



TRABAJO FINAL DE LICENCIATURA

**ESTRATIGRAFÍA Y PALEONTOLOGÍA DE LOS AFLORAMIENTOS CRETÁDICOS DE
LA CIUDAD DE NEUQUÉN Y SU INTERPRETACIÓN PALEOAMBIENTAL**

LICENCIATURA EN CIENCIAS GEOLÓGICAS

Gabriel Martín Asencio

Director: Dr. Jorge Calvo

Dpto. de Geología y Petróleo, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue

MAYO DE 2021



FACULTAD DE INGENIERÍA
LICENCIATURA EN CIENCIAS GEOLÓGICAS

TRABAJO FINAL DE LICENCIATURA

ESTRATIGRAFÍA Y PALEONTOLOGÍA DE LOS AFLORAMIENTOS
CRETÁICOS DE LA CIUDAD DE NEUQUÉN Y SU INTERPRETACIÓN
PALEOAMBIENTAL

Alumno: Gabriel Martin Asencio

Leg.: ING-2897

Director: Dr. Jorge Calvo

Mayo de 2021

Dedicado a mi mamá y mi papá, Sandra y Juan...gracias por todo

AGRADECIMIENTOS

Muchas gracias a mi querido profe, Jorge Calvo, por su compromiso en la enseñanza de la geología, no solo conmigo, sino con todos los alumnos. ¡Un crack ! Conozco sus trabajos desde que iba a la escuela primaria (gracias a esas láminas de dinosaurios patagónicos publicadas en el diario) y nunca imaginé que iba a obtener mi licenciatura en ciencias geológicas estudiando los fósiles de mi querida ciudad con él. ¡Un lujo! Gracias por todo lo aprendido y por lo que aún queda.

Eternamente agradecido con mi familia, en especial con mi hermano Leo, por la ayuda incondicional. Y a Javi y Alejandra, mi tío y mi madrina, por estar siempre y por las bonitas charlas con mates de por medio ¡Los adoro!

Gracias de verdad a la gran mayoría de mis queridos profesores de la carrera. A mis profes de Química, Jimena Soleño y Alejandra Giaveno, a mis profes de Matemáticas, Cora Bernardi, Marta Marticorena, Fede Olivero, Gabriel Pozzebon, a mis profes de Física, Claudia Moreno, Francisco Garrido, Walter Hendl y Andres Campaña, a mis profes de Geofísica y de Interpretación Sísmica, de Estratigrafía y Geología Histórica y Estratigrafía Avanzada, de Geoquímica y de Prospección Geotérmica, de Geología Argentina, de Suelos, de Hidrogeología y de Geología de campo. No me los olvido más porque he encontrado en ellos lindos modelos a seguir como profesional.

Muchísimas gracias a Fede Álvarez y Juan Mansilla, del Parque Geo-Paleontológico Proyecto Dino, por la valiosa asistencia técnica brindada durante el armado de este trabajo.

Muchas gracias Diosito querido por acompañarme y muchas gracias de verdad a la sociedad argentina por esta inestimable posibilidad de formación. Haber estudiado en la Universidad Nacional del Comahue, universidad pública y gratuita, no solamente representa un privilegio para mí, también es un gran compromiso con la sociedad que lo hace posible. Eternamente agradecido.

¡Aguante la UNCo y viva la Patria!

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Fundamentación del estudio y antecedentes.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Área de estudio.....	3

2. METODOLOGÍA

4

3. MARCO GEOLÓGICO

3.1. Los ciclos sedimentarios de la Cuenca Neuquina.....	6
3.2. El Grupo Neuquén (Albiano?-Campaniano)	8
3.2.1. El Subgrupo Río Colorado: las formaciones Bajo de la Carpa y Anacleto ..	19
3.3. El Cenozoico de las bardas de la ciudad de Neuquén.....	11

4. PALEONTOLOGÍA

4.1. Serpientes.....	15
4.2. Cocodrilos.....	16
4.3. Dinosaurios terópodos.....	23
4.4. Dinosaurios saurópodos.....	25
4.5. Aves	30
4.6. Huevos de ave.....	34
4.7. Discusión paleontológica.....	35

5. DESCRIPCIÓN DE FACIES SEDIMENTARIAS

5.1. Descripción de los perfiles levantados.....	37
5.2. Descripción de las facies.....	42
5.2.1. Facies fluviales.....	42
5.2.2. Facies eólicas.....	56
5.3. Asociación de facies.....	64

6. ANÁLISIS DE PALEOCORRIENTES

6.1. Paleovientos.....	74
6.2. Paleocorrientes	75

7. DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

7.1. Análisis de muestras.....	78
7.2. Resumen de los rasgos petrográficos.....	85

8. DISCUSIONES

8.1. Los paleoambientes cretácicos y sus asociaciones faunísticas	87
8.2. Ubicación estratigráfica de los vertebrados cretácicos: implicancias para la prospección	92
8.3. Esquema formacional	94

9. CONCLUSIONES

95

BIBLIOGRAFÍA

96

RESUMEN

Las rocas cretácicas que afloran en las bardas de la ciudad de Neuquén corresponden a las formaciones Bajo de la Carpa y Anacleto. Dentro de la Fm. Bajo de la Carpa se reconocen facies eólicas y fluviales. Las primeras definen dos asociaciones de facies que corresponden a subambientes de interduna y de duna. Las áreas de interduna constituyen las rocas portadoras de vertebrados cretácicos, reconociéndose cinco niveles estratigráficos. El primer nivel de interduna contiene a *Alvarezsaurus*, huevos de aves y un cocodrilo indeterminado; el segundo horizonte incluye a los cocodrilos *Neuquensuchus* y *Notosuchus*; el tercer nivel corresponde a los estratos de donde provienen *Dinilysia* y *Neuquenornis*; el cuarto horizonte incluye a los cocodrilos *Notosuchus*, *Comahuesuchus*, *Cynodontosuchus* y *Wargosuchus*; y el quinto nivel es la zona de interduna portadora de *Velocisaurus*, *Patagopteryx* y huevos de aves. Por encima de este último horizonte, no se han hallado fósiles de vertebrados cretácicos. Todas estas formas de vida constituyen una asociación faunística pequeña que habitó exclusivamente en el ambiente de dunas e interdunas de esta formación. Por otro lado, las facies fluviales se posicionan por encima de las eólicas y conforman el techo de la Fm. Bajo de la Carpa. La integración de estas facies define dos subambientes de canales que forman parte de un ambiente fluvial efímero del tipo *braided*. En este ambiente se registra un gran recambio faunístico marcado por la desaparición de las faunas pequeñas y la aparición de una “asociación faunística grande” conformada por dinosaurios saurópodos titanosaurios. La Fm. Anacleto está representada por la aparición del primer nivel de pelitas rojas en la sucesión sedimentaria de las bardas. El contacto entre estas dos unidades es concordante. El modelo paleoambiental para la formación Anacleto sugiere un ambiente fluvial con un régimen hídrico diferente al de la Formación Bajo de la Carpa.

ABSTRACT

The cretaceous outcrops in the hills of the city of Neuquen belong to Bajo de la Carpa and Anacleto formations. In the former, eolian and fluvial facies have been recognised. The eolian facies can be grouped into two facies associations or assemblages that are linked to interdune and dune subenvironments. Interdune areas are the main cretaceous fossil-bearing rocks and five biostratigraphic horizons have been defined. The first one contains *Alvarezsaurus*, avian eggs, and an indetermined crocodile; the second interdune horizon is the source of *Neuquensuchus* and *Notosuchus*; in the third level the snake *Dinilysia* and the flying bird *Neuquenornis* have been extracted; the fourth interdune level is the source of the crocodiles *Notosuchus*, *Comahuesuchus*, *Cynodontosuchus* and *Wargosuchus*; and the fifth horizon includes *Velocisaurus*, *Patagopteryx* and avian eggs. Above this last interdune horizon, no fossil vertebrates have been extracted. All these animals define a little fauna assemblage which lived in a dune and interdune environment. On the other hand, the fluvial facies are located above the eolian ones, constituting the Bajo de la Carpa Formation's upper section. Facies integration allows the definition of two subenvironments linked to channels which were part of an ephemeral, braided, fluvial environment. A significant fauna change is registered in this environment since the little fauna assemblage disappears and is replaced by a big fauna assemblage represented by titanosaur sauropod dinosaurs. The Anacleto Formation is defined by the appearance of the first red mustone horizon in the hills. The contact between these formations is concordant. The environmental model for the Anacleto Formation suggests a fluvial environment with a different hydrological regime when compared with the one present in Bajo de la Carpa Formation.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Fundamentación del estudio y antecedentes

Las rocas cretácicas que afloran en las bardas de la ciudad de Neuquén corresponden al Subgrupo Río Colorado y constituyen el tope de la sucesión sedimentaria conocida como Grupo Neuquén. La geología de los depósitos cretácicos de las bardas fue abordada por primera vez por von Huene (1929) quien, sin mucho detalle, le asigna un origen eólico a las rocas portadoras de los cocodrilos *Notosuchus* y *Cynodontosuchus* descritos por Woodward (1896) ubicadas en el sector de Boca del Sapo (sitio actual donde se emplaza la Legislatura Provincial (Fig. 4.1). Con el reordenamiento del Grupo Neuquén hecho por Cazau y Uliana (1973) y modificado por Ramos (1981), se empezó a imponer un esquema para los afloramientos cretácicos de las bardas de la ciudad de Neuquén en donde este grupo queda representado por el Subgrupo Río Colorado. Así, la Fm. Bajo de la Carpa, compuesta mayormente por areniscas medianas de colores blancos y rosados, se ubica por debajo de la Fm. Anacleto constituida por las pelitas rojas que se pueden observar en la mitad superior de las bardas infrayaciendo a los depósitos cenozoicos. Con este esquema formacional, la Fm. Bajo de la Carpa se convirtió en la principal roca portadora de los vertebrados cretácicos hallados en la ciudad, los cuales fueron asociados a un ambiente fluvial de alta energía (Bonaparte, 1991a; Bonaparte, 1991b; Chiappe y Calvo, 1994). Por su parte, los hallazgos fósiles realizados en las pelitas rojas, en las bardas de la ciudad, se correspondían con la Fm. Anacleto (Calvo et al., 1997), también considerada fluvial pero con mayor desarrollo de planicies de inundación (Cazau y Uliana, 1973; Heredia y Calvo, 2002).

A pesar de sostener un modelo de paleoambiente fluvial para los depósitos de la Fm. Bajo de la Carpa, Chiappe y Calvo (1994) fueron los primeros en notar que el modo de preservación de los fósiles cretácicos, en las areniscas blanquecinas cuarzosas del campus universitario de la Universidad Nacional del Comahue (UNCo), no se correspondía con un ambiente de ríos de alta energía ya que varios especímenes se encontraban bastante articulados. Posteriormente, Heredia y Calvo (1997) retomaron la idea original de von Huene (1929) acerca de la naturaleza eólica de la Fm. Bajo de la Carpa y, sobre la base de la evidencia de grandes sets con estratificación entrecruzada planar observados por esos autores, propusieron un ambiente eólico para las areniscas blanquecinas con subambientes de dunas y de interdunas; estas últimas portadoras de los fósiles hallados en el campus universitario de la UNCo.

Este esquema litoestratigráfico con la Fm. Bajo de la Carpa ubicada debajo de las pelitas rojas de la Fm. Anacleto (Heredia y Calvo, 2002) es modificado en el sector del Parque de los Dinosaurios por Garrido y Calvo (2004), quienes propusieron que las facies pelíticas en esa zona pertenecen a la Fm. Bajo de la Carpa y, en consecuencia, la Fm. Anacleto solamente estaría representada en el área oriental de las bardas de la ciudad (Garrido, 2005). El estudio sedimentológico y estratigráfico de detalle realizado en los afloramientos de las bardas por Sánchez et al. (2006) aportó mucha información sobre la geología de los depósitos cretácicos siguiendo un esquema litoestratigráfico parcialmente similar al de Heredia y Calvo (2002). Sin embargo, Sánchez et al. (2006) no consideraron la evidencia paleontológica de las bardas neuquinas. Los únicos antecedentes publicados que integran la evidencia fosilífera en las rocas cretácicas del campus universitario corresponden a Fernández et al. (2013), Calvo y Álvarez (2019) y Berra et al. (2019), siguiendo el esquema formacional de Heredia y Calvo (2002) y Garrido (2005). En Fernández et al. (2013) se dio a conocer un perfil esquemático con la ubicación de los vertebrados cretácicos hallados en la ciudad de Neuquén; sin embargo, como se verá más adelante, ese perfil no es del todo preciso.

Queda claro que los estudios de detalle en las bardas de la ciudad han sido puntuales y estuvieron restringidos solamente a la parte sedimentológica y estratigráfica, o paleontológica, sin integrar de forma conjunta la información de todos los fósiles cretácicos en su correspondiente nivel estratigráfico. El presente trabajo pretende ampliar el conocimiento bioestratigráfico y paleoambiental de las rocas cretácicas que afloran en las bardas de la ciudad de Neuquén.

1.2. Objetivos

El objetivo general de este Trabajo Final de Licenciatura (TFL) es reconocer los paleoambientes de las unidades cretácicas aflorantes en las bardas de la ciudad de Neuquén (Fig. 1.1) en base a la estratigrafía y paleontología de los vertebrados fósiles.

Los siguientes objetivos específicos fueron planteados:

- Realizar tres perfiles estratigráficos en el área de estudio (Fig. 1) y describir facies sedimentarias.
- Definir los contactos entre las formaciones cretácicas.
- Mapear cada uno de los hallazgos realizados, ubicarlos estratigráficamente y determinar asociaciones faunísticas.
- Integrar los datos sedimentológicos, estratigráficos y paleontológicos para generar el

modelo paleoambiental de las rocas cretácicas que afloran en las bardas de la ciudad de Neuquén.

1.3. Área de estudio

La zona de estudio comprende el área oriental de las bardas de la ciudad de Neuquén y de allí provienen la gran mayoría de los hallazgos fósiles de esta localidad. Dentro de esta zona se eligieron tres sectores para levantar los perfiles sedimentológicos y estratigráficos de detalle (Fig. 1.1). El perfil A-A' se ubica en el campus universitario de la UNCo y esta transecta fue definida para observar la geología de los depósitos en donde se han reportado la mayor cantidad de fósiles. El perfil B-B' se localiza entre el Cañadón de las Cabras y Parque Norte y su posición se eligió para observar la variación de la geología de los depósitos de las bardas hacia el norte, sector en donde también se han reportado algunos hallazgos fósiles. El perfil C-C' corresponde a una transecta ubicada cerca del Parque Bardas Soleadas y su ubicación en la zona de estudio fue definida para analizar cómo varía hacia el oeste la geología de los depósitos de las bardas.

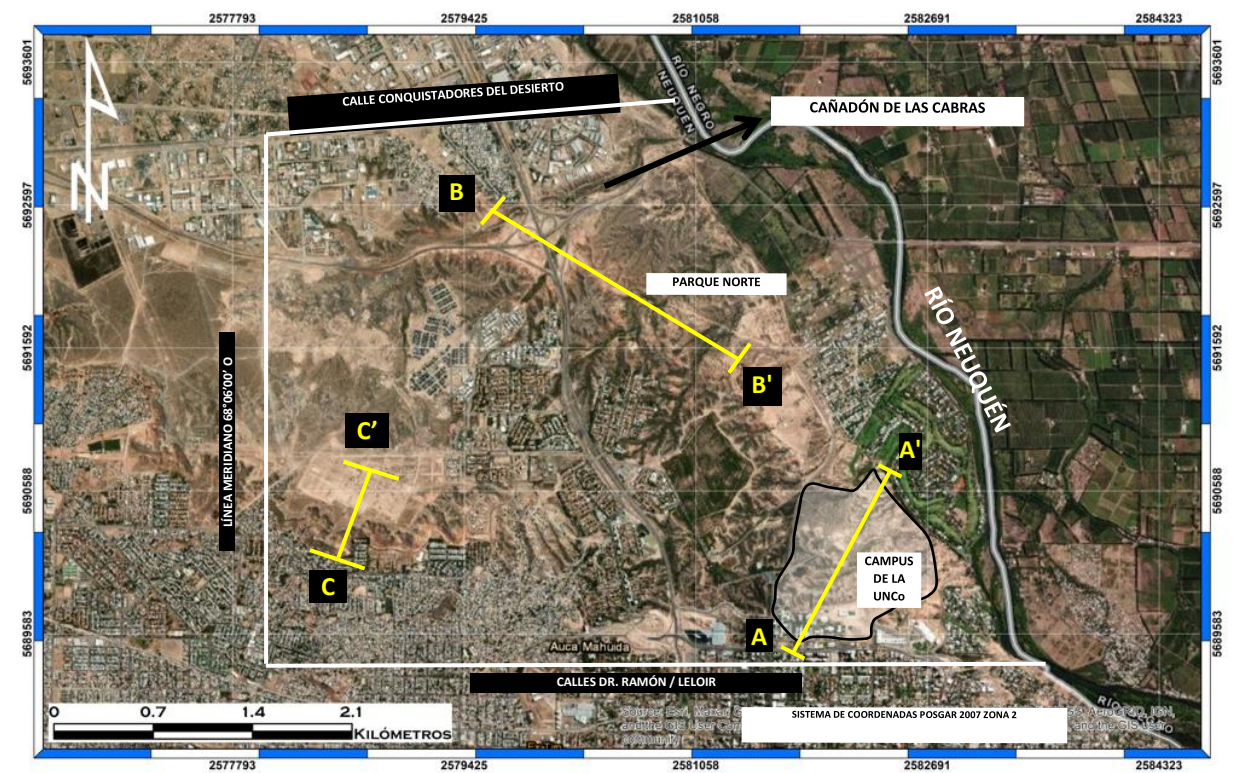


Figura 1.1. Localización de la zona de estudio comprendida entre las calles Dr. Ramón/Leloir y Conquistadores del Desierto, y entre el meridiano 68°06' y el río Neuquén.

2. METODOLOGÍA

En función de los objetivos propuestos, la forma de trabajo abordada se dividió en cinco etapas.

Primera etapa

En la primera etapa se recopiló toda la información disponible sobre los trabajos publicados acerca de la geología y paleontología de las bardas de la ciudad de Neuquén. Varias de estas publicaciones se remontan a fines del siglo XIX y comienzos del XX, por lo que se procedió a un análisis para su mejor interpretación.

Segunda etapa

La segunda etapa incluyó las tareas de campo en donde se realizó un levantamiento geológico general del área de estudio mediante la confección de tres perfiles sedimentológicos a escala 1:100, utilizando brújula geológica, GPS y cinta métrica. El perfil A-A' se Los aspectos considerados en los perfiles fueron espesor, litología, granulometría (según escala de Udden-Wentworth, 1922), geometría de los cuerpos sedimentarios, estructuras sedimentarias (Harms, 1979; Miall, 1996), color (según la carta de colores de Goddard et al., 1980) y contenido fosilífero. Donde fue posible, se tomaron datos de paleocorrientes con brújula geológica (según la metodología de Potter y Pettijohn, 1963 y De Celles et al., 1983).

Se observaron y delimitaron las zonas de los hallazgos de los fósiles cretácicos en base a datos de publicaciones científicas y de los registros y extracciones realizados por el Dr. Jorge Calvo entre 1987 y 2019.

Se pudo participar en una excavación paleontológica donde se extrajeron dos vértebras cervicales de gran tamaño (MUCPv-2172) en la zona de estudio. Durante esos trabajos de campo se aplicaron las técnicas de extracción correspondientes lo cual le permitió al autor aprender sobre esta temática.

En la parte final de esta etapa, se efectuó un muestreo sistemático de las rocas sedimentarias para su posterior análisis y clasificación, recolectándose quince muestras representativas de los perfiles realizados.

Tercera etapa

En esta etapa se realizaron las tareas de gabinete, que constaron de tres partes. En la primera parte, se analizaron las publicaciones vinculadas al área de estudio con énfasis en la relación

entre los registros fósiles, sus ubicaciones geográficas y sus posiciones estratigráficas. En la segunda parte, se revisó la colección paleontológica del Museo de Geología y Paleontología del Parque Geo-Paleontológico Proyecto Dino para analizar los holotipos y piezas importantes depositadas allí. Y en la tercera parte se analizaron los perfiles, describiendo e interpretando facies relevantes. Los aspectos sedimentológicos que se consideraron para definir las facies fueron: granulometría, color, estructuras sedimentarias, tipos de contacto, geometría y contenido paleontológico. Posteriormente, las facies fueron agrupadas en asociaciones de facies. Para la nomenclatura de las facies y sus asociaciones no se siguió ningún código patrón; en el caso de las facies se utilizó una letra mayúscula “F” acompañada de un número y en el caso de las asociaciones se usaron las letras mayúsculas “AF” seguidas de un número. De las quince muestras extraídas y analizadas se describieron cuatro, de las cuales una pertenece al perfil A-A’ (M1), una al perfil B-B’ (M3) y las restantes dos provienen del perfil C-C’ (M2 y M4). La clasificación de esas rocas se realizó según el esquema de Dott (1964) modificado por Pettijohn et al. (1972; 1987). Por último, se procedió al tratamiento de los datos de paleocorrientes para incorporar esta información a los perfiles.

Cuarta etapa

Durante esta etapa se georreferenció cada uno de los hallazgos de vertebrados cretácicos en los niveles estratigráficos correspondientes dentro de los perfiles realizados. Posteriormente, utilizando la evidencia paleontológica más los aspectos sedimentológicos y estratigráficos se definieron asociaciones de facies para determinar los subambientes y caracterizar el ambiente depositacional.

Quinta etapa

En esta fase se procedió a discutir los resultados y se elaboraron las conclusiones, redactándose finalmente el informe de TFL.

Las siguientes abreviaturas serán utilizadas en la sección de Paleontología: MUCPv: Colección de Paleontología de Vertebrados, Museo de Geología y Paleontología, Universidad Nacional del Comahue; UNCo: Universidad Nacional del Comahue; MOZ, Museo “Prof-Dr. Juan A. Olsacher” de la ciudad de Zapala; MACN: Museo Argentino de Ciencias Naturales de la ciudad de Buenos Aires; MLP: Museo de La Plata de la ciudad de La Plata.

3 . MARCO GEOLÓGICO

3.1. Los ciclos sedimentarios de la Cuenca Neuquina

Las rocas del Grupo Neuquén que afloran en las bardas de la ciudad homónima forman parte del relleno sedimentario del Engolfamiento Neuquino (Bracaccini, 1970), provincia geológica del territorio argentino que junto a la Cordillera Principal está compuesta por una sucesión rocosa originada en una cubeta sedimentaria conocida como Cuenca Neuquina (Legarreta y Gulisano, 1989). El Engolfamiento Neuquino limita al oeste con el sector sur de la Cordillera Principal y con la Cordillera Patagónica Septentrional, al este con el Bloque de San Rafael y con el Bloque de las Mahuidas, al sur con el Macizo de Somún Curá y al norte con la Cordillera Frontal y la Cuenca de Cuyo (Fig. 3.1). Su relleno se produjo en tres grandes ciclos de sedimentación: Jurásico, Ándico y Riográndico (Groeber, 1946), acumulados por encima de

depósitos de *sinrift* agrupados bajo el nombre de Ciclo Precuyo (Gulisano, 1981) y en diferentes estadios tectónicos de la cuenca.

La etapa inicial de la cuenca se produce sobre un basamento ígneo-metamórfico de edad neopaleozoica, principalmente, que registra parte de la historia acrecional del margen suroeste de Gondwana (Ramos et al., 2011). Sobre este substrato se instauró un régimen extensional como consecuencia de la subducción de la placa que soporta al océano Pacífico por debajo de la placa Sudamericana. Durante este régimen se desarrollaron numerosas depresiones del tipo *hemigraben*. La subsidencia mecánica a través de fallas normales generó el espacio de acomodación para el relleno volcánico, volcanoclástico y lacustre de

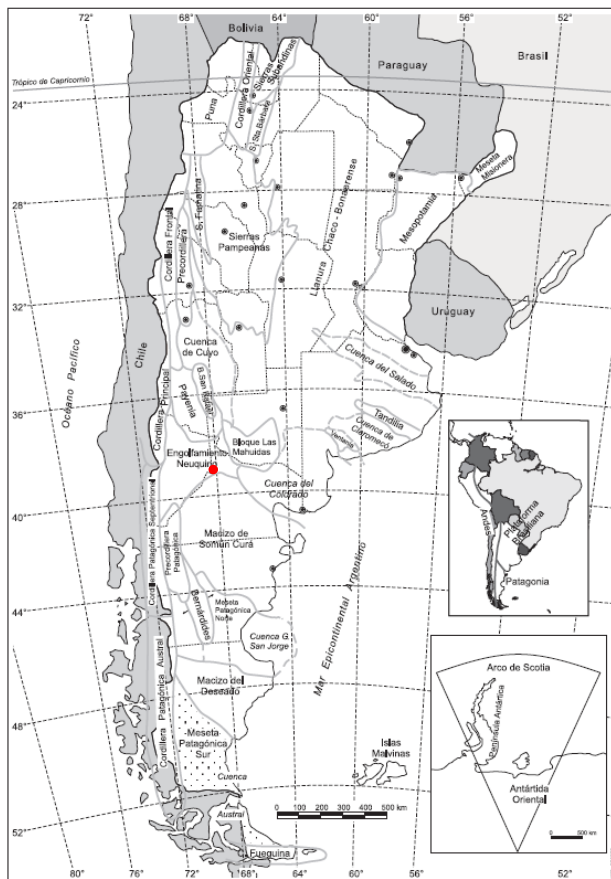


Figura 3.1. Mapa de las provincias geológicas del territorio argentino. En rojo se señala la ubicación relativa de la zona de estudio dentro del Engolfamiento Neuquino (extraído de Ramos, 1999).

estos depocentros del Ciclo Precuyo durante el lapso Triásico tardío – Jurásico temprano que actualmente afloran en serranías como la Sierra de Chacaico, la Sierra de Chachil, la Sierra de

Catán Lil o la Cordillera del Viento (Volkheimer, 1973; Franzese et al., 2006). Estos relieves positivos son el producto de la inversión tectónica de las fallas normales (que delimitaban a los mencionados hemigrábenes) durante el levantamiento de la Cordillera de los Andes.

Posterior a esta estadio de *sinrift*, sobrevino la etapa de *posrift* en donde la subsidencia térmica permitió la depositación de los ciclos Jurásico y Ándico. Esto sucedió en un intervalo de tiempo que comienza en el Jurásico Temprano y finaliza en el Cretácico Temprano, momento en el cual se produce un cambio en el régimen tectónico de la cuenca de extensional a compresional como consecuencia del levantamiento andino (Mpodozis y Ramos, 1990). Bajo este nuevo contexto, se produce la depositación del Ciclo Riográndico cuya base está marcada por la Discordancia Patagónica (Keidel, 1917; Leanza, 2009). Groeber (1946) reconoció la existencia de dos series dentro del ciclo sedimentario Riográndico, Neuqueniano (continental) o Grupo Neuquén (Digregorio, 1972) y Malalhueyano (marino - continental) o Grupo Malargue *sensu* Gerth (1926). En este ciclo se produce la inversión del sentido del buzamiento regional de la cuenca hacia el este, posibilitando así que se produjera la primera transgresión marina proveniente del océano Atlántico registrada en las rocas del Grupo Malargue.

La deformación involucrada en el levantamiento andino habría comenzado en el Cretácico temprano (Fig. 3.2) y coincide con dos grandes pulsos de actividad volcánica en el incipiente arco andino: un primer pulso acaecido hace 125 millones de años y otro desarrollado hace 110 millones de años, determinados en base a dataciones de circones detríticos en rocas del Grupo

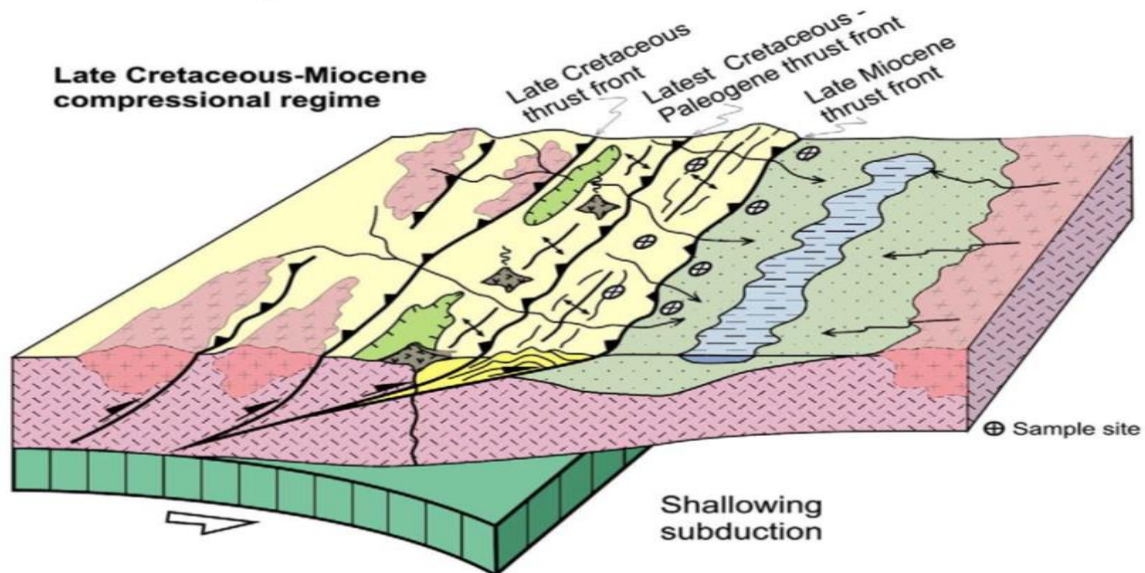


Figura 3.2. Contexto tectónico de la Cuenca Neuquina entre el Cretácico temprano y el Mioceno, periodo en el cual comienza a imperar un régimen compresional como consecuencia de la somerización de la placa subducida en el margen andino. Esto derivaría en el levantamiento de la Cordillera de los Andes (extraído de Tunik et al., 2010).

Neuquén (Tunik et al., 2010). Dichos pulsos, además, parecen ser coetáneos con el plutonismo que dió origen al Batolito Andino Patagónico entre 136 y 110 millones de años atrás ubicado

en la provincia geológica de la Cordillera Patagónica Septentrional (Hervé et al., 2004, 2007; Fanning et al., 2006). Un segundo evento de deformación en el alzamiento de los Andes ocurrió en el Cenozoico y terminó de modelar la estructura actual de la Cuenca Neuquina (Mpodozis y Ramos, 1990).

3.2. El Grupo Neuquén (Albiano?-Campaniano)

El Grupo Neuquén está integrado por rocas sedimentarias predominantemente de colores rojos, originadas en ambientes fluvio-aluviales (y eólicos subordinados), que afloran extensamente en el centro y este de Neuquén, sur de Mendoza, noroeste de Río Negro y suroeste de La Pampa. Su espesor máximo alcanza los 1.400 m en el Cerro Villegas, ubicado al oeste de la provincia de Neuquén (Digregorio, 1972).

La subdivisión estratigráfica de este grupo se debe en especial a Roll (1939) y Herrero Ducloux (1939). Sobre la base de estos trabajos se realizaron adecuaciones y reagrupamientos (de Ferrariis, 1968; Cazau y Uliana, 1973; Uliana, 1973; Ramos, 1981) que han finalizado en el esquema que se utiliza actualmente (Garrido, 2010b).

La base y el techo del Grupo Neuquén están marcados por las discordancias Patagonídica y Huantraíquica, respectivamente (Keidel, 1917; Méndez et al., 1995; Leanza, 2009). El inicio de su depositación se remontaría al Albiano, de acuerdo a la similitud de las faunas de vertebrados cretácicos que presenta la Fm. Candeleros con formaciones geológicas albianas de Brasil y del norte de África (Calvo, 1991; Calvo y Salgado, 1996; Calvo 1999), dato apoyado por estudios de circones detríticos en la Cuenca Neuquina tanto en el norte de la provincia de Neuquén (Di Giulio et al., 2012; Tunik et al., 2010) como en el sur de la provincia de Mendoza (Fennell et al., 2017; Borghi et al., 2019). El final de la depositación se ubicaría entre los 79,5-74,5 millones, de años de acuerdo a estudios paleomagnéticos realizados en los niveles superiores de la Fm. Anacleto, implicando esto una edad campaniana (Dingus et al., 2009).

Se reconocen nueve unidades formacionales en el Grupo Neuquén sobre la base de sus litologías (Fig. 3.3), geometrías de sus cuerpos sedimentarios y discontinuidades presentes que son agrupada en tres subgrupos (Garrido, 2010b). 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 fms. 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.



Figura 3.3. Esquema formacional del Grupo Neuquén, extraído de Garrido (2010).

3.2.1. El Subgrupo Río Colorado: las formaciones Bajo de la Carpa y Anacleto

Los afloramientos cretácicos de las bardas de la ciudad de Neuquén corresponden a las rocas del Subgrupo Río Colorado (Ramos, 1981). El término “Río Colorado” se debe a Padula (1947) quien define como “Grupo del Río Colorado” a una sucesión sedimentaria que en realidad era correlacionable con parte de la Fm. Portezuelo, de acuerdo a Uliana (1979). Cazau y Uliana (1973) definen a la Fm. Río Colorado y a sus miembros Bajo de la Carpa y Anacleto, basados en el trabajo de Herrero Ducloux (1939) que los había denominado como “Estratos del Bajo de la Carpa” y de los “Estratos de Anacleto”. Finalmente, Ramos (1981) eleva a la “Fm. Río Colorado” y a sus miembros a los rangos de subgrupo y formaciones, respectivamente.

La Fm. Bajo de la Carpa tiene su localidad tipo en el Bajo de la Carpa, sitio ubicado al sur del lago Mari Menuco y a unos 40 km al oeste noroeste de la ciudad de Neuquén (Fig. 3.4). Está conformada por areniscas cuarzolíticas, medianas, grises a gris rojizas que conforman paquetes de 10 a 30 m separados por delgados horizontes de pelitas rojas y masivas. El espesor máximo de esta unidad llega a los 200 m en la zona del Cerro Villegas (Cazau y Uliana, 1973). Otras mediciones realizadas por estos autores señalan una potencia de 130 m cerca de la sierra de Auca Mahuida, mientras que espesores variables entre 90 m y 41 m han sido indicados en el área de Rincón de los Sauces (Garrido, 2010a). Esta formación correspondería a un paleoambiente fluvial con ríos de baja sinuosidad y arenoso-dominantes (Herrero Ducloux 1939; Cazau y Uliana, 1973; Garrido, 2000).

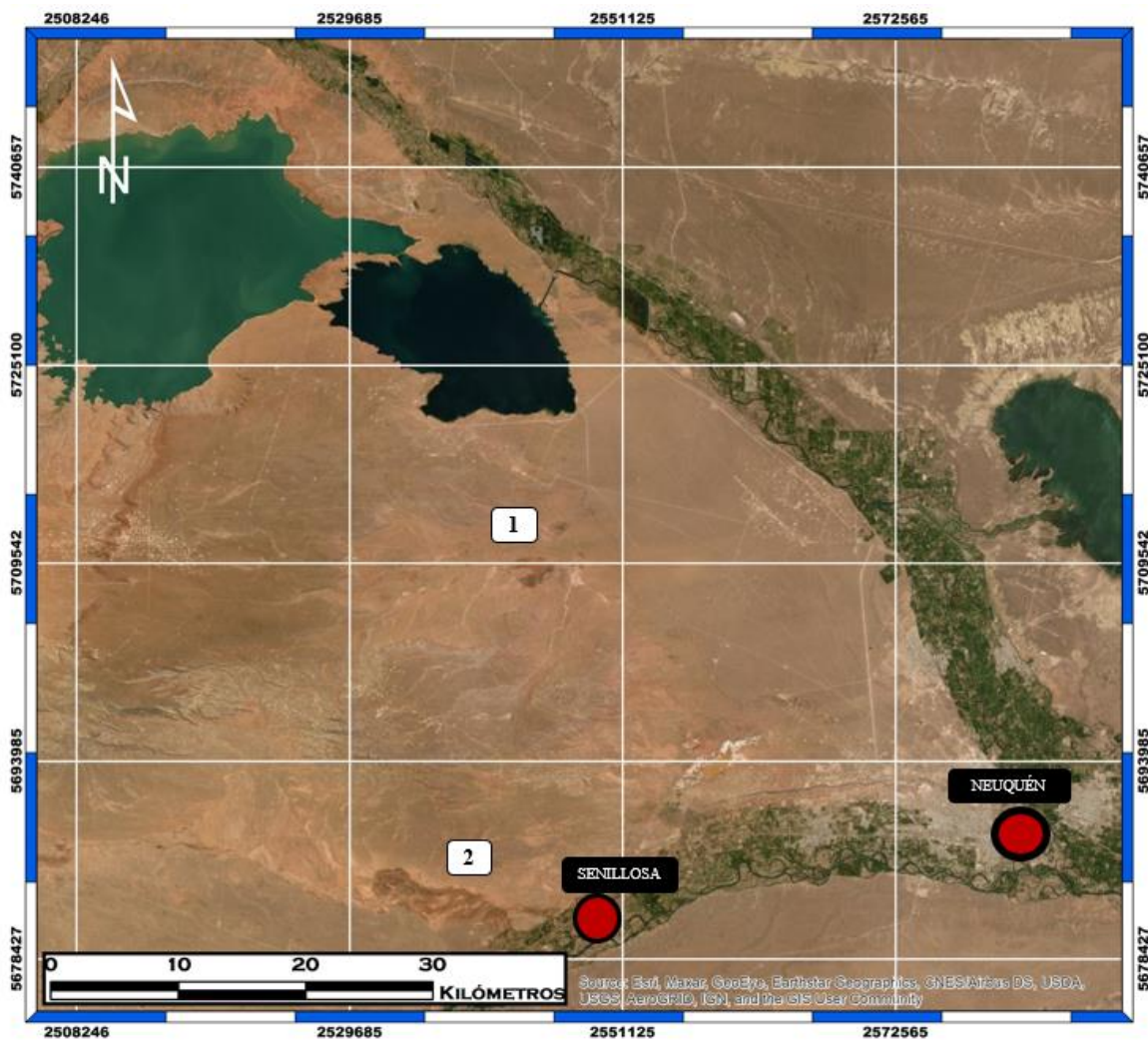


Figura 3.4. Localidades tipo de las formaciones Bajo de la Carpa (1) y Anacleto (2).

La Fm. Anacleto posee su localidad tipo en la Aguada de Anacleto. Este sitio está ubicado al pie de la ladera suroeste del Cerro Senillosa a unos 50 km al oeste de la ciudad de Neuquén. Los afloramientos típicos son descritos por Herrero Ducloux (1939) como una sucesión sedimentaria compuesta por una parte inferior de areniscas grises medianas (y a veces muy gruesas) intercaladas con delgados niveles de pelitas rojas y por una parte superior de areniscas medianas grises que se alternan con pelitas rojas. Cabe destacar que en la localidad tipo, Herrero Ducloux (*op. cit.*) distingue el contacto entre la Fm. Bajo de la Carpa y la Fm. Anacleto cuando las rocas de la primera son interrumpidas por una sucesión sedimentaria más roja y pelítica correspondiente a la segunda unidad. Este criterio es muy utilizado por diversos autores para señalar el contacto entre estas dos entidades. Por ejemplo, Uliana (1979) señala un “Miembro Bajo de la Carpa predominantemente arenoso” y un “Mb. Anacleto predominantemente arcilloso” y “con un predominio total de pelitas moradas y verdes en sus niveles superiores”. Leanza (1999) distingue a la Fm. Anacleto como una “unidad pelítica de colores rojos y morados y de gran uniformidad litológica”, ubicada por encima de una Fm. Bajo de la Carpa arenosa y con delgados horizontes de pelitas rojas. Otro autores como Pettinari et al. (1999) señalan que el límite superior de la Fm. Bajo de la Carpa queda definido por la aparición de fangolitas rojo ladrillo y por la disminución de las areniscas, como así también lo proponen Heredia y Calvo (2002) para todas las bardas de la ciudad y Garrido y Calvo (2004) y Garrido (2005) para el sector oriental y norte de las mismas. Los espesores de la Fm. Anacleto son relativamente inferiores a los de la Fm. Bajo de la Carpa ya que se han medido 68 m en el sureste de la Sierra de Auca Mahuida (Garrido, 2010a) y 90 m en el Cerro Villegas (Cazau y Uliana, 1973). El paleoambiente de esta formación está vinculado a ríos de baja sinuosidad que hacia el techo de la unidad son dominados por depósitos de planicie de inundación con presencia de canales poco desarrollados y cuerpos de agua someros (Cazau y Uliana, 1973; Garrido, 2000).

3.3. El Cenozoico de las bardas de la ciudad de Neuquén

En el esquema litoestratigráfico de Heredia y Calvo (2002) se reconoce a la Fm. Bayo Mesa en el tope de la sucesión sedimentaria representada por los conglomerados y su sección superior fuertemente cementada. Entre esta entidad y las rocas cretácicas, los depósitos intermedios son referidos como de edad pre-pliocena y correlacionados tentativamente con la Fm. Chichinales, coincidiendo con lo expuesto por Herrero Ducloux (1946). Un esquema similar es el dado a conocer en Sánchez et al. (2006), aunque las rocas ubicadas entre la Fm. Bayo Mesa (*sensu* Heredia y Calvo, 2002) y las unidades cretácicas son nombradas como “Terciario



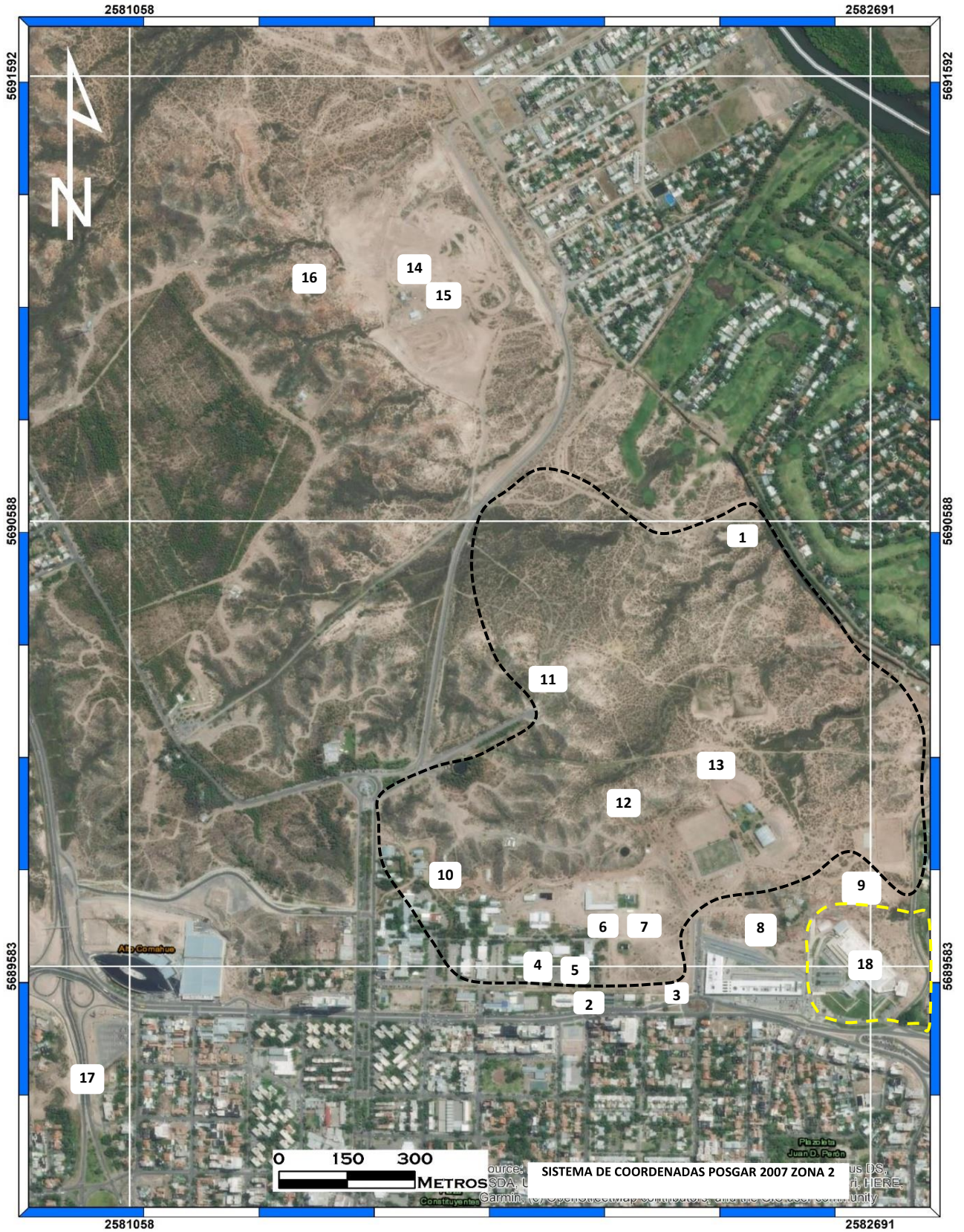
Indiferenciado”. Sin embargo, en Garrido (2005) se realiza un abordaje de la sucesión sedimentaria cenozoica de las bardas de la ciudad, proponiendo un esquema diferente. En dicho trabajo, las rocas ubicadas entre los depósitos cretácicos y los conglomerados o Fm. Bayo Mesa (*sensu* Heredia y Calvo, 2002) son correlacionadas con la Fm. Agua de la Caldera, la cual es mencionada y mapeada en la ciudad de Neuquén por primera vez. Asimismo, los conglomerados descritos como Fm. Bayo Mesa (Heredia y Calvo, *op.cit.*) son correlacionados con los depósitos del primer nivel de pedimento, presentes en las Hojas Geológicas Picún Leufú y Zapala, y mapeados como depósitos aterrizados de edad pleistocena media (Garrido, 2005). La Hoja Geológica de Rodríguez et al. (2007) se basa en este esquema.

4. PALEONTOLOGÍA

El registro fosilífero de vertebrados cretácicos de la ciudad de Neuquén es uno de los más antiguos de Sudamérica ya que los trabajos paleontológicos se remontan a 1882 cuando el oficial Buratovich del Ejército Argentino halló los primeros fósiles, en lo que sería la futura ciudad de Neuquén, y los envió al entonces presidente argentino Julio Roca. Los restos fueron estudiados por Florentino Ameghino quien publicó el hallazgo en el diario La Nación en 1883 (Ameghino, 1906). Entre 1883 y 1887, los coroneles del ejército, Jorge Rhode y Antonio Romero, enviaron nuevos materiales hacia Buenos Aires. Desde ese entonces, cientos de ejemplares fueron extraídos principalmente de las bardas que se encuentran en el campus universitario de la UNCo. Otros materiales de dinosaurios correspondientes a vértebras se mencionan procedentes de la ciudad de Neuquén (Burmeister, 1893) en un sector conocido en aquel entonces como “Boca del Sapo”, que actualmente corresponde al sector de la barda donde se emplaza el edificio de la Legislatura neuquina (Fig. 4.1); las mismas fueron colectadas de la superficie y su descripción detallada fue publicada como *Neuquensaurus australis* (Lydekker, 1893). Estos hallazgos de dinosaurios se complementaron con numerosos registros de cocodrilos reportados por los geólogos Santiago Roth y Walter Schiller correspondientes a *Notosuchus* y *Cynodontosuchus* (Woodward, 1896) y a serpientes cretácicas como *Dinilysia patagonica* (Woodward, 1901).

El mapa de hallazgos que se presenta abajo (Fig. 4.1), resultado de la búsqueda de la bibliografía disponible y de los registros de campo del Dr. Jorge Calvo, muestra los lugares donde fueron hallados la mayoría de los vertebrados cretácicos.

Figura 4.1. Mapa con los hallazgos de vertebrados cretácicos en la zona de estudio. **1:** *Alvarezsaurus* (MUCPv-54), huevos de ave (Schweitzer et al., 2002) y cocodrilo indet. (MUCPv-203); **2:** *Dinilysia* (MUCPv-39, 40, 98-102, 104-116, 119 y 121); **3:** *Neuquenornis* (MUCPv-142); **4:** *Notosuchus* (MUCPv-35, 147 y 149) y cocodrilo indet. (MUCPv-27); **5:** *Comahuesuchus* (MUCPv-202) **6:** Huevos de ave (Schweitzer et al., 2002), **7:** *Velocisaurus* (MUCPv-41), **8:** *Patagopteryx*, **9:** Ulna (Berra et al., 2019), **10:** Saltosaurino indet. (MUCPv-93 y 94), **11:** vértebras cervicales (MUCPv-2172), **12:** Dientes de saurópodo (MUCPv-1534 y 1535), **13:** Vértebra (MUCPv-1528), **14:** *Notosuchus terrestris* (MUCPv-137 y 198), **15:** *Neuquensuchus* (MUCPv-47), **16:** Ulna (MUCPv-1111), **17:** *Notosuchus* (MUCPv-58), **18:** *Lithostrotia* indet. (von Huene, 1929; Gallina y Otero, 2015), *Neuquensaurus australis* (MLP-Ly-1-6, 18, 19) y *Argyrosaurus* sp. (Lydekker, 1877).



A continuación se detallan cada uno de los vertebrados cretácicos hallados en la zona de estudio, mencionándose aspectos relativos a su morfología, su procedencia y su filogenia. Primero, se describirán las serpientes y los cocodrilos para luego analizar los hallazgos de dinosaurios terópodos y saurópodos. Finalmente, se abordarán los restos fósiles de aves y huevos de aves.

4.1. Serpientes

4.1.1. *Dinilysia patagonia*

Reptilia Linnaeus, 1758

Squamata Opperl, 1811

Serpentes Linnaeus, 1758

Dinilysiidae McDowell, 1974

Dinilysia patagonica Woodward, 1901

Se trata de una serpiente gondwánica terrestre que rondó los 2 metros de largo y que poseía una cabeza grande y ancha (comparada con boas actuales) con órbitas oculares voluminosas (Fig. 4.2).

El holotipo MLP 26-410 incluye un cráneo parcial y escasos restos del esqueleto (Woodward, 1901). Este holotipo fue hallado junto con otros dos especímenes (MLP 79-II-27-1 y MLP 71-VII-29-1) en el sitio conocido como Boca del Sapo (Woodward, *op. cit.*). Numerosos ejemplares han sido colectados en el campus universitario de la UNCo referidos



Figura 4.2. Arriba, ficha técnica de la serpiente gondwánica *Dinilysia patagonica* acompañada, a la derecha, por una reconstrucción en vida realizada por la paleoartista Martina Charnelli. Abajo se muestran los materiales fósiles resguardados en la colección del Parque Geo-Paleontológico Proyecto Dino.

principalmente a vértebras (MUCPv-39, 40, 98-102, 104-116, 119, 121), además de otros guardados actualmente en el Museo de la Plata (MLP-79-II-27-2) y en el Museo de Ciencias Naturales de Buenos Aires (MACN-RN-976, 1013, 1014) que fueron estudiados por Caldwell y Albino (2001). Otros especímenes con cráneo de esta especie fueron descritos en la zona de Paso Córdoba (MPCA-PV 527), procedentes precisamente de la estancia Tripailao (Caldwell y Calvo, 2008).

4.2. Cocodrilos

Los registros de cocodrilos fósiles en la Fm. Bajo de la Carpa en el campus de la UNCo son muy abundantes. Se han reconocido cinco taxas: *Notosuchus terrestris* (Woodward, 1896), *Comahuesuchus brachybuccalis* (Bonaparte, 1991b), *Neuquensuchus universitas* (Fiorelli y Calvo, 2007), *Cynodontosuchus rothi* (Woodward, 1896) y *Wargosuchus australis* (Martinelli y Pais, 2008). Todos ellos pertenecen a un clado conocido como Notosuchia, un grupo de cocodrilos de hábitos terrestres ya extinto. Dentro de este grupo, y de acuerdo a los últimos avances en el ordenamiento taxonómico (Pol y Leardi, 2015), se han reconocido hasta ahora cinco familias: Notosuchidae (a la que pertenece *N. terrestris*), Baurusuchidae (que incluye a *W. australis* y *C. rothi*), Ziphosuchidae (con integrantes como *N. universitas*), Uruguaysuchidae y Peirosauridae (estas dos últimas sin representantes en la ciudad de Neuquén). Esta gran fauna de cocodrilos extraída del campus universitario coincide con lo que Pol y Leardi (2015) describieron como un "evento de radiación de cocodrilos notosúchidos" en el Turoniano-Santoniano. En este evento, hay un notable aumento en la diversidad del clado Notosuchia que se da en las familias Notosuchidae y Baurusuchidae, principalmente, aunque también se produce en otro grupos como el de los ziphosúchidos basales (que incluye a *Neuquensuchus universitas*).

4.2.1. *Notosuchus terrestris*

Crocodylomorpha Walker, 1970
 Crocodyliformes Hay, 1930 (*sensu* Benton y Clark, 1988)
 Mesoeucrocodylia Whetstone y Whybrow, 1983
 Metasuchia Benton y Clark, 1988
 Notosuchia Gasparini, 1971
 Notosuchidae Dollo, 1914
Notosuchus terrestris Woodward, 1896

Notosuchus fue un cocodrilo terrestre con un largo aproximado de 1,5 m (Fig. 4.3). De cráneo corto y alto, con las órbitas proyectadas lateralmente y las fosas nasales dirigidas hacia

adelante, estos caracteres sugieren una forma de vida terrestre que, además, poseía una musculatura bien desarrollada adaptada para tener una dieta herbívora, de acuerdo a estudios craneales y postcraniales (Fiorelli y Calvo, 2007).

Woodward (1896) publicó el primer ejemplar de esta especie de cocodrilos terrestres, sin embargo, en esa oportunidad no asignó al espécimen como el holotipo. Es por eso que Gasparini (1971) reexaminó ese material original y lo publicó como el lectotipo MLP 64-IV-16-5. Actualmente se conocen varios ejemplares muy completos de esta especie que provienen principalmente de las bardas de la ciudad de Neuquén y de la localidad de Paso Córdoba en la provincia de Río Negro. Los hallazgos realizados en Neuquén proceden en su mayoría del campus universitario de la UNCo (MUCPv-35, MUCPv-147 y MUCPv-149). Otros fueron hallados 1 km al noroeste de Facultad de Turismo en la pista de motos de Parque Norte (MUCPv-137 y MUCPv-198). Otro ejemplar (MUCPv-58) fue rescatado en la intersección de la Ruta Provincial 7 con la calle Leloir a unos 600 m al suroeste del campus universitario.



Figura 4.3. Arriba, ficha técnica de *N. terrestris*. Abajo, cráneo del ejemplar MUCPv 137 perteneciente a la colección del Parque Geo-Paleontológico Proyecto Dino.

4.2.2. *Neuquensuchus universitas*

Crocodylomorpha Walker, 1970
 Crocodyliformes Hay, 1930 (*sensu* Benton y Clark, 1988)
 Mesoeucrocodylia Whetstone y Whybrow, 1983
Neuquensuchus universitas Fiorelli y Calvo, 2007

Neuquensuchus universitas fue un cocodrilo terrestre de tamaño similar a *Notosuchus*, con un largo aproximado de 1,5 m y una altura de 30 cm (Fig. 4.4). Los huesos apendiculares rescatados indican que este animal poseía miembros anteriores y posteriores ligeramente más largos y delgados que *Notosuchus*.

Fiorelli y Calvo (2007) publicaron el holotipo MUCPv-47 de esta nueva especie de cocodrilo



Figura 4.4. Arriba, ficha técnica de *N. universitas*. Abajo, reconstrucción en vida de este cocodrilo (extraído de Fiorelli y Calvo, 2007) mostrando la parte del esqueleto que se ha podido rescatar y fotografía de los huesos de la pierna y cadera.

terrestre proveniente del sector de Parque Norte (Fig. 4.1). El material original está representado por varias vértebras, miembros anteriores y posteriores bastante completos y porciones de la cadera. Además se rescató otro ejemplar MUCPv 161, representado por un fragmento de tibia izquierda, fragmento de fíbula izquierda y el astrágalo izquierdo (Fiorelli y Calvo, 2007).

4.2.3. *Comahuesuchus brachybuccalis*

Crocodylomorpha Walker, 1970

Crocodyliformes Hay, 1930 (*sensu* Benton y Clark, 1988)

Mesoeucrocodylia Whetstone y Whybrow, 1983

Comahuesuchus brachybuccalis Bonaparte, 1991b

Comahuesuchus fue un cocodrilo de tamaño pequeño con un cráneo de solo 11 cm de largo con dos grandes orbita laterales (Fig. 4.5). El rostro corto tiene una especialización (autapomorfía) en el extremo anterior del cráneo que lo diferencia de cualquier otro cocodrilo, la cual consiste en un diente hipertrofiado en el dentario que se aloja en un orificio presente en el maxilar (diastema). El borde anterior del hocico es ancho y redondeado, de ahí el nombre de la especie. Se trata de un cocodrilo de hábitos terrestres.

El holotipo MUCPv-202 (Bonaparte, 1991a) consiste en un cráneo parcial con mandíbulas incompletas que fue descrito junto a dos fragmentos más (MACN-N-30, 31) por Bonaparte (1991b). Otros materiales han sido colectados en la provincia de Rio Negro (Martinelli, 2003).

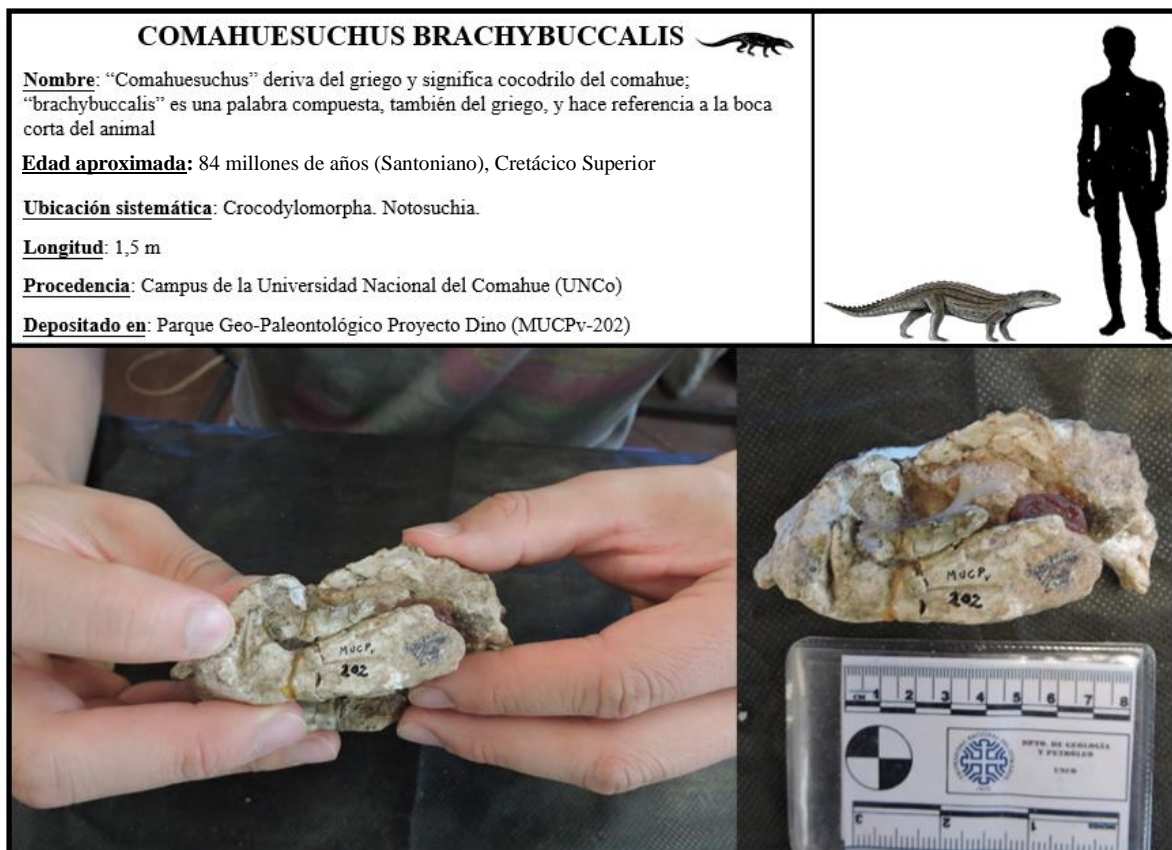


Figura 4.5. Arriba, ficha técnica de *Comahuesuchus brachybuccalis*. Abajo, pieza fósil correspondiente al cráneo.

4.2.4. *Wargosuchus australis*

Crocodylomorpha Walker, 1970
 Crocodyliformes Hay, 1930 (*sensu* Benton y Clark, 1988)
 Mesoeucrocodylia Whetstone y Whybrow, 1983
Wargosuchus australis Martinelli y Pais, 2008

El holotipo MOZ-PV 6134 consiste en una porción del hocico que incluye parte del maxilar y del premaxilar y un fragmento del techo craneal (Fig. 4.6). El material fue extraído de la zona norte de la ciudad de Neuquén y proviene de la Fm. Bajo de la Carpa (Martinelli y Pais, 2008), por lo que se infiere que el sitio de procedencia sería el campus de la UNCo.

Este cocodrilo terrestre pertenece al grupo de los Baurusuchidae dentro del clado Notosuchia (Pol y Leardi, 2015).

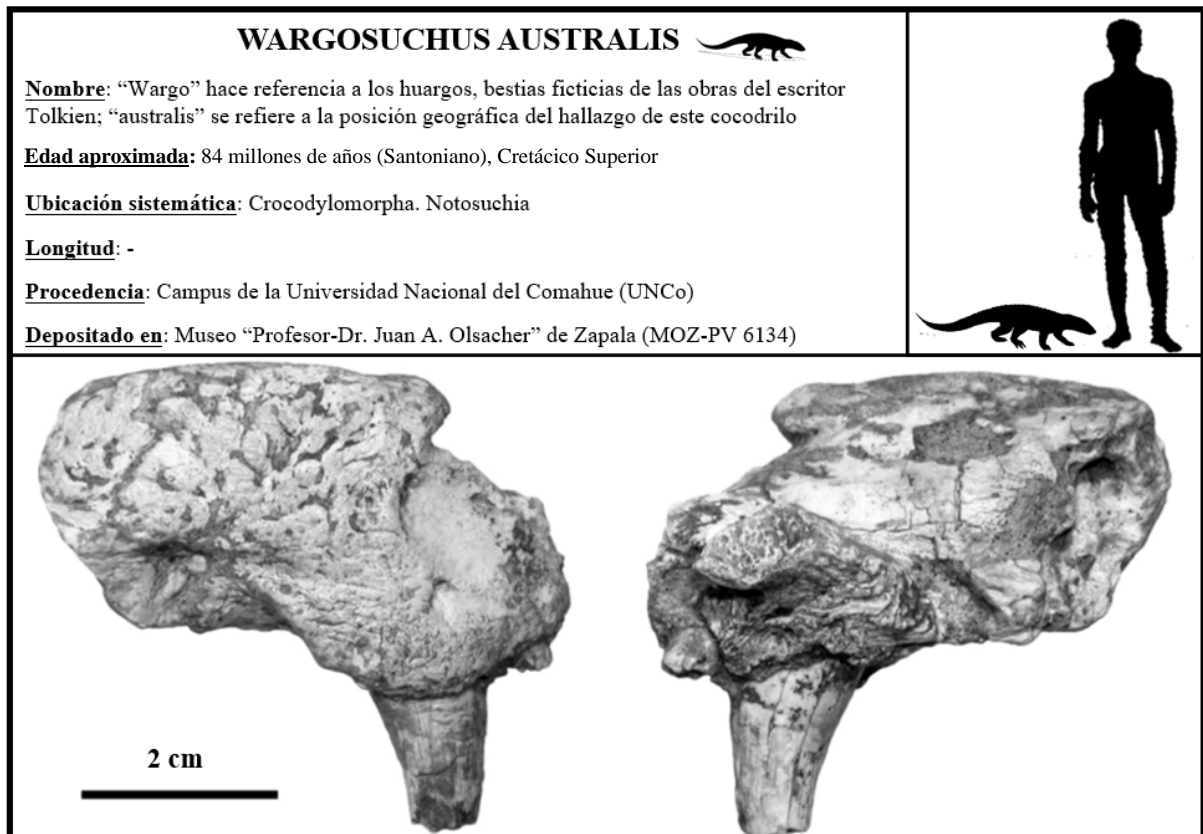


Figura 4.6. Arriba, ficha técnica y escala comparativa de *Wargosuchus australis*. Abajo, se muestra un fragmento de premaxila en vista lateral (izquierda) y media (derecha) (extraído de Martinelli y Pais, 2008).

4.2.5. *Cynodontosuchus rothi*

Crocodylomorpha Walker, 1970
 Crocodyliformes Hay, 1930 (*sensu* Benton y Clark, 1988)
 Mesoeucrocodylia Whetstone y Whybrow, 1983
Cynodontosuchus rothi Woodward, 1896

Cynodontosuchus rothi fue junto a *Notosuchus terrestris* uno de los dos primeros cocodrilos notosúchidos registrados en Sudamérica (Woodward, 1896), siendo el primero representante de la familia Baurusuchidae y el segundo de la familia Notosuchidae, ambos del clado Notosuchia (Pol y Leardi, 2015). Esta especie está basada sobre la porción anterior del hocico, algunas vértebras y restos de un pie (Fig. 4.7). El rostro es alargado y comprimido lateralmente y posee un dentario con dientes caniniformes. Estos caracteres sugieren que *Cynodontosuchus* era un cocodrilo de hábitos terrestres con dieta carnívora y tamaño similar a *Notosuchus*.

Se desconoce la localización geográfica y estratigráfica del hallazgo de *C. rothi* cuyo holotipo, MLP-64-IV-16-25 (205), se encuentra en el Museo de La Plata; no obstante, Gasparini

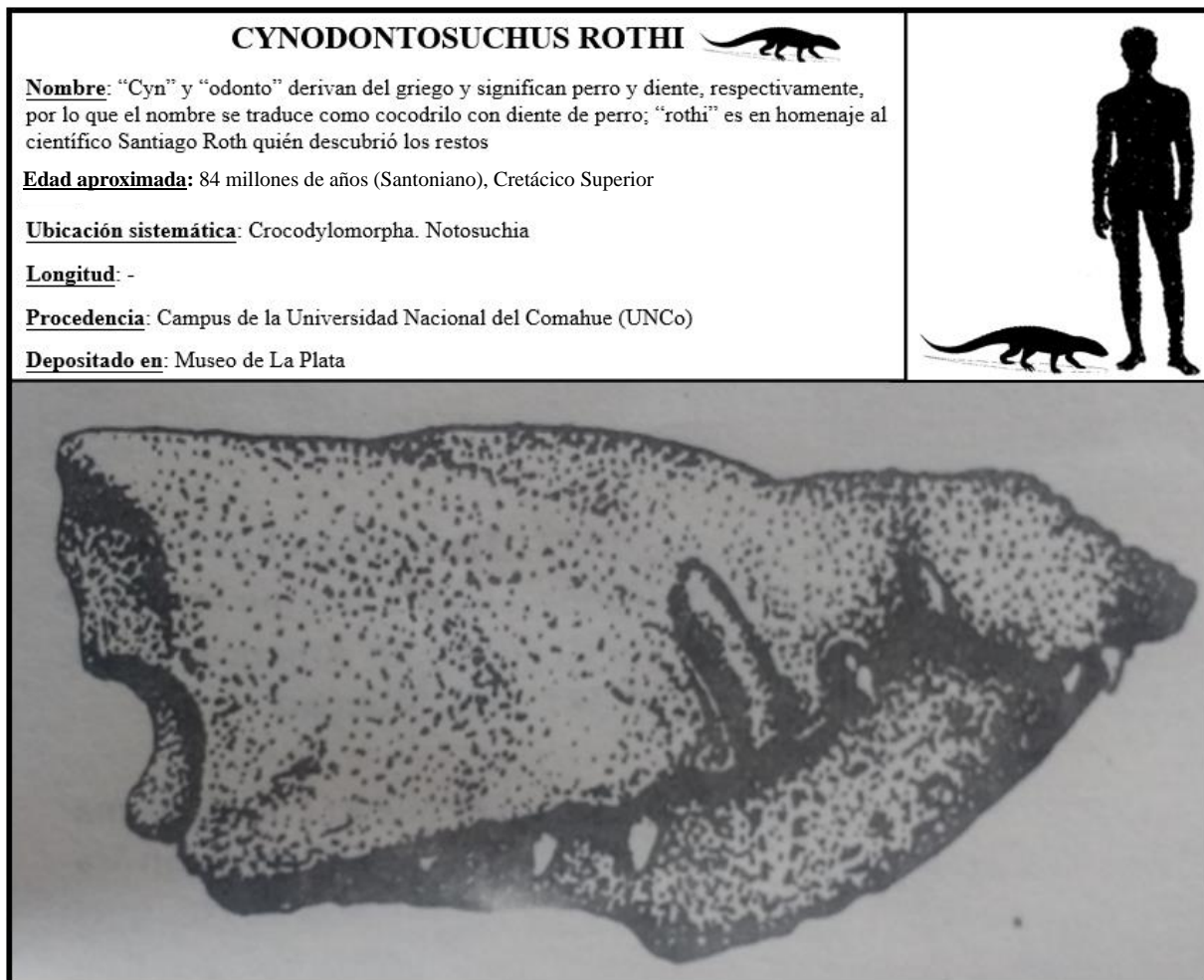


Figura 4.7. Arriba, ficha técnica y escala comparativa de *Cynodontosuchus rothi*. Abajo, se muestra un fragmento anterior del hocico (Gasparini, 1980).

(1981) asume su extracción de la Fm. Bajo de la Carpa debido a su asociación con *N. terrestris*. De esta forma, Martinelli y Pais (2008) concluyen que *Wargosuchus australis* y *Cynodontosuchus rothi* habrían sido extraídos de la misma formación geológica.

4.2.6. Cocodrilos indeterminados

Crocodylomorpha Walker, 1970

Crocodyliformes Hay, 1930 (*sensu* Benton y Clark, 1988)

Son dos los especímenes fósiles de cocodrilos que aún permanecen indeterminados. Uno de ellos consiste en un fragmento de mandíbula, restos apendiculares y numerosas placas, pudiéndose apreciar la preservación de algunos dientes (Fig. 4.8 A y B). Estos materiales fueron designados como MUCPv-203.

El otro espécimen fue presentado por Bonaparte (1991b), quien describió una cola de cocodrilo (MUCPv-27) cubierta con placas rectangulares muy ornamentadas junto con vértebras caudales (Fig. 4.8 C y D). Lamentablemente, no hay asignación taxonómica debido a que no posee cráneo y no se puede asignar a ninguno de los taxones ya conocidos de cocodrilos rescatados en la zona de estudio. La evidencia disponible indica que se trataría probablemente de un nuevo taxón ya que no se han registrado placas caudales ni dorsales en ejemplares de *Notosouchus* articulados hallados en el sector (Calvo, com. pers.).



Figura 4.8. A) Material fósil correspondiente a MUCPv-203. B) Detalle del fragmento de mandíbula de MUCPv-203. C) Restos fósiles de MUCPv-27. D) Detalle de las placas de MUCPv-27.

4.3. Dinosaurios terópodos

4.3.1. *Velocisaurus unicus*

Dinosauria Owen, 1842
 Saurischia Seeley, 1888
 Theropoda Marsh, 1881
 Ceratosauria Marsh, 1884
 Abelisauroidea Bonaparte, 1991a
Velocisaurus unicus Bonaparte, 1991a

Velocisaurus unicus fue un dinosaurio carnívoro de pequeño tamaño con un largo y alto aproximados de 70 cm y 40 cm, respectivamente (Fig. 4.9). La morfología de su miembro anterior sugiere que se trató de un animal ágil y veloz.

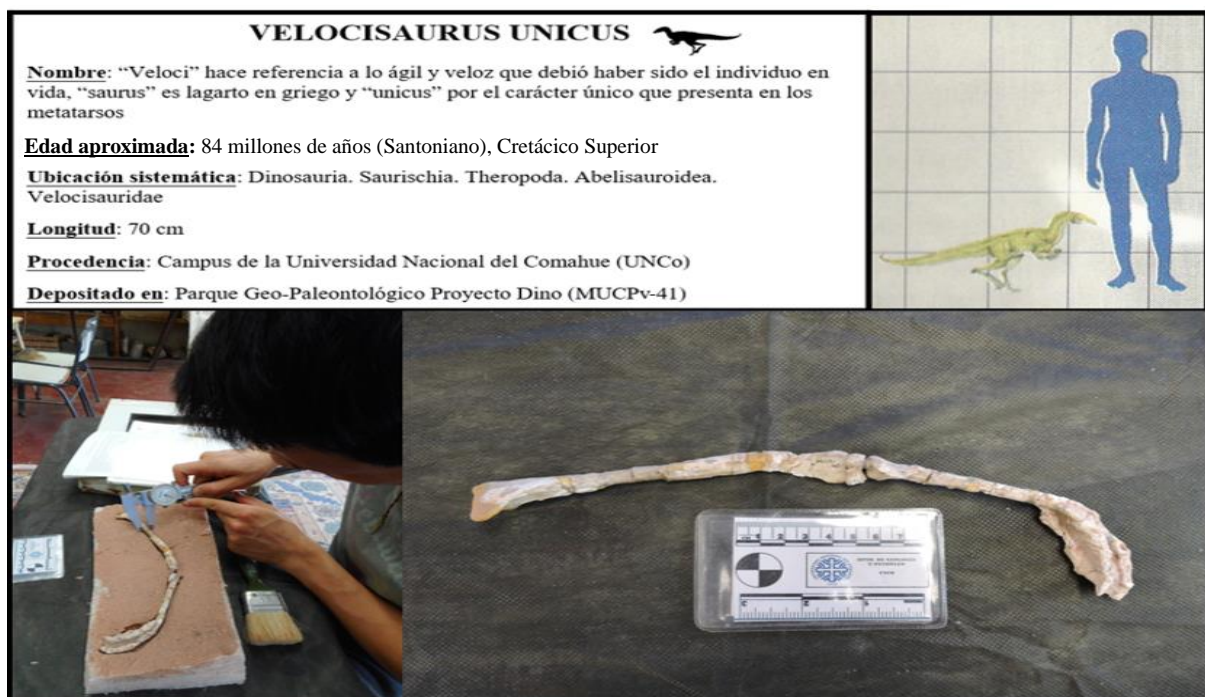


Figura 4.9. Ficha técnica y escala comparativa de *Velocisaurus unicus*. Abajo, holotipo MUCPv 41.

El holotipo de este dinosaurio (MUCPv-41) fue hallado en el playón de la UNCo y consiste en un miembro posterior derecho casi completo (Fig. 4.9) que incluye tibia, astrágalo, metatarsos II, III y IV y la mayoría de las falanges pedales (Bonaparte, 1991a). La característica más notable de este individuo es que los metatarsos están representados prácticamente por un solo hueso, el central o metatarso III, ya que los metatarsos II y IV están poco marcados. Sus tres dedos bien alargados junto al elongado metatarso III le habrían permitido a este animal correr muy rápidamente (Bonaparte, 1991a).

Otros materiales asignados a *Velocisaurus* proceden de la localidad de Paso Córdoba (Brissón Egli et al., 2016) ubicada a unos 45 km al sudeste de la presente zona de estudio.

4.3.2. *Alvarezsaurus calvoi*

Dinosauria Owen, 1842
Saurischia Seeley, 1888
Theropoda Marsh, 1881
Coelurosauria Gauthier 1986
Alvarezsauridae Bonaparte, 1991b
Alvarezsaurus calvoi Bonaparte, 1991b

Alvarezsaurus fue un dinosaurio bípedo que alcanzó una longitud de 1,5 m y una altura que rondaba los 70 cm (Fig. 4.10). En el extremo de sus alas hay un solo dedo con una garra.

Solo un 40% del ejemplar ha sido preservado; el holotipo (MUCPv-54), hallado por Calvo y descripto por Bonaparte (1991b), incluye varias vértebras, parte de la cadera y fragmentos de los miembros anteriores. A pesar de haberse preservado menos del 40%, es muy importante filogenéticamente ya que a partir de este espécimen incompleto de norpatagonia se erigió una nueva familia de dinosaurios no avianos llamada Alvarezsauridae (Bonaparte, 1991a). Posteriormente, hallazgos realizados en Mongolia como *Mononykus olecranus* (Perle et al., 1993) mostraron afinidades entre el grupo de los Alvarezsáuridos y las aves. Sin embargo, la relación entre, por aquel entonces, enigmático terópodo no aviano de Neuquén y *Mononykus* no fue reconocida hasta que se realizó el hallazgo de *Patagonykus puertai* (Novas, 1996, 1997). De esta manera, el reducido miembro anterior indicaba ancestros no avianos pero estudios cladísticos lo incluían en un grupo cercano a las aves como *Archaeopteryx* (Perle et al., 1993; Chiappe et al., 1996; Novas y Puerta, 1997; Holtz, 1998). A pesar de esta evidencia hay una fuerte oposición al reconocimiento de los Alvarezsáuridos como dinosaurios avianos, incluyéndolos dentro del grupo de los dinosaurios coelurosaurios (Serenó, 2001; Norell et al., 2001; Novas y Pol, 2002). Es evidente que este grupo de dinosaurios es muy relevante para entender las transformaciones evolutivas que dieron origen a las aves actuales (Chiappe y Dyke, 2002).



Figura 4.10. Arriba, ficha técnica y escala comparativa del *A. calvoi*. Abajo, piezas fósiles correspondientes al holotipo MUCPv-54.

4.4. Dinosaurios saurópodos

El registro de dinosaurios saurópodos en la zona de la ciudad de Neuquén es de los más antiguos de Sudamérica, tal como se mencionó al inicio de esta sección. Sin embargo, este registro es pobre en materiales ya que se trata de piezas sueltas y fragmentarias. Los hallazgos en las bardas de la ciudad de Neuquén se realizaron en dos periodos de tiempo principales: uno entre 1882 y 1910 durante las campañas militares del Ejército Argentino a la norpatagonia y un segundo periodo que va desde 1980 hasta la actualidad.

Todos los ejemplares rescatados corresponden al clado Titanosauria, el cual agrupó a los saurópodos más abundantes durante los últimos tiempos del Cretácico.

4.4.1. Lithostrotia indet.

Saurischia Seeley, 1883
 Sauropodomorpha von Huene, 1932
 Titanosauria Bonaparte y Coria, 1993
 Lithostrotia Upchurch et al., 2004

Los materiales rescatados corresponden a diez vértebras caudales procélicas de 11 cm de largo con arcos neurales que poseen costillas caudales; los cuerpos se adelgazan hacia abajo con un surco angosto ventral (von Huene, 1929, pp. 55). Los materiales fueron extraídos 2 km

al norte del puente ferroviario de la ciudad de Neuquén en la margen derecha del río homónimo (Fig. 4.1). Estos materiales semiarticulados podrían corresponder a los afloramientos ubicados en la antigua localidad de Boca del Sapo, actualmente el sector donde se emplaza la Legislatura de Neuquén. De acuerdo al reporte de von Huene (op. cit.) el horizonte geológico de procedencia sería aquel asociados a las areniscas cuarzosas blancas a grises de origen fluvial (ver Sección 5). Este material asignado por von Huene (1929) a *Laplatasaurus araukanicus* fue reestudiado por Gallina y Otero (2015) quienes determinaron que no corresponden a este taxón y lo clasificaron como *Litostrotia indet.*

4.4.2. *Argyrosaurus* sp.

Saurischia Seeley, 1883
Sauropodomorpha von Huene, 1932
Titanosauria Bonaparte y Coria, 1993
Argyrosaurus sp. Lydekker, 1893

Solo se han asignado a este taxón dos vértebras y un fémur hallados al norte del puente ferroviario de la ciudad de Neuquén (Lydekker, 1877). De estos materiales, von Huene (1929) dibujó una vértebra caudal de 20 cm de largo, con un cono de articulación procélico bien marcado, entre otros detalles morfológicos (Fig. 4.11). En base a lo escrito por estos autores, se infiere que los materiales proceden del mismo horizonte que *Lithostrotia indet.*, esto es, de las areniscas fluviales cuarzosas de las bardas de la ciudad de Neuquén en el sitio de Boca del Sapo.

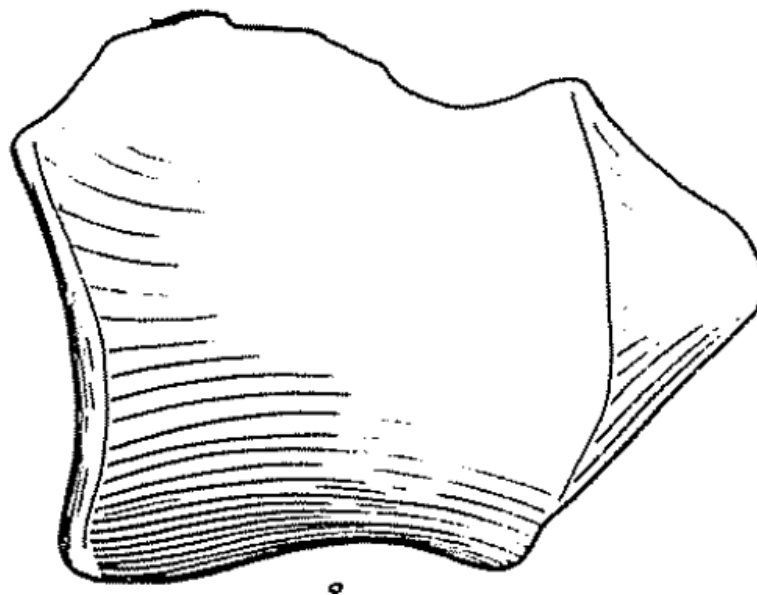


Figura 4.11. Dibujo correspondiente a una vértebra caudal de *Argyrosaurus* sp. (extraído de von Huene, 1929).

4.4.3. Saltosaurinae

Saurischia Seeley, 1883
Sauropodomorpha von Huene, 1932
Titanosauria Bonaparte y Coria, 1993
Saltosaurinae Powell, 1992
Neuquensaurus australis Lydekker, 1893

Originalmente descrito como *Titanosaurus australis* (Lydekker, 1893) es uno de los primeros dinosaurios patagónicos conocidos. Su estudio se basó en piezas correspondientes a series vertebrales y huesos apendiculares. Los primeros estudios fueron publicados por von Huene (1929). En esos tiempos, el conocimiento sobre los dinosaurios estaba en sus comienzos y los materiales procedían de hallazgos realizados en superficie durante las campañas militares del EA a la patagonia a fines del siglo XIX que luego eran llevados a la ciudad de Buenos Aires, haciendo dificultosa la tarea de determinar el lugar exacto del descubrimiento y sus asociaciones. Sin embargo, Powell (1986) ordena los hallazgos y localidades basándose en los registros publicados de estas campañas militares y de trabajos científicos, reconociendo a *Titanosaurus* como un nuevo género y rebautizándolo como *Neuquensaurus*. En la actualidad, *Neuquensaurus australis* corresponde al grupo de los Saltosaurinos y su holotipo (MLP- Ly 1-6) está representado por vértebras caudales. Una vértebra cervical incompleta y otra dorsal, catalogadas como MLP Ly 18/19 (Lydekker, 1893; Powell, 2003) fueron asignadas también al género *Neuquensaurus* ya que originalmente fueron atribuidas a *Titanosaurus nanus* (Lydekker, 1893). Todos estos materiales junto con otros de esa época proceden de la ribera derecha del río Neuquén en un sector ubicado a 2-4 km del puente ferroviario (von Huene, 1929), por lo que se infiere que el horizonte geológico de procedencia es el mismo que en *Lithostrotia* indet. y *Argyrosaurus* sp.

4.4.4. Saltosaurinae indeterminado

Saurischia Seeley, 1883
Sauropodomorpha von Huene, 1932
Titanosauria Bonaparte y Coria, 1993
Saltosaurinae Powell, 1992
Saltosaurinae indet. Powell, 1992

Durante la construcción de un camino interno en el campus universitario de la UNCo durante los años 90, quedaron al descubierto restos de dinosaurios que fueron extraídos y resguardados

bajo las siglas MUCPv-93 y MUCPv-94. Los mismos se identificaron como pertenecientes a un saurópodo titanosáurido indeterminado (Calvo y Álvarez, 2019). El material (Fig. 4.12) consiste en una vértebra dorsal (MUCPv-94) y un fémur parcialmente preservado junto con una tibia izquierda y un fragmento de fibula derecha (MUCPv-93). Estas piezas fósiles podrían corresponder a un dinosaurio de tamaño mediano de la familia Saltosaurinae (Fig. 4.12), grupo de dinosaurios saurópodos que incluye a ejemplares como *Neuquensaurus australis* y *Saltasaurus loricatus*, y que tenían longitudes que rondaban los 15 m (Calvo y Álvarez, 2019).

Los materiales proceden de areniscas medianas a gruesas cuarzosas friables, de colores blancos a grises, vinculadas a facies fluviales de acuerdo a lo descrito en la Sección 5.



Figura 4.12. Ficha técnica y escala comparativa del Saltosaurino del comedor. Abajo, material fósil correspondiente a MUCPv-93 y MUCPv-94.

4.4.5. Hallazgos recientes de saurópodos

En el año 2013, el estudiante de la UNCo Gastón Pantoja encontró dos dientes de saurópodos (MUCPv-1534 y 1535) (Fig. 4.13B) en areniscas fluviales cementadas con carbonato de calcio, ubicadas por debajo de las areniscas fluviales portadoras del Saltosaurino indet. del comedor, en el sector del campus universitario pero del lado del Mirador del Valle (Fig. 4.1). En el año 2017, Pantoja encontró una ulna (MUCPv-1111) de un dinosaurio saurópodo (Fig. 4.14) que

podría estar preliminarmente referido a *Neuquensaurus* (Calvo, com. pers.). Esta pieza está muy bien preservada y fue rescatada de la facies de areniscas friables de origen fluvial cretácicas que afloran en las bardas de Parque Norte (Fig. 4.1). Además, Pantoja en el año 2019, pero en rocas fluviales similares a las portadoras del Saltasaurino indet. que afloran en el campus universitario del lado del Mirador del Valle descubrió una vértebra caudal (MUCPv-1528) asignable a un saurópodo indet. (Fig. 4.13A).

En noviembre del año 2019, se rescataron de las bardas de la ciudad en la zona del Mirador del Valle dos vértebras cervicales (MUCPv-2172) de gran tamaño (Fig. 4.15). Las mismas tienen 0,8 m de alto y son referibles a un titanosaurio indet. (Calvo, 2019, com. pers.). La roca portadora de este material es una arenisca friable de origen fluvial. Ese mismo año, la estudiante Liliana Berra de la UNCo reportó el hallazgo de una ulna (MUCPv-1558) de un saurópodo indeterminado en la zona del campus universitario (Berra et al., 2019). La pieza fósil procede de la arenisca friable de naturaleza fluvial similar a la portadora del saltasaurino descrito por Calvo y Álvarez (op. cit.)



Figura 4.13. Ficha técnica de material fósil correspondiente a **A)** una vértebra caudal y **B)** dos dientes de saurópodos.

<p align="center">TITANOSAURIO INDETERMINADO </p> <p>Nombre: La palabra "Titanosaurio" deriva del griego y se traduce como lagarto gigante, en referencia al gran tamaño que desarrollaron estos grupos de dinosaurios</p> <p>Edad aproximada: 84 millones de años (Santoniano), Cretácico Superior</p> <p>Ubicación sistemática: Dinosauria. Saurischia. Sauropoda. Titanosauria.</p> <p>Longitud: 10 m</p> <p>Procedencia: Parque Norte</p> <p>Depositado en: Parque Geo-Paleontológico Proyecto Dino (MUCPv-1111)</p>		
		

Figura 4.14. Ulna MUCPv-1111 procedente de las bardas de Parque Norte.

<p align="center">TITANOSAURIO INDETERMINADO </p> <p>Material: dos vértebras cervicales</p> <p>Edad aproximada: 84 millones de años (Santoniano), Cretácico Superior</p> <p>Ubicación sistemática: Saurischia. Sauropoda. Titanosauria</p> <p>Longitud: 80 cm de alto</p> <p>Procedencia: Campus de la Universidad Nacional del Comahue (UNCo)</p> <p>Depositado en: Parque Geo-Paleontológico Proyecto Dino (MUCPv-2172)</p>		
		

Figura 4.15. Ficha técnica y escala comparativa del dinosaurio saurópodo representado por las dos vértebras cervicales halladas debajo de El Mirador en 2019. Abajo, fotografía de las tareas de rescate dirigidas por Jorge Calvo.

4.5. Aves

El registro de aves fósiles generalmente suele ser escaso por su estructura anatómica compuesta por huesos huecos de poco espesor los que son muy fácilmente atacados y destruidos por los agentes exógenos. Sin embargo, en el campus de la UNCo se ha dado la mayor concentración de restos de aves mesozoicas registradas en Sudamérica. Hasta ahora, se han podido identificar dos taxones que corresponden a *Patagopteryx deferrariisi* (Alvarenga y

Bonaparte, 1992) y *Neuquenornis volans* (Chiappe y Calvo, 1994). Estudios filogenéticos muestran las relaciones entre las dos especies de aves registradas con otras del mundo (Fig. 4.16).

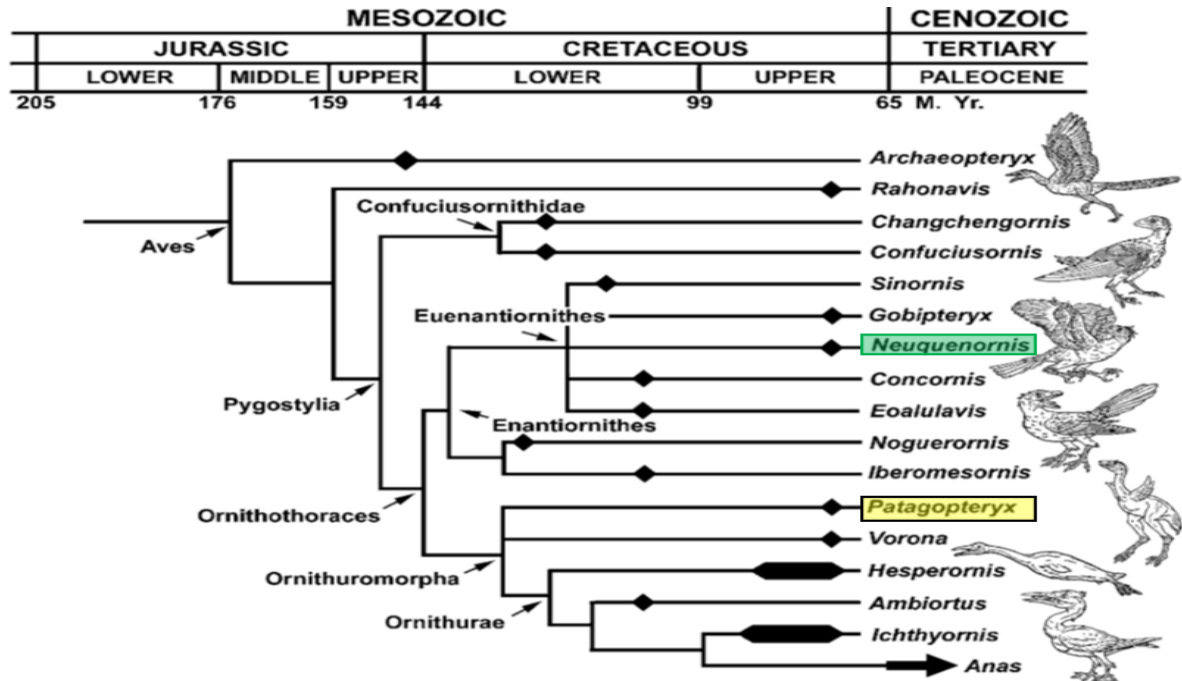


Figura 4.16. Cladograma que muestra las relaciones filogenéticas distintas entre el ave voladora *Neuquenornis* (rectángulo verde) y el ave corredora *Patagopteryx* (rectángulo amarillo). Extraído de Chiappe y Dyke (1992).

4.5.1. *Neuquenornis volans*

- Aves Linnaeus, 1758
- Enantiornithes Walker, 1981
- Avisauridae Brett-Surman y Paul, 1985
- Neuquenornis volans* Chiappe y Calvo, 1994

La reconstrucción de *N. volans* indica que tenía un tamaño similar al de una paloma actual, con un largo de unos 30 cm (Fig. 4.17) y adaptada a posarse sobre ramas de acuerdo a la morfología de las falanges pedales (uñas). Además, la estructura de la caja torácica y de las extremidades anteriores indican que esta ave cretácica neuquina habría tenido la capacidad de volar (Chiappe y Calvo, 1994).

El holotipo MUCPv-142 fue hallado a 50 m al este del edificio de la Facultad de Turismo por Calvo. Los materiales rescatados conforman un esqueleto semiarticulado que contiene una porción posterior del cráneo, algunas vértebras y casi la totalidad de los miembros anteriores y posteriores (Fig. 4.17). *N. volans* exhibe características (sinapomorfias) que lo ubican dentro del clado de las Enantiornithines, un grupo de aves voladoras que se extinguieron junto con los

dinosaurios, siendo hasta el momento el representante más completo y mejor preservado en el mundo de este clado.

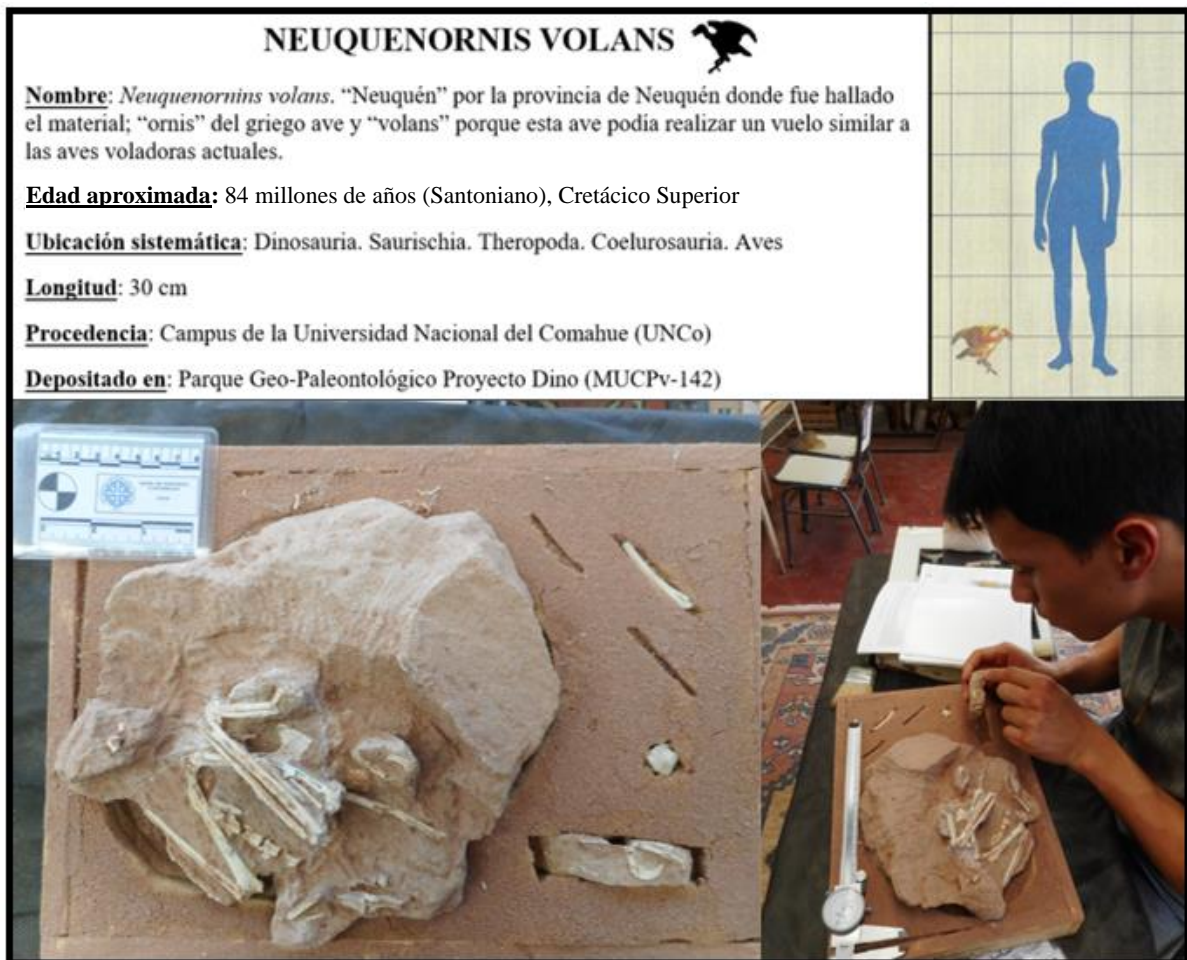


Figura 4.17. Arriba, ficha técnica y escala comparativa de *N. volans*. Abajo se muestra el holotipo MUCPv-142 resguardado en la colección del Parque Geo-Paleontológico Proyecto Dino.

4.5.2. Patagopteryx deferrariisi

Aves Linnaeus, 1758

Patagopterygidae Alvarenga y Bonaparte, 1992

Patagopteryx deferrariisi Alvarenga y Bonaparte, 1992

Patagopteryx deferrariisi fue un ave de dimensiones similares a las de una gallina, con unos 46 cm de longitud (Fig. 4.18). No estaba adaptada para volar pero si para correr, tal como lo hacen las aves del grupo Ratitae, dentro del cual fue incluido inicialmente por Alvarenga y Bonaparte (1992). Actualmente, a este grupo pertenecen aves corredoras como el ñandú. Sin embargo, posteriormente fue reclasificada dentro del grupo de los Ornithurae, un linaje de aves no voladoras paralelo a las ratites pero con caminos evolutivos separados (Chiappe, 1995).

Estudios histológicos (cortes delgados de huesos) indican que en este grupo de aves los individuos atravesaban pulsos de crecimiento, contrario a lo que sucede en aves y mamíferos modernos en donde el crecimiento es constante y paulatino (Chinsamy y Elzanowski, 2001).

Materiales de esta especie son numerosos, estando uno de ellos prácticamente completo. El holotipo (MACN-N-03) fue hallado en 1984 y publicado por Alvarenga y Bonaparte (1992). El paratipo MUCPv-48 fue colectado por Calvo a unos pocos metros de distancia hacia el este de los hallazgos anteriores que incluyen al holotipo y del otro lado del camino que se dirige hacia el gimnasio de la UNCo. Dicho ejemplar está representado por un fragmento del cráneo, varias vértebras, un miembro anterior completo (Fig. 4.18) y fragmentos apendiculares y de la cadera. Otros especímenes hallados en el campus de la UNCo son MUCPv-136 y MUCPv-207.

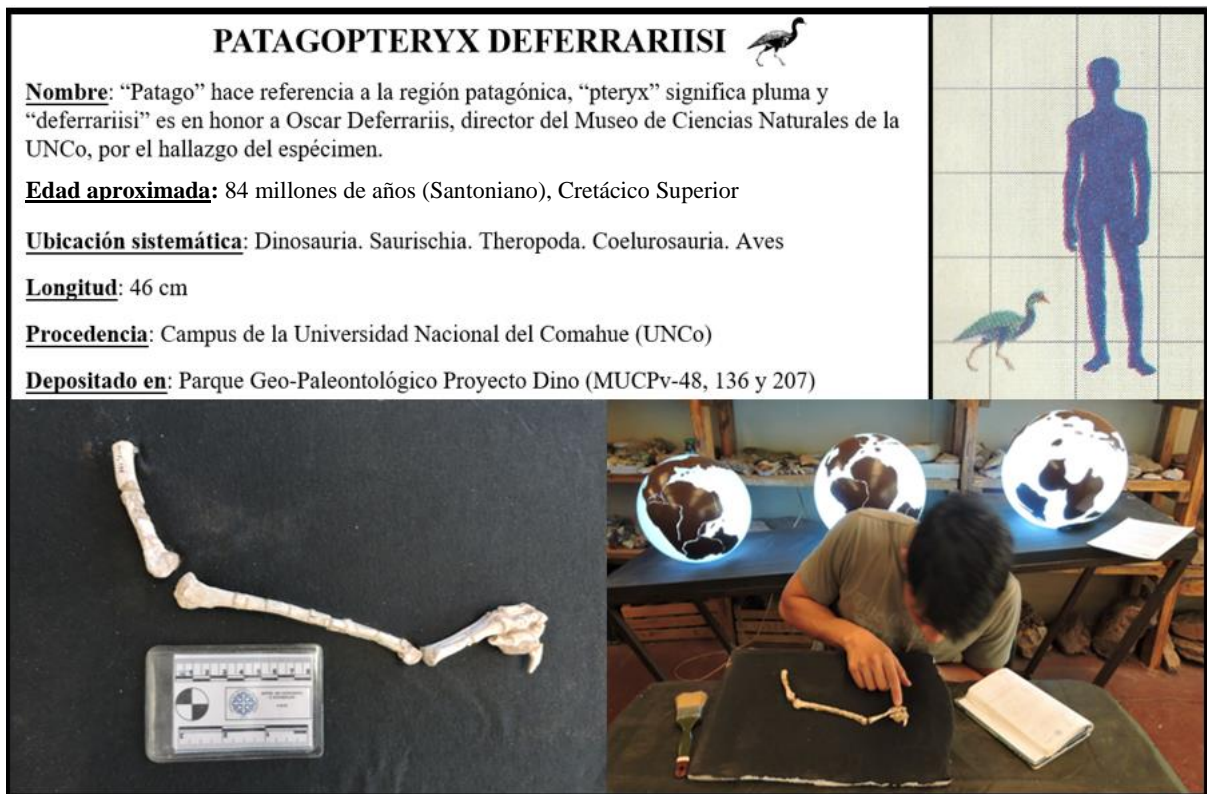


Figura 4.18. Arriba, ficha técnica y escala comparativa de *P. deferrariisi*. Abajo se muestran las piezas rescatadas del paratipo MUCPv 48, resguardado en la colección del Parque Geo-Paleontológico Proyecto Dino.

4.6. Huevos de ave

En el campus de la UNCo, específicamente en la Facultad de Turismo y áreas vecinas, se han hallado cientos de fragmentos de huevos fósiles de aves (Schweitzer et al., 2002; Fernández et al., 2013). De todos los materiales merecen destacarse cinco de ellos que corresponden a especímenes parcialmente completos (MUCPv-12, 37, 284 y 305-309) en donde en uno de ellos (MUCPv-284) se ha preservado un embrión articulado en su interior (Fig. 4.19). En base a los huevos completos se observa que la morfología es ovalada con longitudes de entre 41 mm y 47 mm y diámetros de 26-29 mm (Fernández et al., 2013). En varios ejemplares se han preservado restos de embriones como en MUCPv-248 y los elementos detectados han arrojado evidencia suficiente del esqueleto como para vincular a los huevos a un linaje de aves basales (Schweitzer et al., 2002). Hasta el momento, solo *Neuquenornis volans* (Chiappe y Calvo, 1994) y *Patagopteryx deferrariisi* (Alvarenga y Bonaparte, 1992) constituyen los únicos ejemplares del taxón Aves presentes en las bardas de la ciudad de Neuquén que podrían tener alguna relación

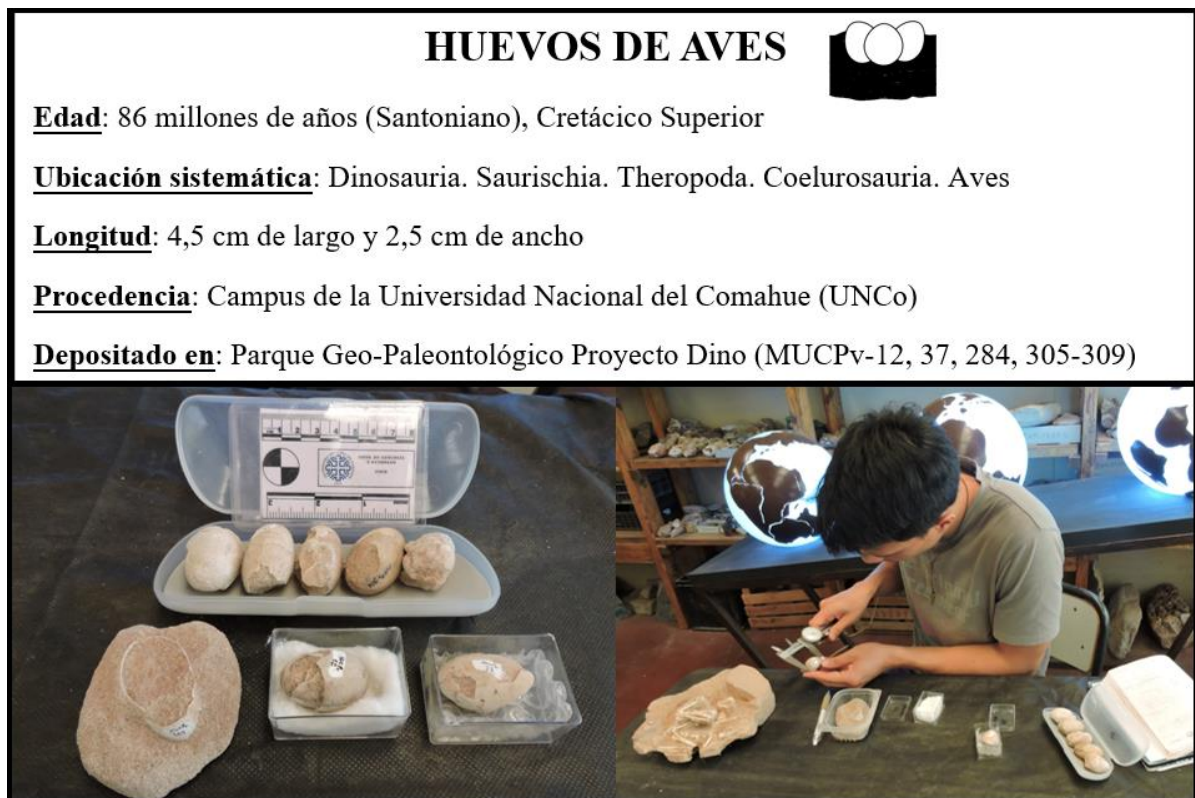


Figura 4.19. Arriba, ficha técnica de los huevos de aves. Abajo se muestran algunos de los ejemplares de huevos de aves fósiles.

con los huevos de aves hallados. Calvo (com. pers.) realizó el hallazgo de material de *Patagopteryx* (MUCPv-48) asociado a algunos huevos de aves, similares a los hallados en cercanías de la Facultad de Turismo. Un estudio embrionario ha permitido clasificar a los

huevos del campus de la UNCo dentro del grupo de aves Enanthiornithine (Fig. 4.20) y, además, determinar rastros de colágenos similares a los hallados en huevos de aves actuales (Avci et al., 2005).

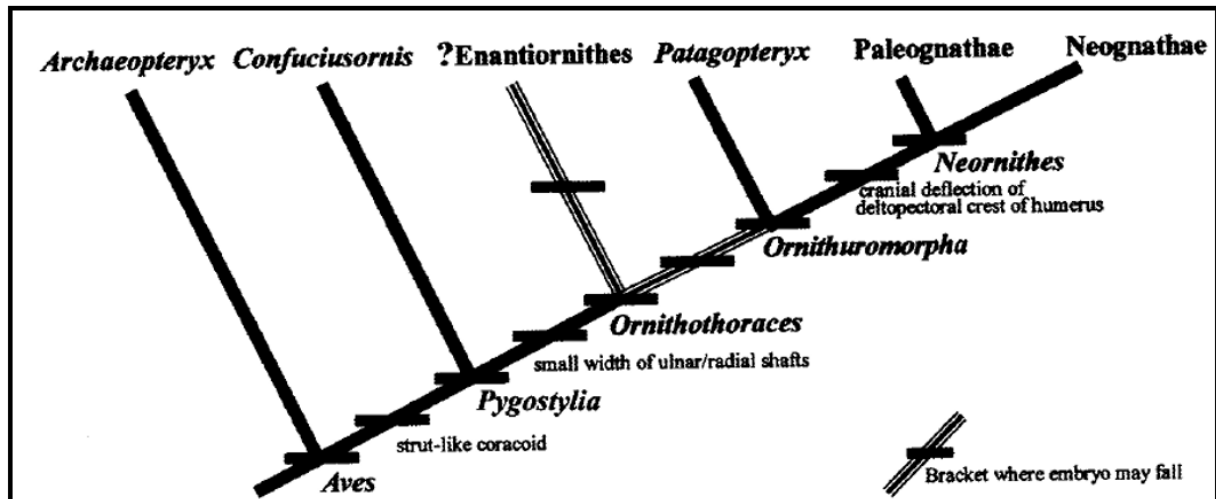


Figura 4.20. Clasificación filogenética de los huevos de aves realizada en base al análisis de los embriones preservados. El clado Ornithothoraces al que pertenecen los huevos de aves también incluye a *Patagopteryx* y a *Neuquenornis*. Extraído de Schweitzer et al. (2002).

4.7. Discusión paleontológica

El registro paleontológico de las bardas de la ciudad de Neuquén está integrado por dos asociaciones faunísticas bien distintas que se diferencian de acuerdo al tamaño de sus especies y de la posición estratigráfica relativa que se infiere de los reportes de sus hallazgos. Por un lado, se encuentra una “asociación faunística pequeña” integrada por dinosaurios (*Velocisaurus*, *Alvarezsaurus*), cocodrilos (*Notosuchus*, *Neuquensuchus*, *Comahuesuchus*, *Cynodontosuchus*, *Wargosuchus*), serpientes (*Dinilysia*), huevos de aves y aves (*Patagopteryx* y *Neuquenornis*), cuyos ejemplares provienen de los horizontes inferiores de las rocas que afloran en las bardas vinculados a facies eólicas y, en particular, la gran mayoría procede del playón de la UNCo. Por otro lado, se desarrolla una “asociación faunística grande” integrada por dinosaurios saurópodos que han sido extraídos de los niveles superiores de las bardas asociados a facies fluviales cretácicas (Calvo y Álvarez, 2019; Berra et al., 2019), tales como *Neuquensaurus*, *Argyrosaurus* y numerosos restos de saurópodos titanosaurios.

Lo que se observa notoriamente es que la fauna de dinosaurios medianos a grandes corresponde exclusivamente al clado de los saurópodos. Los mismos habrían sido extraídos de



facies fluviales cretácicas correspondientes a niveles estratigráficos ubicados por encima de los horizontes portadores que albergan a la “asociación faunística pequeña” y que procederían de ambientes de dunas e interdunas. Un análisis sedimentológico y bioestratigráfico se verá en detalle en la sección 8.

5. DESCRIPCIÓN DE FACIES SEDIMENTARIAS

5.1. Descripción de los perfiles levantados

Se levantaron tres perfiles en la zona de estudio. El perfil A-A' (Fig. 5.1) se localiza en el sector oriental dentro del campus universitario de la UNCo. En esta área los afloramientos de areniscas mayormente blancas amarillentas dominan la parte inferior de la sucesión sedimentaria de las bardas. La parte superior no muestra grandes cambios litológicos pero si contiene horizontes o plataformas que se intercalan entre los depósitos de areniscas hasta el contacto con los conglomerados de los depósitos aterrazadas antiguos del río.

El perfil B-B' (Fig. 5.2) muestra tres sectores bien diferenciados. El inferior contiene depósitos similares a los ubicados en la parte inferior el perfil A-A'. En su sección media, la sucesión sedimentaria muestra un dominio de pelitas rojas de gran persistencia lateral intercaladas con paquetes de areniscas blancas muy friables. En este caso, las exposiciones no son muy visibles ya que se encuentran cubiertas en gran parte por derrubios. Finalmente, las bardas son coronadas por depósitos de conglomerados correspondientes a las terrazas del río Neuquén.

El perfil C-C' (Fig. 5.3) también se levantó en el área occidental de la zona de estudio y allí los afloramientos de las bardas muestran cuatro sectores con características litológicas distintas. La parte inicial de la sucesión sedimentaria, al igual que en los dos perfiles anteriores, contiene depósitos de areniscas blancas amarillentas principalmente. En la sección media se destacan nuevamente los horizontes con areniscas cementadas que se intercalan con areniscas friables y pelitas rojas, estas últimas no tan abundantes como en el perfil B-B'. Hacia las cotas superiores de las bardas, se distinguen dos sectores bien marcados, uno inferior que aflora únicamente en esta zona y que consiste en sedimentitas de colores grises oscuros, y uno superior que, marcando el tope de las bardas, consiste en conglomerados correspondientes a los depósitos de terraza antiguos del río.

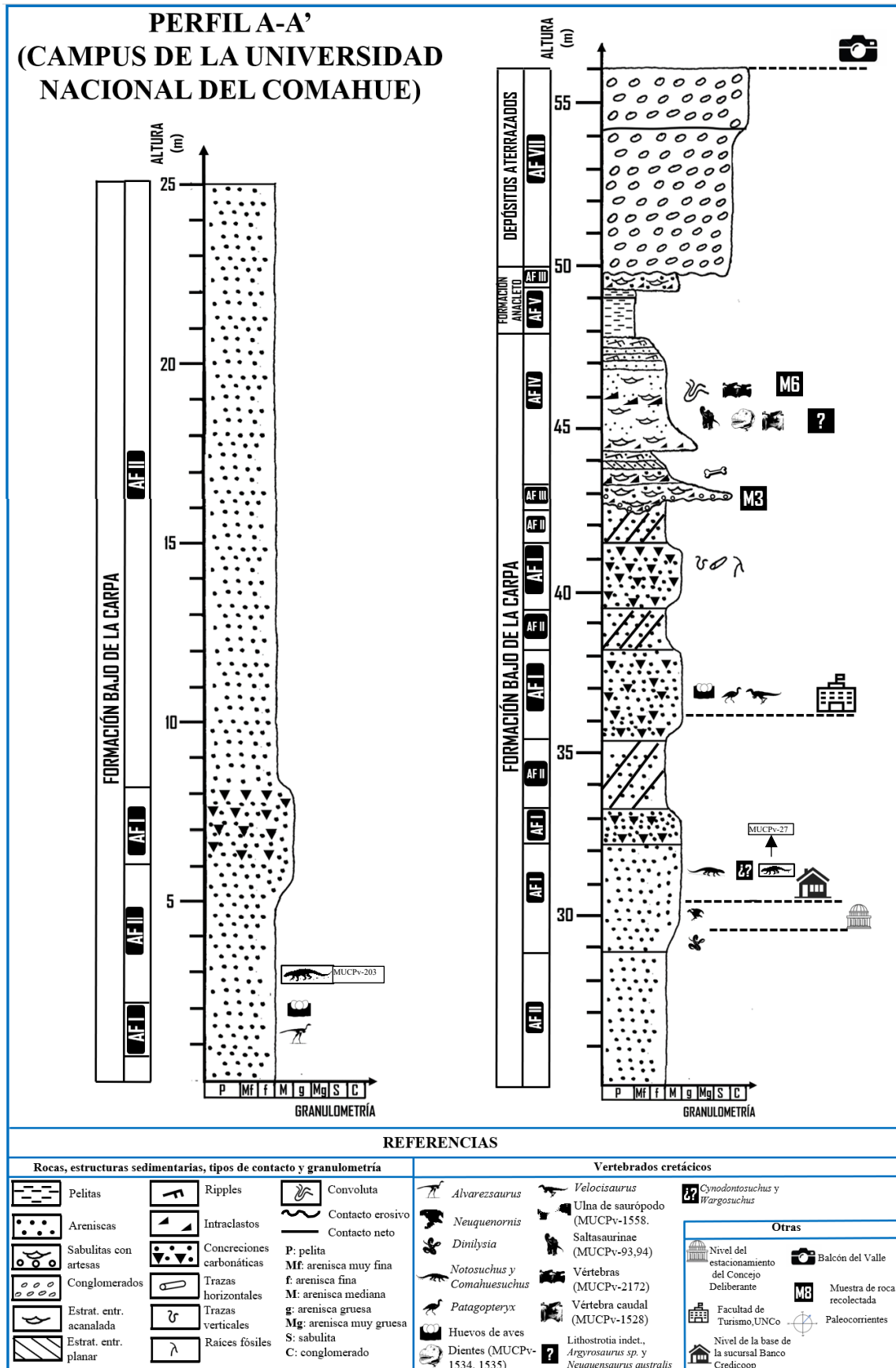


Figura 5.1. Perfil A-A' levantado en el campus de la UNCo.

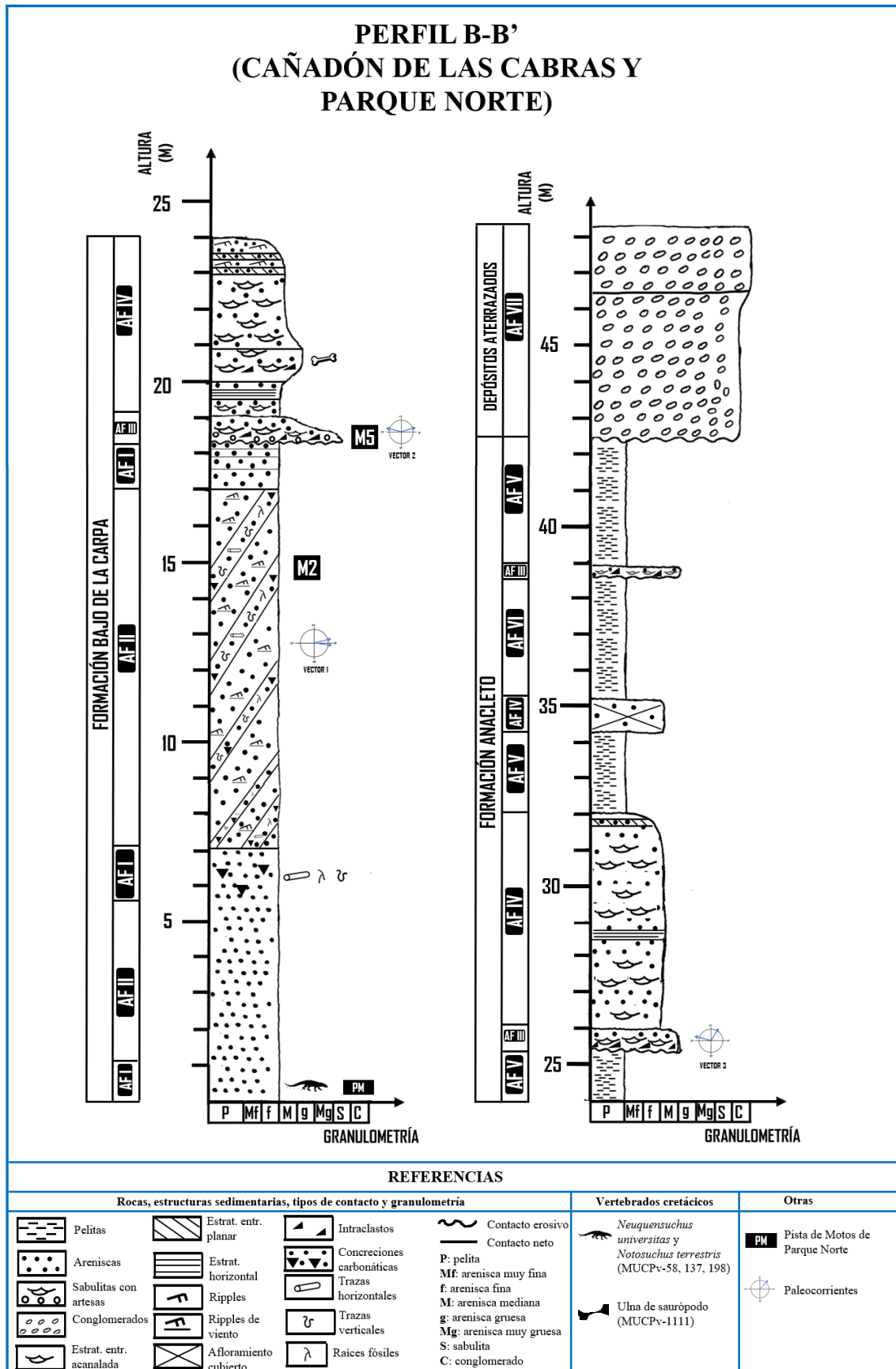


Figura 5.2. Perfil B-B' localizado en el Cañadón de las Cabras y Parque Norte.

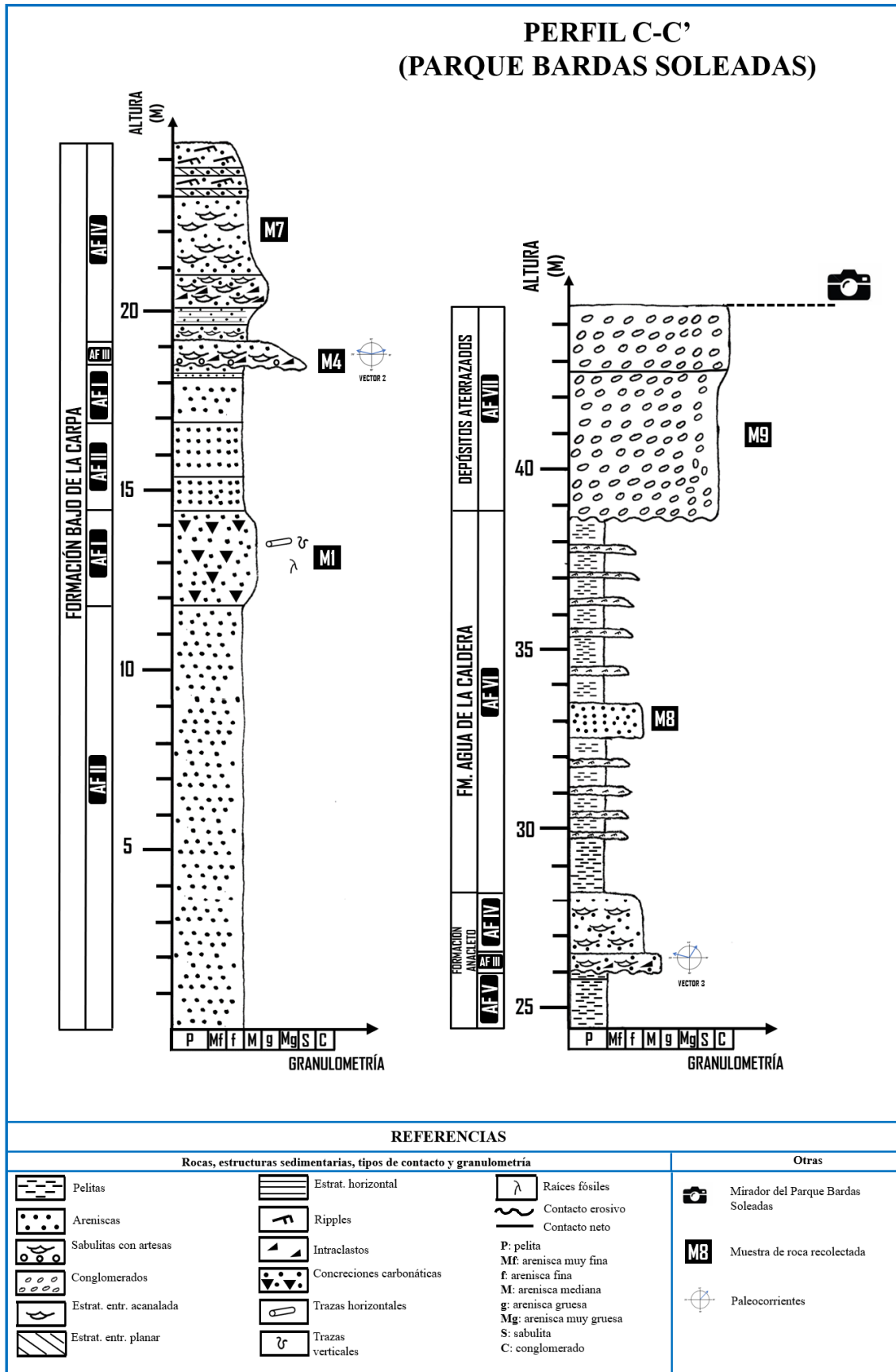


Figura 5.3. Perfil C-C' levantado en el área del parque Bardas Soleadas.

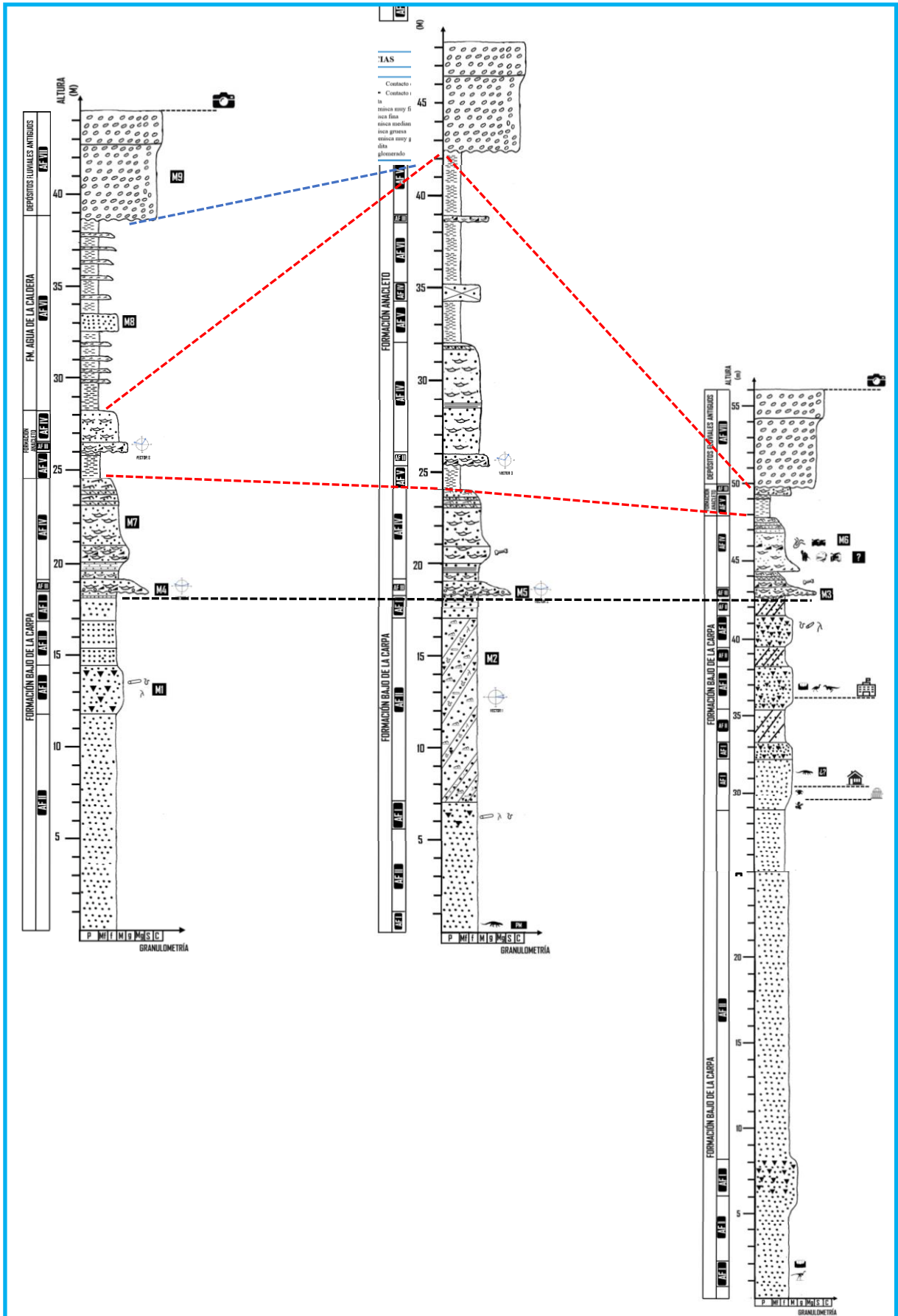


Figura 5.4. Correlación entre los tres perfiles realizados. La línea punteada negra señala el límite entre las facies eólicas y fluviales de la Fm. Bajo de la Carpa. La línea punteada roja representa la base y el techo preservado de la Fm. Anacleto. La línea punteada en azul delimita el techo preservado de la Fm. Agua de la Caldera.

5.2. Descripción de las facies

5.2.1. Facies fluviales

5.2.1.a. Facies F1: conglomerados polimícticos con cemento carbonático

Descripción

Consiste en conglomerados polimícticos con clastos tamaño guija (4 mm-6,4 cm) y guijarro (6,4 cm-25,6 cm) que se encuentran flotando en una matriz arenosa cementada con carbonato de calcio (Fig. 5.5 A). Esta facies tiene selección mala; con clastos bien redondeados y de esfericidad alta. F1 constituye cuerpos sedimentarios mantiformes que se localizan típicamente en el tope de las bardas. No se pudieron reconocer estructuras sedimentarias pero los depósitos muestran numerosos ciclos con tendencias granodecrecientes que en su base están tapizados por gravas gruesas o guijarros y en el tope están dominados por gravas medianas y finas, principalmente guijas. La imbricación de clastos es ligeramente notoria (Fig. 5.5 A)

Interpretación

Esta facies es el resultado de la migración de formas de lecho gravosas a partir de flujos tractivos unidireccionales con mucha concentración de sedimentos, vinculados a un régimen de flujo inferior de alta energía (Simons, Richardson y Nordin, 1965; Harms, 1979). La presencia de cemento carbonático en la base de los clastos sugiere que su naturaleza es diagenética y probablemente esté vinculado a procesos de carbonatación por capilaridad.

5.2.1.b. Facies F2: conglomerados polimícticos

Descripción

Consiste en conglomerados polimícticos de mala selección con clastos tamaño guija y guijarro de fábrica clasto-sostén, aunque se puede apreciar una matriz arenosa (Fig. 5.5 B). Los clastos están bien redondeados y presentan esfericidad alta. Esta facies constituye cuerpos sedimentarios mantiformes que se localizan típicamente en el tope de las bardas y por debajo de la facies F1. No se pudieron reconocer estructuras sedimentarias pero los depósitos muestran numerosos ciclos con tendencias granodecrecientes que en su base están tapizados por gravas gruesas o guijarros y en el tope están dominados por gravas medianas y finas, principalmente guijas.

Interpretación

Esto permite interpretar a estos depósitos como el resultado la migración de formas de lecho gravosas a partir de flujos tractivos unidireccionales de alta energía con mucha concentración de sedimentos.

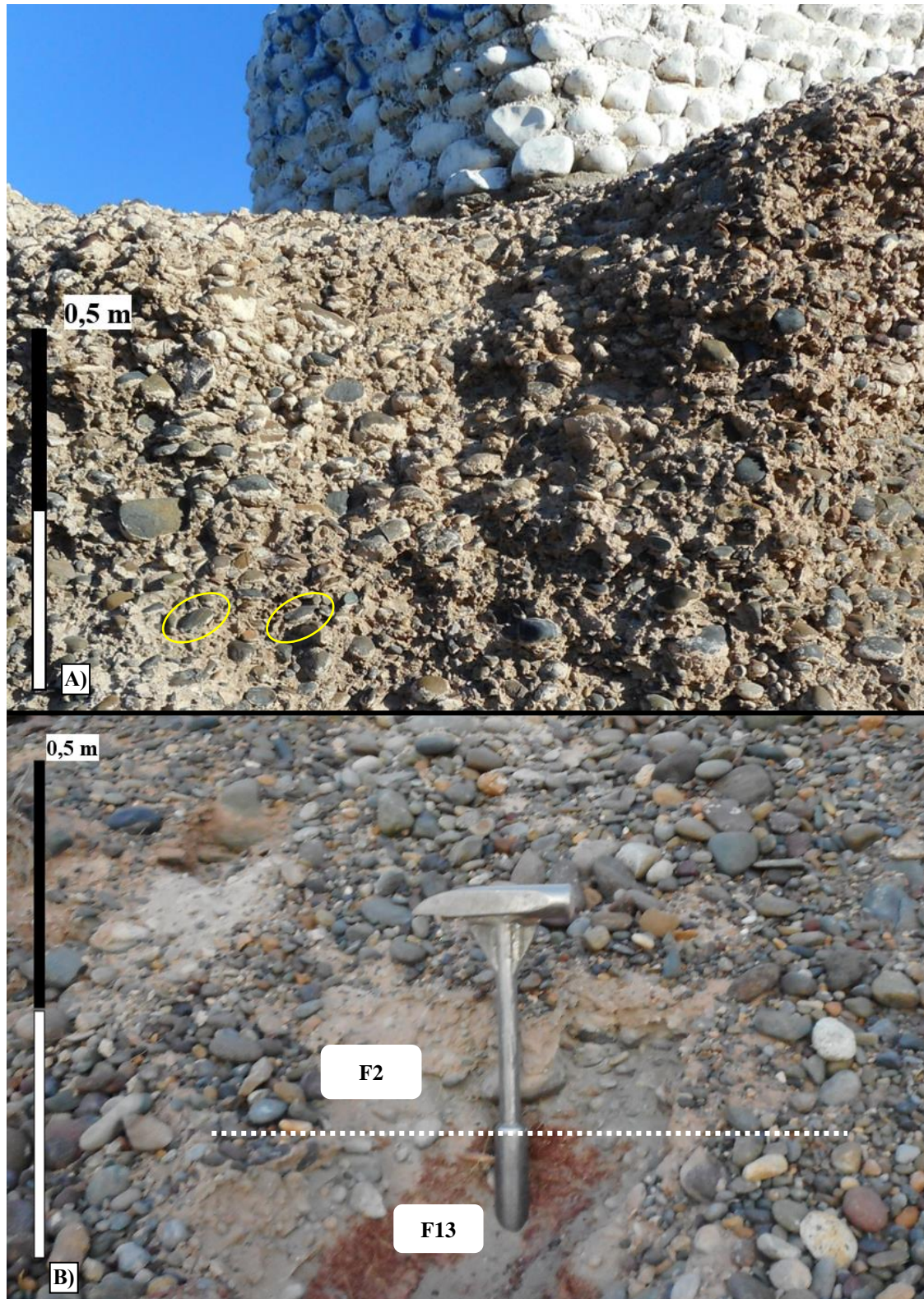


Figura 5.5. A) Conglomerados cementados con carbonato de calcio de la facies F1. Las elipses amarillas indican la posición de dos clastos imbricados e indicando una paleocorriente local hacia la derecha. B) Conglomerados de la facies F2 en contacto con las pelitas rojas de la facies F13.

5.2.1.c. Facies F3: sabulita con estratificación entrecruzada acanalada

Descripción

Consiste en areniscas muy gruesas intercaladas con sabulitas clasto-sostén dispuestas en *sets* de estratificación entrecruzada acanalada y cementadas con carbonato de calcio. En la base de los *sets* (Fig. 5.6), se observan intraclastos de limolitas y pelitas verdes de hasta 3 cm y de fragmentos de huesos (Fig. 5.7), formando lentes irregulares de hasta 10 cm, que pasan transicionalmente a sabulitas (las cuales predominan en la facies). La estratificación acanalada se genera mayormente a partir de diferencias texturales entre las sabulitas y las areniscas muy gruesas, formando *sets* de 0,3 m de espesor y 1,4 m de largo. Los clastos de estas sabulitas son subredondeados y equidimensionales. Composicionalmente, son granos de cuarzo y en menor proporción aparecen líticos de color oscuro. Poseen una máscara de color negro, pero la roca tiene un color gris muy claro (N8) en muestra fresca.

Interpretación

Estos depósitos son el resultado de la migración de megaóndulas de crestas sinuosas bajo un régimen de flujo inferior de alta energía (Simons, Richardson y Nordin, 1965; Harms, 1979). Aquí el término “megaóndula” es equivalente a “megaripple” o “duna” según Miall (1996). La presencia de bloques pequeños del substrato ubicado por debajo indica fondos de canal o depósitos de *lag*.

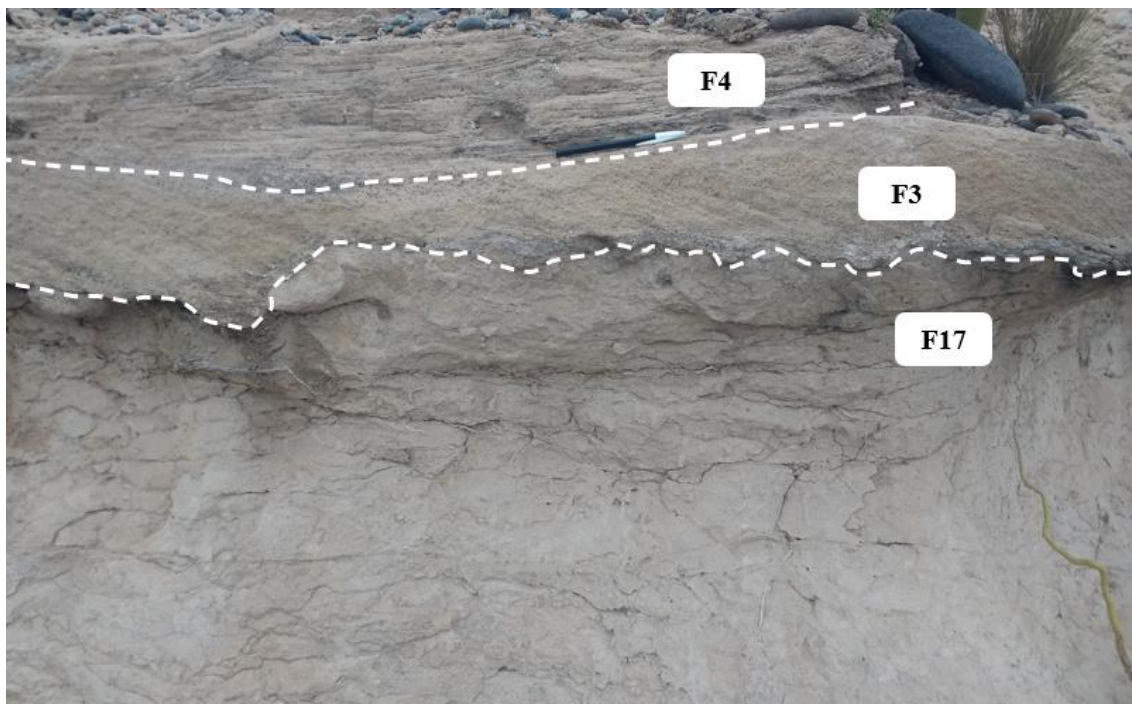


Figura 5.6. Contacto fuertemente erosivo entre las facies F17 y F3.



Figura 5.7. Presencia de intraclastos y fragmentos de huesos dentro de la facies F3.

5.2.1.d. Facies F4: arenisca mediana a gruesa con estratificación entrecruzada acanalada

Descripción

Areniscas cuarzosas (cuarzoarenitas) medianas intercaladas con areniscas gruesas de textura clasto-sostén y matriz cementada carbonato de calcio. Se disponen en *sets* de 0,2-0,3 m de espesor y 1,4 m de largo con estratificación entrecruzada acanalada (Fig. 5.8) y en ciertos sectores llegan a formar *cosets* de hasta 1 m. Los *sets* forman cuerpos sedimentarios mantiformes que se extienden por toda el área de estudio y que en los perfiles de las bardas resaltan entre la sucesión sedimentaria.

Interpretación

Son el resultado de la migración de megaóndulas de crestas sinuosas en flujos unidireccionales asociados a un régimen de flujo inferior de alta energía (Simons, Richardson y Nordin, 1965; Harms, 1979).

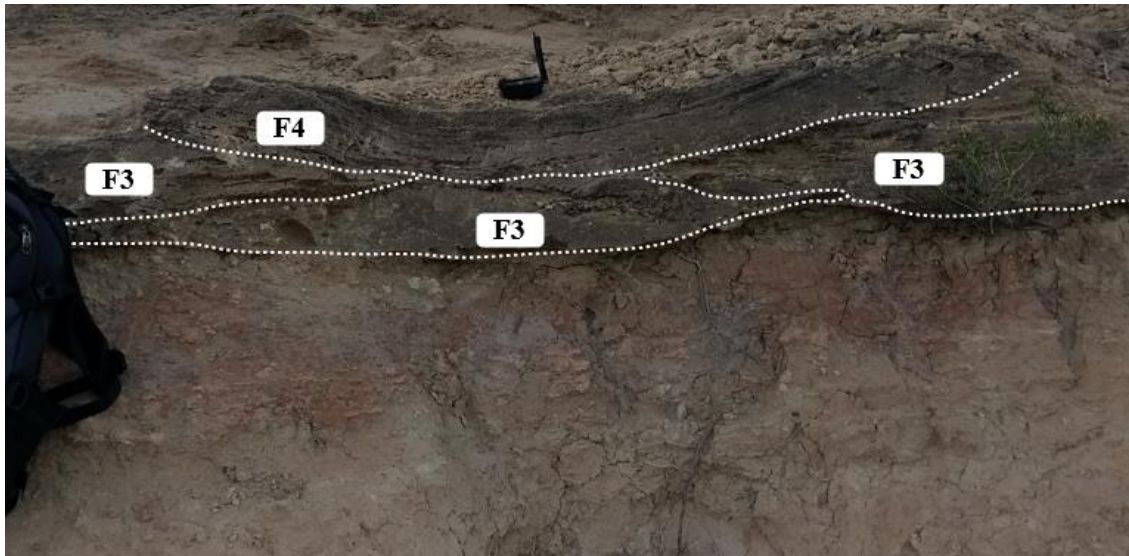


Figura 5.8. Afloramiento típico de las facies F3 y F4 en donde se puede apreciar con claridad al menos cuatro *sets* con estratificación entrecruzada acanalada cuyas bases están señaladas por las líneas blancas intermitentes.

5.2.1.e. Facies F5: arenisca gruesa a mediana con estratificación entrecruzada acanalada y abundantes intraclastos

Descripción

Consiste en areniscas medianas a gruesas (cuarzoarenitas) de color gris claro (N8). Contienen estratificación entrecruzada acanalada que se puede observar en forma de *sets* de 0,2 m de espesor y 1,9 m de largo. Esta estructura sedimentaria se define a partir de la variación textural entre capas de areniscas gruesas y areniscas medianas (Figs. 5.9 y 5.10). Se distingue fácilmente en campo por ser muy friable y por no tener matriz con cemento carbonático. Contiene, además, una gran cantidad de intraclastos de diámetro promedio de 2 cm compuestos por pelitas verdes y areniscas muy finas verdosas. Esta facies es la roca portadora de la ulna MUCPv -1558 y de las dos vértebras cervicales MUCPv-2172.

Interpretación

Esta facies tiene su origen en la migración de formas de lecho o megaóndulas de crestas sinuosas debido a flujos tractivos unidireccionales de régimen de flujo inferior de alta energía (Simons, Richardson y Nordin, 1965; Harms, 1979).

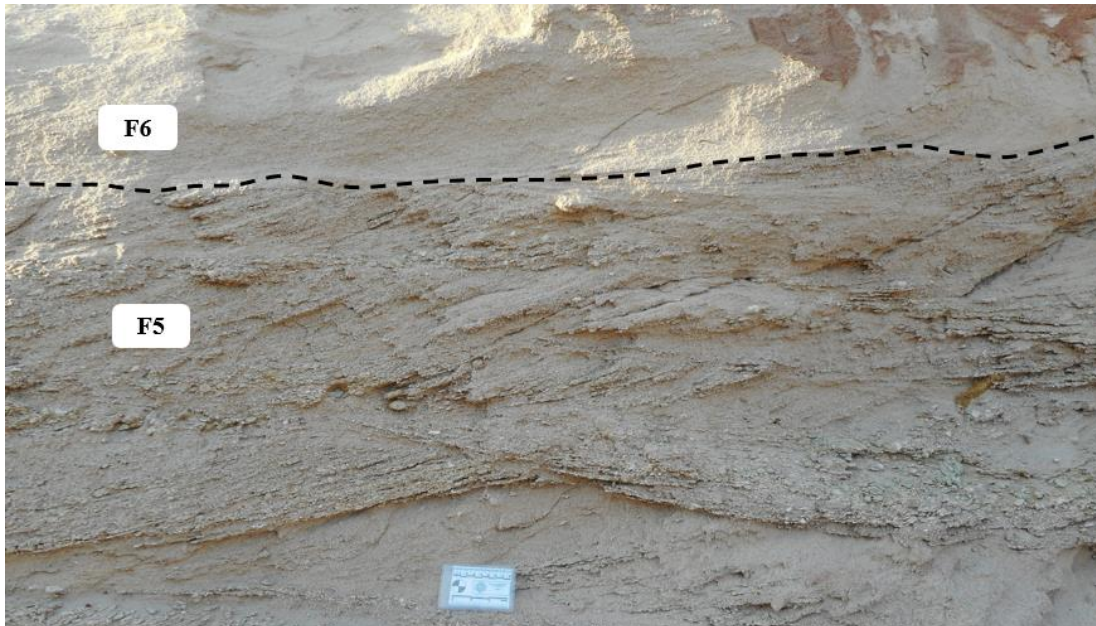


Figura 5.9. Areniscas gruesas y medianas correspondientes a la facies F5. En la figura se pueden observar dos *sets* con estratificación cruzada acanalada.



Figura 5.10. Areniscas gruesas y medianas correspondientes a la facies F5. En la figura se pueden observar dos *sets* con estratificación cruzada acanalada.

5.2.1.f. Facies F6: arenisca mediana con estratificación entrecruzada acanalada

Descripción

Areniscas medianas clasto-sostén con estratificación entrecruzada acanalada la cual se puede observar en forma de *sets* de 15 cm de espesor y 1,4 m de largo (Fig. 5.11). No presentan cemento y se distinguen fácilmente en muestra de mano por su friabilidad. Mineralógicamente, se trata de una roca muy madura constituída mayormente por cuarzo; presenta un color gris claro (N8). En ciertos sectores, las artesas suelen estar deformadas por pliegues de más de 1 m de espesor (Fig. 5.30). Estos pliegues suelen ser rectos, es decir, no muestran una inclinación preferencial sobre sus flancos.

De esta facies provienen la ulna de saurópodo MUCPv-1111, los miembros apendiculares más una vertebra dorsal de un titanosaurio saltasaurino MUCPv-93 y MUCPv-94, los dos dientes de saurópodos MUCPv-1534 y 1535 y la vértebra caudal MUCPv-1528.

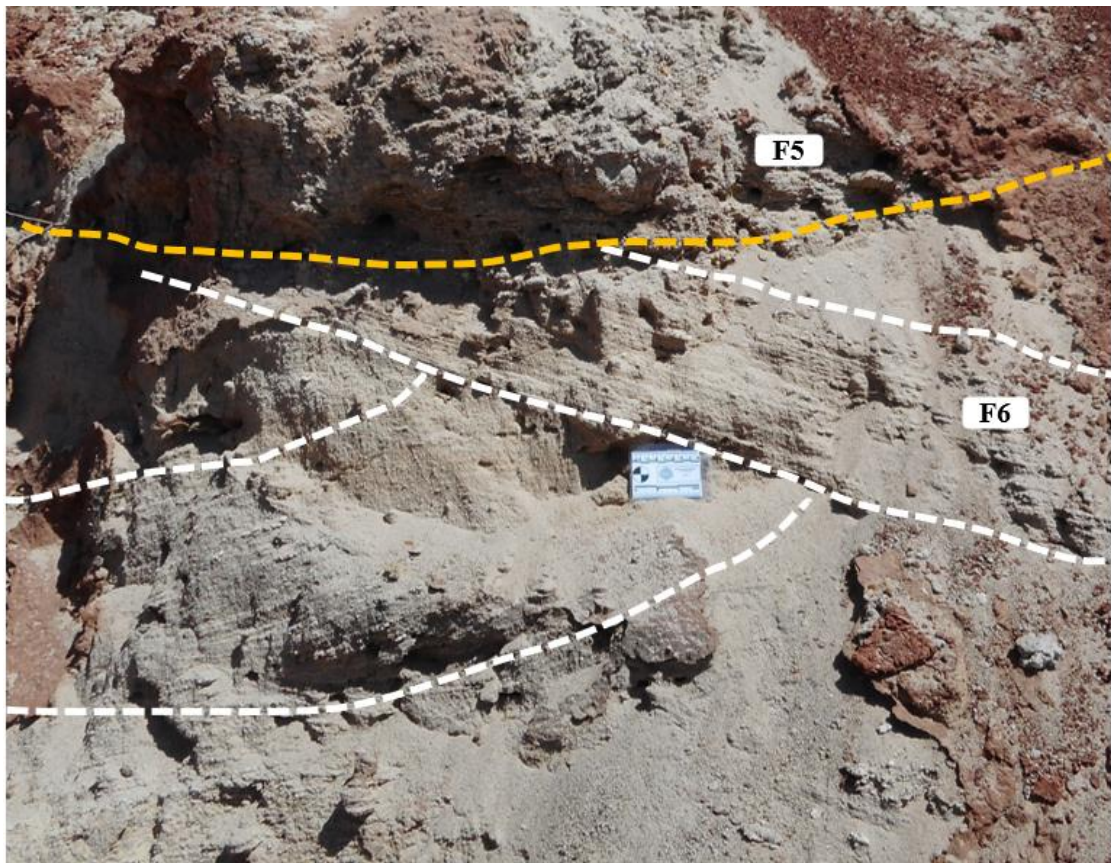


Figura 5.11. Areniscas medianas correspondientes a la facies F6. En la figura se pueden observar dos *sets* con estratificación cruzada acanalada.

Interpretación

Esta facies es el producto de la migración de formas de lecho sinuosas asociadas a corrientes

tractivas unidireccionales en un régimen de flujo inferior (Simons, Richardson y Nordin, 1965; Harms, 1979). A diferencia de la facies anterior, la ausencia de intraclastos se puede interpretar como una menor energía de esas corrientes acuosas dentro del régimen de flujo mencionado. Los pliegues son interpretados como estratificación convoluta debido a escapes de agua.

5.2.1.g. Facies F7: arenisca mediana con estratificación horizontal

Descripción

Arenisca fina a mediana clasto-sostén, friable, que no presenta reacción con ácido clorhídrico. Contiene estratificación horizontal definida por variaciones texturales entre capas de areniscas medianas y areniscas finas (Fig. 5.12). Se presenta en *sets* de escasa continuidad lateral que pueden alcanzar espesores de 0,5 m. Composicionalmente, se trata de una roca muy madura de color gris claro (N8) constituida mayormente por clastos de cuarzo.

Interpretación

Se interpreta que esta facies representa la depositación de arenas a partir de flujos tractivos de régimen de flujo superior que producen el aplanamiento de las formas de lecho (Simons, Richardson y Nordin, 1965; Harms, 1979).



Figura 5.12. Estratificación horizontal en la facies F6 compuesta por la variación textural entre láminas de areniscas medianas y láminas de areniscas finas.

5.2.1.h. Facies F8: arenisca mediana con estratificación entrecruzada planar

Descripción

Areniscas medianas clasto-sostén con estratificación entrecruzada planar en forma de *sets* de 0,1-0,15 m de espesor (Fig. 5.13) y de poca extensión lateral al igual que la facies F7. Esta facies tampoco muestra reacción con el ácido clorhídrico y se destaca, al igual que las facies anteriores, por su friabilidad. Composicionalmente, los clastos que la constituyen son en su mayoría de cuarzo. El color de esta facies es gris claro (N8).

Interpretación

Estos depósitos son el resultado de la migración de formas de lecho debido a corrientes tractivas unidireccionales en condiciones de flujo de régimen inferior y moderada a baja energía (Simons, Richardson y Nordin, 1965). En este caso, esas formas de lecho corresponden a óndulas de cresta recta (Harms, 1979).

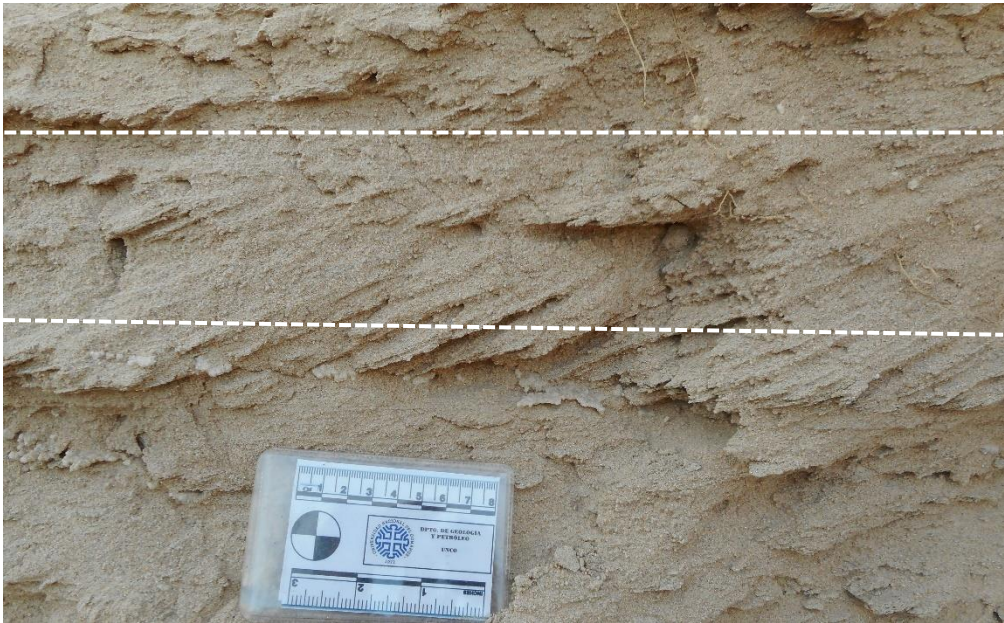


Figura 5.13. Afloramiento de la facies F8 en donde se resalta con líneas blancas un *set* de estratificación entrecruzada planar.

5.2.1.i. Facies F9: arenisca mediana con laminación entrecruzada planar

Descripción

Está representada por una arenisca mediana a fina clasto-sostén, de color gris claro (N8) con laminación entrecruzada planar formando *sets* de 5 cm de espesor con geometrías lenticulares (Fig. 5.14). Se puede observar que la laminación es el producto de la intercalación de láminas

de arenisca fina con láminas de arenisca mediana.

Interpretación

Esta facies es el resultado de la migración de *ripples* u ondulitas de corriente (Harms, 1979), es decir, formas de lecho de pequeño tamaño y de cresta recta. La preservación de las caras de avalancha rectas indica que se trataron de *ripples* asimétricos, con crestas continuas, desarrollados en flujos tractivos unidireccionales de baja energía en un régimen de flujo inferior (Simons, Richardson y Nordin, 1965; Harms, 1979).

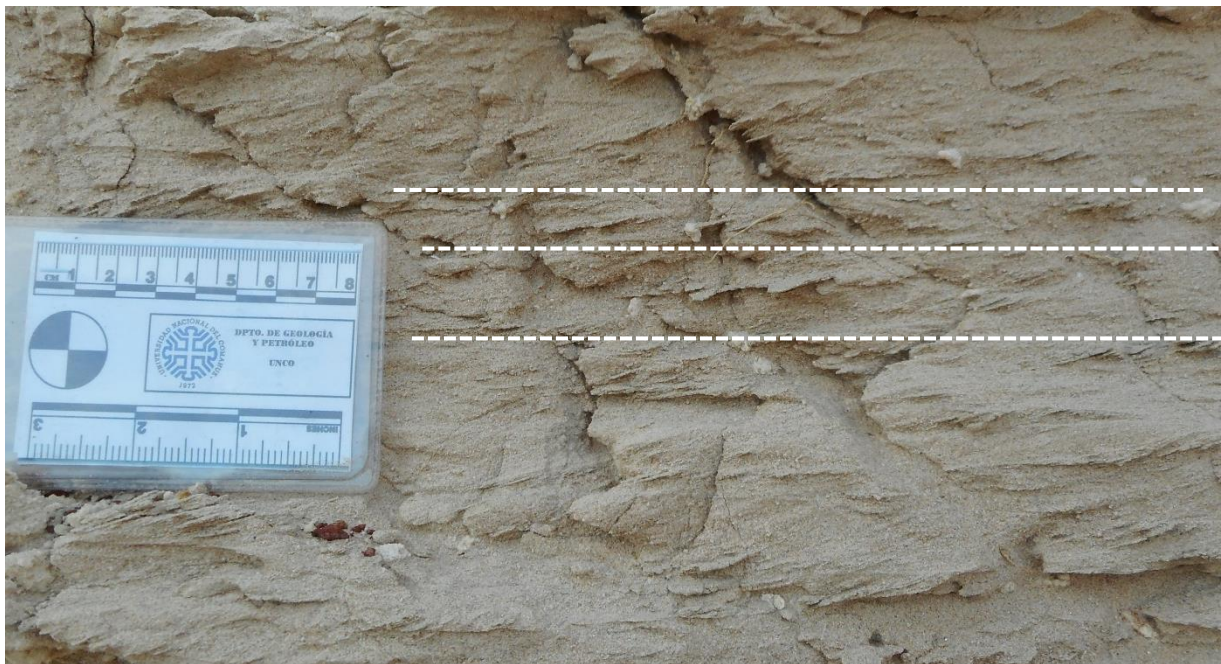


Figura 5.14. Facies F9 con laminación entrecruzada planar. Los *foresets* inclinan hacia la izquierda tal como se ve en los dos *sets* señalados con líneas blancas.

5.2.1.j. Facies F10: arenisca gruesa gris oscura con estructuras tractivas

Descripción

Areniscas gruesas a medianas de colores grises oscuros (N4), a veces con tonos azulados, ligeramente más friable que las rocas de las facies F5, F6, F7, F8 y F9 (Fig. 5.15). Esta facies conforma geometrías lenticulares en las que se pueden ver estructuras sedimentarias entrecruzadas planares y acanaladas. Composicionalmente, son muy distintas a otras facies de areniscas ya que poseen una gran cantidad de clastos líticos de color oscuro.

Interpretación

Esta facies es el resultado de la migración de formas de lecho de crestas rectas y sinuosas a partir de flujos tractivos unidireccionales de régimen de flujo inferior y alta energía (Simons,

Richardson y Nordin, 1965; Harms, 1979).



Figura 5.15. Areniscas medianas y gruesas con estructuras tractivas correspondientes a la facies F10.

5.2.1.k. Facies F11: Arenisca fina masiva

Descripción

Se trata de una arenisca de granulometría fina, cuarzosa y de color verdoso (5GY 6/1) que aparece en forma de cuñas de muy poco desarrollo. Constituye la mayoría de los intraclastos observados en las facies F3 y F5. El poco desarrollo de esta facies no permite distinguir estructura sedimentaria alguna.

Interpretación

El tamaño de clasto fino indica que esta roca fue depositada a partir de flujos tractivos unidireccionales en regímenes de flujo inferiores. Al no observarse estructuras sedimentarias en los escasos afloramientos, no se puede inferir si esta facies representa la migración de megaóndulas de crestas sinuosas o rectas, o bien, de ondulitas (*ripples*).

5.2.1.1. Facies F12: Pelitas con intercalaciones de areniscas finas

Descripción

Consiste en pelitas y areniscas muy finas a finas de colores grises oscuros predominantes (N4). Al igual que la facies F10, son muy friables. Las muestras en mano permiten inferir una naturaleza tobácea para sus depósitos (Fig. 5.16). En cierto sectores, las areniscas finas muestran laminación entrecruzada planar y acanalada. Está presente únicamente en el sector del Perfil C-C' conformando horizontes tabulares muy continuos.

Interpretación

Las pelitas son el resultado de procesos de decantación asociados a ambientes de baja energía como lagunas en planicies de inundación, mientras que las areniscas con evidencias de laminación entrecruzada indican depósitos derivados de corrientes tractivas unidireccionales de régimen de flujo inferior y energía baja (Simons, Richardson y Nordin, 1965; Harms, 1979).



Figura 5.16. Afloramiento de la facies F12 con su típica intercalación de pelitas y areniscas.

5.2.1.m. Facies F13: pelitas rojas

Descripción

Se trata de una pelita masiva, compacta y fracturada de color que constituye cuerpos sedimentarios tabulares a lenticulares de 1,5 m hasta 4 m de espesor (Fig. 5.17 A,B). Las muestras presentan una gran homogeneidad vertical y lateral. Contienen espejillos de fricción.

Interpretación

Esta facies es el resultado de procesos de decantación en sectores de planicie de inundación (Miall, 1996). La coloración rojiza se debe a pigmentación por óxidos de Fe (hematita) bajo condiciones oxidantes en donde existió un buen drenaje del sedimento recién depositado (Friend, 1966; Friend y Moody-Stuart, 1970).

5.2.1.n. Facies F14: pelitas verdes

Descripción

Consiste en una pelita verde (5GY 6/1) masiva de espesores que no superan los 0,2 m. Se encuentra comúnmente asociada y suprayaciendo a la pelita roja de la facies F13. Esta facies se suele intruir en ciertos sectores dentro de las pelitas rojas conformando lineamientos irregulares no muy potentes (Fig. 5.17 C). Estos rasgos son de colores verdosos pero en el centro se puede observar un material de coloración naranja.

Interpretación

Las pelitas fueron depositadas en ambientes de muy baja energía como resultado de procesos de decantación. La coloración verdosa de esta facies indica condiciones reductoras en el ambiente de sedimentación producto de un mal drenaje del agua. Las intrusiones descriptas arriba son interpretadas como evidencia de raíces ya que presentan cierta similitud con los “rizohalos” descriptos en los paleosuelos de la Fm. Chinle (Trendell et al., 2013).

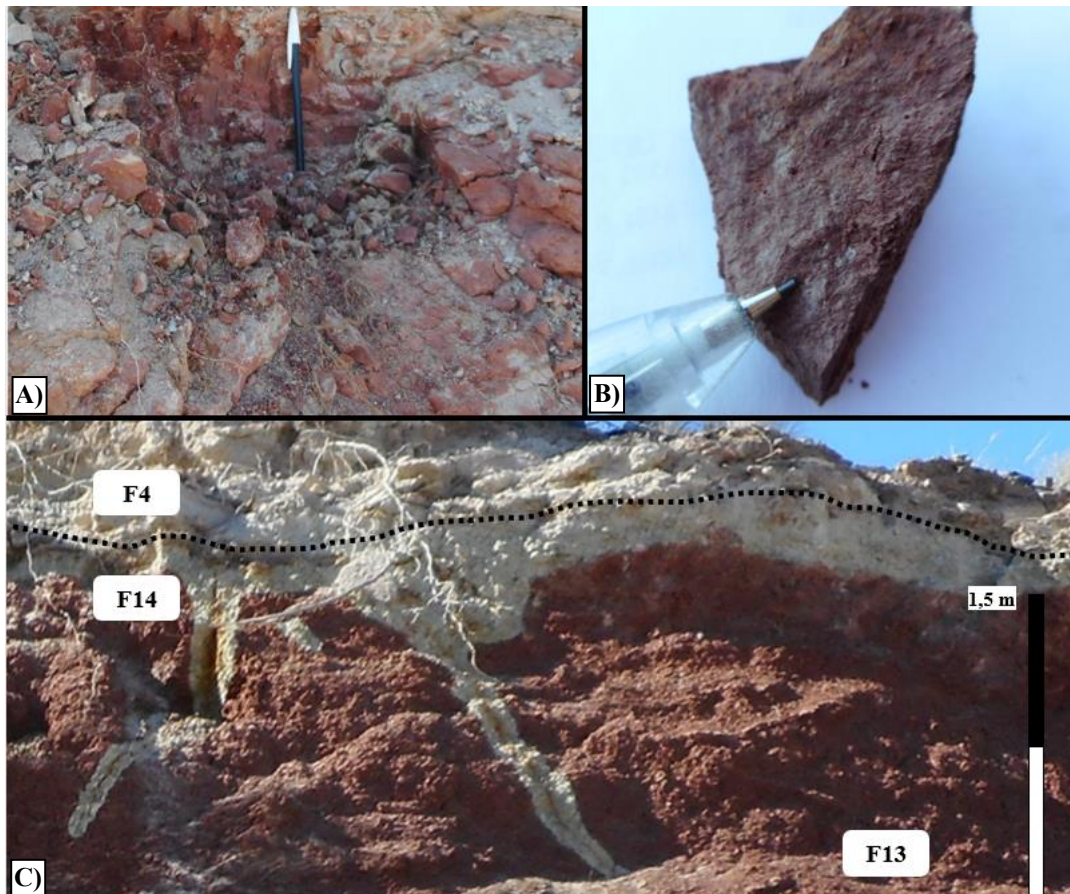


Figura 5.17. A) Pelitas rojas correspondientes a la facies F13. B) Espejillos de fricción. C) Rasgos sedimentarios interpretados como rizohalos.

5.2.2. Facies eólicas

5.2.2.a. Facies F15: arenisca mediana con estratificación entrecruzada planar de gran escala

Descripción

Arenisca mediana mayormente cuarzosa de color amarillo grisáceo (5Y 8/1) que se distingue notablemente en campo por contener estratificación entrecruzada planar de gran escala; la misma se manifiesta en forma de un *set* tabular de al menos 5 m de espesor (Fig. 5.18). En esta facies, la estratificación planar queda definida por la alternancia de horizontes con fuerte cemento carbonático y abundante bioturbación y de areniscas masivas sin cemento carbonático (Fig. 5.19). Los horizontes bioturbados están afectados por perforaciones de endicnias y trazas



Figura 5.18. A) *Set* de estratificación entrecruzada planar con planos buzando hacia el este. B) *Set* con entrecruzada planar en donde los frentes de dunas inclinan hacia la izquierda de la foto, es decir, hacia el este.

horizontales de epicnias, además de rizoconcreciones. Tanto las epicnias como las endicnias consisten en tubos rectos de 1 cm de diámetro y 10 cm de largo en promedio; poseen un fuerte cemento carbonático y su relleno tiene la misma naturaleza que la roca que lo rodea. Las perforaciones verticales cortan perpendicularmente a los planos de estratificación.



Figura 5.19. Facies F15 en donde se observa que la estratificación entrecruzada planar está definida por la alternancia de horizontes fuertemente bioturbados y cementados con carbonato cálcico y horizontes de areniscas masivas. La bioturbación está presente en forma de trazas verticales de endicnia, principalmente (círculo negro).

Interpretación

El gran tamaño de la estratificación entrecruzada planar definida por la alternancia de areniscas masivas (en donde las estructuras sedimentarias probablemente estén ausentes por efectos diagenéticos) y de areniscas con bioturbación, sumado a la homogeneidad lateral y vertical de la granulometría, indicarían que esta facies fue el producto de la migración de dunas eólicas (Mountney, 2006). Dicha migración se produce a partir de la depositación de la arenisca masiva en forma de flujos de avalancha en el frente de la duna, proceso que luego era interrumpido por el ascenso del nivel freático (en periodos climáticos con mayor aporte de agua), generando así una pausa en la sedimentación eólica y posibilitando la colonización de esos frentes de duna por parte de raíces y organismos perforadores.

5.2.2.b. Facies F16: ondulitas de viento

Descripción

Esta facies consiste en una arenisca fina a mediana de composición cuarzosa que presenta laminación horizontal con gradación inversa (Fig. 5.20). Este rasgo sedimentario se puede observar como una alternancia de láminas delgadas de arenisca fina con arenisca mediana.

Interpretación

Estos depósitos son generados por la migración de ondulitas o *ripples* de viento. El espesor pequeño de las láminas indica que se trata de ondulitas o *ripples*, mientras que la naturaleza inversa de su gradación es evidencia de que el viento actuó como mecanismo de selección, resultando en la depositación de láminas subparalelas (Mountney, 2006).

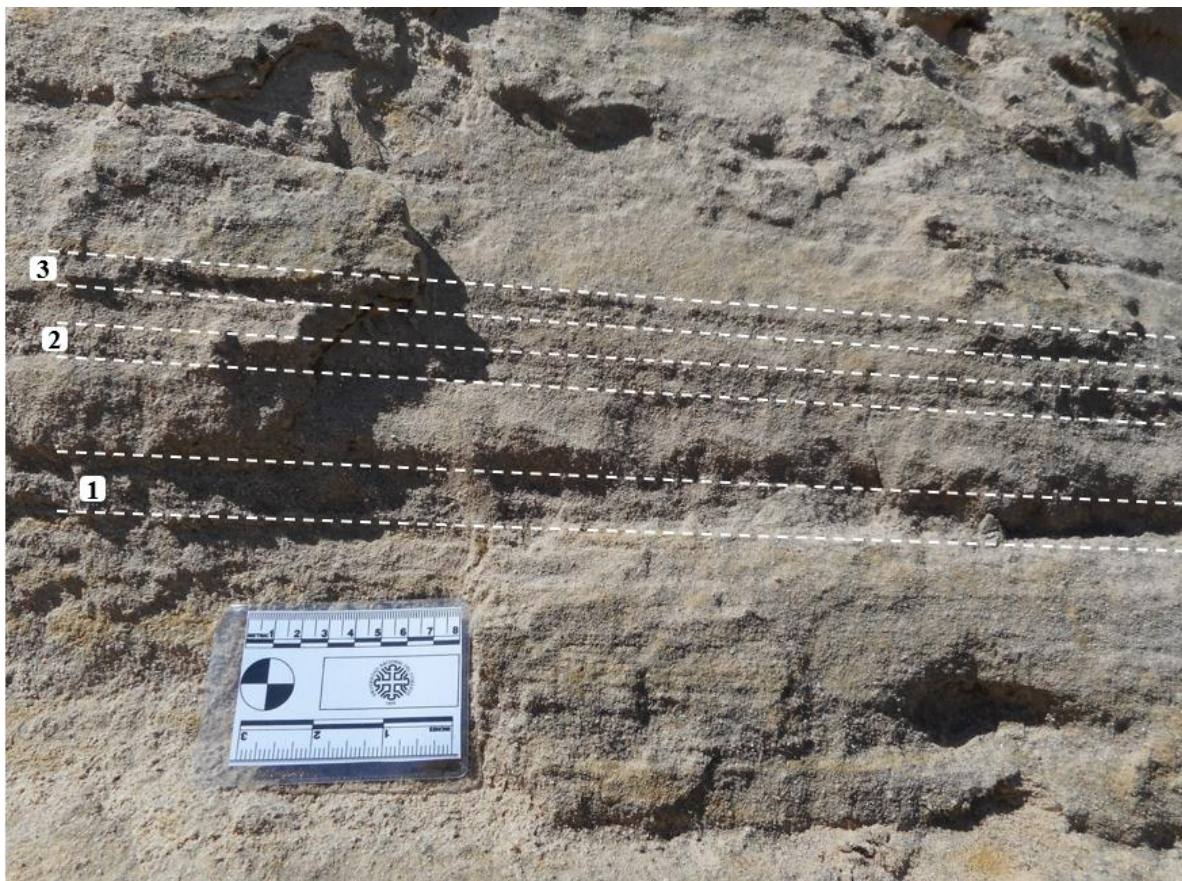


Figura 5.20. Ondulitas de viento en la facies F16 representadas por la intercalación de láminas de arenisca mediana (indicadas con números) y láminas de arenisca fina.

5.2.2.c. Facies F17: arenisca mediana con concreciones carbonáticas

Descripción

Arenisca mediana de color amarillo grisáceo (5Y 8/1) que contiene nódulos carbonáticos que se amalgaman definiendo horizontes tabulares de no más de 100 m de continuidad lateral

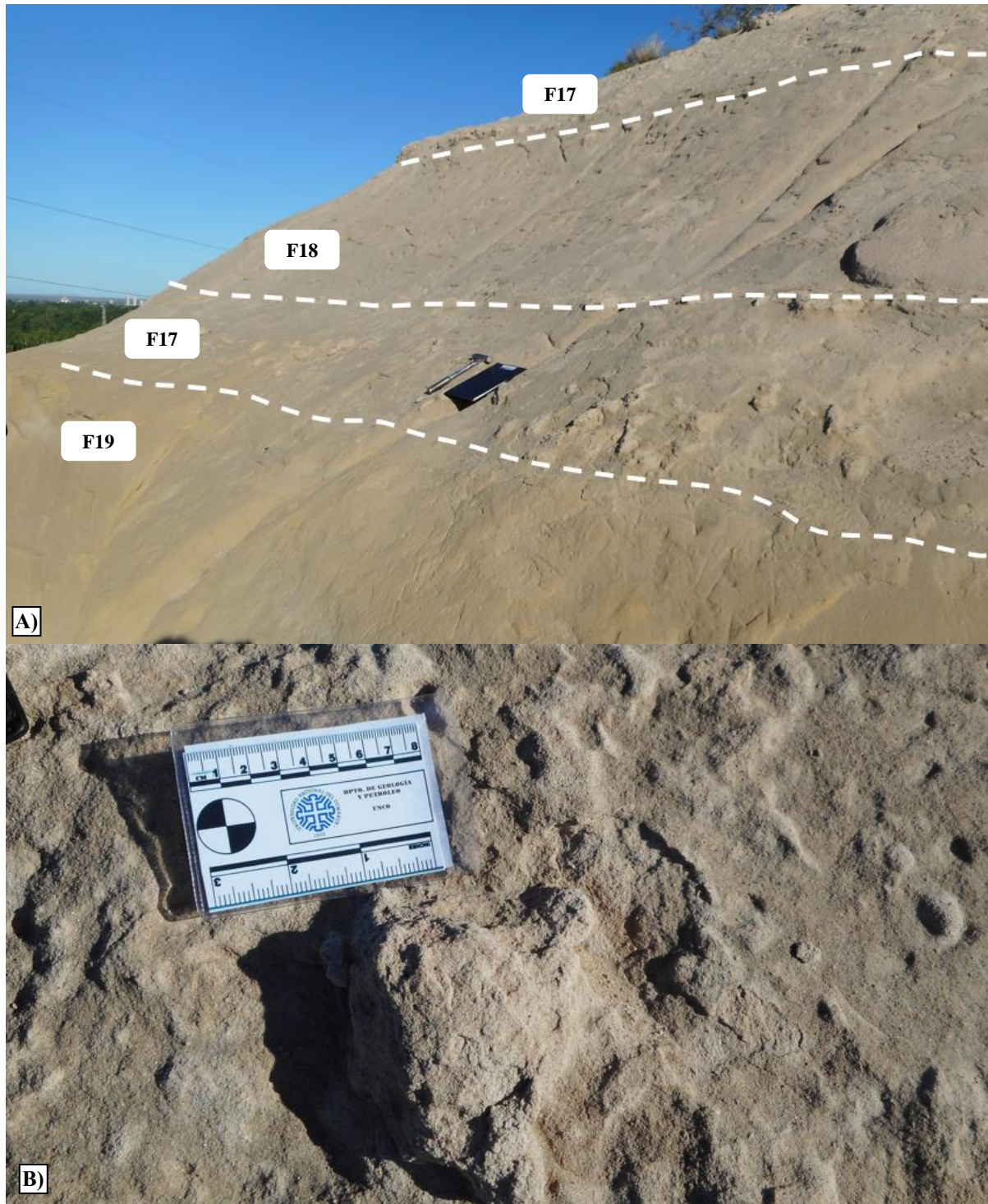


Figura 5.21. A) Afloramiento de un horizonte conformado por la coalescencia de nódulos carbonáticos en la facies F17. B) Vista de cerca de un nódulo o concreción carbonática de la facies F17.

(Fig. 5.20). Los nódulos o concreciones carbonáticas tienen en algunos sectores geometrías subcirculares, con diámetros que suelen llegar a los 10 cm. En el campus de la UNCo se identificaron tres niveles con esta facies. El primer nivel contiene concreciones carbonáticas de 16 cm de diámetro (Fig. 5.20). En el segundo nivel no se distinguen geometrías ya que se observa una coalescencia de nódulos. Y en el tercer nivel se observan abundante bioturbaciones en forma de trazas verticales y horizontales de epicnias y endicnias, además de rizoconcreciones (Fig. 5.22). Esta facies es la portadora de *Patagopteryx*, *Velocisaurus* y huevos de aves.

Interpretación

Esta facies está asociada al desarrollo de suelos carbonáticos en donde la acción del flujo de agua subterránea y de los procesos de capilaridad concentran los iones cerca de la superficie dando como resultado el desarrollo de cementos carbonáticos. El desarrollo gradual de estos

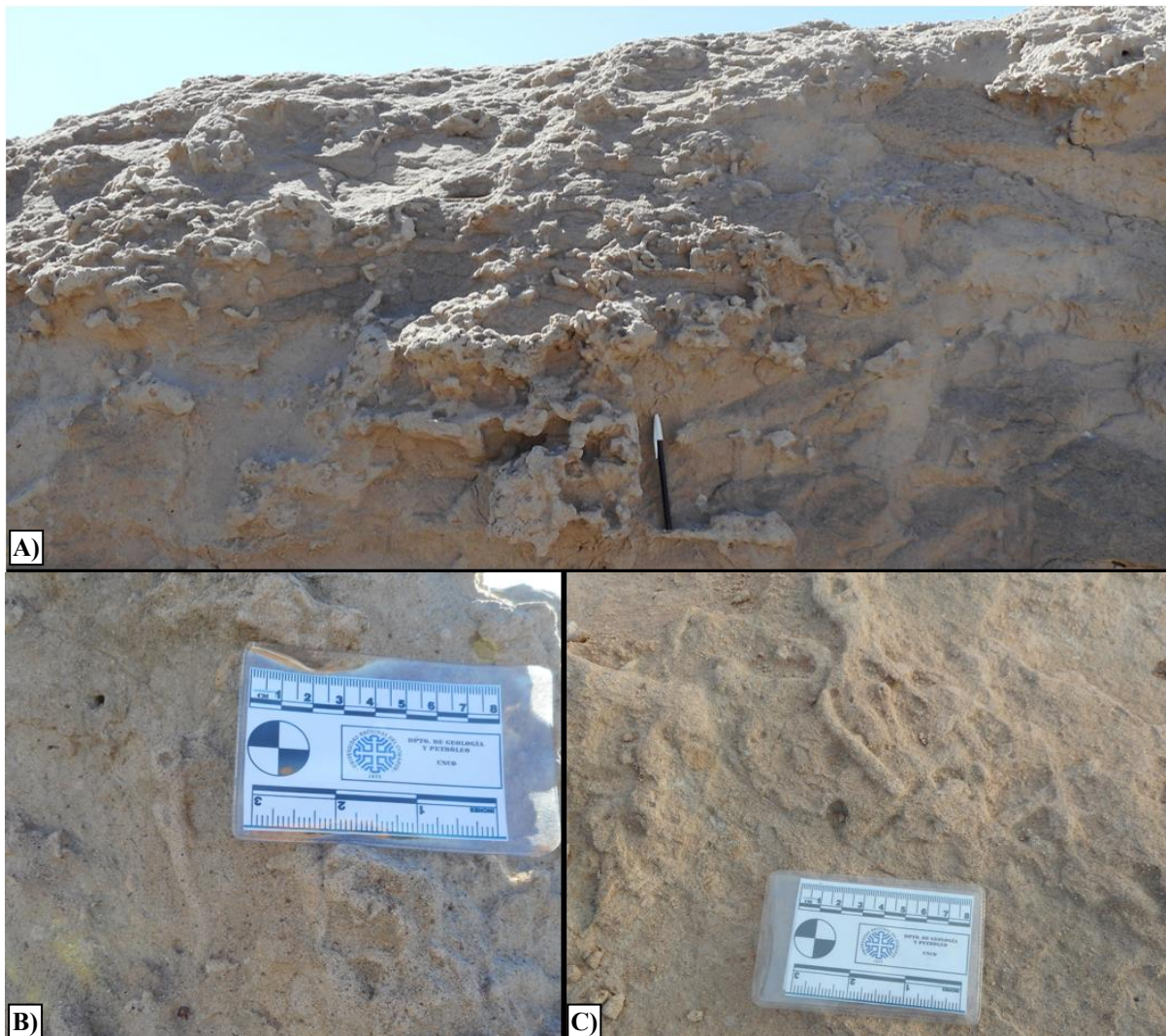


Figura 5.23. A) Rizoconcreciones en la facies F17. B) Trazas verticales de endicnia. C) Trazas horizontales de epicnia.

cementos y su amalgamación origina las concreciones carbonáticas típicas de paleosuelos

calcínicos o caliches, que comúnmente se desarrollan en ambientes de interduna semiáridos (McKee, 1979; Retallack, 1990).



Figura 5.24. Afloramiento de un fragmento de huevo fósil en la facies F17 en el campus universitario.

5.2.2.d. Facies F18: arenisca mediana masiva

Descripción

Se trata de una arenisca mediana mayormente cuarzosa que no posee ningún tipo de cemento ni de estructura sedimentaria (Fig. 5.25). Sus afloramientos exhiben un color amarillo (5Y 8/1). Gran parte de la sucesión sedimentaria eólica de las bardas está representada por esta facies. De este nivel fueron extraídos el dinosaurio terópodo *Alvarezsaurus*, algunos ejemplares de huevos de aves y el cocodrilo indeterminado MUCPv-203.

Interpretación

Su correlación lateral con la facies F15 en ciertos sectores y el gran espesor que suele desarrollar podría indicar depositación a partir de la migración de dunas eólicas. A diferencia de la facies F15, en esta roca no se pueden apreciar los frentes de avance de esas dunas, y esto podría interpretarse como depósitos de mantos de arena o *sand sheets* (Mountney, 2006). Sin embargo, la evidencia fósil como el hallazgo de *Alvarezsaurus* y de huevos de aves en esta roca también sugiere condiciones de depositación asociadas a zonas de interduna.

5.2.2.e. Facies F19: arenisca mediana gleyzada

Descripción

Esta facies consiste en una arenisca cuarzosa de granulometría mediana que presenta un llamativo color gris verdoso (5GY 6/1). Se dispone en cuerpos mantiformes de 3 m de espesor y de gran continuidad lateral (Fig. 5.13). De aquí se extrajeron los cocodrilos terrestres *Notosuchus* y *Comahuesuchus*, el cocodrilo indeterminado MUCPv-27, la serpiente *Dinilysia* y el ave voladora *Neuquenornis*.

Interpretación

Esta facies es resultado de la sedimentación en áreas de interduna sujetas a condiciones de anegamiento, confirmada por los restos fósiles hallados y demuestra que estuvo sujeta a condiciones de anegamiento (Retallack, 1990).

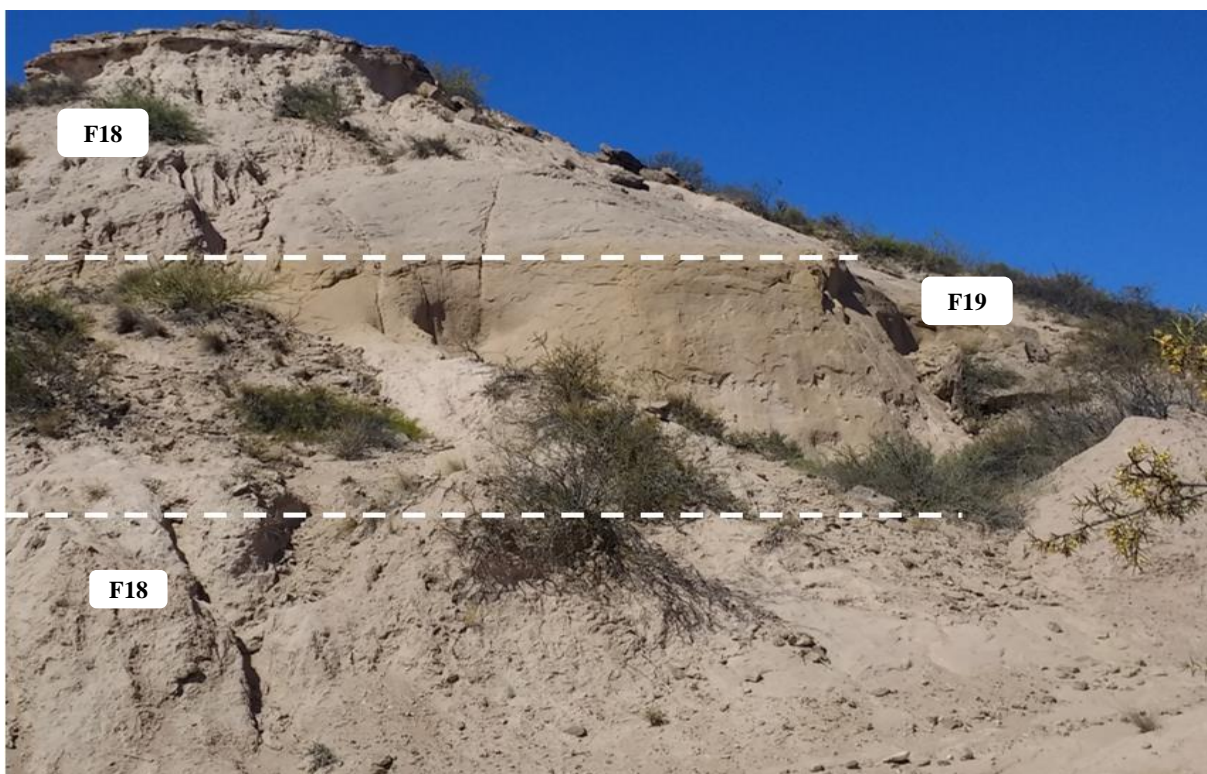


Figura 5.25. Afloramiento de la facies F19 con su típico color gris verdoso y de areniscas medianas masivas de la facies F18.

5.2.2.f. Facies F20: arenisca mediana con óxidos de hierro

Descripción

Se trata de una arenisca mediana de coloración rojiza que se dispone en estratos horizontales masivos de gran persistencia lateral (Fig. 5.26). Presenta una granulometría homogénea tanto vertical como longitudinalmente. Comúnmente se posiciona por encima de la facies F15.

Interpretación

El tamaño de grano sugiere que esta facies es resultado de la depositación a partir de flujos tractivos unidireccionales. La naturaleza de estos flujos (eólica o fluvial) puede ser determinada solamente a partir de la asociación de esta facies con otras. Dado que no se encontraron más evidencias sedimentológicas, se infiere que esta facies podría estar vinculada a subambientes de interduna debido a su relación con la facies F15.



Figura 5.26. Areniscas medianas masivas y rojizas de la facies F20 dispuestas en estratos horizontales que no superan el metro de espesor. Estos se ubican por encima de los planos de estratificación de F15 (líneas continuas blancas).

5.3. Asociaciones de facies

Las facies descriptas fueron agrupadas en ocho asociaciones de facies (AF) que representan distintos subambientes (o elementos arquitecturales en el caso de depósitos fluviales, siguiendo la terminología de Miall, 1996). Las AF I y II tendrían su origen en ambientes de sedimentación eólicos, mientras que las AF III, IV, V, VI y VII corresponderían a ambientes fluviales y lacustres. A modo de resumen, las tablas 1 y 2 debajo sintetizan las características más importantes de las facies descriptas.

FACIES FLUVIALES				
Facies	Litología	Geometría	Estructuras sedimentarias	Interpretación
F1	Conglomerados cementados	Mantiforme	Ciclos granodecipientes	Migración de formas de lecho gravosas
F2	Conglomerados	Mantiforme	Ciclos granodecipientes	Migración de formas de lecho gravosas
F3	Sabulitas	Lentes irregulares	Estratificación entrecruzada acanalada	Migración de megaóndulas de crestas sinuosas
F4	Arenisca gruesa a muy gruesa con cemento calcáreo	Mantiforme	Estratificación entrecruzada acanalada	Migración de megaóndulas de crestas sinuosas
F5	Arenisca mediana a gruesa con abundantes intraclastos pelíticos verdes	Tabular	Estratificación entrecruzada acanalada	Migración de megaóndulas de crestas sinuosas de alto régimen de flujo
F6	Arenisca mediana	Tabular	Estratificación entrecruzada acanalada	Migración de megaóndulas de crestas sinuosas de bajo régimen de flujo
F7	Arenisca mediana	Tabular	Estratificación horizontal	Depósitos tractivos de alta energía resultado del aplanamiento de megaóndulas
F8	Arenisca mediana	Lenticular	Estratificación entrecruzada planar	Migración de megaóndulas de crestas rectas
F9	Arenisca mediana a fina	Lenticular	Laminación entrecruzada planar	Migración de ondulitas o <i>ripples</i> de cresta recta
F10	Arenisca cuarzolítica gruesa	Lenticular	Estratificación entrecruzada acanalada y planar	Migración de megaóndulas de crestas recta y sinuosa
F11	Arenisca fina verdosa	Cuneiforme	Masiva	Deposición a partir de corrientes tractivas unidireccionales
F12	Pelitas con <i>ripples</i>	Tabular	Masiva y laminación ondulítica	Alternancia de sedimentación por decantación y por flujos tractivos unidireccionales de baja energía
F13	Pelitas rojas	Tabular	Masiva	Depósitos de decantación en planicies de inundación
F14	Pelitas verdes	Tabular	Masiva	Depósitos de decantación en planicies de inundación y en canales durante bajas descargas

Tabla 5.1. Resumen de la descripción e interpretación de las facies fluviales.

FACIES EÓLICAS				
Facies	Litología	Geometría	Estructuras sedimentarias	Interpretación
F15	Arenisca mediana	Tabular	Estratificación entrecruzada planar de gran escala	Migración de dunas eólicas
F16	Arenisca mediana	-	Laminación con gradación inversa	Migración de ondulitas o <i>ripples</i> de viento
F17	Arenisca mediana	Tabular	Masiva con concreciones carbonáticas y bioturbación	Depósitos de interduna en condiciones semiáridas
F18	Arenisca mediana	Tabular	Masiva.	Depósitos de dunas eólicas cuyas estructuras sedimentarias originales no se preservaron
F19	Arenisca mediana verdosa	Redondeada (en forma de bochones) y tabular	Masiva	Depósitos de interduna y duna.
F20	Arenisca mediana a fina rojiza	Tabular	Masiva	Depósitos de interduna

Tabla 5.2. Resumen de la descripción e interpretación de las facies eólicas.

Asociación de facies I

Descripción

Esta asociación está expuesta en los tres perfiles e involucra a las facies F17, F18, F19 y F20. Conforman cuerpos sedimentarios tabulares con espesores que rondan el metro y que poseen gran continuidad lateral en toda la zona de estudio. Puede conformar niveles representados solamente por la facies F17, F18 o F19, o bien, conformar niveles estratificados de forma horizontal que resultan de la intercalación de las facies F18 y F20 (Fig. 5.26). La facies F18 en la base del perfil A-A' es portadora del dinosaurio *Alvarezsaurus*, de huevos de aves y del cocodrilo indeterminado MUCPv-203. La facies F17 se correlaciona lateralmente con la AF II correspondiente a un subambiente de dunas, mientras que las facies F18 y F20 se observan típicamente por encima de la AF II. En el campus de la UNCo los huevos fósiles de aves, el dinosaurio terópodo *Velocisaurus* y el ave corredora *Patagopteryx* provienen de la facies F17; tramo fosilífero que se correlaciona lateralmente con la AF II. Hasta el momento no se han registrado evidencias fósiles en las areniscas rojas de la facies F20.

La facies F19 aflora como una franja verdosa de 3 m que solo pudo ser observada en el perfil A-A' y en algunas escasas exposiciones en el perfil B-B'. La roca muestra homogeneidad en el tamaño de sus clastos tanto lateral como verticalmente. Lateralmente se correlaciona con las dunas en forma de "bochones" de la AF III (Fig. 5.27). De esta asociación fueron extraídos el

ave voladora *Neuquenornis* (MUCPv-142), la serpiente *Dinilysia* (MUCPv 39, 40, 98-102, 104-116, 119, 121), el cocodrilo indeterminado MUCPv-27 y los cocodrilos terrestres *Comahuesuchus* (MUCPv- 202) y *Notosuchus* (MUCPv-35, MUCPv-147 y MUCPv-149).

Interpretación

La identificación en la facies F17 de concreciones carbonáticas y bioturbación, sumado a la gran cantidad de fósiles cretácicos que de ella se han extraído y a su correlación lateral con las dunas de la AF II sugieren que esta asociación representa un subambiente de interduna. En la facies F19 el llamativo color verde es evidencia de condiciones de anegamiento, lo cual indicaría que se trató de una interduna húmeda. En este subambiente las variaciones en el nivel freático generaron las condiciones reductoras suficientes para que el sedimento adquiriera el color verdoso. Por su parte, los niveles estratificados con las facies F18 y F20 poseen las características típicas de depósitos de interduna descritos en ambientes eólicos antiguos, como lo son la estratificación horizontal, el pequeño espesor y su relación de contacto con dunas eólicas (Gradzinski y Jerzykiewicz, 1974; McKee, 1979; Ahlbrandt y Fryberger, 1981; Kocurek, 1981, 1988; Winkler et al., 1991).

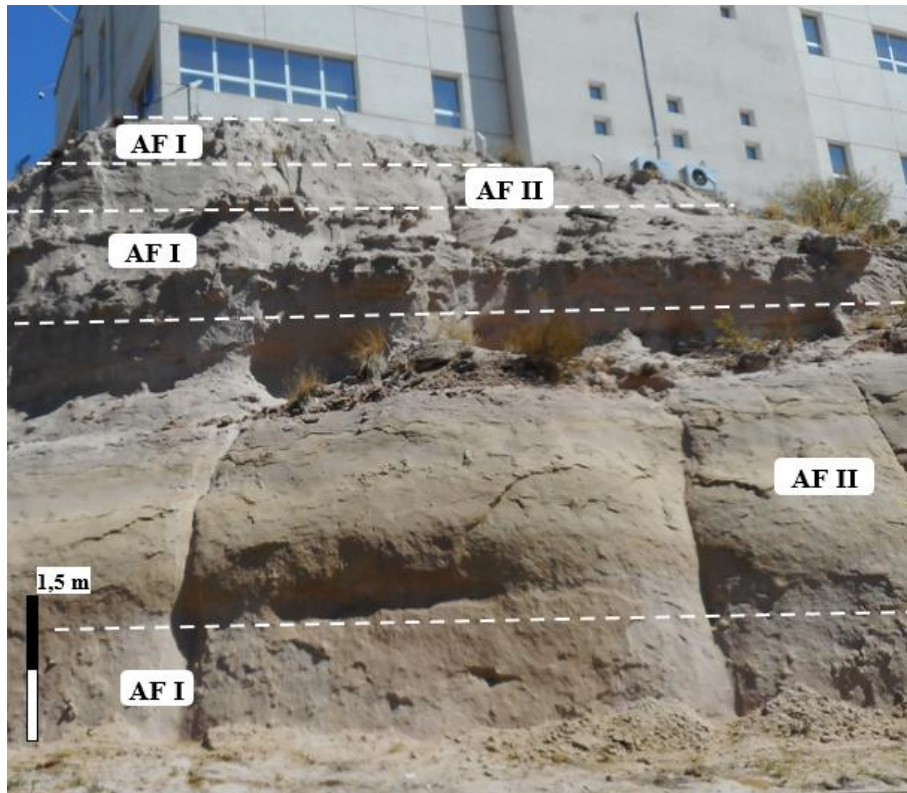


Figura 5.27. Afloramiento en donde se observan las asociaciones de facies correspondientes a subambientes de duna eólica (AF II) y de interduna semiárida (AF I). Nótese la geometría en forma de “bochones” de las dunas.

Asociación de facies II

Descripción

Esta asociación involucra a las facies F15, F16, F18 y F19 conformando cuerpos sedimentarios tabulares de 8m de espesor máximo (en aquellos afloramientos en donde se observaron *sets* de la facies F15) y de longitudes que no superan los 100 m. Se destaca por presentar estratificación entrecruzada planar de gran escala en cuyos planos de estratificación abundan concreciones carbonáticas y bioturbaciones (Fig. 5.27). También se la puede observar en el sector del perfil A-A' conformando formas de relieve positivas a modo de “bochones” (Fig. 5.26). Se correlaciona lateralmente con las areniscas de la AF I que en el campus de la UNCo son portadoras de *Velocisaurus*, *Patagopteryx* y huevos de aves.

Interpretación

La gran estratificación entrecruzada planar de la facies F15, asociada a rasgos sedimentarios eólicos como los *ripples* de viento de la facies F16, indican que esta asociación representa subambientes de dunas eólicas. Los planos bioturbados y con concreciones carbonáticas se interpretan como pausas en la sedimentación producto de condiciones ambientales más húmedas que estabilizaron el sistema de dunas (la presencia de humedad restringe la disponibilidad de arena para el transporte eólico) y permitieron la proliferación de organismos perforadores y de plantas (Loope et al., 2001; Loope y Rowe, 2003). Sin embargo, estas facies no son las únicas involucradas en la asociación aquí descrita. Las formas de relieve positivas o “bochones” de la facies F19 también son interpretadas como cuerpos de antiguas dunas eólicas. Para el caso de las areniscas medianas masivas de la facies F18 que alcanza un espesor de 20 m en el perfil A-A', sus depósitos también son asignados a dunas desarrolladas en ambientes más áridos que no permitieron la preservación de estructuras sedimentarias diagnósticas.



Fig. 5.28. Set de estratificación entrecruzada planar de gran escala observado en dunas eólicas de la AF II. Por encima, se observan horizontes con concreciones carbonáticas de las interdunas correspondientes a la AF I.

Asociación de facies III

Descripción

Esta asociación se encuentra desarrollada en todos los perfiles e involucra a las facies F3 y F4. En la zona de estudio constituyen cuerpos sedimentarios mantiformes de gran persistencia lateral que se destacan fácilmente en las bardas debido a su cemento carbonático (Fig. 5.28). Poseen una base fuertemente erosiva conformando a veces incisiones que definen formas canalizadas. Esta asociación presenta granulometrías gruesas en las bases de las estructuras acanaladas y hacia el tope la textura disminuye hasta tamaño de arena mediana. Además de intraclastos de pelitas y areniscas finas verdosas, son frecuentes los fragmentos de huesos fósiles de color y textura similares a los materiales de saurópodos hallados hasta el momento.

Interpretación

La asociación aquí descripta correspondería a cuerpos fluviales efímeros elongados del tipo *sheet sandstone* con una relación ancho/profundidad mayor a 15. Las unidades separadas por superficies de erosión prominentes representan eventos fluviales individuales, y la superposición de cada uno de ellos da origen a cuerpos multihistóricos (*multi-storey sandstone body*) (Pettijohn, Potter y Siever, 1987; Potter y Pettijohn, 1963). De acuerdo a esto, la presencia de varios niveles con intraclastos y contactos erosivos dentro de esta asociación, señalarían pulsos de eventos fluviales de alta competencia en esta asociación, indicando una

naturaleza multihistórica de estos canales efímeros. La falta de superficies o evidencias de acreción lateral o frontal implica que estos cuerpos sedimentarios se originaron a partir de sucesivos flujos en manto poco canalizados (Stear, 1983).

Se destaca el dominio de depósitos de bajo régimen de flujo en esta asociación debido a la escasa presencia de estratificación horizontal y a la gran abundancia de estratificación entrecruzada acanalada.



Fig. 5.29. Con línea punteada blanca se señala la base de los canales efímeros de la AF III, ubicada por encima de los depósitos eólicos de la AF I correspondiente a interdunas.

Asociación de facies IV

Descripción

Las facies F5, F6, F7, F8 y F9 aparecen siempre vinculadas formando apilamientos verticales de entre 2 m y 5 m de espesor, muy friables y de geometría tabular en la zona de estudio, definiendo así a la AF IV (Fig. 5.30). Esta asociación muestra homogeneidad lateral en sus diferentes facies en toda la zona de estudio. No fue posible mapear rumbo y buzamiento de superficies de acreción para luego compararlas con las direcciones de buzamiento de las estructuras sedimentarias y así poder identificar procesos de acreción lateral o de acreción

frontal (Miall, 1988, 1996).

Esta asociación de facies es la principal roca portadora de dinosaurios saurópodos. De aquí provienen los fósiles descritos anteriormente para las facies F5 y F6. Si bien resulta aventurado, es muy probable que de esta asociación también se hayan extraído los restos de *Lithostrotia* indet., *Argyrosaurus* sp. y *Neuquensaurus australis*, todos ellos provenientes del sitio Boca del Sapo.

Interpretación

La interpretación apunta a un elemento arquitectural que Miall (1996) denominó como *sandy bedforms* o elemento SB, y que corresponde a formas de lecho arenosas depositadas en canales someros y anchos de planicies aluviales del tipo *braided*. Los estratos granodecrecientes reflejan flujos progresivamente más débiles durante la sedimentación (Bridge, 2006). La estratificación convoluta observada en la facies F6 es característica de areniscas fluviales y su origen se debe al pasaje vertical de agua a través de arenas sueltas (Selley et al., 1963). La facies F5 representa pulsos de crecidas fluviales que además de erosionar y transportar intraclastos, tuvieron la energía suficiente como para movilizar restos de dinosaurios saurópodos.

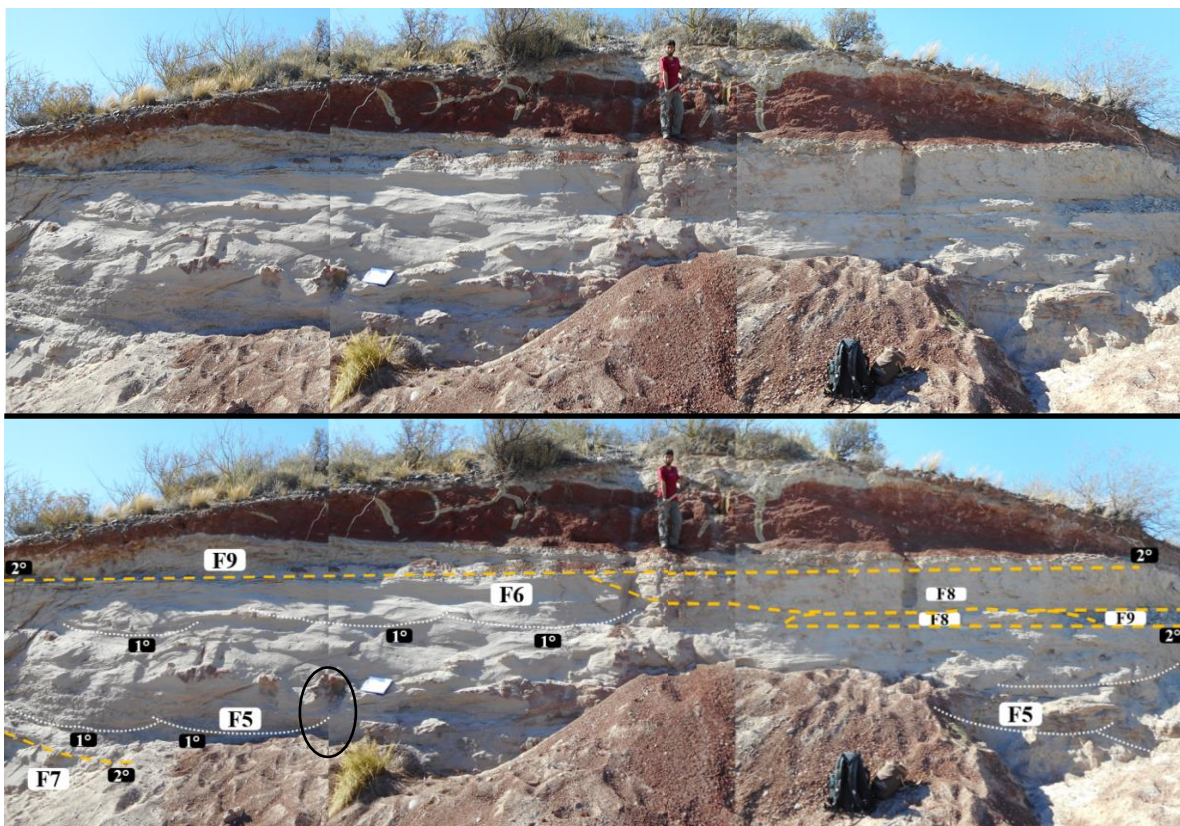


Fig. 5.30. Afloramiento de la AF IV con la interpretación de las superficies delimitantes. Se nota un predominio total de superficies de primer y segundo orden. Las superficies de tercer orden no fueron observadas por lo que no se identificaron procesos de acreción lateral o frontal. Con el círculo negro se señala un pliegue correspondiente a estratificación convoluta.

Asociación de facies V

Descripción

Esta asociación está integrada por las facies F13 y F14. Las intrusiones de las pelitas verdes en las pelitas rojas son consideradas evidencias de raíces (Fig. 5.31). Esta AF V define cuerpos pelíticos mantiformes de gran extensión areal en las bardas de la ciudad, cuyos máximos espesores se encuentran desarrollados en el perfil B-B' (Fig. 5.32)

Interpretación

Esta asociación equivale al elemento arquitectural de finos de planicie de inundación o *floodplain fines* de Miall (1996). Estos depósitos representan un subambiente de planicie de inundación en un ambiente fluvial, planicie que desarrolló paleosuelos y que estuvo sujeta a buenas condiciones de drenaje por la predominancia de la pigmentación rojiza de los óxidos de hierro (facies F13), siendo muy pequeños los intervalos de tiempo en donde se produjeron condiciones de anegamiento (facies F14). En el perfil B-B' la facies F13 está representada por tres paquetes que superan los 2 metros de potencia y carecen de rizohalos.

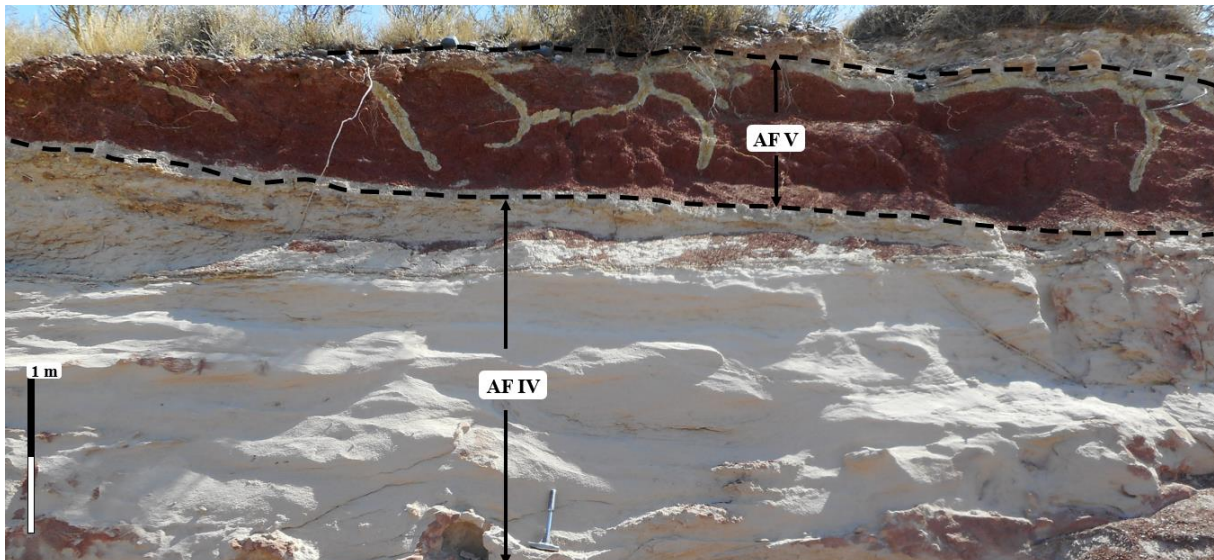


Fig. 5.31. AF IV en contacto neto con la AF V. En la fotografía se observan las intrusiones de pelitas verdes, interpretadas aquí como raíces fósiles.

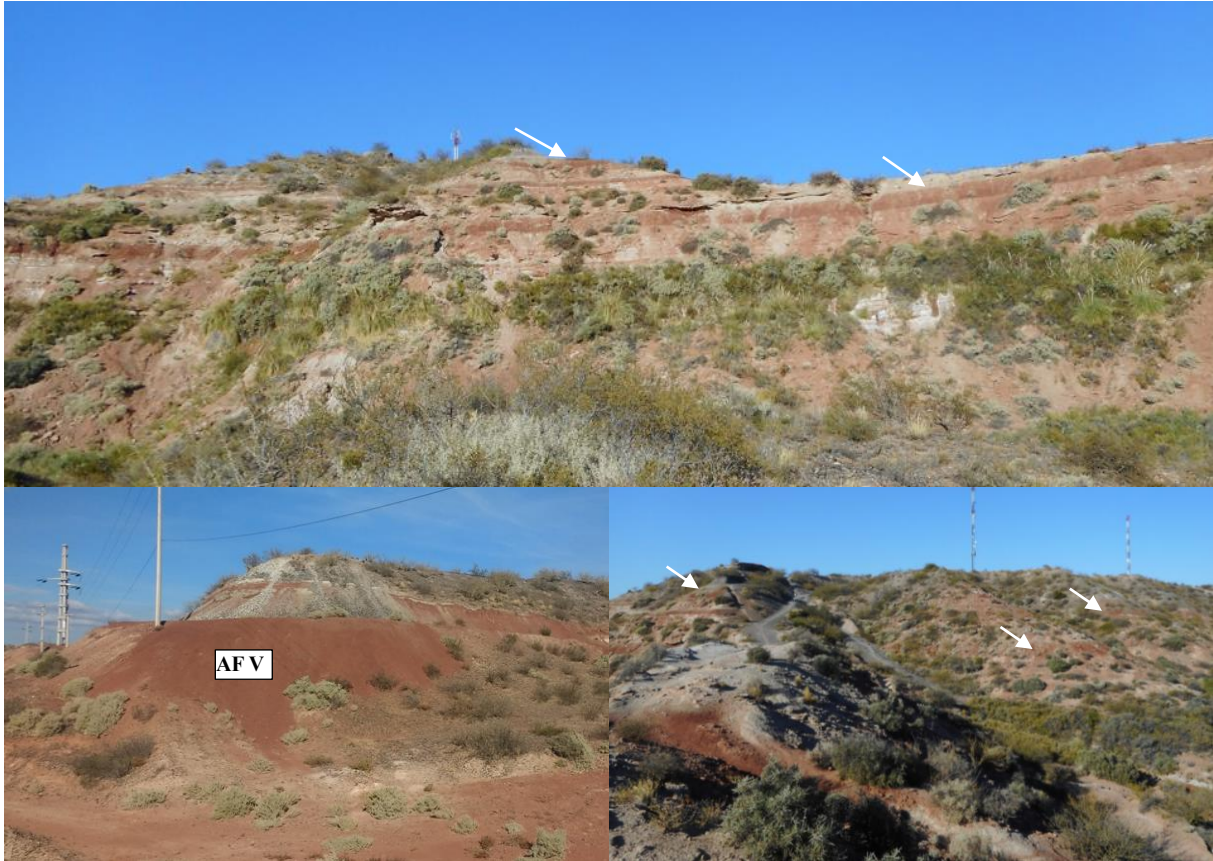


Fig. 5.32. AF V en diferentes sectores de Parque Norte y Cañadón de las Cabras. Esta asociación domina los niveles superiores en esta porción de la barda, ya que aumenta la potencia y la cantidad de sus afloramientos. Con flechas blancas se señalan los niveles de pelitas de la AF V.

Asociación de facies VI

Descripción

Integrada por las facies F10 y F12, esta asociación conforma un solo cuerpo sedimentario de 10 m de espesor localizado en el tope de la sucesión sedimentaria donde se levantó el perfil C-C'. Hacia el este de la zona de estudio, en los sectores de los perfiles restantes, esta asociación no fue observada (salvo en un muy reducido afloramiento en el campus universitario). Su característica más notoria es la petrografía que posee, la cual contrasta con la de las facies ubicadas estratigráficamente por debajo (AF I, II, III, IV, V y VI) y le confiere su típico color gris oscuro con tonalidades azules. Esto es consecuencia de la gran cantidad de clastos líticos oscuros que poseen las rocas de este elemento, presentes en mayor proporción que los clastos de cuarzo.

Interpretación

Las pelitas asociadas con horizontes de ondulitas indicarían un subambiente de deposición de baja energía, probablemente relacionado a planicies de inundación. Las ondulitas, aquí interpretadas como de corrientes unidireccionales, fueron el resultado de la migración de pequeñas formas de lecho en el ámbito de la planicie. Estos depósitos recibieron mucho material volcánico, tal como lo manifiesta la naturaleza tobácea de las rocas. Las lentes de areniscas de la facies F10 representan la migración de formas de lecho dentro de canales asociados a las planicies de inundación, que habrían sido el sustento de los fósiles de bivalvos dulceacuícolas reportados por Heredia y Calvo (2002).

Asociación de facies VII

Descripción

Esta asociación de facies se encuentra desarrollada en todos los topes de los perfiles, involucrando a las facies F1 y F2. Se pueden observar numerosos ciclos granodecrecientes.

Interpretación

Esta asociación es interpretada como barras gravosas desarrolladas en cauces fluviales de gran envergadura y con la suficiente energía como para transportar clastos de grava gruesa o guijarros. Equivale al elemento arquitectural de formas de lecho y barras gravosas (elemento GB) de Miall (1996).

6. ANÁLISIS DE PALEOCORRIENTES

En base a las mediciones que se pudieron realizar en las estructuras sedimentarias de las rocas cretácicas, se obtuvieron tres vectores de paleoflujos que se pueden apreciar en los perfiles de la Sección 5. Uno de ellos corresponde a una dirección de paleoviento en las dunas eólicas de la AF III (Vector 1) y los restantes dos representan direcciones de paleocorrientes en cauces de la AF IV (Vector 2 y Vector 3).

6.1. Paleovientos

6.1.1. Vector 1

El Vector 1 se obtuvo a partir de tres datos de direcciones de buzamiento de los planos de estratificación cruzada planar de la facies F15, los cuales corresponden a los frentes de dunas (Fig. 6.1). Las mediciones, expresadas con su dirección de buzamiento respecto al norte y el buzamiento de los planos inclinados, son: N 85°/ 33°, N 95°/30° y N 50°/30°. De estos datos se desprende que los paleovientos tenían sentido hacia el cuadrante este (Fig. 6.2)



Figura 6.1. Planos de estratificación cruzada planar de gran escala sobre los cuales se tomó el dato de paleocorriente. En este caso, tal como lo indica la flecha negra, la dirección de paleoviento es hacia el E.

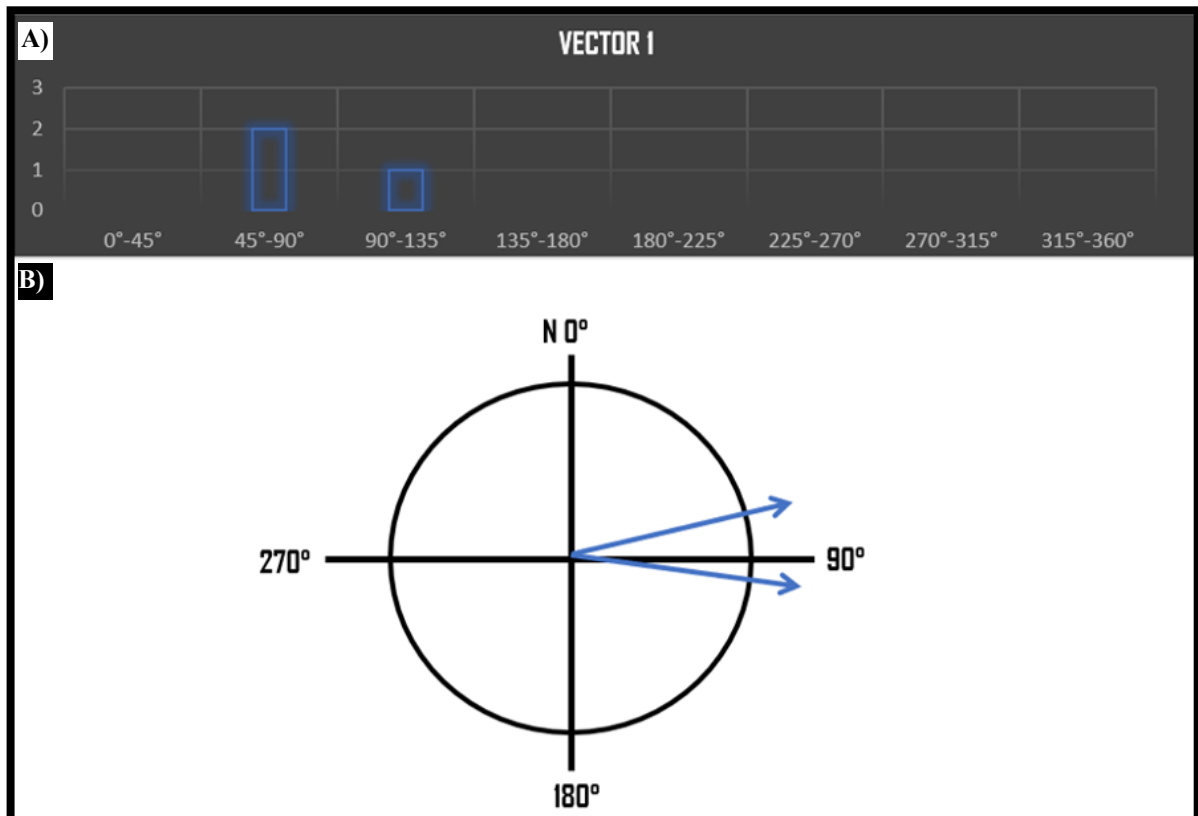


Figura 6.2. A) Tratamiento estadístico de los datos por medio de un histograma. En el eje vertical se aprecian la cantidad de mediciones, y en el eje horizontal las direcciones de paleoflujo divididas en intervalos o clases de 45°. B) Direcciones de paleoviento relativas del Vector 1.

6.2. Paleocorrientes

Se determinaron dos vectores de paleocorrientes en la zona de estudio representados en los perfiles por el Vector 2 y el Vector 3. Las mediciones fueron realizadas en rocas de la AF IV en dos niveles estratigráficos a lo largo de toda la zona de estudio. No se pudo hacer lo mismo con las demás asociaciones de facies fluviales debido a la poca claridad de sus estructuras sedimentarias. De esta forma, los sentidos de circulación de los cauces antiguos quedaron restringidos al Vector 2 ubicado estratigráficamente por debajo del Vector 3.

6.2.2. Vector 2

El Vector 2 se obtuvo a partir de excelentes exposiciones tridimensionales de los *sets* con estratificación cruzada acanalada de la facies F4 (Fig. 6.3). Estos afloramientos permitieron observar los ejes de las formas de lecho, los cuales son paralelos a la dirección del paleoflujo, y la inclinación de los *foresets*, los cuales buzanan en el sentido del paleoflujo. Las mediciones hechas en estas exposiciones en “3D”, expresadas como la dirección de buzamiento del eje de las mencionadas formas de lecho respecto al norte, arrojaron los siguientes resultados: : N 280°,

N 273°, N 5°, N 67°, N 85°, N 75° y N 292°. El tratamiento estadístico de estos datos permitió observar dos modas principales: una ubicada en el intervalo 45°-90° y otra en la clase 270°-315° (Fig. 6.4 A). De esto se desprende que el Vector 2 está constituido por una componente que se dirige hacia el cuadrante noroeste y otra dirigida al cuadrante noreste (Fig. 6.4 B). Si bien la cantidad de lecturas realizadas es baja, se puede interpretar que los cauces de la AF IV ubicados en la sección inferior de la sucesión sedimentaria fluvial eran sinuosos y que transportaban agua hacia el norte.

En exposiciones en donde solo se pudo observar los *foresets* de las artesas en un plano vertical oblicuo a los ejes de estas formas de lecho (o exposiciones en “2D”), las mediciones de paleocorrientes se hicieron en base a los diagramas de DeCelles et al. (1983). Las lecturas obtenidas en campo fueron: N 310°, N 290°, N 55° y N 70°. Nuevamente, si bien la cantidad de datos es escasa debido a la calidad de los afloramientos, el tratamiento estadístico de los mismos muestra similitud con las mediciones hechas en exposiciones tridimensionales (Fig. 6.4 C).

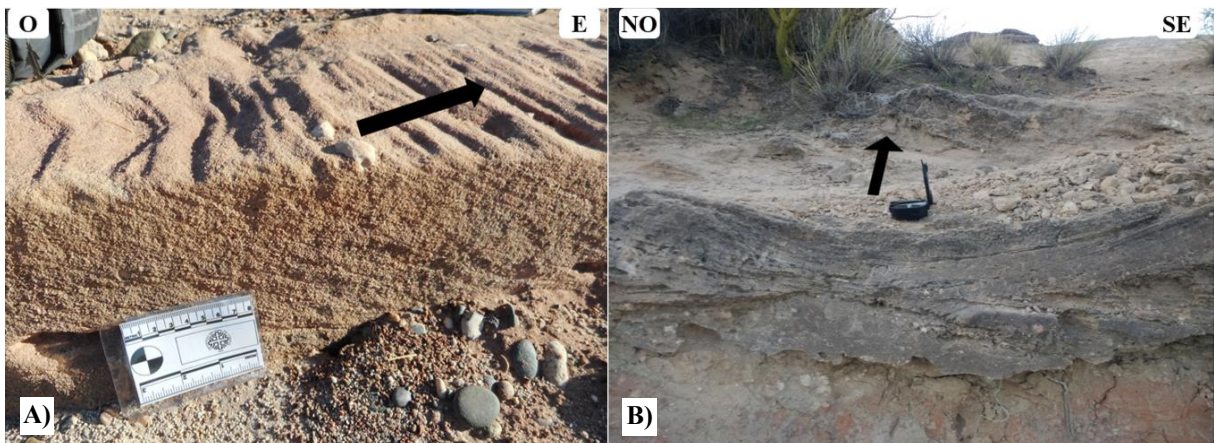


Figura 6.3. A) Vista tridimensional de un *set* con estratificación cruzada acanalada. En el plano horizontal se visualiza la intersección de dos dunas o formas de lecho sinuosas, mientras que en el plano vertical se pueden observar las inclinaciones de los *foresets*. La flecha indica la dirección de paleoflujo hacia el este. B) Sección vertical que atraviesa el eje de un *coset* de la facies F4. Bordeando el afloramiento, los *foresets* indican dirección y sentido del paleoflujo hacia el noreste, tal como lo indica la flecha.

6.2.3. Vector 3

Por último, el Vector 3 se obtuvo a partir de datos tomados también en la AF IV pero ubicada en los niveles superiores de la sucesión sedimentaria fluvial cretácica de las bardas. En exposiciones tridimensionales, las lecturas fueron: N 30°, N 40° y N 277°. El tratamiento estadístico de los datos permite ver la imposición de dos modas principales ubicadas en los cuadrantes noroeste y noreste (Fig. 6.5 A). A partir de esto se interpreta que, al igual que el Vector 2, este vector de paleocorriente poseía dos componentes dirigidas al noroeste y noreste

(Fig. 6.5 B), lo cual habla de sinuosidad en sus cauces.

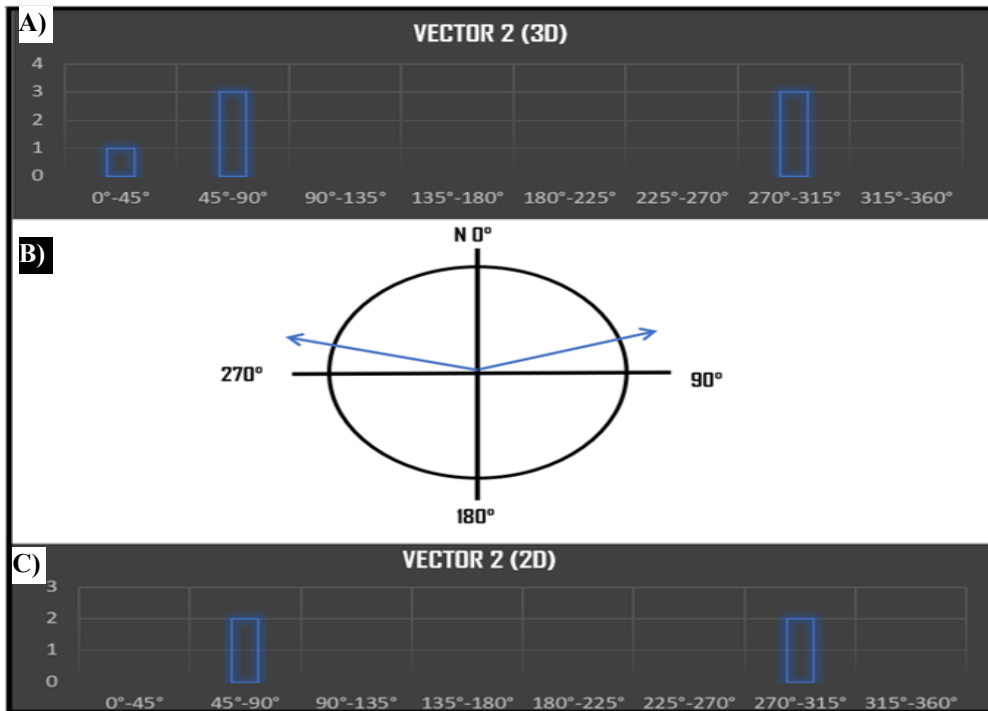


Figura 6.4. A) Tratamiento estadístico de los datos obtenidos en exposiciones tridimensionales del Vector 2. El histograma muestra claramente la presencia de dos modas. B) Dirección relativa de paleocorriente del Vector 2 y sus dos componentes. C) Histograma de mediciones realizadas en afloramientos en 2D. Se puede notar el parecido de estos datos con los del histograma en A).

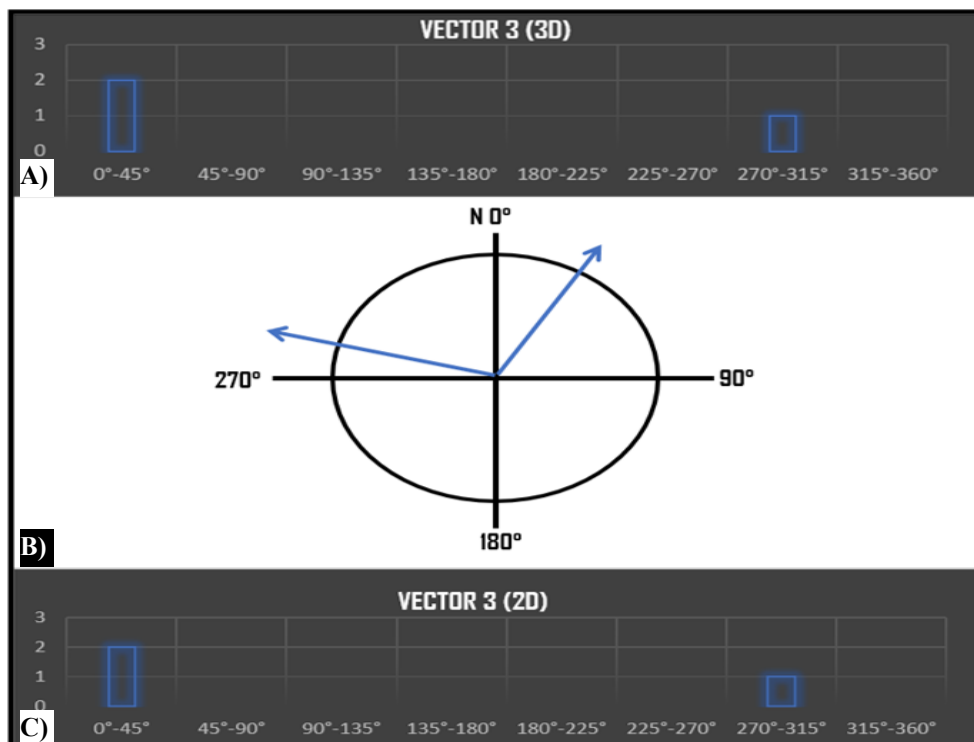


Figura 6.5. A) Tratamiento estadístico de los datos obtenidos en exposiciones tridimensionales del Vector 3. El histograma muestra la presencia de dos modas. B) Dirección relativa de paleocorriente del Vector 3 y sus dos componentes. C) Histograma de mediciones realizadas en afloramientos en 2D. Nuevamente, se puede notar una buena correlación entre estos datos y los del histograma en A).

7. DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA

7.1 Análisis de muestras

Se recolectaron quince muestras de rocas para su descripción petrográfica, de las cuales ocho pudieron ser analizadas en detalle. Los aspectos que se tuvieron en cuenta a la hora de describirlas fueron: a) tamaño de los clastos usando comparador visual, b) matriz, c) redondez, esfericidad y selección de los granos, d) color y e) composición de los clastos estimando porcentajes relativos entre cuarzo, feldspatos y líticos. En función de estas características, se procedió a clasificar cada muestra de acuerdo al esquema de Dott (1964), modificado por Pettijohn et al. (1972, 1987).

Como se observa en los perfiles de las figuras 5.1, 5.2 y 5.3, las muestras M1 (Perfil C-C') y M2 (Perfil A-A') fueron extraídas de las facies F17 y F15, respectivamente. Las muestras M3 (Perfil A-A'), M4 (Perfil C-C') y M5 (Perfil B-B') provienen de la facies F3. Las muestras M6 y M7 se recolectaron de la facies F6 en el Perfil A-A' y C-C', respectivamente. La muestra M8 se obtuvo de la facies F10 en el perfil C-C'. Por último, la muestra M9 corresponde a los conglomerados que coronan las bardas en el perfil C-C'.

7.1.a. Muestra 1

Roca sedimentaria compuesta por clastos tamaño arena mediana bien seleccionados (Fig. 7.1). Los clastos son subredondeados a redondeados y muestran una esfericidad media a alta. No se observa matriz y esto le da a la roca una textura clasto-sostén con presencia de cemento de carbonato de calcio. La composición de los granos es mayormente cuarzosa, apareciendo de forma subordinada líticos de color oscuro, estimándose un porcentaje relativo de 90% de cuarzo y de 10% de líticos. La roca es de color amarillenta (5Y 8/1).

Según la clasificación de Dott (1964) modificada por Pettijohn et al. (1972, 1987), esta roca corresponde a una arenita cuarzosa.

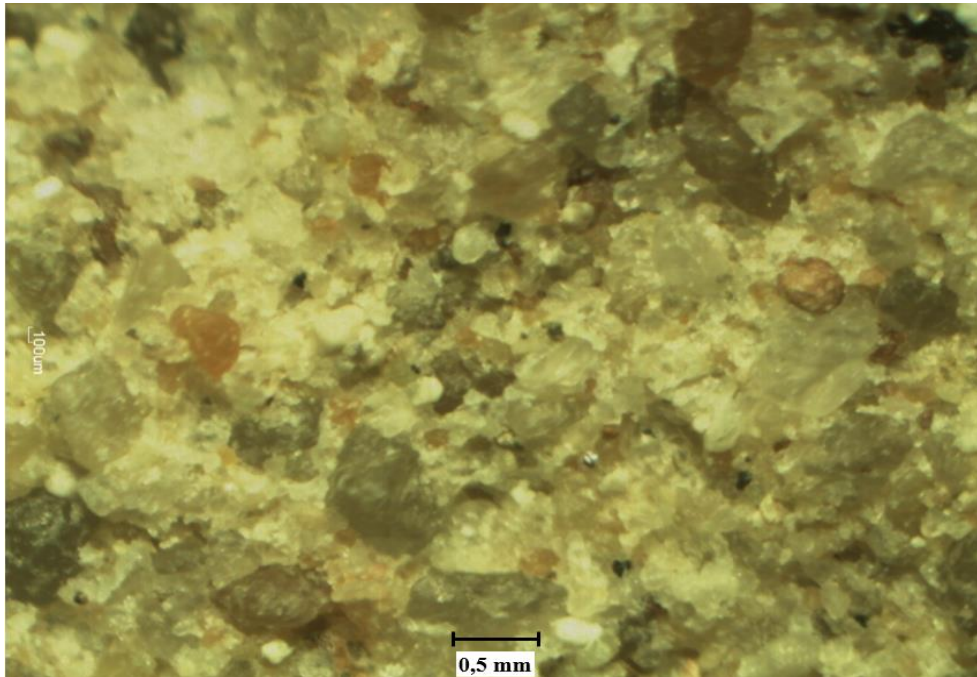


Figura 7.1. Arenita cuarzosa con cemento carbonático correspondiente a la muestra M1.

7.1.b. Muestra 2

Contiene clastos de tamaño arena mediana bien seleccionados, subredondeados a redondeados y de esfericidades medias a altas (Fig. 7.2). No se observa matriz y esto le da a la roca una textura clasto-sostén. La composición de los granos es mayormente cuarzosa (90%), apareciendo de forma subordinada líticos de color oscuro (10%). La roca es de color amarillenta clara (5Y 8/1).

Según la clasificación de Dott (1964) modificada por Pettijohn et al. (1972, 1987), esta muestra corresponde a una arenita cuarzosa.

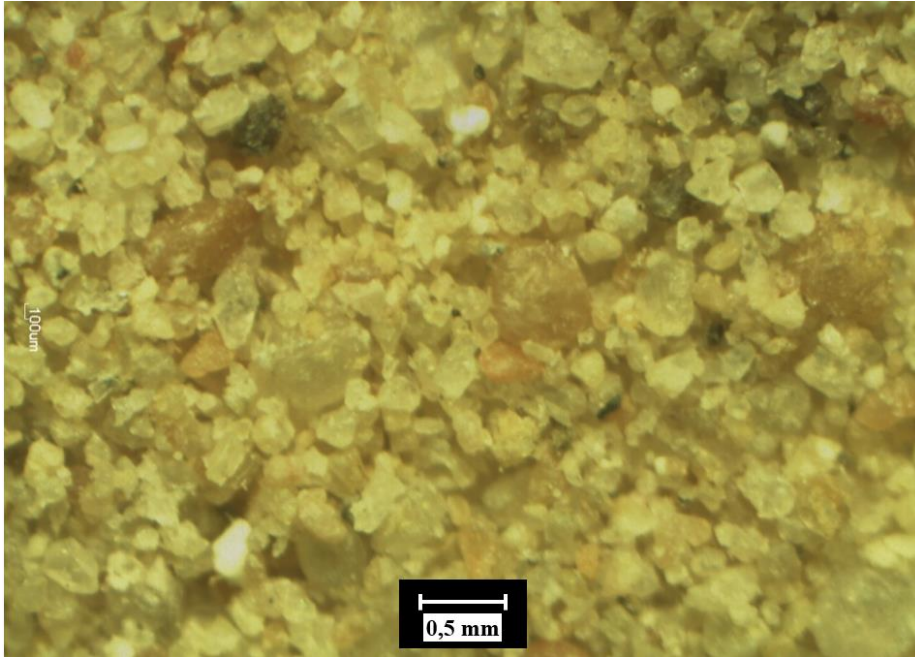


Figura 7.2. Arenita cuarzosa correspondiente a la muestra M2.

7.1.c. Muestra 3

Roca sedimentaria compuesta por clastos de granulometría gruesa, con clastos pelíticos de hasta 3 cm a sabulitas seleccionadas de forma moderadas (Fig. 7.3). Son comunes los intraclastos verdosos de pelitas, areniscas finas y areniscas, estas últimas correspondientes a las facies eólicas. La redondez de los clastos varía entre subanguloso a subredondeado, mientras que el grado de esfericidad es medio. Presenta una textura clasto-sostén con cemento carbonático. Los granos de cuarzo representan el 90% de la muestra, mientras que los líticos de colores oscuros son el 10% restante.

De acuerdo a la clasificación de Dott (1964) modificada por Pettijohn et al. (1972, 1987), se trataría de una sabulita cuarzosa.

7.1.d. Muestra 4

Esta muestra está constituida por clastos de granulometría arena gruesa a sabulita, seleccionados de forma moderada (Fig. 7.4). Al igual que las muestras M3 y M5, son comunes en las bases de los *sets* los intraclastos hasta 3 cm de diámetro de pelitas, areniscas finas y areniscas eólicas. Los granos son subangulosos a subredondeados, con un grado de esfericidad medio. Presenta una textura clasto-sostén con cemento carbonático. Los granos de cuarzo

representan el 90% de la muestra, mientras que los líticos de colores oscuros son el 10% restante.

De acuerdo a la clasificación de Dott (1964) modificada por Pettijohn et al. (1972, 1987), se trataría de una sabulita cuarzosa.

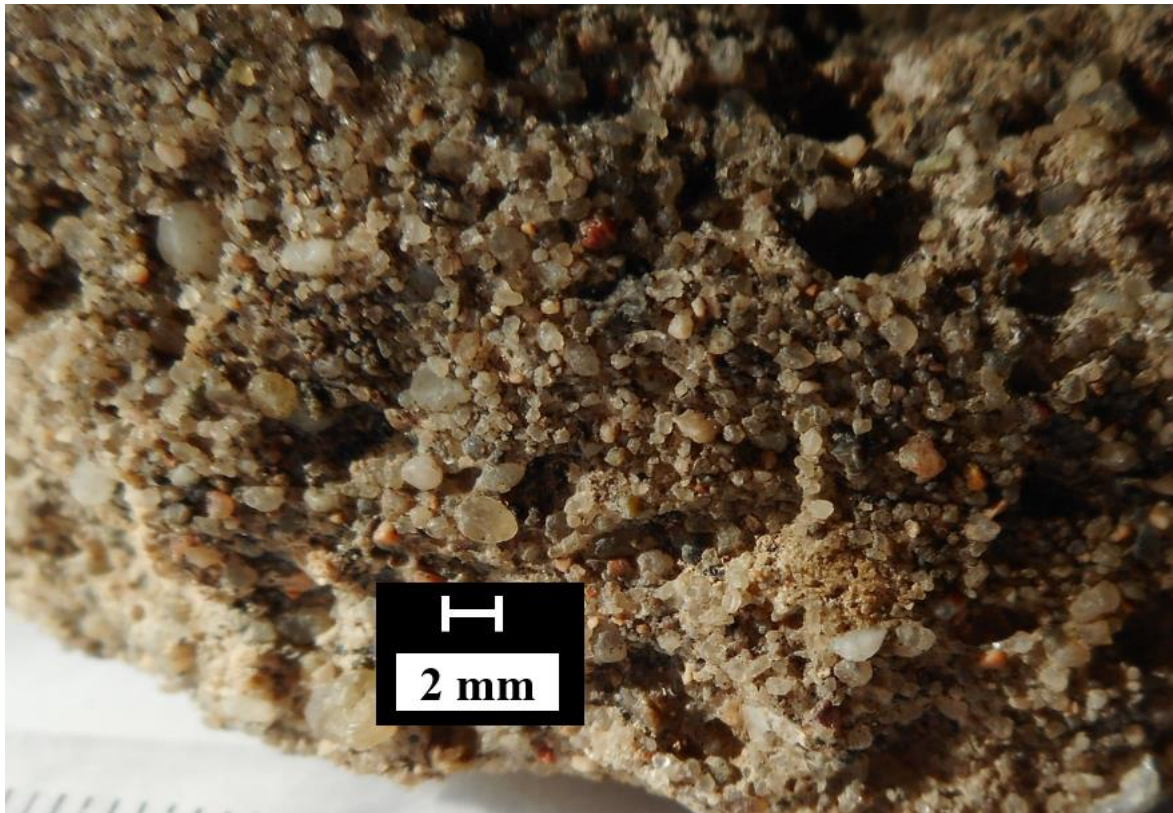


Figura 7.3. Sabulita cuarzosa correspondiente a la muestra M3

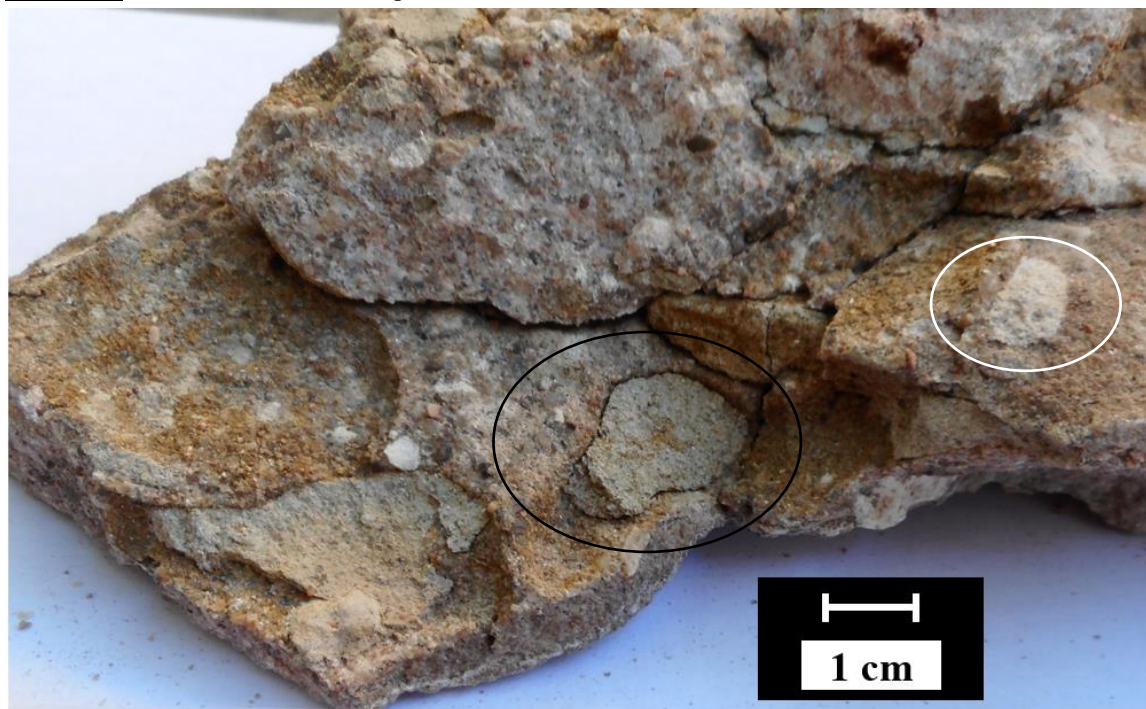


Figura 7.4. Muestra M4 descrita como una sabulita cuarzosa. En la base de las mismas se pueden observar los intraclastos de areniscas finas verdosas fluviales a la izquierda (círculo negro) y de arenisca eólica a la derecha (círculo blanco).

7.1.e. Muestra M5

Muestra de color gris claro (N8) compuesta por clastos de tamaño arena gruesa y sábulo de selección moderada (Fig. 7.5). Son comunes los intraclastos verdosos de pelitas, areniscas finas y areniscas, estas últimas correspondientes a las facies eólicas. La redondez de los clastos varía entre subanguloso a subredondeado, mientras que el grado de esfericidad es medio. Presenta una textura clasto-sostén con cemento carbonático. Los granos de cuarzo representan el 90% de la muestra, mientras que los líticos de colores oscuros son el 10% restante.

De acuerdo a la clasificación de Dott (1964) modificada por Pettijohn et al. (1972, 1987), se trataría de una sabulita cuarzosa.

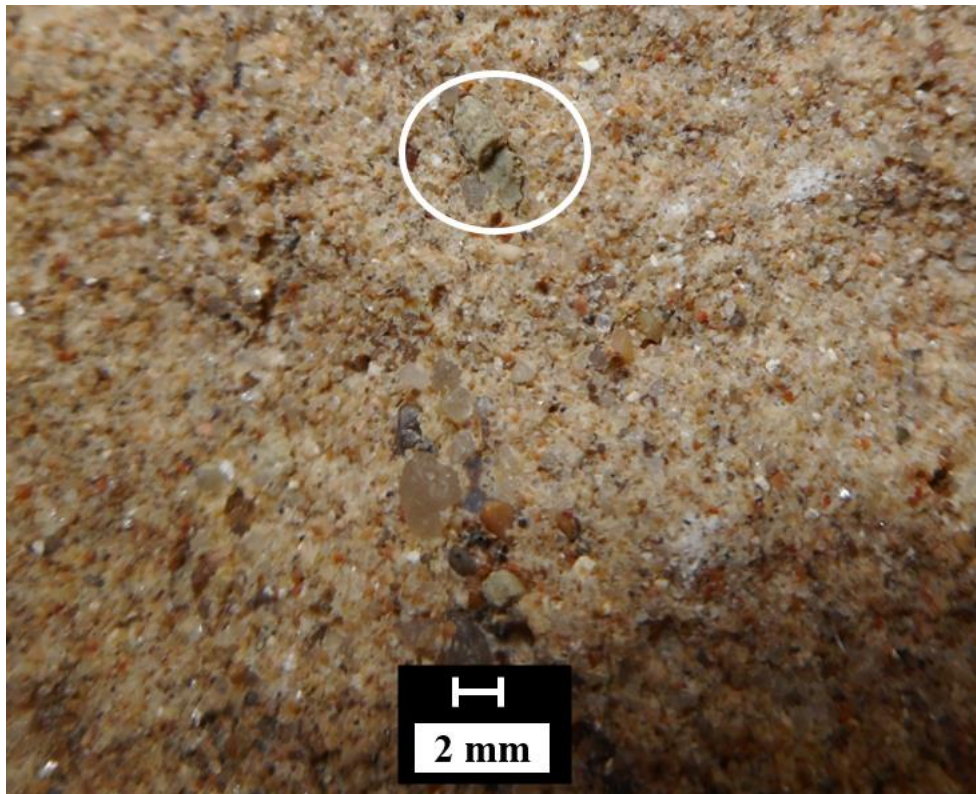


Figura 7.5. Muestra M5 consistente en una sabulita cuarzosa. Con un círculo blanco se señala un intraclasto de pelita verde.

7.1.f. Muestra M6

Esta muestra está constituida por clastos de granulometría mediana bien seleccionados (Fig. 7.6). Los clastos son subredondeados a redondeados y muestran una esfericidad media a alta. De textura clasto-sostén, no contiene cemento carbonático y se destaca por ser friable. La

composición de los clastos es mayormente cuarzosa (más del 90%), completando el porcentaje restante los líticos de color oscuro. El color que muestra es gris claro (N8).

De acuerdo a la clasificación de Dott (1964) modificada por Pettijohn et al. (1972, 1987), se trataría de una arenita cuarzosa.

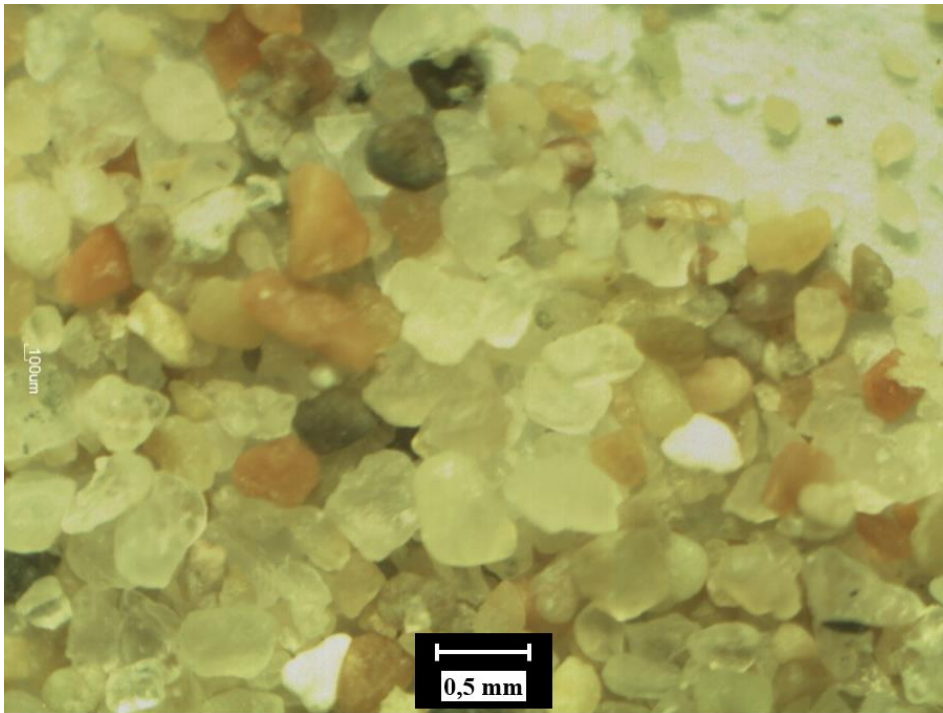


Figura 7.6. Muestra M6 clasificada como arenita cuarzosa.

7.1.g. Muestra M7

Se encuentra conformada por clastos de tamaño arena mediana bien seleccionados, subredondeados a redondeados y que muestran una esfericidad media a alta (Fig. 7.7). De textura clasto-sostén, tampoco contiene cemento carbonático y se destaca por ser friable, al igual que la muestra anterior. Nuevamente, y al igual que la roca anterior, en su composición de clastos abunda el cuarzo en un 90% aproximadamente, completando el 10% restante los líticos de colores oscuros. La muestra es gris clara (N8).

De acuerdo a la clasificación de Dott (1964) modificada por Pettijohn et al. (1972, 1987), esta roca se asigna a una arenita cuarzosa.



Figura 7.7. Arenita cuarzosa correspondiente a la muestra M7.

7.1.h. Muestra M8

Esta muestra está constituida por clastos de tamaño arena mediana a gruesa, bien seleccionados (Fig. 7.8). Los clastos son subredondeados a redondeados y muestran una esfericidad media a alta. De textura clasto-sostén, no contiene cemento carbonático y se destaca por ser muy friable. La composición de los clastos aquí es diferente al resto de las muestras porque los líticos oscuros son más abundantes que el cuarzo, estimándose un 70% de líticos y un 30% de cuarzo. Este cambio en la naturaleza de los granos se ve reflejado en el color gris oscuro (N4), con tonos azules, de la muestra.

De acuerdo a la clasificación de Dott (1964) modificada por Pettijohn et al. (1972, 1987), se trata de una arenita lítica.

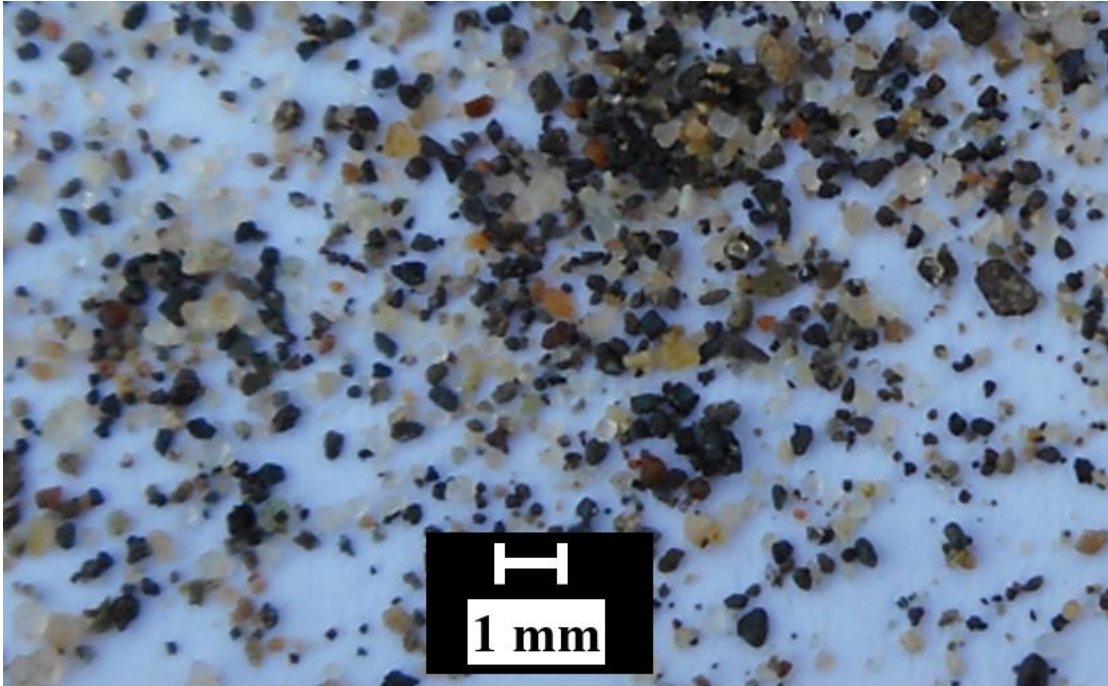


Figura 7.8. Arenita lítica correspondiente a la muestra M8.

7.1.i. Muestra M9

Esta muestra fue extraída de la facies F1 dentro de los depósitos fluviales antiguos del río Limay que se ubican en el tope de la sucesión sedimentaria de las bardas. Esta roca contiene clastos que van del tamaño guija al guijarro, conformando una textura clasto-sostén muy pobremente seleccionada. Se puede reconocer una matriz arenosa indicando que se trata de un ortoconglomerado. Los clastos son alargados y achatados, y se presentan bien redondeados y esféricos. Los clastos corresponden a fragmentos líticos y se observa un ligero predominio de colores oscuros sobre colores claros (Fig. 5.5 A). Estas características petrográficas son las mismas que los conglomerados de la facies F2, la cual se destaca por presentar una matriz con cemento calcáreo.

Aunque las psefitas o ruditas pueden ser clasificadas desde diferentes puntos de vista, en este trabajo se utiliza el término “ortoconglomerados con guijarros polimícticos de mala selección” para resaltar sus características petrográficas más sobresalientes.

7.2. Resumen de los rasgos petrográficos

La descripción de la petrografía de las rocas de las bardas permitió detectar tres grandes grupos. Por un lado, las rocas cretácicas tanto fluviales como eólicas (muestras M1, M2, M3, M4, M5, M6 y M7) indican una composición homogénea caracterizada por el dominio de

clastos de cuarzo. Además, salvo los términos sabulíticos, incluso la granulometría no muestra grandes variaciones ya que los tamaños suelen ser de arena mediana a gruesa en general.

Por su parte, el cambio en la proporción de los clastos observado en la muestra M8 marca el contraste notorio que hay entre las rocas cretácicas y las rocas del cenozoico ubicadas debajo de los conglomerados de los depósitos fluviales antiguos. La mayor abundancia de líticos oscuros es la responsable del color más intenso de estos depósitos. Esta diferencia se halla bien marcada si se ubican las muestras en los diagramas triangulares de clasificación de areniscas (Fig. 7.9).

Finalmente, el tercer grupo de roca representado en la zona de estudio es el de los conglomerados. El gran tamaño de sus clastos y los diferentes tipos de rocas de los que provienen constituyen el sello distintivo de estos depósitos.

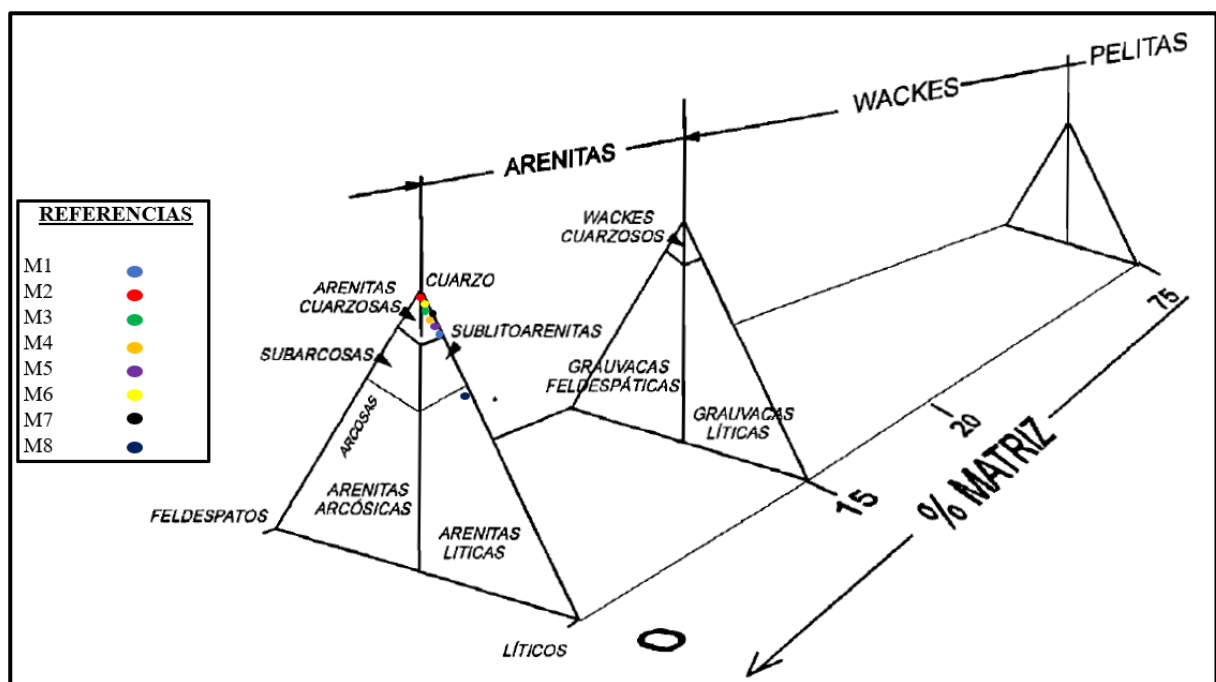


Figura 7.9. Ubicación de las muestras analizadas (salvo la correspondiente a los depósitos fluviales antiguos del río Limay) en los diagramas triangulares de clasificación de Dott (1964) modificada por Pettijohn et al. (1972, 1987). A simple vista se observa la gran diferencia composicional entre las rocas cretácicas, muy cuarzosas, con las rocas cenozoicas, muy líticas.

8. DISCUSIONES

8.1. Los paleoambientes cretácicos y sus asociaciones faunísticas

La sucesión sedimentaria cretácica en la zona de estudio representa dos ambientes continentales distinguibles sobre la base de las facies sedimentarias que los componen y de los vertebrados fósiles que han sido hallados en sus rocas. La base de esta sucesión sedimentaria representa un ambiente depositacional eólico en el que se pudo reconocer subambientes de duna y de interduna, también descritos por autores que han analizado estos depósitos previamente (Heredia y Calvo, 1997; Heredia y Calvo, 2002; Sánchez et al., 2006). Por el lado de las zonas de interdunas, que se corresponden con la AF I definida en este trabajo, éstas no solamente quedan representadas por aquellos horizontes que contienen evidencias de paleosuelos (como concreciones carbonáticas, abundante bioturbación y rizoconcreciones), sino que también son interpretadas como tal por contener vertebrados fósiles, muchos de ellos articulados y semiarticulados. En este sentido, las áreas de interduna pueden generar condiciones ambientales adecuadas para ser el hábitat de diversos animales, tal como sucede con los importantes hallazgos paleontológicos reportados en depósitos de interduna en la Arenisca Navajo del Jurásico de Estados Unidos (McKee, 1979; Winkler et al., 1991) o en la Fm. Barun Goyot del Cretácico de Mongolia (Gradzinsky y Jerzykiewicz, 1974; McKee, 1979), por citar algunos ejemplos. El análisis de los perfiles realizados en la zona de estudio permite distinguir cuatro importantes horizontes de interduna (AF I) portadores de fósiles cretácicos. El más antiguo de ellos es el que contiene a *Alvarezsaurus* y algunos ejemplares de huevos de aves. El segundo nivel incluye a los cocodrilos *Neuquensuchus* (MUCPv-47) y *Notosuchus* (MUCPv- 58, MUCPv-137 y MUCPv-198). El tercer nivel está representado por la asociación de facies que en el campus de la UNCo es portadora de los cocodrilos *Comahuesuchus* (MUCPv-202) y *Notosuchus* (MUCPv-35, MUCPv-147 y MUCPv-149), la serpiente *Dinilysia* (MUCPv 39, 40, 98-102, 104-116, 119, 1219) y el ave voladora *Neuquenornis* (MUCPv-142). El cuarto nivel de interduna contiene a los fósiles de huevos de aves (MUCPv-12, 37, 284, 305-309), el ave corredora *Patagopteryx* (MUCPv-48, 136 y 207) y el dinosaurio terópodo *Velocisaurus* (MUCPv-41); este nivel es el más joven y por encima del mismo no se han reportado restos fósiles. De estas tres asociaciones de facies mencionadas, las dos últimas se correlacionan lateralmente con zonas de dunas (AF II), por lo que a la evidencia paleontológica también se le suma la evidencia sedimentológica a la hora de reforzar los argumentos para interpretar esos

paleoambientes como áreas de interduna.

Los subambientes de dunas (AF II), por su lado, además de su buena correlación con zonas de interdunas, preservan grandes *sets* con estratificación entrecruzada planar que permiten confirmar su origen eólico. Sin embargo, varios tramos de los perfiles levantados consistentes en areniscas masivas sin estructuras sedimentarias (facies F18) alcanzan espesores importantes, llegando incluso a los 20 m en la base del perfil A-A' (Fig. 5.1). Estas sucesiones también han sido interpretadas como subambientes de dunas que han sido afectadas por procesos diagenéticos, aunque no se descarta que puedan conformar depósitos de *sand sheets* o mantos de arena. Aquí también la evidencia paleontológica sustenta esta hipótesis ya que, por ejemplo, para el caso del tramo de 20 m mencionado en la base del perfil A-A', no se han encontrado hasta el momento vertebrados fósiles. De hecho, esta porción del perfil se ubica entre la roca portadora de *Alvarezsaurus* (junto con los huevos de aves y el cocodrilo indeterminado MUCPv-203) y la roca portadora de *Neuquenornis*, *Dinilysia*, *Comahuesuchus* y *Notosuchus* en el campus universitario. Este modelo paleoambiental de zonas de interduna y zonas de duna se completa con la información de paleocorrientes, o paleovientos, obtenidas de los planos de estratificación entrecruzada planar de las dunas. Si bien la cantidad de mediciones es escasa, estas formas eólicas muestran direcciones de avance, al menos locales, hacia el cuadrante este; esto permite inferir que los vientos provenían del oeste.

Estos subambientes descriptos indican claramente que el modelo paleoambiental para la Fm. Bajo de la Carpa se corresponde con un ambiente continental desarrollado bajo condiciones climática cálidas y semiáridas, como fue propuesto por Garrido (2010). En este ambiente, durante los periodos climáticos más húmedos, las dunas eólicas eran colonizadas por vegetación y organismos y las áreas de interduna reunían las condiciones ambientales apropiadas para que se instaure una diversa fauna de vertebrados de pequeño tamaño (“asociación faunística pequeña”) compuesta por serpientes, cocodrilos, aves y dinosaurios terópodos (Fig. 8.1)

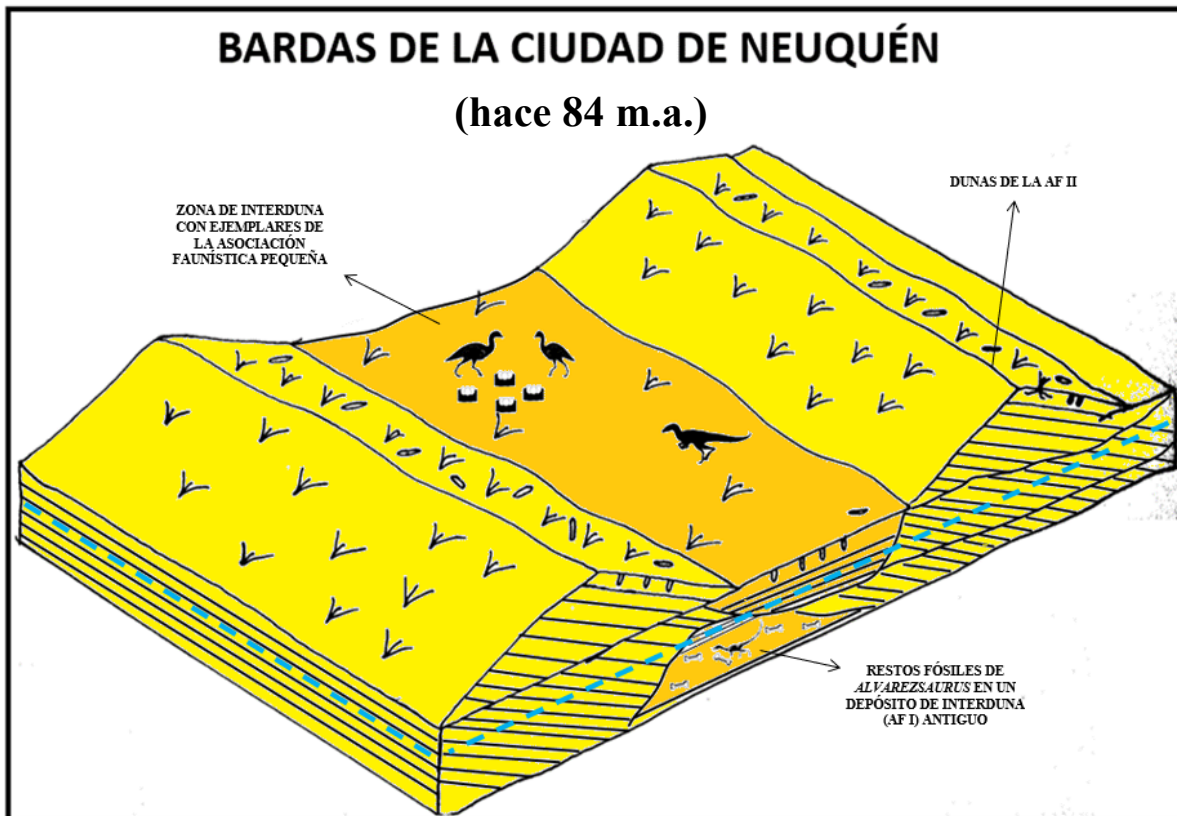


Figura 8.1. Modelo paleoambiental para la Fm. Bajo de la Carpa. La línea punteada azul marca la posición relativa del nivel freático

La porción media del registro sedimentario de las bardas en la zona de estudio marca el contacto entre el ambiente eólico descrito anteriormente y un ambiente fluvial. Por encima de dicho contacto, se han interpretado en las rocas cretácicas asociaciones de facies correspondientes a depósitos de canales (AF III y AF IV) y de planicie (AF V).

La AF III es interpretada como canales efímeros y someros que respondieron a avenidas estacionales. Este subambiente fluvial no mostró relación alguna con las zonas de interduna ya que no se observó correlación lateral entre las mismas. Por lo tanto, no se encontraron hasta ahora evidencias en la zona de estudio de que las zonas de interduna hayan sido invadidas por estos sistemas fluviales. Existe la posibilidad de que estos cuerpos sedimentarios representen elementos de desborde (*crevasse splays*), sin embargo, no se observaron variaciones significativas en su espesor en la zona de estudio ni tampoco variaciones laterales en la granulometría, como sí se suele dar en los típicos depósitos de desborde. Un ejemplo bien documentado sobre este tipo de variaciones se puede encontrar en Burns et al. (2017) en donde los depósitos de crevasse de la Arenisca Castlegate y de la Fm. Neslen muestran una disminución de la granulometría y del espesor a medida que se alejan del canal principal identificando facies proximales, medias y distales. Pese a esto, resulta necesario analizar la

continuidad lateral de esta AF III fuera de la zona de estudio y en una dirección meridional para entender completamente la geología de su depósito, ya que las paleocorrientes medidas en estos canales mostraron direcciones del agua hacia el cuadrante norte.

La AF IV se interpreta como formas de lecho arenosas en planicies aluviales tipo *braided*, equivalente al elemento arquitectural denominado *sandy bedforms* (Miall, 1996). Dada la evidencia recogida hasta el momento, se descarta que esta asociación puede representar depósitos de desborde en planicies de inundación o barras de acreción lateral y/o frontal. Para el primer caso, tal como sucede con la AF III, no se observaron variaciones en su espesor en toda la zona de estudio ni tampoco variaciones laterales en la granulometría. Para el segundo caso, la AF IV no fue interpretada como barras de acreción debido a que no fue posible reconocer y trazar superficies de 3° orden que indicaran direcciones de acreción (ya sea lateral o frontal) y su relación de perpendicularidad o no con las direcciones de migración de las estructuras sedimentarias (Miall, 1996). Además, la geometría de estos depósitos indica un gran apilamiento vertical de las diferentes facies como suele suceder en las formas de lecho arenosas o *sandy bedforms* de planicie aluvial tipo *braided* (Eberth y Miall, 1991).

El contacto entre este ambiente fluvial (AF III y AF IV) y el eólico (AF I y AF II), no solo queda marcado por la geología de sus depósitos, sino también por un abrupto cambio en el tipo de vertebrados cretácicos hallados (Calvo y Álvarez, 2019; Berra et al., 2019). Los fósiles de formas de vida pequeñas como cocodrilos, serpientes, aves y dinosaurios de no más de 1,5 m de alto desaparecen del registro sedimentario de estas rocas fluviales y dan lugar a formas de vida de mayor tamaño representadas por dinosaurios saurópodos. En otras palabras, la “asociación faunística pequeña” desarrollada en el ambiente eólico desaparece y es reemplazada por una “asociación faunística grande” asociada al ambiente fluvial. Hasta el momento, los representantes de esta asociación faunística grande han sido hallados en las rocas del primer nivel de la AF IV. De aquí se extrajeron todos los restos de dinosaurios saurópodos descritos como las ulnas MUCPv-1111 y MUCPv-1558, las dos vértebras cervicales MUCPv-2172, los dos dientes de saurópodos MUCPv-1534 y MUCPv-1535, la vértebra caudal MUCPv-1528 y el Saltosaurino indeterminado representado por MUCPv-93 y MUCPv-94. En el caso de los restos de dinosaurios de *Argyrosaurus sp.* y *Neuquensaurus australis*, junto a los materiales indeterminados de *Lithostrotia*, provenientes del sitio Boca del Sapo (von Huene, 1929), no se conoce con exactitud el nivel estratigráfico pero la evidencia paleontológica y geológica permite inferir que procederían de estos mismos niveles.

Estos subambientes mencionados (AF III y AF IV) permiten definir un modelo paleoambiental para el techo de la Fm. Bajo de la Carpa de ambiente continental fluvial



Figura 8.2. Modelo paleoambiental para el techo de la Fm. Bajo de la Carpa (modificado de Miall, 1996).

conformado por una red de canales pobremente definidos, someros y del tipo *braided* (Fig. 8.2). Estos ríos de escorrentía superficial efímera ocupan toda la llanura aluvial durante eventos de tormenta conformando amplios mantos representados por la AF III (Miall, 1985, 1996).

Las pelitas rojas (y verdes subordinadas) de planicie de inundación (AF V) aparecen por encima de los primeros depósitos correspondientes a las AF III y IV, para luego empezar a dominar la sucesión sedimentaria superior de las bardas en espesor y frecuencia; definiendo así a la Fm. Anacleto. Las pelitas son registradas en los perfiles A-A' y C-C' y se destacan en el sector del perfil B-B' y hacia el norte del área de estudio. Este dominio de pelitas sugiere que Anacleto representa un cambio paleoambiental en el ambiente fluvial definido anteriormente para el techo de la Fm. Bajo de la Carpa, relacionado a un régimen hídrico diferente. En base a las descripciones ambientales hechas en esta formación en distintos sectores de la cuenca, se infiere que las pelitas de la AF V estén relacionadas a un río con canales bien definidos, quizás meandrosos, cuyo canal principal se encontraría fuera de la zona de estudio (Fig. 8.3). Es necesario tener en cuenta que la meandrosidad de dicho sistema solamente queda definida por la identificación de barras de acreción lateral, y no por la abundancia de finos de planicie de inundación. Los elementos correspondientes a las asociaciones AF III y AF IV se encuentran presentes, aunque ya de forma subordinada, lo cual indica la existencia de canales en esta sucesión vinculados a las pelitas de la AF V. Esos canales muestran una naturaleza efímera en la zona de estudio. No se han registrado hasta ahora hallazgos fósiles en estas formación, pero se conoce que en el sector del Parque de los Dinosaurios, esto es 500 metros al oeste del área

de trabajo, se han extraído fósiles de huevos de dinosaurios saurópodos (Calvo et al., 1997).

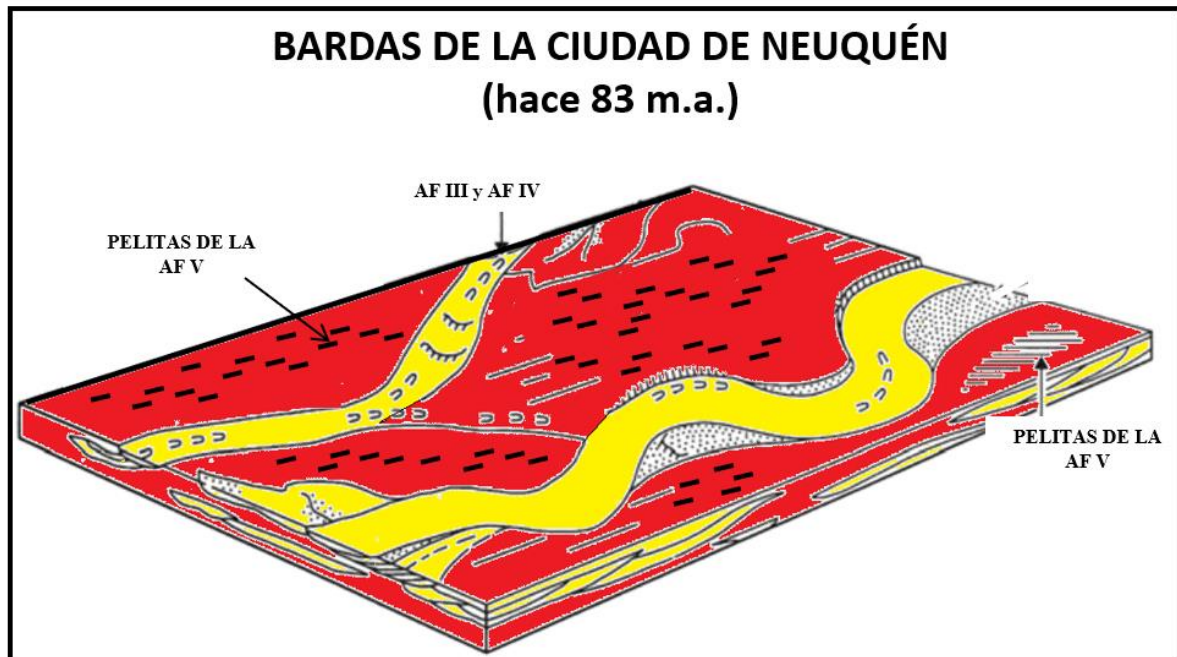


Figura 8.3. Modelo paleoambiental para las rocas de la Fm. Anacleto (modificado de Miall, 1996).

8.2. Ubicación estratigráfica de los vertebrados cretácicos: implicancias para la prospección

En los perfiles sedimentológicos y estratigráficos A-A' y B-B' se integró toda la información paleontológica, indicando la distribución en el tiempo geológico de cada uno de ellos junto con el número de colección correspondiente. Sin embargo, es necesario destacar que el lugar de procedencia de algunos de ellos es incierto y que su posición en la columna estratigráfica fue inferida de acuerdo a su vínculo con otros fósiles. Tal es el caso de los cocodrilos *Cynodontosuchus* (MLP-64-IV-16-25 (205)) y *Wargosuchus* (MOZ-PV 6134) y de los dinosaurios saurópodos asignados a *Lithostrotia* (von Huene, 1929; Gallina y Otero, 2015), *Argyrosaurus sp.* (von Huene, 1929) y *Neuquensaurus australis* (MLP-Ly 1-6, 18, 19).

En el caso de *Cynodontosuchus*, el material fue publicado por Woodward (1896) junto al *Notosuchus* MLP 64-IV-16-5. En el campus universitario, el horizonte estratigráfico del que proceden la mayoría de los cocodrilos notosúchidos se encuentra entre el nivel portador de *Dinilysia* y *Neuquenornis* y el nivel portador de los huevos de aves fósiles (junto a *Velocisaurus* y *Patagopteryx*). En base a esto, se infiere que los restos de *Cynodontosuchus* y del *Notosuchus* MLP 64-IV-16-5, descritos en Woodward (1896), fueron extraídos de la roca que contiene a MUCPv-35, MUCPv-147 y MUCPv-149, y que también incluye al *Comahuesuchus* MUCPv-

202 (Fig. 5.1). Con respecto a *Wargosuchus*, Martinelli y Pais (2008) mencionan que este cocodrilo fue rescatado del mismo horizonte que los notosúchidos hallados en la ciudad de Neuquén, por lo que se interpreta que la roca portadora es la misma que la de *Cynodontosuchus*.

Por el lado de los dinosaurios saurópodos, su procedencia no es del todo precisa pero se puede asumir con seguridad que todos ellos probablemente hayan sido extraídos de las mismas rocas que contienen a los hallazgos más recientes (MUCPv-93, MUCPv-94, MUCPv-1111, MUCPv-1558, MUCPv-2172, MUCPv-1534, MUCPv-1535 y MUCPv-1528).

El estudio de detalle bioestratigráfico realizado en este trabajo incluye perfiles geológicos que difieren del perfil esquemático dado a conocer por Fernández et al. (2013) por varias razones, a saber: a) la información paleontológica presentada no está acompañada por los números de colección de los fósiles; b) *Alvarezsaurus* y *Velocisaurus* no proceden del mismo nivel estratigráfico ya que *V. unicus* proviene de niveles superiores y está asociado a los huevos fósiles de aves (Fig. 5.1); c) los huevos de aves proceden de distintos sectores y niveles del campus y no solo de un área reducida; d) No hay registro de vertebrados de la asociación faunística pequeña por encima del nivel superior de huevos de aves y e) los huevos de dinosaurios de *Megaloolithus* (en el Parque de los Dinosaurios) se muestran como provenientes de areniscas, cuando en realidad han sido extraídos de pelitas rojas (Calvo et al., 1997). En base a todo lo descrito anteriormente, en este trabajo se recomienda desestimar el perfil de Fernández et al. (2013) por ser impreciso.

Por último, se han identificado algunos horizontes geológicos con gran potencial de ser portadores de vertebrados cretácicos. Dentro de las facies eólicas asociadas a subambientes de interdunas (Fm. Bajo de la Carpa), los últimos 15 m, antes del contacto con las areniscas fluviales del techo de la Fm. Bajo de la Carpa, contienen huevos de aves, aves corredoras, un dinosaurio terópodo (*Velocisaurus*), cocodrilos, serpientes y un ave voladora. Esta evidencia sugiere que la prospección debe ser enfocada en este tramo para seguir hallando ejemplares de esta diversa “asociación faunística pequeña”. Por debajo de este tramo, se desarrolla una sucesión sedimentaria de 30 m en donde solo se han preservado los restos de *Alvarezsaurus* y algunos huevos de aves.

Dentro de las facies fluviales de la Fm. Bajo de la Carpa, las areniscas de la AF IV ubicadas justo por encima del contacto formacional son las únicas portadoras de dinosaurios saurópodos. Por lo tanto, la prospección paleontológica para seguir completando la información de esta “asociación faunística grande” debería estar enfocada en este tramo de 5 m de espesor aproximadamente.

8.3. Esquema formacional

Tal como se mencionó en la descripción del Subgrupo Río Colorado, muchos autores se han basado en la aparición de las pelitas rojas como criterio para definir el contacto entre la Fm. Bajo de la Carpa (Santoniano) y la Fm. Anacleto (Campaniano) (Uliana, 1979; Cazau y Uliana, 1973; Leanza, 1999; Heredia y Calvo, 2002; Garrido, 2005; Calvo et al, 2011). En el sector del perfil B-B' es notable el aumento del espesor y de la frecuencia de la AF V, conformada principalmente por las pelitas rojas. Por el momento y con cierta cautela, en el presente trabajo se opta por seguir ese criterio de la aparición de las pelitas rojas utilizado en la mayoría de las publicaciones sobre el tema, coincidiendo con los esquemas litoestratigráficos de Heredia y Calvo (2002) y Garrido (2005), pero no así con el de Sánchez et al. (2006), quienes ubican el contacto por debajo de las pelitas rojas. No obstante, se debe aclarar que la presencia de pelitas no es lo único que define el límite entre ambas unidades y deben tenerse en cuenta aspectos como la paleogeografía y la posición estratigráfica relativa del sector estudiado. La estratigrafía de las bardas es completada por los depósitos cenozoicos de la Fm. Agua de la Caldera y los depósitos de conglomerados correspondientes a las terrazas antiguas del Pleistoceno Medio (Garrido, 2005).

9. CONCLUSIONES

Los afloramientos cretácicos en las bardas de la ciudad de Neuquén corresponden a las formaciones Bajo de la Carpa y Anacleto. El contacto entre estas dos unidades es concordante y está representado por la aparición de las primeras pelitas rojas.

El modelo paleoambiental para la Fm. Bajo de la Carpa (Santoniano), en la ciudad de Neuquén, es el de un ambiente continental fluvio-eólico bajo condiciones climáticas cálidas y semiáridas que albergó dos asociaciones faunísticas bien distintas. Una de ellas, denominada aquí “asociación faunística pequeña”, incluye cocodrilos, serpientes, aves corredoras, aves voladoras y dinosaurios terópodos. Los hábitats de estas formas de vida lo conformaban las áreas de interduna. La otra asociación, denominada aquí “asociación faunística grande”, se componía de dinosaurios saurópodos titanosáuridos aunque es muy probable que se completara con carnívoros abelisáuridos muy comunes para los términos superiores del Grupo Neuquén. Esta asociación se desarrolló en un ambiente fluvial de ríos conformados por canales poco definidos, someros y efímeros del tipo *braided*.

El modelo paleoambiental para la Formación Anacleto (Campaniano) sugiere un ambiente fluvial con un régimen hídrico diferente al de la Formación Bajo de la Carpa. No se han registrado hasta ahora hallazgos fósiles en esta formación en el área de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahlbrandt, T.S., y Fryberger, S.G., 1981.** Sedimentary features and significance of interdune deposits. En: Ethridge, F.G., and Flores, R.M. (Eds) Recent and ancient non-marine depositional environments: Models for exploration: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication 31, p. 293-314.
- Ameghino, F., 1906.** Les formations sedimentaires du Crétacé supérieur et du Tertiaire de Patagonie. An. Mus. Nac. Buenos Aires. (3) 7: 1-568
- Ardolino, A. y Franchi, M., 1996.** Geología y recursos minerales del Departamento Añelo, provincia del Neuquén. República Argentina. Anales Dirección Nacional del Servicio Geológico, 25: 1-212. Buenos Aires.
- Alvarenga, H. y Bonaparte, J. F., 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.
- Avci, M., Yertürk, M. y Kaplan, O., 2005.** Effects of ascorbic acid on the performance and some blood parameters of Japanese quails reared under hot climate conditions. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 29 (3), 829-833.
- Bonaparte, J. F., 1991a.** The Gondwanian theropod families Abelisauridae and Noosauridae. Historical Biology 5:1-25.
- Bonaparte, J.F., 1991b.** Los vertebrados fósiles de la Formación Río Colorado, de la Ciudad de Neuquén y cercanías, Cretácico Superior, Argentina. Revista del Museo Argentino de Paleontología "Bernardino Rivadavia" – Paleontología 4: 17-123.
- Bonaparte, J. F., y Coria, R. A., 1993.** Un nuevo y gigantesco saurópodo titanosaurio de la Formación Río Limay (Albiense- Cenomaniense) de la Provincia del Neuquén, Argentina. Ameghiniana 30: 271-282.
- Benton, M.J. y Clark, J.M., 1988.** Archosaur phylogeny and the relationships of the Crocodylia. En: Benton, M.J. (Ed.) Phylogeny and Classification of the Tetrapods: Amphibians, Reptiles and Birds. Oxford: Clarendon Press. Vol. 1. Systematics Association Special Publication, 35A. p.295-338.
- Berra, L., Gasparini, M., López, D. J., Martínez, M., Neme, N., Paez, J. A., Sánchez, S., Valderrama, C., 2019.** Caracterización sedimentológica del sitio de nuevos hallazgos fosilíferos en el campus de la Universidad Nacional del Comahue – Neuquén. 2º Jornadas de Paleovertebrados de la Cuenca Neuquina.
- Borghi, P., Fennell, L., Omil, R., Naipauer, M., Acevedo, E., 2019.** The Neuquén group: The reconstruction of a Late Cretaceous foreland basin in the southern Central Andes (35–37°S); Elsevier Science; Tectonophysics, 767: 1-23.

Bracaccini, O., 1970. Rasgos tectónicos de las acumulaciones mesozoicas en las provincias de Mendoza y Neuquén, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 25(2): 275-284. Buenos Aires.

Brett-Surman, M. K., y Paul, G., 1985. A new family of bird-like dinosaurs linking Laurasia and Gondwanaland. *Journal of Vertebrate Paleontology* 5:133-138.

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 N° 84: 85–170.

Brissón Egli, F., Agnolín, F. y Novas, F., 2016. A new specimen of *Velocisaurus unicus* (Theropoda, Abelisauroida) from the Paso Córdoba locality (Santonian), Río Negro, Argentina, *Journal of Vertebrate Paleontology*, DOI: 10.1080/02724634.2016.1119156

Burmeister, C., 1893. Preliminary notice of dinosaurian remains from Santa Cruz. *Rev. Mus. La Plata* 4: 245-247

Burns, C. E., Mountney, N. P., Hodgson, D. M. y Colombera, L., 2017. Anatomy and dimensions of fluvial crevasse-splay deposits: Examples from the Cretaceous Castlegate Sandstone and Neslen Formation, Utah, USA. *Sedimentary Geology*, 351, 21-35.

Caldwell, M.W. y Albino, A.M., 2001. Palaeoenvironment and palaeocology of three Cretaceous snakes: *Pachyophis*, *Pachyrhachis*, and *Dinilysia*. En: S.F. Vizcaino, R.A. Farifla y C. Janis (Eds.), *Biomechanics and Palaeobiology of Vertebrates*. *Acta Palaeontologica Polonica* 46: 203–218.

Caldwell, M.W. y Calvo, J., 2008. Details of a new skull and articulated cervical column of *Dinilysia patagonica* Woodward, 1901. *Journal of Vertebrate Paleontology* 28: 349–362.

Calvo, J. O., 1991. Huellas de dinosaurios en la Formación Rio Limay (Albiano-Cenomaniano) Picún Leufú. Provincia del Neuquén, Argentina (Ornithischia-Saurischia: Saurópoda-Terópoda). *Ameghiniana*, 28, 241-258.

Calvo, J. O., 1999. Dinosaurs and other vertebrates of the Lake Ezequiel Ramos Mexía Area, Neuquén-Patagonia, Argentina. *National Science Museum Monographs*, 15, 13-45.

Calvo, J. O., Porfiri, J., Pol, D., González Riga, B., de la Fuente, M. y Rougier, G., 2011. Vertebrados continentales mesozoicos. En: Leanza, H., Arregui, C., Carbone, O., Danielli, J. y Vallés, J. (eds.) 18° Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 539-556, Neuquén.

Calvo, J. O. y Salgado, L., 1996. Sauropod crossing: the Africa /South America connection. *The Dinosaur Report*, Summer 1996, 1 and 4-6.

Calvo, J., Engelland, S., Heredia, S. y Salgado, L., 1997. First record of dinosaur eggshells (Sauropoda-Megaloolithidae) from Neuquén, Patagonia, Argentina. *GAIA* 14:23-32

Calvo, J.O. y Alvarez, F., 2019. Nuevos materiales de Saltasaurinae, Cretácico superior, ciudad de Neuquén, Patagonia, Argentina. 33° Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados, Córdoba.

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

Chiappe, L., 1995. The phylogenetic position of the Cretaceous birds of Argentina: Enantiornithes and *Patagopteryx deferrariisi*. Courier Forschungsinstitut Senckenberg 181:55-63.

Chiappe, L. y Calvo, J., 1994. Neuquenornis volans, a new late cretaceous bird (Enantiornithes: avisauridae) from Patagonia, Argentina. Journal of Vertebrate Paleontology 14(2):230-246.

Chiappe, L. M., y Dyke, G. J., 2002. The Mesozoic radiation of birds. Annual Review of Ecology and Systematics, 33 (1), 91-124.

Chiappe, L. M., Norell, M. A. y Clark, J. M., 1996. Phylogenetic position of *Mononykus* from the Upper Cretaceous of the Gobi Desert. Mem. Queensland Museum, 39: 557-582.

Chinsamy, A. y Elzanowski, A., 2001. Evolution of growth pattern in birds. Nature, 412 (6845), 402-403.

De Celles, P.G., Longford, R.P. y Schwartz, R.K., 1983. Two new methods of paleocurrent determination from trough cross stratification. J. Sediment. Petrol., 53: 629-642.

de Ferrariis, C., 1968. El Cretácico del Norte de la Patagonia. 3° Jornadas Geológicas Argentinas. Actas 1: 121-144. Buenos Aires

Digregorio, J. H., 1972. Neuquén. En: Leanza, A. F. (Dir. y Ed.) Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, : 439-506

Di Giulio, A., Ronchi, A., Sanfilippo, A., Tiepolo, M., Pimentel, M. y Ramos, V.A., 2012. Detrital zircon provenance from the Neuquén Basin (south-central Andes): cretaceous geodynamic evolution and sedimentary response in a retroarc-foreland basin. Geology 40, 559–562.

Dingus, L., Garrido, A.C., 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). En: L. Barry Albright III (Ed.): Papers on Geology, Vertebrate Paleontology, and Biostratigraphy in Honor of Michael O. Woodburne. Museum of Northern Arizona Bulletin 65: 237-258.

Dollo, L., 1914. Sur la découverte de Téléosauriens tertiaires au Congo. Bulletin de la Classe des Sciences de l'Académie Royale de Belgique, 288-298.

Dott, R. H., 1964. Wacke, graywacke and matrix-what approach to immature sandstone classification? Journal of Sedimentary Petrology, 34: 625-632.

Eberth, D. A. y Miall, A. D., 1991. Stratigraphy, sedimentology and evolution of a vertebrate-bearing, braided to anastomosed fluvial system, Cutler Formation (Permian-Pennsylvanian), north-central New Mexico. Sedimentary Geology, 72(3-4), 225-252.

- Fanning, C.M., Hervé, F., Pankhurst, R.J., Calderón, M., Yaxley, G.M. y Holden, P., 2009.** Multi-dimensional zircon tracking: a case study using the 150 my evolution of the South Patagonian Batholith. 12° Congreso Geológico Chileno, Actas digitales 5 (S12) 4 p., Santiago
- Fennell, L. M., Folguera, A., Naipauer, M., Gianni, G., Rojas Vera, E. A., Bottesi, G. y Ramos, V. A., 2017.** Cretaceous deformation of the southern Central Andes: synorogenic growth strata in the Neuquén Group (35° 30'–37° S). *Basin Research*, 29, 51-72.
- Fiorelli, L.E. y Calvo, J.O., 2007.** The first “protosuchian” (Archosauria: Crocodyliformes) from the Cretaceous (Santonian) of Gondwana. *Arquivos do Museu Nacional* 65: 417-459.
- Fernández M. S., García R. A., Fiorelli L., Scolaro A., Salvador R., Cotaro, C., Kaiser, G. y Dyke, G., 2013.** A Large Accumulation of Avian Eggs from the Late Cretaceous of Patagonia (Argentina) Reveals a Novel Nesting Strategy in Mesozoic Birds. *PLoS ONE* 8(4): e61030.
- Franzese, J.R., Veiga, G.D., Schwarz, E. y Gómez Pérez, I., 2006.** Tectonostratigraphic evolution of a Mesozoic graben border system: the Chachil depocenter, southern Neuquén Basin, Argentina. *Journal of the Geological Society* 163: 1-15. Londres
- Friend, P. F., 1966.** Clay fractions and colours of some Devonian red beds in the Catskill Mountains, U.S.A.Q. *J. Geol. Soc. London* 122, 273-292.
- Friend, P. E. y Moody-Stuart, M., 1970.** Carbonate deposition on the river flood plains of the Wood Bay Formation (Devonian) of Spitsbergen. *Geol. Mag.* 107, 181-195.
- Gallina, P. A. y Otero, A., 2015.** Reassessment of *Laplatasaurus araukanicus* (Sauropoda: titanosauria) from the Upper Cretaceous of Patagonia, Argentina. *Ameghiniana*, 52 (5), 487-501.
- 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. Escuela de Geología de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Trabajo Final para el Título de Grado. 78 pp. Inédita.
- Garrido, A.C., 2010 a.** Paleoenvironment of the Auca Mahuevo and Los Barreales sauropod nesting-sites (Late Cretaceous, Neuquén province, Argentina). *Ameghiniana* 47(1): 99-106
- Garrido, A.C. 2010 b.** 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.
- Garrido, A.C. y Calvo, J.O., 2004.** Reasignación litoestratigráficas de los niveles portadores de *Megaloolithus patagonicus* Calvo et al. (Dinosauria: Sauropoda) en las bardas de la ciudad de Neuquén. *Ameghiniana (Suplemento)* 41(4): 47R.

- Gasparini, Z. B., 1971.** Los Notosuchia del Cretácico de América del Sur como un nuevo infraorden de Mesosuchia (Crocodylia). *Ameghiniana*, 8:83-103.
- Gasparini, Z. D., 1980.** South American Mesozoic crocodiles. *Mesozoic Vertebrate Life*, 1, 66-72.
- Gasparini, Z., 1981.** Los Crocodylia fósiles de la Argentina. *Ameghiniana* 18: 177–205.
- Gauthier, J.A., 1986.** Saurischian monophyly and the origin of birds. In *The Origin of Birds and the Evolution of Flight* (Padian, K.; editor). *Memoirs of the California Academy of Sciences* 8: 1-55.
- Gerth, E., 1926.** Estratigrafía y distribución de los sedimentos mesozoicos en los Andes Argentinos. *Actas Academia Nacional de Ciencias, Córdoba*, 9: 1-130
- Goddard, E. N., Parker, T. D., De Ford, R. K., Rove, O. N., Singewald, J. T. y Overbeck, R. M., 1980.** The Rock Color Chart. Geological Society of America, Boulder.
- Gradzinski, R. y Jerzykiewicz, T., 1974.** Dinosaur and mammal-bearing aeolian and associated deposits of the Upper Cretaceous in the Gobi Desert (Mongolia): *Sedimentary Geology*, v. 12, p. 249-278.
- Groeber, P. 1946.** Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70°. Hoja Chos Malal. *Revista de la Sociedad Geológica Argentina* 1: 177-208
- Gulisano, C.A., 1981.** El ciclo cuyano en el norte de Neuquén y sur de Mendoza. 8° Congreso Geológico Argentino 3: 573-592
- Harms, J. C., 1979.** Primary sedimentary structures. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 7(1), 227-248.
- Hay, O.P., 1930.** Second Bibliography and Catalogue of the Fossil Vertebrata of North America. Washington: Carnegie Institution of Washington. 2v.
- Hervé, F., Godoy, E., Mpodozis, C. y Fanning, C.M., 2004.** Monitoring magmatism of the Patagonian Batholith through the U-SHRIMP dating of detrital zircons in sedimentary units of the Magallanes basin. *Bolletino dei Geofisica teorica ed Applicata* 45, 113–117
- Hervé, F., Pankhurst, R.J., Fanning, C.M., Calderón, M. y Yaxley, G.M., 2007.** The South Patagonian batholith: 150 my of granite magmatism on a plate margin. *Lithos* 97, 373–394
- Heredia, S. y Calvo, J. O., 1997.** Sedimentos eólicos en la Formación Río Colorado (Grupo Neuquén) y su relación con la fauna del Cretácico superior. *Ameghiniana* 34:120.
- Heredia, S. y Calvo, J. O., 2002.** Estratigrafía de las bardas de la ciudad de Neuquén, Argentina. XV° Congreso Geológico Argentino. *Actas*: 699–705.
- Herrero Ducloux, A., 1939.** Reconocimiento de la zona situada entre la vía férrea, el río Neuquén y el meridiano de Plaza Huincul. En: Fossa Mancini, E., Feruglio, E. y Yussen de Campana, J. C. (eds.) *Una reunión de geólogos de Y.P.F. y el problema de la terminología*

estratigráfica. Boletín de Informaciones Petroleras 15 (171): 1-67.

Herrero Ducloux, A., 1946. Contribución al conocimiento geológico del Neuquén extraandino. Boletín de Informaciones Petroleras 23 (226): 245-281.

Holtz, T., 1998. A new phylogeny of the carnivorous dinosaurs. Gaia 15, 5–61.

Huene, F. von., 1929. Los Saurisquios y Ornitisquios del Cretácico Argentino. Anales del Museo de La Plata, 2° Serie 3: 1-196. La Plata.

Huene, F. von. 1932. Die fossile Reptile-Ordnung Saurischia, ihre Entwicklung und Geschichte. Monographie Geologie und Palaeontologie, Leipzig 1(4):1–361.

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.

Kocurek, G., 1981. Significance of interdune deposits and bounding surfaces in aeolian dune sands: Sedimentology, v. 28, p. 753-780.

Kocurek, G., 1988. First-order and super bounding surfaces in eolian sequences—Bounding surfaces revisited: Sedimentary Geology, v. 56, p. 193-206.

Leanza, H. A., 1999. The Jurassic and Cretaceous Terrestrial Beds from Southern Neuquen Basin, Argentina: Field Guide (Vol. 4). Inst. Superior de Correlacion Geologica.

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

Leanza, H.A., Apesteguía, S., Novas, F.E. y de la Fuente, M.S., 2004. Cretaceous terrestrial beds from the Neuquén Basin (Argentina) and their tetrapod assemblages. Cretaceous Research, 25:61-87.

Legarreta, L. y Gulisano, C.A., 1989. Análisis estratigráfico secuencial de la Cuenca Neuquina (Triásico superior-Terciario inferior). Serie Correlación Geológica 6, 419–442

Linnaeus, C., 1758. Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Ed. 10, Tomus 1. L. Salvii, Stockholm, Sweden, 823 pp.

Loope, D. B.; Rowe, C. M. y Joeckel, R. M., 2001. Annual monsoon rains recorded by Jurassic dunes. Nature 412:64–66.

Loope, D. B. y Rowe, C. M., 2003. Long-lived pluvial episodes during deposition of the Navajo Sandstone. The Journal of Geology, 111(2), 223-232.

Lydekker, R., 1893. Contribution to a knowledge of the fossil vertebrates of Argentina; I. The dinosaurs of Patagonia. Anales del Museo de la Plata, 2: 1-14

- Martinelli, A. G. y Pais, D. F., 2008.** A new baurusuchid crocodyliform (Archosauria) from the Late Cretaceous of Patagonia (Argentina). *Comptes Rendus Paleovol* 7 (6): 371-381.
- Marsh, O. C., 1881.** Principal characters of American Jurassic dinosaurs. Parte V. The American Journal of Science and Arts, series 3, 21: 417-423.
- Marsh, O. C., 1884a.** Principal characters of American Jurassic dinosaurs, part VIII: The order Theropoda. *American Journal of Science* 27 (160): 329-340.
- McDowell, S. B., 1974.** A catalogue of the snakes of New Guinea and the Solomons, with special reference to those in the Bernice P. Bishop museum. Part 1. Scolecophidia. *Journal of Herpetology* 8: 1-57.
- McKee, E.D., 1979.** A study of global sand seas: U.S. Geological Survey Professional Paper 1052, 429 p.
- Méndez, V., Zanettini, J. y Zappettini, E., 1995.** Geología y metalogénesis del Orógeno Andino Central República Argentina. Dirección Nacional de Servicio. Geológico, Anales 23: 1-190. Buenos Aires.
- Miall, A. D., 1985.** Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Sci Rev* 22: 261-308
- Miall, A. D., 1988.** Architectural elements and bounding surfaces in fluvial deposits: anatomy of the Kayenta Formation (Lower Jurassic), southwest Colorado. *Sediment Geol* 55: 233-262
- Miall, A.D., 1996.** The geology of fluvial deposits. Sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology. Springer, New York, 582 pp.
- Mpodozis, C. y Ramos, V.A., 1990.** The Andes of Chile and Argentina. En: Ericksen, G.E., Cañas Pinochet, M.T. & Reinemud, J.A. (Eds.): *Geology of the Andes and its relation to Hydrocarbon and Mineral Resources*, Circumpacific Council for Energy and Mineral Resources, Earth Sciences Series 11: 59-90
- Mountney, N., 2006.** Eolian facies models. En: Posamentier, H.W. y Walker, R.G. (Eds.), *Facies Models Revisited*. Society for Sedimentary Geology, 19-83.
- Norell, M.A.; Clark, J.M. y Makovicky, P.J., 2001.** Phylogenetic relationships among coelurosaurian dinosaurs. *In* *New perspectives on the Origin and Evolution of Birds* (Gauthier, J.; Gall, L.F.; editors). Yale University Press: 49-67. New Haven
- Novas, F. E. y Puerta, P. F., 1996.** Alvarezsauridae, Cretaceous basal birds from Patagonia and Mongolia. *Memoirs-Queensland Museum*, 39, 675-702.
- Novas, F.E. y Pol, D., 2002.** Alvarezsaurid relationships reconsidered. *In* *Mesozoic Birds: Above the Head of Dinosaurs* (Chiappe, L.M.; Witmer, L.M.; editors). University of California Press: 121-125. Berkeley
- Oppel, M., 1811.** *Die ordnungen, familien und gattungen der reptilien als prodrom einer naturgeschichte derselben*. Lindauer.

- Owen, R., 1842.** Report on British Fossil Reptiles. Part II. pp. 60–204 in Report of the Eleventh Meeting of the British Association for the Advancement of Science; Held at Plymouth in July 1841. John Murray, London.
- Padula, E., 1947.** Levantamiento geológico del Río Colorado entre Paso de las Bardas y El Atamisque. Territorio de Neuquén y Mendoza. Informe inédito YPF.
- Perle, A., Norell, M.A., Chiappe, L.M. y Clark, J.M., 1993.** Flightless birds from the Cretaceous of Mongolia. *Nature* 362: 623-626.
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E. y Siever, R., 1972.** Sand and sandstone. Primera edición, Springer-Verlag, Nueva York, 553 pp.
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E. y Siever, R., 1987.** Sand and sandstone. Segunda edición, Springer-Verlag, Nueva York, 553 pp.
- Pol, D. y Leardi, J. M., 2015.** Diversity patterns of Notosuchia (Crocodyliformes, mesoeucrocodylia) during the cretaceous of Gondwana.
- Potter, P.E. y Pettijohn, F.J., 1963.** Paleocurrents and basin analysis. Academic, New York (2nd edn: 1977, Springer, Berlin Heidelberg New York).
- Powell, J. E., 1992.** Osteología de *Saltasaurus loricatus* (Sauropoda- Titanosauridae) del Cretácico Superior del Noroeste Argentino; pp. 165–230 in J. L. Sanz and A. D. Buscalioni (eds.), Los Dinosaurios y su Entorno biótico, Instituto “Juan de Valdéz,” Cuenca, Spain.
- 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., 1999.** Las provincias geológicas del territorio argentino. En: R. Caminos (Ed.), Geología Argentina. Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), Instituto de Geología y Recursos Minerales. Anales 29, pp 41-96.
- Ramos, V. A., Mosquera, A., Folguera, A. y García Morabito, E., 2011.** Evolución tectónica de los Andes y del Engolfamiento Neuquino adyacente. En: Leanza, H., Arregui, C., Carbone, O., Danielli, J. y Vallés, J. (eds.) 18° Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 335-348, Neuquén.
- Retallack, G., 1990.** Soils of the past: an introduction to paleopedology. Harper Collins Academic, Hammersmith, pp. 520.
- Rodríguez, M.F., Leanza, H.A. y Salvarredy Aranguren, M., 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, 112 pp. Inédito.

Sánchez, M.L., Gómez, M.J. y Heredia, S., 2006. Sedimentología y paleoambientes del Subgrupo Río Colorado (Cretácico Superior), Grupo Neuquén, en las bardas de la ciudad de Neuquén y alrededores. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 61(2): 236-255.

Schweitzer, M. H., Jackson, F. D., Chiappe, L. M., Schmitt, J. G., Calvo, J. O. y Rubilar, D. E., 2002. Late Cretaceous avian eggs with embryos from Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology* 22:191-195.

Seeley, H. G., 1883. On the classification of the fossil animals commonly called Dinosauria. *Proceedings of the Royal Society, London* 43: 165–171.

Selley, R. C., Sutton, J., Shearman, D. J. y Watson, J., 1963. Some underwater disturbances in the Torridonian of Skye and Raasay. *Geol. Mag.* 100, 224-243.

Seeley, H. G., 1888. On the classification of the fossil animals commonly called Dinosauria. *Proceedings of the Royal Society of London* 43:165–171.

Sereno, P., 2001. Alvarezsaurids: birds or ornithomimosaurs? New perspectives on the origin and early evolution of birds, pp. 70–98. 2

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

Trendell, A. M., Atchley, S. C. y Nordt, L. C., 2013. Facies analysis of a probable large-fluvial-fan depositional system: the Upper Triassic Chinle Formation at Petrified Forest National Park, Arizona, USA. *Journal of Sedimentary Research*, 83 (10), 873-895.

Stear, W. M., 1983. Morphological characteristics of ephemeral stream channel and overbank splay sandstone bodies in the Permian Lower Beaufort Group, Karoo Basin, South Africa. En: Collinson JD, Lewin J (Eds) *Modern and ancient fluvial systems. Int. Assoc. Sedimentol. Spec. Publ* 6: 405-420.

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 parte este de la Cuenca Neuquina. YPF., Buenos Aires., Informe inédito.

Uliana, M. A., 1979. Geología de la región comprendida entre los ríos Colorado y Negro, Provincias de Neuquén y Río Negro. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata.

Upchurch, P., Barrett, P.M. y Dodson, P., 2004. Sauropoda, En: Weishampel, D.B., Dodson, P. y Osmólska, H. (Eds.), *The Dinosauria*, Second edition. University of California Press, Berkeley, pp. 259–322.

Volkheimer, W., 1973. Palinología estratigráfica del Jurásico de la sierra de Chacai Co y adyacencias(Cuenca Neuquina, Argentina). I. Estratigrafía de las Formaciones Sierra Chacai Co (Pliensbachiano), Los Molles (Toarciano), Cura Niyeu (Bajociano) y Las Lajas (Caloviano inferior). *Ameghiniana* 10 (2): 105-109. Buenos Aires.

Walker, A.D., 1970. A revision of the Jurassic reptile *Hallopus victor* (Marsh), with remarks on the classification of crocodiles. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 257:323-372.

Walker, C. A., 1981. New subclass of birds from the Cretaceous of South America. Nature 292:51-53.

Wentworth, C. K., 1922. A scale of grade class terms for clastic sediments. J. Geol. 30, 377-392.

Whetstone, K. N. y Whybrow, P. J., 1983. A “cursorial” crocodilian from the Triassic of Lesotho (Busotoland), Southern Africa. Occasional Papers of the Museum of Natural History, 106:1-37

Winkler, D. A., Jacobs, L. L., Congleton, J. D. y Downs, W. R., 1991. Life in a sand sea: biota from Jurassic interdunes. Geology, 19 (9), 889-892.

Woodward, A. S., 1896. On two Mesozoic crocodilians *Notosuchus* (genus novum) and *Cynodontosuchus* (genus novum), from the Red Sandstones of the Territory of Neuquén (Argentina Republic). Anales del Museo de La Plata, Paleontología, 4:1-20.

Woodward, A. S., 1901. On some extinct reptiles from Patagonia of the genera *Miolana*, *Dinilysia* and *Genyodectes*. Proceedings of the Zoological Society of London, 1:169-184.