

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y PETRÓLEO



TRABAJO FINAL DE LICENCIATURA EN CIENCIAS
GEOLÓGICAS

ESTRATIGRAFÍA Y PALEOAMBIENTE DE LOS
DEPÓSITOS SEDIMENTARIOS DEL GRUPO
NEUQUÉN EN EL ISTMO ENTRE LOS LAGOS
MARI MENUCO Y LOS BARREALES

AUTORA: SIEIRO, JENNIFER
DIRECTORA: AVILA, LAURA

Neuquén
11 Marzo del 2024

Resumen

Se estudiaron los depósitos sedimentarios del Grupo Neuquén aflorantes en el istmo entre los lagos Mari Menuco y Los Barreales en el sector sudoriental de la Provincia del Neuquén. Los mismos incluyen en orden estratigráfico ascendente a la Formación Plottier perteneciente al Subgrupo Río Neuquén y a la Formación Bajo de la Carpa del Subgrupo Río Colorado. Con el objetivo de caracterizar la sucesión sedimentaria desde el punto de vista sedimentológico, estratigráfico y paleoambiental se procedió a realizar el estudio de las litofacies presentes. Este permitió identificar once litofacies que fueron agrupadas en diez asociaciones. Las mismas son características de diferentes sistemas fluviales denominados sistema fluvial 1 y sistema fluvial 2. Para el tramo inferior de la sucesión sedimentaria estudiada se desarrolla el sistema fluvial 1, representado por un ambiente fluvial meandriforme de baja energía con gran desarrollo de albardones y planicies de inundación. Gradualmente y a medida que se asciende estratigráficamente, se observa un incremento en la relación canales/planicie de inundación, donde los canales se vuelven más potentes y con un estilo fluvial entrelazado de alta energía, representando al sistema fluvial 2. Finalmente fueron registradas estructuras de deformación y licuefacción tales como *slump*, estructuras de carga, laminación convoluta y pseudonódulos en los depósitos de planicie de inundación como de intracanal dentro de la Formación Bajo de la Carpa.

Palabras clave: Formación Plottier; Formación Bajo de la Carpa; Istmo; Neuquén; Análisis litofacial; Paleoambientes.

Abstract

The sedimentary deposits of the Neuquén Group outcrops in the isthmus between the Mari Menuco and Los Barreales lakes in the southeastern sector of Neuquén Province have been studied. These deposits, in ascending stratigraphic order, include the Plottier Formation belonging to the Río Neuquén subgroup and the Bajo de la Carpa Formation of the Río Colorado subgroup. To characterize the sedimentary succession from a sedimentological, stratigraphic and paleoenvironments perspective, the study of the present lithofacies was conducted. This allowed the identification of eleven lithofacies grouped into ten associations. These are characteristics of different fluvial systems called river system 1 and river system 2. For the lower section of the studied sedimentary succession, was interpreted river system 1, represented by a low-energy meandering fluvial system with significant development of levees and floodplain. Updip, an increase in the channel/floodplain relation is recorded. Channels become more powerful and with a high-energy fluvial design, representing river system 2. Finally, deformation and liquefaction structures such as slumps, load structures, convolute lamination and pseudonodules were recorded in both floodplain and intrachannel within the Bajo de la Carpa Formation.

Keywords: Plottier Formation; Bajo de la Carpa Formation; Isthmus; Neuquén; Lithofacial analysis; Paleoenvironments;

*Este trabajo está dedicado
a la memoria de mi director,
Jorge O. Calvo.*

*"Un buen maestro no solo enseña,
sino que inspira y guía a sus alumnos hacia el éxito"*

*Tu amor por la enseñanza nunca será olvidado.
Gracias por dejarnos un mundo lleno de conocimiento y sabiduría.*

AGRADECIMIENTOS

- A mi mamá y a mi papá por haberme acompañado a la distancia en todos estos años de estudio, ya que siempre me alentaron a que continúe hacia adelante en mis momentos más difíciles.
- A mi amor Franco, por estar a mi lado siempre. Que me ayudó a que hoy termine la carrera y me acompañó estando horas y horas sentado conmigo mientras le hablaba de geología.
- A toda mi familia que me acompañó con mates y mensajes de aliento, gracias por estar siempre en las buenas y en las malas.
- A Laura, mi directora de tesis, que no puedo estar más que agradecida por haberme acompañado, recibido y ayudado a que esto se cumpla.
- A todo el personal de Proyecto Dino. Muchas gracias Juan, Fede y a todos los que me acompañaron en ese lugar único y por haberme recibido siempre tan amablemente.
- A todos mis compañeros y amigos que me acompañaron estos años y una mención especial a Gabriel que me ayudó muchísimo a que esto sea posible.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 8 |
| 1.1 Objetivo | 8 |
| 1.2 Objetivos específicos..... | 8 |
| 1.3 Metodología de trabajo | 8 |
| 1.4 Ubicación del afloramiento | 9 |
| 2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL | 11 |
| 2.1 Marco Geológico Regional | 11 |
| 2.2 Grupo Neuquén..... | 12 |
| 3. ESTRATIGRAFÍA DEL ÁREA | 17 |
| 3.1 Formación Portezuelo..... | 17 |
| 3.1.1 Edad y relaciones estratigráficas: | 17 |
| 3.1.2 Distribución areal:..... | 17 |
| 3.1.3 Litología: | 18 |
| 3.1.4 Paleoambiente: | 18 |
| 3.1.5 Paleontología:..... | 18 |
| 3.2 Formación Plottier..... | 19 |
| 3.2.1 Edad y relaciones estratigráficas: | 19 |
| 3.2.2 Distribución areal:..... | 20 |
| 3.2.3 Litología: | 20 |
| 3.2.4 Paleoambiente: | 20 |
| 3.2.5 Paleontología:..... | 21 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.3 | Formación Bajo de la Carpa | 21 |
| 3.3.1 | Edad y relaciones estratigráficas: | 21 |
| 3.3.2 | Distribución areal:..... | 22 |
| 3.3.3 | Litología: | 22 |
| 3.3.4 | Paleoambiente: | 23 |
| 3.3.5 | Paleontología:..... | 23 |
| 4. | COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS Y CORRELACIÓN | 24 |
| 5. | ANÁLISIS DE FACIES SEDIMENTARIAS | 32 |
| 5.1 | Litofacies conglomerádicas y de areniscas: | 33 |
| 5.1.1 | Litofacies Gm: Ortoconglomerado polimítico macizo. | 33 |
| 5.1.2 | Litofacies Gt: Paraconglomerado polimítico con estratificación en artesa. | 34 |
| 5.1.3 | Litofacies SGp: Areniscas conglomerádicas con estratificación cruzada planar. | 35 |
| 5.1.4 | Litofacies Sm-r: Areniscas macizas con bioturbaciones. | 36 |
| 5.1.5 | Litofacies Sp: Areniscas con estratificación cruzada planar. | 38 |
| 5.1.6 | Litofacies St: Areniscas con estratificación cruzada en artesa. | 38 |
| 5.1.7 | Litofacies Sr: Areniscas con laminación ondulítica. | 39 |
| 5.1.8 | Litofacies Sh: Areniscas con estratificación paralela horizontal o cruzada de bajo ángulo. | 40 |
| 5.2 | Litofacies pelíticas: | 41 |
| 5.2.1 | Litofacies Fph: Arcilitas y limolitas con rasgos hidromórficos. | 41 |
| 5.2.2 | Litofacies Fl-p: Arcilitas y limolitas laminadas con nódulos carbonáticos. | 42 |
| 5.2.3 | Litofacies Fm: Arcilitas y limolitas macizas. | 43 |

| | | |
|------|--|----|
| 6. | ELEMENTOS ARQUITECTURALES Y ASOCIACIONES DE FACIES | 46 |
| 6.1 | Elemento CH1 (Canal 1)..... | 46 |
| 6.2 | Elemento CH2 (Canal 2)..... | 47 |
| 6.3 | Elemento CH3 (Canal 3)..... | 49 |
| 6.4 | Elemento GB: Barras gravosas | 50 |
| 6.5 | Elemento LS: Mantos de areniscas laminadas - <i>Laminated sand sheet</i> | 50 |
| 6.6 | Elemento LA: Acreción lateral | 51 |
| 6.7 | Elemento CR: Canal de desborde – <i>Crevasse Channel</i> | 52 |
| 6.8 | Elemento LV: Depósitos de albardón..... | 53 |
| 6.9 | Elemento FF: Llanura de inundación | 54 |
| 6.10 | Elemento FF (CH): Canal abandonado..... | 55 |
| 7. | DEFORMACIÓN..... | 58 |
| 7.1 | Estructura tipo <i>slump</i> | 58 |
| 7.2 | Estructuras de cargas (<i>load cast</i>) | 59 |
| 7.3 | Laminación Convoluta..... | 60 |
| 7.4 | Pseudonódulos | 61 |
| 8. | PALEOAMBIENTES SEDIMENTARIOS | 63 |
| | Sistema Fluvial 1 (SF 1) | 63 |
| | Sistema Fluvial 2 (SF 2) | 64 |
| 9. | DISCUSIONES..... | 66 |
| 10. | CONCLUSIONES | 68 |
| 11. | BIBLIOGRAFÍA | 69 |

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo

El objetivo general del presente Trabajo Final de Licenciatura (TFL) es identificar y caracterizar estratigráficamente y sedimentológicamente los depósitos sedimentarios aflorantes del Grupo Neuquén y determinar paleoambientes a partir de un estudio de detalle en el istmo entre los lagos Mari Menuco y Los Barreales.

1.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos consisten en:

- Realizar levantamiento y posterior correlación de perfiles estratigráficos en el área de estudio.
- Describir la sedimentología y geometría de los cuerpos sedimentarios que constituyen el afloramiento.
- Realizar seguimiento vertical y lateral de perfiles estratigráficos para lograr una interpretación paleoambiental de las diferentes unidades.
- Efectuar modelo evolutivo del área de estudio.

1.3 Metodología de trabajo

Para poder alcanzar los objetivos preestablecidos, el trabajo desarrollado se dividió en distintas etapas. En una primera etapa, se realizó una recopilación de toda la bibliografía disponible referida a la zona de estudio.

Después de analizar y examinar la información bibliográfica, se procedió a la recopilación de datos del área y levantamiento de perfiles estratigráficos. Esta segunda etapa, consistió en recorrer el afloramiento lateralmente para poder identificar y caracterizar las macroformas y superficies de mayor jerarquía (planicies de inundación y macroformas canalizadas, así como también sus respectivos límites). Para esto ha sido necesario recorrer a

pie el afloramiento siguiendo los contactos entre los estratos y observando cambios laterales de facies, el uso de cámara fotográfica y la realización de esquemas a mano alzada han sido las tareas principales de relevamiento. Después de haber comprendido la disposición y relación entre los estratos, se continuó con la labor de detalle, es decir, la identificación de las distintas unidades litofaciales. Se elaboraron tres perfiles estratigráficos tipo “*Selley*” de escala 1:100 empleando GPS, cinta métrica y brújula. Estos fueron complementados con descripción de color, tamaño de grano, composición mineralógica, textura, estructuras sedimentarias, espesor y tipo de contacto. Asimismo se observó, determinó y registró geometría y espesores de los distintos cuerpos sedimentarios utilizando cinta métrica y se procedió a la toma de muestras de rocas con piqueta geológica.

Luego con la información adquirida en campo, se efectuó un análisis litológico de las muestras de roca seleccionadas utilizando lupa binocular para finalizar con sus correspondientes caracterizaciones faciales siguiendo la metodología de Miall (1985, 1996).

Finalmente en esta última etapa, en base a toda la información se correlacionaron los perfiles para evaluar la continuidad lateral y vertical de los cuerpos sedimentarios y así poder interpretar el paleoambiente, para luego concluir con el modelo evolutivo.

1.4 Ubicación del afloramiento

El área de estudio se encuentra ubicada sobre la costa sureste del lago artificial Barreales y noroeste del lago Mari Menuco, 80 km al noroeste de la ciudad de Neuquén (Figura 1-1)

Para acceder se debe recorrer la Ruta Provincial 7, desde la ciudad de Neuquén hacia el norte; en el kilómetro 25 se empalma con la Ruta Provincial 51 durante 45 kilómetros. Luego se toma el desvío de ripio hacia la izquierda, para ingresar a la zona del istmo entre los lagos Mari Menuco y Los Barreales. Finalmente se continúa unos kilómetros hasta llegar a los afloramientos en cuestión.

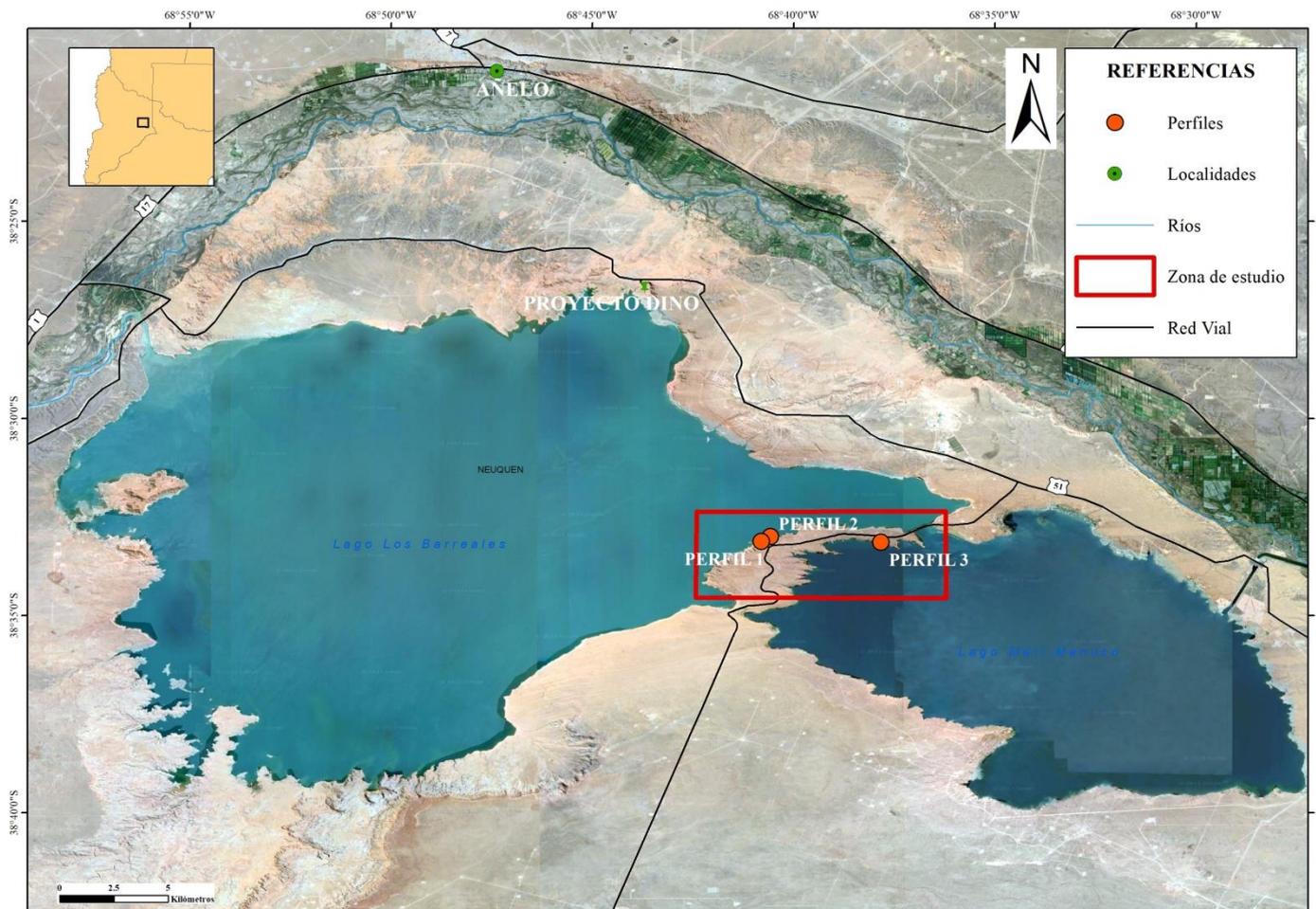


Figura 1-1. Ubicación del área de estudio.

2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

2.1 Marco Geológico Regional

La Cuenca Neuquina, con una superficie aproximada de 200.000 km², es una cuenca de retroarco que se ubica en el sector centro-oeste de Argentina (Freije *et al.*, 2002) y está constituida por un relleno sedimentario de más de 7000 metros de espesor (Gulisano *et al.*, 1984) que abarca desde el Triásico hasta el Cuaternario y corresponde a una de las principales cuencas productoras de hidrocarburos del país (Uliana y Legarreta, 1993).

La cuenca está emplazada principalmente en la Provincia del Neuquén, abarcando el noroeste de Río Negro, sector suroeste de La Pampa y sector sur de la provincia de Mendoza, y extendiéndose al este de la cordillera andina hasta el centro-oeste de Chile, entre los 32° y 40° de latitud sur. Limita al este con el Sistema de la Sierra Pintada, al sur-este con la Macizo Nordpatagónico y al oeste con la Cordillera Patagónica Septentrional y la Cordillera Patagónica Principal.

El basamento de la cuenca está formado por rocas metamórficas, plutónicas, volcánicas y sedimentarias cuyas edades oscilan entre el Paleozoico Medio y el Triásico Tardío (Digregorio y Uliana, 1980; Franzese *et al.*, 2007; Tunik *et al.*, 2010). El relleno sedimentario de la misma se desarrolló entre el Triásico Tardío-Paleoceno temprano e incluye sedimentitas marinas y continentales silicoclásticas, carbonáticas y evaporitas, acumuladas durante las distintas fases de evolución tectónica (Digregorio y Uliana, 1980; Uliana y Dellapé, 1981).

La evolución de la Cuenca Neuquina puede resumirse en tres etapas, cada una de las cuales es el resultado de una determinada configuración geodinámica. La etapa de *rift* se inició a fines del Triásico, en momentos en que el margen centro-oeste de la placa de América del Sur estuvo sometido a procesos tectónicos extensionales asociados al desmembramiento de Pangea. En este período, la placa de Aluk tenía una baja tasa de subducción sobre el

margen occidental de Gondwana, generando extensión de intraplaca continental y conformando una cuenca de *rift* que alojó sedimentación clástica y volcanoclástica perteneciente al ciclo precuyano (Vergani *et al.*, 1995; Howell *et al.*, 2005).

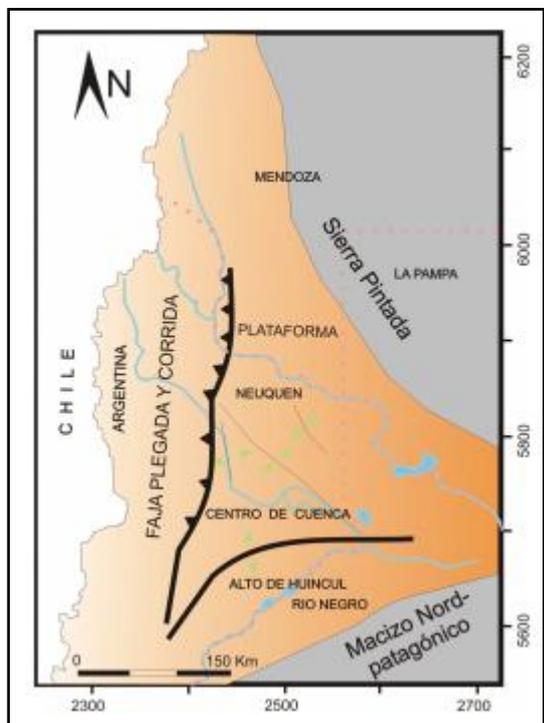


Figura 2-1 Cuenca Neuquina

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) dando origen a ciclos depositacionales tales como el Grupo Cuyo, Lotena y Mendoza.

En el Cretácico Tardío comenzó a estructurarse la faja plegada y corrida del Agrio y, como resultado, se generó una cuenca de antepaís que fue rellenada por más de 2.000 metros de clásticos continentales sinorogénicos (Formación Rayoso y Grupo Neuquén). Estos sedimentos se expandieron a través de la Cuenca Neuquina conectándose con otras cuencas de la Patagonia (Howell *et al.*, 2005) (Figura 2-1).

La historia sedimentaria de la cuenca culmina con los depósitos marino someros del Grupo Malargüe, debido a la única transgresión atlántica ocurrida durante el Maastrichtiano–Daniano (Cobbold y Rosello, 2003).

2.2 Grupo Neuquén

El Grupo Neuquén constituye una de las unidades más características de la Cuenca Neuquina. Según expresan Rodríguez *et al.*, 2007, Doering (1892) fue el primero en referirse

con algún detalle a estas sedimentitas a las que denominó Piso Pehuenche. Más tarde Roth (1898, 1899) las designó como Formaciones de Areniscas Rojas y Formación con Dinosaurios. Wilckens (1906), las llamó Formación Guaranítica, en tanto que Ameghino (1906) las reunió con depósitos aflorantes en otras regiones en las Areniscas Abigarradas.

Windhausen (1914) consideró oportuno cambiar la denominación por Estratos con Dinosaurios, en atención al contenido fósil de estas sedimentitas.

En el avance de la exploración petrolera se requería resolver los problemas nomenclaturales y estratigráficos que presentaban estas capas. Roll (en Fosa Mancini *et al.*, 1938) introdujo el término de Formación del Neuquén o Neuquén Schichten. En trabajos posteriores de Roll (1939, 1941) y Herrero Ducloux (1939, 1946, 1947) se estableció la subdivisión clásica de la Formación del Neuquén que, con algunas modificaciones, continúa vigente. Estos autores distinguieron, en orden ascendente los “Grupos” de Candeleros, Huincul, Cerro Lisandro, Portezuelo, Plottier, Bajo de la Carpa, Anacleto y Allen.

De Ferrariis (1968) dio categoría de Grupo a la Formación Neuquén y, Cazau y Uliana (1973), 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. Además de Padula, 1951 y Holmberg, (1964), Uliana (1973, 1979) también separó la Formación Allen del Grupo Neuquén y la interpretó como la unidad basal del ciclo sedimentario Cretácico-Paleógeno representado por el Grupo Malargüe.

Ramos (1981) elevó al rango de Formación a los distintos Miembros y al de Subgrupo a las tres Formaciones constitutivas del Grupo Neuquén, puesto que eran unidades perfectamente diferenciables y mapeables a escala 1:200.000.

Finalmente Garrido (2010b) reconoció nueve unidades formacionales en el Grupo Neuquén, sobre la base de sus litologías, geometrías de sus cuerpos sedimentarios y discontinuidades presentes, que son agrupadas en tres subgrupos (Figura 2-2). El Subgrupo Río Limay reúne a las formaciones (fms.) Candeleros y Huincul que constituyen unidades arenosas, principalmente, y distinguibles entre sí debido a cambios litológicos, paleoambientales, diagenéticos y a diferencias en las paleocorrientes (Garrido, 2010b).

El Subgrupo Río Neuquén agrupa, en orden estratigráfico ascendente, a las fms. Cerro Lisandro, Portezuelo, Los Bastos, Sierra Barrosa y Plottier. Aquí, la identificación de estas unidades se hace sobre la base de la relación pelita/psamita (Garrido, 2010b). De esta forma, las fms. Cerro Lisandro, Los Bastos y Plottier poseen una mayor relación en contraste con las fms. Portezuelo y Sierra Barrosa, dominadas por la fracción arenosa.

Por último, el Subgrupo Río Colorado está conformado por las formaciones Bajo de la Carpa (Santoniano) y Anacleto (Campaniano). El criterio utilizado para diferenciar a estas unidades es, nuevamente, la relación pelita/psamita; de esta forma, la Fm. Bajo de la Carpa se describe como una sucesión sedimentaria predominantemente psamítica, mientras que la Fm. Anacleto se presenta con un gran dominio pelítico.

| Edad | Esquema litoestratigráfico vigente (*) | Esquema litoestratigráfico propuesto |
|---------------------|--|--------------------------------------|
| 65.5 Ma | Grupo Malargüe (parcial) | Grupo Malargüe (parcial) |
| 70.6 Ma | | |
| Campaniano | Discordancia Huantráiquica | |
| 83.5 Ma | Subgrupo Río Colorado | Subgrupo Río Colorado |
| F. Anacleto | | |
| Santoniano | Subgrupo Río Colorado | Subgrupo Río Colorado |
| F. Bajo de la Carpa | | |
| 85.8 Ma | Subgrupo Río Neuquén | Subgrupo Río Neuquén |
| F. Plottier | | |
| Coniaciano | Subgrupo Río Neuquén | Subgrupo Río Neuquén |
| F. Portezuelo | | |
| 88.6 Ma | Subgrupo Río Neuquén | Subgrupo Río Neuquén |
| F. Cerro Lisandro | | |
| Turoniano | Subgrupo Río Limay | Subgrupo Río Limay |
| F. Huincul | | |
| 93.6 Ma | Subgrupo Río Limay | Subgrupo Río Limay |
| F. Candeleros | | |
| 99.6 Ma | Discordancia Patagónica | |

Figura 2-2 Esquema formacional del Grupo Neuquén, extraído de Garrido (2010)

El Grupo Neuquén corresponde a depósitos netamente continentales que se desarrollan en toda la extensión de la Cuenca Neuquina. Está caracterizado por la alternancia de areniscas de distintas granulometrías hasta conglomerados y limoarcillitas pardo rojizas y grises, siendo las áreas de aporte principales el Macizo Nordpatagónico desde el sur y el Sistema de la Sierra Pintada desde el norte. El modelo depositacional corresponde a un ambiente dominado por procesos fluviales que hacia el borde de la cuenca corresponden a abanicos aluviales y ambientes de flujos canalizados cuyo estilo varía en función del perfil de equilibrio, con desarrollo de planicies de inundación, hacia posiciones intermedias e internas de la cuenca. En general, se puede establecer un arreglo estrato y granodecreciente para los ciclos de mayor jerarquía. En posiciones intermedias o internas, hacia la base de estos ciclos mayores predominan los términos más gruesos, areniscas medianas a gruesas y conglomerados, dependiendo del sector de la cuenca, que pasan hacia arriba a un predominio de facies más finas, pelitas y areniscas finas (Manacorda *et al.*, 2002).

En cuanto a la edad, Rodríguez *et al.*, (2007) hacen referencia a la realización de un análisis estratigráfico secuencial en la cuenca en donde reconocen que el Grupo Neuquén tiene su límite inferior en una discontinuidad estratigráfica (Discordancia Intersenoniana) de 94 Ma. Además mencionan que el límite superior del Grupo está determinado por la discordancia Huantráiquica, datada en 74 ± 3 Ma. Esta discontinuidad lo separa del Grupo Malargüe cuya edad máxima se ha establecido entre el Campaniano medio y el Maastrichtiano temprano.

Por otra parte, en base a datos paleomagnéticos en la localidad de Auca Mahuida y estudios paleontológicos sobre la Formación Bajo de la Carpa (Bonaparte, 1991 y Dingus *et al.*, 2000) han permitido asignar una edad campaniana temprano para los términos cuspidales del Grupo Neuquén, representados por las fangolitas de la Formación Anacleto. Así la depositación de las sedimentitas del Grupo Neuquén insumió un lapso de aproximadamente

23 millones de años, entre el Cenomaniano temprano y el Campaniano temprano (Rodríguez *et al.*, 2007).

3. ESTRATIGRAFÍA DEL ÁREA

A partir de la información recopilada de informes inéditos de campo (Herrero Ducloux, 1939), estudios de la Hoja geológica Neuquén 3969-II (Rodríguez *et al.*, 2007) y las observaciones de campo realizadas, se describen tres formaciones del Grupo Neuquén: Formación Portezuelo, Formación Plottier y la Formación Bajo de la Carpa.

3.1 Formación Portezuelo

3.1.1 Edad y relaciones estratigráficas:

La edad de la Formación Portezuelo, sobre la base de sus relaciones estratigráficas, fue establecida en el Turoniano tardío-Coniaciano temprano por Leanza y Hugo (2001).

La Formación Portezuelo sucede en concordancia y de manera transicional sobre la Formación Cerro Lisandro. Cazau y Uliana (1973) indicaron, por otro lado, que el contacto entre la Formación Portezuelo y la Formación Plottier es interdigitado.

3.1.2 Distribución areal:

La Formación Portezuelo fue originalmente establecida por Keidel (en Wichmann, 1927); el nombre deriva de la sierra del Portezuelo, situada a unos 20 Km al oeste de la ciudad de Plaza Huincul, donde se estableció el perfil tipo.

Sus afloramientos se distribuyen linealmente y de forma continua a lo largo de la sierra del Portezuelo, Sierra Barrosa y cordón del Portezuelo Grande, integrando además la parte superior de las exposiciones rocosas de cerro Bayo Mesa, Barda González y Cerros Colorados. En la margen norte del Lago Los Barreales, la Fm. Portezuelo se desarrolla en el denominado cordón del Cerro Colorado, perdiéndose paulatinamente hacia el este como consecuencia del buzamiento regional que afecta a estos depósitos (Garrido, A.C., 2010). Los asomos se extienden también rodeando al embalse Los Barreales y componen el área emergida que lo separa del embalse Mari Menuco. La Formación Portezuelo también está

expuesta en la margen norte del valle del río Neuquén y en los bordes nororiental y sur del bajo de Añelo.

3.1.3 Litología:

Esta unidad está constituida mayoritariamente de areniscas amarillentas, grises y castaño rojizas, con intercalaciones de poco espesor de fangolitas de color rojo ladrillo claro. Las areniscas son coherentes y forman resaltes y relieves positivos en el paisaje. El espesor observado para la unidad va de 63m a 250m (Ardolino *et al.*, 1996). La fracción pelítica se compone principalmente de fangolitas rojizas poco consolidadas, seguidas en segundo término por depósitos limo-arenosos gris-verdosos y verde-amarillentos (Garrido, 2010).

3.1.4 Paleoambiente:

La Formación 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).

Garrido (2000) en el área de sierra del Portezuelo y sierra Barrosa, sugieren un ambiente de depositación vinculado a sistemas fluviales de alta sinuosidad, de tipo meandroso y carga arenosa dominante, bajo condiciones climáticas cálidas y de relativa humedad.

En el sector norte del Lago Barreales, Sánchez *et al.*, (2008c) establecen para el tramo superior de la Fm. Portezuelo un ambiente vinculado al desarrollo de canales fluviales entrelazados gravosos y de carga mixta de baja y alta sinuosidad; culminando con un sistema fluvial de carga mixta de alta sinuosidad.

3.1.5 Paleontología:

La Formación Portezuelo posee un interesante contenido paleontológico, fundamentalmente restos de dinosaurios terópodos con características avianas: *Patagonykus*

puertai y *Unenlagia comahuensis*, descritos por Novas (1997). También se conocen troncos y ramas de coníferas y restos de cocodrilos pertenecientes a *Peirosaurus tommini* Price y *Lomasuchus palpebrosus* procedentes del área del embalse Los Barreales (Gasparini, 1982; Gasparini *et al.*, 1991). Cazau y Uliana (1973) mencionaron también bivalvos de agua dulce.

En el sector de Loma de la Lata, sobre la costa del embalse Los Barreales, existe un importante yacimiento paleontológico actualmente en excavación. Los primeros resultados del trabajo de recuperación involucran a restos muy completos de un titanosáurido *Futalongkosaurus dukei* (Calvo *et al.*, 2007a), así como restos de terópodos, cocodrilos, placas de tortugas, peces y restos de plantas que incluyen troncos y hojas de angiospermas y gimnospermas. Estos materiales se encuentran expuestos en el sitio de excavación, pero aún no han sido estudiados en su totalidad.

En Sierra Barrosa, las estructuras biogénicas reconocidas en el techo de la Formación Portezuelo son atribuibles a los icnogéneros *Taenidium?* y *Palaeophycus*. La asociación de trazas es monótona pero son muy abundantes. Las excavaciones horizontales meniscadas referidas a *Taenidium?* isp tienen un diámetro de 2 cm, en tanto que la longitud de las estructuras individuales puede alcanzar 1 metro.

3.2 Formación Plottier

3.2.1 Edad y relaciones estratigráficas:

Sobre la base de relaciones estratigráficas, se interpreta que la Formación Plottier se depositó durante el Coniaciano tardío (Hugo y Leanza, 2001).

La Formación Plottier se apoya en contacto transicional sobre las areniscas de la Formación Portezuelo. Las importantes variaciones de espesor registradas en distintos sectores están dadas esencialmente por la desaparición, hacia el centro de cuenca (es decir, hacia el noroeste), de los términos psamíticos superiores de la Formación Portezuelo; el

contacto entre ambas unidades es interdigitado y resulta por lo tanto diacrónico (Cazau y Uliana, 1973). La Formación Plottier está cubierta por los depósitos fluviales y eólicos de la Formación Bajo de la Carpa (Sánchez & Heredia., 2006), base del Subgrupo Río Colorado.

3.2.2 Distribución areal:

La localidad tipo se estableció en la barda situada al norte de la localidad de Plottier, 15 km al oeste de la ciudad de Neuquén, sobre la margen izquierda del valle del río Limay.

Sus afloramientos se encuentran ampliamente distribuidos por las bardas que limitan el valle inferior del río Limay (Garrido, 2010) abarcando la sierra Barrosa, el cerro Senillosa, costa norte de Lago Barreales, bardas de Añelo y Tratayen. Además aflora en sectores de la sierra de Auca Mahuida, sierra de Huantraico, Rincón de los Sauces, y continúa hacia el sector mendocino. En Meseta de Rentería, Río Negro, también está presente.

3.2.3 Litología:

La Formación Plottier se distingue por el predominio de fangolitas de color rojo ladrillo en su composición; los estratos son en general macizos y espesos. Esta litología dominante alterna en sectores con areniscas finas verdes con estratificación cruzada de pequeña escala; las areniscas se presentan formando cuerpos lenticulares (Cazau y Uliana, 1973). Frecuentemente se muestran concreciones esféricas o botroidales.

3.2.4 Paleoambiente:

Las sedimentitas de esta unidad han sido interpretadas como depósitos de baja energía vinculados a amplias llanuras aluviales de escaso relieve (Cazau & Uliana, 1973; Ramos, 1981), sobre las que se desarrollan pequeños cuerpos de agua y marcados paleosuelos (Garrido, 2000). Por otra parte, frente a las bardas de Plottier, cerro Senillosa y Sierra Barrosa, se registraron marcadas variaciones laterales, observándose un pasaje de este a oeste, desde facies de planicie de inundación distal con pequeños canales efímeros, a áreas con

presencia de canales aislados de mayor envergadura, caracterizados por el desarrollo de macroformas de acreción lateral. Estas características permiten asociar a dichos depósitos como sistemas fluviales sinuosos de carga mixta (Garrido, 2010).

3.2.5 Paleontología:

De acuerdo a Bonaparte & Gasparini (1980), de esta unidad provendría uno de los primeros hallazgos de restos de dinosaurios del Neuquén, representado por el titanosaurio *Antarctosaurus giganteus* (Huene, 1929). En el sector de sierra Barrosa, se ha observado en estos depósitos numerosos restos aislados de dinosaurios saurópodos, placas de tortugas y bivalvos de agua dulce (*Diplodon sp.*)

3.3 Formación Bajo de la Carpa

3.3.1 Edad y relaciones estratigráficas:

Sobre la base del contenido paleontológico de las unidades, en las bardas de la ciudad de Neuquén, Bonaparte (1991) le asignó una edad santoniana. Por otra parte, Legarreta y Gulisano (1989) ubicaron a las secuencias correspondientes al Subgrupo Río Colorado entre los 83 y 86 Ma, es decir entre el Santoniano medio, en tanto que otros autores las sitúan entre los 88.5 y 80 Ma (Coniaciano – Campaniano medio). Hugo y Leanza (2001a), atribuyeron al Santoniano a la Formación Bajo de la Carpa.

La Formación Bajo de la Carpa se apoya mediante contacto concordante y transicional sobre la Formación Plottier y es cubierta de la misma manera por la Formación Anacleto. Cazau y Uliana (1973) señalaron que el límite con la Formación Anacleto se define por la aparición de fangolitas color rojo ladrillo asociado a la disminución en el contenido de areniscas.

3.3.2 Distribución areal:

Las mejores exposiciones corresponden a las de la sierra Barrosa y los cerros Challacó y Senillosa. A partir de este último, se la observa en forma continua hacia el norte, hasta la margen sur del lago Mari Menuco. Esta franja de afloramientos contiene a la localidad tipo, el Bajo o Aguada de la Carpa. Otros asomos se localizan al norte del lago Mari Menuco, en la barda Blanca. En el valle del río Neuquén, desde la localidad de Añelo hacia el Este hasta las proximidades de Tratayen, existen buenas exposiciones de esta unidad, que localmente forman un paisaje de altos paredones verticales. Un importante sector de afloramientos se encuentra en los alrededores de la ciudad de Neuquén; parte del ejido urbano se asienta sobre esta unidad, donde se ha dado cuenta de importantes registros paleontológicos de vertebrados terrestres.

3.3.3 Litología:

La Fm. Bajo de la Carpa se conforma por una sucesión de depósitos continentales predominantemente psamíticos, con interstratificación en porcentaje variable de horizontes pelíticos. Los términos psamíticos se componen principalmente de areniscas cuarzolíticas, con escasa a nula matriz y débil cemento carbonático. La presencia de pigmento férrico imprime a estos depósitos su típica coloración amarillenta a rojiza, la cual se torna más intensa hacia el sector central de la cuenca (Garrido, 2010).

Los términos pelíticos se encuentran integrados por fangolitas rojizas poco consolidadas, seguidas por depósitos limo-arenosos gris-verdosos y verde-amarillentos, finamente laminados, en ocasiones acompañados por delgadas láminas de evaporitas (Garrido, 2010).

3.3.4 *Paleoambiente:*

En líneas generales, los depósitos de la Formación Bajo de la Carpa corresponden a sistemas fluviales de baja sinuosidad y abundante carga de lecho arenosa (Garrido, 2000). Sin embargo, en los afloramientos de la ciudad de Neuquén los paquetes arenosos inferiores tienen origen eólico. Heredia y Calvo (2002) interpretaron a estas mismas rocas como facies de duna e interduna húmeda. Los niveles limolíticos y fangolíticos se adjudican a planicies de inundación, con canalizaciones arenosas generadas durante episodios de inundación.

3.3.5 *Paleontología:*

Los afloramientos cercanos a la ciudad de Neuquén proporcionaron restos en general bien conservados de especímenes pequeños, entre los que se citan aves como *Patagopteryx deferrariisi* y *Neuquenornis volans* (Bonaparte, 1991; Alvarenga y Bonaparte, 1992; Chiappe y Calvo, 1994), dinosaurios terópodos como *Alvarezsaurus calvoi* y *Velocisaurus unicus* (Bonaparte, 1991; Heredia y Calvo, 1997), cocodrilos como *Notosuchus Terrestres Woodward* y *Comahuesuchus brachibuccalis* Bonaparte, ofidios (*Dinilysia patagónica* Woodward, en Bonaparte, 1991) y numerosos huevos de aves (Schweitzer *et al.*, 2002).

A ellos se agregan restos de huesos de dinosaurios titanosáuridos dados a conocer recientemente por Heredia y Calvo (2002). En las proximidades de Loma de la Lata, Gasparini *et al.*, (1991) citaron un cocodrilo Peirosauridae.

En afloramientos de la Formación Bajo de la Carpa ubicados en las cercanías del bajo de Jagüel, Musacchio *et al.*, (2002) mencionaron el hallazgo de carófitos (algas verdes) girogonitos próximos a "*Chara*" *barbosa*. En todo el desarrollo de esta unidad es asimismo frecuente la presencia de troncos fósiles de gran tamaño. Cazau y Uliana (1973) señalaron en la sierra Negra (Provincia del Neuquén), la existencia de una flora de helechos. También se encontraron ejemplares de nidos de insectos en asociación con los niveles concrecionales de la formación.

4. COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS Y CORRELACIÓN

Se levantaron tres perfiles en la zona de estudio. El perfil N°1 (Figura 4-3) y N°2 (Figura 4-4) se ubican sobre la costa al sureste del Lago Los Barreales, separados por una distancia de 200 metros aproximadamente uno del otro.

Esta zona se caracteriza por tener grandes penínsulas, con playas y acantilados de varios metros de altura, los cuales fueron los limitantes para elegir los levantamientos de los perfiles. También, existen varias zonas con derrumbes y lugares donde el lago limitó el cruce a pie entre las playas (Figura 4-1 y Figura 4-2).



**Figura 4-1 Vista general de la zona del Perfil N°1, sobre la costa del Lago Los Barreales.
Ubicación 38°33'7.12"S y 68°40'49.80"O.**



**Figura 4-2. Vista general de la zona del Perfil 2, sobre la costa del Lago Los Barreales.
Ubicación 38°32'57.84"S y 68°40'33.85"O**

La base de los perfiles fue marcada por el nivel del lago, el cual fue fluctuando a lo largo de todo el año. En ambos casos la columna estratigráfica comienza con pelitas pardas y una coloración verdosa debido a procesos redox (oxido-reducción). Luego se puede ver la alternancia de las pelitas con depósitos de areniscas de formas acuñadas de gran extensión que sobresalen del afloramiento tipo “plataformas”, en las cuales el rasgo principal es el contenido de bioturbaciones y el desarrollo de albardones acompañados con nódulos de carbonatos (paleosuelos). En los estratos superiores se puede ver que la relación arenisca/pelita es mayor, predominando las areniscas y dejando en evidencia el cambio de unidad formacional. Además en la parte superior de estos perfiles se identificaron estructuras de deformación, las cuales están descritas en el Capítulo 7.

PERFIL N°1

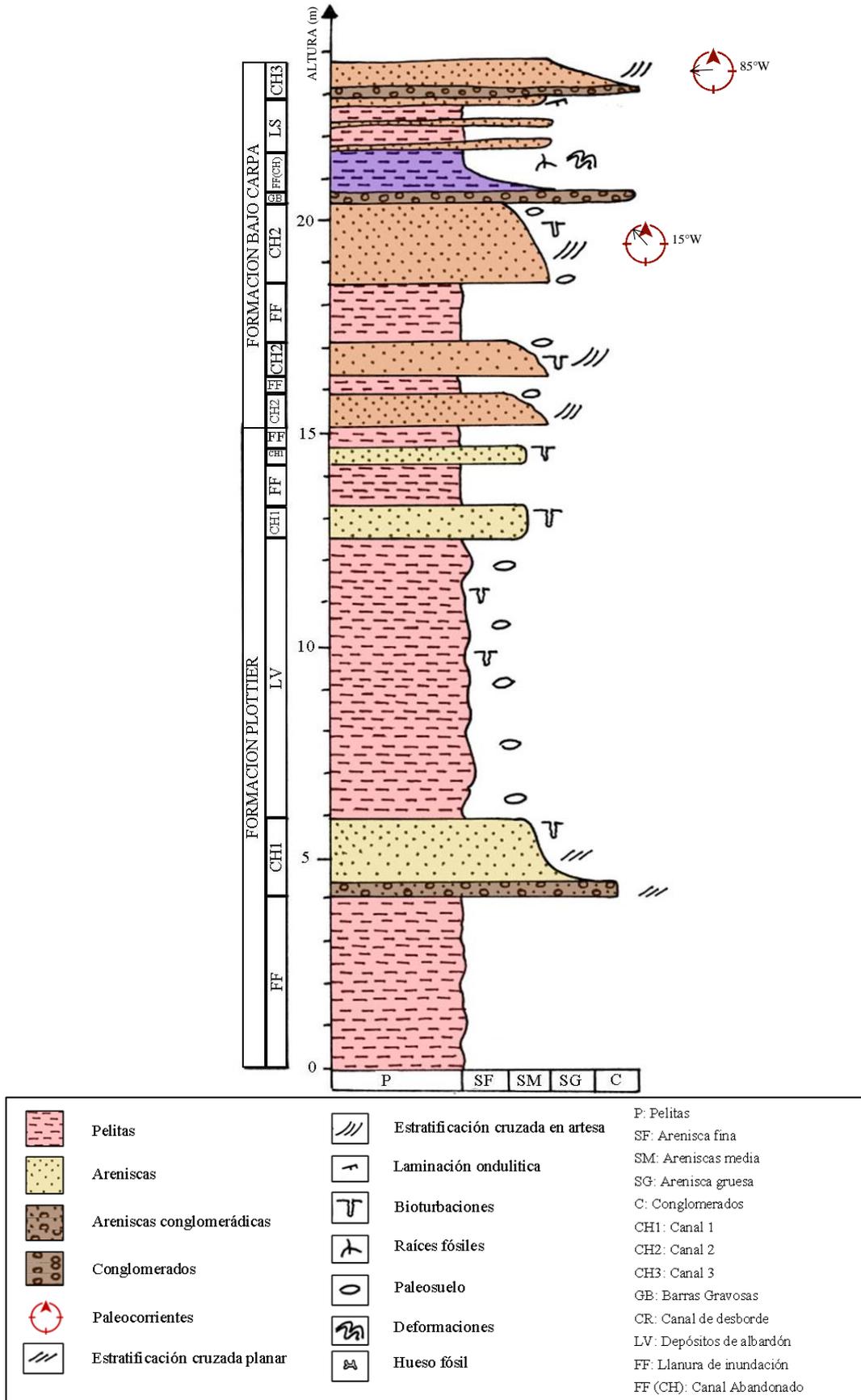


Figura 4-3. Perfil estratigráfico y sedimentológico N°1.

El Perfil N°3 se localiza sobre el margen noroeste del Lago Mari Menuco (Figura 4-6). En esta zona se tuvo especial cuidado por la ubicación de las casas de las comunidades de la zona y el radio de 500 metros que había que respetar con la represa (Figura 4-5).



**Figura 4-5. Fotografías del lugar donde se realizó el Perfil 3, ubicación costa del Lago Mari Menuco.
A- Casas de la comunidad. B-Acantilado y lugar de levantamiento del perfil N°3. Ubicación
38°33'8.27"S y 68°37'50.10"O**

Al igual que en los casos anteriores, el lago fue el que marcó el comienzo de la sucesión estratigráfica, con un nivel de pelitas pardas y verdes las cuales tenían el desarrollo de concreciones carbonáticas. Luego la columna sedimentaria continúa con varios depósitos de canal representados por areniscas medias a gruesas y conglomerados. La bioturbación también fue un rasgo presente en estos depósitos.

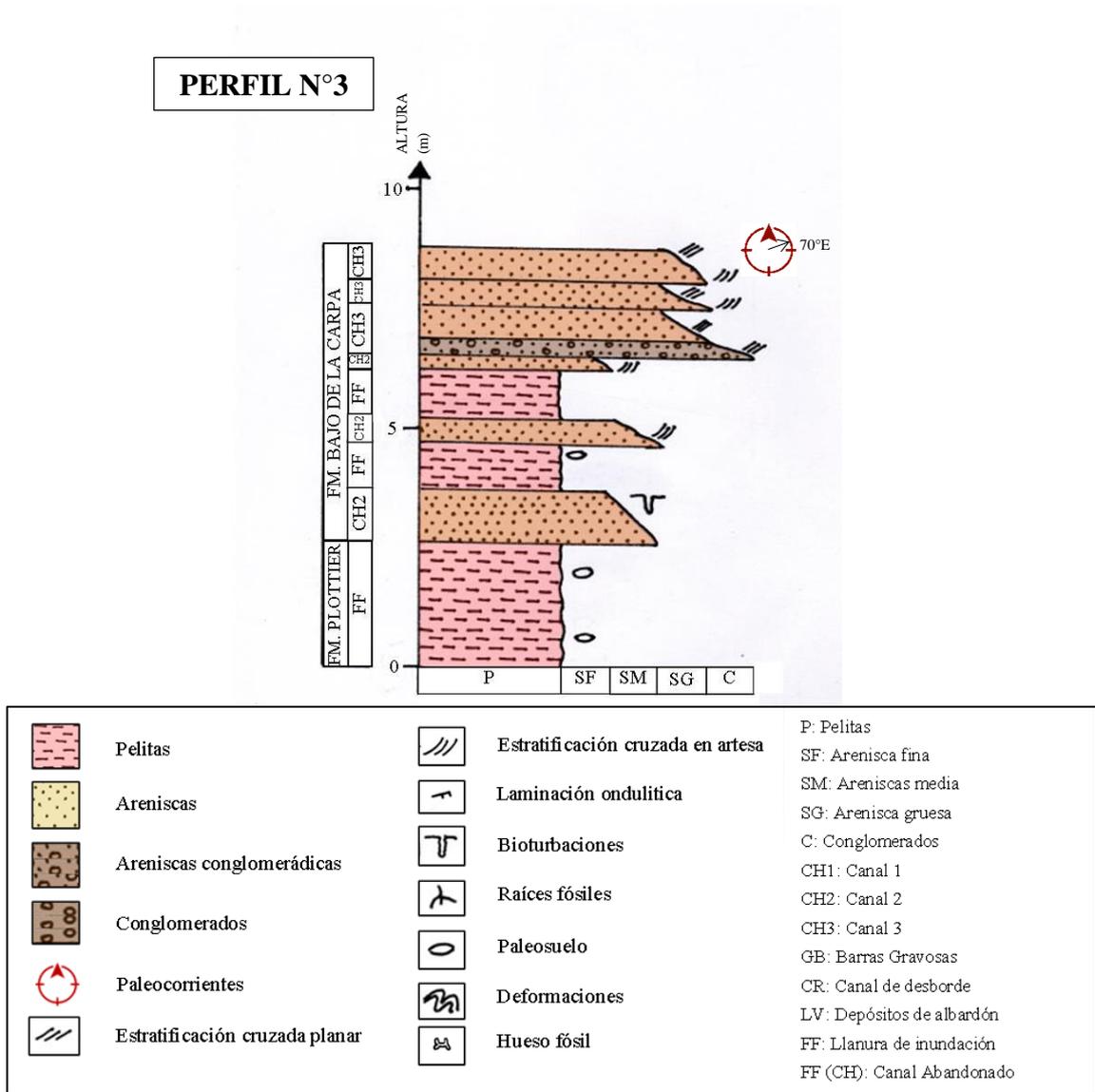


Figura 4-6 Perfil estratigráfico y sedimentológico N°3.

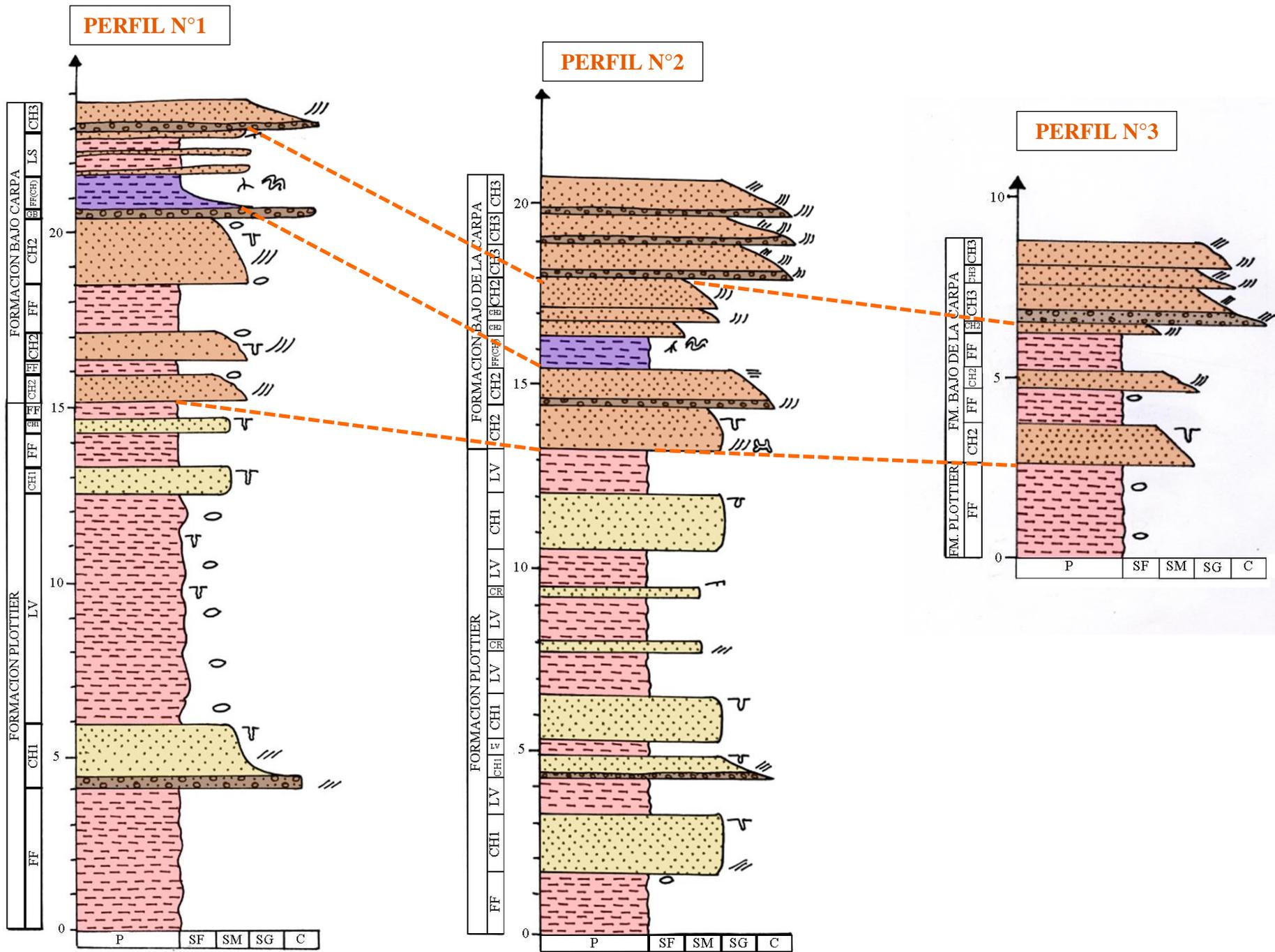


Figura 4-7. Correlación entre los perfiles realizados.

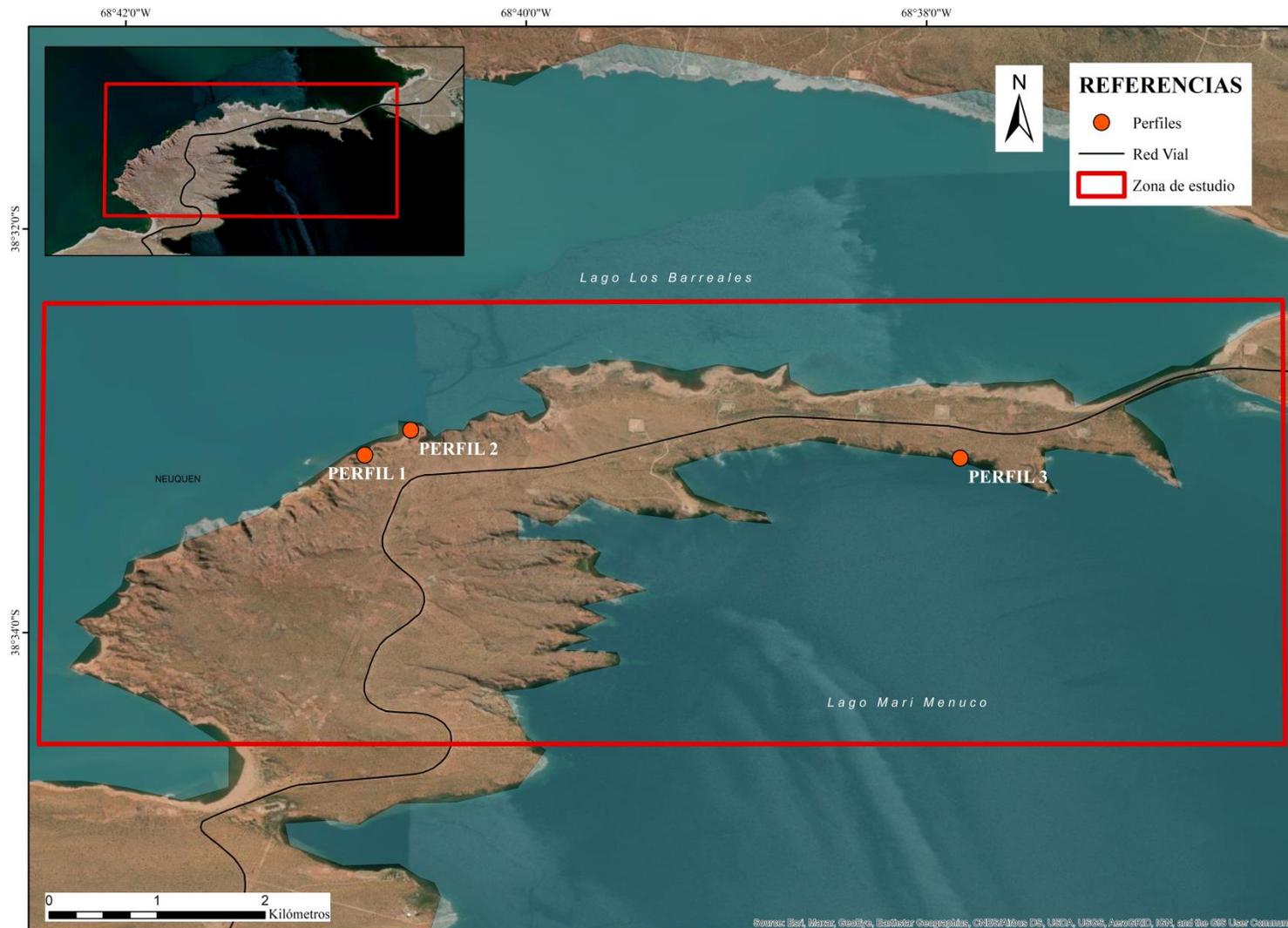


Figura 4-8. Ubicación en detalle de los perfiles realizados en la zona de estudio.

5. ANÁLISIS DE FACIES SEDIMENTARIAS

En este capítulo se describen e interpretan para las formaciones de Plottier y Bajo de la carpa, 11 litofacies fluviales, dos de tipo conglomerádicas (Gm y Gt), seis de areniscas (SGp, Sm-r, St, Sp, Sr y Sh) y tres pelíticas (Fph, Fl-p y Fm) basadas en la nomenclatura litofacial de los trabajos de Miall (1985; 1996) adoptando su metodología descriptiva.

Las mismas han sido agrupadas en función de la litología y las estructuras sedimentarias primarias. La litología es caracterizada por una letra mayúscula (G: Grava; S: Arena y F: limo y/o arcilla) y las estructuras sedimentarias representadas por una letra minúscula (por ejemplo: m: macizo; i: gradación inversa; t: estratificación en artesa, etc.).

Sin embargo, como no todos los sistemas son iguales, hay distintas situaciones en las que los sedimentos no se ajustan estrictamente al código litofacial de Miall. Como por ejemplo, se pueden encontrar facies de arenisca con estratificación cruzada en artesa e intraclastos pelíticos, en cuyo caso la nomenclatura adecuada sería Ste (t = estratificación cruzada en artesa; e = erosivo). Como se puede observar, la sigla utilizada para definir esta litofacies difiere a las del modelo propuesto originalmente por dicho autor.

También ocurre, que una misma facie está constituida por una mezcla de dos fracciones granulométricas, una dominante y otra accesoria. En este caso, se utilizan dos letras mayúsculas (donde la primera representa el tamaño de grano dominante y la segunda el tamaño de grano accesorio) y una tercera letra minúscula asociada a la estructura sedimentaria. Por ello, una arenisca con grava presente en forma de lentes o con clastos aislados se le denomina “arenisca gravosa” y se indica con las siglas SG.

La interpretación de las litofacies está compuesta por una caracterización del material sedimentado (generalmente su litología) y de las características de la corriente que las originó, tales como su energía y régimen de flujo.

A continuación, se describirán las facies que han sido registradas en la zona de los perfiles sedimentológicos y al final del capítulo se representarán en la Tabla 1, que permite analizar el contenido litofacial y se resumen las características más importantes.

5.1 Litofacies conglomerádicas y de areniscas:

5.1.1 Litofacies Gm: Ortoconglomerado polimíctico macizo.

Está constituida por conglomerados clasto soportados, con regular selección y clastos subredondeados a redondeados, oblados y prolados con TMC (tamaño máximo de clasto) de 3 cm y un promedio de grano de 15 mm. Los mismos están compuestos por litoclastos, cuarzo, ópalo y concreciones carbonáticas. La matriz es de tamaño de grano arena media a gruesa y tiene, también, regular selección. Conforman cuerpos tabulares, de hasta 25 cm de espesor, y de varios metros de continuidad lateral, con base erosiva (Figura 5-1).

Interpretación: la fábrica desorganizada, presencia de bases erosivas marcadas, su continuidad lateral y reducida potencia sugiere el transporte tractivo de cargas de lecho.



Figura 5-1. Detalle de la litofacies Gm, ortoconglomerado polimíctico macizo.

5.1.2 Litofacies Gt: Paraconglomerado polimíctico con estratificación en artesa.

Son conglomerados con estratificación en artesa, con matriz areniscosa soporte. Los clastos son subangulosos a subredondeados, oblados y prolados y con TMC de 3 cm y un promedio de grano de 15 mm. Los mismos están compuestos por litoclastos, cuarzo, ópalo y en algunos casos fragmentos de huesos fósiles. La matriz es de tamaño arena y presenta regular selección. Los depósitos pueden tener hasta 40 centímetros de espesor y pueden extenderse lateralmente varios metros, formando cuerpos lenticulares. El contacto basal es erosivo y en ocasiones su tope está asociado a areniscas con estratificación entrecruzada planar y en artesa (Figura 5-2).

Interpretación: los depósitos asignados a Gt se interpretan como el resultado de la acreción de formas de lecho y crestas sinuosas desarrolladas en los canales fluviales.

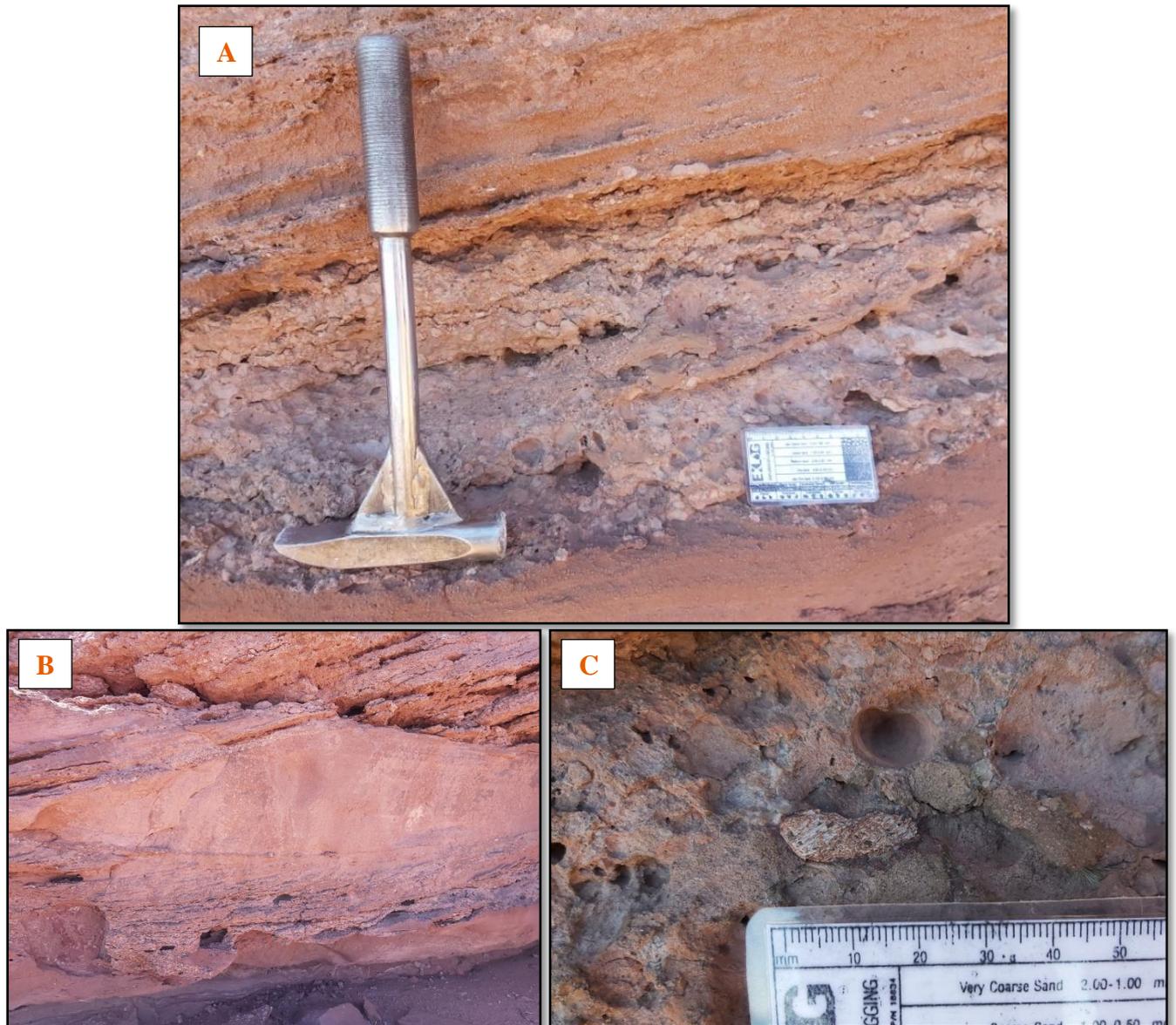


Figura 5-2. A-Detalle de la litofacies Gt, paraconglomerado polimictico. B-Vista de la estratificación en artesa ubicada en el Perfil N°2. C- Detalle de fragmento de hueso fósil.

5.1.3 Litofacies SGp: Areniscas conglomerádicas con estratificación cruzada planar.

Se encuentra constituida por areniscas conglomerádicas de color gris y tonalidades verdosas con estratificación cruzada planar. Es una secuencia compuesta por clastos subredondeados con TMC de 2 centímetros y un promedio de grano de 3-4 mm. Esta

litofacies integra cuerpos acuñaos muy bioturbados de un tamaño de 80 centímetros en su máximo espesor y con una extensión lateral de aproximadamente 4 metros (Figura 5-3).

Interpretación: migración de óndulas 2D, impulsado por un flujo de bajo régimen y energía moderada, constituyendo depósitos del sector medio del canal.



Figura 5-3. Detalle de la litofacies SGp, areniscas conglomerádicas con estratificación cruzada planar.

5.1.4 Litofacies Sm-r: Areniscas macizas con bioturbaciones.

Integrada por areniscas macizas bien seleccionadas con tamaño de grano fino a medio. Poseen colores anaranjados y la bioturbación es un rasgo que sobresale en esta litofacies al enmascarar las estructuras sedimentarias primarias (Figura 5-4). En algunos casos muestra sectores diferenciables a partir de la presencia de una débil laminación poco definida. Las mismas conforman cuerpos tabulares o acuñaos, de hasta 2 metros de espesor y con una extensión lateral variable.

En estas areniscas se pudieron reconocer distintos tipos de bioturbaciones tales como *Skolithos* (excavaciones verticales cilíndricas que corresponden a organismos suspensívoros y

predadores pasivos.) y *Scoyenia* (estructuras horizontales de alimentación meniscadas producidas por depositívoros móviles, trazas de locomoción continuas y tubos verticales de domicilio).

Interpretación: en esta litofacies de areniscas macizas la interpretación de los procesos que le dan origen es compleja. En muchos casos es el producto de modificación post-depositacional, por ejemplo por degradación o bioturbación (Miall, 1996).

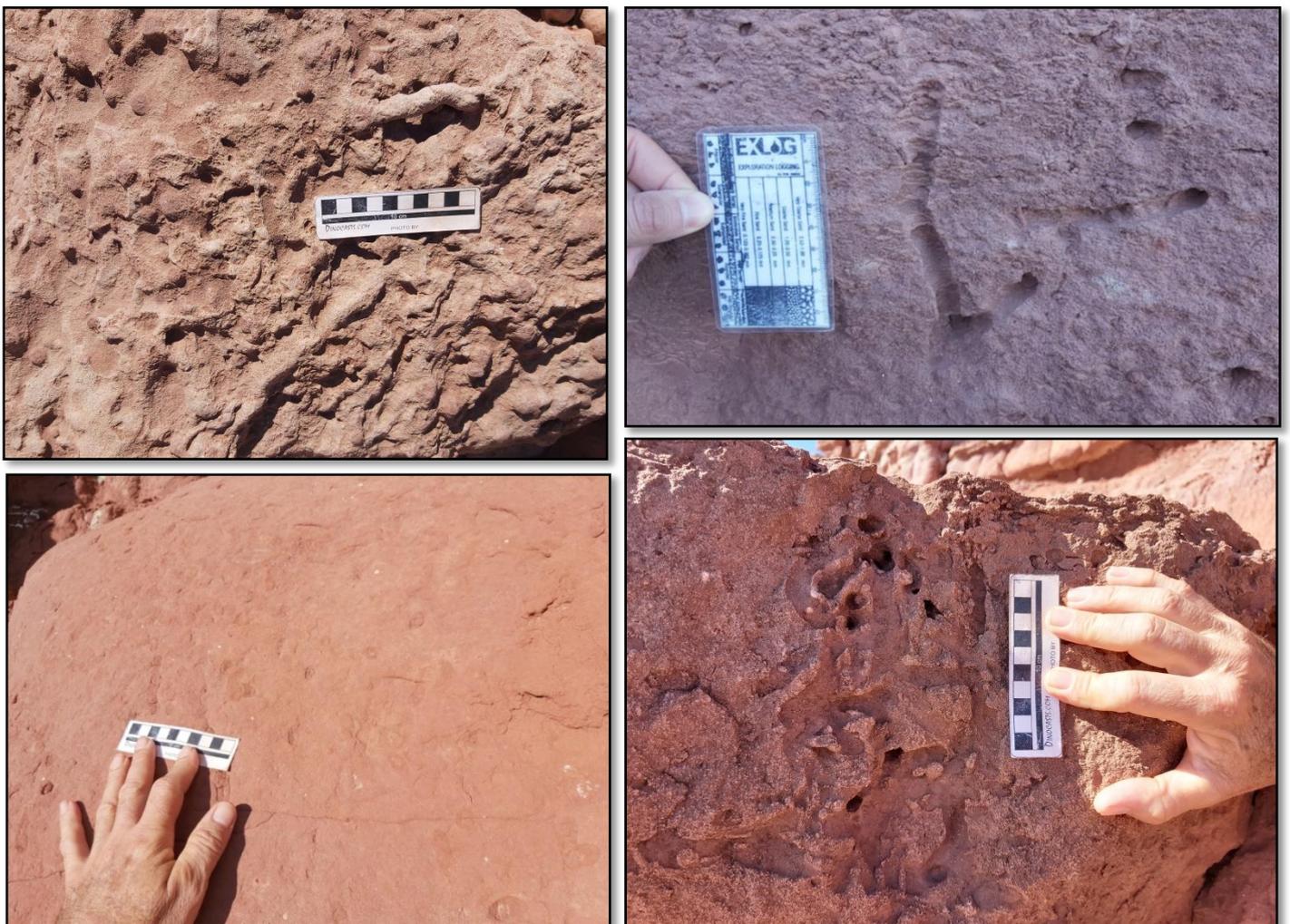


Figura 5-4. Detalles de litofacies Sm-r, areniscas macizas con bioturbaciones

5.1.5 *Litofacies Sp: Areniscas con estratificación cruzada planar.*

Consiste de areniscas de grano mediano bien consolidada con buena selección y estratificación cruzada planar (Figura 5-5). La litofacies conforma cuerpos acuñaos con gradación normal y base erosiva.

Interpretación: la estratificación entrecruzada planar en areniscas se forma por la migración de dunas 2D lo que trae asociado, procesos de acreción corriente abajo de macroformas en canales fluviales (Miall, 1996).

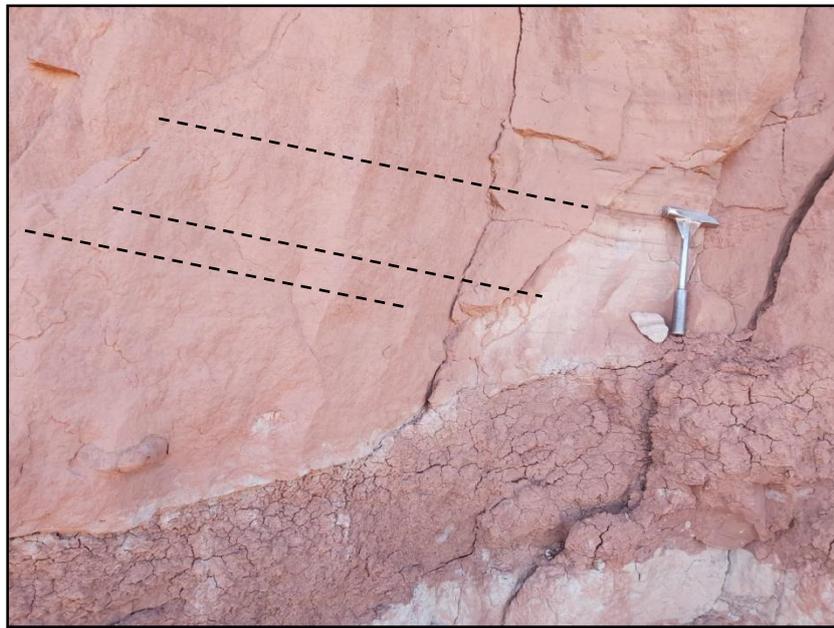


Figura 5-5. Detalle de litofacies Sp, areniscas con estratificación cruzada planar.

5.1.6 *Litofacies St: Areniscas con estratificación cruzada en artesa.*

A esta litofacies la constituyen areniscas de grano medio con buena selección y estratificación entrecruzada en artesas (Figura 5-6). Integran cuerpos tabulares o acuñaos de un metro de largo aproximadamente con tendencia general granodecreciente. Su base suele ser erosiva y llegan a tener de 10 a 50 centímetros de espesor.

Interpretación: los depósitos de la litofacies St corresponden a la migración de óndulas de cresta sinuosa en la base de un relleno de canal.



Figura 5-6. Detalle de litofacies St, areniscas con estratificación cruzada en artesa.

5.1.7 Litofacies Sr: Areniscas con laminación ondulítica.

Esta litofacies está formada por areniscas de grano fino con buena selección, que presentan laminación cruzada ondulítica y ondulas escalantes. La altura de las ondulas es de menos de 5 centímetros, mientras que los *cosets* alcanzan un máximo de 20 centímetros (Figura 5-7).

Interpretación: son óndulas asimétricas que corresponden al resultado de la migración de pequeñas formas de lecho en canales.



Figura 5-7. Detalle de litofacies Sr, areniscas con laminación ondulítica.

5.1.8 Litofacies Sh: Areniscas con estratificación paralela horizontal o cruzada de bajo ángulo.

La integran areniscas bien seleccionadas de grano fino a medio con estratificación paralela horizontal o cruzada de bajo ángulo (Figura 5-8). Integran cuerpos tabulares que varían de unos pocos centímetros hasta unos 20 centímetros de espesor. Presentan base neta planar y suele estar asociada a la litofacies St.

Interpretación: los caracteres sedimentarios primarios sugieren para esta litofacies un mecanismo de depositación a partir de flujos de alta energía con carga de lecho arenosa. La presencia de bases erosivas y la tendencia granodecreciente indica una depositación en canales.

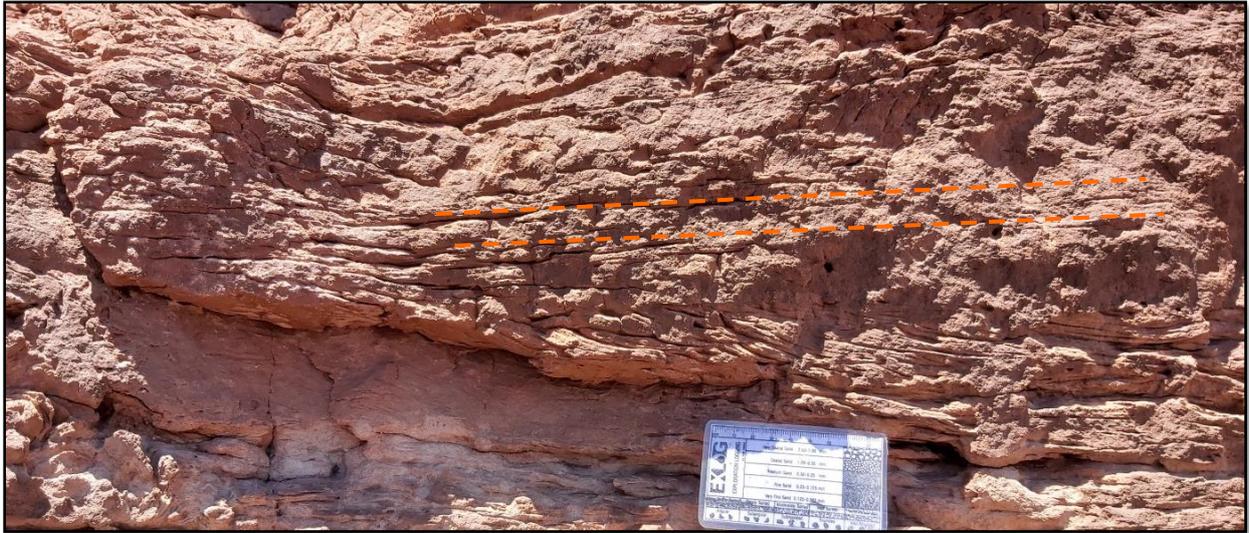


Figura 5-8. Detalle de litofacies Sh, areniscas con estratificación paralela horizontal o cruzada de bajo ángulo.

5.2 Litofacies pelíticas:

5.2.1 Litofacies Fph: Arcilitas y limolitas con rasgos hidromórficos.

Son arcilitas y limolitas macizas de colores pardas de un 1,40 metros de espesor. Las mismas presentan maculas de una coloración verdosa con geometrías circulares las cuales se pueden unir entre sí (Figura 5-9).

Interpretación: material pelítico depositado por decantación en un ambiente de muy baja energía. La decoloración es debida a procesos redox (oxido-reducción), vinculados al desarrollo de horizontes húmedos o con presencia de agua.

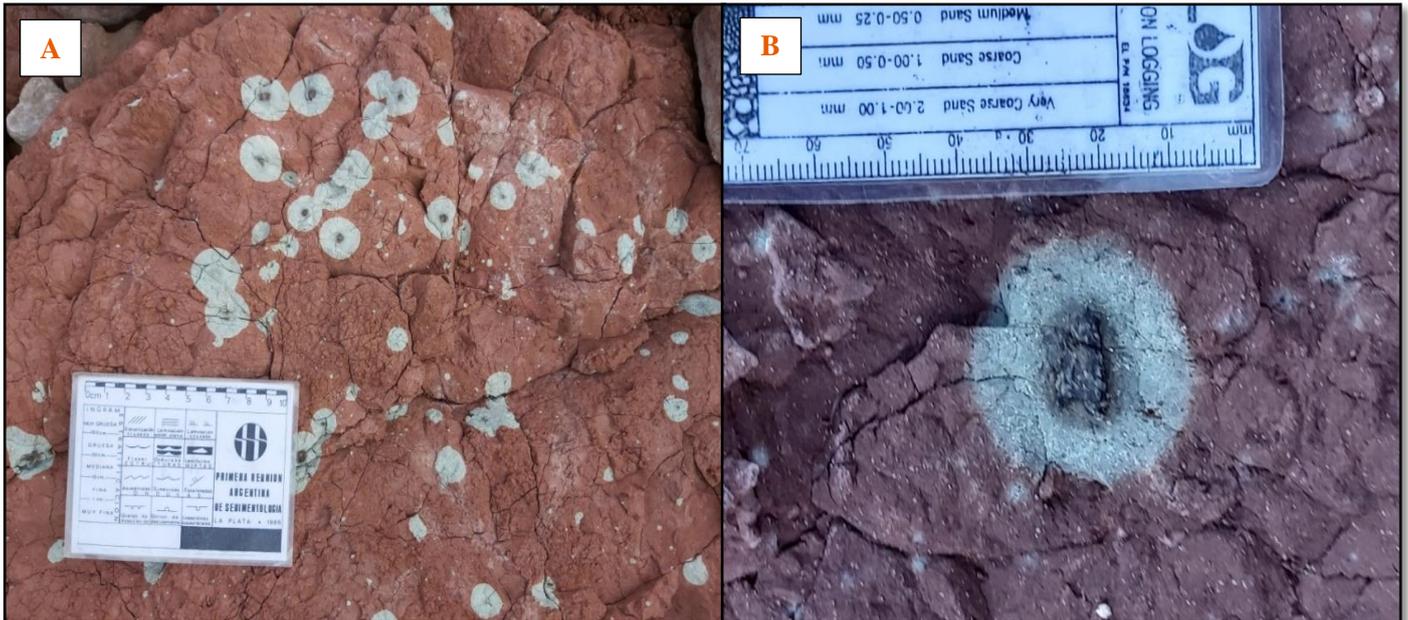


Figura 5-9. Detalle de litofacies Fph, arcillitas y limolitas con rasgos hidromórficos. A- Vista en general de la litofacies. B- Fotografía en detalle a la macula de coloración verdosa.

5.2.2 Litofacies Fl-p: Arcillitas y limolitas laminadas con nódulos carbonáticos.

Son arcillitas y limolitas finamente laminadas en cuerpos de hasta 7 metros de potencia. Un rasgo característico en esta litofacies es la presencia de abundantes concreciones carbonáticas que pueden obliterar las estructuras sedimentarias primarias (Figura 5-10).

Interpretación: en general representan procesos de depositación en condiciones de bajo régimen de flujo generalmente asociadas con la llanura de inundación que dan lugar a grandes desarrollos de paleosuelos.



Figura 5-10. Detalle de litofacies Fl-p, arcilitas y limolitas laminadas con nódulos carbonáticos.

5.2.3 Litofacies Fm: Arcilitas y limolitas macizas.

Esta litofacies se compone de arcilitas y limolitas masivas que no superan los 1,5 metros de espesor. La estructura de estos cuerpos en la mayoría de los casos es tabular pero existen con forma lenticular. Suelen presentar una coloración variable y en algunos casos se evidencian rastros de raíces con materia orgánica y minerales de cobre (Figura 5-11).

Interpretación: a esta litofacies se la puede asignar a depósitos de planicies de inundación, incluyendo depositación con sectores localmente inundados durante el abandono del canal (Miall, 1996). Las distintas coloraciones que poseen estos depósitos estarían representando diferentes condiciones de pedogénesis.

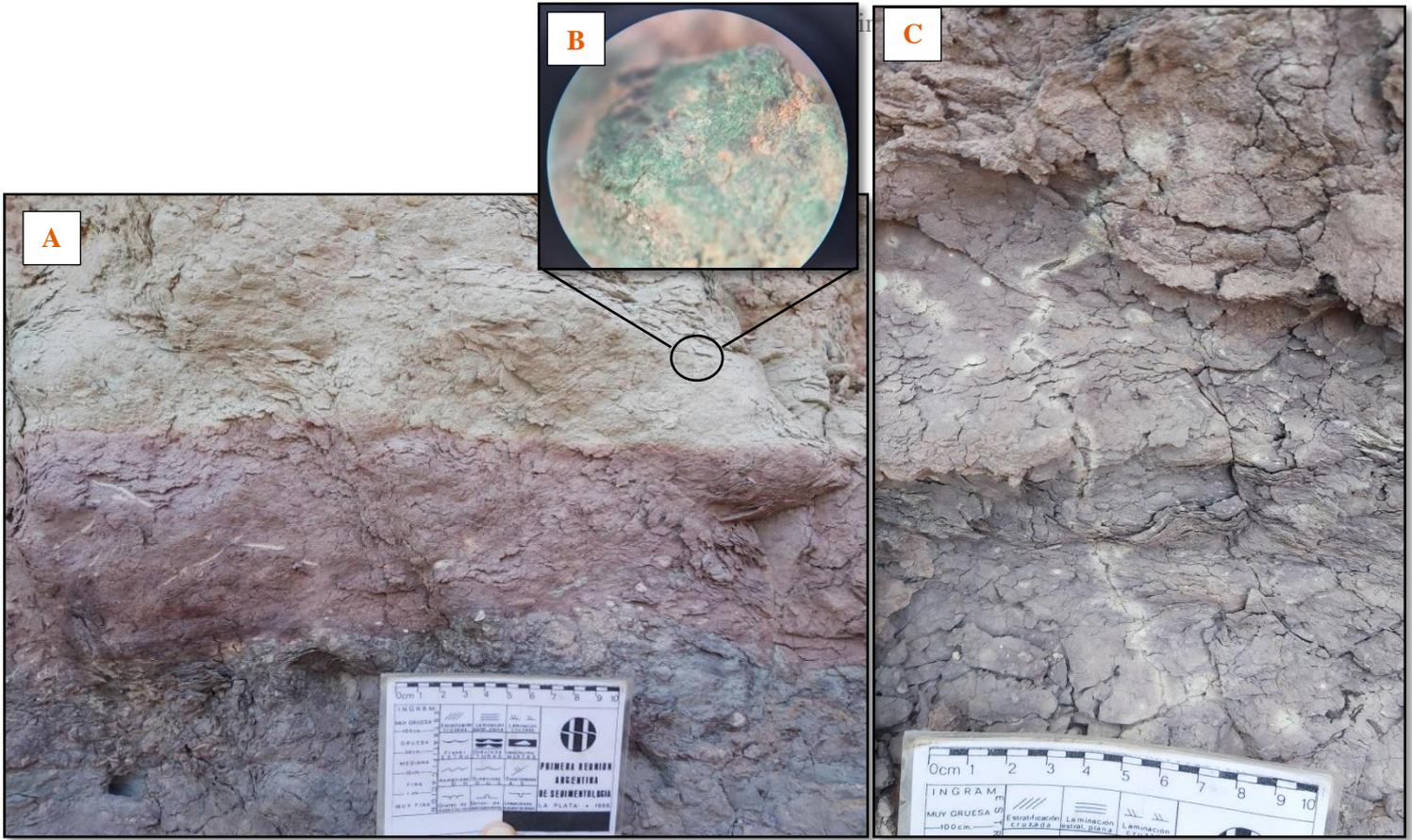


Figura 5-11. A - Detalle de la litofacies Fm, arcillitas y limolitas macizas. B - Foto en detalle de mineral de cobre. C - Foto en detalle de evidencias de raíces.

| Facies | Litologías | Geometría | Estructuras sedimentarias | Interpretación |
|---------------|---|----------------------|---|--|
| Gm | Ortoconglomerado polimíctico | Tabular | Macizo | Depósitos de formas de lecho gravosas |
| Gt | Paraconglomerado polimíctico | Lenticular | Estratificación entrecruzada en artesa | Acresión de formas de lecho y crestas sinuosas desarrolladas en los canales fluviales. |
| SGp | Areniscas conglomerádicas | En cuña | Estratificación cruzada planar | Migración de óndulas 2D, depósitos del sector medio del canal |
| Sm-r | Areniscas de granulometría fino a medio | Tabular o en cuña | Maciza | Estructuras primarias obliteradas por bioturbación |
| Sp | Areniscas de granulometría media | Tabular o en cuña | Estratificación cruzada planar | Migración de dunas 2D |
| St | Areniscas de granulometría media | Tabular o lenticular | Estratificación cruzada en artesa | Migración de óndulas de cresta sinuosa en la base de un relleno de canal |
| Sr | Areniscas de granulometría fina | Tabular | Laminación ondulítica | Migración de pequeñas formas de lecho en canales |
| Sh | Areniscas de granulometría fino a medio | Tabular | Estratificación paralela horizontal o cruzada de bajo ángulo. | Deposición a partir de flujos de alta energía |
| Fph | Arcilitas y limolitas | Tabular | Maciza | Material pelítico depositado por decantación. Procesos de óxido-reducción |
| Fl-p | Arcilitas y limolitas | Tabular | Laminación paralela horizontal | Llanura de inundación con grandes desarrollos de paleosuelos |
| Fm | Arcilitas y limolitas | Tabular o lenticular | Maciza | Material pelítico depositado por decantación. Meandro abandonado. |

Tabla 1. Síntesis de litofacies identificadas en el área de estudio.

6. ELEMENTOS ARQUITECTURALES Y ASOCIACIONES DE FACIES

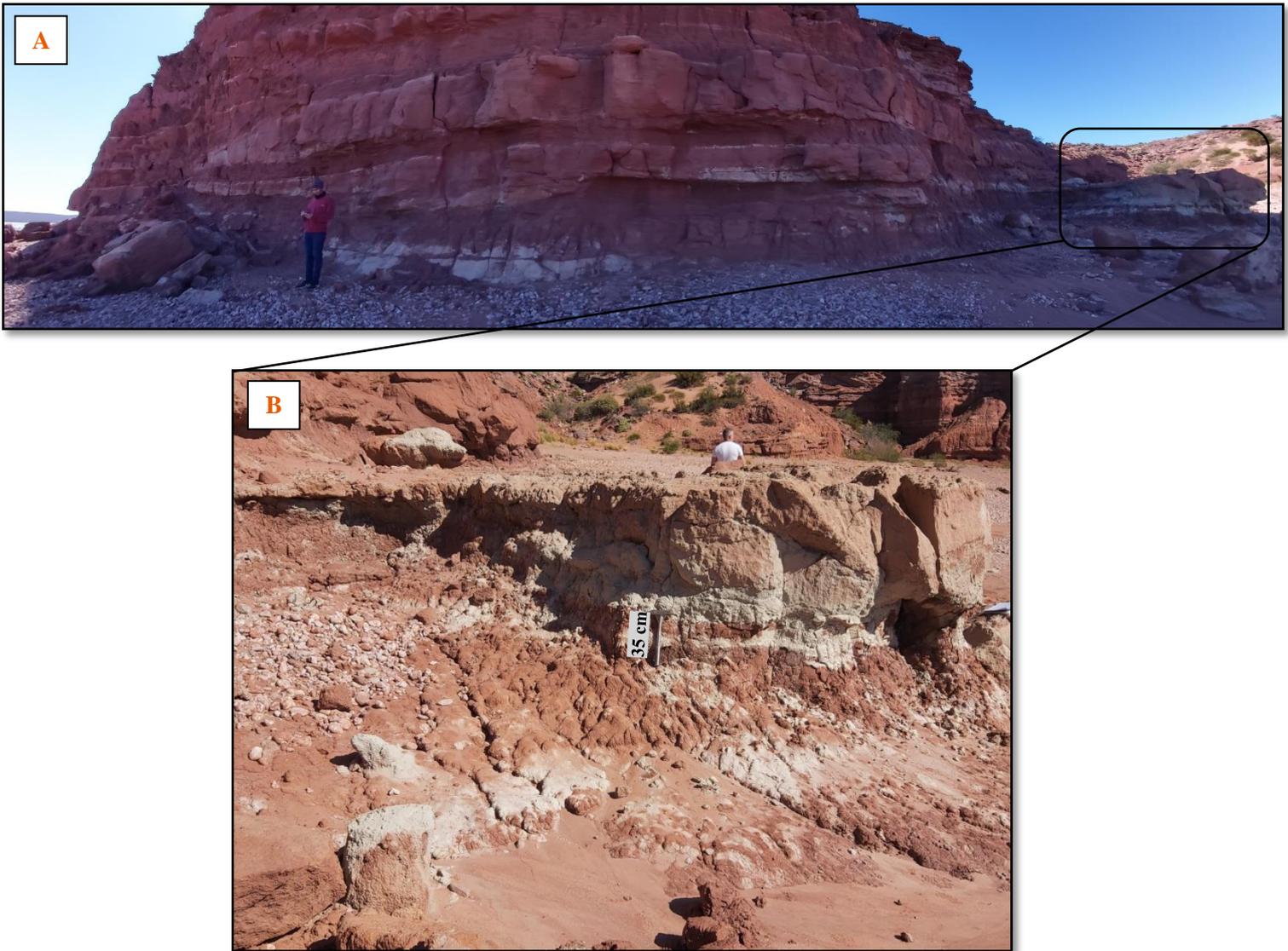
Un elemento arquitectural puede ser definido como una subdivisión morfológica de un sistema depositacional particular, caracterizado por una asociación de facies, por la geometría de esas facies y por los procesos depositacionales inferidos (Miall, 1985).

A continuación, se describirán los elementos arquitecturales que han sido registrados en la zona de los perfiles sedimentológicos y al final del capítulo se representarán en la Tabla 2, que permite analizar los elementos arquitecturales y se resumen las características más importantes de los mismos.

6.1 Elemento CH1 (Canal 1)

Este elemento tiene una geometría en artesa (acuñado lateralmente) con base cóncava erosiva o contacto neto. El relleno está formado principalmente de areniscas finas a medias que conforman las litofacies SGp-Sp. En general se trata de canales asimétricos, con geometrías lenticulares los cuales están acompañados lateralmente de depósitos pelíticos. Tienen espesores variables de 0,60 metros a 1,50 metros y una extensión lateral que varía hasta los 10 metros.

Presentan abundantes bioturbaciones lo cual en algunos casos impide distinguir las estructuras primarias (Sm-r). La intensa bioturbación afecta a los toques o incluso a la totalidad de los cuerpos y sugiere la ocurrencia de extensos lapsos de no depositación (Figura 6-1).



**Figura 6-1. A-Fotografía del elemento arquitectural CH1.
B- Fotografía del cuerpo CH1 en detalle.**

6.2 Elemento CH2 (Canal 2)

Son cuerpos con geometría en artesa con bases cóncavas erosivas, típica de canales. A diferencia del elemento CH1, el relleno está compuesto principalmente por areniscas de las litofacies Sm-r o St-Sh y su base ocasionalmente contiene a la litofacies Gt.

Son canales multilaterales y los mismos están asociados a barras de acreción lateral (elemento LA), tienen espesores máximos de 1,50 metros y suelen presentar abundantes bioturbaciones en todo el elemento lo cual, en algunos casos, oblitera sus estructuras internas (Figura 6-2).

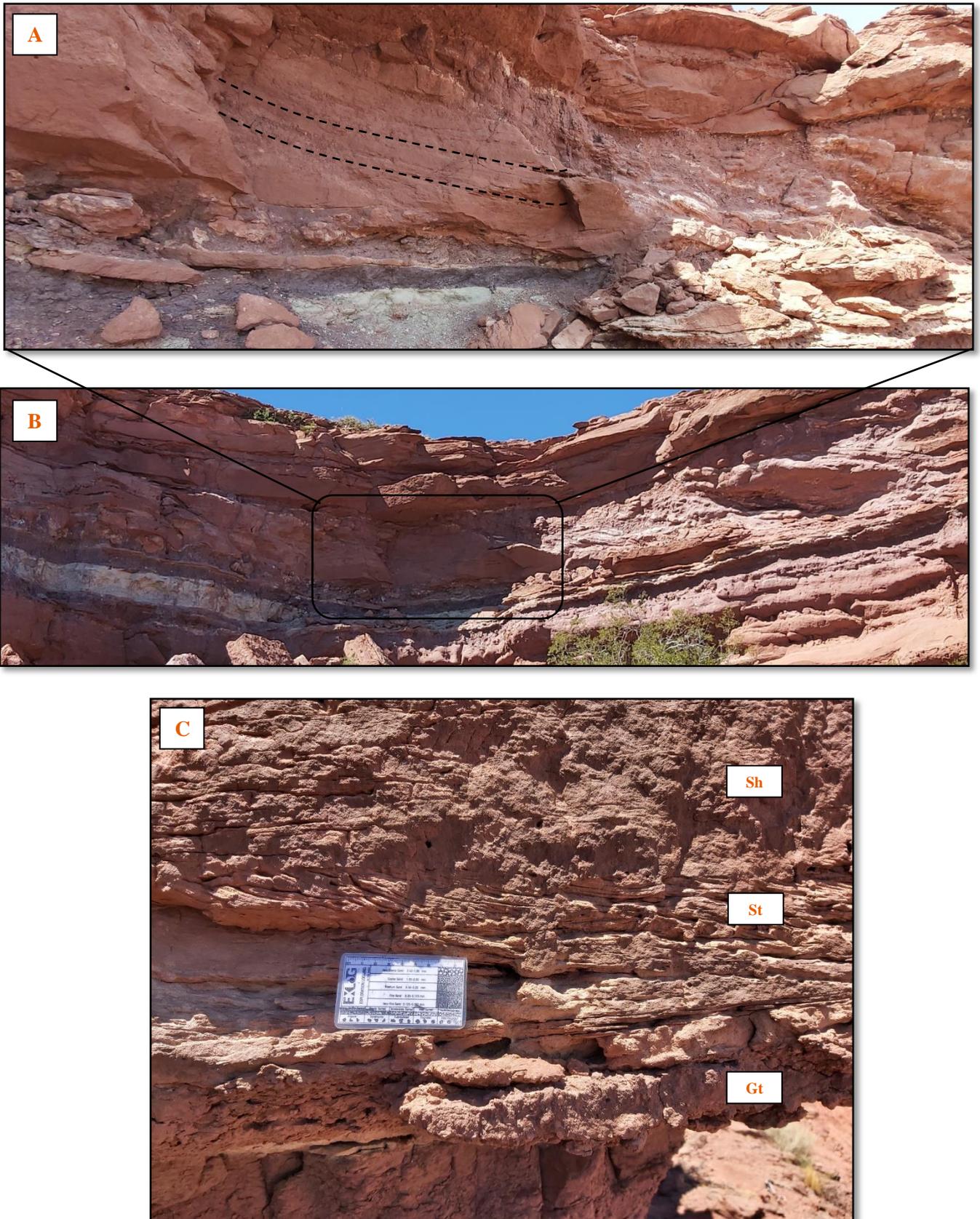


Figura 6-2. Elementos arquitecturales CH2. A- Línea negra punteada indicando artezas. B- Fotografía general del canal con barras de acreción lateral acompañando (Ubicación zona del Perfil N°1). C-Detalle indicando asociación de litofacies (Ubicación zona del Perfil N°2).

6.3 Elemento CH3 (Canal 3)

Este elemento a diferencia del anterior, cuentan con tamaños de litología mayor y son fácilmente visibles sus estructuras de bajo régimen de flujo. Suelen ser granodecrecientes y comienzan su secuencia con conglomerados donde además se hallaron astillas de huesos fósiles como parte del relleno. Se los encuentra definidos por la siguiente asociación de facies Gt-St-Sp.

Suelen ser lenticulares y se los encuentra apilados verticalmente por lo que tienen un arreglo multilateral y multihistórico. Los mismos pueden alcanzar espesores variables pero suelen ser anchos y de poca potencia (Figura 6-3).



Figura 6-3. Registros de canales CH3. A - Jorge Calvo de escala en un canal ubicado en la zona superior del perfil N°2. B y C - Registros fotográficos de estructuras de estratificación cruzada en artesas en la zona superior de perfiles N°3 (Imagen B) y N°2 (Imagen C)

6.4 Elemento GB: Barras gravosas

Los depósitos de barras gravosas consisten en cuerpos tabulares que se acuñan lateralmente hasta desaparecer, su base es neta planar y localmente erosiva. Se lo ve representado por la litofacies Gm. Presentan una potencia de hasta 25 centímetros y una extensión lateral aflorante aproximada de 10 metros (Figura 6-4).



Figura 6-4. Fotografía del afloramiento correspondiente a la zona del Perfil N°1 donde con la flecha negra se indica barra gravosa con su gran extensión lateral.

6.5 Elemento LS: Mantos de areniscas laminadas - *Laminated sand sheet*

Este elemento se lo ve representado por areniscas medias, bien seleccionadas que exhiben poca variación lateral en el tamaño de grano, espesor y estructuras internas. Se caracteriza por la presencia de litofacies St o Sm y Sr hacia el tope del elemento, tienen espesores máximos de 40 centímetros y un metro de longitud aproximadamente.

Se desarrolla sobre la planicie de inundación y se pueden ver varios elementos apilados de formas tabulares y acuñados lateralmente, estos representan eventos de alta descarga los cuales se expanden, adelgazan y desaceleran cuando se incrementa la distancia radial desde la fuente por posible desbordamiento (Figura 6-5).



Figura 6-5. Cuerpos arenosos apilados desarrollados sobre la planicie de inundación. Ubicación Perfil N°1.

6.6 Elemento LA: Acreción lateral

Consiste en cuerpos con geometría tabular o acuñaada con extensiones laterales que acompañan a los canales CH2 y CH3 lateralmente. Están constituidos por diferentes unidades separadas por superficies erosivas de espesores variables cercanos a los 15 centímetros aunque hay algunos casos de tamaños mayores (Figura 6-6).

Estos depósitos representan la migración de barras laterales y es común que estén asociadas a las litofacies St-Sp-Sh, en algunos casos se puede evidenciar algo de contenido fangoso.

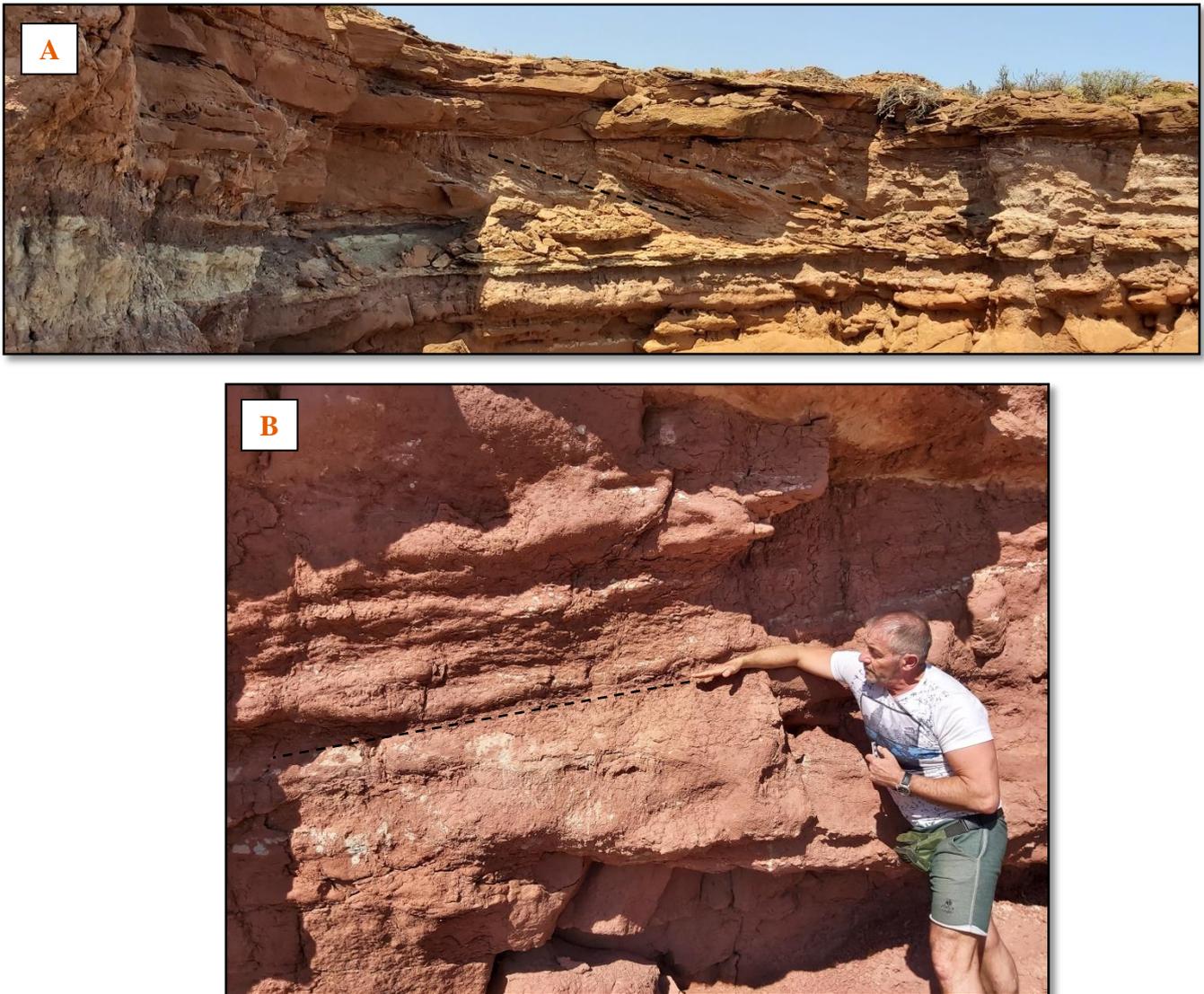


Figura 6-6. Barras de acreción lateral. A - Barras ubicadas en Perfil N°1 acompañando a canal CH2.
B - Jorge Calvo indicando los planos de acreción lateral, fotografía en Perfil N°2.

6.7 Elemento CR: Canal de desborde – *Crevasse Channel*

Este elemento se lo ve representado principalmente por areniscas Sm sumergidas sobre depósitos pelíticos con relictos de estratificación cruzada planar (litofacies Sp) y en algunos casos con óndulas asimétricas (litofacies Sr). Estos depósitos en algunos casos se los observa con una coloración verdosa, debido a la saturación de agua (Figura 6-7).

Los mismos se diferencian de un canal principal por su extensión lateral y espesor, ya que su espesor oscila entre 0,20 a 0,50 metros. Suelen estar aislados, de forma lenticular con poca longitud y no presentan mucha continuidad.

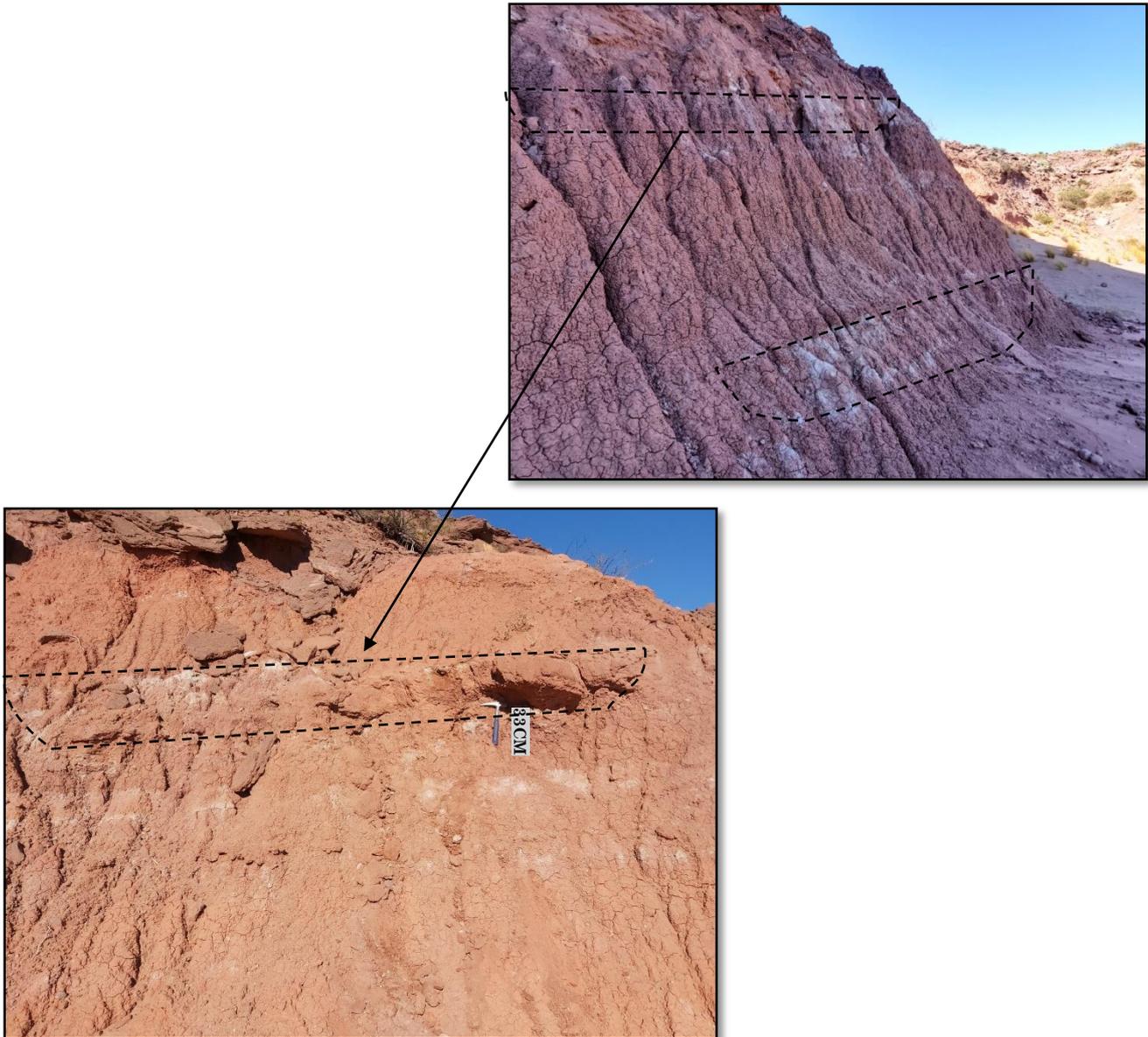


Figura 6-7. Canales de *crevasse* desarrollados en albardones donde se visualiza el poco espesor y extensión de los mismos diferente de los canales anteriormente mencionados.

6.8 Elemento LV: Depósitos de albardón

Comprende gran parte de los perfiles asociados a la Formación Plottier, la unidad corresponde a arcilitas y limolitas macizas con laminación paralela horizontal (Fl-p).

Presentan geometría tabular y se encuentran estrechamente asociados a los bordes de canal, por lo que pueden contener algo de areniscas (Figura 6-8).

También se ha identificado en esta asociación, por su estabilidad y duración en el tiempo, secciones que dieron lugar al desarrollo de espesores de hasta 4 metros de potencia con abundantes concreciones carbonáticas irregulares, rizoconcreciones y un intenso moteado.



Figura 6-8. Albardón de unos algunos metros de altura donde se visualiza el gran desarrollo de paleosuelos en la zona del Perfil N°1.

6.9 Elemento FF: Llanura de inundación

Este elemento conforma unidades tabulares con bases netas planar de varios metros de espesor, representado por Fph, Fl-p y Fm. Las arcilitas y limolitas basales tienen variaciones de color de un rojo pardo a un color verdoso, debido a la alteración de la materia orgánica. La coloración verdosa sugiere una relación a cuerpos de agua mediante procesos redox (oxido-reducción).

También se reconoce la concentración de carbonatos (nódulos) de manera dispersa o constituyendo niveles continuos (calcreto), en algunos casos deformados y con calcos de carga produciendo mezcla de materiales (Figura 6-9).

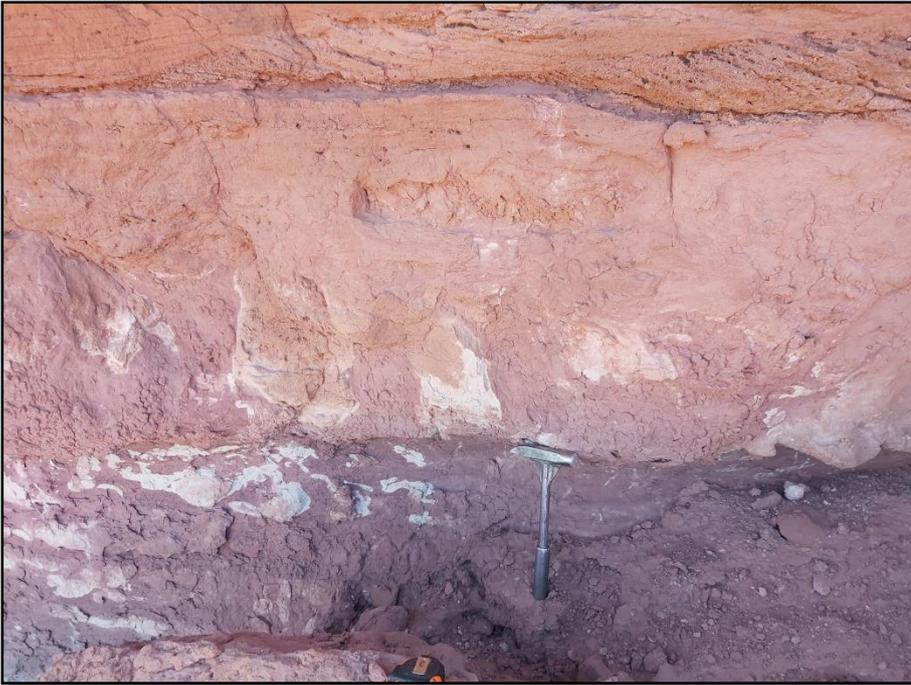


Figura 6-9. Planicie de inundación donde se visualiza en la parte inferior calcreto con coloración verdosa y en la parte superior mezcla de materiales con deformaciones por sobrecarga.

6.10 Elemento FF (CH): Canal abandonado

Este elemento conforma unidades de forma lenticular integradas por arcilitas y limolitas macizas (litofacies Fm) que van desde una coloración violeta oscuro a lila y finalizan con tonalidades verde claro, en estas últimas se destaca la presencia de minerales de cobre.

Está integrado por litofacies acumuladas bajo condiciones de bajo régimen de flujo en canales menores abandonados que generan las condiciones para preservar trazas de materia orgánica o material carbonoso (Figura 6-10).

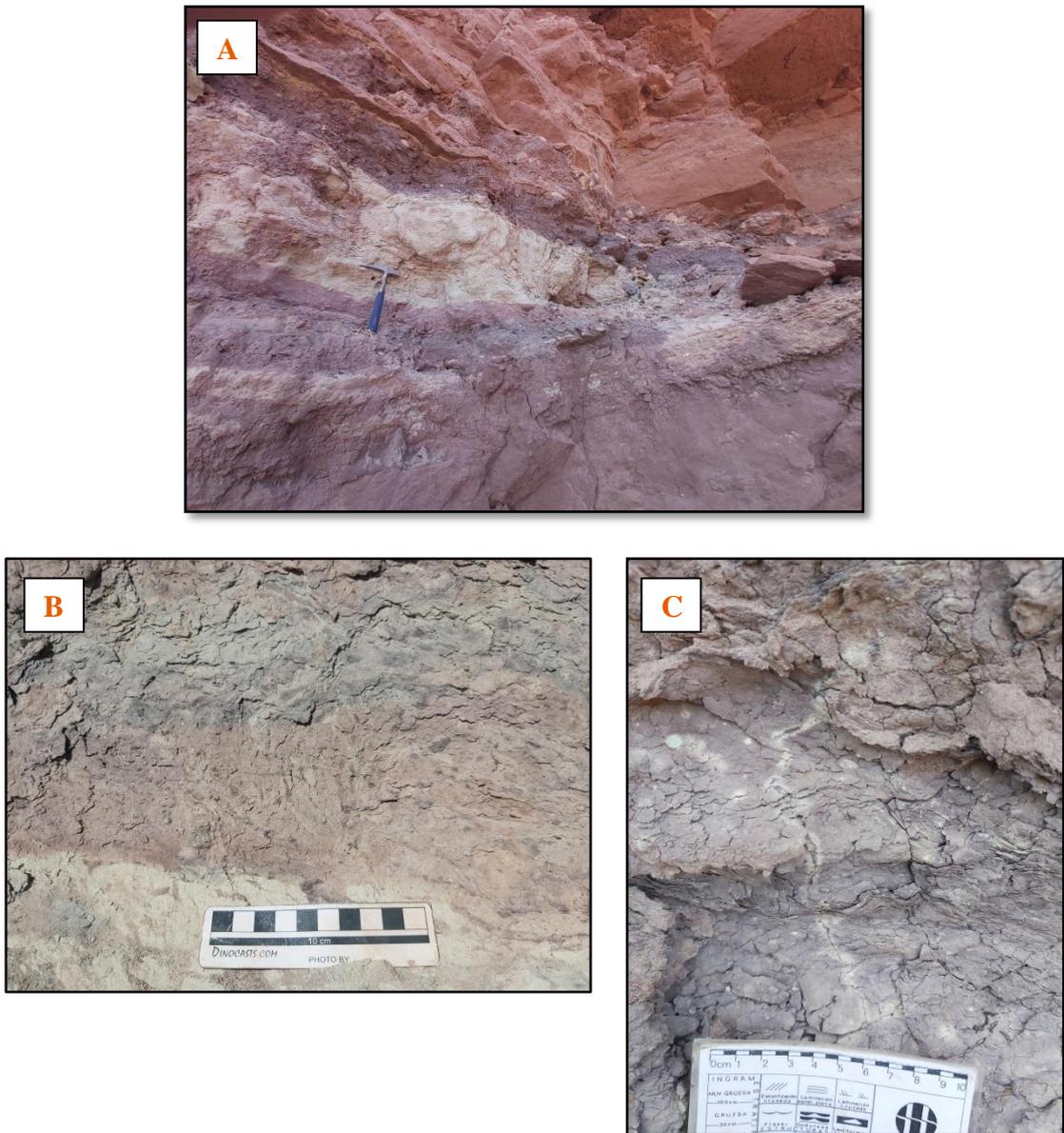


Figura 6-10. A- Depósitos de meandro abandonado. B - Detalle de la coloración de los depósitos con rastros carbonosos. C - Detalle de rizoconcreciones.

| Elementos arquitecturales | Símbolo | Geometría | Asociación de facies | Interpretación |
|--------------------------------------|----------------|-------------------|-----------------------------|--|
| Canal 1 | CH1 | Lenticular | SGp-Sp | Depósitos de canales asimétricos |
| Canal 2 | CH2 | Lenticular | Gt-St-Sh o Sm-r | Depósitos de canales multilaterales asociados a barras de acreción lateral |
| Canal 3 | CH3 | Lenticular | Gt-St-Sp | Depósitos de canales multilaterales y multihistóricos |
| Barras gravosas | GB | Tabular y acuñado | Gm | Depósitos de barras gravosas |
| Mantos de areniscas laminadas | LS | Tabular y acuñado | St o Sm y Sr | Depósitos de areniscas laminadas depositadas por altas descargas. |
| Acreción lateral | LA | Tabular y acuñado | St-Sp-Sh | Migración de barras lateralmente |
| Canal de desborde | CR | Lenticular | Sm-Sr o Sp | Depósitos de canales de desborde |
| Depósitos de albardón | LV | Tabular | Fl-p | Depósitos asociados a los bordes de canal |
| Llanura de inundación | FF | Tabular | Fph, Fl-p y Fm | Depósitos de planicie de inundación |
| Canal abandonado | FF(CH) | Lenticular | Fm | Depósitos de canal abandonado |

Tabla 2. Síntesis de asociaciones de facies identificadas en el área de estudio.

7. DEFORMACIÓN

En los perfiles desarrollados se presenta un nivel de estructuras de deformación y licuefacción interpretadas como sismitas. El mismo se encuentra ubicado en depósitos de cinturones de canal y de planicie de inundación de la Formación Bajo de la Carpa, los cuales ya habían sido previamente estudiados por Sanchez *et al.*, (2013) en otros sectores del Lago Barreales afectando varios niveles en la zona.

El término deformación sedimentaria es usado para describir rasgos de perturbación plástica de sedimentos sin consolidar o semi-consolidados causados cuando los fluidos de poros son rápidamente expelidos. Esta expulsión resulta de la fluidización y/o licuefacción de los sedimentos apenas fueron depositados. Las estructuras sedimentarias resultantes no son confinadas a una situación depositacional, sino que dependen de las propiedades tixotrópicas de los sedimentos (Davies *et al.*, 2004). En estos procesos al incrementar la presión de los poros, permiten que el sólido granular pueda fluir en estado viscoso ante la acción de algún mecanismo disparador, los más frecuentes son los efectos de carga sedimentaria, corrientes relacionadas con tormentas y sismicidad.

A continuación con el objetivo de simplificar, en este apartado se describirán todas las estructuras deformacionales registradas en la zona de estudio.

7.1 Estructura tipo *slump*

Este tipo de deformación se la pudo identificar a gran escala en estratos de un metro aproximadamente de potencia afectando a areniscas medias a gruesas, involucrando a cinturones de canal en su deformación. Estas estructuras están formadas por el deslizamiento de masas de sedimentos subconsolidados vinculados con inestabilidad de laderas (Figura 7-1).



Figura 7-1. Estructura tipo slump afectando canales de la Formación Bajo de la carpa en Perfil N°2.

7.2 Estructuras de cargas (*load cast*)

Son de mediana escala, dimensiones que varían de 0,10 a 0,50 metros y pueden presentar formas variables. Están formadas por areniscas de grano fino a muy fino sumergidas dentro de depósitos de pelitas. Se las encuentra lateralmente conectadas y se presentan usualmente concentradas en el mismo nivel estratigráfico (Figura 7-2).

Las mismas se originan en la interfase de estratos de areniscas que suprayacen a fangos sin consolidar con presencia de agua en los poros (Knaust, 2002) como resultado de la inversión del gradiente de densidad y en condiciones de alta tasa de sedimentación.



Figura 7-2. Estructuras de carga simples ubicadas en el la zona del Perfil N°1. A- Vista general de las estructuras. B- Vista en detalle de la estructura.

7.3 Laminación Convoluta

En este caso, este tipo estructura ocurre en mediana escala, con dimensiones de unos 30 centímetros aproximados (Figura 7-3). Afecta a estratos de areniscas finas a muy finas asociadas a estructuras de carga y a pseudonodulos. La laminación convoluta se origina por licuefacción y escape de fluidos.

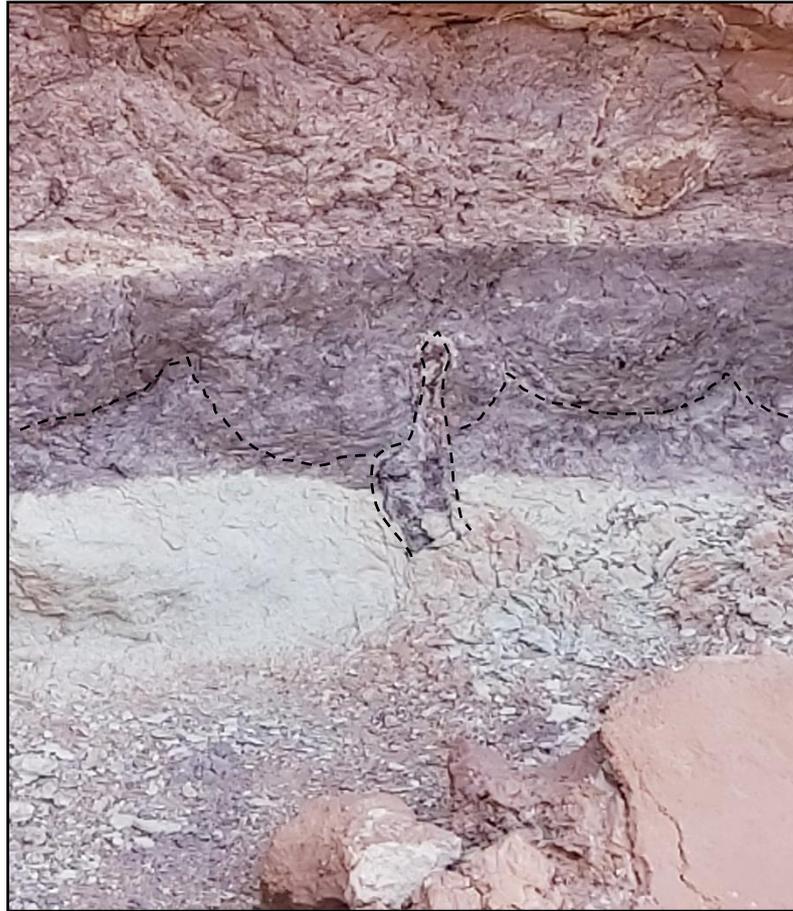


Figura 7-3. Estructura del tipo laminación convoluta expuesta en los afloramientos del Perfil N°1.

7.4 Pseudonódulos

Las dimensiones de estas estructuras varían de 0,10 a 0,30 m, en algunos casos la geometría variable con bases planas de límites bien definidos y bordeados por areniscas con tamaño de grano muy fino macizas (Figura 7-4). La laminación interna de los pseudonódulos es difusa y se las observa asociadas con estructuras de carga, intrusiones de sedimentos blandos y laminación convoluta. El origen de las estructuras de pseudonódulos se vincula con procesos de carga (Neuwerth *et al.*, 2006).



Figura 7-4. Estructuras tipo pseudonódulos, puede observarse la geometría delimitada por la línea negra, corresponden al perfil N°2.

8. PALEOAMBIENTES SEDIMENTARIOS

Los elementos arquitecturales y la organización de las distintas asociaciones de litofacies permiten identificar dos estilos fluviales, los cuales se desarrollaran a continuación:

Sistema Fluvial 1 (SF 1)

Forman parte de la base de este sistema, principalmente depósitos de arcilitas y limolitas caracterizadas por las asociaciones de facies que conforman a los elementos arquitecturales FF y LV, que representan a la planicie de inundación y depósitos de albardón de un sistema fluvial meandriforme de baja energía.

Cabe destacar el gran desarrollo y estabilidad de paleosuelos en estas planicies, con abundantes concreciones carbonáticas y bioturbaciones que pueden obliterar las estructuras sedimentarias primarias y un intenso moteado, por la relación con cuerpos de agua.

Los depósitos de planicie de inundación con frecuente intercalación de niveles de desbordes arenosos canalizados, se los ve asociados a macroforma CR, los cuales sugieren fluctuaciones en la descarga que podrían tener origen en marcadas inundaciones por estacionalidad climática. Estos suelen estar aislados, de poca longitud y no presentan mucha continuidad.

Se desarrollan depósitos de canales lateralmente amalgamados de composición arenosa y en algunos casos acompañados de granos de mayor tamaño, con geometrías lenticulares y gran continuidad lateral representados por los depósitos de canal CH1.

Los atributos que se han podido determinar en este sistema podrían corresponder a un estilo fluvial meandriforme de alta sinuosidad de baja energía con gran desarrollo lateral de planicies de inundación. Estos depósitos fueron atribuidos a la Formación Plottier.

En la figura a continuación se representa el ambiente depositacional descrito, a partir de los datos obtenidos en los perfiles y el reconocimiento realizado a pie de la zona de estudio (Figura 8-1).

INTERPRETACION PALEOAMBIENTAL DE LOS DEPOSITOS DE LA FORMACION PLOTTIER

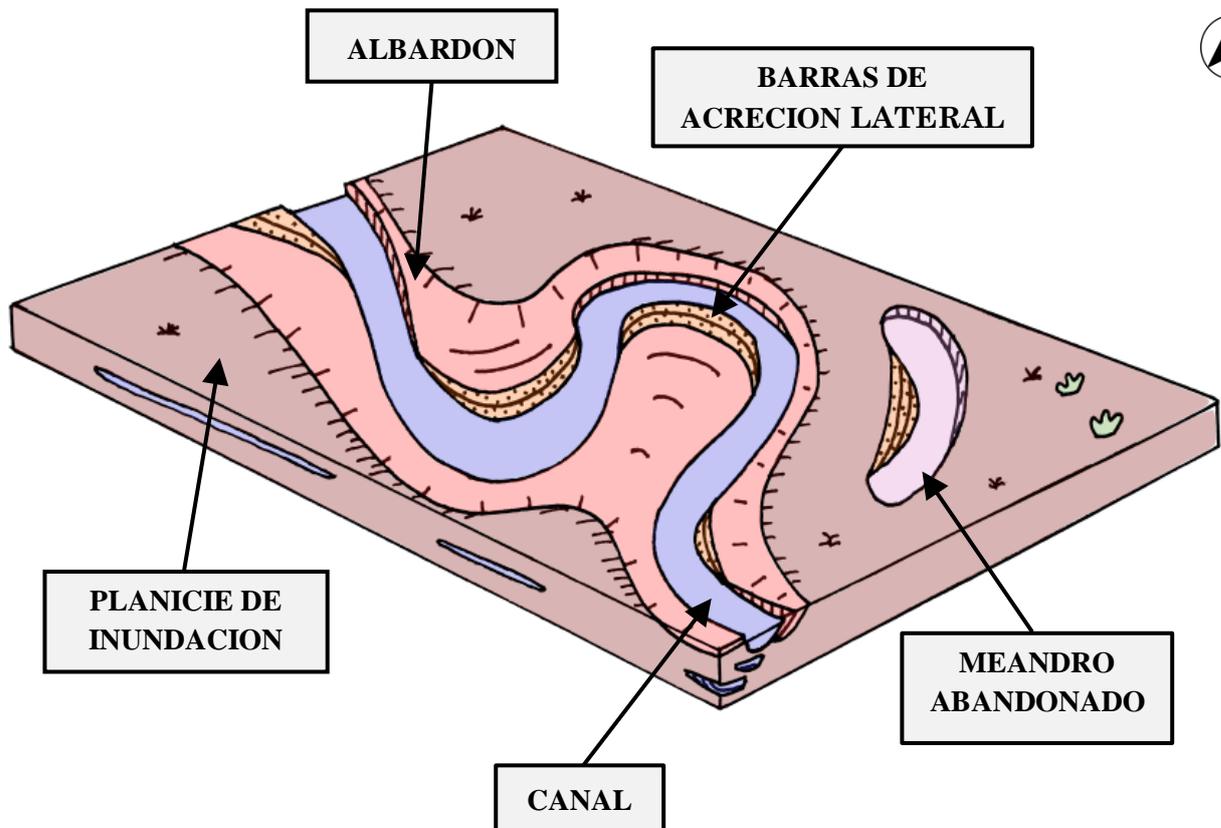


Figura 8-1. Modelo depositacional de la Formación Plottier.

Sistema Fluvial 2 (SF 2)

Este sistema representa a depósitos de la Formación Bajo de la Carpa, la cual yace concordantemente sobre los depósitos de la Formación Plottier. El contacto puede seguirse a lo largo de todos los afloramientos en la zona, además se ve un cambio gradual en la columna sedimentaria que se manifiesta por el aumento de depósitos de canal en relación a la planicie.

La base está integrada por canales fluviales (elemento CH2) con un arreglo multilateral, los mismos tienen espesores variables pero generalmente suelen ser anchos y de poca potencia con presencia de bioturbaciones. Los restos de huesos y astillas corresponden a animales que frecuentaban el sector y morían en cercanías al cauce.

En este sistema predominan los canales y barras de acreción lateral por sobre las arcilitas y limolitas de la planicie de inundación, lo cual refleja la importante carga de lecho que los mismos acarreaban (elemento CH3). Aunque existe evidencia de abandono de canales desarrollando depósitos con material carbonoso y minerales de cobre (elemento FF (CH)).

Además en este sistema se identifica, el desarrollo de las deformaciones sedimentarias llamadas sismitas tales como estructuras tipo *slump*, de carga, pseudonódulos y laminación convoluta.

Finalmente se propone un modelo representado por un sistema fluvial entrelazado de alta energía con una llanura de inundación pobremente preservada sobre la columna sedimentaria (Figura 8-2). En este escenario se produjo una rápida agradación, evidenciando así el apilamiento de los cinturones de canal.

INTERPRETACION PALEOAMBIENTAL DE LOS DEPOSITOS DE LA FORMACION BAJO DE LA CARPA

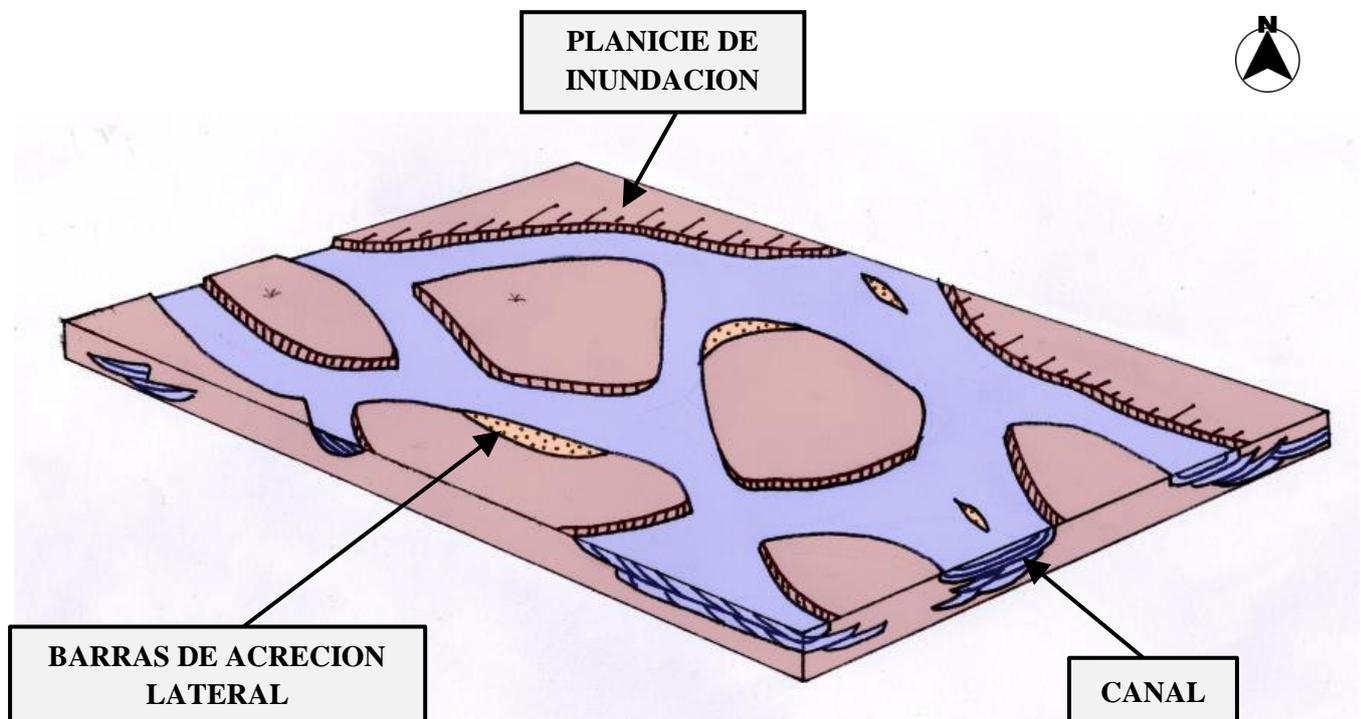


Figura 8-2. Modelo deposicional de la Fm. Bajo de la carpa.

9. DISCUSIONES

En la hoja geológica de Neuquén 3969-II (Rodríguez *et al.*, 2007) se puede ver que la zona de estudio comprende a los depósitos de la Formación Portezuelo (Figura 9-1), lo cual difiere a los resultados obtenidos ya que se pudo identificar a dos unidades estratigráficas, la Formación Plottier y la Formación Bajo de la Carpa.

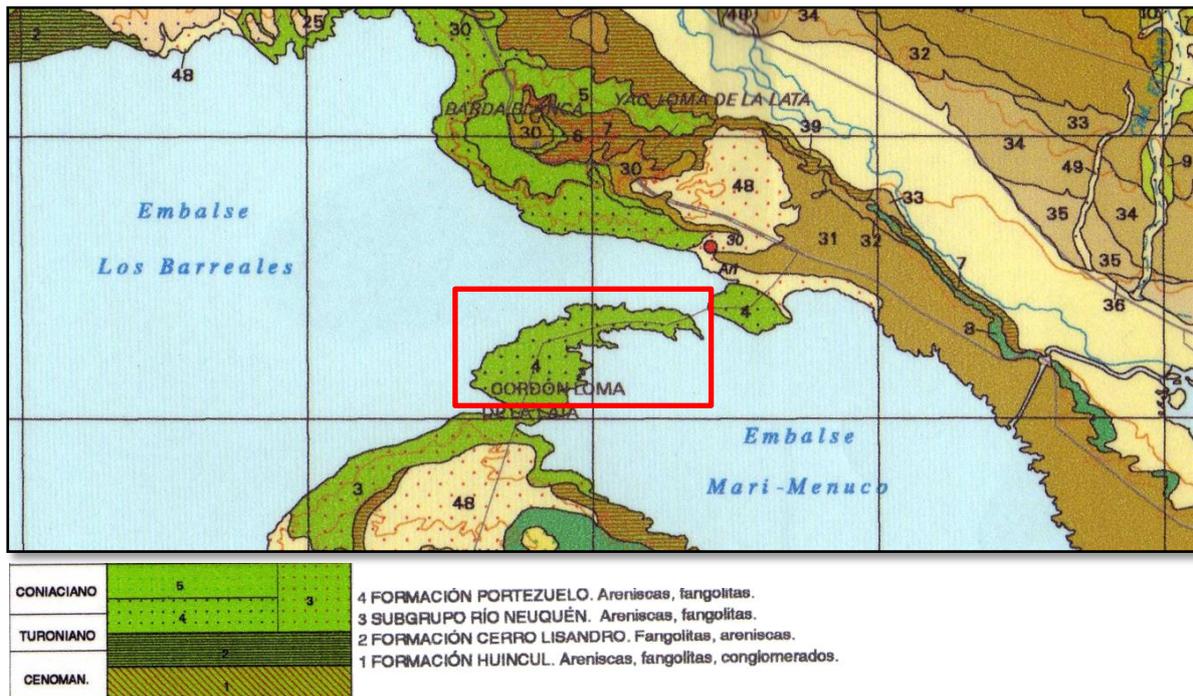


Figura 9-1 Zona de estudio identificada por la figura roja en la Hoja geológica Neuquén 3969-II, Rodríguez *et al.*, 2007.

Numerosos trabajos caracterizan a las unidades mencionadas por presentar areniscas finas a gruesas y/o conglomerádicas y el desarrollo de niveles pelíticos, lo cual esto en parte es coherente con los resultados obtenidos en este trabajo.

En la zona de estudio, el paleoambiente registrado para la Formación Bajo de la Carpa tiene un desarrollo netamente fluvial, a diferencia de otros sectores de la cuenca donde se presentan también litofacies eólicas.

Los datos obtenidos de paleocorrientes muestran una dirección predominante hacia el norte y noroeste. Aunque hubo mediciones hacia el este, puede ser el resultado de la migración de los cinturones de canal o del paleorelieve de la zona. Pero para determinar una

dirección de flujo con certeza, se debería hacer un estudio con mayor toma de datos de paleocorrientes.

En cuanto al reconocimiento de niveles deformados identificados en este trabajo por efecto de “*shocks*” sísmicos se considera apropiado mencionar que sería correlacionable con un tramo de deformación descrito hacia el Norte por Sanchez *et al.*, (2013).

10. CONCLUSIONES

Los estudios llevados a cabo en los depósitos sedimentarios del Grupo Neuquén en el istmo entre los lagos Mari Menuco y Los Barreales, han permitido sobre la base del análisis de facies y definición e interpretación de elementos arquitecturales de meso y macro escala, identificar dos unidades formacionales, Plottier y Bajo de la Carpa.

Se caracterizaron 11 litofacies de las cuales 2 son conglomerádicas (Gm y Gt), 6 de areniscas (SGp, Sm-r, St, Sp, Sr y Sh) y 3 pelíticas (Fph, Fl-p y Fm). Luego con su posterior análisis se definieron 10 elementos arquitecturales todos ellos fluviales, 6 correspondientes a depósitos de intracanal (CH1, CH2, CH3, GB, LS y LA) y 4 a planicie de inundación (CR, LV, FF, FF(CH)).

La sucesión sedimentaria comienza con los depósitos de la Formación Plottier, interpretando un sistema fluvial meandriforme de baja energía (SF I) con canales de poca envergadura y poca capacidad de carga y grandes planicies de inundación permitiendo el desarrollo de bioturbaciones y paleosuelos.

Luego continúan los depósitos de la Formación Bajo de la Carpa, donde la planicie de inundación tiene poco desarrollo y un predominio de depósitos de canal, con abundante carga de lecho arenosa los cuales representan un sistema fluvial entrelazado de alta energía (SF II).

Finalmente evidencias de campo muestran el desarrollo de sismitas en los depósitos de la Formación Bajo de la Carpa, formados por procesos de licuefacción y/o fluidización que están relacionados a un sismo, como mecanismo disparador.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarenga, H. y J.F. Bonaparte. 1992. A new flightless land-bird from the Cretaceous of Patagonia. En: Campbell, K.E. (Ed.), Papers in Avian Paleontology, Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series 36: 51-64.
- Ameghino, F. 1906. Les formations du Cétacé supérieur et du Tertiaire de la Patagonia. Anales del Museo Nacional de Buenos Aires.
- 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.
- Bonaparte, J.F., 1991. Los vertebrados fósiles de la Formación Río Colorado de la ciudad de Neuquén y cercanías, Cretácico Superior, Argentina. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia", (Sección Paleontología) 4 (3): 15-123. Buenos Aires.
- Bonaparte, J.F. & Z. Gasparini. 1980. Los Saurópodos de los grupos Neuquén y Chubut, y sus relaciones cronológicas. VII° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 393-406.
- Calvo, J.O., B. González Riga & J.D. Porfiri. 2007a. A new titanosaur sauropod from the Late Cretaceous of Neuquén, Patagonia, Argentina. Arquivos do Museu Nacional 65 (4): 485-504. Río de Janeiro.
- Cant, D. J y R.G. Walker., 1978. Fluvial processes and facies sequences in the sandy Braided South Saskatchewan River, Canada. Sedimentology (1978) 25, 625-648.

- Cazau, L.B. y M.A. Uliana. 1973. El Cretácico Superior continental de la Cuenca Neuquina. V° Congreso Geológico Argentino. Actas 3: 131-163.
- Chiappe, L.M. y J.O. Calvo. 1994. Neuquenornis volans, a new Late Cretaceous bird (Enantiornithes, Avisauridae) from Patagonia, Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 14 (2): 230-246.
- Cobbold, P.R. y Rossello, E.A. 2003. Aptian to recent compressional deformation, foothills of the Neuquén Basin, Argentina. *Marine and Petroleum Geology*, 20: 429-443.
- Davies, N., Turner, P. y Sansom, I. 2004. Soft sediment deformation structures in the Late Silurian Studdal Formation: the result of seismic triggering. *Norwegian Journal of Geology* 85: 233-243.
- De Ferrariis, C. 1968. El Cretácico del Norte de la Patagonia. 3° Jornadas Geológicas Argentinas. Actas 1: 121-144. Buenos Aires.
- Digregorio, J.H. y Uliana, M. A. 1980. Cuenca Neuquina. En: Turner, J. C. M. (Ed.), *Geología Regional Argentina*, 2, Anales de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, 985-1032.
- Dingus, L, J. Clarke, G. R. Scout, C.C. Swisher III, L.M. Chiappe y R. A. Cría. 2000. Stratigraphy and magnetostratigraphic/ faunal constraints for the age of saurópodo bearing rock in the Neuquén Group (Late Cretaceous, Neuquén Province, Argentina). *American Museum Novitates*, 3290 : 1-11. New York.
- Doering, A. 1892. 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 Argentino Roca. 3ª parte, Geología: 299-530. Buenos Aires.

- Fosa Mancini, E., E. Feruglio y J.C. Yussen de Campana. 1938. Una reunión de geólogos de YPF y el problema de la terminología estratigráfica. Boletín de informaciones Petroleras, 15 (171): 1-67. Buenos Aires.
- Franzese, J., Spalletti, L., Gómez Pérez, I. y Macdonald, D. 2003. Tectonic and paleoenvironmental evolution of Mesozoic sedimentary basins along the Andes foothills of Argentina (32°-54°S). Journal of South American Earth Sciences. 16: 81-90
- Franzese, J. R., Veiga, G. D., Muravchik, M., Ancheta, M. D. y D'Elía, L. 2007. Estratigrafía de “*sin-rift*” (Triásico Superior-Jurásico Inferior) de la Cuenca Neuquina en la sierra de Chacaico, Neuquén, Argentina. Revista Geológica de Chile, 34(1): 49-62.
- Freije, H., Azúa, G., González, R., Ponce, J. J. y Zavala, C. 2002. Actividad tectónica sinsedimentaria en el Jurásico del sur de la Cuenca Neuquina. V Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, ACTAS CD, 17 pp. Mar del Plata.
- 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 (República Argentina): Nueva propuesta de ordenamiento litoestratigráfico. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia", Nueva Serie 12 (2): 121-177.
- Gasparini, Z. 1982. Una nueva familia de cocodrilos zifodontes cretácicos de América del Sur. 5° Congreso Latinoamericano de Geología, 4: 317-329. Buenos Aires.

- Gasparini, Z.B., L.M. Chiappe & M. Fernández. 1991. A new Senonian peirosaurid (Crocodylomorpha) from Argentina and a synopsis of the South American Cretaceous crocodylians. *Journal of Vertebrate Paleontology* 11:316-333.
- Gulisano, C.A., Gutierrez Pleimling, A.R. y Digregorio, R.E. 1984. Esquema estratigráfico de la secuencia jurásica del oeste de la Provincia del Neuquén. 9o Congreso Geológico Argentino. Bariloche. Actas. t. 1. p. 236-259. Buenos Aires.
- Heredia, S. y J.O. Calvo, 1997. Sedimentitas eólicas en la Formación Río Colorado (Grupo Neuquén) y su relación con la fauna del Cretácico Superior. *Ameghiniana*, 34 (1): 120. Buenos Aires.
- Heredia, S. & J.O. Calvo. 2002. Estratigrafía de las bardas de la ciudad de Neuquén, Argentina. XV° Congreso Geológico Argentino. Actas: 699–705.
- Herrero Ducloux, A. 1939. Estratigrafía 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 extrandino. *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: 171-178. Buenos Aires.
- Holmberg, E. 1964. Descripción de la Hoja Geológica 33d, Auca Mahuida, Provincia del Neuquén. Dirección Nacional de Geología y Minería, *Boletín N° 94*, 88 pp. Buenos Aires.

- Howell, J.A., Schwarz, E., Spalletti, L.A. & 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.
- Huene, F. von. 1929. Los Saurisquios y Ornitisquios del Cretácico Argentino. Anales del Museo de La Plata, 2° Serie 3: 1-196. La Plata.
- Hugo, C.A. y H.A. Leanza. 2001. Hoja Geológica 3969-IV, General Roca, provincias de Río Negro y Neuquén. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina (escala 1: 250.000). Servicio Geológico Minero Argentino. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Boletín N° 308, 106 pp. Buenos Aires.
- Knaust, D. 2002. Pinch-and-swell structures at the Middle/Upper Muschelkalk boundary (Triassic): evidence of earthquake effects (seismites) in the Germanic Basin. International Journal Earth Science 91: 291-303.
- Leanza, H.A. y C.A. Hugo. 2001. Cretaceous red beds from southern Neuquén Basin (Argentina): age, distribution and stratigraphic discontinuities. 7° International Symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystems, Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial, 7: 111-122. Buenos Aires.
- Legarreta, L. y C.A. Gulisano. 1989. Análisis estratigráfico secuencial de la Cuenca Neuquina (Triásico superior - Terciario inferior). En: Chebli, G.A. y L.A. Spalletti (Eds.), Cuencas Sedimentarias Argentinas, 221-243.
- Neuwerth, R., Suter, F., Guzman, C. y Gorin G. 2006. Soft-sediment deformation in a tectonically active area: The Plio-Pleistocene Zarzal Formation in the Cauca Valley (Western Colombia). Sedimentary Geology 186: 67-88.

- Novas, F.E. 1997. *Megaraptor namunhuaiquii*, gen. Et sp. Nov., a large clawed Late Cretaceous theropod from Patagonia. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 18: 4-9.
- Macdonald, D., Gomez-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 South Atlantic regional hydrocarbon potential. *Marine and Petroleum Geology*. 20: 287-308.
- Manacorda, L., S. Reinante, L. Cazau y E. Penna. 2002. Los reservorios del Grupo Neuquén. En: Schiuma, M., Hinterwimmer, G y G. Vergani (Eds): Rocas Reservorio de las Cuencas productivas argentinas. Simposio del V Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Mar del Plata. 529-550.
- Miall, A.D. 1985. Analysis of fluvial depositional systems. American Association of Petroleum Geologists. Education Course Note Series N° 20: 1-75. Tulsa.
- Miall, A.D. 1996. The geology of fluvial deposits. Sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology. Springer, New York, 582 pp.
- Musacchio, E.A., D. Dias Brito, M.S. Maranhao y S.M. Suárez. 2002. Comparando carófitos (Algas Verdes) neocretácicos del Grupo Baurú (Brasil) y Argentina. 6° Simposio sobre o Cretáceo do Brasil, Boletín 329: 334.
- Padula, E. 1951. Informe preliminar del levantamiento zona Auca Mahuida y Bajo de Añelo. Yacimientos Petrolíferos Fiscales. Informe inédito. Buenos Aires.
- Ramos V. A. 1981. Descripción geológica de la Hoja 33c, Los Chihuidos Norte. Servicio Geológico Nacional, Boletín N° 182: 1-103. Buenos Aires.

- Rodríguez, M.F., H.A. Leanza & 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.
- Roll, A. 1939. La cuenca de los Estratos con Dinosaurios al sur del Río Neuquén. Yacimientos petrolíferos Fiscales. Y.P.F. Gerencia de Exploración, informe inédito. Buenos Aires.
- Roll, A. 1941. Ubre die Ortiz und Roca Schichten desoberen kreide der Río Negro senke (Nord Patagonien). Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontología de los territorios del Río Negro y Neuquén. Revista del Museo de la Plata, 9: 1-56. La Plata.
- Roth, S. 1898. Apuntes sobre la geología y paleontología de los territorios del Río Negro y Neuquén. Revista del Museo de La Plata, 9:1-56. La Plata.
- Roth, S. 1899. Aviso preliminar sobre mamíferos mesozoicos encontrados en la Patagonia. Revista del Museo de La Plata, 9:381-388. La Plata.
- Sánchez, M.L. & S. Heredia. 2006. Sedimentología y paleoambientes del Subgrupo Río Neuquén (Cretácico Superior) en la Quebrada de las Chivas, Departamento Confluencia, Provincia de Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina 61 (1): 39-56.
- Sánchez, M.L., J. Tarditi, E. Asurmendi & M.P. Armas. 2008c. El contacto entre los subgrupos Río Neuquén y Río Colorado (Cretácico Superior) en la zona del lago Los Barreales, Cuenca Neuquina, Neuquén. XVIIº Congreso Geológico Argentino. Actas: 795-796.

- Sanchez, M.L., Asurmendi, E., Armas, M.P. 2013. Subgrupo Río Colorado (Grupo Neuquén): registros de paleosismicidad en la Cuenca de Antepaís Andina, Cuenca Neuquina, provincias de Neuquén y Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 70(1): 96 – 114.
- Schweitzer, M.H., F.D. Jackson, L.M. Chiappe, J.O. Calvo y D.E. Rubilar. 2002. Cretaceous avian eggs and embryos from Argentina. *Journal of Vertebrate Palaeontology*, 21, Abstracts: 99A.
- Spalletti, L., Franzese, J., Matheos, S. y Schwarz, E. 2000. Sequence stratigraphy of a tidally-dominated carbonate-siliciclastic ramp; the Tithonian of the southern Neuquén Basin, Argentina. *Journal of the Geological Society*. 157: 433-446
- Tunik, M., Folguera, A., Naipauer, M., Pimentel, N. 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*, 489(1-4): 258-273.
- Uliana, M. A. 1973. Geología Superficial de la pared 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 Dellapé, D. A. 1981. Estratigrafía y evolución paleoambiental de la sucesión maastrichtiense terciaria del engolfamiento neuquino. (Patagonia Septentrional). *Actas del 8º Congreso Geológico Argentino (San Luis)*, 3: 673-711.

- Uliana, M. A. y Legarreta, L. 1993. Hydrocarbon habitat in a Triassic to Cretaceous Sub-Andean setting: Neuquén Basin, Argentina. *Journal of Petroleum Geology* 16 (4): 397-420. Londres.
- 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.
- Wichmann, R. 1927c. 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. Buenos Aires.
- Wilckens, O. 1906. Die Meeresablagerungen der Kreide-und Tertiär formation in Patagonien. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Beilage Band 21*.
- Windhausen, A. 1914. Contribución al conocimiento geológico de los territorios del Río Negro y Neuquén. *Anales del Ministerio de Agricultura, Sección Geología y Minería*, 10 (1): 1-60. Buenos Aires.