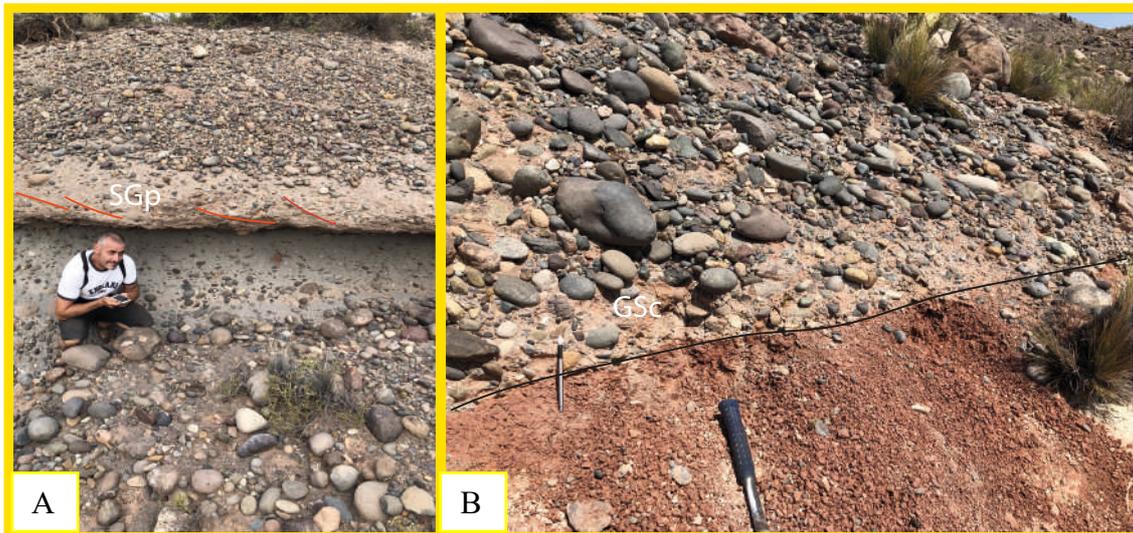


Fig.8: A) Litofacies SGp. B) Litofacies GSc.

### *L.9: paraconglomerado polimíctico, masivo (Gmm)*

Esta litofacies está compuesta por clastos con T.M.C (tamaño máximo de clasto) de hasta 45 cm de diámetro (tamaño guija), contenidos en una matriz arenosa que actúa como sostén de los mismos y cementados con carbonato de calcio. Alcanza una potencia de aproximadamente 1,7 m. Los clastos son sedimentarios y algunos pertenecientes a la Fm. Candeleros, subredondeados a redondeados con moderada esfericidad y selección de moderada a mala. No presentan estructura ni imbricación (fig.9).

Interpretación: depósito gravoso que no evidencia ningún tipo de organización interna, estructura o imbricación, se disponen en forma caótica. Estos depósitos pueden interpretarse como flujos hiperconcentrados (Wan y Wang, 1994) que no permiten la clasificación de tamaños de granos.



Fig.9: litofacies Gmm en la que se observan clastos correspondientes a la Fm. Candeleros.

L.10: *ortoconglomerado polimíctico (Gcm)*

Conglomerados de fábrica clasto-sostén con bloques de T.M.C variados (fig. 10), de hasta 25 cm de diámetro. Se disponen en un orden caótico y no se observa una imbricación. Alcanza un espesor de aproximadamente 12 m.



Fig.10: litofacies Gcm.

Presenta una escasa matriz arenosa muy fina. La selección es mala a buena, contando con clastos desde sub-redondeados a redondeados, cuya composición es principalmente volcánicos (basálticos-andesíticos) y algunos sedimentarios. La presencia de matriz arenosa es menor a un 15%.

Interpretación: formas de lecho gravosas vinculadas a flujos de alta energía (Simons, Richardson y Nordin, 1965; Harms, 1979) que constituyen formas mantiformes.

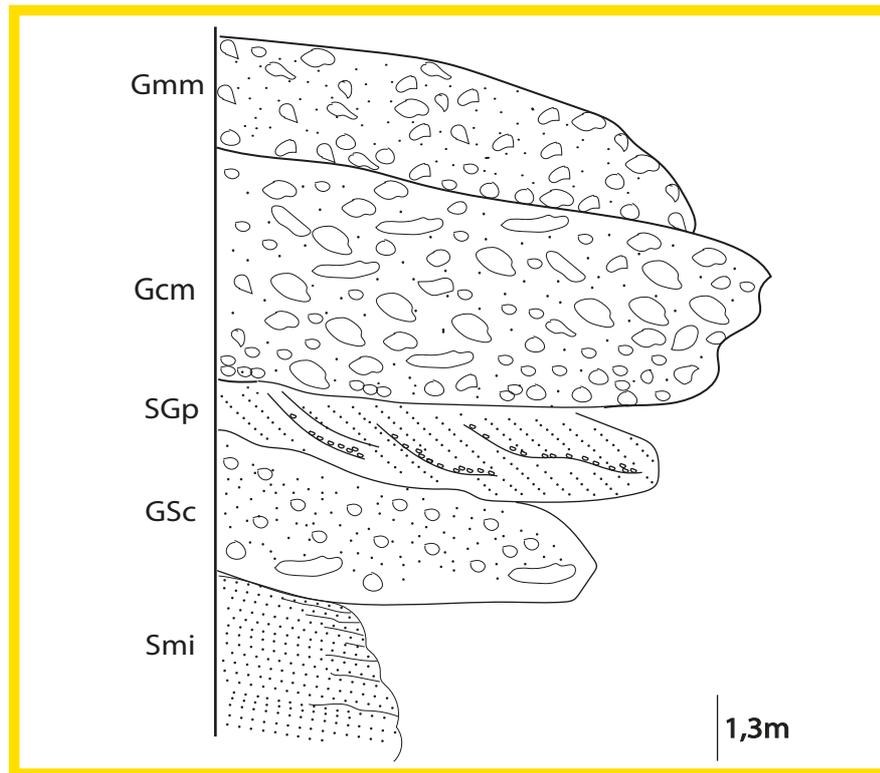


Fig. 11: perfil esquemático de las litofacias correspondientes a la sección inferior de la Fm Agua de la Caldera.

#### L.11: *Sabulitas macizas (Vm)*

Este depósito se dispone en contacto gradacional sobre la facies subyacente descrita anteriormente como Gcm. Está conformado por estratos superpuestos de sabulitas, grisáceas, muy friables, con clastos que oscilan un T.M.C de 4 mm. Comprende un espesor de aproximadamente 21,1 m. Estos clastos se caracterizan por su redondez y muy buena selección (fig.12). La matriz es escasa o nula. Posee una madurez textural alta.

Contiene bloques que varían en tamaño de hasta 2,8 m largo por 1,92 m de ancho por 1,81 m de alto, pertenecientes a diversas unidades como la Fm. Huincul, Fm. Rayoso, Fm. Candeleros, Fm. Sierra Barrosa, Fm. Portezuelo y algunos bloques volcánicos. Éstos se encuentran tanto sueltos como en el sustrato rocoso, y serán detallados minuciosamente en los próximos capítulos.

Hacia el tope del depósito estas sabulitas contienen intraclastos de aproximadamente 15 cm de diámetro indicando la acción de corrientes fuertemente erosivas que han incorporado material del fondo.

**Interpretación:** son sabulitas maduras, que están posiblemente vinculadas a flujos concentrados o al transporte de bloques producto de movimiento glaciario, ya que en muchos de estos bloques se ha contado con la presencia de marcas de estrías que evidencian la acción mecánica de un glaciar sobre el material acarreado (Fossa Mancini, 1940). En cuanto a los intraclastos podría tratarse de superficies de reactivación y/o amalgamación de las capas. Éstos se observan subredondeados y en el caso de los bloques de areniscas, presentan un alto grado de redondez.



Fig.12: litofacies Vm.

**Tabla de facies**

Facies	Litología	Geometría	Estructuras Sedimentarias	Interpretación
Fm	Pelitas de granulometría fina	Tabular	Maciza	Depósitos de baja energía producto de decantación
Se	Arenisca fina	Tabular	Laminación planar e intraclastos pelíticos	Depósito de flujo de sedimentos concentrados
Sm	Arenisca fina	Tabular	Maciza	Depósitos de flujos de baja energía
Sp	Arenisca cuarzosas de granulometría media	Tabular planar	Estratificación cruzada planar	Migración de ondulas
Smi	Arenisca de granulometría media	Tabular a canalizada	Maciza. Gradación inversa	Depósitos de bancos de areniscas
Sh	Arenisca cuarzosa de granulometría gruesa	Tabular	Laminación planar	Depósito de corrientes fluviales
SGp	Arenisca conglomerádica	Tabular a lenticular	Estratificación cruzada	Migración de ondulas
Vm	Sabulitas	Tabular a canalizada	Maciza	Depósitos de flujos concentrados o glacifluviales
Gcm	Ortoconglomerado polimíctico	Caótica	Maciza	Depósitos retransportados o deslizamientos
Gmm	Paraconglomerado polimíctico	Tabular a canalizada	Maciza	Flujos hiperconcentrados
GSc	Conglomerado arenoso de granulometría media	Tabular	Maciza	Depósito de fondo de moderada energía

Fig.13: cuadro indicando las diferentes litofacies observadas, incluye las características, como litología, geometría, estructuras sedimentarias y su interpretación.

## Asignación de facies a las unidades formacionales

Facies	Fm. Sierra Barrosa	Fm. Agua de la caldera
Vm		X
Gmm		X
Gcm		X
SGp		X
GSc		X
Smi	X	
Sp	X	
Sh	X	
Sm	X	
Se	X	
Fm	X	

Fig.14: cuadro de facies de cada unidad formacional hallada en la zona de estudio.

## Asociaciones de facies y elementos arquitecturales

Las litofacies identificadas integran asociaciones conglomerádicas (C1), sabulitas (V1), de areniscas (A1,A2) y constituyen elementos arquitecturales siguiendo la terminología de Miall (1996), como canales (CH) y se utilizó el termino (V1) para referirse también a mantos sabulíticos. La tabla (fig.23) sintetiza las asociaciones y elementos estructurales.

**Asociación C1:** constituye ciclos grano-estrato-crecientes, conformados por litofacies conglomerádicas de Gmm, Gcm, GSc y SGp (fig.15). Los cuerpos conglomerádicos y arenosos presentan geometría tabular, asociados a estructuras sedimentarias como estratificación cruzada planar en el caso de las areniscas SGp y maciza para la litofacies GSc. Mientras que los paraconglomerados no poseen imbricación de clastos y la disposición de los mismos es caótico, dando como resultado una estructura maciza. La transición de la litofacies Gcm a Gmm es consecuencia de una menor friabilidad y cementación de carbonato de calcio.

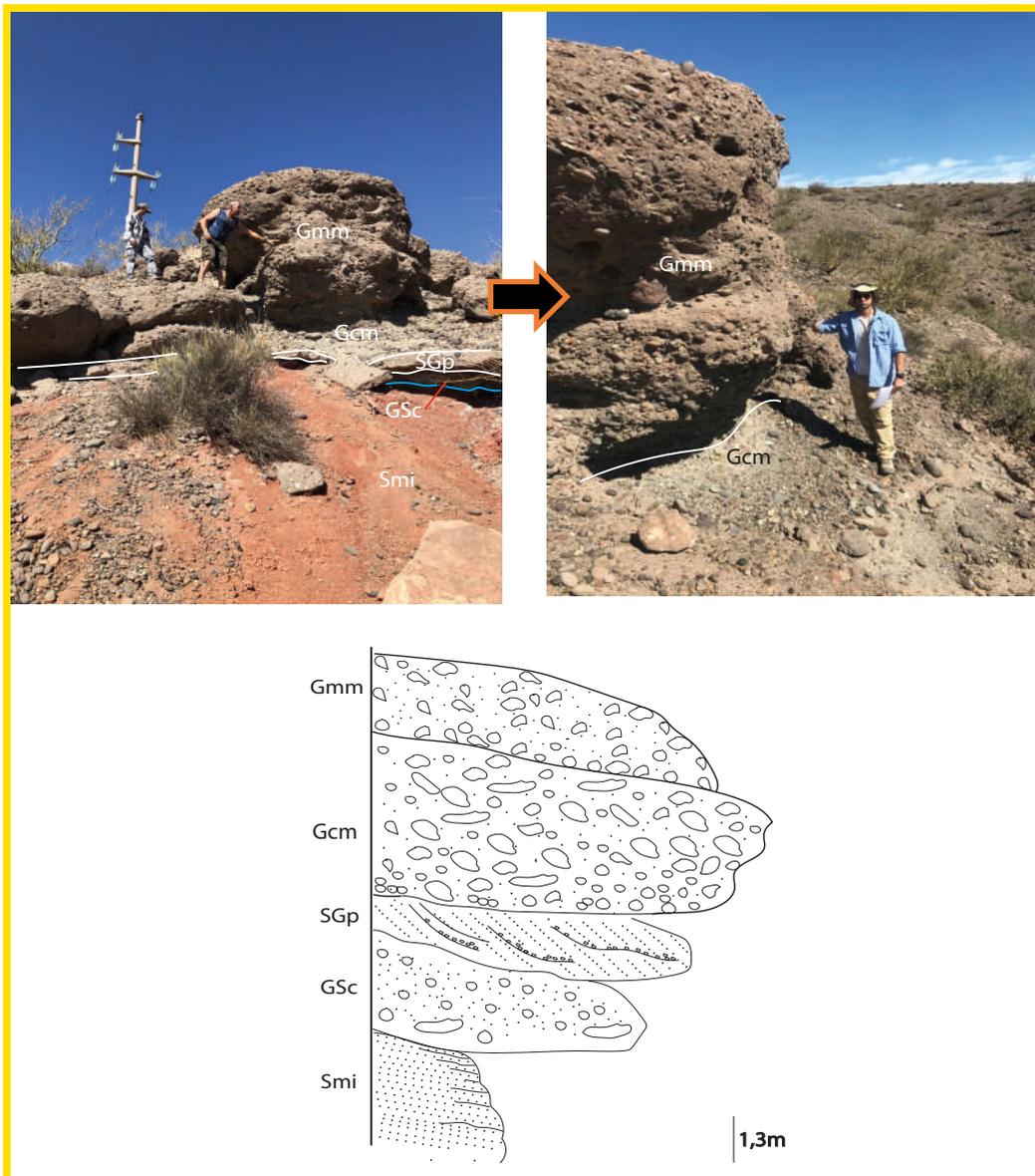


Fig.15: (arriba) fotografía mostrando la relación entre las litofacies y el perfil esquemático de la asociación (abajo).

**Interpretación:** Esta asociación representaría el contacto entre la sección superior de la Fm. Sierra Barrosa constituida por la litofacies Smi (Fig.15) y la sección basal de la Fm. Agua de la Caldera, contacto que se caracteriza por ser típicamente erosivo. La transición entre las litofacies GSc y SGp es gradacional, donde se evidencia una disminución en la carga de sedimentos del flujo debido al aumento de porcentaje de matriz arenosa en el depósito. Sin embargo, la energía del mismo continúa siendo alta, ya que se desarrolla una estructura de estratificación entrecruzada indicando la migración de ondas tipo 2D en la litofacies SGp.

Entre los ortoconglomerados y los paraconglomerados se pueden interpretar como cambios multiepisódicos en la energía del flujo tractivo de sedimentos y la tasa de descarga de agua y sedimentos. Considerando la gran potencia de conglomerados (fig.16) se podría interpretar como formas tanto de lecho como de fondo de canal (CH-0) donde su depositación fue en forma de mantos gravosos.

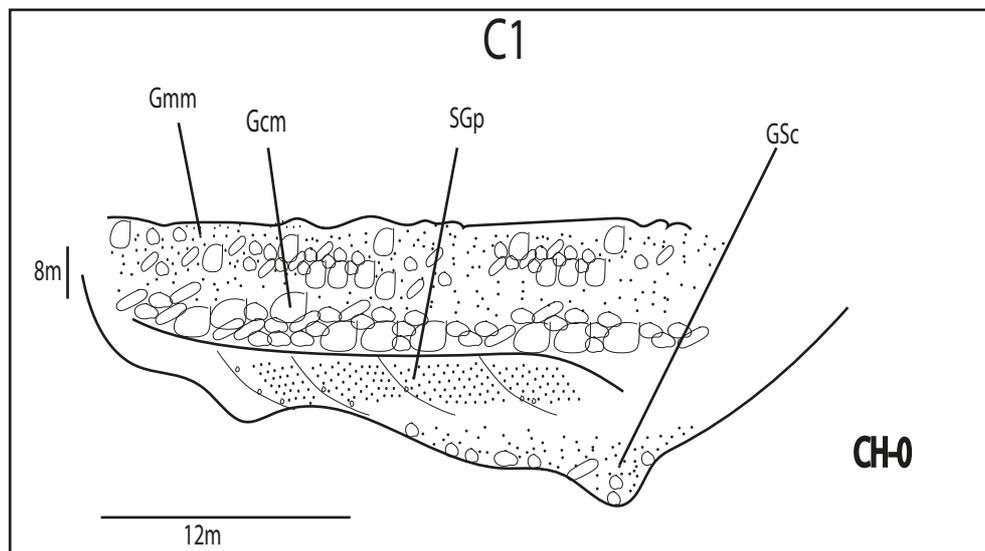


Fig.16: sección esquemática representativa de la asociación C1.

**Asociación V1 :** esta asociación se la asigna a la sección superior de la Fm. Agua de la Caldera y comprende los últimos niveles de la sucesión correspondiente a la zona de estudio. La litofacies predominante es Vm (fig.17). Se trata básicamente de sabulitas friables que poseen una geometría tabular y se apoyan discordantemente sobre la asociación C1. Son netamente macizas y poseen un T.M.C de hasta 4 mm.

Cabe destacar que en el tope de esta asociación se encuentran bloques sedimentarios y volcánicos de grandes dimensiones, que han sido nombrados en capítulos anteriores.

**Interpretación:** este depósito se lo podría llegar a interpretar como mantos sabulíticos, asignándole las siglas (V1), producto del transporte de sedimentos de corrientes densas (fig.18), teniendo en cuenta la gran cantidad de bloques sueltos que se han hallado, contienen características como su gran tamaño, redondez, esfericidad y superficies estriadas que soportan la teoría de que estos sedimentos sean glaciafluviales.

A pesar de la ausencia de estructura en la litofacies Vm, es evidente el aumento progresivo episódico en el aporte de la tasa de descarga de sedimentos y agua para generar tal energía del sistema, que incorpore clastos de gran tamaño en las secciones superiores.

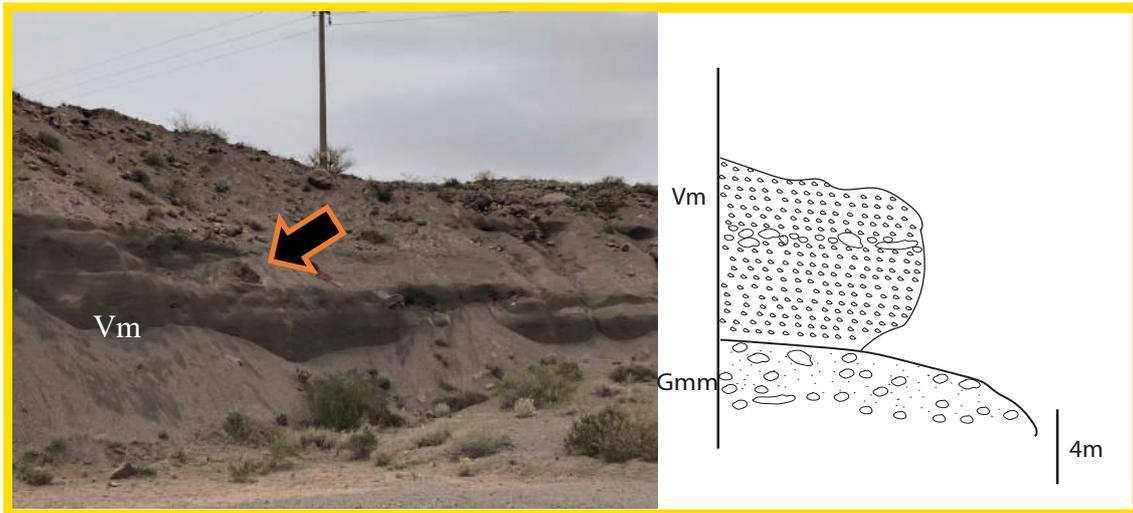


Fig.17: (izquierda) fotografía mostrando la litofacies Vm y el perfil esquemático de la asociación V1 (derecha). Señalados con la flecha negra los clastos de gran tamaño en la sección superior de la litofacies Vm.

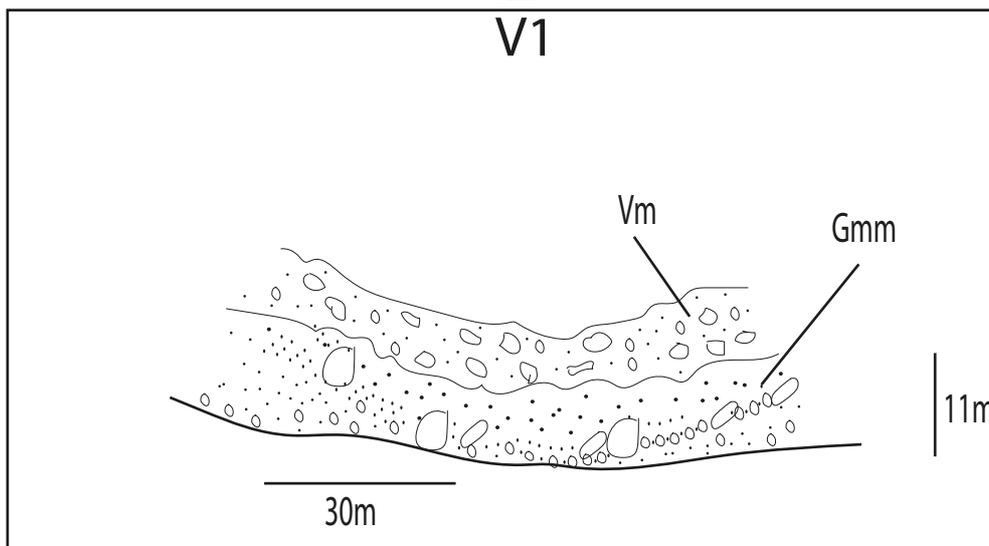


Fig.18: sección esquemática representativa de la asociación V1.

**Asociación A1:** comprende aproximadamente un tercio de la sección inferior de la sección estudiada. Estas unidades se componen principalmente por areniscas cuarzosas de granulometrías finas a gruesas preferentemente constituidas por litofacies de Se, Sh y Sm (fig.19) y en forma subordinada por litofacies Fm. Correspondiendo a los sectores basales (Fm-Se), intermedios (Sh) y superior (Sm). Presentan una geometría tabular a ligeramente lenticular y en muchos casos se adaptan a la topografía preexistente. Son distinguibles variaciones de color en la parte pelítica, desde coloraciones rojizas pardas a grisáceo verdosas.

Interpretación: se interpreta como depósitos de canalizados (CH-1) que responden a eventos de baja energía para las secciones basales (Fm-Se) y superiores (Sm). También eventos de alta energía para la sección intermedia (Sh) (fig.20).

Si bien hay porciones subordinadas de litofacies de pelitas, esta asociación se compone puramente por areniscas las cuales son incluidas en los niveles intermedios de la Fm. Sierra Barrosa definida por Garrido (2010).

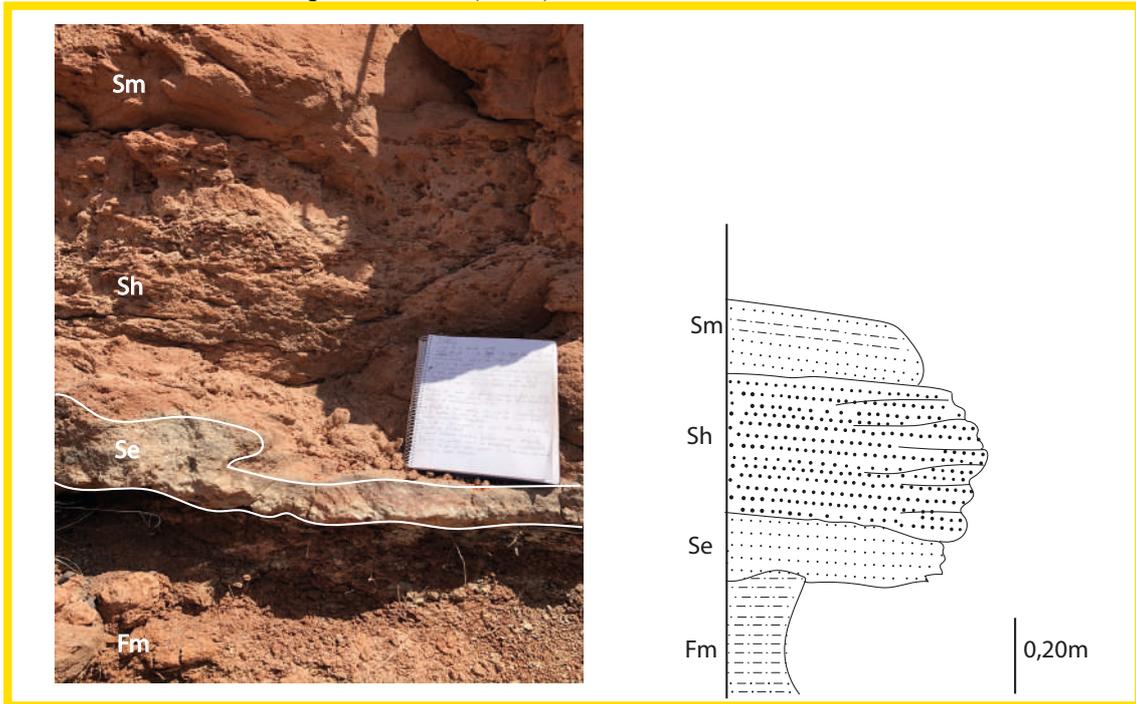


Fig. 19:(izquierda) fotografía mostrando la relación entre las litofacies Se, Sh y Fm y el perfil esquemático de la asociación A1 (derecha).

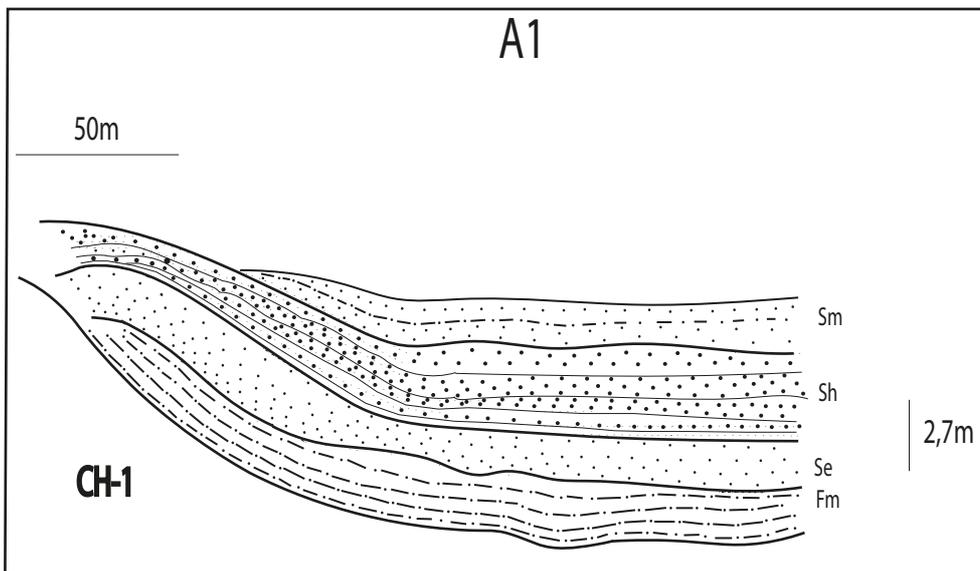


Fig.20: sección esquemática representativa de la asociación A1.

**Asociación A2** : consiste en sucesiones grano-decrecientes, integrada por litofacies Smi y Sp (fig.21). En general estas litofacies se componen por areniscas cuarzosas de granulometrías intermedias y constituyen cuerpos tabulares en transición a canalizados.

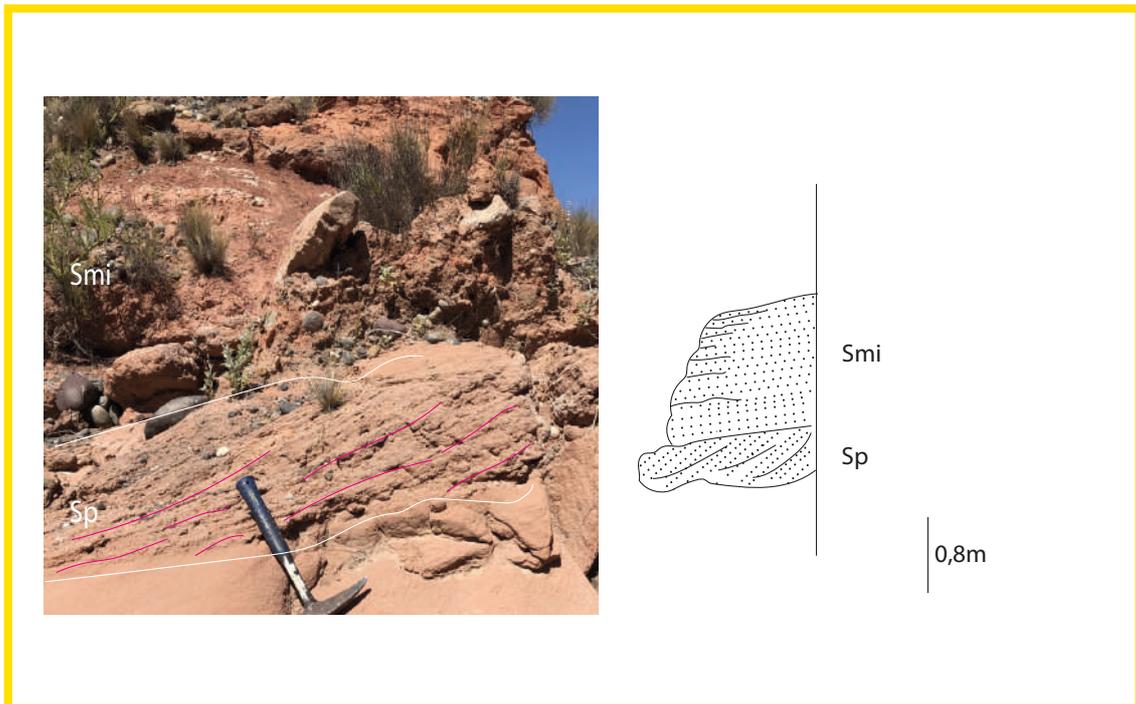


Fig.21: (izquierda) fotografía mostrando la relación entre las litofacies Sp y Smi, el perfil esquemático de la asociación A2 (derecha).

**Interpretación:** las litofacies Sp y Smi, se interpretan como sedimentos dentro de sectores intermedios del canal (CH-2) (fig.22). Los estratos grano-decrecientes reflejan flujos progresivamente mas débiles durante la sedimentación (Bridge, 2006). Esta asociación muestra un descenso gradual en el nivel de energía hacia sectores superiores. Se la asigna a los niveles superiores de la Fm. Sierra Barrosa, son estos los estratos que se encuentran en el contacto Cretácico Superior – Cuaternario donde se apoya suprayacentemente la Fm. Agua de la Caldera de edad Plio-Pleistoceno.

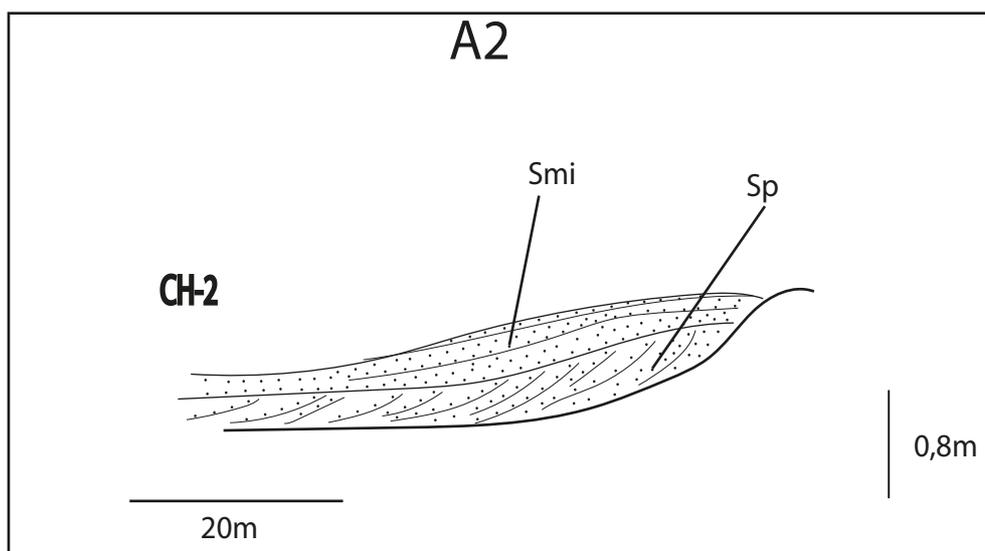


Fig.22: sección esquemática representativa de la asociación A2.

<b>Elementos arquitecturales</b>	<b>Símbolos</b>	<b>Geometría</b>	<b>Asociación de facies</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Unidad formacional</b>
Mantos sabulíticos	V1	Tabular	Vm	Depósitos de flujos sabulíticos	Fm. Agua de la Caldera
Canal 0	CH-0	Tabular	Gcm-Gmm-GSc-SGp	Depósitos de fondo de canal	Fm. Agua de la Caldera
Canal 1	CH-1	Tabular, acuñado lateralmente	Sm-Sh-Se-Fm	Depósitos de canal arenoso	Fm. Sierra Barrosa
Canal 2	CH-2	Tabular	Sp-Smi	Depósito de canal arenoso	Fm. Sierra Barrosa

Fig.23: tabla de elementos arquitecturales reconocidos.

## Descripción de los sectores analizados

Se confeccionaron 4 perfiles estratigráficos de detalle tipo “*Selley*” en diferentes sectores de la zona de estudio a lo largo del Cordón de Cerros Colorados. Cada sector corresponde a su perfil estratigráfico propiamente dicho.



Fig.24: imagen satelital marcando los diferentes perfiles confeccionados en la zona de estudio.

### Sector perfil A

Se accedió a este sector en las inmediaciones de la ruta provincial N°51, luego se procedió a recorrer a través de un cañadón (fig.25), con el fin de evitar zonas cubiertas de bloques y vegetada que no permitieran la observación y el análisis sedimentológico.



Fig.25: imagen correspondiente al perfil del sector A.

El afloramiento donde se realizó el primer relevamiento se localiza en 38° 26' 21.00'' de latitud Sur y 68° 53' 47.00'' de longitud Oeste (fig.24). Consiste mayormente en paquetes arenosos de granulometría mediana y depósitos pelíticos de gran espesor (fig.26).

Aquí los paquetes de areniscas se caracterizan por la ausencia de una estructura determinada, siendo así preponderante una estructura masiva y en algunos paquetes es notoria la laminación paralela y estratificación cruzada. No es de menor importancia, la ausencia de bioturbación y la existencia de una elevada erosión hídrica la cual se evidencia en algunos paquetes de areniscas que se encuentran con una gran friabilidad. Así como la tendencia en coloraciones rojizas a rosadas podrían deberse a la presencia de óxido de hierro, mientras que aquellas tonalidades amarillentas se trataría de la presencia de cemento de dióxido de hierro.

En esta sucesión correspondiente a la Fm. Sierra Barrosa, es destacable la caracterización de paleocanales de escaso desarrollo a partir del análisis litofacial del perfil estratigráfico.

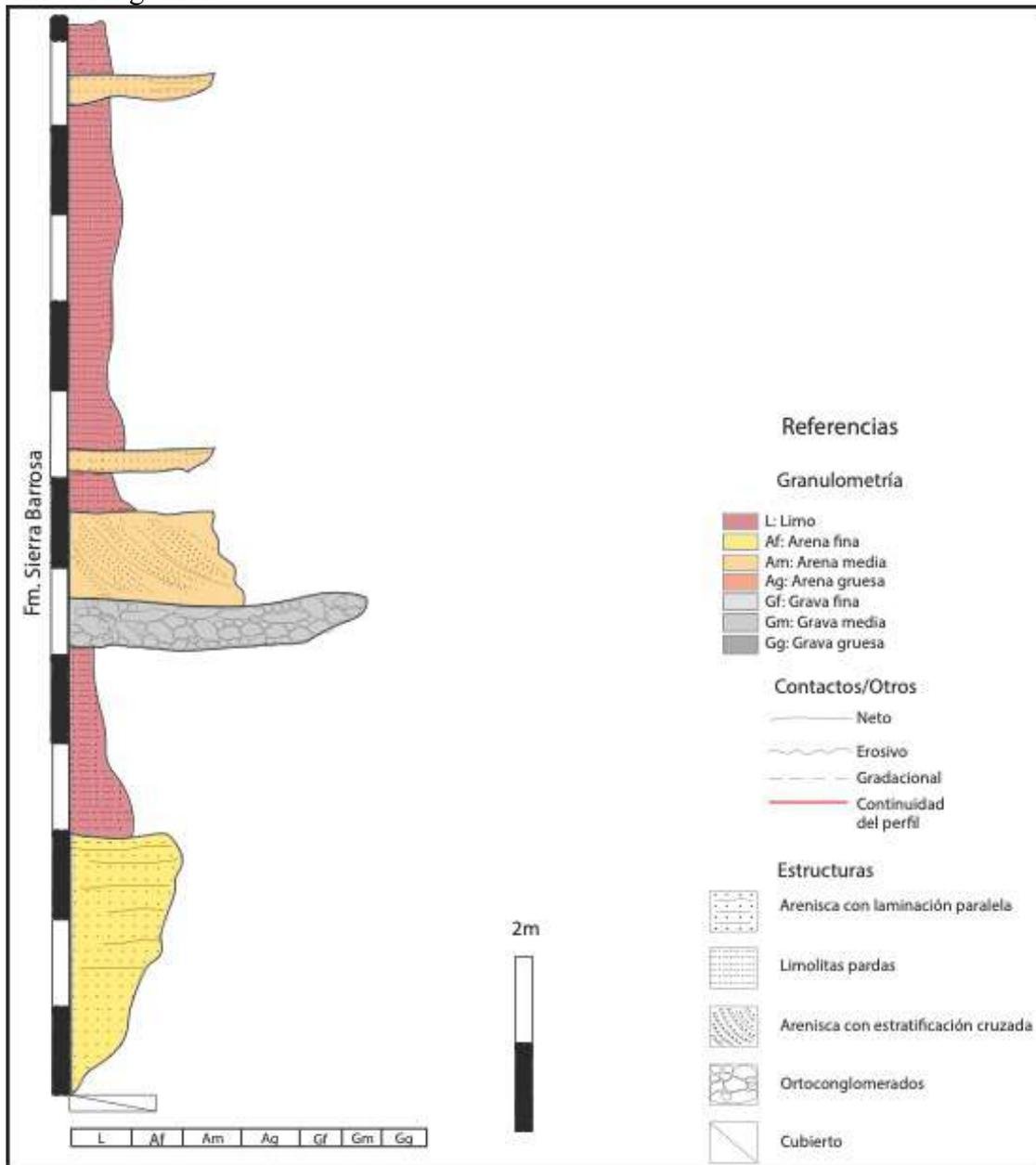


Fig.26: perfil estratigráfico correspondiente al sector A.

## Sector perfil B

Este afloramiento en particular se halla a pocos metros del “Sector A”, precisamente a los 38° 26′ 18.1″ de latitud Sur y 68° 53′ 47.2″ de longitud Oeste.

La sucesión comienza con la Fm. Sierra Barrosa, hacia la base se hace marcada la presencia de grandes paquetes pelíticos a medida que se avanza hacia el tope de este sector. En menor proporción se hallan bancos y depósitos de areniscas de granulometría media (fig.27.A), tonalidades rojizas a rosadas y la ausencia de estructuras sedimentarias a excepción de un paquete de areniscas medias, de aproximadamente 1,7 m de potencia, donde se observa una laminación paralela. La bioturbación está ausente.

Son visibles grandes bloques de roca que poseen una litología arenosa y evidencian la base de la Fm. Agua de la Caldera, de coloración violácea, posiblemente pertenecientes a la Fm. Candeleros (fig.27.B). Su tamaño oscila entre los de 2 m de alto por 4,7 m de ancho por 7,5 m de largo, y cubren áreas reducidas del sector. Estos bloques se hallan en el tope del perfil en la facies conglomerádica con cemento carbonático y se dispone en forma perpendicular a la estratificación, lo que implica que fue transportado y depositado allí.

Considerando la presencia de una numerosa cantidad de intercalaciones de facies pelíticas en el perfil, podría llegar a tratarse de condiciones de calma, baja energía de transporte y un bajo régimen tractivo. Por otro lado se evidencia en la base de la secuencia, suprayacente a la base conglomerádica y en contacto neto, la presencia de barras de morfologías tabulares y horizontales, compuestas por areniscas medias con estratificación cruzada.

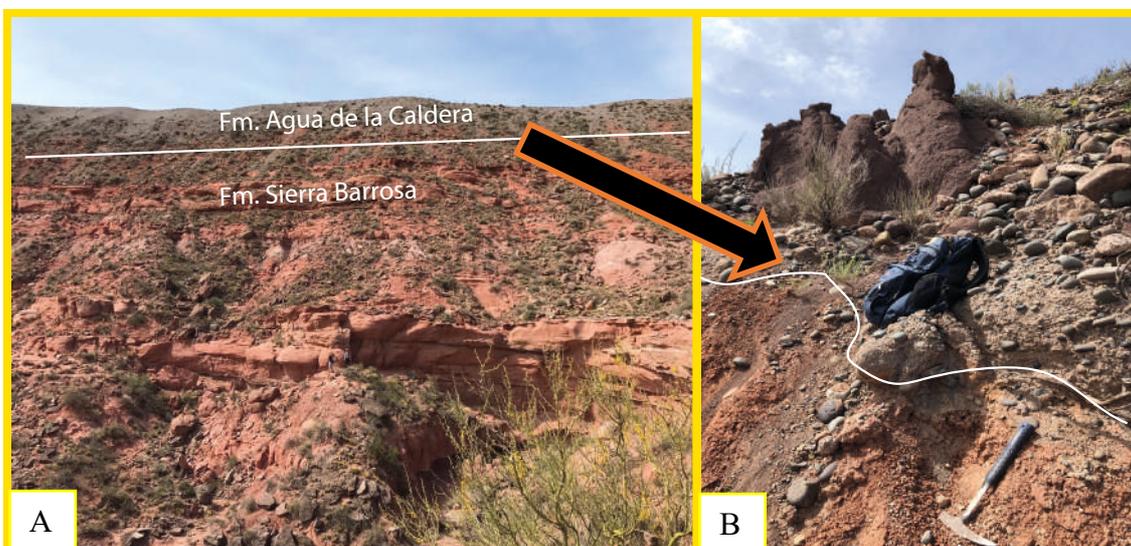


Fig.27: A) Imagen del sector B señalando con línea blanca el límite entre las unidades Fm. Sierra Barrosa y la Fm. Agua de la Caldera. B) Se observa en mayor detalle el límite (señalado con línea blanca). Bloque violáceo perteneciente a la Fm. Candeleros (señalado con flecha) en contacto con la facies conglomerádica.

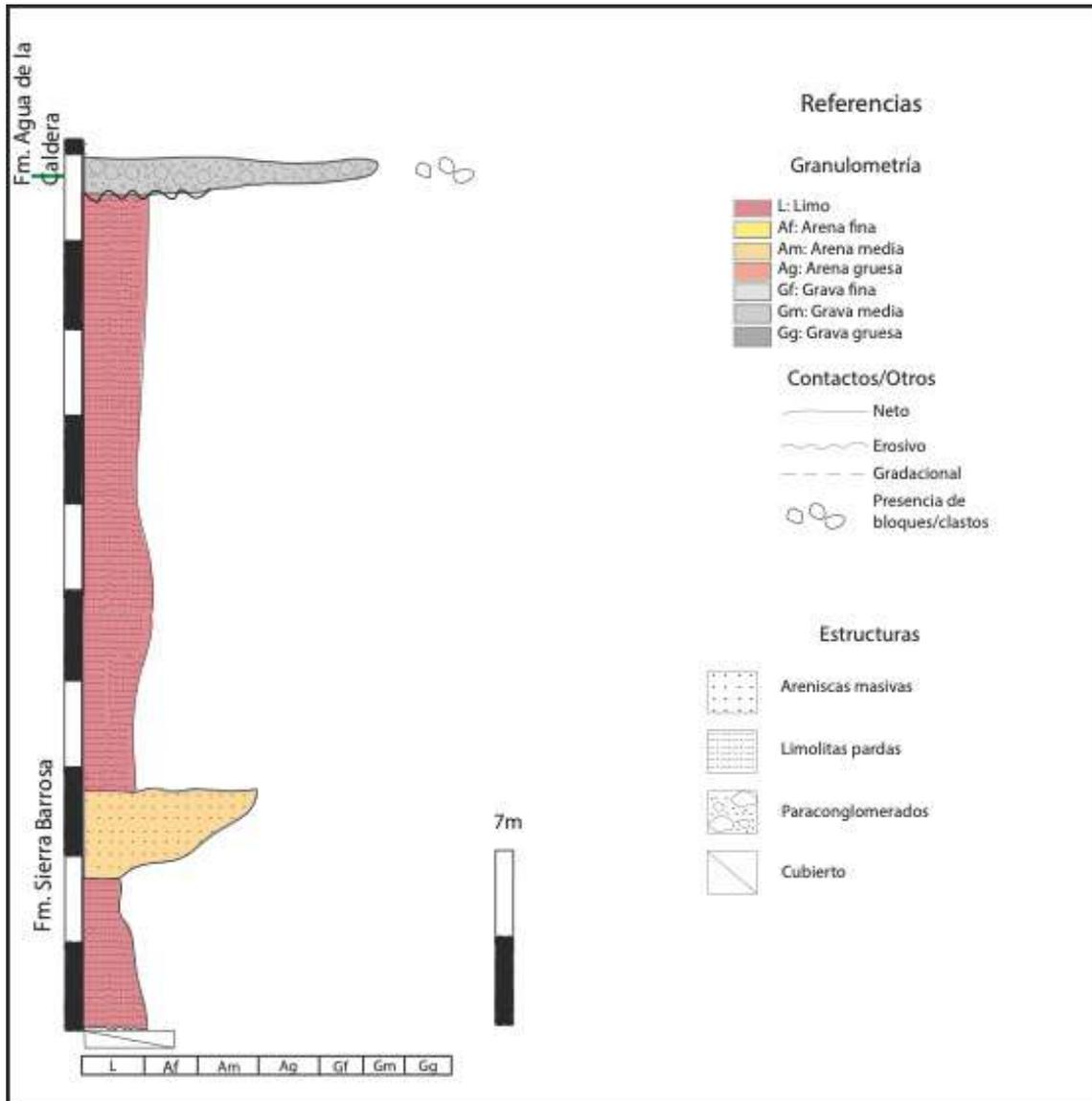


Fig.28: perfil estratigráfico correspondiente al sector B.

## Sector perfil C

Este sector caracterizado por su fácil acceso, se encuentra a poca distancia de la R.P N°51, por lo cual no dificultó su observación (fig.29.A). Es un área que mayormente esta cubierta por clastos y bloques superiores a 1 m de ancho por 1 m de alto y 2,3 m de largo.

El afloramiento se localiza a  $38^{\circ} 25' 44''$  de latitud Sur y  $68^{\circ} 52' 0.6''$  de longitud Oeste. Consiste básicamente en paquetes areniscos, deleznales, de coloraciones rosadas con moteados, masivos y grano-estrato-creciente (fig.30) que pertenecerían a la Fm. Sierra Barrosa. A medida que se asciende en el perfil, se hace notable el incremento en el tamaño de clastos, pasando de tamaños gravosos/guija hasta llegar al tope de la sucesión a conformar bloques de gran tamaño y bloques erráticos en el tope de la sucesión al igual que en el “Sector B”, ya conformando la Fm. Agua de la Caldera.

En la sucesión es notable que los depósitos se encuentran extremadamente erosionados, se caracterizan por ser friables y al igual que en anteriores ocasiones, presentan características de un ambiente oxidante.

Se han encontrado mesoformas de tipo barras de canal, de morfologías lenticulares y tabulares dentro de sets de areniscas en porciones inferiores del perfil, las cuales podrían pertenecer a un sistema de barras arenosas.

Hacia secciones superiores del perfil, se encuentra un contacto (fig.29.B) de carácter erosivo, que marca un *hiatus* deposicional entre el Cretácico superior conformado por la Fm. Sierra Barrosa y el Cuaternario conformado por la Fm. Agua de la Caldera (fig.29.A).

Es una transición de areniscas finas/medianas a conglomerados donde la matriz es superior al 15%, presentan cemento carbonático y los clastos (volcánicos) redondeados a subredondeados que conforman este conglomerado e integran la sección basal de la Fm. Agua de la Caldera, poseen hasta 14 cm de diámetro. Por encima de estos conglomerados se encuentran areniscas conglomerádicas gruesas con estratificación cruzada difusa (fig.8.A).



Fig.29: A) Fotografía del acceso al sector C. Se observa el contacto (marcado con línea color verde) entre la Fm. Sierra Barrosa y Fm. Bayo Mesa. B) Contacto erosivo (señalado con flecha y línea verde)

marcando un *hiatus* entre el Cretácico superior de la Fm. Sierra Barrosa y el Cuaternario de la Fm. Agua de la Caldera.

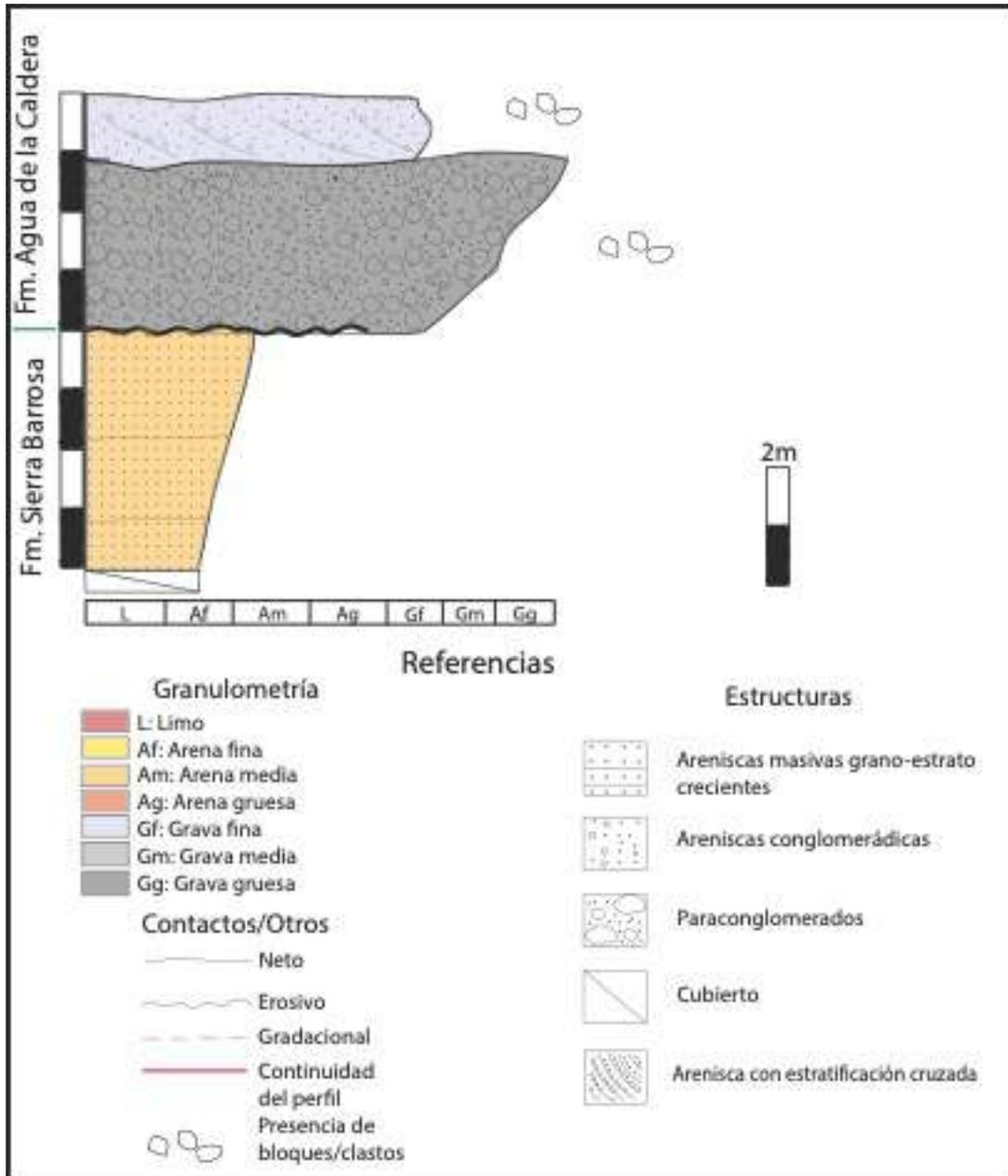


Fig.30: perfil estratigráfico correspondiente al sector C.

## Sector perfil D

Para acceder a este sector se tuvo que recorrer aproximadamente 400 m desde la R.P N°51, por medio de un cañadón que dirige hasta la base del perfil.

Este afloramiento se localiza a los 38° 25' 52.94'' de latitud Sur y a 68° 52' 58.29'' de longitud Oeste. En sus secciones inferiores consiste principalmente en depósitos de areniscas rojizas (fig.31), con granulometrías que gradan de finas a medias. En la base del perfil estas areniscas son cuarzosas y poseen estructuras de estratificación en artesa, posiblemente puede tratarse de dunas e interdunas asignables a la unidad Fm. Sierra Barrosa. Por encima y en contacto gradacional, se reiteran estas facies de areniscas conformando morfologías tabulares y horizontales, con estructuras de estratificación cruzada, siendo interpretadas como paleocanales que en su gran parte se orientan en sentido NO-SE e intercalan con depósitos limosos de reducida potencia.

Suprayacentemente se deposita la Fm. Agua de la Caldera, donde predominan areniscas conglomerádicas, orto- y para- conglomerados que ocupan el sector medio y parte del sector superior del perfil en cuestión (fig.32.B). Estas facies se intercalan en ciclos de energías fluctuantes, desde moderadamente alta (conteniendo gravas) a muy elevadas (clastos con tamaños que oscilan hasta el 1 m de diámetro). Estas facies se caracterizan por el orden caótico y sin imbricación de sus clastos (fig.32.A), estos clastos integran tanto la sección inferior de la Fm. Agua de la Caldera como las secciones superiores de la unidad respectivamente.

Los clastos varían desde sedimentarios a volcánicos (composición basáltica a andesítica).



Fig.31: imágenes correspondientes al las secciones basales del perfil del sector D.

En sectores superiores del perfil, se hace visible la predominancia de sabulitas limpias y friables en el área (fig.32.C), llegando a conformar un depósito de aproximadamente 21,1 m. Presentan una muy buena selección y redondez. Carecen de materiales finos como limos y arcillas. Entre sus clastos líticos mayoritariamente, aparecen bloques de grandes dimensiones ( de hasta aprox. 10 m de ancho por 15 m de

largo) tal como se han visto en el tope del los perfiles relevados en los sectores B y C. Estos bloques están distribuidos aleatoriamente y sueltos en la zona, e inclusive en las areniscas sabulíticas descritas anteriormente.

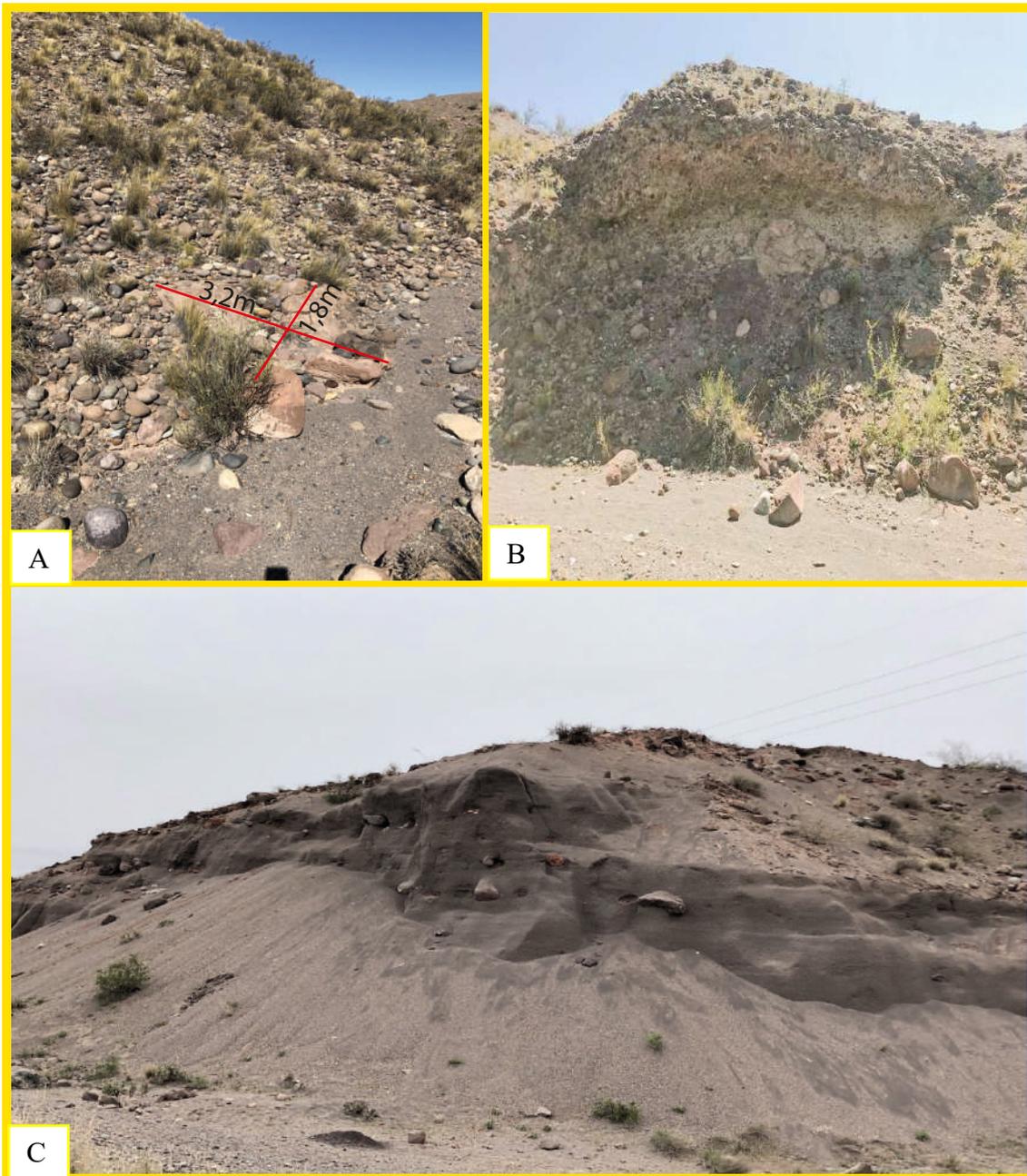


Fig.32: A y B) imágenes de litofacies conglomerádicas (ortoconglomerados y paraconglomerados). C) sabulitas limpias con inclusión de clastos.

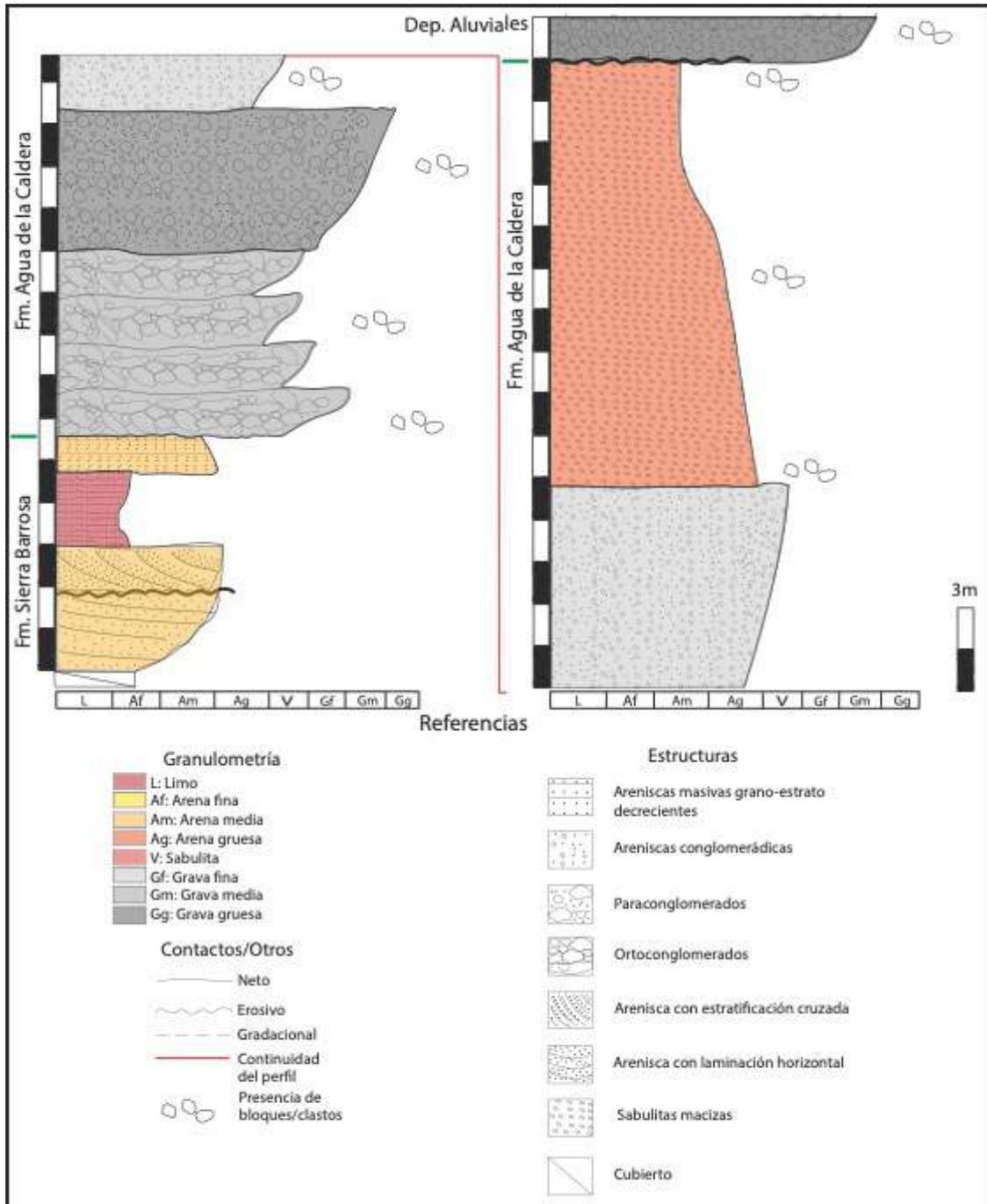


Fig.33: perfil correspondiente al sector D.

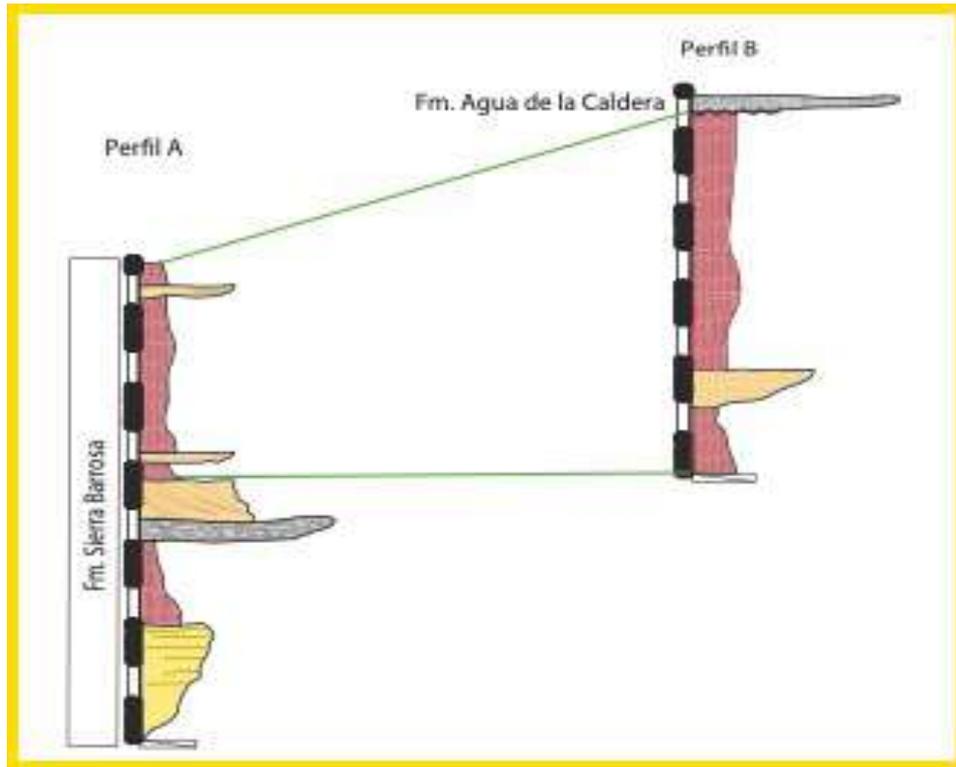


Fig.34: correlación de perfil A y perfil B .

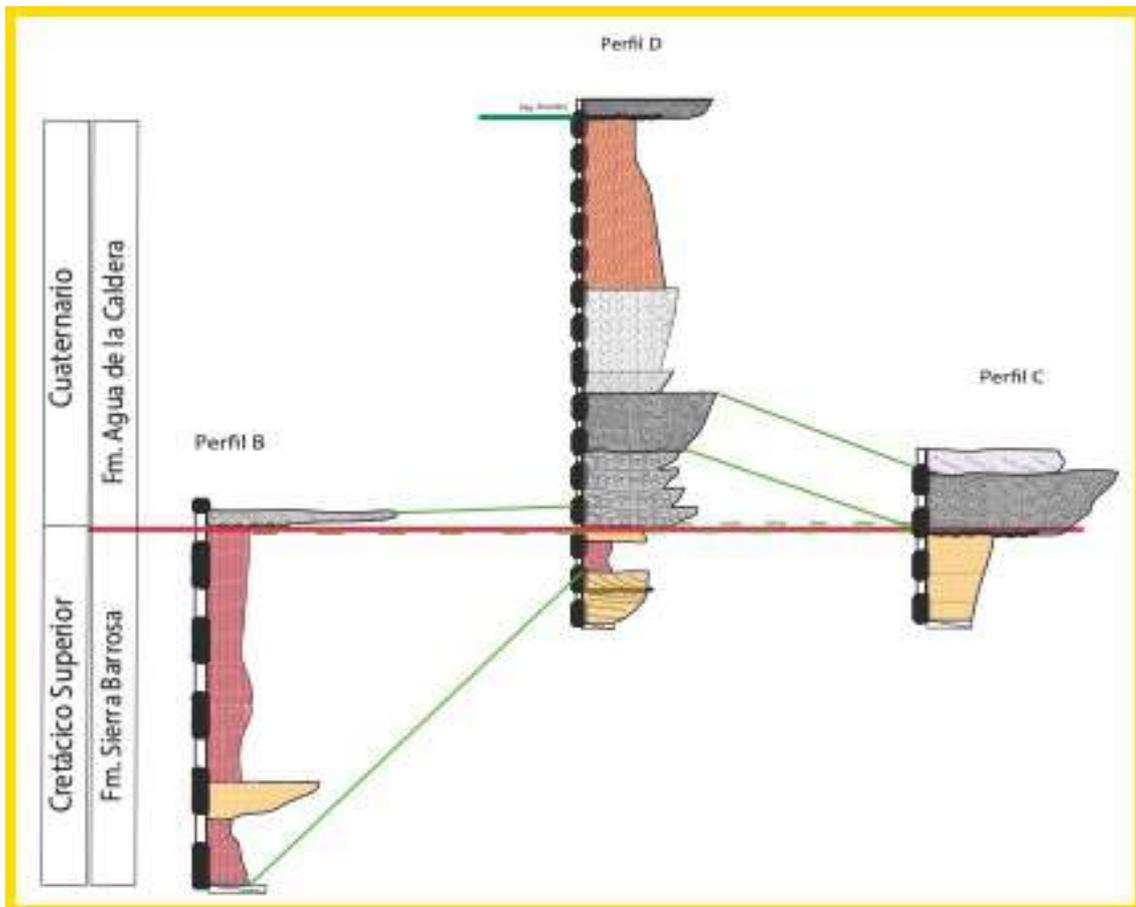


Fig.35: correlación de perfil B, perfil D y perfil C.

## Mapeo de Bloques (Candeleros-Huincul-Volcánicos)

En este ítem se realizó el mapeo de diferentes bloques pertenecientes tanto a la Fm. Candeleros, Fm. Portezuelo, Fm. Rayoso y Fm. Huincul, así como también bloques de origen volcánico cuyas composiciones son preferentemente basálticas y andesíticas.

Esta tarea consistió en la división del área principal de trabajo en sub-áreas, a partir de la elaboración de varios mapas de imágenes satelitales provistas por Google Earth. De esta forma se corroboró dentro de estos mapas la localización de los bloques erráticos.

Se inició el ploteo de bloques en los mapas siguiendo la ruta rural que comunica el campamento base en dirección a la R.P N°51. Al llegar a la zona que abarcaba cada área del mapa, se procedió a caminar a pie y georeferenciar con GPS cada uno de los bloques de grande dimensiones observados, anotando las coordenadas geográficas de cada uno de ellos, para intentar ubicarlos en el mapa que se contaba en mano. Se observaron no solo dimensiones (altura, ancho y largo) sino también la composición, esfericidad, redondez, y otras características como cercanía a otros bloques o cuerpos y posibles lineamientos.

Este procedimiento previamente descrito se repitió reiteradas veces para cada uno de los 5 mapas confeccionados (fig.36).

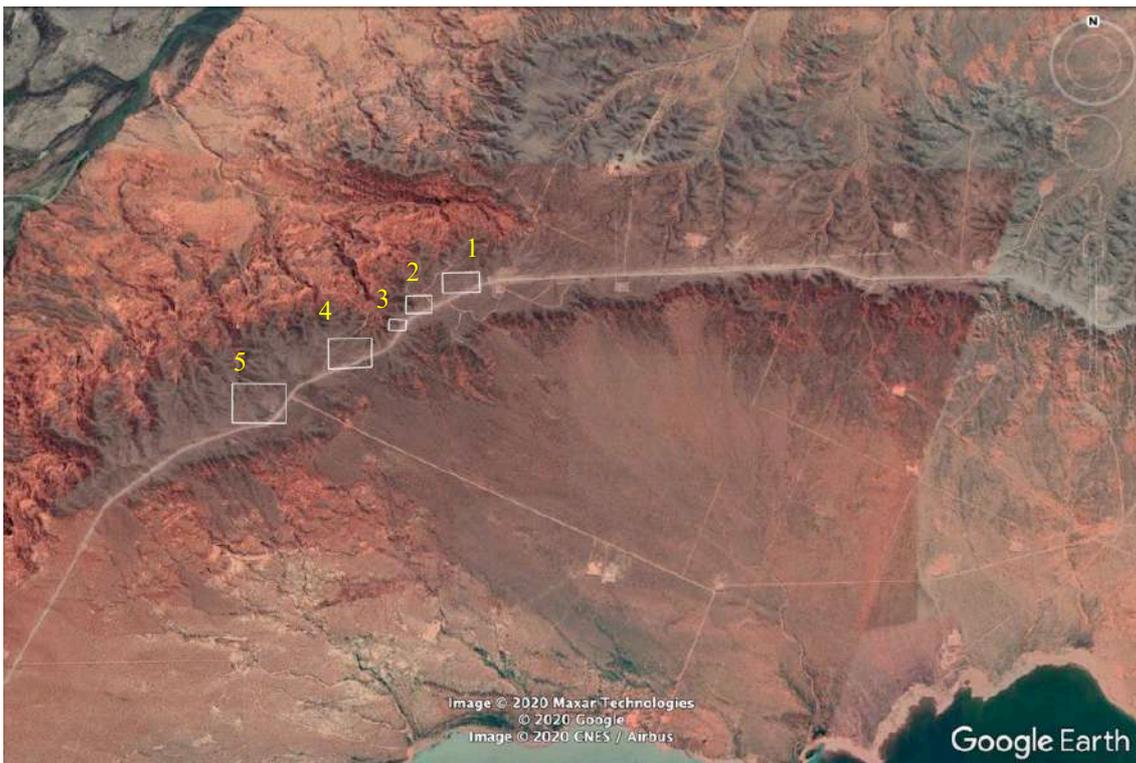


Fig.36: fotografía satelital general de los mapas de bloques marcados en recuadros blancos y señalizados con números.

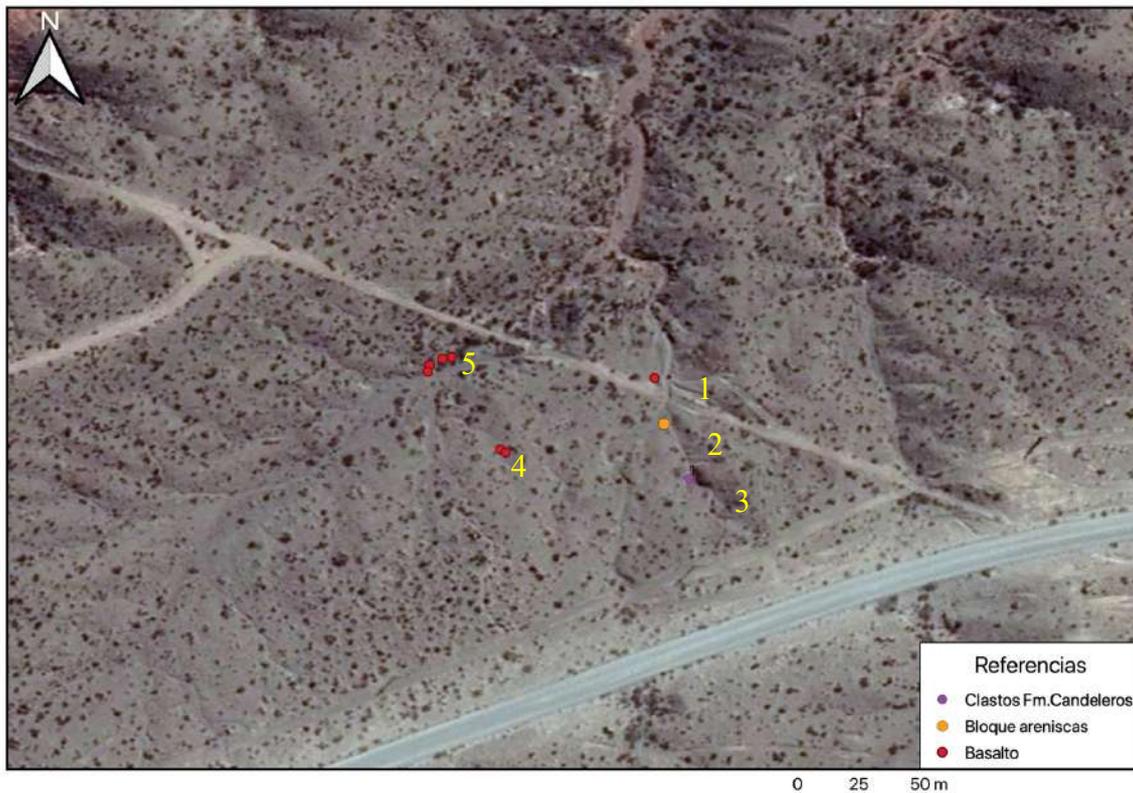
Mapa N°1

Fig.37: mapa N°1 de algunos de los bloques relevados (marcados en números amarillos y colores según su tipo de composición).

En este sector se han podido visualizar las siguientes geoformas compuestas en su gran mayoría por bloques basálticos y en menor medida bloques de areniscas y clastos pertenecientes a la unidad conocida como Fm. Candeleros (fig.37).

Marcado con un círculo rojo, el número 1 consiste en un bloque de composición basáltica de dimensiones de 63 cm de largo por 33 cm de ancho (fig.38.A) y es observable una superficie pulida. Señalado con un círculo amarillo y el número 2, se identifica un bloque de arenisca, sin procedencia identificada, coloración gris-clara, masiva. Se logra observar y medir sus dimensiones de 1,77 m de largo por 0,82 m de ancho. El rumbo y buzamiento de este bloque es de  $115^{\circ}/76^{\circ}$  al SE (fig.38.B). Asociado a este bloque se halla, prácticamente contiguo a una distancia aproximada de 1 m, un bloque de arenisca redondeado de 1,82 m de ancho por 1,76 m de alto (fig.38.C) marcado con el número 3 y hacia otro el extremo hay otro bloque destruido perteneciente a esta última unidad de 3 m de largo.

En círculos rojos se evidencian grupos de bloques basálticos. El bloque basáltico marcado con el número 5 posee unas dimensiones de: 1,5 m<sup>3</sup>. Y su característica más resaltante son las superficies pulidas, las cuales podría ser evidencias de arrastre.

Señalado con el número 4, se encuentra un bloque de composición andesítica. Se encuentra fracturado en dos secciones, las cuales están esparcidas en su alrededor. Arealmente cubren una superficie aproximada de 6 m de alto por 3 m de ancho y contienen superficies pulidas al igual que en el bloque número 1.

El grupo de bloques basálticos señalados con el numero 5 esta conformado por 4 bloques de origen volcánico, los cuales se encuentran alineados con una separación no mayor al metro. Se caracterizan por tener un grado de redondez desarrollado. Su tamaño promedio es de aproximadamente 1,2 m de alto por 1,30 m de ancho.

Interpretación: es notorio cierto lineamiento en sentido NO-SE entre los bloques “1”, “2” y “3”. Este paralelismo es semejante al que presentan los bloques “4” y “5”. Esta similitud podría interpretarse como depósitos morrénicos, producto de desplazamiento de un frente glaciar.



Fig.38: A) Superficie pulida en un bloque de composición basáltica. B) Bloque de arenisca. C) Bloque de arenisca.

Mapa N°2

Fig.39: mapa N°2 de bloques relevados en campo.

En este sector se han llegado a mapear (color violeta en el mapa) numerosos bloques pertenecientes a la unidad formacional conocida como Fm. Candeleros (fig.40.B; 40.C; 40.D ). Hacia el Este del mapa se puede observar cierta alineación entre estas geoformas, ciertamente un paralelismo similar al observado en el mapa 1. Mientras que hacia el oeste (marcado en color violeta y con el número 2) la distribución de los clastos es caótica, lo cual implicaría que no poseen una orientación definida y se encuentran en mayor proporción respectivamente.

Se distingue hacia el sector oeste (señalado en amarillo y con el número 3) un bloque de arenisca de color amarillo perteneciente a la Fm. Huincul (fig.40.F). Posee una extensión de 2,8 m de largo por 1,8 m de ancho. Rodeando a este bloque se encuentran numerosos bloques de la Fm. Candeleros, señalados en el párrafo anterior, estos se extienden en dirección hacia el NO del mapa siguiendo el curso del cañadón, aguas abajo.

Cruzando el camino rural y señalado con el número 1 (fig.39), se presenta un bloque de arenisca que tiene unas dimensiones de 6 m largo por 3,2m de ancho por 1,1 m de alto (fig.40.A). Presenta en su superficie estrías, las cuales permiten inferir un posible transporte por arrastre y es posible visualizar la roca de caja del bloque cuya litología es clasificada como arenisca conglomerádica.



Fig.40: imágenes correspondientes a los distintos bloques observados en el mapa N° 2. A) Bloque de la Fm. Huincul a orillas del camino rural. Se observan las estrías (marcadas en color verde, arriba a la derecha). B) Bloque de la Fm. Candeleros en el interior de un cañadón. C) Bloque de la Fm. Candeleros al Oeste del mapa. D) Bloque de menor tamaño de la Fm. Candeleros en inmediaciones del cañadón. E) Bloque de la Fm. Candeleros dentro del cañadón. F) Bloque de la Fm. Huincul en el cañadón.

Interpretación: el potencial tamaño de los bloques hacia el sector oeste del mapa y su distribución caótica hacen referencia a una zona de depositación de morrenas glaciares, o acumulación producto de un descenso en la energía, que provocó la inmediata depositación de los bloques erráticos, inducida al mismo tiempo quizás por algún obstáculo como diferencias de altura en la superficie, montículos o cualquier otro tipo de geformas que hayan contribuido al descenso en la energía en la zona de ablación. Por otro lado, es posible hacer una correlación entre el paralelismo observado en el mapa N°1 y este sector hacia el este del mapa, ya que la orientación NO-SE conlleva una gran similitud y pone en evidencia el desplazamiento de un frente glaciar en esta dirección.

### Mapa N°3



Fig.41: mapa N°3 de bloques relevados en campo.

En este sector marcado por el mapa se observa en la porción centro SO, 7 bloques de areniscas (fig.42.C). Entre ellos es posible distinguir un bloque perteneciente a la Fm. Rayoso (fig.42.A) que posee unas medidas de 1,8 x 1,3 m. Se lo clasifica como un conglomerado con clastos de hasta 3-4 cm de diámetro, inmersos en una matriz arenosa color verdosa a grisácea. En las proximidades a este bloque se hallan otros dispuestos en un orden aleatorio, los cuales son asignados a la Fm. Candeleros (en color violeta) y a la Fm. Huincul (color amarillo). Se caracterizan por tener una estructura tipo masiva (fig.42.A y 42.B).

Interpretación: en este sector solo es posible observar una acumulación de bloques de moderadas dimensiones (aproximadamente 1,2 m de largo por 0,75 m de ancho por 0,8 m de alto) que se componen básicamente de areniscas, en un orden aleatorio. Estos se encuentran no muy distantes entre si. A pesar de que estos bloques no alcancen grandes dimensiones como en los demás mapas se los puede incluir como depósitos morrénicos al igual que el resto.

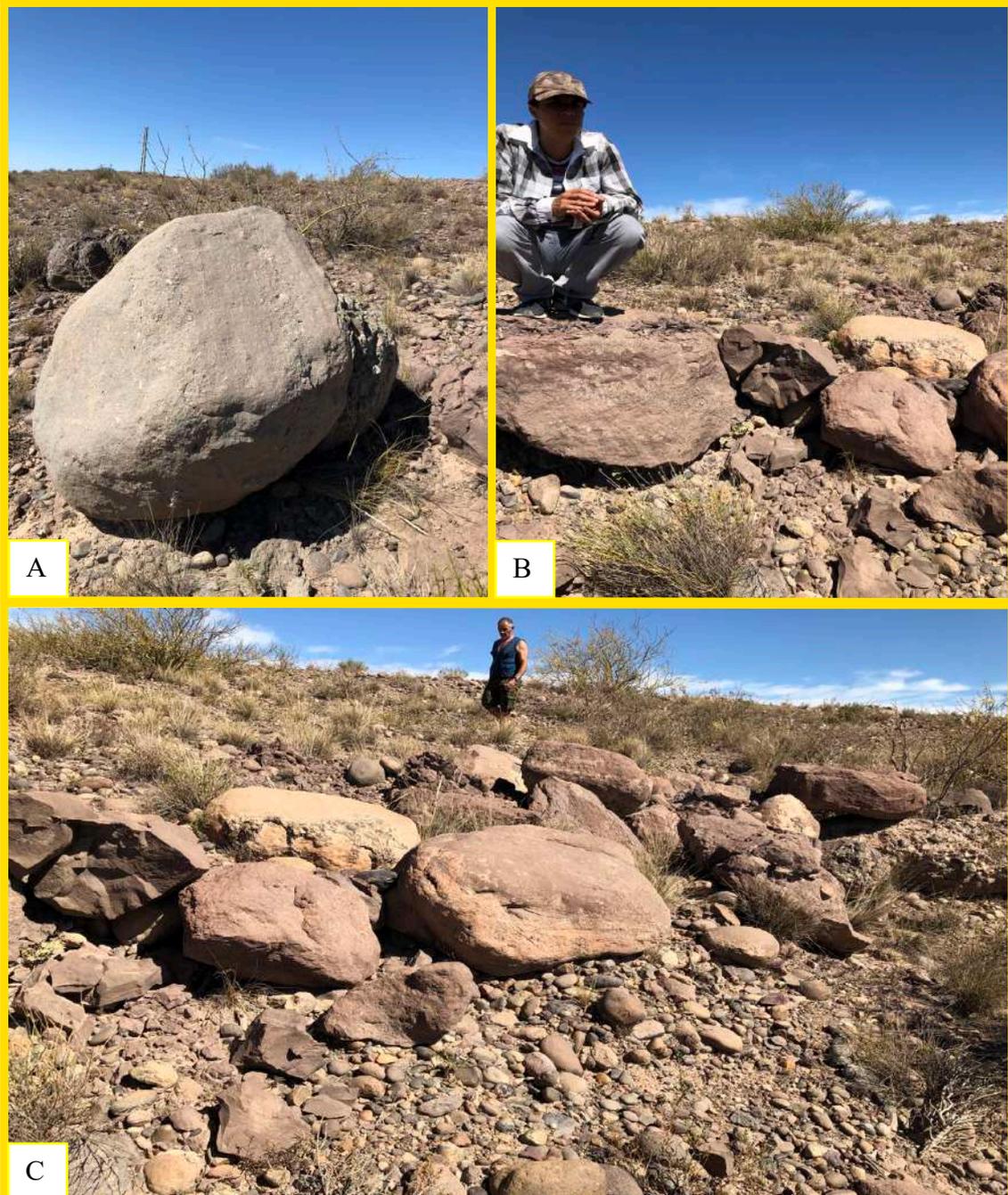


Fig.42: A)Bloque perteneciente a la Fm. Rayoso. B)Bloques pertenecientes a las Fm. Candeleros y Fm. Huincul. C) Disposición caótica de los 7 bloques analizados en este sector.

Mapa N°4:

Fig.43: mapa N°4 de bloques relevados en campo (resaltado en amarillo).

En este mapa, se encontró un clasto de composición basáltica (fig.43) con una muy buena redondez y esféricidad. Posee un tamaño de 1,5 m de largo por 1,2 m de alto y 0,93 m de ancho (fig.44) . Se hallaba en el medio de un camino formado por el curso de aguas en periodos de inundación, aislado y sin la presencia de bloques a su alrededor.



Fig.44: bloque de composición basáltica perteneciente al mapa N°4.

Interpretación: este bloque errático posee características granulométricas que infieren un largo lapso de transporte debido a su alto grado de redondez y esfericidad. Las condiciones tractivas, han sido altas y han contribuido parcialmente en su depositación. Es posible que este bloque haya pertenecido a una roca suprayacente que fue erosionada y ha sido transportada hasta esta zona. Al disponerse sobre un curso de agua evidencia que ha participado en eventos de inundación o de transporte secundario con conlleven una gran energía para lograr este tipo de redondez, o los haya reposicionado en otros sectores de acumulación como en los previos sectores analizados.

## Mapa N°5

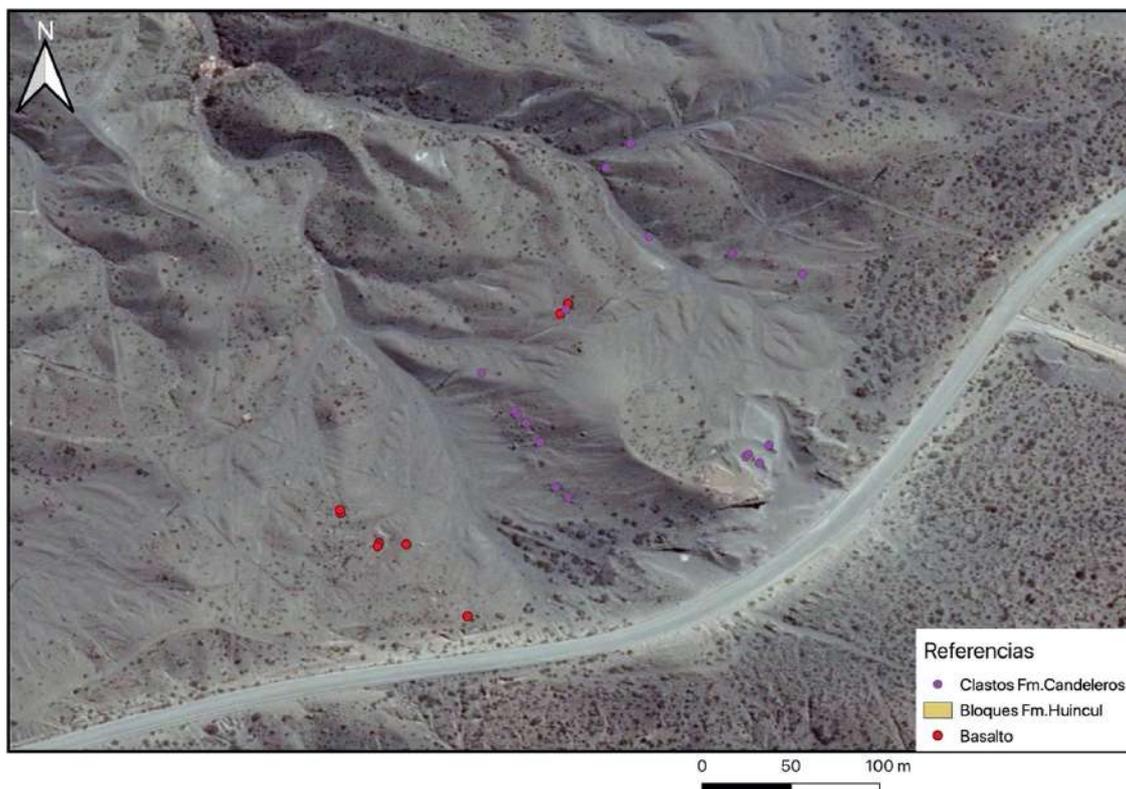


Fig.45: mapa N°5 de bloques relevados en campo.

En el siguiente mapa se observaron diversos bloques en las inmediaciones de un afloramiento de facies de arenas sabulíticas (fig.45) asignadas a la sección superior de la Fm. Agua de la Caldera. En el tope de esta facies se encontraron bloques asignados a la Fm. Candeleros (fig.46.C) con tamaños que oscilan los 12 m de largo por 17 m de ancho por 1,9 m de espesor.

En el sector oeste (y algunos bloques escasos en la zona central) del mapa es distinguible la abundancia de bloques de origen volcánico (fig.46.A y fig.46.B), composicionalmente encuadrados como basálticos y andesíticos en su mayoría.

Siguiendo en dirección a cercanías de la ruta, se comienza en la base con bloques de la Fm. Candeleros con una longitud de 13 m por 3,2 m de ancho por 1,2 m de espesor, cubiertos. Se observa en adición otro bloque perteneciente a la misma unidad formacional, que cuenta con un espesor de 1,94 m por 1,8 m de largo por 1,2m de ancho

y en sus cercanías, un bloque asignado a la Fm. Portezuelo, deleznable, llegando a rondar dimensiones de 3,3 m de longitud por 1,75 m de ancho y un espesor de 1,25 m.

Aproximadamente a 17 m, sobre las arenas sabulíticas, se encuentra un bloque perteneciente a la Fm. Huincul (fig.46.D), que consiste mayormente en areniscas y alcanza un tamaño de 4 m de largo por 1,7 m de ancho por 1,87 m de espesor, en contacto con otro bloque de litología similar a la Fm. Candeleros.

**Interpretación:** a simple vista es posible ver que los bloques o clastos representarían un pseudo-lineamiento con rumbo hacia el NO, conformado por clastos de la Fm. Candeleros hacia el Este y clastos volcánicos hacia el oeste, ambos en forma paralela. Este paralelismo es similar y consistente con la misma orientación que caracteriza a los bloques de los mapas anteriores. Podría llegar a tratarse de depósitos morrénicos producto del desplazamiento glaciar. A partir de la estimación del tamaño de los bloques y de las evidencias de microformas, denominadas estrías de fricción (fig. 46.A y fig. 46.B) en algunos clastos de origen volcánico, esta afirmación podría ser certera.



Fig.46:A y B) Bloques de composición basáltica evidenciando estrías. C) Bloque perteneciente a la Fm. Candeleros. D) Bloque perteneciente a la Fm. Huincul en arenas sabulíticas, en inmediaciones de la R.P. N°51.

## Paleontología

Los únicos restos fósiles detectados en la zona de estudio corresponden a un fragmento de hueso de mamífero, catalogado MUCPv - 1435 hallado en el año 2015 por el técnico del parque Geo-Paleontológico “Proyecto Dino”, Juan Mansilla. El material fue rescatado de una sabulita cuarzosa limpia de la Fm. Agua de la Caldera en el punto 38° 26' 20" S 68° 53' 27" O (fig. 47) . Desafortunadamente, no se pudo realizar un análisis de Carbono 14 para determinar su antigüedad, ya que no se otorgó el permiso de Cultura de la provincia del Neuquén. Sin embargo, la fosilización se caracteriza por ser muy buena.

Por el momento se podría decir que esta pieza fósil correspondería a un ejemplar transportado de edad Plioceno o mas probablemente Pleistoceno.



Fig.47: Imágenes del ejemplar mamífero MUCPv -1435 (arriba). Imagen satelital indicando la ubicación geográfica de los restos fósiles (abajo).

## Discusión

En toda el área de estudio se han reconocido 2 unidades estratigráficas, la Fm. Sierra Barrosa y la Fm. Agua de la Caldera, se ha restringido el análisis para la unidad plio-pleistocena (Fm. Agua de la Caldera) y descartándose las demás unidades.

En todos los sectores analizados donde se describió el Cuaternario, la Fm. Agua de la Caldera, se apoya en discordancia ligeramente angular sobre distintos términos de la Fm. Sierra Barrosa. Esta unidad cretácica superior está conformada mayormente por areniscas rojizas a pardas de granulometrías variables y el techo de la misma constituye en la zona de estudio el límite entre el Cretácico superior y el Cuaternario.

La ausencia de la Fm. Los Bastos, unidad que infrayace a la Fm. Sierra Barrosa; Subgrupo Río Colorado (incompleto) compuesto por la Fm. Bajo de la Carpa y Fm. Anacleto; y por último el Grupo Malargüe incompleto. Estarían indicando un *hiatus* deposicional, o bien, un evento erosivo que involucró a estas unidades y sobre el cual se depositó el Cuaternario. Una clara evidencia de este tipo de evento podría justificarse por la presencia de bloques sedimentarios de unidades del Cenomaniano pertenecientes al Subgrupo Río Limay, como la Fm. Candeleros y la Fm. Huincul. Se han descrito detalladamente en capítulos anteriores estos bloques sedimentarios de grandes dimensiones (hasta 21 m de largo por 17 m de ancho) que se han encontrado sueltos o en el sustrato rocoso. En base a esta evidencia se trataría de un evento en el que estos bloques fueron arrancados de su lugar de origen y transportados hasta su sitio actual de depositación.

### Depósitos cuaternarios

El Cuaternario en la zona de estudio está conformado por la Fm. Agua de la Caldera. Esta unidad se apoya en discordancia erosiva angular sobre la Fm. Sierra Barrosa.

En primera instancia se depositó la Fm. Sierra Barrosa y en contacto erosivo se depositó la Fm. Agua de la Caldera, donde se evidenció en capítulos anteriores una marcada diferencia en las asociaciones litofaciales entre ambas, que involucran un cambio en el ambiente deposicional, ya que en la Fm. Sierra Barrosa se hace notoria la predominancia de facies de areniscas y en la Fm. Agua de la Caldera dominan las facies conglomerádicas para la sección inferior y sabulíticas para la sección superior.

A fines prácticos de este trabajo, el análisis detallado se realizó sobre la Fm. Agua de la Caldera y se excluyó a la Fm. Sierra Barrosa.

### *Fm. Agua de la Caldera*

#### **Distribución areal**

La Formación Agua de la Caldera rodea las porciones más bajas del Río Neuquén desde el Paso de los Indios hasta Bajada Colorada. La sección tipo (53 m de espesor) fue descrita por Uliana (1979) en la localidad tipo de Agua de la Caldera. La extensión regional provista por la Hoja Geológica 3969-II del SEGEMAR, Instituto de Geología y Recursos Minerales acerca de la Formación Agua de la Caldera, establece que esta unidad rodea el norte de la Planicie de Añelo y parcialmente sectores al sur. Localmente circunda

al norte del embalse Los Barreales y abarca un sector al oeste del Cordón de los Cerros Colorados, suprayaciendo estratos de la Fm. Sierra Barrosa. En la zona de estudio, este autor pudo reconocer en adición a aquellos sectores que fueron prestablecidos por la hoja geológica 3969-II al oeste del Cordón de Cerros Colorados, afloramientos reducidos o aislados pertenecientes a dicha formación, con una distribución aleatoria, suprayaciendo depósitos coluviales. Estas disposiciones de la unidad responden a sectores encauzados cuyo origen está relacionado a antiguos cursos fluviales o paleocauces que se han erosionado y han quedado al descubierto. En otras ocasiones ocupan mayores superficies, por ejemplo, en la parte central del mapa (fig.48) se puede observar en cercanías a la R.P. N°51, afloramientos de mayor extensión de la unidad propiamente dicha.

En esta zona de estudio no se han podido distinguir afloramientos de la Fm. Portezuelo (*sensu* Garrido, 2010). Hoy definida como Fm. Sierra Barrosa (Garrido, 2010).

El espesor total de la columna medida en el área de estudio se encuentra comprendido entre los 46- 48 m de potencia.

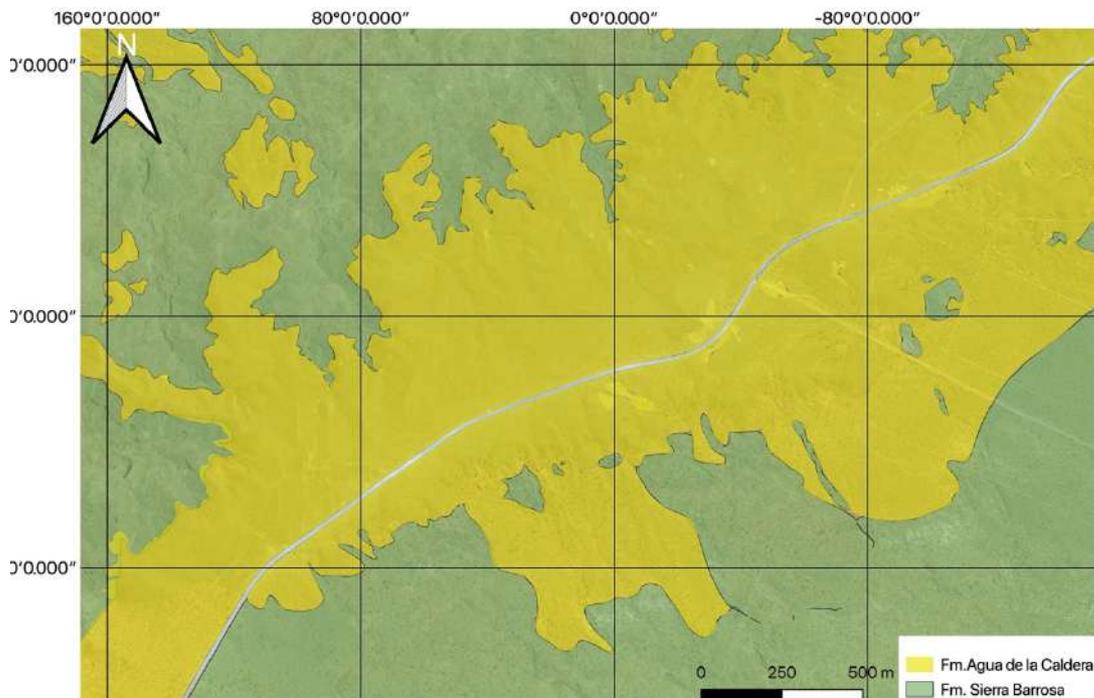


Fig.48: mapa indicando las unidades formacionales reconocidas en la zona de estudio.

## Litología

Estos depósitos fueron caracterizados típicamente como areniscas gris azuladas, con estratificación cruzada, cuyo perfil tipo se utilizó el propuesto por Uliana (1979), donde el espesor alcanzó los 53 m en la localidad tipo de Agua de la Caldera.

En la zona de estudio, alcanza una potencia aproximada de 40,1 m suprayaciendo a los depósitos de la Fm. Sierra Barrosa, alcanzando su máxima exposición a orillas de la R.P.Nº51.

Si bien antiguamente se las catalogó como areniscas azuladas (D Órgbigny, 1842) de granulometría intermedia, la unidad en esta área está conformada casi en su totalidad por sabulitas con coloraciones grisáceas, friables y facies conglomerádicas que abarcan la sección inferior de la unidad. Este depósito sabulítico se destaca por ser puramente macizo, sin estructuras de ordenamiento interno. No se han observado estructuras de deformación a diferencia de sectores al norte de Añelo donde Ardolino *et al.*, (1996) han encontrado estructuras de tipo “*pillow*” y posteriormente Moretti y Ronchi (2011) reafirman la presencia de estas estructuras de deformación por carga. Estos autores reconocieron un notable empobrecimiento en el contenido de alternancias conglomerádicas, presentando clastos compuestos por rocas volcánicas con un T.M.C de 5 cm, presencia de matriz arenosa y cementación de yeso. Mientras que en la zona de estudio se han encontrado niveles conglomerádicos (fig.49) tanto en las secciones inferiores de la unidad como en secciones superiores de la misma.



Fig.49: imagen del afloramiento de la Fm. Agua de la Caldera en cercanías de la R.P Nº51. Se observan niveles conglomerádicos en secciones superiores de la unidad.

## Paleoambiente

De acuerdo con Ardolino *et al.*, (1996), en la localidad homónima de Agua de la Caldera, la distribución de las facies y los patrones de apilamiento muestran que los sedimentos que conforman la unidad, resultan de la interacción entre sistemas fluviales efímeros y lacustres (Moretti y Ronchi, 2011), así también como un notable empobrecimiento en el contenido de alternancias conglomerádicas. En líneas generales, esta definición a la que llegan los anteriores autores constituye una idea alejada a la que se evidencia en la zona estudiada. Si bien se podría interpretar como un sistema fluvial de canales para las secciones basales e intermedias de la unidad, las condiciones hidrodinámicas son levemente diferentes para la sección superior de la formación.

La presencia de conglomerados en los niveles basales y medios de la unidad (C1) fortalecen la influencia erosiva y abrasiva, la cual es característica de formas gravosas de lecho de canal (CH), que si bien no han sido continuas, han sido intermitentes durante etapas con alta densidad de carga. Por encima de estos mantos gravosos, en forma discordante, fueron depositados sabulitas (V1). Sumado a estos subambientes, por otro lado, la presencia de bloques de grandes dimensiones que albergan tanto la asociación (C1) como la asociación (V1) y han sido descritos en detalle en capítulos anteriores, logran sostener la idea de que la unidad constituye un paleoambiente de amplia llanura erosiva en donde posiblemente se produjo el desplazamiento de un frente glaciar (fig.50) y cuya orientación puede ser corroborada por lineamientos en sentido NO-SE a lo largo de toda la zona relevada.

Es muy probable que lo que se define como Fm. Agua de la Caldera por Ardolino *et al.*, (1996), Moretti y Ronchi (2011) no presente una similitud con la zona de estudio. Estos autores no hacen mención de bloques de grandes dimensiones en el techo de la unidad. Por lo que es posible que se trate de eventos diferentes o formaciones diferentes. Un estudio de detalle de la Fm. Agua de la Caldera en sus distintas localidades debería ser realizado pero escapa a los fines de este trabajo final.

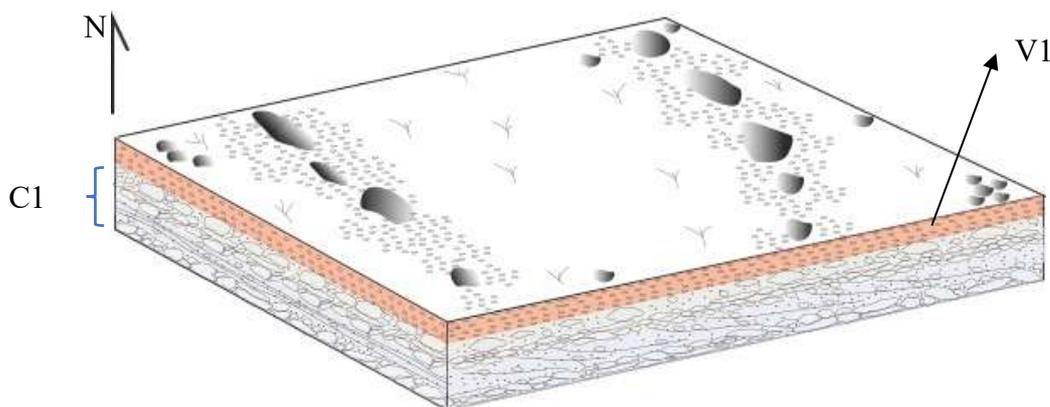


Fig.50: modelo paleoambiental para la Fm. Agua de la Caldera. La hilera de bloques describe el posible desplazamiento del frente glaciar. Las elementos arquitecturales se identifican como asociación C1 y V1.

## **Paleontología**

Los restos fósiles detectados en las sabulitas cuarzosas y catalogados en la zona de estudio corresponderían a un fragmento de hueso de mamífero cuya fosilización se caracteriza por ser muy buena.

Se podría inferir que esta pieza fósil correspondería a un ejemplar que fue transportado y de edad Plioceno - Pleistoceno.

## **Bloques erráticos y clastos**

Existen dos tipos de postulados a la fecha para establecer el tipo de medio que habría transportado y depositado los clastos sedimentarios y bloques erráticos de grandes dimensiones que se encuentran distribuidos a lo largo de la zona de estudio.

### *Avances glaciarios*

El clima de Patagonia sufrió cambios muy importantes durante el Cenozoico Tardío, relacionados a varias causas, entre ellas los cambios en la órbita terrestre, con recurrencia de múltiples ciclos templado fríos que comenzaron en el Mioceno tardío y favorecieron el desarrollo de mantos de hielo continental (Rabassa *et al.*, 2011), como el que cubrió el sector neuquino de la Cordillera de los Andes desde el paralelo 35° S, siguiendo luego en los Andes Patagónicos hasta el Cabo de Hornos (Caldenius, 1932).

Las glaciaciones ocurrieron en repetidas oportunidades en Neuquén durante el Cuaternario, Plioceno y aún en el Mioceno tardío. El manto de hielo de montaña de los Andes Patagónicos se extendió durante el Pleistoceno desde el paralelo 36° S hasta el Cabo de Hornos (Caldenius, 1932).

Al S de los 39°S los glaciares de descarga del manto de hielo de montaña y glaciares alpinos asociados fluían hacia el E formando lóbulos glaciarios al confluir en el piedemonte andino (Rabassa *et al.*, 2011). Entre los más importantes se mencionan a los lóbulos de los lagos Huechulafquen, Lolog, Lácar y Nahuel Huapi.

El paisaje de las nacientes del río Neuquén se caracteriza por el dominio de formas de erosión glacial (artesas, circos, aretes, crestas y superficies erosionadas) labradas sobre un sustrato de vulcanitas (andesitas, basandesitas, basaltos y brechas) del Terciario superior (Rovere *et al.*, 2004). En algunos sitios se han conservado depósitos de drift glacial e incluso morenas de varios km de extensión, por ejemplo, en la vertiente N del Cerro Negro, sobre las márgenes del río Neuquén a pocos km al N de Varvarco, sobre la margen S de los arroyos Pichi Neuquén y Matancilla, en las laderas occidentales del cerro homónimo.

Algunas secciones de till suelen presentar intercalaciones de gravas y arenas, que indican ambientes alternantes glaciares y fluvio-glaciares. Los espesores son variables y la existencia de un gran espesor se interpreta como un bloque glaciar que ha sido estacionario, mientras que la presencia de delgados espesores pueden ser indicadores de

una rápida retirada del hielo. Estas acumulaciones son el resultado de los distintos avances y retrocesos de los casquetes de hielo Pleistocenos.

Es bien sabido que los glaciares tienden a avanzar en invierno, que es cuando la ablación es mínima y estos avances anuales, en un glaciar en continua recesión, dan lugar a pequeños cordones cuyo espaciado está en relación con el balance de la ablación (Hewitt, 1967; Worsley, 1974); a estos cordones se los denomina “morrenas anuales o De Geer” (Hoppe, 1959).

El área de estudio presenta una morfología de suaves lomadas y leves pendientes. Sobre la superficie se desarrolla una escasa cubierta vegetal herbácea y un horizonte edáfico de aproximadamente 30 cm de espesor. Existen numerosos bloques erráticos y clastos dispersos, de variadas litologías, probablemente provenientes del Alto de Chihuidos cuya ubicación es al NO de la provincia de Neuquén. En numerosos casos se encuentran parcialmente enterrados o descubiertos, y con superficies estriadas por el hielo y aristas muy marcadas en aquellos afectados por crioclastia recientemente. En cuanto a la forma, predomina la de bloque, con formas aproximadamente cúbicas. Si bien hay bloques desde muy alargados a muy aplanados, casi todos los bloques son sub-angulosos o angulosos y algunos con una gran redondez y esfericidad. Las dimensiones máximas visibles son de al menos 21 m de ancho por 17 m de largo por 4 m de alto, alcanzadas en bloques sedimentarios asignados a la Fm Candeleros.

Estos bloques podrían haber tenido un transporte supra-y/o intra-glaciario, habiéndose depositado sobre la superficie por fusión del glaciar al finalizar la correspondiente glaciación.

A pesar de la antigüedad, en estas geoformas, en algunos casos, es notoria la influencia de procesos erosivos eólicos y fluviales más recientes.

Los bloques presentan una disposición u ordenamiento paralelo a su eje en dirección NNO-SE. Este rumbo fue visualizado en varios mapas de la zona de estudio tanto en el mapa N°5, N°2 y N°1 (fig.52), aunque se puede observar con gran detalle en el mapa N°5 (fig.51).

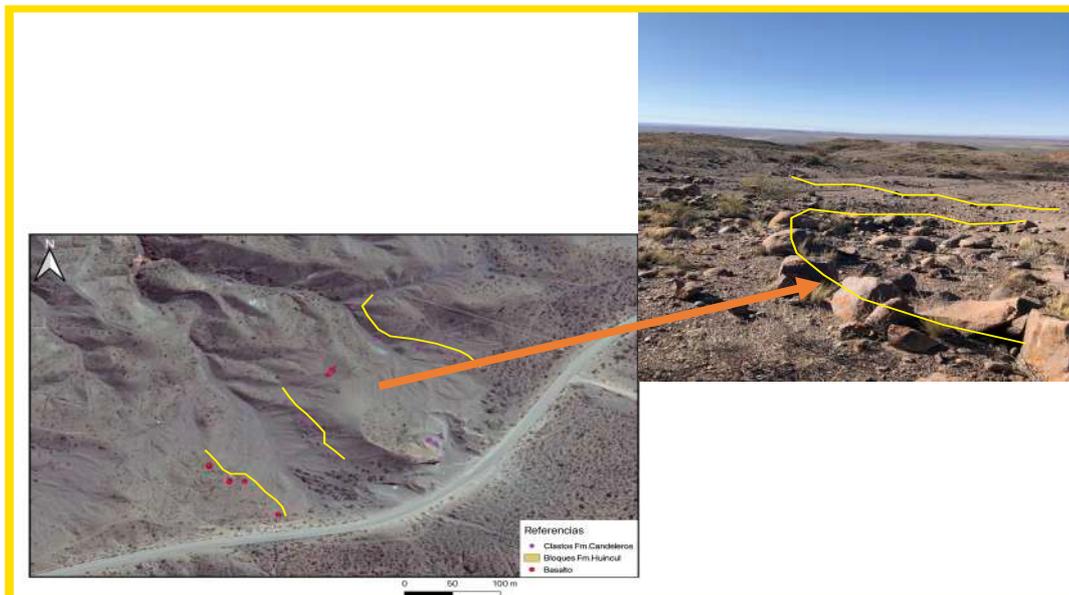


Fig.51:(izquierda) mapa N°5 mostrando en líneas amarillas el alineamiento entre los clastos indicando el desplazamiento glaciar. (Derecha) Fotografía de los clastos y bloques alineados.

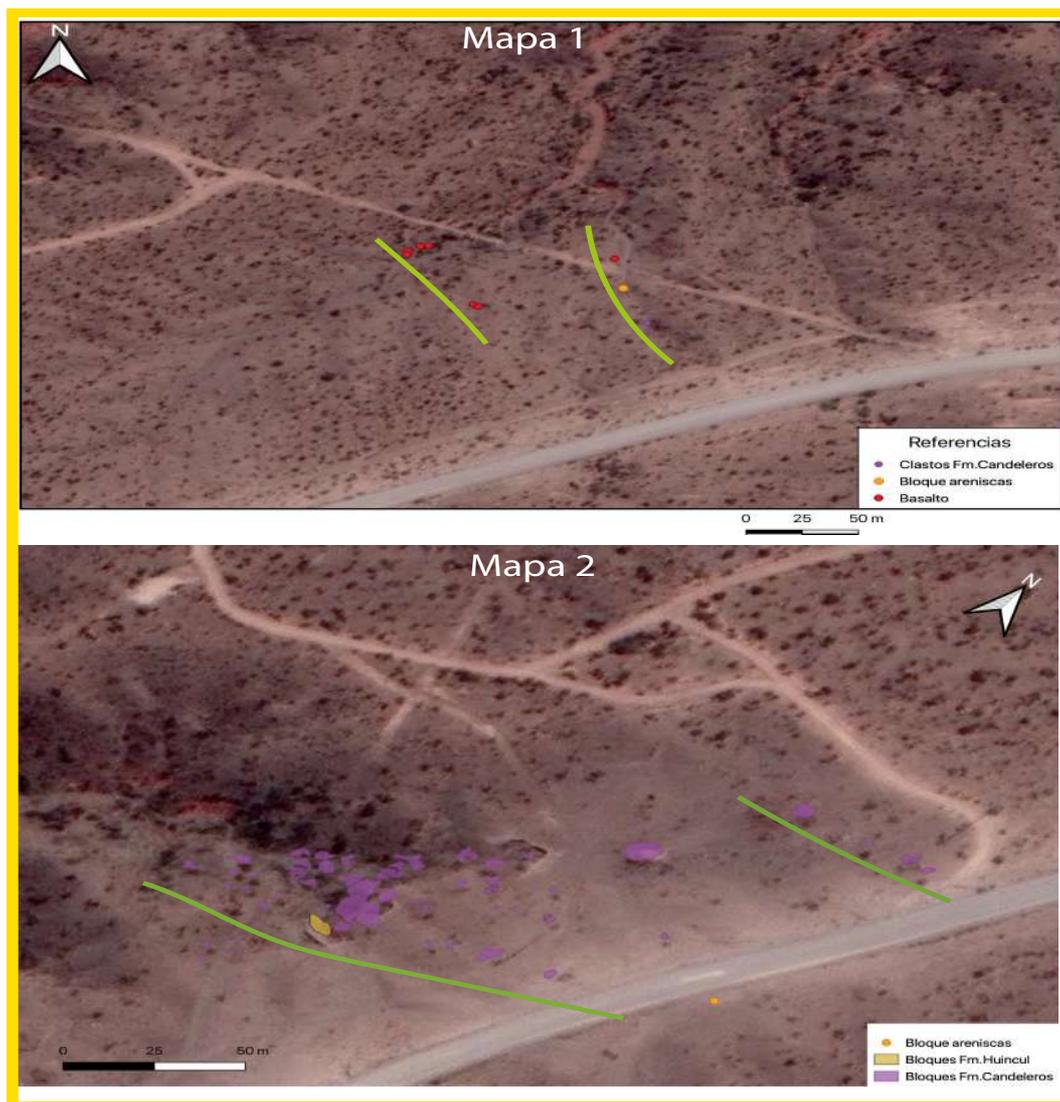


Fig.52: (arriba) mapa N° 1 mostrando en líneas verdes el alineamiento entre los clastos indicando el desplazamiento glaciar. (Abajo) mapa N°2 mostrando en líneas verdes el alineamiento al igual que en el mapa N°1.

Este paralelismo guardaría relación con la dirección del desplazamiento del frente glaciar. Aunque pueden distinguirse variaciones en el rumbo, lo cual indicaría cambios en la dirección de flujo del hielo.

Por otro lado, la mayoría de los bloques presentan una alineación muy similar a la de la pendiente, lo que parece indicar que al menos algunos de ellos han sufrido un movimiento ladera abajo. A pesar de que el ángulo de la pendiente es muy bajo podría decirse que el avance glaciar fue a muy bajas velocidades.

No se puede precisar si el transporte que han sufrido fue previo a la incorporación glaciar o estuvo relacionado con la fusión del hielo y por lo tanto a la deposición de los bloques, o se produjo posteriormente por desplazamientos lentos. Esta alineación podría ser producto de la unión de morrenas laterales con terminales dando origen a “cordones” o “arcos morrenicos” que pueden represar las aguas de deshielo.

Los bloques presentan un desgaste pequeño, los de tamaño medio o pequeño suelen estar más desgastados, con aristas poco marcadas. Se han visto pocas estrías y

formas erosivas en los bloques estudiados, lo que puede indicar que el transporte fue supra-glaciar, hay que tener en cuenta que las andesitas o basaltos representan una mayor resistencia al desgaste, son difícilmente estriables y en los de carácter sedimentario es muy difícil detectarlo. En cualquier caso, conviene destacar que los bloques se han visto afectados durante mucho tiempo por procesos de gelifracción, y hoy en día es posible reconocer roturas o grietas sub-actuales, actuales y en proceso. Lo que indica que la superficie de los bloques ha debido desaparecer, aunque estas fracturas suelen afectar a las zonas laterales de los bloques, mientras que los que presentan una superficie superior planar, apenas presentan fracturas (Santos *et al.*, 2015).

Además de la presencia de estos bloques erráticos, no se encuentran otras “huellas” glaciares evidentes que confirmen la existencia de condiciones glaciares en la zona. No se hallaron marcas de estriamiento en el sustrato y la cota altimétrica es moderadamente baja (460msnm).

Estos bloques se denominarían detritos subglaciares, pueden derivar del propio lecho o de material que penetra a favor de grietas y túneles. Estos detritos de fondo experimentan abrasión y roturas, su redondez es mayor y más elevado el porcentaje de finos. El transporte tiene lugar por tracción (Sharp, 1988), en el que las partículas deslizan y ruedan empujadas por el glaciar o si el lecho es deformable las partículas oprimirán el fondo o se incrustarán en el mismo. La forma de los clastos y su orientación afectan al modo de deslizamiento, de tal manera que los que son alargados se orientan en la dirección del flujo (Price, 1973).

Una visita realizada a la localidad de Paso de los Indios, ubicada 10 km al Este del perfil realizado por De Ferrariis permitió identificar en la base 30 m de areniscas pardas fluviales a eólicas de la Formación Candeleros del Grupo Neuquén, sobre la que se asientan conglomerados polimícticos con bloques aislados de areniscas de gran tamaño, similares a los detectados en la zona de estudio de este trabajo. Los bloques de gran tamaño (algunos alcanzando los 2 m por 2,5 m por 3 m.) corresponden a restos de la Formación Candeleros, Huincul y Rayoso. Estos estratos se corresponderían con los que definen (Ardolino *et al.*, 1996) para la zona de estudio. De cualquier manera, la definición litológica para definir los estratos tanto de De Ferrariis (Miembro Paso de Indios) como de Uliana (1979) para la base de la Formación Río Negro (Formación El Palo) no se corresponden con los estudiados en este trabajo, ni con los afloramientos del margen izquierdo del Río Neuquén a la altura de Paso de los Indios, pero sí con los de Agua de la Cadera (Ardolino *et al.*, 1996).

Basado en que los bloques corresponden a rocas infrayacentes y en su mayor parte corresponden a unidades fomarcionales como la Fm. Candeleros, Fm. Huincul, Fm. Rayoso y Fm. Portezuelo, es de suponer que la probable fuente de aporte de los mismos provendría de la Sierra de los Chihuidos y desde allí fueron arrancados e incorporados en un sistema de frente glaciario. En cuanto a la redondez, esfericidad y demás características erosivas que involucran la participación de transporte, podrían haberse producido tanto en el momento previo a su incorporación a un sistema glaciario como en forma posterior al mismo.

### *Deslizamientos, flujos detríticos*

Se desencadenan por terremotos e intensas precipitaciones que aumentan la presión de agua en los poros y reducen la resistencia al cizallamiento (Caine, 1980). Los deslizamientos de detritos pueden ser el origen del desarrollo de avalanchas de detritos *debris avalanche* (Guadagno *et al.*, 2005) y de *debris flows* (Corominas *et al.*, 1996).

Se reconocen dos mecanismos para el origen de los debris flows. El que tiene mayor aceptación propone la transformación en flujos detríticos de deslizamientos de detritos de laderas abruptas, de 27° a 56° grados, por adición de agua de precipitación o de fusión nival.

Con frecuencia, las primeras señales de movimiento del terreno son grietas superficiales y a lo largo de ellas se puede desencadenar el deslizamiento. Por lo tanto se trata de un movimiento progresivo, en el que la masa desplazada puede deslizarse más allá de la superficie original de rotura sobre la superficie del terreno original, que constituye una superficie de separación (Varnes, 1978). Una vez producido el deslizamiento se pueden observar en los escarpes y flancos estrías indicadoras de la dirección del movimiento (Ayala *et al.*, 1987) mientras que en la zona de estudio no se han observado dichos indicadores en el sustrato, aunque sí en bloques o clastos descritos anteriormente.

Las condiciones que favorecerían la existencia de deslizamientos rotacionales son: laderas con bloques muy fracturados (deslizamientos rotacionales de rocas); laderas con potentes regolitos o depósitos morrénicos (suelos, detritos); laderas sin vegetación; laderas de margas y argilitas (Selby, 1985) y sustratos rocosos con estratificación horizontal.

Por otro lado, para generar estos flujos de detritos, se necesitarían grandes cantidades de agua, cuya procedencia estaría aportada por tormentas de alta intensidad o en algunos casos sigue siendo aportada por deshielos rápidos o precipitaciones pluviales sobre un manto de nieve en las laderas. Estas circunstancias producen una escorrentía rápida, que al mezclarse con sedimentos heterométricos con abundantes partículas arcillosas, dan lugar a los flujos de detritos. Estos se comportan como un fluido viscoso al aumentar la velocidad y disminuir la resistencia al cizallamiento (Johnson, 1970). Esta zona está caracterizada por una granulometría arenosa preponderante y una proporción arcillosa que es nula o escasa, de manera que se impide la fluidez y por ende la resistencia al cizallamiento. Por estas razones, la hipótesis queda ampliamente descartada.

La estructura interna de los flujos detríticos es masiva con grandes clastos distribuidos al azar englobados en una matriz de grano fino, aunque localmente pueden encontrarse lentejones de arenas o limos depositados por un flujo más fluido entre sucesivos aportes de flujos detríticos. Estos depósitos estratificados pueden formarse en condiciones de tránsito entre una fase de flujos detríticos y otra fluvial, frecuentemente al final del desarrollo de los flujos detríticos (Wells y Harvey, 1987).

### *Flujos deslizantes (flow slides)*

Los flujos deslizantes o “*flow slides*” son colapsos estructurales del material de ladera, que se fluidifica momentáneamente y moviliza, alcanzando gran velocidad y largos desplazamientos (Ibsen *et al.*, 1996c; Dikau, 2004). Un flujo deslizante está compuesto por material poco compactado que pierde su cohesión y alcanza la fluidificación de la masa. El fluido puede ser aire o agua, por ende el mecanismo dominante es la licuefacción o fluidificación. El flujo deslizante es un movimiento en masa complejo que comienza con un deslizamiento que en su progresión se fluidifica rápidamente y se convierte en un flujo.

Las causas de este movimiento en masa complejo pueden ser vibraciones, temblores sísmicos, intensas precipitaciones, sobrecarga rápida y movilización del soporte lateral (Ibsen *et al.*, 1996c). Estos flujos deslizantes poseen una gran energía y llegan a transportar enormes bloques aunque se desconoce qué rango de tamaño o volumen que podría llegar a transportar.

Según diversos investigadores, la mayoría de los deslizamientos se desarrollan entre 28° y 45° grados de inclinación de las laderas, las cuales se las podría clasificar como laderas abruptas, en otras palabras, las laderas al norte del Lago Barreales apenas superan los 10° de inclinación, lo cual no haría posible los deslizamientos a pesar de contar con fuertes lluvias.

Algunas de las circunstancias para que se produzcan deslizamientos, flujos detríticos o flujos deslizantes (flow slides) se cumplen, ya sea una gran incorporación de agua en el sistema que podría provenir de deshielos rápidos o precipitaciones torrenciales, fuertes vibraciones o temblores que creen mecanismos de desestabilización de laderas y conlleven a un movimiento de grandes masas de suelo. Sin embargo, este postulado puede refutarse aclarando que en el Cuaternario tanto en la zona de estudio que involucra el sector norte del Lago Barreales, el Cordón de Cerros Colorados y zonas aledañas, no existían grandes elevaciones o montañas con pendientes de un ángulo lo suficientemente elevado (superior a los 28° grados de inclinación), el cual se consideraría relevante al momento de plantear la idea de un movimiento en masa. Por otro lado estas unidades formacionales no contienen abundantes litofacies de granulometrías finas, llámese arcillas, que con la incorporación de agua puedan adquirir plasticidad y favorecer un flujo detrítico. La mayoría de las litofacies comprendidas son en su mayoría arenas y con moderado a bajo contenido pelítico en estos sectores.

## Conclusiones

En este trabajo se han identificado las siguientes unidades formacionales: Fm. Sierra Barrosa y Fm. Agua de la Caldera. En las cuales se pudo reconocer 11 litofacies que permitieron reconstruir los diseños fluviales de cada asociación de facies y elementos arquitecturales que las componen. Se acotó el análisis y estudio a la última unidad perteneciente al Plio-Pleistoceno, la Fm. Agua de la Caldera.

La Fm. Agua de la Caldera se encuentra formada íntegramente por depósitos conglomerádicos y sabulíticos que integran un depósito de origen glacialfluvial desarrollado en el sector norte del Lago Los Barreales, en las inmediaciones del Cordón de Cerros Colorados durante el Pleistoceno (Uliana, 1979). Los restos fósiles encontrados en la zona de estudio, mas precisamente sobre la Fm. Agua de la Caldera y catalogados como MUCPv – 1435 permiten inferir un rango de edad entre el Plioceno - Pleistoceno para estos depósitos sabulíticos.

El espesor máximo observado es de aproximadamente 19 metros que conforman la sección inferior conglomerádica y 21,1 metros de espesor conformando una sucesión sabulítica superior maciza, friable, con la leve participación de conglomerados en secciones superiores de la unidad. Generando un total de 40,1 metros de espesor para la unidad. El contacto entre la unidad subyacente, denominada Fm. Sierra Barrosa, queda evidenciado por las marcadas diferencias litofaciales entre ambas y suponen una disminución gradual en la carga tractiva de la corriente fluvial.

En la sección superior de la Fm. Agua de la Caldera se hace evidente la participación de bloques de carácter sedimentario que incorpora unidades cretácicas superiores como la Fm. Huincul, Fm. Portezuelo, Fm. Rayoso, Fm. Candeleros y bloques volcánicos de composición basalto-andesítica. Éstos se hallan en variados tamaños y su disposición es registrada en la mayoría de los mapas del sector con un cierto paralelismo y en raras ocasiones se encuentran sin un ordenamiento predeterminado, siendo mas bien caótico. El registro de estos bloques en el tope de la secuencia indican una vinculación genética con la unidad formacional en cuestión. Permite no solo fortalecer la idea de la implicancia de un tipo de transporte con la energía necesaria para arrancar estos bloques y depositarlos en el techo, sino que también algunos bloques han mostrados indicios de desplazamiento glacial que corroboren esta teoría, llámense estrías o superficies de fricción, características que solo fueron observadas en aquellos bloques típicamente volcánicos. Sería difícil sostener la idea que estos bloques fueron arrastrados hasta la zona de estudio por flujos de elevada energía (coladas de barro, deslizamientos) ya que sus enormes dimensiones requerirían una elevada pendiente a favor y esta zona no se caracteriza por ser un área montañosa con grandes elevaciones.

En síntesis, el análisis de facies, la litología de las rocas, los estudios de bloques erráticos, bloques sueltos y su proveniencia, permiten aclarar que los depósitos de la formación Agua de la Caldera fueron depositados en esta región durante periodos de deshielo y corresponderían a la zona de ablación del glaciar. Es probable que estos eventos hallan ocurrido durante las últimas glaciaciones durante el Plioceno– Pleistoceno.

## Bibliografía

- Ameghino, F. (1906). Les formations sédimentaires du Crétacé supérieur et du Tertiaire de Patagonie, avec un parallèle entre leurs faunes mammalogiques et celles de l'ancien continent. En: A.J. Torcelli (Comp.), 1934. Obras completas y Correspondencia científica de Florentino Ameghino. Taller de Impresiones Oficiales del Gobierno de la Provincia de Buenos Aires, La Plata. 1934. Vol. 16: 1-747.
- Arregui C., Carbone, O. y Martínez, R. (2011). El grupo Cuyo (Jurásico Temprano – Medio) en la Cuenca Neuquina. Relatorio 18° Congreso Geológico Argentino.
- Arregui C., Carbone, O. y Sattler, F. (2011). El grupo Lotena (Jurásico Medio – Tardío) en la Cuenca Neuquina. Relatorio 18° Congreso Geológico Argentino.
- Ardolino, A., M. Franchi y L. Fauqué, (1996). Geología. En: Ardolino, A. y M. Franchi (Eds.), Geología y Recursos Minerales del Departamento Añelo, provincia del Neuquén, República Argentina. Dirección Nacional del Servicio Geológico y Dirección General de Minería de la provincia del Neuquén, Anales 25: 9-106. Buenos Aires.
- Asurmendi, E.; Sánchez, M.L. y Fennell, L. "Neuquén Group (Upper Cretaceous), (2017): A case of underfilled-overfilled cycles in an Andean foreland basin, Neuquén basin, Argentina". Journal of South American Earth Sciences. 80:444-459.
- Ayala, F.J.; Elizaga, E. y González de Vallejo, L.I. (1987). "Impacto económico y social de los riesgos geológicos en España" Serie Geológica Ambiental; IGME. Madrid, 91 pp. y mapas.
- Bermudez, A., Delpino, D. y Pángaro, F. (2002). Volcanismo de arco asociado a procesos de subducción – extensión durante el Triásico Superior – Jurásico Inferior (Precuyano). Área Cerro Bandera, Cuenca Neuquina, Argentina. V Congreso de Exploración y Desarrollo en Hidrocarburos, Actas en CD. Mar del Plata.
- Biondi, (1933). Informe sobre el reconocimiento geológico en Allen (Territorio de Río Negro). Gerencia de Exploración. Yacimientos Petrolíferos Fiscales, (inédito). Buenos Aires.
- Bridge, J. S. (2006). Fluvial facies models: Recent developments. En: Posamentier, H. W. y Walker, R.G. (Eds.). Facies Models Revisited. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication No 84: 85–170.
- Caine, N. (1980). The Rainfall Intensity: Duration Control of Shallow Landslides and Debris Flows. Geografiska Annaler, 62, 23-27.
- Caldenius, C. 1932. Las glaciaciones cuaternarias en Patagonia y Tierra del Fuego. Anales, Dirección General de Geología y Minería 95: 1-110. Buenos Aires.
- Calvo, J.O. y C.E. Gazzera. (1989). Paleoeología en el sector inferior del Miembro Candeleros (Fm. Río Limay, Grupo Neuquén, Cretácico) en el área del Lago Exequiel

Ramos Mexía, Provincia del Neuquén, Patagonia, Argentina. *VI° Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados*, Resúmenes: 3-5. San Juan.

-Calvo, J.O. (1991). Huellas Fósiles de dinosaurios en la Formación Río Limay (Albiano-Cenomaniano), Picún Leufú, provincia del Neuquén, Argentina. (*Ornithischia-Saurischia: Saurópoda-Terópoda*). *Ameghiniana*. 28 (3-4): 241-25.

-Carbone, O. Franzese, J., Limeres, M., Delpino, D. y Martinez R. (2011). El Ciclo Precuyano (Triásico Tardío – Jurásico Temprano) en la Cuenca Neuquina. Relatorio del XVIII Congreso Geológico Argentino.

-Cazau, L.B. y Uliana, M.A. (1973). El Cretácico Superior continental de la Cuenca Neuquina. 5° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 131-163.

-Cobbold, P. R. y Rossello, E.A. (2002). Phases of Andean deformation, foothills of the Neuquén Basin, Argentina. 5th. International symposium on Andean geodynamics: 153-156.

-Corominas, J., Remondo, J., Farias, P., Estevao, M., Zezere, J., Dias de Teran, J., Dikau, R., Schrott, L., Moya, J. y Gonzalez, A., (1996). Debris flow. In: Dikau, R., et al. (Eds.), *Landslide Recognition*. John Wiley, New York, pp. 161-180.

-Danderfer, J.C. y P. Vera. (1992). Geología y Recursos Minerales del Departamento Confluencia. Provincia del Neuquén, República Argentina. Boletín N° 1, Cap. 3: Geología. Cartas Geológicas y Recursos Minerales de la Provincia del Neuquén escala 1:200.000. Servicio Geológico Neuquino. págs. 23-43.

-De Ferrariis, C., (1966). Estudio estratigráfico de la Formación Río Negro de la provincia de Buenos Aires sus relaciones con la región nordpatagónica. *Anales de la Comisión Científica de la provincia de Buenos Aires*, 5 (7):85–116. La Plata.

-De Ferrariis, C., (1968). El Cretácico del norte de la Patagonia. *Actas 3as Jornadas Geológicas Argentinas*, 1:121–144. Buenos Aires.

-Digregorio, J. (1972). Neuquén. En: Leanza, A.F. (Ed.): *Geología Regional Argentina*, Academia Nacional de Ciencias, 439-505. Córdoba.

-Digregorio, J.H. (1978). Estratigrafía de las acumulaciones Mesozoicas. En: *Geología y Recursos Naturales del Neuquén*. Relatorio del 7° Congreso Geológico Argentino (Neuquén). pp:37-65. Buenos Aires.

-Dikau, R. (2004). Mass movements. En: *Encyclopedia of Geomorphology*. Routledge, (A. Goudie, ed.). Taylor & Francis Group. England. 1156 pp.

-Dingus, L., Garrido, A., Scott, G.R., Chiappe, L.M., Clarke, J. y Schmitt, J.G. (2009). The litho-, bio- and Magnetostratigraphy of Titanosaurian Nesting Sites in the Anacleto Formation at Auca Mahuevo (Campanian, Neuquén Province, Argentina). *Museum of Northern Arizona Bulletin* 65, Flagstaff, Arizona.

- Doering, A. (1882). Geología. En: Informe oficial de la Comisión Científica agregada al Estado Mayor General de la Expedición al Río Negro (Patagonia) realizada en los meses de Abril, Mayo y Junio de 1879, bajo las órdenes del General Julio A. Roca. 3ª parte, Geología: 299-530.
- d'Orbigny, A. 1842. Voyage dans l'Amérique Méridionale (Le Brésil, La République Orientale de l'Uruguay, La République Argentine, La Patagonie, La République du Chili, La République de Bolivia, La République du Perou), exécuté pendant les années 1826, 1827, 1828, 1829, 1830, 1831, 1832 et 1833. Volume 3, Part 4, Paleontologie. P. Bertrand, Paris, V. Levrault, Strasbourg, 187 pp.
- Dramis, F., y Sorriso-Valvo, M., (1983). Two cases of earthquake-triggered gravitational spreading in Algeria and in Italy. *Rendiconti della Società Geologica Italiana*, 6, 7-10.
- Fennel, L., Folguera, A., Naipauer, M., Gianni, G., Rojas Vera, E. A., Botessi, G. y Ramos, V. A. (2015). Cretaceous deformation of the southern Central Andes: synorogenic growth strata in the Neuquén Group (35° 30' -37°S). *Basin Research*, 1-22. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
- Fidalgo, F. y Riggi, J.C. (1970). Consideraciones geomórficas y sedimentológicas sobre los Rodados Patagónicos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 25: 430-443.
- Fossa Mancini, E., Feruglio, E. y Yussen de Campana, J. C. (1938). *Boletín de Informaciones Petroleras*, 15, 1.
- Fossa Mancini, E. (1940). Supuestos vestigios de glaciaciones del Paleozoico en la Argentina. *Revista del Museo de La Plata (Nueva serie)*, tomo I: Geología: 347-406.
- Franzese, J., Spalletti, Gómez Pérez, I.L y Macdonald, D. (2003). Tectonic and paleoenvironmental evolution of Mesozoic sedimentary basins along the Andean foothills of Argentina (32° - 54°S). *Journal of South American Earth Sciences* 16: 81-90.
- Franzese, J. R.; Veiga, G. D.; Schwarz, E. y Gómez - Pérez, I. (2006). Tectonostratigraphic evolution of a mesozoic graben border system: the chachil depocentre, southern Neuquén Basin, Argentina. *Journal of the Geological Society*, London, 163: 707-721.
- Garrido, A.C. (2000). Estudio estratigráfico y reconstrucción paleoambiental de las secuencias fosilíferas continentales del Cretácico Superior en las inmediaciones de Plaza Huincul, Provincia del Neuquén. Trabajo Final de Grado.
- Garrido, A.C. (2010). Estratigrafía del Grupo Neuquén, Cretácico Superior de la Cuenca Neuquina (Argentina): Nueva propuesta de ordenamiento litoestratigráfico. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 12 (2): 121-177.
- Garrido, A.C.(2011). El Grupo Neuquén (Cretácico tardío) en la Cuenca Neuquina. Relatorio del XVIII Congreso Geológico Argentino, prov. de Neuquén.

- Gentili, C.A. (1950). Descripción Geológica de la Hoja 35c, Ramón Castro (Neuquén). *Boletín de la Dirección General de Industria y Minería* 72: 1-48.
- Groeber, P., (1946). Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70° 1. Hoja Chos Malal. *Revista Sociedad Geológica Argentina*, 1 (3):177-208. Buenos Aires.
- Groeber, P., (1956). Anotaciones sobre Cretácico, Supracretácico, Paleoceno, Eoceno y Cuartario. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 10(4):234-262. Buenos Aires
- Guadagno F.M., R. Forte, P. Revellino, F. Fiorillo y M. Focareta. (2005). Some aspects of the initiation of debris avalanches in the Campania Region: The role of morphological slope discontinuities and the development of failure. *Geomorphology* 66: 237-254pp.
- Gulisano, C.A. y Pando, G.A. (1981). Estratigrafía y facies de los depósitos jurásicos entre Piedra del Águila y Sañicó, Departamento Collón Curá, Provincia de Neuquén. 8° Congreso Geológico Argentino 3: 553-577. San Luis.
- Gulisano, C.A., A. Gutiérrez Pleimling y R.E. Digregorio. (1984a). Análisis estratigráfico del intervalo Tithoniano - Valanginiano (Formaciones Vaca Muerta- Quintuco y Mulichinco) en el suroeste de la provincia del Neuquén. IXo Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 221- 235. Buenos Aires.
- Gulisano, C.A., A. Gutiérrez Pleimling y R.E. Digregorio. (1984b). Esquema estratigráfico de la secuencia jurásica del oeste de la provincia del Neuquén. IXo Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 236-259. Buenos Aires.
- Harms, J. C., 1979. Primary sedimentary structures. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 7(1), 227-248.
- Heredia, S y Calvo, J. (2002). Estratigrafía de las bardas de la ciudad de Neuquén. 15° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 699-705, El Calafate.
- Herrero Ducloux, A. (1938). Reconocimiento de la zona situada entre la vía férrea, el río Neuquén y el meridiano de Plaza Huincul. En: Fossa Mancini, E., E. Feruglio & J.C. Yussen de Campana. 1938. Una reunión de geólogos de Y.P.F. y el problema de la terminología estratigráfica. *Boletín de Informaciones Petroleras* 15(171): 1-67. Buenos Aires.
- Herrero Ducloux, A. (1939). Estratigrafía y tectónica de los Estratos con Dinosaurios del Neuquén. En: II° Reunión de Geólogos y Geofísicos de YPF. *Boletín de Informaciones Petroleras* 16(180): 16-17. Buenos Aires.
- Herrero Ducloux, A. (1946). Contribución al conocimiento geológico del Neuquén extraandino. *Boletín de Informaciones Petroleras* 23(226): 245-281. Buenos Aires.
- Herrero Ducloux, A. (1947). Los depósitos terrestres del Cretácico medio y superior del Neuquén y sur de Mendoza. *Boletín de Informaciones Petroleras* 24(271): 171-178. Buenos Aires.

- Hewitt, K., (1967). Ice front sedimentation and the seasonal effect: A Himalayan example. Institute of British Geographers. Transactions N°. 42, p.93-106.
- Holmberg, E., (1962). Descripción Geológica de la Hoja 32 d, Chachahuén. Prov. del Neuquén - Prov. de Mendoza. Escala 1:200.000. Carta Geológico-Económica de la República Argentina. Boletín 91. Buenos Aires, Servicio Nacional Geológico Minero
- Holmberg, E. (1964). Descripción Geológica de la Hoja 33d, Auca Mahuida, Provincia del Neuquén. Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín N° 94: 1-112. Buenos Aires.
- Hoppe, G., (1959). Glacial morphology and inland ice recession in northern Sweden, Geograf. Ann., 41, 193–212.
- Howell, J.A., Schwarz, E., Spalletti, L.A y Veiga, G.D. (2005). The Neuquén Basin: an overview. En: G.D. Veiga, L.A. Spalletti, J.A. Howell & E. Schwarz (Eds.): *The Neuquén Basin, Argentina: A Case Study in Sequence Stratigraphy and Basin Dynamics*. Geological Society, London, Special Publications 252: 1–14.
- Hugo, C.A. y 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.
- Ibsen, M. L., Brundsen, D., Bromhead, E. y Collision, A. (1996c). Flow slide, in R. Dikau et al (eds) *Landslide Recognition*, 202-211, Chichester: Wiley.
- Johnson, A.M. (1970). *Physical processes in geology: a method for interpretation of natural phenomena; intrusions in igneous rocks, fractures, and folds, flow of debris and ice*. Freeman, Cooper & Company.
- Keidel, J., (1917). Über das patagonische Tafelland und ihre zuehungen zu den geologischen ercheinungen in den Argentinischen Anden gebiet und Litoral. *Zeitschrift der Deutsche Akademie Wiessenschaft* 3(5-6): 219-245. Stuttgart.
- Keidel, J. (1925). Sobre la estructura tectónica de las capas petrolíferas en el oriente del Territorio del Neuquén. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Minería y Geología, Publicación 8: 5-67. Buenos Aires.
- Leanza, H. A. (1990). Estratigrafía del Paleozoico y Mesozoico anterior a los movimientos intermálmicos en la Comarca del Cerro Chachil, Provincia del Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 45 (3-4): 272-299.
- Leanza, H.A. y C.A. Hugo. (1997). Hoja Geológica 3969- III - Picún Leufú, provincias del Neuquén y Río Negro. Instituto de Geología y Recursos Naturales. SEGEMAR. Boletín 218: 1- 135. Buenos Aires.
- Leanza, H.A. y Hugo, C.A., (2001). 7° International Symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystems. Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial 7, 111.

- Leanza, H.A., S. Apesteguía, F.E. Novas y M. de la Fuente. (2004). Cretaceous red beds from the Neuquén Basin (Argentina) and their tetrapod assemblages. *Cretaceous Research*, 25 : 61-67.
- 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.
- Leanza, H.A.; Sattler, F.; Martínez, R.S. y Carbone, O. (2011). La Formación Vaca Muerta y equivalentes (Jurásico tardío-Cretácico temprano) en la Cuenca Neuquina. 113-129. Neuquén.
- Legarreta, L. y M. A. Uliana, (1991). "Jurassic-Cretaceous marine oscillations and geometry of backarc basin fill. Central Argentine Andes", en D.I.M. McDonald, ed., *Sea level changes at active plate margins*, International Association of Sedimentology, Special Publication 12, p. 429-450.
- Legarreta, L. y Uliana, M.A. (1999). El Jurásico y Cretácico de la Cordillera Principal y la Cuenca Neuquina. En Caminos, R. (ed.): *Geología Argentina, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales* 29: 399-416, Buenos Aires.
- Macdonald, D., Gómez Perez, I., Franzese, J., Spalletti, L., Lawver, L., Gahagan, L., Dalziel, I., Thomas, C., Trewin, N., Hole, M. y 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.
- Méndez, V., J.C. Zanettini y E.O. Zappetini. (1987). Aspectos geológicos del Orógeno Andino Central de la República Argentina. X° Congreso Geológico Argentino. *Actas* 1: 181-184.
- Miall, A.D. (1985). Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth-Sci. Rev* 22: 261-308.
- Moretti, M. y Ronchi, A. (2011). Licuefaction features interpreted as seismites in the Pleistocene fluvio-lacustrine deposits of the Neuquén Basin (Northern Patagonia). *ELSEVIER. Sedimentary Geology* 235: 200-209.
- Mpodozis, C. y Ramos, V.A. (1989). The Andes of Chile and Argentina. En: Ericksen, G.E., Cañas Punoche, M.T. & Reinemund, J.A.(Eds.): *Geology of the Andes and its relation to hydrocarbon and mineral resources. Circum-Pacific for Energy and Mineral Resources Earth Sciences Series* 11: 59-90. Houston.
- Muravchik, M.; D'Elia, L.; Bilmes, A. y Franzese, J.R. (2011). Syn-eruptive/inter eruptive relations in the syn-rift deposits of the Precuyano Cycle, Sierra de Chacaico, Neuquén Basin, Argentina. *Sedimentary Geology* 238 (1-2): 132-144.
- Musacchio, E.A. (2006). Charophyta del Cretácico Tardío y el Paleoceno del centro oeste de Argentina. *Revista Brasileira de Paleontología* 9(1): 93-100

- Musacchio, E.A. y Vallati, P. (2007). Late Cretaceous non marine microfossils of Plottier Formation (Cretaceous) at Zampal, Argentina. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid. Cuaderno Geominero 8: 273–278.
- Padula, E., (1951). Informe preliminar del levantamiento zona Auca Mahuida y Bajo de Añelo. Yacimientos Petrolíferos Fiscales. Informe inédito. Buenos Aires.
- Pángaro, F., Veiga, R. y Vergani, G.D. (2002b). Evolución tecto-sedimentaria del área de Cerro Bandera, Cuenca Neuquina, Argentina. V Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Mar del Plata. Argentina. (actas en CD).
- Price, R. A., (1973). Large-scale gravitational flow of supracrustal rocks, southern Canadian Rockies. Gravity and tectonics, 491-502.
- Rabassa, J., Coronato, A., Ponce, J.F., Schlieder, G. y Martinez, O. (2011). Depósitos Glacigénicos (Cenozoico Tardío- Cuaternario) y geoformas asociadas. Relatorio del XVIII Congreso Geológico Argentino. 295-314. Neuquén.
- 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. y 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. & Schwarz, E. (Eds.): The Neuquén Basin: A case study in sequence stratigraphy and basin dynamics. The Geological Society, Special Publication 252: 15-35.
- Rodríguez, M.F., H.A. Leanza y M. Salvarredy Aranguren. (2007). Hoja Geológica 3969-II Neuquén, provincias del Neuquén, Río Negro y La Pampa. *Instituto de Geología y Recursos Naturales. SEGEMAR*. Boletín 370: 1- 165. Buenos Aires.
- Rosell J, Linares R (2001). Grandes deslizamientos en el frente de la lámina cabalgante del Montsec (Sierra del Montsec, Prepirineo Central). *Revista de la Sociedad Geológica de España* 14:255–268.
- Roth, S. Reconocimiento de la región andina de la República Argentina: apuntes sobre la geología y la paleontología de los territorios del Río Negro y Neuquén (Diciembre de 1895 a Junio de 1896).
- Roth, S. (1898). Apuntes sobre la geología y paleontología de los territorios del Río Negro y Neuquén. *Revista Museo de La Plata* 9: 1-56. La Plata. Salgado, L., Canudo, J.I., Garrido, A.C., Ruiz-Omeñaca, J.I., García, R.A., de la Fuente, M.S., Barco, J.L. y Bollati, R. (2009). Upper Cretaceous vertebrates from El Anfiteatro área, Río Negro, Patagonia, Argentina. *Cretaceous Research* 30: 767-784.
- Roth, S. (1899). El mamífero misterioso de la Patagonia *Gryotherium domesticum*. II. Descripción de los restos encontrados en la Caverna de Ultima Esperanza. *Revista del Museo de La Plata (Argentina)* 9: 421-453.

- Rovere, E., Caselli, A., Tourn, S., Leanza, H.A., Hugo, C., Folguera, A., Escosteguy, L., Geuna, S., González, R., Colombino, J. & Danieli, J.C. 2004. Hoja Geológica 3772-IV, Andacollo, provincia de Neuquén. Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR, Boletín 298, 104 pp. Buenos Aires.
- Salgado, L. & R.A. Coria. (2009). *Barrosasaurus casamira*, (Sauropoda) from the Anacleto Formation (Late Cretaceous: early Campanian) of Sierra Barrosa (Neuquén, Argentina). *Zootaxa* 2222: 1-16.
- Sánchez, M.L., Calvo, J.O. & Heredia, S. (2005a). Paleoambientes de sedimentación del tramo superior de la Formación Portezuelo, Grupo Neuquén (Cretácico superior), Los Barreales, Provincia del Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60 (1): 142-158.
- Sánchez, M.L., Calvo, J.O. & Heredia, S. (2005b). Análisis Sedimentológico de los Depósitos Continentales del Subgrupo Rio Neuquén (Cretácico), Norte del Lago los Barreales, Neuquén.
- Santos, J.; Redondo, J.M.; Gómez Villar, A. y González Gutiérrez, R.B. (2015). Nuevas evidencias de la existencia de permafrost en Tierra del Fuego (Argentina): régimen térmico del glaciar rocoso activo del Cerro Krund. In Marcos Valcárcel (Ed.), *Aportaciones al conocimiento de los ambientes fríos (2009-2011)*, Monografías del Grupo de Investigación Ciencia do Sistema Terra (GI-1553)-USC, Santiago de Compostela, pp. 37-53.
- Selby, M.J., (1985). *Earth's Changing Surface, an Introduction to Geomorphology*. Clarendon Press, Oxford, England.
- Sharp, J.M. Jr. (1988). Alluvial aquifers along major rivers, in *Hydrogeology: The Geology of North America* (eds W. Back, J.S. Rosenshein and P.R. Seaber) V. O-2, Geological Society of America, pp. 273-82.
- Simons, D. B., Richardson, E. V. y Nordin, C. F., 1965. Sedimentary structures generated by flow in alluvial channels. En: Middleton, G. V. (Ed) *Primary sedimentary structures and their hydrodynamic interpretation*. Soc Econ Paleontol Mineral Spec Publ 12: 34-52.
- Spalletti, L.A.; Franzese, J.R.; Matheos, S.D. y Schwarz, E. (2000). Sequence stratigraphy of a tidally dominated carbonate siliciclastic ramp; the Tithonian-Early Berriasian of the Southern Neuquén Basin, Argentina. *Journal of the Geological Society* 157: 433-446.
- Stipanovic, P.N., Rodrigo, F., Baulies, O y Martinez, C. (1968). Las formaciones presenonianas en el denominado Macizo Nord-patagónico y regiones adyacentes. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* XXIII, 2. Buenos Aires.
- Tunik, M., Folguera, A., Naipauer, M., Pimentel, M. y Ramos, V.A. (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*, doi 10.1016/j.tecto.2010.04.017.

- Uliana, M. A. (1973). Geología superficial de la parte este de la Cuenca Neuquina. Informe inédito. Yacimientos Petrolíferos Fiscales. Buenos Aires.
- Uliana, M. A. (1979). Geología de la región comprendida entre los ríos Colorado y Negro, provincias del Neuquén y Río Negro. Tesis Doctoral, inédita. Universidad Nacional de La Plata. La Plata.
- Uliana, M. A. y D. A. Dellapé. (1981). Estratigrafía y evolución paleoambiental de la sucesión maestrichtiano- eoterciaria del engolfamiento neuquino (Patagonia Septentrional). VII° Congreso Geológico Argentino. Actas 3: 673-711.
- Uliana, M. A. y K .T. Biddle. (1988). Mesozoic-Cenozoic paleogeographic and geodynamic evolution of southern South America. Revista Brasileira de Geociências 18(2): 172-190.
- Varnes, D. J. (1978). "Slope movements, types and processes", Landslides: Analysis and control, GI WPNVL1 (1993), "A suggested method for transportation research board, Spec. Rep. 176, describing the activity of a landslide". Bulletin of the 11-33, National Academy of Science, Washington
- Vergani, G.D., A.J. Tankard, H.J. Belotti y H.J. Welsink. (1995). Tectonic evolution and paleogeography of the Neuquén Basin, Argentina. En: Tankard, A.J., R. Suárez & ---H.J. Welsink (Eds.): Petroleum basins of South America. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 62: 383-402.
- Wan, Z. y Wang, Z., (1994). "Hyperconcentrated Flow". IAHR Monograph Series. A.A.Balkema.
- Wells, N. A. y Harvey, A.M., (1987). Sedimentologic and geomorphic variations in storm generated alluvial fans Howgill Fells, Northwest England. Geological Society of America Bulletin, 98: 192-198.
- Wichmann, R. (1922). Algunas nuevas observaciones geológicas en la parte oriental del Territorio del Neuquén. Physis 5(20): 301-303.
- Wichmann, R. (1924). Nuevas observaciones geológicas en la parte en la parte oriental del Neuquén y en el Territorio del Río Negro. Ministerio de Agricultura, Sección Geología, Publicación 2 : 1-22.
- Wichmann, R. (1927). Los Estratos con Dinosaurios y su techo en el este del Territorio del Neuquén. Dirección General de Minería, Geología e Hidrología, Publicación 32: 3-25.
- Wilckens, O., (1906). Die Meeresablagerungen der Kreide und Tertiärformation in Patagonian. Neues Jahrbuch fur Mineralogie, Geologie und Paläontologie., 21 : 98-105. Stuttgart
- Windhausen, A. (1914). Contribución al conocimiento geológico de los territorios del Neuquén y Río Negro. Anales Ministerio de Agricultura, Sección Geología, Mineralogía y Minería 10 (1): 1-60. Buenos Aires.

-Worsley, P., (1974). Recent "Annual" Moraine Ridges at Austre Okstindbreen, Okstindan, North Norway. *Journal of Glaciology* 13 (68), 265-277.

-Zapata, T.R. y Folguera, A. (2005). Tectonic evolution of the Andean fold and thrust belt, south of the Barrancas River, Neuquén Basin, Argentina. En Veiga, G.D., Spalletti, L., Howell, J.A., Schwarz, E., (eds) *The Neuquén Basin: A Case Study in Sequence Stratigraphy and Basin Dynamics*, Geological Society, Special Publications 252: 37–56. London.

-Zavala, C., y R. González, (2001). Estratigrafía del Grupo Cuyo (Jurásico inferior-medio) en la Sierra de la Vaca Muerta. Cuenca Neuquina, Argentina. *Boletín de Informaciones Petroleras*. Tercera Época, año XVII, N° 65: 40-54.



