

u.

RÍO NEGRO
UNIVERSIDAD
NACIONAL

**REGISTRO FÓSIL DE LA FORMACIÓN BAJO DE LA CARPA
(CRETÁCICO SUPERIOR), EN EL ÁREA NATURAL PROTEGIDA DE
PASO CÓRDOBA (RÍO NEGRO, ARGENTINA): IMPLICANCIAS
PALEOECOLÓGICAS Y PALEOBIOLÓGICAS E INFERENCIAS
PALEOAMBIENTALES**

2022

TRABAJO FINAL DE GRADO

LICENCIATURA EN PALEONTOLOGÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO NEGRO

AUTOR: GERALDINE FISCHER

DIRECTOR: SILVINA DE VALAIS

**CO-DIRECTOR: CARLOS CÓNSOLE-
GONELLA**

Contenido

Resumen	3
Abstract	4
Agradecimientos	6
Capítulo 1: Introducción	7
1. Introducción.....	7
1.1. Hipótesis.....	10
1.2. Objetivos	11
Capítulo 2: Marco geológico	12
2.1. Cuenca Neuquina.....	12
2.2. Sección “Cañadón de los Cocodrilos”	19
Capítulo 3: Materiales y métodos	21
3.1. Materiales	21
3.2. Métodos.....	21
Capítulo 4: Resultados	27
4.1. Descripción de facies	27
4.2. Macromorfología de los paleosuelos.....	33
4.3. Registro fosilífero.....	34
4.4. Generalidades tafonómicas del nivel 10.....	40
Capítulo 5: Discusión	43
5.1. Aporte del registro óseo	43
5.2. Aportes del registro icnológico	44
5.3. Aporte paleoambiental	49
Capítulo 6: Conclusiones	54
Bibliografía	55
Anexo I: Descripción de las facies	67

Resumen

El Área Natural Protegida “Paso Córdoba” (ANPPC) está situada a 15 km de la ciudad de General Roca, provincia de Río Negro, Argentina, y ha despertado interés científico desde principios del siglo pasado con el hallazgo del primer dinosaurio de la zona, *Antarctosaurus wichmannianus* von Huene, 1929. El Mesozoico en el ANPPC está representado por tres formaciones de la Cuenca Neuquina: Bajo de la Carpa (Santoniano), Anacleto (Campaniano inferior-medio) y Allen (Campaniano superior-Maastrichtiano inferior). El registro fosilífero de tetrápodos continentales en estas unidades es notable y muy significativo, destacándose el repertorio herpetológico de la Formación Bajo de la Carpa, particularmente en el sector conocido como el Cañadón de los Cocodrilos (CDC). Hasta la fecha, el mismo se compone de terópodos, serpientes y cocodrilos. A pesar del conocimiento precedente, no hay contribuciones integradoras que busquen comprender la composición y variabilidad en el espacio, tiempo y contexto ambiental de esta paleofauna. Este trabajo final de grado (TFG) pretende revisar el registro paleofaunístico de vertebrados del CDC con una perspectiva integradora y multidisciplinaria, teniendo como principal objetivo contribuir al conocimiento del área en su contexto paleoecológico, paleobiológico y paleoambiental.

El conjunto de restos fósiles y las características paleoedafológicas de los depósitos del CDC representan un caso muy interesante. En primer lugar, es notable la abundancia y diversidad de los restos fósiles, particularmente de las trazas de raíces y dos tipos de estructuras complejas. Un tipo de ellas es considerada como cf. *Camborygma* isp., asociado a la actividad de cangrejos decápodos, mientras que las otras han sido designadas como *Daimonelix* isp., identificadas como madrigueras de morada y/o reproducción de pequeños mamíferos y reptiles. Estos icnotaxones, así como las madrigueras actuales, reflejan comportamientos específicos relacionados con las características del sustrato, la anatomía y el estilo de vida de sus productores. Para dar lugar a una población de decápodos infaunales, que construyen galerías de moderada complejidad asociadas a plantas como los especímenes del CDC, se infiere la cercanía a un canal y un sustrato y ambiente subterráneo con alta disponibilidad de nutrientes y oxígeno. Por otro lado, la abundancia y distribución de los especímenes asignables a *Daimonelix* isp. permite sugerir que los productores vivían en forma gregaria y comportamiento fosorial. Sobre la base de los atributos topológicos y arquitectónicos de los rizolitos del CDC, se diferencian dos tipos de preservación diferentes: rizohalos y

rizoconcreciones. Los rizohalos de los niveles inferiores de la paleo-edafosecuencia permiten inferir paleosuelos mal drenados con saturación estacional, mientras que los niveles próximos a la sección media, que contienen la mayor densidad de raíces largas, sugieren un ambiente estacionalmente seco. Los horizontes calcáreos con una alta densidad de rizoconcreciones indican un paisaje con alta densidad de vegetación que se adapta a suelos drenados pero con un nivel freático estacionalmente elevado o la influencia de flujos efímeros. En contraparte, hasta la fecha los restos óseos hallados en el CDC presentan una mala preservación y son fragmentarios, la mayoría de ellos concentrados en una única superficie. La excepción la constituyen unos pocos materiales fragmentarios provenientes del sector superior del CDC, identificados como Sauropoda indet.

Palabras clave: Cuenca Neuquina. Cretácico Superior. Formación Bajo de la Carpa. Paleosuelos. Icnología. Paleontología de vertebrados.

Abstract

The Natural Protected Area "Paso Córdoba" (ANPPC) is located at 15 km from General Roca city, province of Río Negro, Argentina, and has aroused scientific interest since the beginning of the last century, with the discovery of the first dinosaur in the area, *Antarctosaurus wichmannianus* von Huene, 1929. The Mesozoic of ANPPC is represented by three formations belonging to the Neuquén Basin: Bajo de la Carpa (Santonian), Anacleto (middle-lower Campanian), and Allen (upper Campanian-lower Maastrichtian). The Cretaceous continental tetrapod record of these units is notable, highlighting the herpetological repertoire of Bajo de la Carpa Formation, particularly in the region known as "Cañadón de los Cocodrilos" (CDC). To date, this record consists of theropods, snakes, and crocodiles. Despite the previous knowledge, there are no integrative contributions that seek to understand the composition and variability in space, time, and environmental context of this paleofauna. This final degree thesis (TFG) intends to review the vertebrate paleofauna registered at the CDC with an integrating and multidisciplinary perspective, which main objective is to contribute to the knowledge of the paleoecological, paleobiological, and paleoenvironmental context of this area.

The components of the paleofauna and the paleoedaphological characteristics of the CDC deposits represent a very interesting case. First of all, the abundance and

diversity of the fossil remains is remarkable, particularly the fossil traces of roots and complex structures identified as burrows. One type of them resembles the specimens of the ichnogenus *Camborygma* isp., associated with freshwater crayfish, while the others correspond to specimens of *Daimonelix* isp., identified as burrows used for nesting or reproduction of small mammals and reptiles. These ichnotaxons, as well as the burrows, reflect specific behaviors related to the characteristics of the substrate and the anatomy and lifestyle of their producers. To give rise to a population of infaunal decapods that build galleries of moderate complexity associated with plants, such as the CDC specimens, it is inferred close distance to a channel with a high availability of nutrients and oxygen in the substrate and underground. On the other hand, the abundance and distribution of the specimens assigned to *Daimonelix* isp. allows us to infer that the producers had a fossorial behavior and were gregarious. Based on the topological and architectural attributes of the CDC rhizoliths, two different types of preservation are distinguished: rhizohalos and rhizocretions. The rhizohalos of the lower levels of the paleo-edaphosequence allows us to infer poorly drained paleosols with seasonal saturation, while the levels near the middle section, which contain the highest density of long roots, suggest a seasonally dry environment. Calcareous horizons with a high density of rhizoconcretions indicate an environment with high density of vegetation adapted to drained soils, but with a seasonally high water table or the influence of ephemeral flows. In contrast, the bone remains found at the CDC are poorly preserved, fragmentary, and scarce, most of them concentrated on a single surface. The exception is the materials identified in this work as *Notosuchus terrestris* Woodward, 1896 from the upper portion of the CDC and two other fragmentary remains identified as Sauropoda indet.

Keywords: Neuquén Basin. Upper Cretaceous. Bajo de la Carpa Formation. Paleosols. Ichnology. Vertebrate palaeontology.

Agradecimientos

A mis directores Silvina de Valais y Carlos Cónsole-Gonella por toda su generosidad, dedicación y apoyo para conmigo desde el primer momento. Por todo lo que me enseñan, comparten y transmiten. Por sus buenos consejos y guía.

A Ignacio Díaz-Martínez, Paolo Citton y Sofía Torres-Urzagasti, por acompañarme al campo esa primera vez y darme una mano enorme para resolver la parte geológica de este trabajo.

A Juan Gil Barberá, por tenerme paciencia y pasarse con la portada y las hermosísimas ilustraciones que acompañan a este trabajo.

Al financiamiento de los proyectos PI-40-A-781 y al sistema de becas EVC-CIN en los cuales se enmarca este trabajo.

A Ignacio Cerda, por responder mis preguntas sobre la estructura de los huesos de los saurópodos.

A los amigos que me acompañaron al campo en repetidas ocasiones. A mis amigas Mariana Sardá y Lucía Gutiérrez, por ayudarme en la exitosa búsqueda de huesos. A mis amigos Melisa Valdéz y Sebastián Pernich, por ayudarme con la brújula y compartirme súper datos geológicos.

A mis amigos Franco Migliaro Petroni y Melisa Díaz, por recibirme en el MPCN y alegrar mis mañanas durante la pandemia.

A mis amigas Daira Monteagudo Lamfré, Melina Mungai y Camila Meléndez, que llevamos años sin cursar juntas y las extraño.

A Sol Cavasin, por sentarse al lado mío ese primer día y quedarse tantos años después. Por volverse mi mejor amiga. Por acompañarme en todo siempre. Por hacerme quererla tanto.

Y finalmente a mi familia. A Mandarina por su apoyo incondicional y acompañarme en largas noches de estudio y siestas de recuperación sin alarmas. A mis papás Mauricio y Fabiana, por inculcarme que hay que ponerle garra a todo. Por seguirme cuidando aunque soy mayor de edad hace rato. Por tanto amor y locura. Por darme esta vida feliz y generosa.

Capítulo 1: Introducción

1. Introducción

El interés por la paleontología del Área Natural Protegida Paso Córdoba (ANPPC), situada a 15 km de la ciudad de General Roca, provincia de Río Negro, Argentina, tiene más de un siglo de antigüedad. En 1916, el geólogo alemán Richard Wichmann publicó el primer trabajo sobre la geología del lugar centrándose en el denominado “Valle de la Luna Rojo” (Wichmann, 1916), donde identificó bivalvos, ostrácodos y algas caráceas y halló los primeros restos fósiles de un dinosaurio en la localidad (Salgado *et al.*, 2018 para mayores detalles), los que años más tarde serían descritos como el saurópodo titanosaurio *Antarctosaurus wichmannianus* von Huene, 1929. Si bien su procedencia exacta no se ha podido establecer, se relaciona a estos materiales con la Formación Anacleto (Salgado y Bonaparte, 2007).

En el ANPPC, el Mesozoico se encuentra representado por tres unidades pertenecientes a la Cuenca Neuquina. En orden cronológico ascendente, las formaciones son: Bajo de la Carpa (Santoniano), Anacleto (Campaniano inferior-medio) y Allen (Campaniano superior-Maastrichtiano inferior) (Hugo y Leanza, 2001; Leanza *et al.*, 2004)

La Formación Allen registra abundantes restos de tortugas y dinosaurios, además de huellas de vertebrados y otras trazas asociadas. En sus facies de interdunas secas se ha hallado la mayor cantidad de estos restos óseos de vertebrados fósiles (Salgado *et al.*, 2018). De estos niveles se ha extraído un esqueleto casi completo y parcialmente articulado de un dinosaurio saurópodo de unos 15 metros de longitud (Álvarez *et al.*, 2016; Díaz-Martínez *et al.*, 2016). Por la morfología de la escápula, Álvarez *et al.* (2016) infieren que se trataría de una especie nueva. Paralelamente, Díaz-Martínez *et al.* (2016) presentaron resultados preliminares del estudio de la tafonomía y paleoecología de este nuevo espécimen. Asociados a este individuo también se encontraron doce dientes aislados de terópodos referidos con seguridad a Abelisauridae (Meso *et al.*, 2021).

A un kilómetro de distancia del primero, un segundo ejemplar de saurópodo ha sido descubierto en los últimos años (López-Rodal *et al.*, 2019; López-Rodal, 2021), cuyos materiales consisten en tres vértebras cervicales, fragmentos de huesos apendiculares indeterminados y fragmentos de tendones osificados (López-Rodal, 2021). En depósitos de esta unidad se han reconocido diversos hallazgos de tortugas, la mayoría aislados y desarticulados (e.g. de la Fuente *et al.*, 2010). Es importante recalcar que la

unidad presenta un abundante registro de trazas fósiles compuesto principalmente por huellas avianas y de dinosaurios de gran tamaño, aunque varias de esas superficies y localidades no cuentan con una ubicación geográfica exacta (de Valais *et al.*, 2020, y referencias allí mencionadas). Ortíz *et al.* (2013) describieron huellas de aves tridáctilas, pequeñas, con impresiones de dígitos delgados y sin contacto proximal en una localidad cerca del “Valle de la Luna Amarillo”, al este del ANPPC. En el sitio “Pasarela”, Calvo y Ortíz (2013) reportaron el primer registro de huellas de dinosaurios ornitópodos para esta unidad. Asignadas a Hadrosauridae, los autores registraron al menos siete pistas compuestas por un total de 13 huellas grandes, tridáctilas y mesaxónicas con dígitos anchos y longitudes similares en el I, II y IV que convergen proximalmente en una amplia impresión metatarsofalángica (Calvo y Ortíz, 2013). A unos 5 metros del contacto entre las formaciones Allen y Anacleto, en la suprayacente unidad también se han reportado huellas de manos y pes de un saurópodo titanosaurio de mediano porte (Calvo y Ortíz, 2011). Por último, dentro del registro icnológico de la Formación Allen, Díaz-Martínez *et al.* (2019) también identificaron estructuras asignadas a excavaciones de pequeños vertebrados en sus facies eólicas edafizadas.

Es de destacar que el paso de la Formación Anacleto a la Formación Allen no está claramente delimitado en el ANPPC, en cambio constituye una franja a la que se la suele denominar zona de transición (e.g. Díaz-Martínez *et al.*, 2018). Gigli *et al.* (2019) presentaron los primeros resultados del estudio paleoecológico y tafonómico de muestras de restos de macro y microfósiles acuáticos continentales de estratos situados en la mencionada transición. En estos sedimentos no consolidados y sin reelaboración, se identificaron bivalvos de los géneros *Corbicula* Mühlfeld, 1811 y *Diplodon* Spix, 1827, además de gastrópodos, ostrácodos y algas carofitas (Gigli *et al.*, 2019; Gigli, TFG en desarrollo). Estas asociaciones probablemente podrían ser utilizadas como nivel guía al final de la Formación Anacleto (Díaz-Martínez, 2021, com. pers.). Los datos estratigráficos, faciales y paleoambientales del estudio de Díaz-Martínez *et al.* (2018) apoyan la idea de un pasaje transicional entre la Formación Anacleto y Allen en el ANPPC. Los autores reportan seis capas portadoras de huellas en afloramientos pertenecientes a las formaciones Anacleto y Allen en la localidad del “Cañadón del Desvío” en el Valle de la Luna Rojo. Solo dos huellas conservan suficientes detalles anatómicos para relacionarlas con sus productores, en este caso dinosaurios hadrosáuridos (Díaz-Martínez *et al.*, 2018).

La infrayacente Formación Anacleto posee un relativo menor registro de evidencias de vertebrados, limitado formalmente a las superficies portadoras de huellas de dinosaurios y aves previamente mencionadas (Díaz-Martínez *et al.*, 2018; de Valais *et al.*, 2020). Sin embargo, se han reportado algunos huesos largos aislados *in situ*, posiblemente de saurópodo en el Cañadón del Desvío, cerca del “Valle de la Luna Rojo” (Díaz-Martínez *et al.*, 2018; de Valais, 2019, comm. pers) y de este sitio también provendrían los restos de *Antarctosaurus wichmaniannus* (Salgado *et al.*, 2018). En el “Valle de la Luna Rojo” de la Fuente *et al.* (2010) también reportaron los restos bien preservados de una tortuga referible a *Yaminuechelys cf. gasparinii* de la Fuente *et al.*, 2001, aunque este material, al igual que *Antarctosaurus*, podría corresponder a los niveles suprayacentes de la Formación Allen (Salgado *et al.*, 2018). Finalmente, en la zona denominada como el “El Tobogán”, se halló un único diente de mamífero (Goin *et al.*, 1986).

La Formación Bajo de la Carpa, en contacto con la Formación Anacleto, representa los niveles más antiguos del ANPPC. Hasta la fecha, esta unidad es la más rica en cuanto a su contenido de reptiles fósiles (e.g. Martinelli y Vera, 2007; Ezcurra y Méndez, 2009). Particularmente, de inmediaciones al Cañadón de los Cocodrilos (CDC) se han recuperado dos terópodos, el alvarezsáurido *Achillesaurus manazzonei* Martinelli y Vera, 2007 y el abelisauroide *Velocisaurus unicus* Brissón-Egli *et al.*, 2016. El registro paleoherpetológico se completa con los hallazgos de ejemplares de la serpiente *Dinilysia* Smith-Woodward, 1901 (e.g. Caldwell y Calvo, 2008; Triviño y Albino, 2015), y de los mesoeucrocodilianos *Notosuchus* Smith-Woodward, 1896 y *Comahuesuchus* Bonaparte, 1991 (e.g. Martinelli, 2003; Pol, 2005; Lecuona y Pol, 2008). En cuanto a lo que icnología respecta, allí se han dado a conocer estructuras helicoidales interpretadas como excavaciones de pequeños vertebrados desarrolladas durante momentos de estabilización del sistema fluvial (Cónsole-Gonella *et al.*, 2019). Las galerías se asemejan a *Daimonelix* Barbour, 1892, un icnogénero que ha sido registrado desde el Pérmico de Sudáfrica, ya siendo frecuente su identificación alrededor del mundo en el Cenozoico (Cónsole-Gonella *et al.*, 2019). Actualmene se considera a *Daimonelix* como trazas de habitación y refugio excavadas por uno o más individuos según el tamaño y la complejidad de las estructuras (Raisanen y Hasiotis, 2018). Se ha observado que varios grupos de vertebrados e invertebrados excavan este tipo de estructuras. Aunque recientemente se ha reportado que los lagartos monitores actuales construyen madrigueras helicoidales irregulares de

profundidad variable se las vincula con la actividad de mamíferos (Doody *et al.*, 2014, 2015; Raisanen y Hasiotis, 2018).

El Cretácico Superior de Patagonia se caracteriza por la presencia de importantes niveles de paleosuelos. Por ejemplo, dentro del Grupo Neuquén y en orden cronoestratigráfico ascendente, Halupczok *et al.* (2018) y Kaluza *et al.* (2019) reportan y describen la presencia de paleosuelos para la Formación Candeleros; Sanchez *et al.* (2008) estudian una sucesión sedimentaria que incluye a las formaciones Huincul y Cerro Lisandro y reconocen numerosos niveles de paleosuelos; por otro lado Apesteguía (2007) menciona, aunque de manera muy breve, la frecuencia de niveles de paleosuelos para la Formación Portezuelo; y por último, en su esquema litoestratigráfico del Grupo Neuquén Garrido (2010) indica la presencia de niveles de paleosuelos en las formaciones Sierra Barrosa, Plottier y Bajo de la Carpa.

En el ANPPC se han identificado varios niveles de paleosuelos. Tanto en las facies fluviales de la Formación Bajo de la Carpa como en las facies eólicas con depósitos de dunas de la Formación Allen, se han registrado potentes y abundantes niveles con distinto grado de pedogenización en los mismos, que se refleja en diferentes niveles de desarrollo, colores y estructuración (e.g. Díaz-Martínez *et al.*, 2018, 2019; Cónsole-Gonella *et al.*, 2019). Esto indicarían períodos de cierta estabilidad del sustrato y lo que posibilitó edafización en ciertos sectores (Cónsole-Gonella *et al.*, 2019).

1.1. Hipótesis

El trabajo se desarrollará en función de las siguientes hipótesis:

H1: Los depósitos de la Formación Bajo de la Carpa en el CDC son fosilíferamente abundantes y diversos, integrando nuevos componentes a esta paleofauna, tanto registros icnológicos como corpóreos.

H2: El estudio integral del registro fosilífero de vertebrados de la Formación Bajo de la Carpa en el CDC representa muy bien la asociación coloradoana propuesta por Leanza *et al.* (2004).

H3: Los depósitos de la Formación Bajo de la Carpa en el CDC permiten inferir un ambiente fluvial, con condiciones alternantes de moderada a fuerte energía y desarrollo de paleosuelos vegetados y bien drenados evidenciado por la abundancia y diversidad de las trazas fósiles.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Este trabajo final de grado (TFG) pretende analizar el registro paleofaunístico de vertebrados de la Formación Bajo de la Carpa aflorando en el Cañadón de los Cocodrilos, Paso Córdoba, Río Negro, Argentina, con una perspectiva integradora y multidisciplinaria, teniendo como principal objetivo contribuir al conocimiento del área de estudio en su contexto paleoecológico, paleobiológico y paleoambiental.

1.2.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos a desarrollar son los siguientes:

1. Describir y clasificar taxonómica/icnotaxonómica y nomenclatorialmente los fósiles provenientes del CDC.
2. Analizar los atributos tafonómicos de los fósiles de vertebrados del CDC.
3. Integrar los datos (geológicos, fosilíferos y paleoedáficos) obtenidos con la finalidad de realizar consideraciones sobre las tafofacies/facies sedimentarias dominantes, las características y la energía de los medios sedimentarios y gradientes ambientales. Contrastar los resultados obtenidos con aquellos de contribuciones independientes con el fin de enriquecer el modelo propuesto.
4. Integrar la información del registro fósil a las referencias paleoambientales proponiendo tanto una reconstrucción del paleoecosistema como inferencias paleobiológicas y paleoecológicas de sus elementos.

Capítulo 2: Marco geológico

2.1. Cuenca Neuquina

La Cuenca Neuquina se encuentra ubicada en el centro-oeste de Argentina abarcando las provincias de Neuquén, oeste de La Pampa y Río Negro, y sur de Mendoza (Yrigoyen, 1991), cubriendo un área superior a los 200.000 km² (Fig. 1) (Hugo y Leanza, 2001; Howell *et al.*, 2005). Definida como de retroarco multiepisódica, esta cuenca desarrollada sobre corteza continental fue originada por el colapso termo-tectónico detrás de un arco magmático estacionario durante el Triásico Superior (Mpodozis y Ramos, 1989). Sus depósitos comprenden un registro estratigráfico continuo de hasta 7.000 m de espesor, integrado por rocas sedimentarias acumuladas en medios marinos y continentales en el Jurásico y Cretácico (Arregui *et al.*, 2011). El basamento de la Cuenca Neuquina está compuesto por rocas metamórficas, plutónicas, volcánicas y sedimentarias, cuyas edades oscilan entre el Silúrico-Devónico y el Triásico Superior (Digregorio y Uliana, 1980; Franzese *et al.*, 2007; Cingolani *et al.*, 2011).

La primera etapa de relleno de la cuenca, conocida como Grupo Precuyo (Triásico Superior-Jurásico Inferior), involucra la acumulación de materiales volcánicos y volcanoclásticos con marcadas variaciones de espesor y distribución (Gulisano, 1981; Gulisano *et al.* 1984; Franzese y Spalletti 2001). La segunda etapa de relleno (Jurásico Inferior-Jurásico Tardío), se encuentra integrada por depósitos marinos y continentales, mayormente de origen clástico, correspondientes a los grupos Cuyo y Lotena (Zavala y González, 2001; Bechis *et al.*, 2010). La tercera etapa (Jurásico Superior-Cretácico Superior), se compone por una espesa sucesión marina y continental de sedimentos de origen carbonático, evaporítico y clástico, correspondiente a los grupos Mendoza, Rayoso y Neuquén (Gulisano *et al.*, 1984; Legarreta y Gulisano, 1989; Gulisano y Gutiérrez-Pleimling, 1995).

A partir del Cretácico Superior y como consecuencia del incipiente levantamiento de la Cordillera de los Andes y la formación de la faja plegada y corrida del Agrío, la cuenca presentó la evolución típica de una cuenca de antepaís (Cobbold y Rosello, 2003; Howell *et al.*, 2005), lo que favoreció la acumulación de espesas sucesiones principalmente de origen continental como el Grupo Neuquén y parte del Grupo Malargüe (Uliana y Dellapé, 1981; Legarreta y Uliana, 1999; Howell *et al.*, 2005; Tunik *et al.*, 2010; Paz *et al.*, 2014).

Las unidades del Cretácico Superior expuestas en el ANPPC fueron inicialmente estudiadas por Wichmann (1916) y Weber (1964, 1968), quienes las denominaron como Formación Balsa y Formación Anacleto. Posteriormente Hugo y Leanza (2001) reconocen las formaciones Bajo de la Carpa y Anacleto, agrupadas dentro del Grupo Neuquén y la Formación Allen dentro del Grupo Malargüe, separadas por la discordancia Huantráiquica.

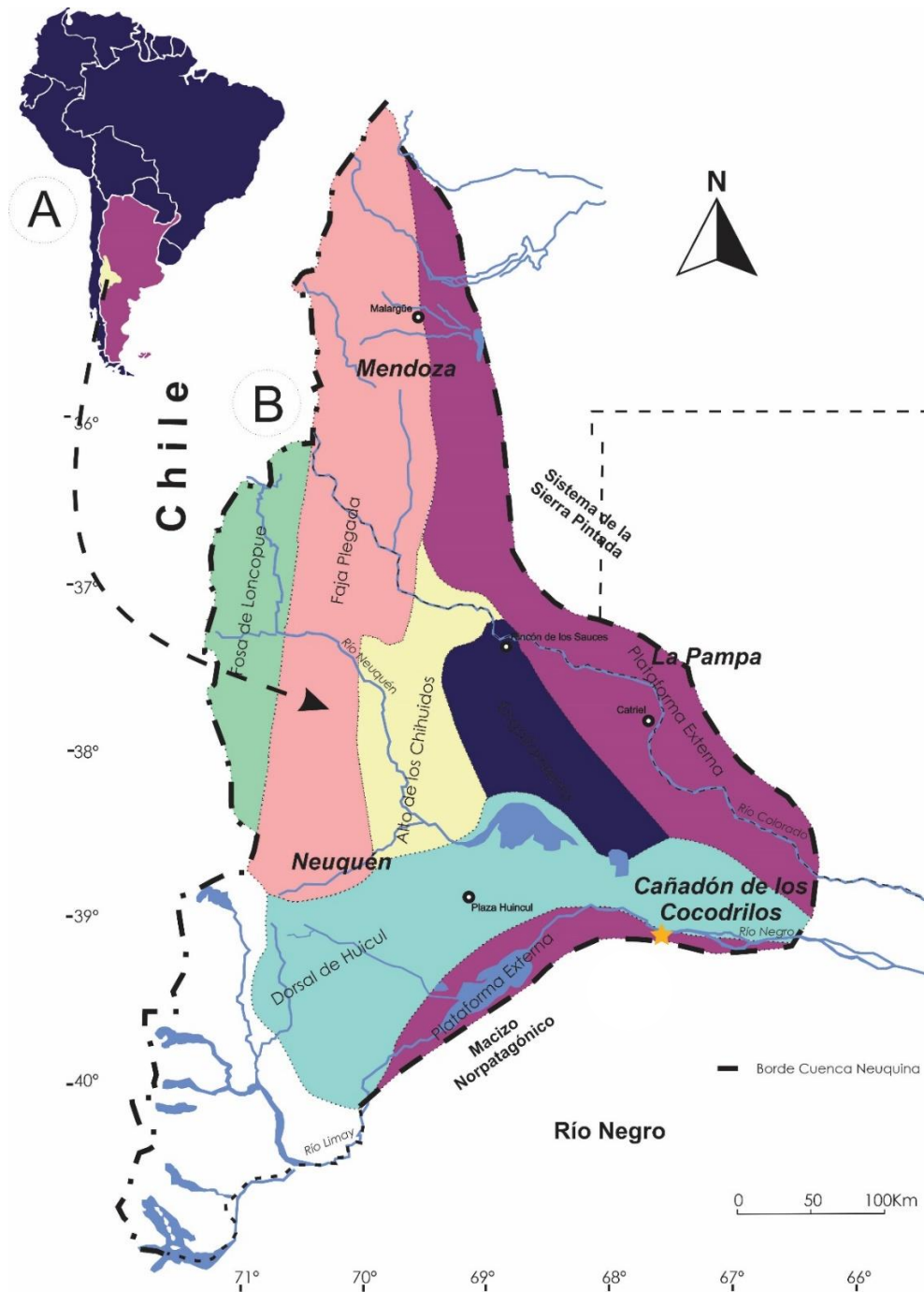


Figura 1: (A) Mapa de ubicación de la Cuenca Neuquina, (B) Mapa de la Cuenca Neuquina con unidades morfoestructurales. Tomado y modificado de Alonso *et al.* (2011).

2.1.1. Grupo Neuquén

El Grupo Neuquén reúne una sucesión de depósitos continentales (“capas rojas”) de origen fluvial, eólico y lacustre somero, limitada en su base por la discordancia Patagonídica (Leanza, 2009) y en su techo por la discordancia Huantráiquica (Hugo y Leanza, 2001), ubicadas respectivamente en la base del Cenomaniano (Leanza, 2009; Tunik *et al.*, 2010) y en el Campaniano medio (Dingus *et al.*, 2009). Esta sucesión conforma los afloramientos mesozoicos de mayor distribución areal dentro de la Cuenca Neuquina (Cazau y Uliana, 1973; Garrido, 2010).

Litoestratigráficamente, el Grupo Neuquén se compone de tres subgrupos y nueve formaciones: 1- Subgrupo Río Limay que comprende a las formaciones Candeleros y Huincul; 2- Subgrupo Río Neuquén que incluye a las formaciones Cerro Lisandro, Portezuelo, Los Bastos, Sierra Barrosa y Plottier, y finalmente, 3- Subgrupo Río Colorado integrado por las formaciones Bajo de la Carpa y Anacleto (Fig. 2).

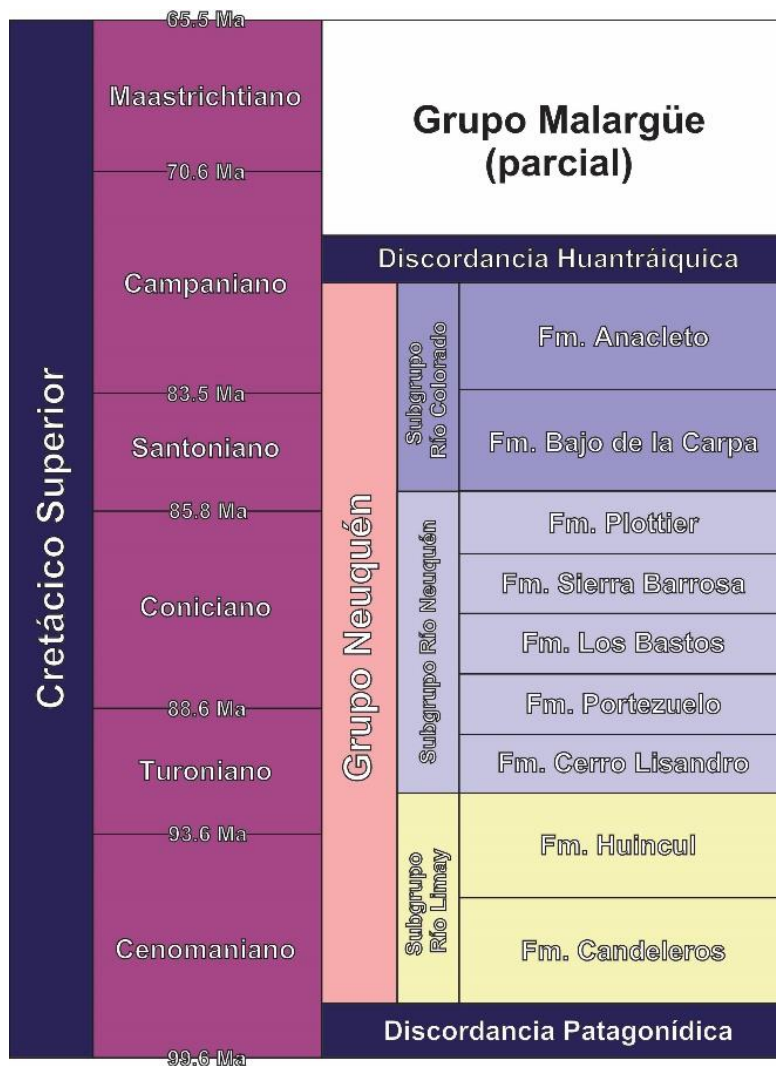


Figura 2: Esquema litoestratigráfico del Grupo Neuquén. Tomado y modificado de Garrido (2010).

2.1.1.1. Formación Bajo de la Carpa: generalidades.

La Formación Bajo de la Carpa exhibe características litológicas que la hacen resaltar claramente de las restantes unidades formacionales del Grupo Neuquén (Hugo y Leanza, 2001). El término que identifica a esta unidad fue introducido por primera vez en la literatura geológica por Herrero Ducloux *in* Fossa Mancini *et al.* (1938) y fue descripta posteriormente por Herrero Ducloux (1939, 1946, 1947) y Roll (1939, 1941).

La Formación Bajo de la Carpa, junto con la Formación Candeleros, es una de las de mayor distribución areal del Grupo Neuquén (Stipanovic *et al.*, 1968). Aflora desde el área Sierra del Portezuelo en el centro-sur de Neuquén y continúa hasta la región del Bajo de Santa Rosa en el sector norte de Río Negro (Leanza y Hugo, 2001). Exhibe sus mejores afloramientos en las estribaciones de la Meseta de Rentería, continuando como una delgada faja hacia el este hasta el ANPPC (Garrido, 2010). Se superpone de manera conforme a la Formación Plottier y subyace de la misma manera a la Formación Anacleto (Fig. 2). Según Leanza *et al.* (2004), los depósitos se componen por areniscas de grano grueso, violeta claro y rosa de origen fluvial. Sin embargo, según Garrido (2010) esta unidad muestra una marcada variación lateral de facies gradando desde depósitos de claro dominio fluvial a niveles de planicie de inundación distal con fuerte participación de sedimentitas de origen eólico (Garrido, 2010). Marcas de gotas de lluvia, nódulos químicos, paleosuelos y geodas silíceas son muy abundantes en toda la unidad, y limolitas y arcillitas rojizas forman capas delgadas entre las capas de arenisca dura (Leanza *et al.*, 2004). Esta unidad puede alcanzar los 105 m de espesor (Leanza *et al.*, 2004), y sobre la base de su contenido faunístico y relaciones estratigráficas se le atribuye una edad santoniana (Bonaparte, 1991; Hugo y Leanza, 2001).

2.1.2. Asociación Coloradoana

Leanza *et al.* (2004) describen los depósitos continentales del Cretácico de la Cuenca Neuquina señalando sus principales discontinuidades, distribución territorial, edad y fauna de tetrápodos. Como resultado, los autores identifican y definen seis asociaciones faunísticas de vertebrados: Amargana, Lohancurana, Limayana, Neuqueniana, Coloradoana, y Alleniana (Fig. 3).

La asociación Coloradoana es registrada en las formaciones Bajo de la Carpa y Anacleto (Fig. 3) y se caracteriza por poseer la mayor diversidad conocida de saurópodos titanosaurios y terópodos abelisauroides de Gondwana. Leanza *et al.* (2004) definen a este asociación por:

- la aparición en el registro de saurópodos titanosáuridos saltosaurinos y titanosaurios basales no saltosaurinos;
- primera aparición de grandes terópodos abelisauroideos carnotaurinos cuyo registro continua en las siguientes asociaciones (AFNP *sensu* Leanza *et al.*, 2004), prevalecen los terópodos alvarezsáuridos y abelisauroideos velocisáuridos;
- aves enantiornitinas (AFNP);
- ornitópodos euiguanodóntidos basales de pequeño tamaño;
- crocodiliformes notosuquios;
- tortugas quélidas estrechamente relacionadas con *Chelus* y tortugas podocnemíidas ya registradas en las asociaciones Neuqueniana y Alleniana;
- aparición de las serpientes dinilísidas y lagartos teiidos.

Como se mencionó anteriormente, esta asociación se caracteriza por la abundancia de materiales referidos a titanosaurios basales (e.g. von Huene, 1929; Powell, 1986; Salgado, 1996; Calvo *et al.*, 1997, 1999; González-Riga, 1998, 1999; Chiappe y Dingus, 2001; González Riga y Calvo, 2001) y la primera aparición en Patagonia de saltasáuridos saltosaurinos que, anteriormente, estaban restringidos al noreste de Brasil (Apesteguía, 2002). Además, probablemente relacionados a este evento aparecen en el registro diferentes linajes de terópodos abelisauroideos y es evidente la consecuente pérdida de grandes celurosaurios endémicos (Apesteguía, 2002). También en este registro aparecen por primera vez aves enantiornitas como *Neuquenornis volans* Bonaparte, 1991 y los pequeños ornitópodos iguanodóntidos basales como *Gasparinisaura cincosaltensis* Coria y Salgado, 1996, así como también otras formas estrechamente relacionadas (Coria y Salgado, 1996; Salgado *et al.*, 1997).

El registro paleoherpetológico es notable y significativo, particularmente, los cocodriliformes son muy abundantes y diversos, y *Notosuchus terrestris* Woodward, 1896 es con mucho la especie dominante (Leanza *et al.* 2004). Completan esta asociación *Lomalatachelys neuquina* Lapparent de Broin y de la Fuente, 2001, tortugas pleurodiras podocnemidoides y quélidas estrechamente relacionados con *Chelus* (Broin y de la Fuente, 1993; de la Fuente, 1993; Lapparent de Broin y de la Fuente, 2001) y la serpiente basal *Dinilysia patagonica* Woodward, 1901, que según Albino (2002) representa una radiación local de aletínofidios basales que también fue acompañada de una radiación endémica de lagartos teiidos.

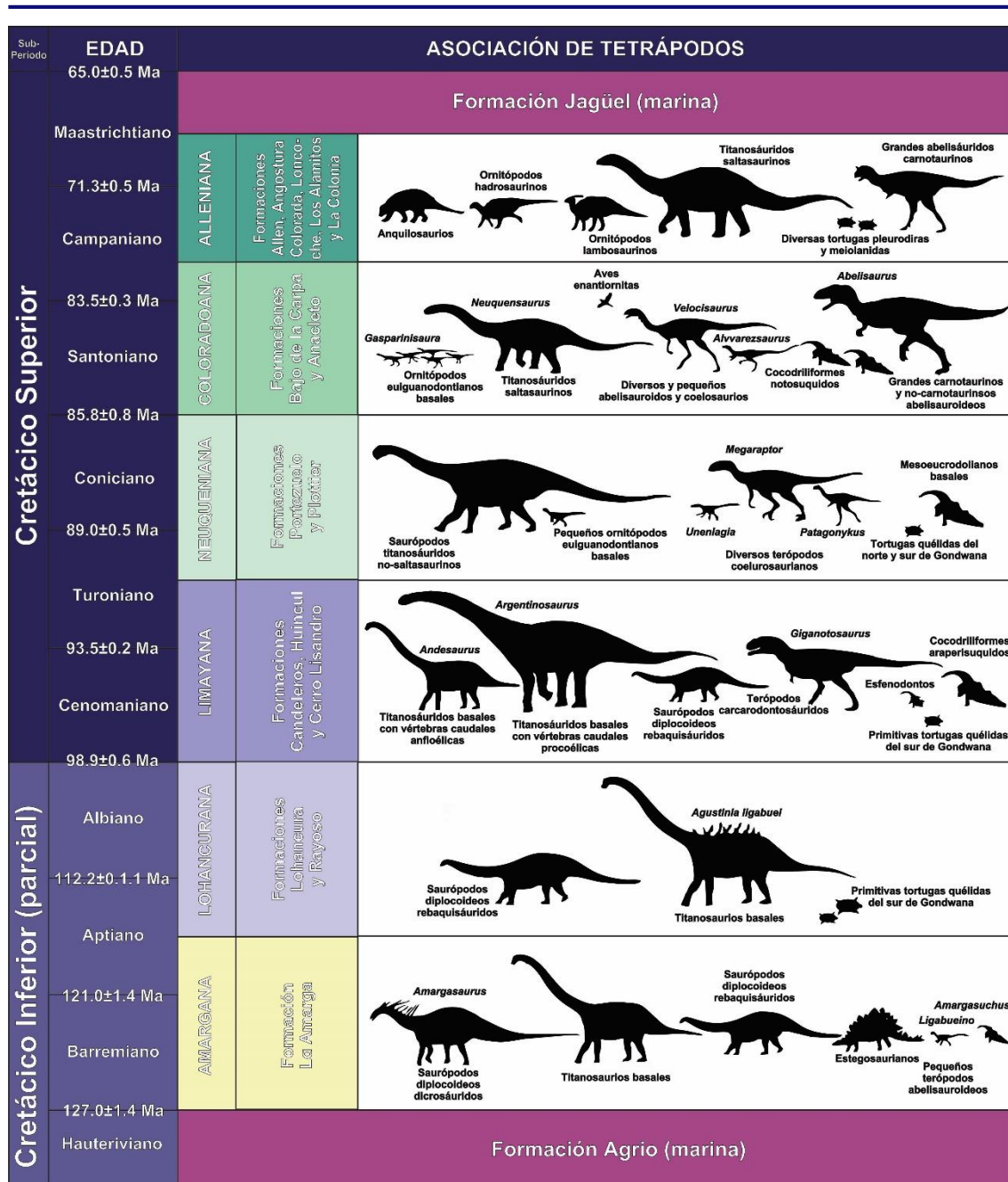


Figura 3: Asociaciones de tetrápodos del Cretácico de la Cuenca Neuquina, Argentina. Las formaciones Los Alamitos y La Colonia incluidas en la Asociación Alleniana no son parte de la Cuenca Neuquina. Tomado y modificado de Leanza *et al.* (2004).

2.1.3. Registro fosilífero de la Formación Bajo de la Carpa

Los primeros hallazgos de vertebrados fósiles en esta unidad ocurrieron hace más de un siglo en las inmediaciones de la ciudad de Neuquén, provincia de Neuquén y en el puesto Rancho de Ávila, Los Alamitos, provincia de Río Negro (ver Dolgopol de Sáez, 1928; Huene, 1929; Smith-Woodward, 1896, 1901). Posteriormente otros yacimientos se han sumado a este registro, tales como: Sierra Barrosa, Tratayén, Loma de la Lata,

Narambuena, Cañadón Arroyo Seco y Cerro Overo-La Invernada en la provincia de Neuquén, y el ANPPC y La Bonita en la provincia de Río Negro (Cruzado-Caballero *et al.*, 2016).

El registro crocodiliforme es notable y significativo no solo por su diversidad sino también por su cantidad (Smith-Woodward, 1896; Price, 1955; Bonaparte, 1991; Gasparini *et al.*, 1991). Aunque *Notosuchus terrestris* es con mucho la especie dominante, existen en este registro otros crocodiliformes terrestres relacionados, como *Microsuchus schilleri* De Saez, 1928 (Leardi *et al.*, 2015) y los sebecosuquios *Comahuesuchus brachybuccalis* Bonaparte, 1991 y *Pehuenchesuchus enderi* Turner y Calvo, 2005, también son incluidos en este registro los baurusúquidos *Cynodontosuchus rothi* Smith-Woodward, 1896 y *Wargosuchus australis* Martinelli y Pais, 2008, el crocodiliforme *Neuquensuchus universitas* Fiorelli y Calvo, 2007, y cocodriliformes peirosáuridos como *Lomasuchus palpebrosus* Gasparini *et al.*, 1991 y *Peirosaurus tormini* Price, 1955 (Gasparini *et al.*, 1992; Danderfer y Vera, 1992).

El resto de la fauna incluye material paleoherpetológico referido a tortugas, tales como *Lomalatachelys neuquina* y podocnemídeos y pelomedusoides sin nombre formal (Garrido, 2010; Cruzado-Caballero *et al.*, 2016), y los esqueletos muy bien conservados de la serpiente basal *Dinilysia patagonica*.

Además de los taxones ya mencionados, en el área de Cerro Overo-La Invernada la Formación Bajo de la Carpa también proporcionó materiales de peces dipnoos (Apesteguía *et al.*, 2007; Filippi *et al.*, 2015).

En el ANPPC el registro de dinosaurios incluye al pequeño y enigmático abelisauroideo noasáurido *Velocisaurus unicus* (Fig. 4a) y al alvarezsáurido relativamente grande *Achillesaurus manazzonei* (Fig. 4b), cuyo hallazgo demuestra una radiación temprana del tallo de los alvarezsáuridos en Sudamérica (Martinelli y Vera, 2007). El resto de la paleofauna incluye material referido a los mesoeucodrilos *Notosuchus* (Fig. 4c) y *Comahuesuchus* (Fig. 4d) y la boa *Dinilysia* (Fig. 4e) (e.g. Caldwell y Calvo, 2008; Martinelli, 2003; Pol, 2005). Además, en el área de estudio, Cónsole-Gonella *et al.* (2019) reportan el hallazgo de estructuras tubulares con orientación predominantemente vertical interpretadas como galerías de morada y/o reproducción de pequeños vertebrados (Fig. 4f).

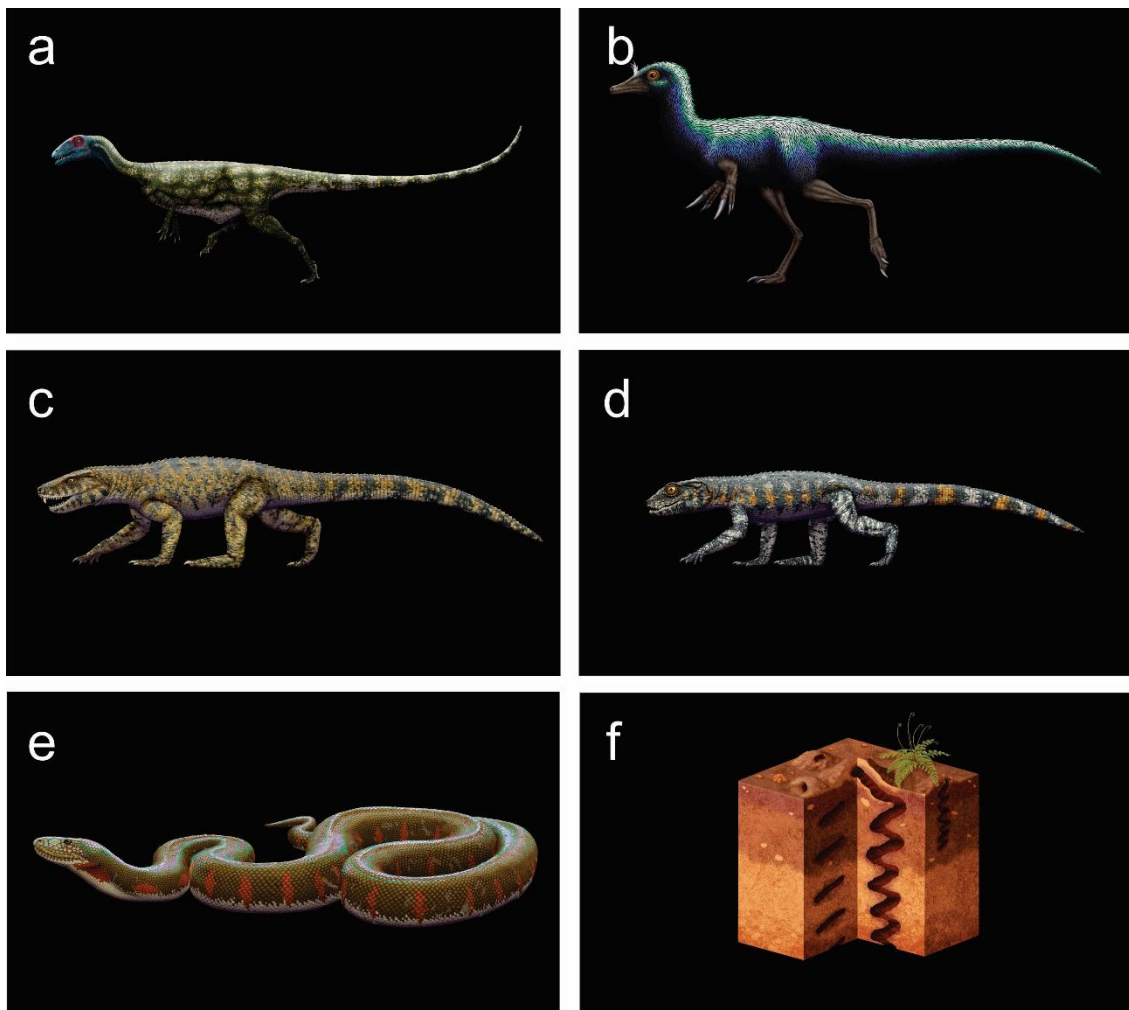


Figura 4: Registro fósil de la Formación Bajo de la Carpa en el CDC. Ejemplares de: a) *Velocisaurus unicus*; b) *Achillesaurus manazzonei*; c) *Notosuchus*; d) *Comahuesuchus*; e) *Dinilysia*; f) Galerías de morada y/o reproducción de pequeños vertebrados. Ilustraciones de Juan Gil Barberá (@juandertal).

2.2. Sección “Cañadón de los Cocodrilos”

El denominado Cañadón de los Cocodrilos o CDC, se ubica entre 39°6'18.90"S–67°44'5.44"O y 39°5'35.21"S–67°42'25.80"O, en el ANPPC, aproximadamente a 15 km al suroeste de la ciudad de General Roca, norte de la provincia de Río Negro, Argentina (Figura 5).

Los depósitos de la Formación Bajo de la Carpa en el CDC se componen por areniscas rojizas de grano fino a medio, mal seleccionadas y relacionadas con un ambiente fluvial de moderada a alta energía. Se han identificado varios niveles de paleosuelos, los que indicarían períodos de estabilidad del sustrato y lo que posibilitó edafización en ciertos sectores. Estos paleosuelos fueron aprovechados por organismos con comportamiento fosorial en estas etapas de hiato depositacional que seguramente tiene

correlación regional e implicancias estratigráficas a nivel de cuenca (Cónsole-Gonella *et al.*, 2019).

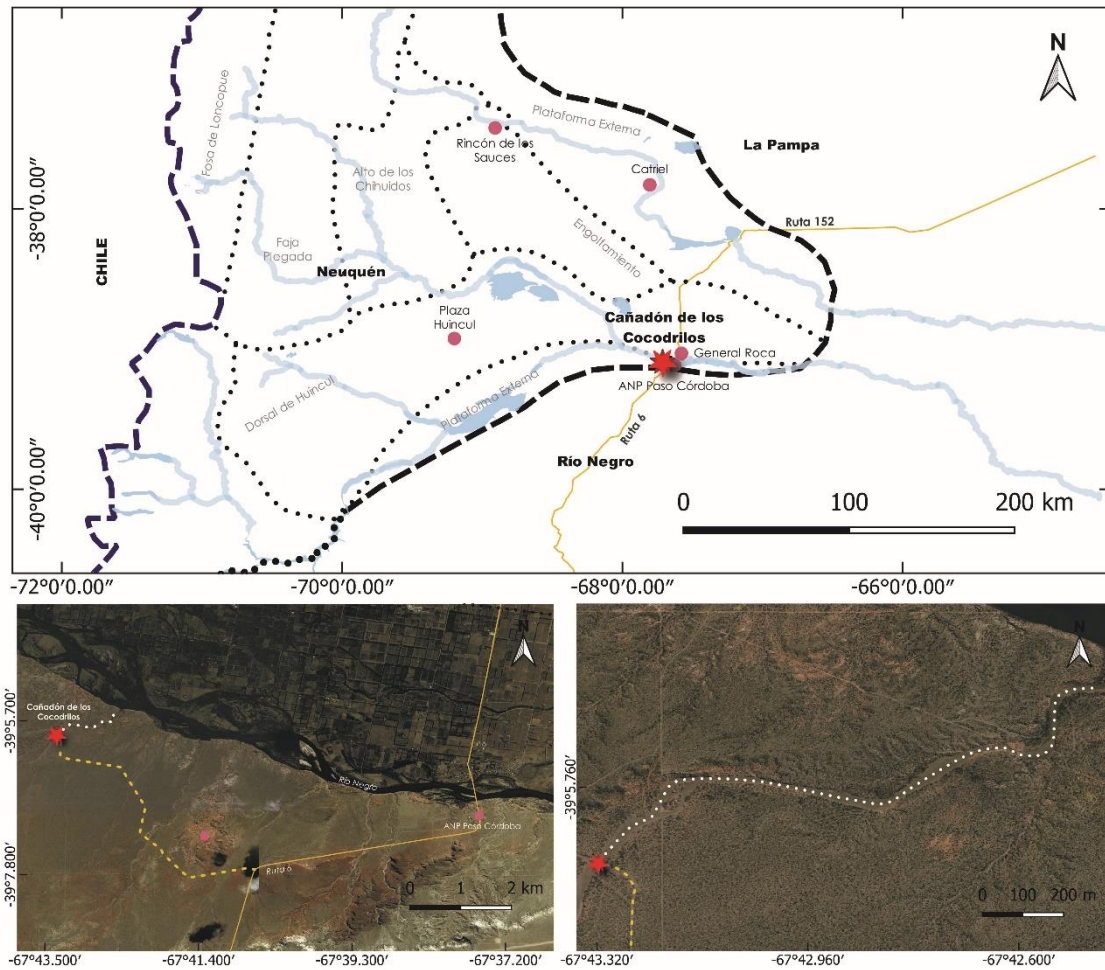


Figura 5: Ubicación del área de estudio.

Capítulo 3: Materiales y métodos

3.1. Materiales

En este TFG se estudiaron los depósitos sedimentarios de la Formación Bajo de la Carpa y su registro paleontológico en el Cañadón de los Cocodrilos, Área Natural Protegida Paso Córdoba (ANPPC), aproximadamente a 15 km al suroeste de la ciudad de General Roca, norte de la provincia de Río Negro, Argentina (Fig. 5).

Para el desarrollo del mismo se tuvo en cuenta material fósil inédito, tanto ejemplares ya colectados como *in situ*.

Se describieron e interpretaron los siguientes restos fósiles:

1. Al menos 16 estructuras biogénicas ramificadas, de tamaño medio, *in situ*, preservadas en los niveles inferiores de la sección, con evidencia de edafización.
2. Al menos 30 estructuras biogénicas fósiles verticales y de gran tamaño, *in situ*, preservadas en los niveles inferiores de la sección, con evidencia de edafización.
3. Abundantes trazas de raíces en el sector inferior a medio de la sección, también con evidencia de edafización.
4. Fragmentos aislados *in situ* de huesos inmersos como bioclastos en una capa de conglomerados con una matriz de arenisca en los niveles inmediatamente superiores a los niveles edafizados, denominado nivel 10.
5. Fragmentos *in situ* de huesos de gran tamaño en los niveles superiores 11 y 13.

3.2. Métodos

3.2.1. Trabajo de campo

Con el fin de llevar a cabo el relevamiento de materiales y de datos contemplados en el TFG, se hicieron cinco salidas de campo, dos durante los meses de julio y octubre de 2021 y tres durante enero y febrero de 2022. Colaboraron en las salidas de campo los Dres. Silvina de Valais, Ignacio Díaz-Martínez y Paolo Cíton del IIPG y el Dr. Carlos Cónsole-Gonella del Instituto Superior de Correlación Geológica (INSUGEO). También estuvieron presentes los estudiantes Sofía Urzagasti-Torres, Mariana Sardá, Melisa Valdéz, Sebastián Pernich y Lucía Gutiérrez de las Licenciaturas de Geología y de Paleontología de la UNRN.

Datos sedimentológicos: Se relevó un perfil de detalle tipo Selley entre los 39°6'18.90"S–67°44'5.44"O y los 39°5'35.21"S–67°42'25.80"O del CDC, ANPPC, con

el apoyo del báculo de Jacob, brújula tipo Brunton y lupa de mano de 20 aumentos. Para la sección relevada se efectuó una descripción de la litología, textura, estructuras sedimentarias, geometría, contactos, empaquetamiento, color y espesor. Para los niveles con trazas fósiles se realizó un minucioso registro fotográfico, muestreo sistemático y descripción morfológica de las mismas.

Datos tafonómicos y paleontológicos: Se fotografiaron aquellos ejemplares fósiles *in situ* que se consideró necesario, con la finalidad de obtener un registro fotográfico del material estudiado. A los fósiles de vertebrados preservados se les midió el largo y ancho y a los restos corpóreos se les midieron los atributos tafonómicos siguiendo las convenciones de Behrensmeyer *et al.* (1991), Alcalá (1994) y Fernández-López (2000): densidad de empaquetamiento, articulación, meteorización, integridad, fragmentación, abrasión y orientación acimutal.

Densidad de empaquetamiento: Se lo define como el volumen ocupado por los elementos conservados respecto al volumen total del cuerpo rocoso (Fernández-López, 2000).

Articulación: Se considera como materiales articulados a aquellos elementos esqueléticos que conservaron su conexión, manteniendo sus posiciones anatómicas relativas (Fernández-López, 2000). Siguiendo los criterios de Behrensmeyer *et al.* (1991) el grado de articulación puede definirse en tres estados:

1. Articulados;
2. Desarticulados pero asociados; y
3. Desarticulados y aislados.

Meteorización: Es un proceso bioestratinómico que destruye los componentes orgánicos e inorgánicos del hueso. Las modificaciones que produce sobre el hueso son agrietamiento, escisión, exfoliación, deshidratación, y finalmente desintegración (Behrensmeyer, 1978). Alcalá (1994) propone que el grado de meteorización en los restos, según las modificaciones sufridas, se clasifique en tres estados:

1. Intactos;
2. Pérdida superficial de materia ósea; y
3. Pérdida significativa de materia ósea.

Integridad: Hace referencia a cuan completos se encuentran los elementos óseos. Normalmente, se suele clasificar la integridad de dos formas (ver Tomassini *et al.*, 2010):

1. Huesos enteros: los huesos se encuentran completos, con o sin algún tipo de fisura o grieta, estos preservan la totalidad de sus partes;
2. Huesos rotos: los huesos se encuentran incompletos, presentan fracturamiento o fragmentación, perdiéndose una o más partes de un mismo hueso.

Fragmentación: Se evalúa tanto la categoría como el número de fracturas que posee cada hueso como indicativo de la intensidad del proceso que las generó (Alcalá, 1994):

1. Transversales: Se dan perpendiculares al eje mayor del elemento óseo y en un ángulo recto respecto a la orientación predominante de las fibras de colágeno, indicando que el hueso ha perdido sus propiedades originales y ha adquirido otras durante el proceso fosildiagenético (Alcalá, 1994).
2. Paralelas: Son el resultado de contracciones del tejido del hueso durante su meteorización bioestratinómica (Haynes, 1980).
3. Oblicuas: Se dan preferentemente en huesos frescos (Shipman *et al.*, 1981) indicando una fracturación previa al enterramiento. Esta última puede deberse a la acción de algún agente como transporte fluvial, carroñeros, pisoteo, entre otros.

Abrasión: Es el proceso por el que la superficie externa y los relieves positivos de los elementos fósiles son desgastados o incluso obliterados por el impacto que ejercen sobre ellos las partículas transportadas por el agua o viento, o bien, el rozamiento entre los propios elementos que son removidos (Fernández-López, 2000). Alcalá (1994) propone que el grado de abrasión puede clasificarse en tres estados:

1. Entero;
2. Redondeado; y
3. Pulido.

Orientación acimutal: se la define como la orientación de un elemento fósil respecto a un plano horizontal utilizando como referencia los puntos cardinales. La orientación acimutal suele representarse mediante diagramas de rosa y su análisis permite obtener datos relevantes para la interpretación de paleocorrientes (Fernández-López, 2000).

Datos edafológicos: Para el levantamiento de la edafosecuencia se tuvieron en cuenta las siguientes características: horizontes, bioturbación, estructuras del suelo

(cutanes, *peds*, glaebulos, cristales y pedotúbulos), evidencias de óxido-reducción y expansión-contracción (Brewer, 1976; Retallack, 1988, 1994, 2001).

Horizontes: Se delimitaron siguiendo los criterios de Retallack (1988):

- Tamaño de grano.
- Color, mediante el uso de tabla de color Munsell (2010) en roca fresca.
- Reacción al ácido clorhídrico diluido (al 10%) para evaluar la presencia de carbonato.
- La naturaleza de sus límites, considerando como aspecto de interés si un horizonte cambia a otro dentro de una distancia vertical estrecha (contacto abrupto) o amplia (contacto difuso).

Bioturbación: Dado por la presencia de estructuras biogénicas. Se tomaron todos los datos referidos a las trazas fósiles preservadas.

Estructuras del suelo: Se analizó la presencia y características de las estructuras pedogénicas presentes:

1. Cutanes: Redes planas e irregulares rodeando agregados más estables de material del suelo *-peds-*, representando espacios abiertos que pueden formar una red interconectada (huecos de empaque), pequeños bolsillos de forma irregular (cavidades) o agujeros casi esféricos (vesículas). Pueden presentar modificaciones, como incrustación con arcilla (Retallack, 2001). Para su descripción se utilizó la terminología y clasificación propuesta por Brewer (1976): arcillosos, ferrosos, manganosos, organosos, sesquanosos, sílicosos, esqueléticos, y soluanos.
2. *Peds:* Agregados estables del material del suelo delimitados tanto por cutanes como por espacios vacíos, usualmente friable. Se siguió la clasificación de Retallack (2001) basada en el tamaño, angularidad y forma: planos, prismáticos, columnares, bloques angulares, bloques subangulares, granulares, migajas.
3. Glaebulos: Terrones de material de suelo segregados naturalmente formados a partir de la misma amplia variedad de materiales que los cutanes (Brewer, 1976). Se describieron según su forma siguiendo los criterios de Retallack (2001): esféricos, elipsoidales, nardos (cuando se encuentran irregulares y apelmazados), irregulares (cuando son variables, pero a diferencia de los cutanes tienen los bordes redondeados), y moteados.
4. Cristales: Se analizó la presencia de cristales que, aunque no son características de diagnóstico de un paleosuelo, su composición refleja una química particular

del mismo (e.g. la calcita y el yeso se encuentran en suelos de climas áridos; Retallack, 2001).

5. Pedotúbulos: En este TFG se sigue la definición de Brewer (1976) que considera como pedotúbulo tanto a trazas de raíces como a madrigueras fósiles. Aunque las características tubulares en los suelos no son diagnósticas, las madrigueras y galerías en los paleosuelos pueden ser valiosos indicadores del paleoambiente, especialmente cuando son lo suficientemente distintivas como para identificar a sus productores (Retallack, 2001). Se los clasifica según su composición y contraste con el material hospedante siguiendo la propuesta de Retallack (2001):
- Granotúbulo: Cuando el relleno es de granos clásticos y poca arcilla.
 - Agrotúbulo: Cuando el relleno es de clastos de arcilla en forma de gránulos y granos.
 - Isotúbulo: Cuando el relleno es de arcilla y granos sin orientación.
 - Ortotúbulo: Si la composición de la fábrica y la matriz es similar al suelo.
 - Metatúbulo: Si la matriz es diferente y derivada de otro horizonte.
 - Paratúbulo: Si la matriz es diferente a cualquier parte del perfil.

3.2.2. Trabajo de gabinete

El trabajo de gabinete consistió en ordenar y analizar todos los datos y los materiales obtenidos durante las salidas de campo ([ver Sección Anexo I](#)), con el aporte de información bibliográfica.

Sobre los datos sedimentológicos: Se dibujó y digitalizó la sección relevada para la definición de litofacies, interpretación de las asociaciones de facies y de los paleoambientes.

Para las interpretaciones y descripciones de las facies se usaron las siguientes abreviaturas:

- **BtSf:** horizonte Bt de areniscas finas con vetas de carbonatos.
- **BtSfmot1:** horizonte Bt de areniscas finas con moteado grisáceo con vetas de carbonatos.
- **BtkSvf:** horizonte Btk de areniscas muy finas.
- **BtkSfmad1:** horizonte Btk de areniscas finas cementadas con presencia de especímenes de cf. *Camborygma* isp.
- **CigSm:** areniscas medias con conglomerados intraformacionales hacia el techo.

- **BtkSf1:** horizonte Btk de areniscas finas.
- **BtkSf2:** horizonte Btk de areniscas finas con fragmentos líticos.
- **BtSfmot2:** horizonte Bt de areniscas finas con moteado grisáceo.
- **BtkSfmad2:** horizonte Btk de areniscas finas cementadas con presencia de especímenes de *Daimonelix* isp.
- **CigSf1:** areniscas medias con conglomerados intraformacionales y fragmentos de huesos.
- **BtkSmB:** horizonte Btk de areniscas medias, se registra Sauropoda indet.
- **CkSm:** horizonte Ck de areniscas medias.
- **CigSf2:** areniscas medias con conglomerados intraformacionales hacia el techo, Sauropoda indet.
- **BtF:** horizonte Bt de arcillitas con cemento calcáreo.
- **Sfcg:** areniscas finas con barras de conglomerados hacia el techo.
- **SmB:** areniscas medias.

Sobre los datos tafonómicos y paleontológicos: Para el análisis de las trazas, se siguieron los conceptos icnológicos generales y las descripciones de Bertling *et al.* (2006), Hasiotis *et al.* (2004, 2019), Genise (2017), Raisanen y Hasiotis (2018) y Hembree y Swaninger (2017). Se siguió el concepto toponímico de Martinsson (1970). Las trazas se describieron según su arquitectura, complejidad, medidas de diámetro vertical medio y diámetro horizontal medio y relleno, posteriormente comparadas con ejemplares publicados en revistas especializadas. Además, se estudiaron aspectos etológicos y de la relación organismo generador-sustrato.

Para el análisis de los restos fósiles óseos, se siguieron los conceptos y las descripciones de Romer (1956), Wilson (1999) y Curry Rogers (2005).

Para las asignaciones taxonómicas e icnotaxonómicas de los restos fósiles, óseos e icnológicos, se siguió el Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (ICZN por sus siglas en inglés).

Para los análisis tafonómicos de los materiales se ha seguido los criterios de Behrensmeyer (1978) y Fernández López (2000).

Se realizaron reconstrucciones de modelos tridimensionales a través de los algoritmos Structure from Motion (SfM, Ullman, 1979) y Multi-View Stereo (MVS, Seitz *et al.*, 2006), con el uso del software Agisoft Metashape Professional.

Capítulo 4: Resultados

4.1. Descripción de facies

Las diferentes facies varían en litología, estructuras sedimentarias primarias y contenido fósil (ver Sección [Anexo I](#)). Además de las propias características de los paleosuelos (i.e. cutanes, *peds*, glaebulos, cristales, pedotúbulos, evidencias de óxido-reducción y expansión-contracción), se incluye el registro y características de los rizolitos, trazas de madrigueras y carbonatos pedogénicos.

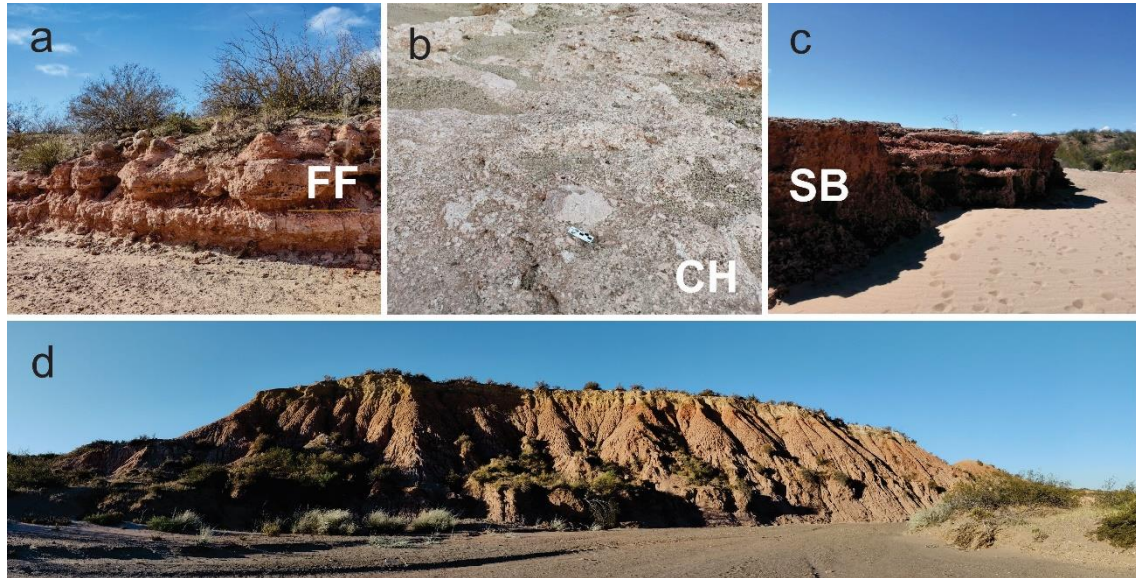


Figura 6: (a) Depósitos de la llanura de inundación (overbank); (b) Depósitos conglomerádicos; (c) Bancos de arena; (d) Exposición lateral máxima de los depósitos del CDC.

El análisis de los depósitos de la Formación Bajo de la Carpa aflorando en el CDC resultó en 16 facies sedimentarias, las cuales fueron agrupadas en 2 asociaciones de facies relacionadas con los siguientes paleoambientes: planicies de inundación (y depósitos de overbank) (Fig. 6a), y canales amalgamados (Fig. 6b, 6c). En la Tabla 1 se proporciona un resumen de la asociación de facies y la sección registrada es representada en la Fig. 7.

El material original de la paleo-edafosecuencia comprende areniscas con tamaño de grano fino a medio con fragmentos líticos tamaño arena gruesa de la asociación de facies de la llanura de inundación (facies BtSf, BtSmot1, BtkSvf, BtkSfmad1, BtkSf1, BtkSf2, BtSmot2, BtkSmad2, BtF) (Fig.6a). Más arriba en la secuencia abarca depósitos conglomerádicos (Fig.6b) y bancos de arena (Fig.6c) de la asociación de facies de canales amalgamados (facies CigSm, CigSf1, BtkSmB, CkSm, CigSf2, Sfmcg, SmB) (Tabla 1). Los depósitos tienen 65 m de potencia. Los niveles de espesores de varios centímetros a metros y una exposición lateral de hasta 80 m (Fig. 6d).

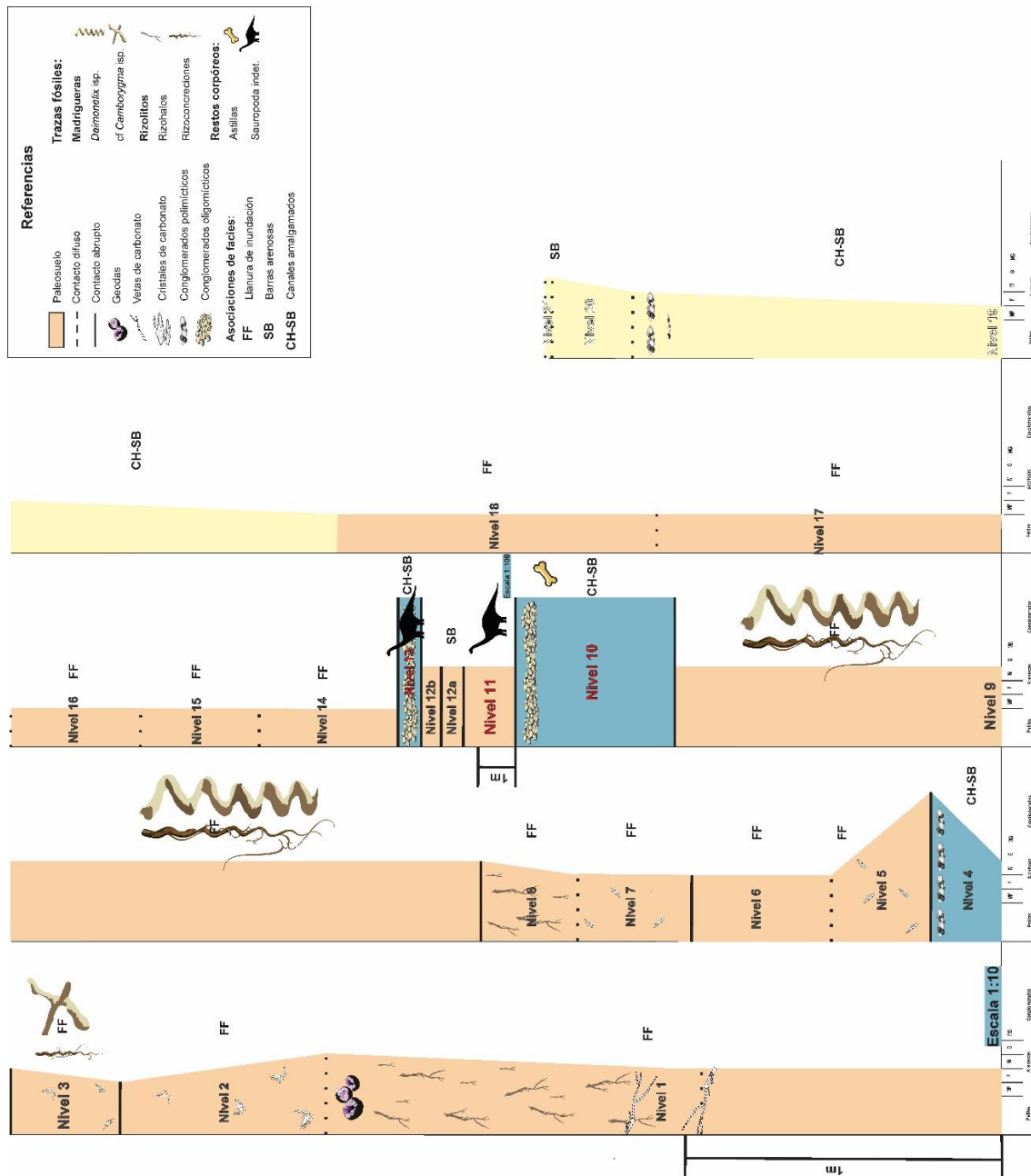


Figura 7: Perfil estratigráfico del CDC. En color naranja es resaltada la paleofadosecuencia.

La asociación de facies de barras de arenas y depósitos conglomerádicos comprende a las facies BtkSmB y SmB de areniscas rojizas finas a medias mal seleccionadas asociadas a barras arenosas que preservaron al elemento de mayor tamaño indentificado como Sauropoda indet. (ver Sección 4.3.1.2) y rizolitos (ver Sección 4.3.2.3). Las facies de CigSm, CigSf1 y CigSf2 se caracterizan por cuerpos de areniscas con bases erosivas y conglomerados intraformacionales asociados a la carga de fondo de un canal. Por último, la facies SmB se caracteriza por presentar una importante potencia de areniscas medias con estructura masiva y barras de conglomerados hacia el techo.

La asociación de facies de la llanura de inundación consiste areniscas rojizas finas a medias con fragmentos líticos. A lo largo del perfil se observan intensamente bioturbadas y pedogenizadas. Hay presencia de carbonatos pedogénicos y trazas de raíces asociadas a madrigueras identificadas como *Daimonelix* isp. ([ver Sección 4.3.2.1](#)) y cf. *Camborygma* isp. ([ver Sección 4.3.2.2](#)). Particularmente, las facies Btfmot1 y Btfmot2 exhiben moteados de color gris claro asociados a trazas de raíces.

Las asociaciones de facies son indicativas de un ambiente fluvial que comprende bancos de arena, canales amalgamados y depósitos arcillosos-arenosos asociados a la depositación en llanuras de inundación. Es importante mencionar que las areniscas presentan una intensa bioturbación asociadas con la pedogénesis que, como resultado, dificulta la diferenciación de las superficies de contacto entre algunos depósitos.

Facies BtSf

Horizonte Bt. Consiste en areniscas finas de color rojizo (10R 5/6) con cemento calcáreo. La textura es arcillosa con abundantes cutanes de arcilla y bloques subangulares. Hacia el techo se registra la presencia de vetas de carbonato. El contacto con el pedotipo suprayacente es difuso.

Facies BtSfmot1

Horizonte Bt. Consiste en areniscas finas de color rojizo (10R 6/6) con moteados de color gris (7.5YR 8/3) asociados a rizolitos. La textura es arcillosa con abundantes cutanes de arcilla y *pedes* angulares. En la base se registra la presencia de vetas de carbonato. . En el sector medio se encontraron geodas de areniscas medias a gruesas de un color rojizo pálido (2.5YR 7/3) en cuyo interior precipitaron cristales de carbonato oscurecidos por infiltración de óxidos. Hacia el techo se encuentran trazas rodadas identificadas como cf. *Camborygma* isp. ([ver Sección 4.3.2.2](#)), con una coloración gris claro (10YR 8/2), revestidas de arenisca de grano fino a medio y con un relleno masivo de areniscas finas mal seleccionadas con cemento calcáreo bien litificadas. Se encuentran asociadas a rizolitos de un color similar al de las geodas (2.5YR 7/3). Todas estas trazas son clasificadas como metatúbulos. El contacto con el pedotipo suprayacente es difuso.

Facies BtkSvf

Horizonte Btk. Se compone por areniscas muy finas de color rojizo pálido (2.5YR 7/3), con cemento calcáreo. Hay precipitación de cristales de carbonatos y presencia de óxidos de hierro hacia el techo. El contacto con el pedotipo suprayacente es abrupto.

Facies BtkSfmad1

Horizonte Btk. Se compone por areniscas finas de color rojizo pálido (2.5YR 7/3) y más anaranjado (2.5YR 7/6), con sectores más blanquecinos. El cemento es calcáreo. Hay precipitación de cristales de carbonatos. En el techo se encuentran *in situ* abundantes trazas de cf. *Camborygma* isp. ([ver Sección 4.3.2.2](#)). Estas trazas presentan una coloración gris claro (10YR 8/2), están revestidas con una arenisca de tamaño de grano fino a medio y poseen un relleno masivo de areniscas finas mal seleccionadas con cemento calcáreo, bien litificadas, asociadas con rizolitos de un color similar (2.5YR 7/3). Todas estas estructuras son metatúbulos. El contacto con el pedotipo suprayacente es difuso.

Facies CigSm

Se compone de una arenisca media de color gris claro (5YR 8/1), cementada y bien litificada con fragmentos líticos (< 0,5 cm) y conglomerados polimícticos intraformacionales más grandes (< 2 cm) hacia el techo. La base es erosiva e irregular y el techo es plano. Hay presencia de óxidos de hierro en la base. Inmediatamente bajo esta superficie se encuentran las trazas identificadas como cf. *Camborygma* isp. ([ver Sección 4.3.2.2](#)). El contacto con el pedotipo suprayacente es abrupto.

Facies BtkSf1

Horizonte Btk. Consiste en areniscas finas de color rojizo (10R 5/6) con cemento calcáreo. Hay presencia de cristales de carbonato. El contacto con el pedotipo suprayacente es abrupto.

Facies BtkSf2

Horizonte Btk. Consiste en areniscas finas de color rojizo (5YR 7/3) con cemento calcáreo y bien litificada con fragmentos líticos (< 0,3 cm). Se observa la presencia de cristales de carbonato. El contacto con el pedotipo suprayacente es abrupto.

Facies BtSfmot2

Horizonte Bt. Consiste en areniscas finas de color rojizo (2.5YR 4/6) con rasgos redoximórficos. Se observan moteados de color gris (7.5YR 8/3) asociados a rizohalos. La textura es arcillosa con abundantes cutanes de arcilla y bloques angulares. El contacto con el pedotipo suprayacente es difuso.

Facies BtkSmad2

Horizonte Btk. Consiste areniscas finas de color anaranjado (2.5YR 7/6) con cemento calcáreo y con fragmentos líticos (< 0,5 cm) hacia el techo. Perpendiculares a la estratificación, se encuentran trazas de excavación con orientación predominantemente vertical clasificadas como ortotúbulos e identificadas como *Daimonelix* isp., ([ver Sección 4.3.2.1](#)). Cerca del sector medio del CDC, estas estructuras tienen una litología diferente al de la roca hospedante, presentan un relleno masivo de areniscas de grano medio grisáceas (7.5YR 8/2) cementadas. Están asociadas a rizolitos ortotúbulos de un color similar al de las roca (2.5YR 6/6). El contacto con el pedotipo suprayacente es abrupto.

Facies CigSf1

Consiste en areniscas finas de color rojizo pálido (2.5YR 7/3) con conglomerados oligomicticos intraformacionales hacia el techo, sectores más blanquecinos y cemento calcáreo. La base es erosiva e irregular y el techo es plano. Hay pequeños fragmentos aislados de huesos de grandes vertebrados, con un largo máximo de 7 cm, inmersos en la matriz como bioclastos ([ver Sección 4.4.](#)). El contacto con el pedotipo suprayacente es abrupto. La paleocorriente tiene una orientación predominante con sentido NE-SO.

Facies BtkSBo

Horizonte Btk. Consiste en areniscas medias de color rojizo (10R 6/6) con cemento calcáreo. La textura es arcillosa con abundantes cutanes de arcilla y bloques ubangulares. Hay rizolitos ortotúbulos con una litología y color similar al de la roca hospedante. De estos niveles proviene el elemento de mayor tamaño identificado como Sauropoda indet. ([ver Sección 4.3.1.2](#)). El contacto con el pedotipo suprayacente es abrupto.

Facies CkSm

Horizonte Ck. Consiste en areniscas medias de color rojizo (10R 6/6) a más grisáceo hacia el techo (7.5YR 8/2). Hay nódulos carbonáticos asociados con la actividad de raíces, rizoconcreciones. El contacto con el pedotipo suprayacente es abrupto.

Facies CigSf2

Consiste en areniscas finas de color rojizo pálido (2.5YR 7/3) con conglomerados oligomicticos intraformacionales hacia el techo, sectores más blanquecinos y cemento calcáreo. La base es erosiva e irregular y el techo es plano. De este nivel proviene el fragmento más pequeño identificado como Sauropoda indet. ([ver Sección 4.3.1.2](#)). La paleocorriente tiene una orientación predominante con sentido OSO-ENE. El contacto con el pedotipo suprayacente es abrupto.

Facies BtKSfo

Horizonte BtK. Se compone por areniscas finas de color naranja variado (2.5YR 7/4 y 5YR 7/3) con fragmentos líticos (< 0,5cm). El cemento es calcáreo. Hay precipitación de cristales de carbonatos oscurecidos por infiltración de óxidos. El contacto con el pedotipo suprayacente es abrupto.

Facies BtF

Bt. Consiste en arcillas rojizas (2.5YR 6/8) a más anaranjado (2.5YR 7/6), masivas fragmentos líticos y cemento calcáreo. La textura es arcillosa con abundantes cutanes de arcilla, bloques subangulares. El contacto con el nivel suprayacente es difuso.

Facies Sfmcg

Consiste en areniscas finas de color rojizo pálido (2.5YR 7/3) masivas y con cemento calcáreo. Hay barras de conglomerado en sección. El contacto con el nivel suprayacente es difuso.

Facies SmB

Consiste en areniscas medias rojizas mal seleccionadas (5YR 8/3) masivas con cemento calcáreo.

Facies	Asociación de facies	Elementos arquitecturales	Registro fósil	Características
BtSf, BtSfmot1, BtkSvf, BtkSfmad1, BtkSf1, BtKSf2, BtSfmot2, BtkSfmad2, BtF,	Llanura de inundacion y depositos de overbank	FF (llanura de inundación proximal)	cf. <i>Camborygma</i> isp., <i>Daimonelix</i> isp. y rizolitos	Arcillitas y areniscas masivas con rasgos redoximorficos (rizohalos) pedogenizadas e intensamente bioturbadas

<p>CigSm, CigSf1, BtkSmB, CkSm, CigSf2, Sfmcg, SmB</p>	<p>Canales amalgamado s, barras arenosas</p>	<p>Ch (canal) SB (barras arenosas)</p>	<p>Fragmentos de huesos, elementos referidos a Sauropoda indet. y rizolitos</p>	<p>Cuerpos de areniscas y conglomerados con bases cóncavas y/o erosivas caracterizados por la presencia de conglomerados intraformacionales hacia el techo. Ocurren erosionando a la planicie (y paleosuelos)</p>
--	--	--	---	---

Tabla 1: Asociación de facies del CDC.

4.2. Macromorfología de los paleosuelos

Se describió una sección litológica de 65 m de espesor que representa la Formación Bajo de la Carpa en el CDC (ver Sección [Anexo I](#)). Se identificaron trece niveles de paleosuelos con espesores que varían entre los 0,2 m y los 2,36 m (Fig. 7). Contiene una secuencia de horizontes Bt/Btk/Ck/Bt. En los afloramientos no se exhibe ningún horizonte A (con alto contenido de materia orgánica) superficial preservado. Límites abruptos marcan la paleosuperficie de la mayoría de los horizontes.

El color de los paleosuelos oscila entre rojizo pálido (2.5YR 7/3), rojizo anaranjado variado (2.5YR 7/4 y 2.5YR 7/6), rojizo (10R 5/6), rojizo más intenso (10R 6/6) y el techo de un nivel con abundantes nódulos calcáreos es más bien grisáceo (7.5YR 8/2). Dos niveles del sector inferior-medio presentan dos tipos diferentes de trazas de excavación de coloración gris claro (10YR 8/2) producidas por organismos muy diferentes entre sí ([ver Sección 5.2](#)). Además, en siete niveles de la sección (niveles: 2, 5, 8, 9, 11, 12 y 13) se encuentra un abundante registro de rizolitos como rizoconcreciones de colores similares a los de la roca hospedante en los horizontes nodulares, rizolitos como nódulos carbonáticos en un horizonte Ck, y dos niveles con rizoallos asociados a paleosuelos con rasgos redoximórficos exhiben moteados de color gris claro.

La textura de los paleosuelos es en general arcillosa con un alto porcentaje de arena. Las estructuras pedogenéticas no varían mucho en los horizontes (ver Sección [Anexo I](#)). Los horizontes Bt muestran un alto contenido de arcillas por iluviación y alcanzan más de 1m (Fig. 8a), y los horizontes intensamente bioturbados Btk (Fig. 8b) y Ck (Fig. 8d) se aproximan a los 2 m. En los dos niveles más basales de la paleoedafosecuencia, horizontes Bt, se observan muy bien cutanes arcillosos y *peds*, además las estructuras angulares y subangulares pueden romperse en bloques subangulares secundarios, revelando un alto grado de desarrollo pedogenético (Fig. 8c).

No obstante, aunque los demás niveles de la paleoedafosecuencia frecuentemente presentan revestimientos arcillosos, poseen un pobre desarrollo pedogenético evidenciado por estructuras masivas (Fig. 8e). Los rasgos macromorfológicos de los rizolitos, con estructuras complejas de diámetros variables, y las estructuras de bloques angulares a subangulares con revestimientos arcillosos de los paleosuelos permiten clasificarlos como argilisoles cálcicos (Mack *et al.*, 1993; Imbellone *et al.*, 2017; Gualde *et al.*, 2018).

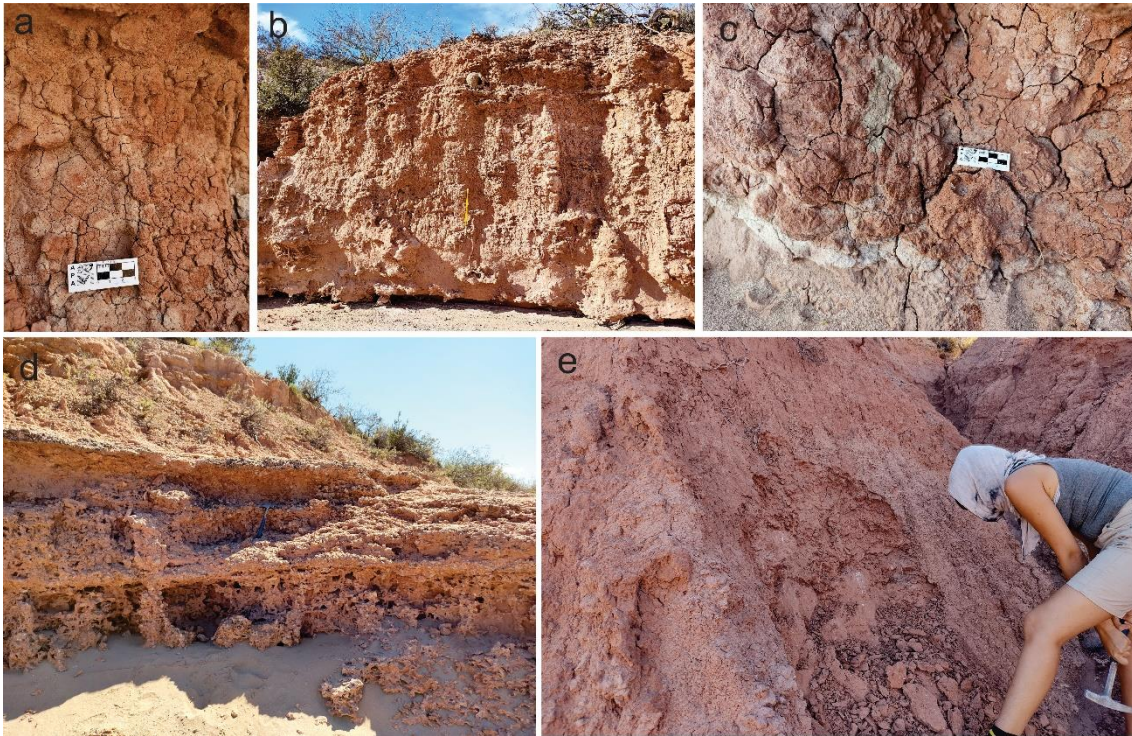


Figura 8: (a) Horizonte Bt; (b) Horizonte Btk; (c) Horizonte Bt con un buen desarrollo pedogenético; (d) Horizonte Ck; (e) Horizontes con un pobre desarrollo pedogenético.

4.3. Registro fosilífero

4.3.1. Registro óseo de vertebrados

Saurischia Seeley, 1888

Sauropodomorpha Huene, 1932

Sauropoda Marsh, 1878

Sauropoda indet.

(Figura 9)

Material: 2 fragmentos de hueso *in situ*, uno de gran tamaño posiblemente apendicular.

Sitio de procedencia: Cañadón de los Cocodrilos, depósitos inferiores de la Formación Bajo de la Carpa, niveles 11 y 13 en la Figura 7.

Descripción: Se trata de dos fragmentos de huesos aislados, aún *in situ*. El elemento proveniente del nivel 11 es un hueso largo de al menos 6 cm de ancho y 9 cm de largo muy erosionado, que conserva parte de lo que parece ser una cresta (Fig. 9a). En algunas partes de la diáfisis el hueso cortical se erosiona para exponer el hueso medular. Dentro de la cavidad medular se observa hueso esponjoso.

El segundo hueso, proveniente del nivel 13 y muy erosionado, se trata de un pequeño fragmento triangular de 3 cm de ancho por 6 cm de largo (Fig. 10b). En toda su superficie se expone hueso medular, donde se observa hueso esponjoso.

Comentarios: Ambos materiales se encuentran aún *in situ* por lo que no puede observarse su forma completa, pero si es posible ver tejido trabecular en su interior.

La asignación de estos restos a Sauropoda indet., se basa en la presencia de tejido trabecular en la diáfisis, ya que este tipo de tejido en huesos apendiculares podría ser una sinapomorfía de Sauropoda (Cerdea *et al.*, 2017); asimismo, en los sauropodomorfos y otros grupos la cavidad medular femoral está libre (Sander *et al.*, 2004; Klein y Sander, 2007; Cerde, 2022, com. pers.). Además, el tamaño de estos restos y el registro fósil de la unidad apoyan esta idea. Esto podría confirmarse al extraer el material en futuros trabajos.

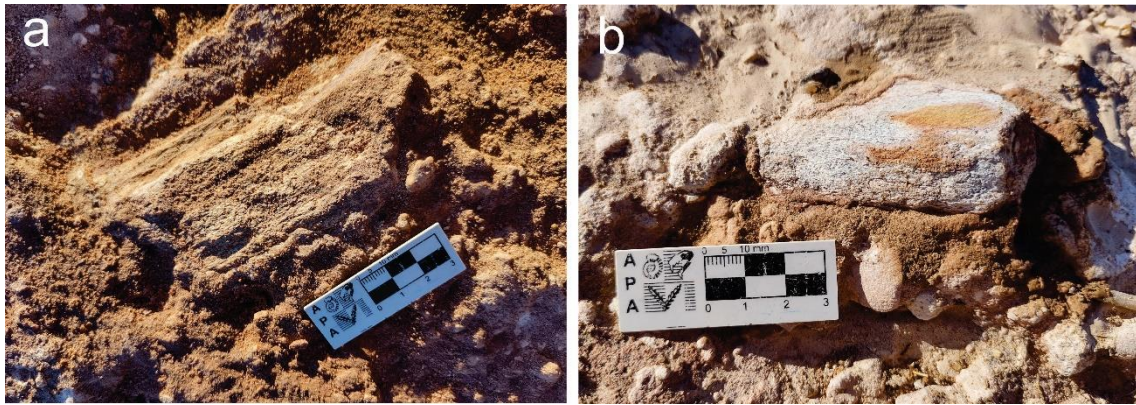


Figura 9: Huesos fósiles fragmentarios: (a) Sauropoda indet. proveniente del nivel 11; (b) Sauropoda indet. proveniente del nivel 13.

4.3.2. Trazas fósiles

4.3.2.1. *Daimonelix* Barbour, 1892

Daimonelix Barbour, 1892

Iknoespecie tipo: *Daimonelix circumaxilis* Barbour, 1892, por designación posterior de Häntzschel (1975).

Diagnosis: Estructura helicoidal cilíndrica abierta, vertical, grande, de forma regular, con una protuberancia lateral de ángulo bajo a alto en o cerca de la base, todas con o sin túneles, cámaras o hélices que se ramifican desde la estructura principal (enmendada por Raisanen y Hasiotis, 2018, modificado de Häntzschel, 1975).

***Daimonelix* isp.**

(Figura 10)

Material: Al menos 30 especímenes *in situ*.

Sitio de procedencia: Área del sector medio del Cañadón de los Cocodrilos, depósitos inferiores de la formación Bajo de la Carpa, nivel 8 en la Figura 7.

Descripción: Se trata de especímenes preservados como endicnias, compuestos por estructuras helicoidales cilíndricas, perpendiculares al plano de estratificación, que se extienden desde la paleosuperficie. Presentan un eje angosto de enrollamiento y ángulo de descenso pronunciado. A veces exhiben constricciones y ensanchamientos a lo largo de su curso pero no presentan túneles, cámaras o hélices que se bifurquen desde la estructura principal. La geometría de estas estructuras en algunos casos conforma patrones débiles en L, con una tortuosidad baja (1-2). La sección transversal de la estructura es ovalada. Poseen una longitud máxima observada de 162 cm y un diámetro promedio de 10 a 22 cm (Fig. 10a). Presentan una litología similar al de la roca hospedante pero cerca del sector medio del CDC los especímenes poseen un relleno masivo de areniscas de grano medio de un color grisáceo (Fig. 10b). Todas se encuentran asociadas a rizolitos.

Comentarios: Las icnotaxobases presentes en los ejemplares (i.e. estructuras helicoidales cilíndricas, verticales, regulares) permiten asignarlos al icnogénero *Daimonelix*. Sin embargo, dado la ausencia de algunas icnotaxobases específicas en los especímenes y la falta de datos hasta la fecha, se evitará una asignación definitiva a nivel icnoespecífico.



Figura 10: Especímenes de *Daimonelix* isp. *in situ* en el CDC (a) Máxima longitud observada en un espécimen; (b) Relleno diferencial de las galerías del sector medio del CDC.

4.3.2.2. cf. *Camborygma* isp.

Camborygma Hasiotis y Mitchell, 1993

ICNOESPECIE TIPO: *Camborygma litonomos* Hasiotis y Mitchell, 1993

DIAGNOSIS: Ejes subverticales a subhorizontales que varían de 1 a 14 cm de diámetro y se extienden verticalmente hasta 9 m. Las paredes de las madrigueras pueden contener trazas de arañazos, trazas de raspaduras, texturas nudosas y estrías. Exhibe ramas Y y T y puede contener múltiples cámaras (Hasiotis y Mitchell, 1993)

cf. *Camborygma* isp.

(Figura 11)

MATERIAL: Al menos 16 especímenes *in situ* (Fig. 11a) otros 4 rodados (Fig. 11b).

SITIO DE PROCEDENCIA: Área cercana al río del Cañadón de los Cocodrilos, depósitos inferiores de la formación Bajo de la Carpa, nivel 5 en la Figura 7.

DESCRIPCIÓN: Se trata de estructuras ramificadas, tubulares e irregulares preservadas como endicnia e interconectadas. Conforman un sistema complejo de excavaciones formado por cámaras, túneles y conductos subverticales a subhorizontales. Los especímenes están compuestos por un número diferente del mismo tipo de cámaras y

túneles con secciones transversales circulares a elípticas con un diámetro de 8 cm. Sus dimensiones horizontales oscilan entre los 14 cm y 26 cm de largo y los túneles subverticales tienen hasta 16 cm de alto. Las paredes son lisas y están revestidas con una arenisca de tamaño de grano medio. Poseen un relleno masivo de areniscas finas mal seleccionadas. A veces presentan cámaras en su base, esféricas a subsféricas con el eje mayor paralelo a la estratificación. Están asociadas a rizolitos.

Comentarios: La preservación de estas estructuras ramificadas no permite la asignación a un icnotaxón previamente conocido con confianza, pero sí es posible compararlo con dudas a los ejemplares de *Camborygma*, dejándolo como cf. *Camborygma* isp., sobre la base de la disposición morfológica general de las trazas.

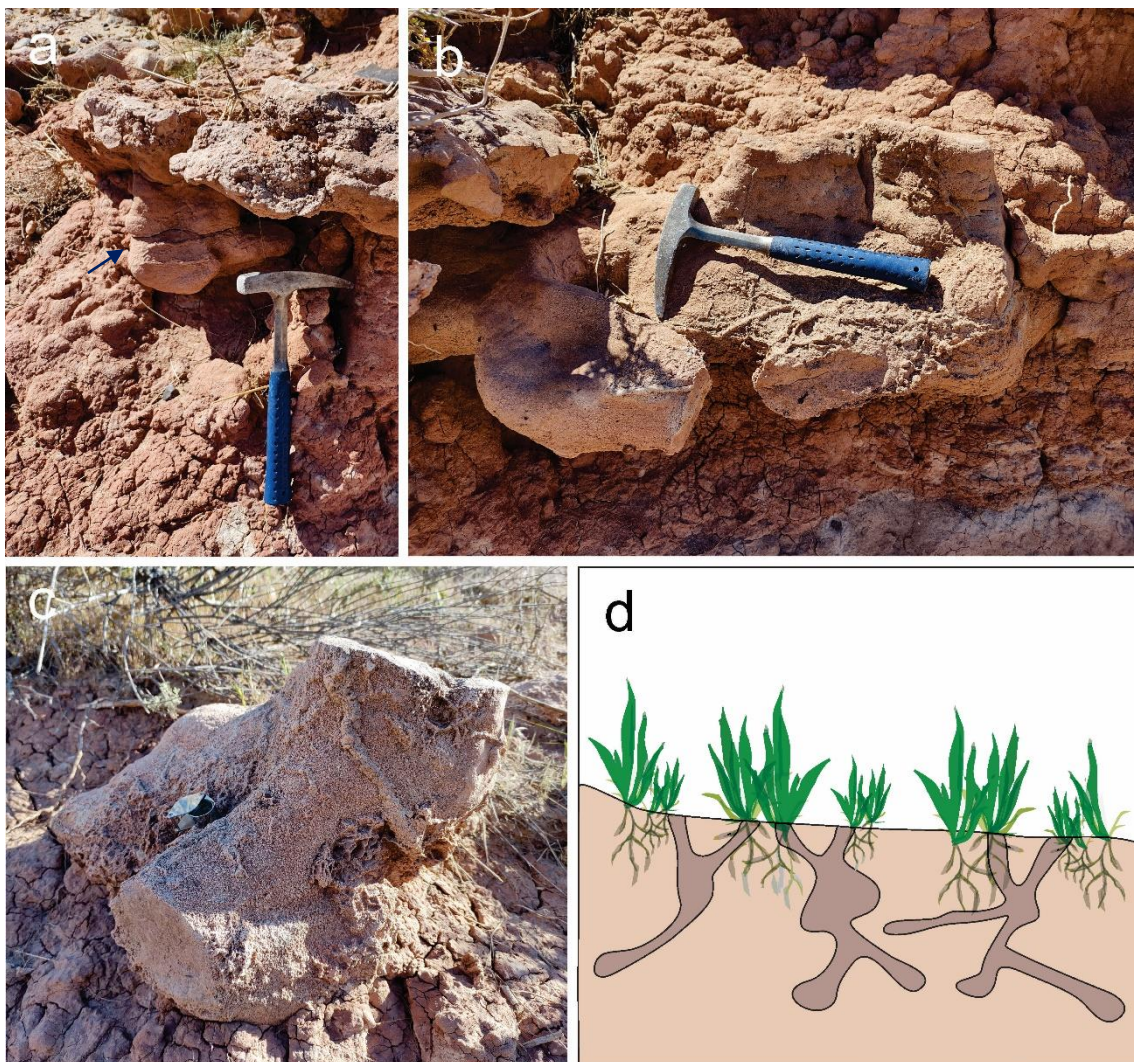


Figura 11: cf. *Camborygma* isp. en el sector inferior del CDC con rizolitos asociados. (a) Especímen *in situ*; (b) y (c) Especímenes rodados con diferentes números de cámaras; (d) Dibujo interpretativo de algunas de las diferentes morfologías observadas.

4.3.2.3. Rizolitos

Rizolitos

(Figura 12)

Material: Abundantes especímenes *in situ*. Se diferencian: rizohalos y rizoconcreciones.

Sitio de procedencia: Sector inferior a medio del Cañadón de los Cocodrilos, depósitos inferiores de la formación Bajo de la Carpa, niveles 2, 5, 8, 9, 11, 12 y 13 en la Figura 7 del perfil.

Descripción: Hay principalmente dos tipos de rizolitos, representados como estructuras órgano-sedimentarias cilíndricas y preservadas como endocinia. El primer tipo corresponde a estructuras moteadas grisáceas (7.5Y 8/3) con un diámetro que varía entre 1 y 3 cm (Fig 12a). Exhiben la misma textura de matriz del paleosuelo que los contiene y granos de cuarzo subangulares. Ocurren aislados, manteniendo la distancia de otros rizolitos en el paleosuelo hospedante.



Figura 12: Rizolitos del CDC. (a) Rizohalos de los niveles inferiores; (b) Rizoconcreciones del sector medio.

El segundo tipo está formado por material silicoclástico y con cemento calcáreo. Se vuelven más gruesas en sus porciones más ramificadas. Varían de 0,5 a 3 cm de espesor en los cilindros individuales (Fig. 12b) y se extienden desde la paleosuperficie pero no tienen una orientación preferencial. Suelen presentar ramificaciones que demuestran un orden de crecimiento con una raíz axonomorfa y bifurcación hacia raíces secundarias. A menudo en el perfil se cementan con CaCO_3 de color gris muy claro (7.5Y 8/1) o se rellenan con arenas de grano medio mal seleccionadas de un color similar al de los paleosuelos hospedantes.

Comentarios: Por la morfología general que presentan (e.g. estructuras tubulares de grosor variado con un eje principal y bifurcaciones), estas estructuras son asignadas al

crecimiento de raíces. El primer tipo correspondería a rizohalos (Fig. 12a), mientras que el segundo tipo a rizoconcreciones (Fig. 12b). Además de preservarse en niveles sin restos óseos, las rizoconcreciones se las encuentra asociadas a los ejemplares de cf. *Camborygma* isp. y *Daimonelix* isp., principalmente sobre su superficie ([ver Sección 5.2.3](#))

4.4. Generalidades tafonómicas del nivel 10

En el nivel 10 se hallaron 8 fragmentos de hueso *in situ* (Fig. 13), a los cuales se les midieron los atributos tafonómicos mencionados previamente ([ver Sección 3.2](#)), con el fin de estudiar su historia bioestratigráfica. Los resultados se resumen en las Tablas 2 y 3.

Densidad de empaquetamiento: Los restos se encontraron dispersos en una superficie de aproximadamente 21 m². El volumen de roca total que contiene los fósiles, es de aproximadamente 6,52 m³, por lo que se calcula una densidad de empaquetamiento de huesos de 0,815 huesos /m³.

Articulación: Los elementos 1 y 2 fueron encontrados desarticulados pero asociados (Fig. 13a). El resto de los elementos fueron encontrados desarticulados y aislados (Fig. 13b-g).

Meteorización: Todos los elementos presentan una pérdida significativa de materia ósea, tanto de periostio como de capas externas del tejido compacto (Fig. 14a-g).

Integridad: Todos los elementos se presentan incompletos, perdiéndose una o más partes de un mismo hueso (Fig. 14a-g)

Fragmentación: Dos de los elementos presentan fracturas transversales y oblicuas (Fig. 14a). Otros dos elementos solo presentan fracturas oblicuas (Fig. 14c,f). Uno presenta fracturas transversales y paralelas (Fig. 14d) y otro fracturas paralelas y oblicuas (Fig. 14g). Los dos elementos restantes presentan fracturas transversales, paralelas y oblicuas (Fig. 14c,e).

Abrasión: Seis de los elementos presentan relieves redondeados y signos de abrasión en la superficie externa (Fig. 14a-c,f). Uno permaneció entero (Fig. 14g) y otro pulido (Fig. 14e).

Orientación acimutal: Seis de los elementos tienen una orientación predominantemente NE-SO. Los 2 elementos restantes tienen una orientación ESE-ONO (Tabla 3).

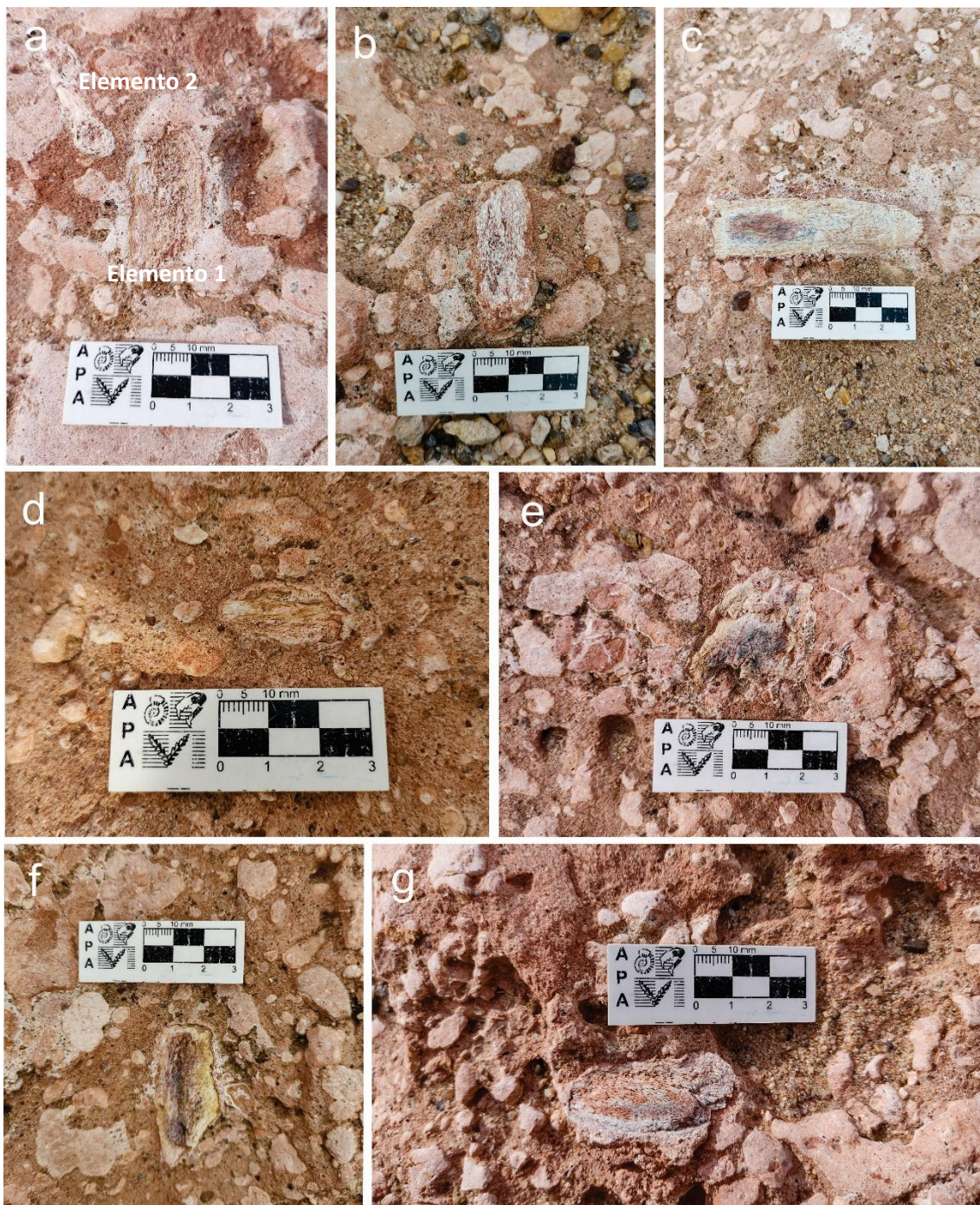


Figura 13: (a) Elementos 1 y 2; (b) Elemento 3; (c) Elemento 4; (d) Elemento 5; (e) Elemento 6; (f) Elemento 7; (g) Elemento 8.

Atributo	Descripción
Número de huesos	8
Número mínimo de individuos	3
Volumen de la roca	8.52 m ³
Densidad de empaquetamiento	0.815 m ³

Tabla 2: Mecanismos de alteración tafonómica de los elementos del nivel 10. El número de individuos se hipotetiza considerando el proceso de sedimentación y el estado del tejido óseo de los elementos.

<i>Elemento Mecanismo</i>	1	2	3	4	5	6	7	8
Articulación	E2	E2	E3	E3	E3	E3	E3	E3
Meteorización	E3	E3	E3	E3	E3	E3	E3	E3
Integridad	E2	E2	E2	E2	E2	E2	E2	E2
Fragmentación	E1, E3	E1, E3	E3	E1, E2, E3	E1, E2	E1, E2, E3	E3	E2, E3
Abrasión	E2	E2	E2	E2	E2	E3	E2	E1
Orientación acimutal	228°	254°	212°	231°	234°	111°	92°	212°

Tabla 3: Mecanismos de alteración tafonómica de los elementos del nivel 10. E significa estado y, por tanto, para cada atributo implica algo diferente (ver Sección [3.2.1](#)). Del mismo modo, el número que acompaña a la E indica señales de alteración tafonómica más intensas desde el 1 al 3. Por ejemplo, para el atributo articulación: E1 = articulados; E2 = desarticulados pero asociados; y E3 = desarticulados y aislados. Pero también puede denotar una característica en particular, por ejemplo, para el atributo fragmentación: E1 = indica la presencia de fracturas transversales; E2 = indica la presencia de fracturas paralelas; y E3 = indica la presencia de fracturas oblicuas.

Capítulo 5: Discusión

5.1. Aporte del registro óseo

5.1.1. Aspectos paleobiológicos

En los niveles superiores del perfil, se han registrado huesos fragmentarios de dinosaurio referibles al clado Sauropoda. Sin embargo, dado el carácter parcial y mala preservación de los huesos no es posible una asignación taxonómica ni anatómica más precisa.

Además, los abundantes fragmentos preservados en el nivel 10 no se han podido estudiar taxonómica ni filogenéticamente en su situación actual, para lo cual se extraerán en trabajos futuros.

Estos restos óseos fósiles de vertebrados, representantes de Sauropoda, posiblemente de titanosaurios podrían ser elementos de la paleofauna representativos de la Asociación Coloradoana (ver Leanza *et al.*, 2004).

5.1.2. Aspectos tafonómicos

Los fragmentos óseos *in situ* aislados e identificados como Sauropoda indet. y encontrados en los niveles 11 y 13 tienen un estado de preservación muy pobre, con pérdida del periosteo y del tejido compacto. Ambos elementos tienen evidencia de una alta meteorización, señales de abrasión vinculada al transporte fluvial y una coloración similar. Además, ambos presentan fracturas paralelas al eje mayor del hueso y fracturas oblicuas que pudieron ocurrir por el propio transporte fluvial. Sin embargo, debido a sus pequeños tamaños (aproximadamente 6 cm de ancho x 9 cm de largo el del nivel 11 y de 3 cm de ancho x 6 cm de largo el del nivel 13), es difícil calcular la distancia transportada. Se podría sugerir que hubo poco transporte y que las fracturas fueron producidas por el pisoteo de otros organismos. Otra interpretación podría ser que pasó un tiempo prolongado como carga de lecho dentro del canal. Esta última idea tiene más sustento si consideramos que la acción de las partículas de sedimento golpeando en las superficies y relieves positivos da como resultado bordes redondeados y superficies pulidas en los huesos.

El nivel 10 es portador de ocho fragmentos de hueso con tamaños variables entre los 3 cm y 8 cm, inmersos como bioclastos en una matriz de areniscas con clastos tamaño conglomerado, en un volumen de roca relativamente pequeño y una alta densidad de empaquetamiento, cercana a 0,8/m³. La mayoría de los fragmentos presentan relieves

redondeados y con un alto grado de abrasión externa, desarticulados y aislados. La meteorización es alta, con pérdida de periostio y del tejido compacto en todos. El grado de fragmentación también es alto, siendo las fracturas oblicuas y transversales los tipos más frecuentes. Teniendo en consideración la naturaleza erosiva del nivel, que consiste en un cuerpo de areniscas caracterizado por una base erosiva y la presencia de conglomerados intraformacionales hacia el techo, podría interpretarse que las fracturas del tipo oblicuas y transversales observadas en la mayoría de los elementos ocurrieron por el transporte fluvial e indican que los elementos perdieron sus propiedades originales y adquirieron otras durante la fosildiagénesis. Dado que en su techo se observan las entradas de las madrigueras identificadas como *Daimonelix* que presentan un relleno diferente al de la roca hospedante, estos depósitos en su conjunto probablemente registren un evento extraordinario como la crecida del río y consecuente rotura del albardón, la posterior estabilización del sistema y reactivación del canal. Este nivel corresponde a un flujo de alta energía que depositó esos elementos al disminuir la velocidad, dejando todos los huesos fragmentados y erosionados. La orientación acimutal de seis de los elementos dio como resultado una paleocorriente predominante con sentido NE-SO, los dos elementos restantes tienen una orientación ESE-ONO. Es posible interpretar que esta variación se debe a que esos dos elementos se encontraban en la parte más distal de la superficie y más inmersos dentro del sedimento o que tal vez por la naturaleza de los mismos no quedan alineados bajo la influencia de un flujo (i.e. una escápula o un cuerpo vertebral con pre y postzigapófisis no se comporta de la misma forma que una costilla, una falange, un fémur, etc).

5.2. Aportes del registro icnológico

Los niveles edafizados presentan estructuras complejas, de las cuales un tipo de ellas presenta similitudes con especímenes del icnogénero *Camborygma*, mientras que las otras corresponden a ejemplares de *Daimonelix* sin asignación específica definida, y abundante registro de trazas relacionadas con el crecimiento y establecimiento de raíces.

5.2.1. Ejemplares de *Daimonelix*

Existen numerosas problemáticas en torno a este icnotaxón (Martin y Bennett, 1977). El icnogénero *Daimonelix* fue mencionado por primera vez por Barbour (1892) al referirse a enormes estructuras helicoidales de los alrededores de Harrison, Nebraska, Estados Unidos. Sin embargo, según las disposiciones del ICZN, el nombre no fue

disponible ya que no se designó ni la icnoespecie tipo ni el material tipo de referencia. Con el mismo estatus continuó al clasificarse como *Daemonelix* irregular y *Daemonelix* regular, con esta terminología informal sin itálicas ni otra tipografía distintiva (Barbour, 1896, 1897). Más recientemente, Raisanen y Hasiotis (2018) enmiendan el nombre según las normas del código y hacen disponible el icnogénero, apoyando la designación de *Daimonelix circumaxilis* Barbour, 1892 sugerida por Häntzschel (1975) como icnoespecie tipo.

Desde el Pérmico superior se ha observado que varios grupos de vertebrados e invertebrados excavan estructuras helicoidales, aunque actualmente se las vincula con la actividad de mamíferos (Raisanen y Hasiotis, 2018 y referencias allí citadas). Actualmente, se considera a *Daimonelix* como trazas de habitación y refugio excavadas por uno o más individuos según el tamaño y la complejidad de las estructuras (Raisanen y Hasiotis, 2018). Por lo tanto, *Daimonelix* se asigna a la categoría etológica de domichnia.

La abundancia y distribución de los especímenes asignables a *Daimonelix* a lo largo del CDC permite sugerir que los productores vivían en forma gregaria y comportamiento fosorial. Como ejemplo, se puede mencionar el comportamiento comparable de algunos roedores fosoriales como *Cynomys ludovicianus* Ord, 1815 (Schultz, 1942).

Sin embargo, otros grupos taxonómicos producen madrigueras con morfología similar a los especímenes asignados a *Daimonelix* (Fig. 14). Recientemente, se ha reportado que los lagartos monitores actuales construyen madrigueras helicoidales irregulares de profundidad variable que termina en una pequeña cámara ensanchada en línea con el último verticilo (Doody *et al.*, 2014, 2015). Futuros estudios más detallados permitirán seguir indagando sobre esta cuestión.

Las posibles funciones de tales estructuras son múltiples pero su escasez en los animales actuales ha frustrado su explicación adaptativa. En la literatura se ha propuesto ampliamente que las hélices de *Daimonelix* representan una solución a la presión por depredación o para evitar la interferencia entre madrigueras adyacentes (Martin y Bennett, 1977 y referencias allí citadas). Meyer (1999) argumentó en contra de esta idea y sugirió que las madrigueras helicoidales probablemente representan una respuesta a paleoclimas secos y cálidos. De hecho, esta idea fue citada como la posible razón del anidamiento profundo *Palaeocaster* Leidy, 1869 y *Diictodon* Owen, 1876 que vivían en ambientes con paleoclimas cálidos y secos (Martin y Bennett, 1977; Smith, 1987; Meyer,

1999). Otros autores han especulado que las madrigueras helicoidales brindan un sitio para una vivienda permanente, hibernación, estivación, sitio de resguardo y cuidado de crías, almacenamiento de alimentos, eliminación de desechos o protección contra inundaciones (Koch, 1978; Hasiotis *et al.*, 2004).



Figura 14: *Daimonelix* y sus posibles productores. Ilustraciones de Juan Gil Barberá (@juandertal).

5.2.2. Ejemplares de cf. *Camborygma* isp.

Las estructuras encontradas en el sector inferior del CDC presentan características que las asemejan a los especímenes de *Camborygma* con base en la arquitectura general, morfología de los diferentes elementos de las estructuras y considerando el paleoambiente de depósito interpretado a partir de las asociaciones de facies propuestas.

Camborygma aparece durante el Pérmico y su registro continúa hasta la actualidad, siendo exclusivo de depósitos de canales, *levees* y planicies de inundación de ambientes fluviales, así como también en depósitos lacustres (Hasiotis *et al.*, 1993; Smith *et al.*, 2008). Se lo atribuye a crustáceos decápodos de agua dulce (Fig. 16) (Hasiotis y Mitchell, 1993; Genise, 2017) y es comúnmente asociado con modificaciones pedogenéticas en ambientes semiacuáticos que están expuestos subaéreamente durante una parte del año (Hasiotis y Honey, 2000).

Este icnogénero incluye una variedad de morfologías que van desde ejes simples pero sinuosos verticales y subverticales, hasta madrigueras en forma de “Y” y sistemas de ramificación más complejos con múltiples cámaras y túneles conectados con secciones transversales circulares a elípticas (Hasiotis y Mitchell, 1993; Hasiotis, Mitchell y Dubiel 1993; Carmona *et al.*, 2004; Bedatou *et al.*, 2008; Genise, 2017). Las morfologías arquitecturales de los decápodos de agua dulce se clasifican como Tipo I, II y III, donde

las madrigueras tienen una complejidad alta con muchas cámaras, una complejidad moderada y cierto desarrollo de cámaras, o arquitecturas más bien simples con extremos de madriguera algo más anchos, respectivamente (Hasiotis y Mitchell, 1993). Las madrigueras ramificadas del CDC más complejas comparten elementos arquitecturales similares a las formas con complejidad moderada (Tipo II). Además, se ha observado que distintos especímenes presentan un número diferente del mismo tipo de cámara y túnel, pero todos pueden ser atribuidos a este mismo icnogénero.

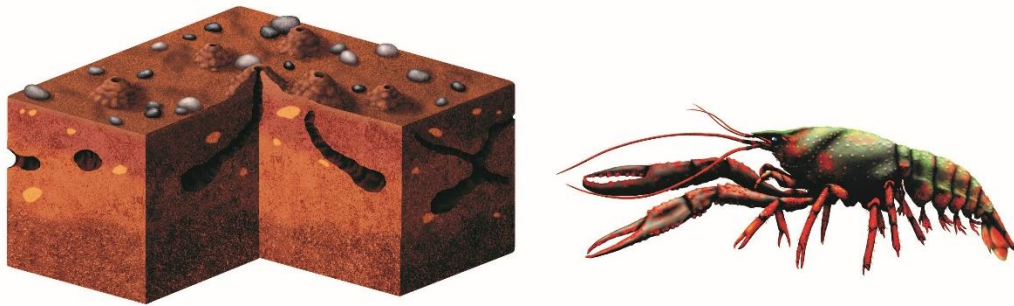


Figura 15: *Camborygma* y su probable productor. Ilustraciones de Juan Gil Barberá (@juandertal).

Los icnotaxones referidos a *Camborygma*, así como las madrigueras actuales de cangrejos de río, reflejan comportamientos específicos relacionados con la formación del suelo, la profundidad del nivel freático, la anatomía y el estilo de vida del cangrejo (Hobbs, 1976; Hasiotis, 1993). Las estructuras observadas en el CDC se asemejan mucho a los icnotaxones *C. symplokonomos* Hasiotis y Mitchell, 1993 y *C. eumekenomos* Hasiotis y Mitchell, 1993 (Fig. 16). Ambos atribuidos a cangrejos de río que pasaban la mayor parte de su vida dentro de la madriguera (Hasiotis y Honey, 2000), presentaban un cefalotórax agrandado y abdomen reducido, y excavaban a profundidades del nivel freático de 1 a 31 m aproximadamente (Fig. 16).

Otro aspecto a considerar es que los cangrejos de río actuales son muy territoriales, toman precauciones para evitar madrigueras preexistentes ya sea que estén en uso o no (Hobbs, 1981). En este sentido, podría interpretarse que las estructuras ramificadas del CDC se distribuyen de esa manera y presentan tales patrones debido al comportamiento territorial de sus productores. Además, esto implica que la densidad de madrigueras del CDC no precisamente indica una densa población de cangrejos (Hobbs, 1981).

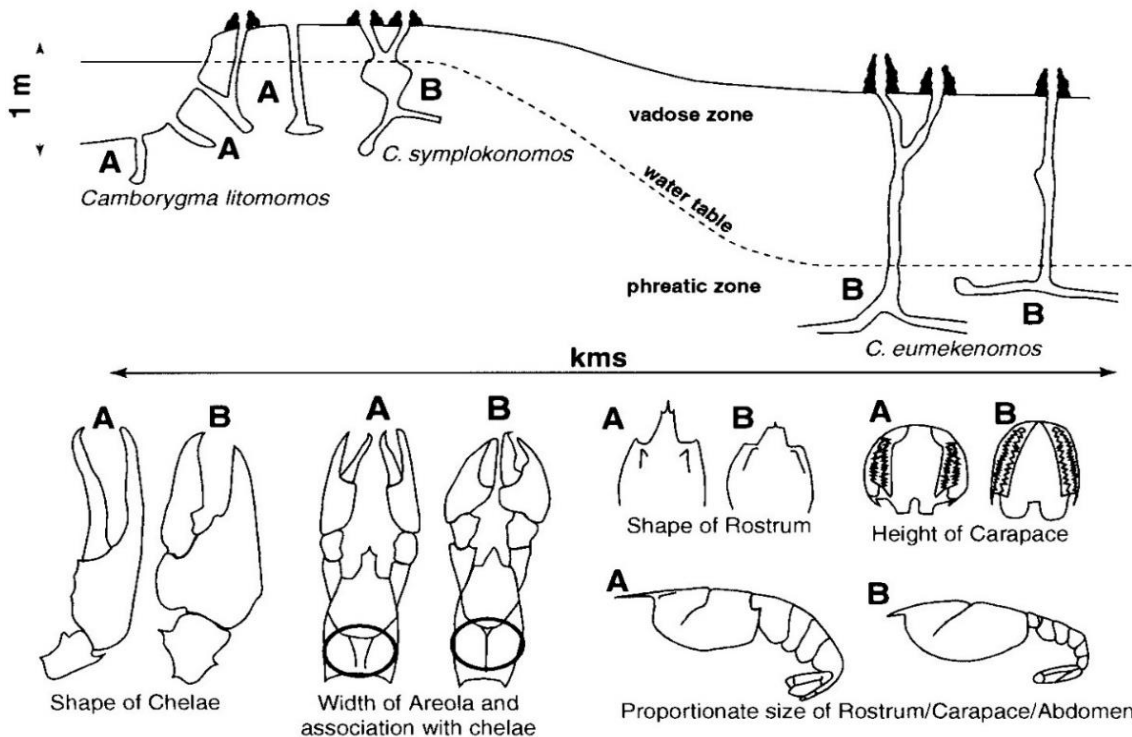


Figura 16: Anatomía y morfologías de las madrigueras de los cangrejos de río en relación con la posición del nivel freático. A) Caracteres anatómicos generales y morfologías de madriguera de cangrejos de río productores de *Camborygma litonomos* y *C. araioklados*. B) Caracteres anatómicos generales y morfologías de madriguera de cangrejos de río productores de *C. eumekenomos* y *C. symplokonomos*. Tomado y modificado de Hasiotis y Honey (2000).

5.2.3. Rizolitos

Sobre la base de los atributos topológicos y arquitectónicos de los rizolitos, y en sus posibles adaptaciones funcionales como asociaciones de micorrizas, en los depósitos de los niveles 2, 5, 8, 9, 11, 12 y 13 del CDC, se observan dos tipos de preservación diferentes: rizohalos y rizoconcreciones. Además, una gran densidad de rizolitos como la representada en el CDC indicaría un área con cobertura vegetal arbustiva arbórea aglomerada (do Nascimento *et al.*, 2019).

En dos niveles inferiores se registran halos difusos de coloración diferencial identificados como rizohalos. Los rizohalos son comunes en suelos periódicamente anegados asociados con la reducción y movilización de hierro en respuesta a las actividades de las raíces en la rizósfera o la descomposición de la materia orgánica enterrada dentro de los paleosuelos (Vepraskas, 1994; Pipujol y Buurman, 1997; Kraus y Hasiotis, 2006), que representan rizósferas antiguas y canales radicales. Esta característica sugiere condiciones pedogenéticas hidromórficas (Retallack, 2001). Se infiere que los rizohalos del CDC ocurren en paleosuelos mal drenados con saturación

estacional porque en paleosuelos bien drenados las rizósferas se descomponen rápidamente.

Las rizoconcreciones son acumulaciones minerales en el entorno de las raíces asociadas a su actividad en vida o en descomposición (Klappa, 1980). Cilíndricas y compuestas de materiales silicoclásticos, muestran distintos órdenes de raíces con una raíz axonomorfa y rizolitos de menor tamaño, aunque también se observan elementos horizontales y oblicuos. Su estructura 3D se conserva en respuesta a la cementación con carbonato. Ocurren en horizontes calcáreos y rizogénicos (do Nascimento *et al.*, 2019).

En el CDC las rizoconcreciones presentan potencias de hasta 2 m y exhiben una densidad muy alta, registrada desde los niveles inferiores hasta la sección media. Por otro lado, los niveles cercanos a la sección media del CDC contienen la mayor densidad de raíces largas, lo que indica un ambiente estacionalmente seco porque las raíces presentan una significativa longitud. Estas adaptaciones están asociadas con la presencia de un nivel freático más profundo durante la mayor parte del año.

5.3. Aporte paleoambiental

Sánchez *et al.* (2006) proponen que los depósitos de la Formación Bajo de la Carpa en los alrededores de la ciudad de Neuquén, provincia de Neuquén, corresponden a un sistema fluvial efímero en su base que pasa transicionalmente a depósitos de interacción fluvio-eólica hacia el techo. Los autores identifican depósitos fluviales que corresponden a flujos canalizados durante episodios de máxima descarga y un campo de dunas transversales, afectado en el subambiente de interduna por corrientes fluviales efímeras, y dunas parabólicas producto de la removilización del sistema eólico infrayacente, asociadas con depósitos de flujos efímeros en el manto.

Las características de las asociaciones de facies estudiadas en el CDC y descritas en este TFG son compatibles hasta cierto punto con la interpretación de Sanchez *et al.* (2006). Las facies descritas en la [Tabla 1](#) pueden ser interpretadas como la migración de canales que erosionan y degradan la llanura de inundación (incisión fluvial), lo que resulta en la compactación y amalgamiento de barras arenosas, que debido a la pedogénesis e intensa bioturbación, además del proceso de compactación en sí, oblitera las estructuras sedimentarias primarias (Fig. 17). Estas características son típicas de ambientes asociados con regímenes de flujo variables o efímeros (Fielding *et al.*, 2011). En la paleoedafosecuencia del CDC se observa una relación entre una superficie erosiva y el contacto con depósitos de areniscas de hasta varios metros de potencia (Fig. 7).

A partir de las características de los paleosuelos y el análisis de facies y trazas ha sido posible dividir la secuencia en las siguientes etapas de desarrollo:

Etapas 1

Facies BtSf y BtSfmot1

Se caracteriza por suelos bien desarrollados que avanzan a suelos anegados en una planicie de inundación distal.

Inferencias: Hay un régimen de humedad con una variación contrastante entre períodos cálidos a húmedos y períodos fríos a secos evidenciado por las características pedogenéticas desarrolladas (e.g. bloques angulares a subangulares, illuviación-elluviación, rizohalos).

Nivel freático: La baja densidad de rizolitos indica una vegetación incipiente en respuesta a un nivel freático cercano a la superficie.

Etapas 2

Facies BtkSvf y BtkSmad1

Se caracteriza por suelos poco desarrollados que son intensamente bioturbados. La complejidad de las trazas identificadas como cf. *Camborygma* isp. en asociación con rizolitos implica la proximidad de un canal principal.

Inferencias: Para dar lugar a una población de decápodos infaunales y plantas se infiere que este sustrato y ambiente subterráneo tenía altos niveles de nutrientes y oxígeno disponibles para su uso.

Nivel freático: Los especímenes de cf. *Camborygma* isp. de moderada complejidad (tipo II) ocurren entre la zona vadosa y la zona freática ([ver Sección 5.2.2](#)) (Hembree y Swaney, 2017).

Etapas 3

Facies CigSm

Se caracteriza por la depositación de una capa bien cementada de areniscas medias y conglomerados intraformacionales polimicticos.

Inferencias: Dado su corto espesor (30 cm) no se observa ningún tipo de estructura sedimentaria pero la base de estos depósitos es erosiva e irregular. Se infiere que esta capa podría estar vinculada a una corriente subácuea, unidireccional y tractiva con un alto poder erosivo.

Etapa 4

Facies BtkSf1 y BtkSf2

Se caracteriza por la estabilización del sistema con un pobre desarrollo de paleosuelos en la llanura de inundación. No hay estructuras pedogenéticas ni trazas fósiles.

Etapa 5

Facies BtSfmot2

Se caracteriza por depósitos de suelos anegados.

Inferencias: Ídem Etapa 1.

Nivel freático: Ídem Etapa 1.

Etapa 6

Facies BtkSmad2

Se caracteriza por la colonización e intensa bioturbación por vertebrados con hábitos fosoriales ([ver Sección 5.2.1](#)) y una cubierta vegetal arborea ([ver Sección 5.2.3](#)) en una planicie de inundación fluvial.

Inferencias: Hay madrigueras muy grandes de hasta 1,60 m. Meyer (1999) sugirió que las madrigueras helicoidales probablemente representan una respuesta a paleoclimas secos y cálidos. Se infiere que una mayor extensión vertical indica condiciones más duras.

Nivel freático: Los especímenes de *Daimonelix* y rizolitos de gran extensión vertical indican perfiles de aguas subterráneas con una zona vadosa gruesa y bien drenada, y una zona freática profunda (Martin y Bennett, 1977; Hasiotis *et al.*, 2004; Hasiotis 2007; Raisanen y Hasiotis, 2018).

Etapa 7

Facies BtkSfmad2 y CigSf1

Se caracteriza por registrar un evento de inundación catastrófica.

Inferencias: El relleno diferencial al de la roca hospedante de las madrigueras identificadas como *Daimonelix* isp. cercanas al sector medio del CDC registran una crecida extraordinaria del río y la consecuente rotura del albardón. Inmediatamente arriba se deposita una capa con una base erosiva de areniscas medias y conglomerados oligomícticos intraformacionales donde predominan fragmentos de rizoconcreciones arrancados de los depósitos edafizados de la planicie de inundación infrayacente (y fragmentos de huesos). Dado que durante los eventos catastróficos los canales se

caracterizan por una rápida agradación vertical que incluye nódulos y fragmentos tomados de la llanura de inundación y paleosuelos subyacentes (Sánchez *et al.*, 2008), se interpreta que estos depósitos, en su conjunto, representan un evento así. La paleocorriente tiene una orientación predominante con sentido NE-SO.

Etapa 8

Facies BtkSmB y CkSm

Se caracteriza por la aridización del sistema con depósitos arenosos e intensamente bioturbados por una cubierta vegetal y con desarrollo de carbonatos pedogénicos. Hay registro de un fragmento de hueso grande identificado como Sauropoda indet. ([ver Sección 4.3.1](#)).

Inferencias: Se observan diferentes “escalones” de rizoconcreciones. Se interpreta que los depósitos representan mantos de arena colonizados por una vegetación controlada por la disponibilidad de arenas de la interacción con un sistema fluvial activo.

Etapa 9

Facies CigSf2

Se caracteriza por la depositación de una capa con una base erosiva de areniscas medias y conglomerados intraformacionales. Se interpreta que este nivel representa el relleno de un canal y registra su migración sobre la planicie de inundación (ídem Etapa 7). En su techo se encuentra el un fragmento de hueso identificado como Sauropoda indet. ([ver Sección 4.3.1](#)). La paleocorriente tiene una orientación predominante con sentido OSO-ENE.

Etapa 10

Facies BtF y Smcg

Se caracteriza por depósitos de arcillitas de la llanura de inundación distal modificados por pedogénesis y con abundantes carbonatos pedogénicos que pasan a depósitos masivos de gran potencia compuestos por areniscas de tamaño fino y barras de conglomerados en sección.

Inferencias: Representan canales amalgamados de poca profundidad.

Etapa 11

Facies SmB

Se caracteriza por la aridización del sistema evidenciado por la potencia de areniscas masivas.

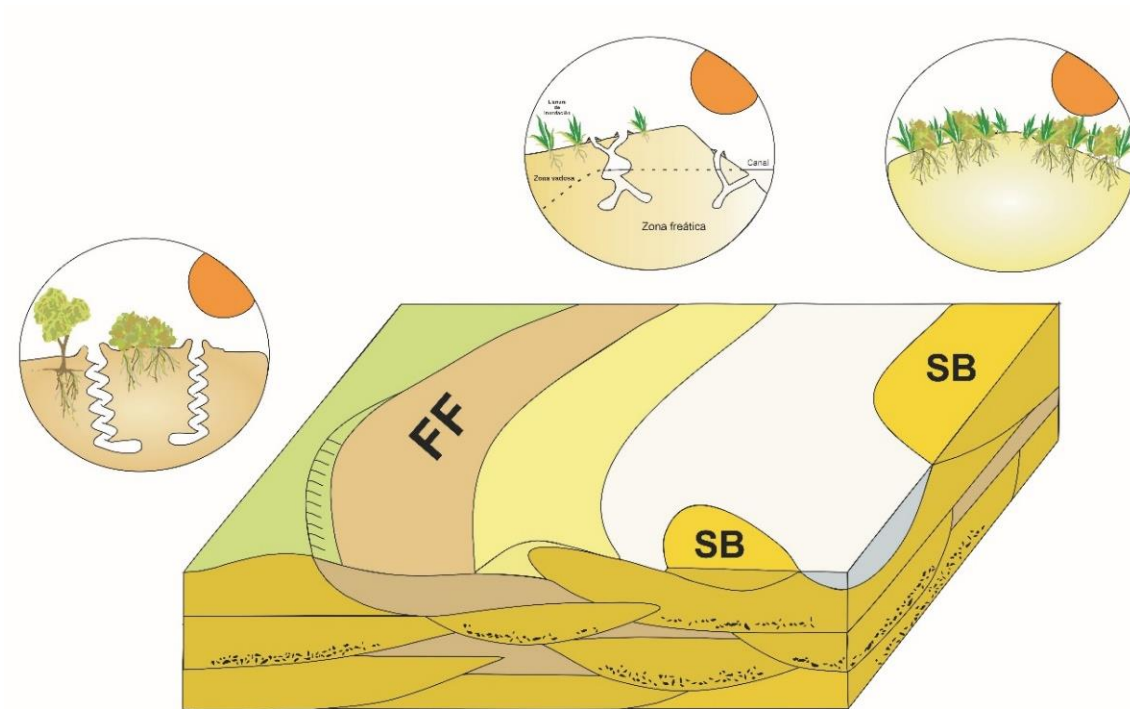


Figura 17: Modelo paleoambiental del CDC.

Capítulo 6: Conclusiones

El conjunto de restos fósiles conservados y las características paleoedafológicas de los depósitos del Cañadón de los Cocodrilos representan un caso muy interesante, no solo desde el punto de vista de las evidencias en sí, sino también considerando los aspectos paleobiológicos, paleoecológicos y tafonómicos. Hay varios puntos a tener en consideración con este caso.

En primer lugar, es notable la abundancia y diversidad de los restos fósiles, particularmente de las trazas. Los restos óseos hallados hasta la fecha presentan una mala preservación, son fragmentarios y escasos, la mayoría de ellos concentrados en una única superficie. La excepción la constituyen los dos restos fragmentarios preservados en su proximidad.

Se registra la formación recurrente de paleosuelos poco desarrollados en terrenos blandos con una extensa vegetación, arcilla pedogénica y carbonato de translocación. Los horizontes calcáreos con una alta densidad de rizolitos, que permiten inferir la presencia de al menos dos tipos de preservación diferente, indican un paisaje con alta densidad de vegetación que se adapta a suelos drenados, pero con un nivel freático estacionalmente elevado o la influencia de flujos efímeros, dada la proximidad a canales de flujo.

Mucho es el trabajo que queda por hacer, por ejemplo, seguir prospectando en búsqueda de mayores registros paleontológicos en la zona, tanto icnológicos como óseos. Respecto a los paleosuelos y su contenido fosilífero, quedan pendientes diferentes estudios de detalle, tales como el análisis de la microestructura de los paleosuelos y el estudio de las medidas morfológicas de las trazas identificadas como *Daimonelix* isp., cf. *Camborygma* isp. y los rizolitos, entre otras cosas. Todo esto permitirá ampliar el conocimiento actual del que se dispone.

Bibliografía

- Albino, A., 2002. El lagarto más antiguo de la Argentina. Actas 1º Congreso “Osvaldo A. Reig” de Vertebradología Básica y Evolutiva e Historia y Filosofía de la Ciencia Buenos Aires: 21.
- Alcalá, L. 1994. Macromamíferos neógenos de la fosa de Alfambra-Teruel. Instituto de Estudios Turolenses y Museo Nacional de Ciencias Naturales, Teruel, 554 pp.
- Álvarez, C., Soria, J., Barbieri, R., Brandt, E., Canudo, J.I., Capobianco, A., Cárdenas, M. et al. 2016. Nuevos restos de Sauropoda (Titanosauria) de la Formación Allen (Cretácico Superior) en Paso Córdoba (General Roca, Provincia de Río Negro). *Ameghiniana* 53(4): 5.
- Apesteeguía, S., 2002. Successional structure in continental tetrapod faunas from Argentina along the Cretaceous. Actas VIº Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil - 11º Simposio sobre el Cretácico de América del Sur (Sao Pedro, Brasil): 135-141.
- Apesteeguía, S., Ösi, A., Haluza, A. 2007. New pterosaur remains (Archosauria, Ornithodira) from the Late Cretaceous of Argentina and an evaluation of the Late Cretaceous South American record. Actas Wellnhofer Pterosaur Meeting, Munich, Alemania: 7- 8.
- Apesteeguía, S. 2007. Los saurópodos (Dinosauria, Reptilia) de la Sierra del Portezuelo (Coniaciano-Santoniano), Neuquén, Argentina. *Revista de la Universidad Maimónides*: 25-36.
- Arregui, C., Carbone, O., Leanza, H.A. 2011. Contexto tectosedimentario. En: Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés J.M. (eds.) *Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén*, Neuquén: 29-36.
- Barbour, E.H., 1892. Notes on a new order of gigantic fossils. *University Studies (University of Nebraska)*, 1: 301-313.
- Barbour, E.H., 1896. Progress made in the study of *Daemonelix*. *Nebraska Academy of Science*, 1894–1895: 24-28.
- Barbour, E.H., 1897. Nature, structure, and phylogeny of *Daemonelix*. *Geological Society of America Bulletin*, 8: 305-314.
- Bechis, F., Giambiagi, L., García, V., Lanés, S., Cristallini, E., Tunik, M. 2010. Kinematic analysis of a transtensional fault system: the Atuel depocenter of the Neuquén basin, southern Central Andes, Argentina. *Journal of Structural Geology*, 32: 886-899.
- Bedatou, E., Melchor, R.N., Bellosi, E., Genise, J.F. 2008. Crayfish burrows from Late Jurassic-Late Cretaceous continental deposits of Patagonia: Argentina. Their palaeoecological, palaeoclimatic and palaeobiogeographical significance. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 257:169–184.
- Bertling, M., Braddy, S., Bromley, R., Demathieu, G., Genise, J., Mikuláš, R., Nielsen, J. et al. 2006. Names for trace fossils: A uniform approach. *Lethaia*, 39: 265-286.
- Behrensmeyer, A.K. 1978. Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology*, 4: 150-162.

- Behrensmeyer, A.K., Allison, P.A., Briggs, D.E.G. 1991. Terrestrial vertebrate accumulations. *Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record*, 9: 291-335.
- Bonaparte, J.F. 1991. Los vertebrados fósiles de la Formación Río Colorado, de la ciudad de Neuquén y cercanías, Cretácico superior, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”*, 4: 17-123.
- Brewer, R. 1976. *Fabric and Mineral Analysis of Soils*. Krieger, New York, 482 pp.
- Brissón-Egli, F., Agnolín, F.L., Novas, F.L. 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.
- Broin, F., de la Fuente, M.S. 2001. Les tortues fossiles d'Argentine: première synthèse. *Table Ronde Européenne Paléontologie et Stratigraphie d'Amérique latine*. (Lyon, 1992), *Documents des laboratoires de Géologie Lyon*, 125: 73-84.
- Caldwell, M.W., Calvo, J.O. 2008. Details of a new skull and articulated cervical column of *Dinilysia patagonica* Smith-Woodward, 1901. *Journal of Vertebrate Paleontology* 28: 349-362.
- Calvo, J.O., Coria, R.A., Salgado, L. 1997. Uno de los más completos titanosáuridos (Dinosauria-Sauropoda) registrados en el mundo. *Ameghiniana* 34(4): 534.
- Calvo, J.O., Ortíz, R.A. 2011. Nuevos registros de dinosauria en la Formación Allen (Cretácico Superior) en el área Natural Protegida Paso Córdoba, General Roca, Río Negro. *Ameghiniana*, Suppl 48: R150
- Calvo, J.O., Ortíz, R.A. 2013. Hadrosaur ichnites from Río Negro province (Upper Cretaceous). *Ameghiniana*, Suppl 50: R38.
- Carmona, N.B., Buatois, L.A., Mángano, M.G., 2004. The trace fossil record of burrowing decapod crustaceans: evaluating evolutionary radiations and behavioural convergence. En: Webby, B.D. Mángano, M.G., Buatois, L.A. (eds.), *Trace fossils in evolutionary paleoecology, Fossils and Strata* 51, Taylor and Francis, Oslo, pp. 141–153.
- Cazau, L., Uliana, M. A. 1973. El Cretácico superior continental de la Cuenca Neuquina. *Actas Vº Congreso Geológico Argentino*, 3: 131-163.
- Cerda, I.A., Chinsamy, A., Pol, D., Apaldetti, C., Otero, A., Powell, J.E., Martínez, R.E. 2017. Novel insight into the origin of the growth dynamics of sauropod dinosaurs. *PLoS ONE* 12(6): e0179707.
- Chiappe, L.M., Dingus, L. 2001. *Walking on Eggs*. Scribner, New York, 219 pp.
- Cingolani, C.A., Zanettini, J.C., Leanza, H.A. 2011. El basamento ígneo y metamórfico. En: Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (eds.) *Relatorio XVIII Congreso Geológico Argentino, Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén*: 37-47.
- Cobbold, P., Rossello, E. 2003. Aptian to recent compressional deformation, foothills of the Neuquén Basin, Argentina. *Marine and Petroleum Geology*, 20: 429-443.
- Consolé-Gonella, C.A., Díaz-Martínez, I., de Valais, S., Citton, P., Panicles, P. 2019. Presencia de excavaciones de vertebrados fósiles en la Formación Bajo de la Carpa (Santoniano), Paso Córdoba, Río Negro, Argentina. *PE-APA*, 20(2): R7.

- Coria, R.A., Salgado, L. 1996. A basal iguanodontian (Ornithischiae Ornithopoda) from the Late Cretaceous of South America. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 16: 445-457.
- Coria, R.A., González Riga, B. 2003. *Rinconsaurus caudamirus* gen. et sp. nov., a new titanosaurid (Dinosauria, Sauropoda) from the Late Cretaceous of Patagonia, Argentina. *Revista Geológica de Chile*, 30(2): 333-353.
- Coria, R.A., Filippi, L.S., Chiappe, L.M., García, R., Arcucci, A.B. 2013. *Overosaurus paradasorum* gen. et sp. nov., a new sauropod dinosaur (Titanosauria: Lithostrotia) from the late Cretaceous of Neuquén, Patagonia, Argentina. *Zootaxa*, 3683: 357-76.
- Cruzado-Caballero, P., Méndez, A.H., Filippi, S., Juárez Valieri, R.D., Garrido, A.C. 2016. Palaeobiodiversity of the Bajo de la Carpa Formation (Santonian, Upper Cretaceous) in the Cerro Overo- La Invernada area, northern Patagonia, Argentina. *Actas VII Jornadas Internacionales sobre Paleontología de Dinosaurios y su Entorno*. Salas de los Infantes, Burgos, pps 53-55.
- Curry Rogers, K. 2005. Deep into dinosaur bones. *Trends in Ecology and Evolution*, 20 (6): 298-299.
- Danderfer, J.C., Vera, P. 1992. Geología. En: *Geología y recursos naturales del Departamento Confluencia, provincia del Neuquén, República Argentina*. Dirección Provincial de Minería, Boletín, 1: 23-45.
- de la Fuente, M.S. 1993. Un posible podocnemididae (Pleurodira: Pelomedusoides) en el Cretácico tardío de la Patagonia. *Implicaciones paleobiogeográficas. Ameghiniana*, 30: 423-433.
- de la Fuente, M., de Lapparent de Broin, F., Manera de Bianco, T. 2001. The oldest and first nearly complete skeleton of a chelid, of the *Hydromedusa* sub-group (Chelidae, Pleurodira), from the Upper Cretaceous of Patagonia. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 172(2): 237–244.
- de la Fuente, M. S, Barbieri, R., Chafrat, P. 2010. Una tortuga Chelidae (Testudines: Pleurodira) de cuello largo en el Grupo Neuquén, Río Negro, Argentina. *Significado cronológico y paleobiogeográfico. Andean Geology*, 37(2): 398–412.
- de Jesus-Faria, C., González Riga, B., dos Anjos Candeiro, C., Marinho, T., Ortiz David, L., Simbras, F., Castanho, R., Muniz, F., Gomes da Costa Pereira, P. 2015. Cretaceous sauropod diversity and taxonomic succession in South America. *Journal of South American Earth Sciences*, (61): 154- 163.
- de Saez, M.D. 1928. Un nuevo goniofólido Argentino. *Anales de la Sociedad Científica Argentina, Buenos Aires*. 105: 287-290.
- de Valais, S., Díaz-Martínez, I., Citton, P., Cónsole-Gonella, C. 2020. Vertebrate tracks of the Río Negro province, Patagonia, Argentina: stratigraphy, palaeobiology and environmental contexts. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 77(3): 402-426.
- Díaz-Martínez, I., de Valais, S., Yunes, Y., Garat, L. M., Salgado, L. 2016. Tafonomía y paleoecología de un nuevo yacimiento del Cretácico Superior (Formación Allen) con restos de dinosaurios en Paso Córdoba, Río Negro, Argentina. *Ameghiniana* suppl. 53(4): 16.

- Díaz-Martínez, I., Cónsole-Gonella, C.A., de Valais, S., Salgado, L. 2018. Vertebrate tracks from the Paso Córdoba fossiliferous site (Anacleto and Allen formations, Upper Cretaceous), Northern Patagonia, Argentina: preservational, environmental and palaeobiological implications. *Cretaceous Research*, 83: 207-220.
- Díaz-Martínez, I., Cónsole-Gonella, C.A., de Valais, S., Citton, P., Panickeres, P. 2019. Excavaciones de vertebrados asociadas a las facies eólicas de la Formación Allen (Cretácico Superior) en Paso Córdoba, Río Negro, Argentina. *PE-APA*, 20: R76.
- Digregorio, J.H., Uliana, M.A. 1980. Cuenca Neuquina. En: Turner, J.C. (ed.), Segundo Simposio de Geología Regional Argentina, Córdoba. Academia Nacional de Ciencias, 2: 985-1032.
- Dingus, L., Garrido, A.C., Scott, G.R., Chiappe, L.M., Clarke, J., Schmitt, J.G. 2009. The litho-, bio-, and magnetostratigraphy of titanosaurian nesting sites in the Anacleto Formation at Auca Mahuevo (Campanian, Neuquén Province, Argentina). En: 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
- Doody, J.S., James, H., Ellis, R., Gibson, N., Raven, M., Mahony, S. 2014. Cryptic and complex nesting in the yellow-spotted monitor, *Varanus panoptes*. *Journal of Herpetology*, 48: 363–370.
- Doody, J.S., James, H., Colyvas, K., McHenry, C.R., Clulow, S. 2015. Deep nesting in a lizard, déjà vu devil's corkscrew: first helical reptile burrow and deepest vertebrate nest. *Biological Journal of the Linnean Society*, 116: 13-26.
- Dolgopol de Sáez, M. 1928. Un nuevo goniofólido argentino. *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, 106: 287- 290.
- do Nascimento, D.L., Batezelli, A., Bernardes Ladeira, F.S. 2019. The paleoecological and paleoenvironmental importance of root traces: plant distribution and topographic significance of root patterns in Upper Cretaceous paleosols. *Catena*, 172: 789-806.
- Ezcurra, M.D., Méndez, A.H. 2009. First report of a derived abelisaurid theropod from the Bajo de la Carpa Formation (Late Cretaceous), Patagonia, Argentina. *Bulletin of Geosciences*, 84 (3): 547–554.
- Fernández-López, S.R. 2000. *Temas de tafonomía*. Departamento de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid: 167 p.
- Filippi, L.S. 2015. Los dinosaurios Sauropoda del Cretácico Superior del Norte de la Cuenca Neuquina, Patagonia Argentina. *Boletín del Instituto de Fisiografía y Geología*, (85): 19- 28.
- Filippi, L.S., Martinelli, A.G., Garrido, A.C. 2015. Una nueva asociación de dientes de vertebrados para la Formación Bajo de la Carpa (Santoniense, Cretácico Superior) en Rincón de los Sauces, Neuquén, Argentina. *Revista Española de Paleontología*, (30): 223- 238.
- Filippi, L.S., Barrios, F., Garrido, A.C. 2018. A new peirosaurid from the Bajo de la Carpa Formation (Upper Cretaceous, Santonian) of Cerro Overo, Neuquén, Argentina. *Cretaceous Research*, 83: 75-83.
- Fiorelli, L.E., Calvo, J.O. 2007. New remains of *Notosuchus Terrestris* Smith-Woodward, 1896 (Crocodyliformes: Mesoeucrocodylia) from Late Cretaceous of

- Neuquén, Patagonia, Argentina. Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro, 66: 83-124.
- Franzese, J.R., Spalletti, L.A. 2001. Late Triassic continental extension in southwestern Gondwana: tectonic segmentation and prebreakup rifting. *Journal of South American Earth Sciences*, 14: 257-270.
- Franzese, J.R., Veiga, G.D., Muravchik, M., Ancheta, M.D., D'Elía, L. 2007. Estratigrafía de "sin-rift" (Triásico Superior-Jurásico Inferior) de la Cuenca Neuquina en la sierra de Chacaico, Neuquén, Argentina. *Revista Geológica de Chile*, 34: 49-62.
- Fossa Mancini, E., Feruglio E., Yussen de Campana, J.C. 1938. Una reunión de geólogos de Y.P.F. y el problema de la terminología estratigráfica. *Boletín de Informaciones Petroleras*, 15(171): 1-67.
- Gasparini, Z., Chiappe, L.M., Fernández, M., 1991. A new Senonian peirosaurid (Crocodylomorpha) from Argentina and a synopsis of the South American Cretaceous crocodylians. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 11: 316-333.
- Gasparini, Z., Fernández, M.S., de la Fuente, M., 1992. Reptiles marinos jurásicos de la Cuenca Neuquina. IGCP Project 322, First Field Conference, *Boletín, La Plata* 1, pp. 13-14.
- Garrido, A.C. 2010. Estratigrafía del Grupo Neuquén, Cretácico Superior de la Cuenca Neuquina (Argentina): nueva propuesta de ordenamiento litoestratigráfico. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 12: 121-177.
- Genise, J.F. 2017. *Ichnoentomology: insect traces in soils and paleosols*. Switzerland, Springer International Publishing, 695 p. (Topics in Geobiology 37).
- Gianechini, F., Méndez, A., Filippi, L., Paulina Carabajal, A., Valieri, R., Garrido, A. 2020. A new Furileusaurian Abelisaurid from La Invernada (Upper Cretaceous, Santonian, Bajo De La Carpa Formation), Northern Patagonia, Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 40: e1877151.
- Gigli, A., Archuby, F., Díaz-Martínez, I. 2019. Significación paleoambiental de las acumulaciones de moluscos del Campaniano de Paso Córdoba, General Roca, Río Negro. *PE-APA*, 20: R38.
- González Riga, B. 1998. Hallazgo de Titanosauridae (Dinosauria, Saurischia) en el Cretácico Superior de la provincia de Mendoza, Argentina. *Ameghiniana*, 36(1): 102.
- González Riga, B. 1999. Descripción preliminar de un nuevo Titanosauria (Dinosauria Saurischia) del Cretácico tardío de la provincia de Mendoza, Argentina. *Ameghiniana*, suppl. 36 (4): 13R
- González Riga, B., Calvo, J.O., 2001. A new genus and species of titanosaurid from the Upper Cretaceous of Rincón de los Sauces, Neuquén, Argentina. *Actas 61st Society of Vertebrate Palaeontology, Annual Meeting (Montana)*: 55A.
- González Riga, B., Astini, R.A. 2007. Preservation of large titanosaur sauropods in overbank fluvial facies: a case study in the Cretaceous of Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 23: 290-303.
- Gualde, M.S., Castillo-Elías, G., Sánchez, M.L., Apesteguía, S. 2018. Primeras evidencias de icnofacies rizolitos en paleosuelos de la Formación Candeleros

- (Grupo Neuquén), perfil Aguada del Toro (Cenomaniano, Cretácico Superior). Actas XVI Reunión Argentina de Sedimentología. General Roca, Río Negro: 27.
- Gulisano, C.A. 1981. El Ciclo Cuyano en el norte de Neuquén y Sur de Mendoza. Actas 8º Congreso Geológico Argentino, San Luis, 3: 579-592.
- Gulisano, C.A., Gutiérrez-Pleimling, A.R., Digregorio, R.E. 1984. Esquema estratigráfico de la secuencia jurásica del oeste de la Provincia de Neuquén. Actas 9º Congreso Geológico Argentino, Bariloche, 1: 236-259.
- Gulisano, C.A., Gutiérrez Pleimling, A.R. 1995. The Jurassic of the Neuquén Basin. a) Neuquén Province. Asociación Geológica Argentina, Serie E2: 111 p. Buenos Aires.
- Halupczok, D.J., Sánchez, M.L., Veiga, G.D., Apesteguía, S. 2018. Dinosaur tracks in the Kokorkom Desert, Candeleros Formation (Cenomanian, Upper Cretaceous), Patagonia Argentina: implications for deformation structures in dune fields. *Cretaceous Research*, 83: 194-206.
- Häntzschel, W. 1975. Trace fossils and Problematica (2nd edition). En: Teichert, C. (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part W. Miscellaneous, Suppl. 1*. Geological Society of America, Boulder, Colorado, and University of Kansas Press, Lawrence, Kansas, 269 pp.
- Hasiotis, S.T., Mitchell, C.E., 1993, A comparison of crayfish burrow morphologies: Triassic and Holocene fossil, paleo- and neo-ichnological evidence, and the identification of their burrowing signatures: *Ichnos*, 2: 291-314.
- Hasiotis, S.T., Mitchell, C.E., Dubiel, R.F. 1993. Application of morphologic burrow interpretations to discern continental burrow architects: lungfish or crayfish: *Ichnos*, 2: 315-333
- Hasiotis, S.T., Honey, J. 2000. Paleocene continental deposits and crayfish burrows of the Laramide Basins in the Rocky Mountains: paleohydrologic and stratigraphic significance. *Journal of Sedimentary Research*, 70: 127-139
- Hasiotis, S.T., Wellner, R.W., Martin, A., Demko, T.M. 2004. Vertebrate burrows from Triassic and Jurassic continental deposits of North America and Antarctica: their palaeoenvironmental and paleoecological significance. *Ichnos*, 11: 103- 124
- Hasiotis, S.T. 2007. Continental ichnology: fundamental processes and controls on trace fossil distribution. En: Miller, W. (ed.), *Trace Fossils: Concepts, Problems, Prospects*, Elsevier, 268-284 pp.
- Hasiotis, S., Gingras, M., Halfen, A., Jackson, A., Flaig, P., van der Kolk, D. 2019. Chapter 5: Latitudinal Controls and Caveats and the distribution of trace fossils and their resultant textures in continental and marine depositional systems. En: Fraticelli, C., Markwick, P.J., Martinius, A.W., Suther, J.R. (eds.), *Latitudinal controls on stratigraphic Models And Sedimentary Concepts*, Society for Sedimentary Geology.
- Haynes, G. 1980. Evidence of carnivore gnawing on Pleistocene and Recent mammalian bones. *Paleobiology*, 6: 341-351.
- Hembree, D., Swaninger, E. 2017. *Camborygma* isp. in fluvial deposits of the Lower Permian (Asselian) Dunkard Group, southeastern Ohio, U.S.A. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 491: 137-151.

- Herrero Ducloux, A. 1939. Estratigrafía tectónica de los Estratos con Dinosaurios del Neuquén. Boletín de Informaciones Petroleras 16(180): 16-17.
- Herrero Ducloux, A. 1946. Contribución al conocimiento geológico del Neuquén extra-andino. Boletín de Informaciones Petroleras 23(226): 245-281.
- Herrero Ducloux, A. 1947. Los depósitos terrestres del Cretácico medio y superior del Neuquén y sur de Mendoza. Boletín de Informaciones Petroleras 24(271): 171-178.
- Huene, F. v. 1929. Los Saurisquios y Ornitisquios del Cretáceo Argentino. Anales del Museo de La Plata, 3(2): 1-196.
- Huene, F.v. 1932. Ein neuartiger Stegocephalen-Fund aus dem oberher-sischen Buntsandstein. Paläontologische Zeitschrift, 14: 200-229.
- Hobbs, H.H. 1981. The crayfishes of Georgia. Smithsonian Contributions to Zoology, 318: 1-549.
- Howell, J., Schwarz, E., Spalletti, L., Veiga, G. 2005. The Neuquén Basin: an overview. En: Veiga, G., Spalletti, L., Howell, J., Schwarz, E. (eds.), The Neuquén Basin, Argentina: A case study in sequence stratigraphy and basin dynamics: Geological Society, London, Special Publication, 252: 1-14.
- Hugo, C.A., Leanza, H.A. 2001. Hoja Geológica 3069IV General Roca (escala 1:250.000). Provincias de Río Negro y Neuquén. Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR, 308: 1-65.
- ICZN. 1999. International Code of Zoological Nomenclature. 4to edición. Londres, Gran Bretaña.
- Imbellone, P.A., Aguilera, E.Y., Beilinson, E. 2017. Mineralogía de Suelos. En: Pereyra, F.X., Torres Duggan, M. (eds.), Suelos y Geología Argentina: Una visión integradora desde diferentes campos disciplinarios. Universidad Nacional de Avellaneda, cap. 3: 85-101.
- Jiménez-Gomis, C., Cruzado-Caballero, P., Gasca, J., Filippi, L. 2018. New fossils of ornithopod dinosaurs from the Santonian (Upper Cretaceous) of the Bajo de la Carpa Formation of North Patagonia (Neuquén, Argentina). Geogaceta, 64: 83-86.
- Juárez-Valieri, R., Calvo, J.O. 2011. Revision of MUCPv-204, a Senonian basal titanosaur from northern Patagonia. Paleontología y dinosaurios desde América Latina, 143-152 pp.
- Kaluza, J., Gualde, S., Sánchez, M., Apesteguía, S. 2019. Paleosuelos y trazas fósiles: biología de suelos pasados en depósitos fluviales de la Formación Candeleros (Grupo Neuquén), centro-oeste de Río Negro. PE-APA, 18: R55.
- Klappa, C.F. 1980. Process-response model for the formation of pedogenic calcretes. En: Wilson, R.C.I. (ed.), Residual deposits: surface related weathering processes and materials. Oxford: Geologia Society of London (Special Publication), 221-233 pp.
- Klein, N., Sander, P.M. 2008. Ontogenetic stages in the long bone histology of sauropod dinosaurs. Paleobiology, 34: 247-263.
- Koch, L.E. 1978. A comparative study of the structure, function, and adaptation to different habitats of burrows in the scorpion genus *Urodacus* (Scorpionida, Scorpionidae). Records of the Western Australian Museum, 6: 119-146.

- Kraus, M.J., Hasiotis, S.T. 2006. Significance of different modes of rhizolith preservation to interpreting paleoenvironmental and paleohydrologic settings: examples from Paleogene paleosols, Bighorn Basin, Wyoming, U.S.A. *Journal of Sedimentary Research*, 76: 633-646
- Lapparent de Broin, F., de la Fuente, M.S. 2001. Oldest world Chelidae (Chelonii, Pleurodira), from the Cretaceous of Patagonia. *Comptes Rendues de l'Académie des Sciences de Paris*, 333: 463-470.
- Leanza, H.A., Hugo, C.A. 2001. Hoja Geológica 3969-I - Zapala, provincia del Neuquén. Instituto de Geología y Recursos Naturales. SEGEMAR. Boletín 275: 1- 128.
- Leanza, H., Apesteguía, S., Novas, F.E., de la Fuente, M.S. 2004. Cretaceous terrestrial beds from the Neuquén Basin (Argentina) and their tetrapod assemblages. *Cretaceous Research*, 25: 61-87.
- Leanza, H. 2009. Las principales discordancias del Mesozoico de la Cuenca Neuquina según observaciones de superficie. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 11(2): 145-184.
- Learidi, J., Fiorelli, L., Gasparini, Z. 2015. Redescription and reevaluation of the taxonomical status of *Microsuchus schilleri* (Crocodyliformes: Mesoeucrocodylia) from the Upper Cretaceous of Neuquén, Argentina. *Cretaceous Research*, 52: 153-166.
- Lecuona, A., Pol, D. 2008. Morphologie dentaire de *Notosuchus terrestris* (Notosuchia: Mesoeucrocodylia): nouvelles données et implications. *Comptes Rendus Palevol*, 7 (7): 407- 417.
- Legarreta, L., Gulisano, C.A. 1989. Análisis estratigráfico secuencial de la Cuenca Neuquina (Triásico superior - Terciario inferior). En: Chebli, G., Spallett, L. (eds.), *Cuencas Sedimentarias Argentinas. Xº Congreso Geológico Argentino. Serie Correlación Geológica*, Buenos Aires, 6: 221-243.
- Legarreta, L., Uliana, M. 1999. El Jurásico y Cretácico de la Cordillera Principal y la Cuenca Neuquina. *Facies sedimentarias: Instituto de Geología y Recursos Minerales, Geología Argentina*, 29: 399-432.
- López-Rodal, L., Pino, D., Cárdenas, M., Montes, R., Méndez, A., Panicerres, P., Díaz-Martínez, I., Salgado, L. 2019 Estudio tafonómico preliminar de un nuevo dinosaurio saurópodo perteneciente a la Formación Allen (Cretácico Superior) en Paso Córdoba, General Roca, Río Negro. 31º JAPV, Córdoba.
- López-Rodal, L. 2021. Estudio tafonómico de un nuevo dinosaurio saurópodo de la Formación Allen (Cretácico Superior) en el Área Natural Protegida Paso Córdoba, General Roca, Río Negro, Argentina. Trabajo Final de Grado. Universidad Nacional de Río Negro.
- Mack, G., James, W., Monger, H. 1993. Classification of paleosols. *Geological Society of America Bulletin*, 105: 129-136.
- Marsh, O.C. 1878. Principal characters of American Jurassic dinosaurs. Part I. *American Journal of Science*, 3: 411-416.
- Martinelli, A.G., 2003. New cranial remains of the bizarre notosuchid *Comahuesuchus brachybuccalis* (Archosauria, Crocodyliformes) from the Late Cretaceous of Río Negro Province (Argentina). *Ameghiniana*, 40 (4): 559-572.

- Martinelli, A.G., Vera, E.I., 2007. *Achillesaurus manazzonei*, a new alvarezsaurid theropod (Dinosauria) from the Late Cretaceous Bajo de la Carpa Formation, Río Negro Province, Argentina. *Zootaxa*, 1582(1): 1-17.
- Martinelli, A.G., Pais, D. F. 2008. A new baurusuchid crocodyliform (Archosauria) from the Late Cretaceous of Patagonia (Argentina). *Paleovol*, 7: 371-381.
- Martinsson, A. 1970. Toponymy of trace fossils. En: Crimes, T.P., Harper, J.C. (eds.), *Trace Fossils. Geological Journal Special Issue*, 3: 323-330.
- Martin, L.D., Bennett, D.K. 1977. The burrows of the Miocene beaver *Palaeocastor*, Western Nebraska, U.S.A. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 22: 173-193.
- Meso, J.G., Hendrickx, C., Baiano, M.A., Canale, J.I., Salgado, L., Díaz-Martínez, I. 2021. Isolated theropod teeth associated with a sauropod skeleton from the Late Cretaceous Allen Formation of Río Negro, Patagonia, Argentina. *Acta Palaeontologica Polonica*, 66 (2): 409-423.
- Meyer, R.C., 1999. Helical burrows as a palaeoclimate response: *Daimonelix* by *Palaeocastor*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 147: 291-298.
- Mpodozis, C., Ramos, V. 1989. The Andes of Chile and Argentina. En: Ericksen, G.E., Cañas M.T., Reinemund, J.A. (eds.), *Geology of the Andes and its relation to hydrocarbon and mineral resources; Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources, Earth Science Series, Texas*, 11, p.59-90.
- Munsell Color (Firm). 2010. *Munsell Soil Color Charts: with Genuine Munsell Color Chips*. Grand Rapids, MI: Munsell Color.
- Mühlfeld, J.C.v. 1811. Entwurf eines neuen Systems der Schaltiergehäuse. *Magazin für die neuesten Entdeckungen in der gesammten Naturkunde von der Gesellschaft Naturforschchaft Freunde zu Berlin*, 5(1): 38-72.
- Ortíz, R.A., Calvo, J.O., Garrido, A.C. 2013. Primer registro de huellas de aves para la Formación Allen, Cretácico Superior, Paso Córdoba, Río Negro, Argentina. *Ameghiniana*, 50: Suppl., R64.
- Paz, M., Baez, A.D., Pino, D.A., Yunes, Y.S., Garat, L.M., Ponce, J.J., Tunik, M.A. 2014. Análisis sedimentológico de depósitos lacustres y eólicos del Cretácico tardío en la localidad Paso Córdoba, Cuenca Neuquina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 71: 459-471.
- Pipujol, M.D., Buurman, P. 1997. Dynamics of iron and calcium carbonate redistribution and palaeohydrology in middle Eocene alluvial paleosols of the southeast Ebro Basin margin (Catalonia, northeast Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 134(1-4): 87-101.
- Pol, D. 2005. Postcranial remains of *Notosuchus terrestris* Smith-Woodward (Arcosauria: Crocodyliformes) from the Upper Cretaceous of Patagonia, Argentina. *Ameghiniana* 42 (1): 21-38.
- Powell, J.E. 1986. Revisión de los titanosáuridos de América del Sur. Tesis doctoral Universidad nacional de Tucumán, Tucumán.

- Powell, J.E. 2003. Revision of South American Titanosaurid dinosaurs: palaeobiological, palaeobiogeographical and phylogenetic aspects. Records of the Queen Victoria Museum, Launceston, 173 pp.
- Price, L.I. 1955. Novos crocodíleos dos arenitos da série Bauru, Cretáceo do estado de Minas Gerais. Anais. Acad. Brasil. Cien., 27 (4): 487-498.
- Raisanen, D.C.W., Hasitis, S.T. 2018. New ichnotaxa of vertebrate burrows from the Salt Wash Member, Upper Jurassic Morrison Formation, South-Eastern Utah (USA). Annales Societatis Geologorum Poloniae, 88: 181-202.
- Retallack, G.J. 1988. Field recognition of paleosols. En: Reinhardt, J., Sigleo, W.R. (eds.), Paleosols and Weathering Through Geologic Time: principles and applications, Geological Society of America, Special Paper, 216: 1-20.
- Retallack, G.J. 1994. A pedotype approach to latest Cretaceous and early Paleocene paleosols in eastern Montana. Geological Society of America Bulletin, 106: 1377-1397.
- Retallack, G.J., 2001, Soils of the Past: an Introduction to Paleopedology, 2nd Edition, Malden, MA, Blackwell Science, 512 p.
- Roll, A. 1939. La cuenca de los estratos con dinosaurios al sur del río Neuquén. Yacimientos Petrolíferos Fiscales, 112 pp. Inédito.
- Roll, A. 1941. Über die Ortiz und Roca Schichten des oberen Kreide der Río Negro senke (Nord Patagonien). Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie 85 (B): 144-190. Stuttgart.
- Romer, A. S. 1956. Osteology of the Reptiles. University of Chicago Press, 772 p.
- Salgado, L. 1996. *Pellegrinisaurus powelli* nov. gen. et sp. (Sauropoda, Titanosauridae) from the Upper Cretaceous of Lago Pellegrini, Northwestern Patagonia, Argentina. Ameghiniana 33(4): 355-365.
- Salgado, L., Coria, R., Heredia, S. 1997. New materials of *Gasparinisaura cincosaltensis* (Ornithischia, Ornithomimidae) from the Upper Cretaceous of Argentina. Journal of Paleontology, 71: 933-940.
- Salgado, L., Bonaparte, J.F. 2007. Sauropodomorpha. En: Gasparini, Z., Salgado, L., Coria, R.A. (eds.), Patagonian Mesozoic Reptiles. Indiana University Press, Bloomington, Estados Unidos, pp: 188-228.
- Salgado, L. 2012. El Museo Argentino de Ciencias Naturales y su colección de dinosaurios. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales 14(2): 229-234.
- Salgado, L., Díaz-Martínez, I., de Valais, S., Gomez, R., Mendez, A., Montes, R., Panicles, P. 2018. Actualización Plan de Manejo del Área Natural Protegida "Paso Córdoba".
- Sánchez, M.L., Gómez, M.J., 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): 236-265.
- Sánchez, M.L., Rossi, J., Morra, S., Armas, P. 2008. Análisis estratigráfico secuencial de las formaciones Huincul y Lisandro del Subgrupo Río Limay (Grupo Neuquén - Cretácico Tardío) en el departamento El Cuy, Río Negro, Argentina. Latin American Journal of Sedimentology and basin analysis, 15 (1): 1-26.

- Sander, P.M., Klein, N., Buffetaut, E., Cuny, G., Suteethorn, V., Le Loeuff, J. 2004. Adaptive radiation in sauropod dinosaurs: bone histology indicates rapid evolution of giant body size through acceleration. *Organisms, Diversity and Evolution*, 4: 165–173.
- Schultz, C. B. 1942. A review of the *Daimonelix* problem. *University of Nebraska Studies in Science Technology*, 2: 5-30.
- Seeley, H.G. 1888. The classification of the Dinosauria. Report of the British Association for the Advancement of Science 1887: 698-699.
- Shipman, P., Bosler, W., Davis, K.L., Behrensmeyer, A.K., Dunbar, R.I., Groves, C.P., Thackeray, F., Van Couverin, J.A., Stucky, R.K. 1981. Butchering of giant geladas at an acheulian site [and comments and reply]. *Current Anthropology*, 22: 257-268
- Smith, R.M., 1987. Helical burrow casts of therapsid origin from the Beaufort Group (Permian) of South Africa. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 60: 155-170.
- Smith, J.J., Hasiotis, S.T., Woody, D.T., Kraus, M.J., 2008, Paleoclimatic implications of crayfish-mediated prismatic structures in paleosols of the Paleogene Willwood Formation, Bighorn Basin, Wyoming, U.S.A. *Journal of Sedimentary Research*, 78: 323-334.
- Smith-Woodward, A.S., 1896. On Two Mesozoic Crocodilians, *Notosuchus* (genus novum) and *Cynodontosuchus* (genus novum), from the Red Sandstones of the Territory of Neuquen (Argentine Republic). *Anales del Museo de la Plata, Paleontología*, 4: 1-20.
- Smith-Woodward, A. 1901. On some extinct reptiles from Patagonia, of the genera *Miolania*, *Dinilysia* and *Genyodectes*. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1: 169-184.
- Seitz, S., Curless, B., Diebel, J., Scharstein, D., Szeliski, R. 2006. A Comparison and Evaluation of Multi-View Stereo Reconstruction Algorithms. *IEEE Trans Image Process*, 1: 519-528.
- Spix J.B.v. 1827. *Testacea fluviatilia quae in itinere per Brasiliam annis MDCCCXVII-MDCCCXX*, p 33.
- Stipanovic, P.N., Rodrigo, F., Baulies, O., Martínez, C. 1968. Las formaciones presenonianas en el denominado Macizo Nordpatagónico y regiones adyacentes. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 23 (2):67-98.
- Tomassini, R.L., Montalvo, C.I., Manera, T. Oliva, C. 2010. Estudio tafonómico de los mamíferos pleistocenos de Playa Del Barco (Pehuen Co), provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ameghiniana*, 47: 137-152.
- Triviño, L.N., Albino, A.M. 2015. Hallazgo de restos de la serpiente *Dinilysia patagonica* Smith-Woodward 1901 en una nueva localidad del Santoniano de Patagonia, Argentina. *Estudios Geológicos*, 71(2): e033.
- Tunik, M., Folguera, A., Naipauer, M., Pimentel, M., 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: 258-273.

- Turner, A., Calvo, J. 2009. A New Sebecosuchian Crocodyliform from the Late Cretaceous of Patagonia. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 25(1): 226-240.
- Uliana, M.A., Dellapé, D.A. 1981. Estratigrafía y evolución paleoambiental de la sucesión maestrichtiano-eoterciaria del engolfamiento neuquino. (Patagonia septentrional). 8° Congreso Geológico Argentino, 3: 673-711. San Luis
- Ullman, S. 1979. The interpretation of structure from motion: *Proceedings of the Royal Society of London B*, 203: 405-426.
- Vepraskas, M.J. 2004. Redoximorphic features for identifying aquic conditions: North Carolina Agricultural Research Service. *Tech. Bull.* 301, 33p.
- Weber, E.I. 1964. Estudio geológico de General Roca (provincia de Río Negro). Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Weber, E.I. 1968. Las Capas de la Balsa al sur del Paso Córdoba. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 23: 246-250.
- Wichmann, R. 1916. Las Capas con Dinosaurios en la costa sur del río Negro frente a General Roca. *Physis*, 2: 258-262.
- Wilson, J.A. 1999. A nomenclature for vertebral laminae in sauropods and other saurischian dinosaurs. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 19 (4): 639-653.
- Yrigoyen, M.R. 1991. Hydrocarbon resources of Argentina. En: *World Petroleum Congress 13*, Buenos Aires. *Petrotecnia, Special Issue*: 38-54.
- Zavala, C., González Riga, B. 2001. Estratigrafía del Grupo Cuyo (Jurásico inferior-medio) en la Sierra de la Vaca Muerta, Cuenca Neuquina. *Boletín de Informaciones Petroleras* 65: 52-64.

Anexo I: Descripción de las facies

Página 1/4

Elementos arquitecturales	Asociación de facies	Facies	Nivel	Espesor (m)	Horizonte	Litología
FF (planicie de inundación)	Llanura de inundación y depósitos de overbank	BtSf	1	0,95	Bt	Areniscas finas con cemento calcáreo
FF (planicie de inundación)	Llanura de inundación y depósitos de overbank	BtSfmot1	2	1,34	Bt	Areniscas medias con moteado grisáceo arcilloso
FF (overbank fines)	Llanura de inundación y depósitos de overbank	BtkSvf	3	0,18-0,22	Btk	Areniscas muy finas con cemento calcáreo
FF (planicie de inundación)	Llanura de inundación y depósitos de overbank	BtkSfmad1	4	0,15 a 0,32	Btk	Areniscas finas con fragmentos líticos más gruesos (<0.5cm) hacia el contacto con los otros niveles. El cemento es calcáreo.
CH-SB	Canales amalgamados, barras de areniscas	CigSm	5	0,3		Areniscas medias con cemento calcáreo, fragmentos líticos (<0.5cm) y clastos tamaño conglomerado más grandes (<2cm) hacia el techo
FF (planicie de inundación)	Llanura de inundación y depósitos de overbank	BtkSf1	6a	0,28	Btk	Areniscas finas con cemento calcáreo
FF (planicie de inundación)	Llanura de inundación y depósitos de overbank	BtKSf2	6b	0,4	Btk	Areniscas finas con fragmentos líticos (<0.3cm) y cemento calcáreo
FF (planicie de inundación)	Llanura de inundación y depósitos de overbank	BtkSf1	7	0,32	BtK	Areniscas finas con cemento calcáreo
FF (planicie de inundación)	Llanura de inundación y depósitos de overbank	BtSfmot2	8	0,28	Bt	Areniscas medias con moteado grisáceo arcilloso
FF (planicie de inundación)	Llanura de inundación y depósitos de overbank	BtkSfmad2	9	2,36	Btk	Areniscas medias con cemento calcáreo hacia el techo con fragmentos líticos <0.5cm
CH-SB	Canales amalgamados, barras arenosas	CigSf1	10	0,15-0,45		Areniscas finas con clastos tamaño conglomerado y fragmentos de hueso inmersos como bioblastos (<7cm) hacia el techo y cemento calcáreo
SB	Barras arenosas	BtkSmB	11	1.50	Btk	Areniscas medias con cemento calcáreo, tiene algunos fragmentos líticos (<0.3cm)
SB	Barras arenosas	BtkSmB	12a	0.66	Btk	Areniscas medias con cemento calcáreo, tiene algunos fragmentos líticos (<0.3cm)
SB	Barras arenosas	CkSm	12b	0.62	Ck	Areniscas medias con cemento calcáreo, tiene algunos fragmentos líticos (<0.3cm)
CH-SB	Canales amalgamados, barras de areniscas	CigSf2	13	0,15-0,65		Areniscas finas con clastos tamaño conglomerado y cemento calcáreo
FF (overbank fines)	Llanura de inundación y depósitos de overbank	BtF	14	3.94	Bt	Arcillitas con cemento calcáreo
FF (overbank fines)	Llanura de inundación y depósitos de overbank	BtF	15	3.75	Bt	Arcillitas con cemento calcáreo
FF (overbank fines)	Llanura de inundación y depósitos de overbank	BtF	16	3.54	Bt	Arcillitas con cemento calcáreo
FF (overbank fines)	Llanura de inundación y depósitos de overbank	BtF	17	10.80	Bt	Arcillitas con cemento calcáreo
FF (overbank fines)	Llanura de inundación y depósitos de overbank	BtF	18	9.10	Bt	Arcillitas con cemento calcáreo
CH-SB	Canales amalgamados, barras de areniscas	Sfmcg	19	20.80		Areniscas finas con cemento calcáreo. Hacia el techo hay barras de conglomerados en sección.
SB	Barras arenosas	SmB	20	2.30		Areniscas medias con cemento calcáreo
SB	Barras arenosas	SmB	21	0.25		Areniscas medias con cemento calcáreo

Color	HCI	Límite superior		Estructuras del suelo		
		Abrupto	Difuso	Cutans (Brewer, 1976)	Peds (Retallack, 2001)	Glaebules
10R 5/6 HUE	Reacciona	-	X	Argillan	Subangular blocky	-
10R 6/6 HUE y 7.5 YR 8/3 HUE	Paleosuelo no reacciona, todo lo demás sí	-	X	Argillan	Angular blocky	-
2.5YR 7/3 HUE	Reacciona	X	-	-	-	-
(2.5YR 7/3) y (2.5YR 7/6)	Reacciona	X	-	-	-	-
5YR 8/1 HUE	Reacciona	X	-	-	-	-
10R 5/6 (rojizas con partes más blanquecinas)	Reacciona	-	X	-	-	-
5YR 7/3 HUE	Reacciona	X	-	-	-	-
10R 5/6 rojizas tienen algunas partes más blanquecinas	Reacciona	-	X	-	-	-
2.5YR 4/6 HUE y 8/3 HUE 7.5 YR	No reacciona	X	-	Argillan	Angular blocky	-
La roca y los rizolitos son rojizos 6/6 HUE 2.5YR y las galerías son 8/2 HUE 7.5YR	Reacciona	X	-	-	-	-
7/3 2.5YR rojizas tienen algunas partes más blanquecinas	Reacciona	X	-	-	-	-
10R 6/6 HUE	Reacciona	X	-	-	-	-
10R 6/6 HUE	Reacciona	X	-	-	-	-
7.5YR 8/2	Reacciona	X	-	-	-	-
7/3 2.5YR rojizas tienen algunas partes más blanquecinas	Reacciona	X	-	-	-	-
6/4 HUE 10R	Reacciona	-	X	-	-	-
6/4 HUE 10R	Reacciona	-	X	Argillan	Subangular blocky	-
5/6 HUE 10R	Reacciona	-	X	Argillan	Subangular blocky	-
6/6 HUE 10R	Reacciona	-	X	Argillan	Subangular blocky	-
6/4 HUE 10R	Reacciona	-	X	Argillan	Subangular blocky	-
7/3 2.5YR	Reacciona	-	X	-	-	-
7/3 2.5YR	Reacciona	-	X	-	-	-
5YR 8/3	Reacciona	-	X	-	-	-

Estructuras del suelo			Estructuras biogénicas
Cristales	Pedotúbulos (Retallack, 2001)	Nódulos	
Hacia el techo vetas de carbonatos	-	-	-
Vetas de carbonatos en la base. Hacia el techo hay geodas y en su interior precipitan cristales de carbonato oscurecidos porque hay infiltración de óxidos de hierro.	Metatúbulos	-	Rizohalos
Cristales de carbonato	-	-	-
Cristales de carbonato	Metatúbulos	-	Galerías identificadas como cf <i>Camborygma isp.</i> in situ y rizolitos
-	-	-	-
Cristales de carbonato	-	-	-
-	-	-	-
Cristales de carbonato	-	-	-
-	-	-	Rizohalos
-	Hay galerías como metatúbulos y ortotúbulos. Los rizolitos son ortotúbulos.	-	Madrigueras de tamaño variable asignadas a <i>Daimonelix</i> y rizoconcreciones
-	-	-	Sobre el techo se ve la entrada de las madrigueras
-	-	-	-
-	Ortotúbulos	-	Rizoconcreciones
-	Ortotúbulos	-	Rizoconcreciones
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Fósiles corpóreos	Rasgos redoximorficos (óxidos de Fe-Mn)	Observaciones
-	-	-
-	-	Madrigueras rodadas con relleno de areniscas de grano medio y cemento calcáreo. Tienen sistemas radiculares asociados.
-	-	-
-	-	-
-	-	Los conglomerados son polimicticos.
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	Hay oxidación diferencial entre la roca hospedante y las galerías	Las galerías que cortan al cañadón tienen un relleno masivo diferente al de la roca hospedante.
8 astillas de hueso	-	Los conglomerados son oligomicticos. Son fragmentos de rizoconcreciones. Los fragmentos tienen fuertes señales de abrasión y meteorización.
Sauropoda indet (elemento de mayor tamaño)	-	-
-	-	Escalón
-	-	Escalón
Sauropoda indet (elemento de menor tamaño)	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	Isla
-	-	Final de la Isla