



FaIn·UNCo
Facultad de Ingeniería

Análisis estratigráfico y paleoambiental de la Formación Anacleto (Cretácico Superior), en las bardas de la localidad de Cinco Saltos, provincia de Río Negro



Trabajo Final de Licenciatura

Facultad de Ingeniería
Departamento de Geología y Petróleo
Licenciatura en Ciencias Geológicas

Alumno: Sánchez, Santiago Darío

Legajo: ING-3209

D.N.I: 37663373

Director: Geólogo Alberto Carlos Garrido

Co-Director: Lic. en Ciencias Biológicas Juan D. Porfiri

Neuquén, Septiembre 2022

RESUMEN

Este trabajo propone ampliar al conocimiento sedimentológico y estratigráfico de la sección superior de la Formación Anacleto (Campaniano inferior, Cretácico Superior), expuesta en el borde oriental de la Cuenca Neuquina, precisamente en las bardas ubicadas al E y NE de la localidad de Cinco Saltos (noroeste de Río Negro). Esta área, se ha convertido en una localidad clásica para el análisis del contacto discordante (discordancia Huantráiquica), entre el Grupo Neuquén y el Grupo Malargüe, resultando asimismo en un sitio referencial en el cual se realizaron diversos trabajos de índole estratigráfico y sedimentario sobre las formaciones Anacleto y Allen. En lo que respecta al registro paleontológico, estos depósitos han brindado numeroso restos fósiles de dinosaurios de gran valor científico. Así es que durante las salidas de campo, se dio con el hallazgo de una probable huella de saurópodo y tres dinoturbaciones expuestas en sección transversal, por lo que, se trataría de un nuevo registro de icnitas para la Formación Anacleto y las primeras en los depósitos expuestos en Cinco Saltos. Las litofacies analizadas, sugieren facies distales al sistema fluvial principal, dominado principalmente por depósitos de planicie de inundación, donde también, se registran facies lacustres como una variación lateral dentro de la Formación Anacleto. El modelo paleoambiental local planteado, consiste en un ambiente fluvial distal con desarrollo de depósitos marginales al sistema fluvial principal.

PALABRAS CLAVES: Formación Anacleto, Análisis de facies, Paleoambiente fluvial, Cuenca Neuquina, Grupo Neuquén, Huella, Dinoturbaciones.

ABSTRACT

This paper proposes to extend the sedimentological and stratigraphic knowledge of the upper section of the Anacleto Formation (Lower Campanian, Upper Cretaceous), exposed at the eastern edge of the Neuquén Basin, precisely in the walls located to the E and NE of the town of Cinco Saltos (northwestern Río Negro). This area has become a classic locality for the analysis of the unconformity contact (Huantráiquica unconformity), between the Neuquén Group and the Malargüe Group, resulting also in a reference site where several stratigraphic and sedimentary studies on the Anacleto and Allen formations have been carried out. As far as the palaeontological record is concerned, these deposits have produced numerous dinosaur fossils of great scientific value. Thus, during the field trips, a probable sauropod footprint and three dinoturbations exposed in cross section were identified, which would be a new record of ichnites for the Anacleto Formation and the first in the deposits exposed at Cinco Saltos. The lithofacies analyzed represents distal deposits to the main fluvial system, dominated mainly by floodplain deposits, where lacustrine facies are also recorded as a lateral variation within the Anacleto Formation. The local palaeoenvironmental model proposed consists of a distal fluvial environment with the development of deposits marginal to the main fluvial system.

KEYWORDS: Anacleto Formation, Facies Analysis, Fluvial paleoenvironments, Neuquén Basin, Neuquén Group, Footprint, Dinoturbations.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a mis padres y hermanas por el amor y apoyo incondicional

Agradezco al estado argentino por brindarme educación pública y gratuita, la cual de otra manera hubiera sido muy difícil o imposible tener la oportunidad de estudiar

A mis amigos de siempre y los hechos en la universidad, por estar, por acompañar y ayudar a empujar; y porque no también a los amores que en distintas etapas me acompañaron en este proceso

A mis profesores, por compartir y transmitir sus saberes, anécdotas, viajes y el buen trato, pero principalmente a Juan Porfiri y Doménica Dos Santos por su calidad humana, por compartir su pasión por la paleontología y permitirme hacer mis primeras oportunidades laborales, como así también a Alberto Garrido por brindarme su tiempo, sus conocimientos y paciencia en el acompañamiento en este trabajo final. También, debo hacer una mención especial a Osvaldo Carbone, a quien lo recuerdo cada vez que voy al campo, quien me influencio mucho en los primeros años de la carrera y por quien elegí un trabajo final en sedimentología. Por lo que, este trabajo es una suerte de homenaje a él.

Sin dudas, el paso por la Universidad Nacional del Comahue y mi etapa universitaria ha sido un paso feliz, que me ha dejado mucho más que una formación académica.

No está mal que terminen las historias, mientras haya historias que contar

“Para el que mira sin ver, la tierra es tierra nomas”

Atahualpa Yupanqui

ÍNDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE.....	iii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos	1
1.2 Metodología	1
1.3 Ubicación del área de estudio	2
2. MARCO GEOLÓGICO Y ANTECEDENTES	4
2.1 Marco geológico regional	4
2.2 Antecedentes	6
2.2.1 Formación Anacleto	9
2.2.2 Formación Allen.....	15
3. ESTRATIGRAFÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	18
3.1 Estratigrafía del área	18
3.2 Descripción de columnas estratigráficas.....	21
4. ANÁLISIS LITOFACIAL	34
4.1 Facies psamíticas	34
4.2 Facies pelíticas	44
5. ELEMENTOS ARQUITECTURALES Y ASOCIACIÓN DE FACIES	51
6. MODELO E INTERPRETACIÓN PALEOAMBIENTAL	58
7. REGISTRO DE SIGNIFICANCIA PALEONTOLÓGICA	60
8. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES	67
8.1 Discusiones	67
8.2 Conclusiones	68
9. BIBLIOGRAFÍA	70

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivos

El presente trabajo propone ampliar al conocimiento del sistema deposicional de la sección superior de la Formación Anacleto (Campaniano inferior, Cretácico Superior), aflorante en las bardas ubicadas al E y NE de la localidad de Cinco Saltos, provincia de Río Negro (Figura 1).

Objetivos específicos

- Realización de un relevamiento geológico de superficie junto al levantamiento de 7 perfiles litoestratigráficos de detalle (escala 1:100), controlados y correlacionados a partir del seguimiento lateral de los afloramientos.
- Identificación, individualización y caracterización de los límites de las unidades litoestratigráficas aflorantes en el área de estudio, con especial atención a la ubicación, dentro de la columna sedimentaria, de la discordancia Huantráiquica.
- Identificar, individualizar y describir los atributos sedimentarios observados a distinta escala de trabajo, tendientes a la elaboración de un análisis litofacial, caracterización de cuerpos sedimentarios e interpretación paleoambiental.
- Esquematación de un posible escenario de evolución tectosedimentaria para el intervalo estudiado.

Objetivos secundarios

- Mapeo de detalle de las unidades aflorantes dentro del área de estudio.
- Descripción de material fosilífero que pueda ser detectado durante las tareas de relevamiento.

1.2 Metodología

A fines de cumplir con los objetivos propuestos, el trabajo desarrollado se ejecutó en tres etapas principales (recopilación bibliográfica, toma de datos de campo y trabajo de gabinete). Inicialmente se realizó una recopilación bibliográfica de la Formación Anacleto, tanto de antecedentes locales como regionales, donde además se analizaron imágenes satelitales del área de estudio.

Luego en una segunda etapa, con la ayuda de la Hoja Geológica 3969-II-Neuquén (Rodríguez *et al.*, 2007), la cual incluye al área de estudio de este trabajo, se realizó la

toma de datos de campo en la zona de bardas de Cinco Saltos, a lo largo de una transecta de aproximadamente 9 Km de extensión, dispuesta en sentido NO-SE. Esta etapa implicó recorrer dicha transecta de afloramientos, en conjunto con la observación y descripción de los mismos. Se realizó el levantamiento de siete perfiles estratigráficos de detalle (escala 1:100) para lo cual se utilizó: cinta métrica para la determinación de los espesores de las capas y cuerpos sedimentarios, también se contó con GPS para la posterior georeferenciación de los perfiles y demás sitios que se consideren de importancia.

Por otro lado, para la descripción de facies y cuerpos sedimentarios se utilizó lupa de mano y comparadores granulométricos para el reconocimiento de las texturas de cada litofacies, además de ácido clorhídrico para la determinación de presencia carbonática. También se usó brújula geológica para la medición de orientaciones y buzamientos de los estratos, además de medición de paleocorrientes en caso que las estructuras sedimentarias lo permitan. También, se recurrió al uso de piqueta para toma de muestras y cámara fotográfica para el registro gráfico de los afloramientos. Para la descripción y posterior análisis de las litofacies, se adoptó la metodología de Miall (1985, 1996).

Una vez efectuada la toma de datos de campo, se procedió a la última etapa, el trabajo de gabinete. El cual consistió en el procesamiento de datos, análisis facial y la consiguiente interpretación paleoambiental. En la labor de gabinete, mediante el uso del *software* ArcGis, se realizó la georeferenciación de imágenes satelitales y perfiles relevados, junto con la elaboración de un mapa geológico de detalle del área de estudio. Para la digitalización de los perfiles y esquemas realizados, se utilizó el *software* de diseño COREL.

Finalmente, se correlacionaron los perfiles que fueron tomados como puntos de control, para así poder definir los tipos de sistemas depositacionales y obtener un modelo paleoambiental local para el tramo superior de la Formación Anacleto.

1.3 Ubicación del área de estudio

El área de estudio (Figura 1), se encuentra en el borde oriental de la Cuenca Neuquina en la provincia de Río Negro, precisamente en las bardas aledañas a la localidad de Cinco Saltos, sobre la margen izquierda del canal principal de riego.

Allí, afloran depósitos continentales y marinos transicionales del Cretácico Tardío al Paleoceno, expuestos en una faja de afloramientos continuos y en disposición horizontal. Los niveles aflorantes más antiguos corresponden a los depósitos continentales de la Formación Anacleto, unidad cuspidal del Grupo Neuquén (Cenomaniano - Campaniano medio). Sobre esta unidad y en discordancia erosiva, apoyan los depósitos marinos-transicionales pertenecientes a la Fm. Allen, unidad basal del Grupo Malargüe (Campaniano medio – Daniano tardío), Rodríguez (2011).

Esta área, se ha convertido en una localidad clásica para el análisis del contacto discordante entre el Grupo Neuquén y el Grupo Malargüe, resultando asimismo en un sitio referencial en el cual se realizaron diversos trabajos de índole estratigráfico y sedimentario sobre las formaciones Anacleto y Allen (Andreis *et al.*, 1974; Salgado *et al.*, 2005; Sánchez *et al.*, 2006; Sánchez & Armas, 2008; Armas & Sánchez, 2011; y Sánchez *et al.*, 2013; Delaloye, 2017), siendo la Formación Allen la unidad principalmente más estudiada. Además, los afloramientos tanto de la localidad de Cinco Saltos como del Lago Pellegrini, han brindado diversos restos de vertebrados fósiles de importante valor científico (Lydekker, 1893; Huene, 1929; Bonaparte y Novas, 1985; Salgado, 1996; Coria y Salgado, 1996; Heredia y Salgado, 1999).

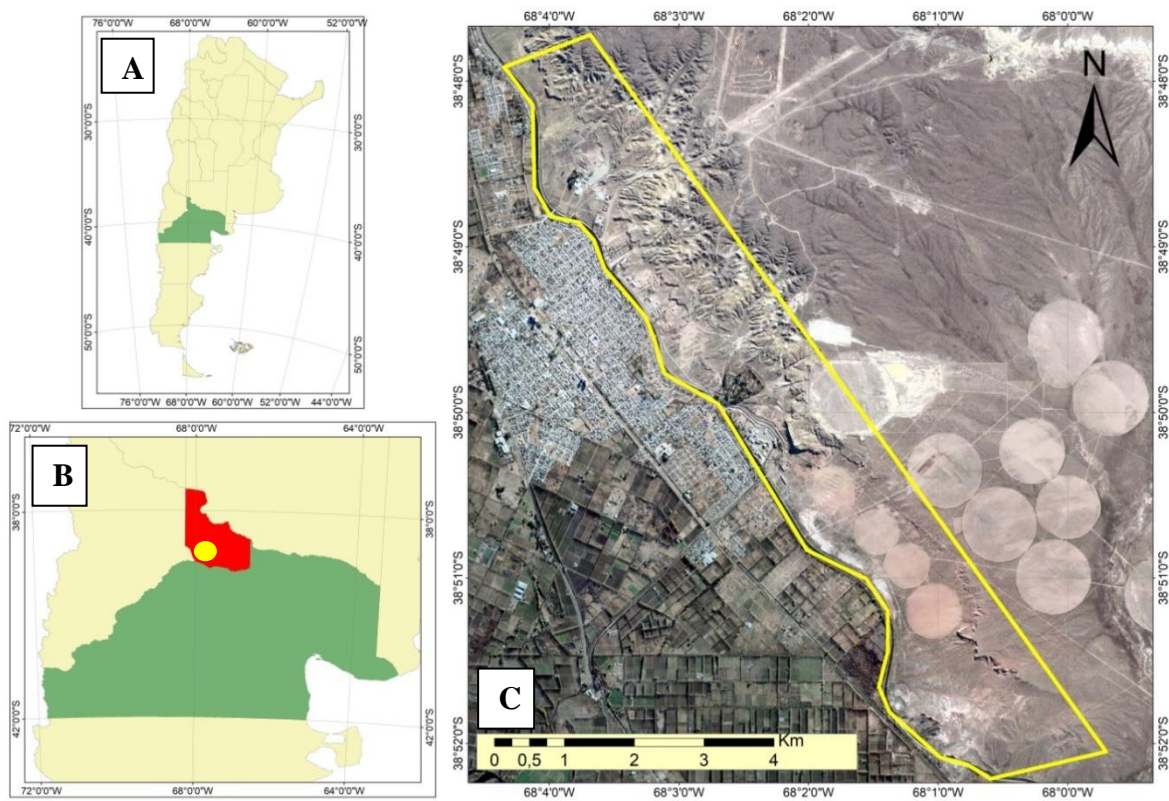


Figura 1 – Mapa del área de estudio. A) Se ilustra en color verde la ubicación de la provincia de Río Negro dentro del territorio argentino. B) En la imagen, se muestra en color rojo el departamento de General Roca, dentro del cual se encuentra la localidad de Cinco Saltos, representado por el punto amarillo. C) En la imagen satelital, se amplía y muestra el área de estudio en la localidad de Cinco Saltos delimitado por el recuadro amarillo.

2. MARCO GEOLÓGICO Y ANTECEDENTES

2.1 Marco geológico regional

La Cuenca Neuquina se ubica en la región centro-occidental de Argentina, entre los 32° y 40° de latitud sur, abarcando a las provincias de Neuquén, sur de Mendoza y parte occidental de Río Negro y La Pampa. Ésta provincia geológica es limitada hacia el oeste por la Cordillera Principal, hacia el este-sureste por el Macizo Nordpatagónico y al noreste el límite está dado por el contacto con el basamento del Bloque de San Rafael (Ramos, 1999). La Cuenca Neuquina, cubre un área de más de 120.000 km² y alberga aproximadamente 7000 metros de espesor estratigráfico, desde el Triásico Tardío hasta el Paleoceno temprano (Uliana & Legarreta, 1993). El basamento más joven de la cuenca es comúnmente asignado al Grupo Choyoi, el cual es constituido por rocas volcánicas y piroclásticas Permo-Triásicas (Llambías, 1999).

La Cuenca Neuquina se destaca por ser una de las principales cuencas productoras de hidrocarburos del país y Sudamérica, siendo además de gran valor paleontológico a nivel internacional, principalmente por su contenido fósil de dinosaurios saurópodos y terópodos, entre otros vertebrados e invertebrados.

Este depocentro, comenzó a operar como área receptora de sedimentos desde finales del Triásico Superior, hasta la formación de la Cordillera de los Andes (Digregorio y Uliana 1980; Arregui *et al.* 2011). Su historia depositacional comprende una sucesión cíclica jurásica-cretácica de eventos marinos alternantes con etapas de continentalización, desarrollados en una cuenca de trasarco. La evolución tectosedimentaria de la cuenca comienza durante el Triásico tardío debido a la extensión de intraplaca continental, producida por la dinámica de subducción entre la paleoplaca pacífica de Aluk y el margen sudoccidental de Gondwana (Vergani *et al.* 1995). La historia depositacional de la cuenca se inicia con la etapa de *rift*, durante el Triásico Superior y el Jurásico Inferior. Periodo en el cual el margen occidental de Gondwana estuvo dominado por un régimen extensional generalizado, que dio lugar a la generación de depocentros aislados alojando depósitos clásticos y volcanoclásticos de *syn-rift* perteneciente al ciclo precuyano (Vergani *et al.*, 1995). Luego durante el Jurásico inferior, estos sistemas de *rift* fueron evolucionando independientemente hasta cesar su evolución como depocentros (Uliana y Legarreta, 1993).

Durante el Jurásico temprano al Cretácico temprano se desarrolló la fase de *postrift*, en este periodo la cuenca operó como una cuenca de trasarco, caracterizada por una subsidencia térmica regional donde se sucedieron ciclos sedimentarios marinos y continentales alternantes de distintas magnitudes. Dichos ciclos son representados por los grupos Cuyo, Lotena, Mendoza y Bajada del Agrio (Arregui *et al.*, 2011). Su depositación estuvo asociada al desarrollo de un arco magmático occidental, que controló la comunicación de la cuenca con el océano, junto a variaciones eustáticas y

tectónicas. Además, cabe destacar que durante todo este tiempo de subsidencia generalizada, se desarrollaron distintos pulsos o eventos tectónicos que dieron lugar a reactivaciones de las estructuras extensionales triásicas-jurásicas e importantes variaciones en la secuencia sedimentaria. Resultando en cambios faciales, superficies de discontinuidad de distintas magnitudes y discordancias regionales (Vergani *et al.*, 1995).

Entre los rasgos estructurales generados durante este tiempo, producto de la reactivación de las antiguas estructuras extensionales, uno de los más importantes es la Dorsal de Huincul. Una estructura lineal de primer orden, de escala regional con orientación oeste-este, y que se extiende aproximadamente por 300 km. La cual dividió la cuenca transversalmente, en una subcuenca principal al norte y otra al sur denominada “subcuenca de Picún Leufú”, de carácter endorreica (Mosquera & Ramos, 2006). Esta morfoestructura positiva tuvo gran participación sobre los sistemas depositacionales contemporáneos a ésta, influyendo en el aporte de sedimentos y control de las paleocorrientes en ambas subcuencas (Vergani *et al.*, 1995). En cuanto a su historia deformacional, ésta fue mayormente compresiva y multi-episódica durante el Mesozoico y Neógeno; registrando un primer evento en el Jurásico Inferior y su deformación final en el Mioceno Tardío-Plioceno (Mosquera *et al.*, 2011). Su evolución tectónica estuvo controlada por la interacción entre las placas oceánicas (Aluk, Farallón y Nazca) y las placas continentales (Gondwanica y Sudamericana), sumado a las anisotropías del basamento paleozoico que la conforman (Mosquera & Ramos, 2006).

En el Cretácico Tardío una disminución en el ángulo de subducción de la paleo-placa de Farallón respecto a la placa Sudamericana, junto a una reorganización de estas, marcó un nuevo régimen compresivo que produjo la inversión tectónica de las antiguas estructuras triásicas y deformación flexural de la cubierta sedimentaria, además de la migración hacia el este de los depocentros (Vergani *et al.*, 1995; Mosquera & Ramos, 2006). Este evento compresivo ocasionó el levantamiento de la faja plegada y corrida del Agrio, dando origen a la etapa de cuenca de antepaís, representada por los depósitos continentales sinorogénicos del Grupo Neuquén. Sucesión predominantemente fluvial, con episodios eólicos y lacustres someros. A partir del inicio de la etapa de antepaís, la cuenca quedó aislada del Océano Pacífico y no se vuelven a producir transgresiones marinas desde el oeste (Cazau & Uliana, 1973; Arregui *et al.*, 2011).

Este evento deformacional que dio origen a la faja plegada y corrida del Agrio, quedó registrado en la base del Grupo Neuquén mediante la discordancia Patagónica (Keidel, 1917, 1925), la cual es angular y erosiva, de edad Albiano/Cenomaniano (Leanza, 2009). Durante los inicios depositacionales del Grupo Neuquén, la Dorsal de Huincul aún operaba como un alto topográfico manteniendo dividida la cuenca transversalmente y teniendo cierto control sobre los sistemas depositacionales. Panorama que se habría mantenido así hasta fines de la deposición de la Formación Candeleros. Luego, durante la depositación de las demás unidades del Grupo Neuquén, la dorsal habría dejado de actuar como estructura divisoria, por lo que habría dejado de incidir en los sistemas depositacionales (Garrido, 2010a). Durante el resto de la secuencia, las paleocorrientes

indicarían direcciones hacia la vertiente pacífica, en dirección noroeste (Garrido, 2010a), siendo el Macizo Nordpatagónico y los Bloques de las Mahuidas y de San Rafael, las principales áreas de aporte epiclástico (Marchese, 1971; Di Paola, 1973).

Hacia finales del Grupo Neuquén, más precisamente en la deposición del Subgrupo Río Colorado, se registran niveles de tobas y tufitas, indicando la activación del arco magmático occidental y un nuevo ciclo de actividad tectónica (Garrido, 2010a). En el límite superior del Grupo Neuquén, se encuentra la discordancia Huantráiquica (Mendez *et al.*, 1987; Leanza, 2009), de edad intracampaniana. La cual marca el cambio de pendiente regional de la cuenca hacia el este, producto del crecimiento y migración del arco volcánico (Legarreta y Gulisano, 1989; Arregui *et al.*, 2011). En este contexto, se desarrolló la primera transgresión marina desde el Océano Atlántico durante el Maastrichtiano, registrada por los depósitos transicionales-marinos del Grupo Malargüe, los cuales se extienden hasta el Paleoceno. Este evento, es asociado a la etapa de *drift* o deriva de la placa Sudamericana, acompañado de reactivaciones del arco magmático andino (Rodríguez, 2011).

2.2 Antecedentes

El Grupo Neuquén, término introducido formalmente por Stipanovic *et al.* (1968), constituye una sucesión de depósitos clásticos continentales de coloración predominantemente rojiza (Leanza, 1999), de aproximadamente 1200 m de espesor, constituidos principalmente por depósitos fluviales, con episodios eólicos y lacustres someros (Cazau & Uliana, 1973; Garrido, 2010a). Los depósitos del Grupo Neuquén representan los afloramientos mesozoicos de mayor distribución areal dentro de la cuenca Neuquina (Cazau & Uliana, 1973). Litológicamente, la sucesión es integrada principalmente por una cíclica alternancia de pelitas y psamitas, con una menor participación psefítica, además de escasos niveles piroclásticos y evaporíticos (Garrido, 2010a). Esta secuencia es limitada en su base por la discordancia Patagónica y por la discordancia Huantráiquica hacia el techo del grupo, abarcando un lapso de tiempo de 23 millones de años entre el Cenomaniano Inferior y el Campaniano Medio (Rodríguez *et al.*, 2007; Leanza, 2009).

Desde el punto de vista tectosedimentario, la génesis de los depósitos sinorogénicos del Grupo Neuquén es vinculada a la fase de antepaís de la Cuenca Neuquina, como consecuencia del inicio de la tectónica compresional sobre el margen andino desarrollada a fines del Cretácico Inferior (Tunik *et al.*, 2010), evento evidenciado por la discordancia Patagónica. La presencia de niveles piroclásticos indicarían el desarrollo de un arco magmático occidental (Ramos, 1981; Garrido, 2010a) a mediados del Campaniano, factor que, junto a una subsidencia generalizada y al basculamiento de la cuenca hacia el este, debido al alzamiento de la cordillera de los Andes, daría origen a la primer ingresión marina desde el Océano Atlántico (Uliana & Biddle, 1988; Legarreta

& Gulisano, 1989), siendo este evento representado por la discordancia Huantráiquica (Mendéz *et al.*, 1987; Leanza, 2009).

El ordenamiento estratigráfico del Grupo Neuquén se compone por tres subgrupos y nueve formaciones (Figura 2), según el esquema litoestratigráfico propuesto por Garrido (2010a), el cual es utilizado en el presente trabajo. El Subgrupo Río Limay integra a las unidades más antiguas, las formaciones Candeleros y Huincul; mientras que el Subgrupo Río Neuquén es el más vasto en unidades formacionales, agrupando a las formaciones Cerro Lisandro, Portezuelo, Los Bastos, Sierra Barrosa y Plottier. Por último, el Subgrupo Río Colorado es conformado por las formaciones Bajo de la Carpa y Anacleto.

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

Figura 2 – Esquema litoestratigráfico del Grupo Neuquén de Cazau & Uliana (1973), modificado por Uliana & Dellapé (1981) y Ramos (1981). A la derecha dentro del recuadro rojo se señala el esquema modificado y propuesto por Garrido (2010a).

En cuanto al registro paleontológico, el Grupo Neuquén es mundialmente reconocido por sus hallazgos de vertebrados continentales, principalmente dinosaurios entre otros reptiles cretácicos. Los dinosaurios saurópodos están representados por varias taxas de rebaquisáuridos y titanosáuridos, algunos de ellos a destacar son el *Argentinosaurus huinculensis* (Bonaparte & Coria, 1993) considerado el dinosaurio más grande del mundo, el cual fue hallado en la Formación Huincul, también otro titanosaurio gigante es *Futalognkosaurus dukei* (Calvo *et al.*, 2007a) hallado en la Formación Portezuelo.

Entre los grupos de terópodos hallados dentro del ciclo neuquinano, se registran carcarodontosáuridos, megaraptoridos, unenlaginos, abelisáuridos y alvarezsáuridos. Algunas especies destacables de mencionar son el carcarodontosáurido *Giganotosaurus carolinii* (Coria & Salgado, 1995) considerado hasta el momento el dinosaurio carnívoro más grande del mundo, el cual provino de la Formación Candeleros; también otros ejemplares de terópodos destacables son el abelisáurio *Skorpiovenator bustingorryi* (Canale *et al.*, 2009) hallado en excelente estado de preservación en la Formación Huincul y el megaraptorido *Megaraptor namunhuaiquii* (Novas, 1998) el cual es provisto de una poderosa garra de 35 cm de longitud, extraído de la Formación Portezuelo. Otras especies son *Unenlagia comahuensis* (Novas & Puerta, 1997) y *Unenlagia paynemili* (Calvo & Mazzetta, 2004) pertenecientes al taxón más relacionado con las aves, ambas de la Formación Portezuelo.

El registro de dinosaurios ornitisquios es escaso, siendo principalmente representados por ornitópodos basales, euiguanodontidos, como *Anabisetia saldiviai* (Coria & Calvo, 2002) de la Formación Cerro Lisandro, *Macrogyphosaurus gondwanicus* (Calvo *et al.*, 2007b) hallado en Formación Portezuelo, y *Gasparinisaura cincosaltensis* (Coria & Salgado, 1996) de la Formación Anacleto.

Los demás registros de vertebrados presentes en el Grupo Neuquén están representados por casi todos los grupos de vertebrados e incluyen: tortugas, cocodrilos, serpientes, esfenodontes, pterosaurios, aves, anuros y algunos hallazgos de mamíferos y peces, sumado a un amplio registro icnológico de distintos vertebrados (Calvo *et al.*, 2011).

El Grupo Neuquén cuenta con un amplio registro de cocodrilos, entre ellos se mencionan *Araripesuchus patagonicus* (Ortega *et al.*, 2000) hallado en la Formación Candeleros, otros cocodrilos notosúquidos son *Lomasuchus palpebrosus* (Gasparini *et al.*, 1991) de la Formación Portezuelo, *Notosuchus terrestris* (Woodward, 1896), *Comahuesuchus brachybuccalis* (Bonaparte, 1991) y los cocodylifformes *Neuquensuchus universitas* (Fiorelli & Calvo, 2008) y *Peirosaurus torminni* (Price, 1955), todos ellos provenientes de la Formación Bajo de la Carpa. Dentro de los cocodrilos Sebecosuchia se encuentran *Pehuenchesuchus enderi* (Turner & Calvo, 2005) hallado en la Formación Portezuelo y *Cynodontosuchus rothi* (Woodward, 1896) en la Formación Bajo de la Carpa.

Entre los registros de lepidosáurios se destaca el esfenodonte *Kaikaiifilusaurus calvoi* (Simón & Kellner, 2003), que habría alcanzado el metro de longitud, considerado el lagarto esfenodonte más grande conocido. Los registros de serpientes cretácicas son

muy escasos en el mundo, siendo *Dinilysia patagonica* (Woodward, 1901) la representante del Grupo Neuquén, presente en las unidades del Subgrupo Río Colorado.

También distintos especímenes de tortugas del género *Prochelidella* son procedentes de distintas formaciones cretácicas de la Cuenca Neuquina. Dentro del género *Chelidae*, en la Formación Portezuelo se halló restos de una tortuga de cuello corto denominada *Linderochelys rinconensis* (de la Fuente *et al.*, 2007); mientras que de la Formación Bajo de la Carpa proviene *Lomalatachelys neuquina* (de Broin & de la Fuente, 2001) la cual se relaciona con el género viviente *Chelus*.

El registro de aves del Grupo Neuquén es representado por restos de aves Enantiornites como *Neuquenornis volans* (Chiappe & Calvo, 1994), hallados en la capital neuquina y *Patagopteryx deferrariisi* (Alvarenga & Bonaparte, 1992), ambas provenientes de la Formación Bajo de la Carpa. Además de gran cantidad de huevos fósiles asignados a *Neuquenornis volans*. También se han registrado distintas icnitas de aves dentro de la Formación Anacleto.

2.2.1 Formación Anacleto

Antecedentes

Esta unidad fue inicialmente reconocida por Wichmann (1927), al este de la localidad de Tratayén. Luego, Herrero Ducloux fue el primero en describir y referirse a esta unidad en Fossa Mancini (*et al.*, 1938) bajo la denominación de “Estratos de Anacleto”. Más tarde, es dada a conocer por Roll (1938, 1939, y 1941), quién en sus descripciones introduce a la literatura geológica la categoría de “Grupo de Anacleto”, denominación adoptada también por Herrero Ducloux (1946). Posteriormente, de Ferrarís (1968) redefine las categorías y modifica el rango de esta unidad a “Miembro Anacleto”, criterio también seguido en los esquemas presentados por Cazau & Uliana (1973). Por último, es Ramos (1981) quien eleva la jerarquía a “Formación Anacleto” y realiza un reordenamiento estratigráfico, entre los cuales modifica al Subgrupo Río Colorado, excluyendo a la Formación Allen y asignándola al ciclo Malalhueyano. En el último diagrama litoestratigráfico propuesto por Garrido (2010a) para el Grupo Neuquén, no realiza ninguna modificación a lo que respecta al Subgrupo Río Colorado, ni a la Formación Anacleto. Quedando el Subgrupo Río Colorado conformado por las formaciones Bajo de la Carpa y Anacleto, tal como lo propuso Ramos (1981).

Distribución areal

Las exposiciones de esta unidad se encuentran desarrollados principalmente en las regiones centro-este de la Cuenca Neuquina. Hacia el norte de la cuenca, los afloramientos de esta unidad se ubican en el extremo suroriental y flanco nororiental de la sierra de Auca Mahuida, Cerro Villegas, Sierra de Huantraico y en la región de Rincón de Los Sauces, presentando además afloramientos en ambas márgenes del río

Colorado. En sector centro-oriental de la cuenca, algunos depósitos de esta unidad se encuentran sobre las cotas superiores del cerro Senillosa, Sierra Barrosa y ciudad de Neuquén, otras exposiciones se presentan en los márgenes de los lagos Marí Menuco y Los Barreales. También se hallan algunos asomos en el límite oriental del bajo de Añelo. Hacia el este de la cuenca, pequeños asomos se ubican en ambos márgenes del río Neuquén y del río Negro. En territorio rionegrino delgadas fajas de afloramientos se presentan entre Cinco Saltos y General Roca, presentándose en algunos sectores truncada por niveles de terrazas. En la margen derecha del río Negro aflora en la zona de Paso Córdoba y en los faldeos de los cerros Negro, Colorado y de la Parva. Hacia el sur de la cuenca, la Fm. Anacleto se desarrolla sobre las cotas altas de la meseta de Rentería (Rodríguez *et al.*, 2007; Garrido, 2010a).

Relaciones estratigráficas y edad

Estratigráficamente la Formación Anacleto apoya concordantemente sobre la Formación Bajo de la Carpa, e infrayace en contacto erosivo a la Formación Allen (Grupo Malargüe) mediante la discordancia Huantráiquica, la cual marca el cambio de pendiente regional hacia la vertiente atlántica. En el área de estudio el contacto inferior no se encuentra expuesto dado que la Fm. Anacleto es la más antigua aflorante, mientras que el contacto superior con la Fm. Allen es erosivo y transicional en algunos sectores.

La edad de esta unidad formacional es asignada al Campaniano inferior a medio, con edades entre los 83.5-79.5 millones de años, según estudios paleomagnéticos realizados por Dingus (*et al.* 2000; *et al.* 2009) en la región del Auca Mahuevo, para las secciones inferior y media-superior de la formación. Estudios realizados por Vallati (2010) mediante asociaciones palinológicas infieren edades relativas coincidentes.

Litología y paleoambientes

La sucesión se compone principalmente por depósitos predominantemente pelíticos a psamítico finos, de coloración rojiza dado por la presencia de pigmento férrico. La fracción psamítica se compone de arena media, fina y muy fina, presentándose como bancos de arena friables o como capas tabulares consolidadas de pocos centímetros de espesor, siempre menores a 1m. La fracción pelítica se compone de fangolitas y arcilitas bordó, verdes y violáceas, presentándose expuestas estratificadas en bancos continuos. Según estudios realizados por Pettinari (*et al.*, 1999) la fracción pelítica es integrada por argilominerales interestratificados predominantemente esmectíticos y de illita con caolinita. Paleambientalmente, esta unidad muestra varias diferencias faciales en su sucesión, siendo mayormente atribuida al desarrollo de sistemas fluviales de baja energía y de dominio sinuoso o meandroso (Cazau & Uliana, 1973; Uliana & Dellapé, 1981; Ramos, 1981; Hugo & Leanza, 2001; Rodríguez *et al.*, 2007; Garrido, 2010a). A nivel regional la Formación Anacleto muestra una sección inferior caracterizada por un dominio fluvial entrelazado de tipo gravo-arenoso, con depósitos de baja sinuosidad y desarrollo de canales amalgamados, mientras que la sección superior es caracterizada por un dominio de depósitos finos fangolíticos, vinculado al desarrollo de grandes planicies aluviales fangosas asociados a sistemas de canales poco desarrollados y cuerpos de agua someros (Garrido, 2010a).

Diversos autores han realizado descripciones y trabajos tanto sedimentológicos como estratigráficos sobre la Formación Anacleto, los cuales a grosso modo interpretan a estos depósitos como de ambiente continental fluvial de baja a moderada energía, con cursos fluviales sinuosos en amplias llanuras aluviales, y con desarrollo de grandes planicies de inundación (Cazau & Uliana, 1973; Andreis *et al.*, 1974; Uliana y Dellapé 1981; Ramos, 1981; Hugo & Leanza, 2001; Rodríguez *et al.*, 2007; Garrido 2010a). Sin embargo, algunos autores interpretan que la Formación Anacleto culmina con depósitos con influencia marina, entre ellos, principalmente son los trabajos realizados por Sánchez (*et al.*, 2006), Sánchez y Armas (2008), Armas y Sánchez (2011) y Sánchez (*et al.*, 2013), quienes afirman la culminación del Grupo Neuquén con facies estuáricas hacia el tope de la Formación Anacleto.

Cazau & Uliana (1973) definen a esta unidad formacional de origen continental fluvial, constituida en su término inferior por limolitas y areniscas castaño claras formando intercalaciones, mientras que para el término superior señalan el dominio de la fracción pelítica de coloración rojiza.

Andreis *et al.* (1974), realizaron estudios sedimentológicos y paleoambientales en afloramientos entre Lago Pellegrini y Cinco Saltos, principalmente sobre las Formaciones Allen y Jagüel, y parte superior de la Fm. Anacleto. Reconociendo una paraconcordancia entre las formaciones Anacleto y Allen, separados por discordancia erosiva. Los autores asignan un paleoambiente fluvial anastomosado para la Formación Anacleto, mientras que para la Formación Allen interpretan un paleoambiente marino litoral de albúfera o planicie mareal, y un paleoambiente marino más profundo para la Formación Jagüel.

Ramos (1981) en sus descripciones litológicas, reconoce niveles de tobas entre fangolitas rojizas en cerro de Los Overos, siendo estas las primeras evidencias de material tobáceo en el Grupo Neuquén, según dicho autor. Más tarde, Garrido (2010a) en sus descripciones también reconoce dichos niveles y además identifica horizontes de tufitas en Punta Barda, ambos horizontes piroclásticos cercanos al contacto superior de la unidad. Mientras que en el área de Sierra Barrosa, Garrido (2010a) reporta delgados niveles de tufitas en la sección inferior de la unidad.

Dingus *et al.* (2000) realizó los primeros estudios paleomagnéticos dentro del Grupo Neuquén, específicamente en la sección media de la Formación Anacleto en la región de Auca Mahuevo, quienes determinaron el desarrollo de la unidad dentro de un intervalo de polaridad inversa y asignaron a dicha unidad formacional una edad entre el Campaniano temprano y medio, correlativo con el cron de polaridad C33R entre los 83,5 y 79,5 millones de años.

Heredia y Calvo (2002) realizan una descripción estratigráfica en las bardas aledañas a la ciudad de Neuquén, donde identifican dentro de la Fm. Anacleto tres niveles de nidificación de la ooespecie *Megaloolithus patagonicus* (Calvo *et al.*, 1997), proponiendo a dicha especie como posible elemento de correlación estratigráfica con el yacimiento de huevos de dinosaurios del Auca Mahuevo. En cuanto a las descripciones,

dichos autores interpretan a esta unidad como de ambiente fluvial con depósitos aluvionales controlados por avenidas estacionales y desarrollo de paleosuelos en llanuras de inundación. Más tarde, Garrido & Calvo (2004) reasignan la posición estratigráfica de dichos niveles portadores de huevos.

Sánchez *et al.* (2006), trabajaron sobre las unidades del Subgrupo Río Colorado aflorantes en las bardas de la ciudad de Neuquén, quienes realizaron trabajos paleoambientales, donde identifican dos sistemas fluviales dentro de la Fm. Anacleto, un primer sistema de baja sinuosidad con canales conglomerádicos-arenosos y otro sistema fluvial anastomosado donde dominan los procesos de avulsión e interpretan que esto es controlado por el ascenso del nivel de base asociado a la ingresión atlántica del Maastrichiano.

Rodríguez *et al.* (2007) realizan una descripción y recopilación de antecedentes sobre esta unidad entre otras aflorantes en la Hoja Geológica 3969-II-Neuquén, la cual incluye al área de incumbencia de este trabajo.

Sánchez & Armas (2008) analizaron y levantaron perfiles en la localidad de Cinco Saltos, dentro del área de estudio de este trabajo de tesis, donde las autoras asignan dos paleoambientes para la Formación Anacleto, uno fluvial y otro estuárico para el tope de la unidad.

Dingus *et al.* (2009) realizan un análisis lito, bio y magnetoestratigráficos y actualizan los análisis paleomagnéticos para la Formación Anacleto, nuevamente en el área del Auca Mahuevo. En estos estudios, los autores registran dos magnetozonas continuas. Una magnetozona de polaridad inversa C33R (~83.5 Ma.) en la sección basal-media de la Fm. Anacleto, la cual contiene tres niveles de nidadas de saurópodos y una magnetozona de polaridad normal C33N (~79.5 Ma.) correspondiente a la sección media-superior, la cual contiene un cuarto nivel de nidadas. Además, inmediatamente sobre el contacto formacional, determinaron un polaridad inversa C32R (~74 Ma.) para la sección basal de la Formación Allen. Concluyendo estos autores, un desarrollo intracampaniano para la Formación Anacleto, entre los 80 y 75 millones de años aproximadamente.

Garrido (2010b) en sus interpretaciones paleoambientales en la localidad de Auca Mahuevo, distingue dos secciones para la Formación Anacleto. Una sección inferior fluvial meandriforme que progresa a facies de planicie de inundación con desarrollo de paleosuelos, donde allí se encuentran fosilizadas las nidadas de dinosaurios saurópodos, y otra sección superior predominantemente lacustre. También, en ese mismo trabajo el autor infiere condiciones paleoclimáticas cálidas con marcada estacionalidad para los tiempos de deposición de la Formación Anacleto.

Garrido (2010a) realiza un trabajo estratigráfico regional del Grupo Neuquén en una amplia área, ubicada en centro y borde oriental de cuenca. Allí el autor reasigna al Subgrupo Río Colorado a un nuevo ciclo sedimentario desarrollado bajo control dominante tectónico y señala la dominancia de paleocorrientes hacia el cuadrante

noroeste. En cuanto a la Formación Anacleto, el autor define a la unidad integrada por una sucesión de depósitos continentales pelíticos a psamíticos, caracterizado en su base por el desarrollo de canales amalgamados de baja sinuosidad y depósitos de planicie de inundación hacia el techo, con canales poco desarrollados y desarrollo de cuerpos de agua someros en planicies aluviales.

Armas & Sánchez (2011) realizan un análisis estratigráfico secuencial de los depósitos de la Formación Anacleto y miembro inferior de la Formación Allen, mediante levantamiento de secciones estratigráficas en afloramientos de las localidades de Neuquén y Cinco Saltos. Donde las autoras interpretan para la Formación Anacleto tres sistemas fluviales (sistema entrelazado, sistema anastomosado y sistema meandriforme) y un sistema estuárico proximal, para el tope de la unidad. Concluyendo que la Formación Anacleto posee depósitos de ambientes litorales marinos, siendo las primeras evidencias de la ingresión atlántica y modificando los conceptos a nivel regional.

Sánchez *et al.* (2013) indican tres niveles de paleo-sismicidad en las unidades del Subgrupo Río Colorado en afloramientos entre el lago Los Barreales y Cinco Saltos, estando uno de estos niveles ubicados en el tope de la Formación Anacleto dentro del área de estudio del presente trabajo de tesis. Se dirá que este nivel con estructuras de deformación pertenecen en realidad a la Formación Allen, en cuanto al origen de la deformación no se discutirá o entrará en detalle ya que escapa a las incumbencias del presente trabajo.

Armas *et al.* (2014) realizan un estudio sedimentológico y análisis petrográficos de la Formación Anacleto en afloramientos cercanos a la ciudad de Neuquén. A raíz de estos estudios, obtuvieron datos de paleocorrientes hacia al noreste, e indican composiciones de areniscas tipo arenitas subarkósicas, arkósicas, líticas y en menor medida sublitoarenitas. También, sugieren que fuentes de aporte de los sistemas fluviales procederían de las áreas altas del Macizo Nordpatagónico, además las autoras sugieren condiciones semiáridas a semihúmedas, con fuerte estacionalidad climática durante la deposición de la Formación Anacleto.

Recientemente, Delaloye (2017) trabajó sobre la Formación Allen en el área de estudio de este trabajo, donde discutió la ubicación del contacto entre dicha unidad y la Formación Anacleto. La autora, a diferencia de los trabajos de Sánchez (*et al.*, 2006), Sánchez & Armas (2008), confina a la sedimentación marina dentro de la Formación Allen, conservando el carácter netamente continental para la Formación Anacleto.

Paleontología

En cuanto a los antecedentes paleontológicos, la Formación Anacleto cuenta con un amplio registro fósil, integrado principalmente por dinosaurios saurópodos y terópodos, y en menor medida por restos de otros reptiles terrestres. En lo que respecta al área de estudio, cabe mencionar el trabajo realizado por Heredia y Salgado (1999), quienes realizan una recopilación de los fósiles hallados hasta ese momento en las localidades

de Cinco Saltos y Lago Pellegrini, y los reposicionan estratigráficamente dentro de la Formación Anacleto.

Entre los dinosaurios saurópodos registrados en esta formación, caben mencionar *Neuquensaurus australis* (Lydekker, 1893; Powell, 1986; Salgado *et al.*, 2005), *Antarctosaurus wichmannianus* (Huene, 1929), *Titanosaurus araukanikus* (Huene, 1929), *Pellegrinisaurus powelli* (Salgado, 1996), *Rinconsaurus caudamirus* (Calvo & González Riga, 2003), y *Pitekunsaurus macayai* (Filippi & Garrido, 2008) siendo este el titanosaurio más completo hallado hasta el momento, otros saurópodos son *Barrosasaurus casamiquelai* (Salgado & Coria, 2009), *Narambuenatitan palomoi* (Filippi *et al.*, 2011) y *Overosaurus paradasorum* (Coria *et al.*, 2013). Recientemente, Porfiri (*et al.*, 2019), registraron en la localidad de Neuquén, material fósil asignado a *Bonitasaura salgadoi* (Apesteguía, 2004) sobre la base de la Formación Anacleto, extendiendo el registro de esa especie.

En la región denominada “Auca Mahuevo”, en el extremo sudoriental de la sierra de Auca Mahuida, se ubica uno de los yacimientos de huevos de dinosaurios más importantes del mundo, donde se han hallado gran cantidad de nidadas de titanosaurios cuyos huevos son del oogeno *Megaloolithus*, los cuales, algunos de ellos presentan restos de embriones y tejido fosilizado (Chiappe *et al.*, 1998, 2000, 2001; Chiappe & Coria, 2004).

A lo que respecta al registro de dinosaurios terópodos, el primero registrado para esta unidad fue *Abelisaurus comahuensis* (Bonaparte y Novas, 1985), en el sector oriental de la cuenca. Más tarde, en la región septentrional de la cuenca se halló otro abelisáurido en la sierra de Auca Mahuida denominado *Aucasaurus garridoi* (Coria *et al.*, 2002a), y el megaraptórido *Aeroston ricoloradensis* (Serenio *et al.*, 2008) hallado al sur de Mendoza. Recientemente, Gianechini (*et al.*, 2015) y Baiano (*et al.*, 2015) describen un nuevo abelisáurido braquirostrano basal, aunque el material descrito es un poco fragmentario. Mientras que Aranciaga (*et al.*, 2015), registraron restos de un megaraptorido hallado en territorio mendocino, cercano al sitio donde se recolectaron los restos de *Aeroston ricoloradensis*.

En cuanto a los demás vertebrados fósiles registrados para la Formación Anacleto, se citan restos de un posible lagarto *teiidae* (Albino, 2002), las especies de cocodrilos *Pehuenchesuchus enderi* (Turner & Calvo, 2005) y *Gasparinisuchus peirosauroides* (Martinelli *et al.*, 2012), también se han hallado en distintos afloramientos diversos ejemplares de la serpiente *Dinilysia patagónica* (Smith-Wodward, 1901) y *Dinilysia* sp. (Scanferla & Canale, 2007; Filippi y Garrido, 2012). Garrido (2010a) señala restos de tortugas de gran tamaño en la región de Rincón de los Sauces. En ese mismo año, de la Fuente (*et al.*, 2010) describen restos de una tortuga, siendo el hallazgo más antiguo del grupo de las Pleurodiras denominada *Yaminuechelys* cf. *gasparinii*. Además, es de destacar el registro de peces Dipnoos provenientes de la Formación Anacleto al sur de Mendoza (Pinto *et al.*, 2017). En cuanto al registro de aves, Coria (*et al.*, 2002b) registró tres icnotaxones de aves en Sierra Barrosa.

En tanto a los registros paleobotánicos referidos a la Formación Anacleto, Musacchio (1973) identifica restos de carófitas. Petriella (1978) describió dos especies de Cycadales, *Bororoa andreisii* y *Bororoa anzulovichii* halladas en la provincia de Río Negro. Más recientemente, Martínez (2012) describe una nueva especie de palmera en la región de Auca Mahuevo, denominada *Palmoxylon garridoi*. En la misma región, Martínez (2010 y 2012) menciona la presencia de restos de gramíneas mineralizadas, mientras que Garrido (2010b) señala la presencia de restos de leños y troncos silicificados.

En lo que respecta a los antecedentes locales, los afloramientos de las localidades de Cinco Saltos y Lago Pellegrini han brindado numerosos restos fósiles de gran valor, entre los saurópodos se registró al saltosaurino *Neuquensaurus australis* (Lydekker, 1893) uno de los primeros saurópodos conocidos de la Argentina, también especies de titanosaurios como *Titanosaurus araukanikus* (Powell, 1986) y *Pellegrinisaurus powelli* (Salgado, 1996). Además, en la localidad de Cinco Saltos se halló el holotipo del ornitópodo *Gasparinisaura cincosaltensis* (Coria y Salgado, 1996), mientras que en la zona del lago Pellegrini se halló al holotipo de terópodo *Abelisaurus comahuensis* (Bonaparte y Novas, 1985), el cual dio origen a la familia de dinosaurios Abelisáuridos. Heredia y Salgado (1999) mencionan restos indeterminados de un terópodo, una tortuga y un cocodrilo, además de ejemplares de la serpiente *Dinilysia patagónica*.

2.2.2 Formación Allen

Antecedentes

Esta unidad fue referida inicialmente bajo la denominación de “Grupo Allen” por Roll (1939) para referirse a las sedimentitas que suprayacen a los “estratos de Anacleto” en Balsa Córdova (actual Paso Córdova, localidad de General Roca). Sin embargo, Uliana & Dellapé (1981) en las proximidades de El Caracol (en el borde oriental del bajo de Añelo) redefinieron a ésta como nueva localidad y perfil tipo para la Fm. Allen, donde allí se exponen las relaciones estratigráficas de base y techo.

Durante mucho tiempo diversos autores consideraron a esta unidad vinculada al Grupo Neuquén y se la incluía en los esquemas estratigráficos dentro de éste bajo la denominación “Miembro Allen” (de Ferrariis, 1968; Digregorio, 1972; Cazau & Uliana, 1973). Posteriormente, Andreis (*et al.*, 1974) rejerarquizaron la unidad bajo el termino actual “Fm. Allen” e interpretaron y generalizaron el concepto de que la Fm. Allen es genéticamente relacionada con el ciclo malalhueyano, luego otros autores (Uliana, 1979; Ramos, 1981) siguieron este criterio incluyéndola en sus esquemas dentro del Grupo Malargüe.

Distribucion areal

La Formación Allen aflora en las provincias de Neuquén, Río Negro y La Pampa, mientras que en la provincia de Mendoza, sedimentitas equivalentes son conocidas con el nombre de Formación Loncoche. Dentro de la Cuenca Neuquina, las sedimentitas de la Fm. Allen se encuentran presentes al sur del campo volcánico del Auca Mahuida y siguen en el sector nororiental de la cuenca, donde afloran en una faja continua entre Lomas Coloradas y Sierra Blanca. En el borde oriental de la cuenca, afloran en el bajo de Añelo en forma casi continua hasta alrededores del Lago Pellegrini y Cinco Saltos, otros asomos se ubican en las barrancas de la margen derecha del río Neuquén, en las proximidades de Planicie Banderita. En la sierra Barrosa y al norte de Challacó se hallan afloramientos reducidos truncados por depósitos cenozoicos (Rodríguez, 2011).

Relaciones estratigráficas y edad

La Formación Allen, unidad basal del Grupo Malargüe, suprayace a los depósitos continentales del Grupo Neuquén y es cubierta por los depósitos marinos de la Formación Jagüel (Grupo Malargüe), no estando presente en el sitio de estudio. El contacto inferior con la Fm. Anacleto es del tipo erosivo, mediante la discordancia Huantraíquica la cual marcaría la ingresión marina del Océano Atlántico. Cabe mencionar que la Fm. Allen posee un equivalente formacional en el sector septentrional de la cuenca, denominada Formación Loncoche (Rodríguez, 2011).

La edad de la Fm. Allen se ha establecido en el Campaniano Tardío – Maastrichtiano Temprano, sobre la base de la edad intracampaniana de la discordancia Huantraíquica (Hugo & Leanza 2001) y estudios magnetoestratigráficos y micropaleontológico. En el área de Auca Mahuevo, los estudios paleomagnéticos realizados por Dingus (*et al.*, 2009) inmediatamente sobre el contacto formacional con la Fm. Anacleto, determinaron una polaridad inversa C32R (74,5 Ma.) para la sección basal de la Formación Allen. Mientras que Ballent (1980) basado en el análisis de ostrácodos, indicó una edad campaniana media - maastrichtiana temprana para la microfauna procedente de la sección superior de la Fm. Allen en la zona del lago Pellegrini.

Litología y paleoambientes

La Fm. Allen se compone de areniscas amarillentas a ocre en su tramo basal, arcilitas bentónicas de color verde oliva a ocre en su sección media y yeso en su sección superior. Sobre las areniscas basales, se presentan arcilitas bentónicas laminadas de coloración verde oliva claro con presencia de abundante yeso que caracteriza a la sección media de la unidad. La sección superior se presenta como yeso blanco laminado, con múltiples repliegues y con calizas intercaladas asociadas con arcilitas verdosas. En cuanto a las arcilitas bentónicas, en los análisis realizados por Impiccini (1995) señala que los mismos tuvieron origen en la alteración de cenizas volcánicas de

composición riolítica-riodacítica, depositadas en cuerpos de agua salobres cerrados o parcialmente conectados, tales como albuferas o lagoons.

Paleoambientalmente, en líneas generales diversos autores han interpretado que las sedimentitas de la Fm. Allen se depositaron bajo condiciones litorales a marino marginales (Andreis *et al.*, 1974; Uliana, 1979; Uliana & Dellapé, 1981; Barrio, 1990, 1991; Sánchez *et al.*, 2006; Sánchez & Armas, 2008; Armas & Sánchez, 2011). Recientemente en el área de estudio, Delaloye (2017) reconoce para los depósitos de la sección inferior de la Fm. Allen sistemas de canales y planicies mareales que gradan desde condiciones submareales a intermareales, vinculándolo a un dominio litoral de un mar epicontinental.

Paleontología

La Formación Allen presenta un interesante contenido paleontológico conocido desde principios del siglo XX, tanto de invertebrados como de vertebrados. Entre sus registros de invertebrados pueden mencionarse pelecípodos (*Corbícula sp.*) y gastrópodos de agua dulce (*Hydrobia sp.*; *Viviparus sp.*), bivalvos marinos, abundantes registros de ostrácodos (Ballent, 1980), y escasos foraminíferos de ambientes salobres halladas en lago Pellegrini (Náñez, 2007).

Entre el registro de vertebrados se mencionan al saurópodo titanosáurido *Panamericansaurus schroederi* (Calvo & Porfiri, 2010) hallado en San Patricio del Chañar, otros dinosaurios hallados en esta unidad corresponden a ornitisquios hadrosáuridos. También, el registro de plesiosaurios en la Formación Allen es abundante, donde se conoce desde la década de 1970 a través de la descripción de un esqueleto post-craneano hallado en los alrededores del Lago Pellegrini (Gasparini y Goñi, 1985) y se han registrado tanto plesiosaurios asignados a *Elasmosauridae* como a *Polycotylidae* (O'Gorman *et al.*, 2011). En localidades próximas del noroeste de Río Negro se hallaron restos de titanosáuridos, hadrosáuridos, plesiosaurios, cocodrilos, tortugas, además de huevos e icnitas de dinosaurios (véase Leanza *et al.*, 2004). Otros registros, son restos de cocodrilos, placas de tortugas y dientes de peces pulmonados (*Ceratodus*) y restos vegetales (Rodríguez, 2011).

En el área de estudio, lo referido al contenido de paleovertebrados dentro de la Formación Allen se destacan los trabajos elaborados por Gasparini & Goñi (1985), Gasparini & Salgado (2000), Heredia & Salgado (1999), de la Fuente *et al.* (2001).

3. ESTRATIGRAFÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1 Estratigrafía del área

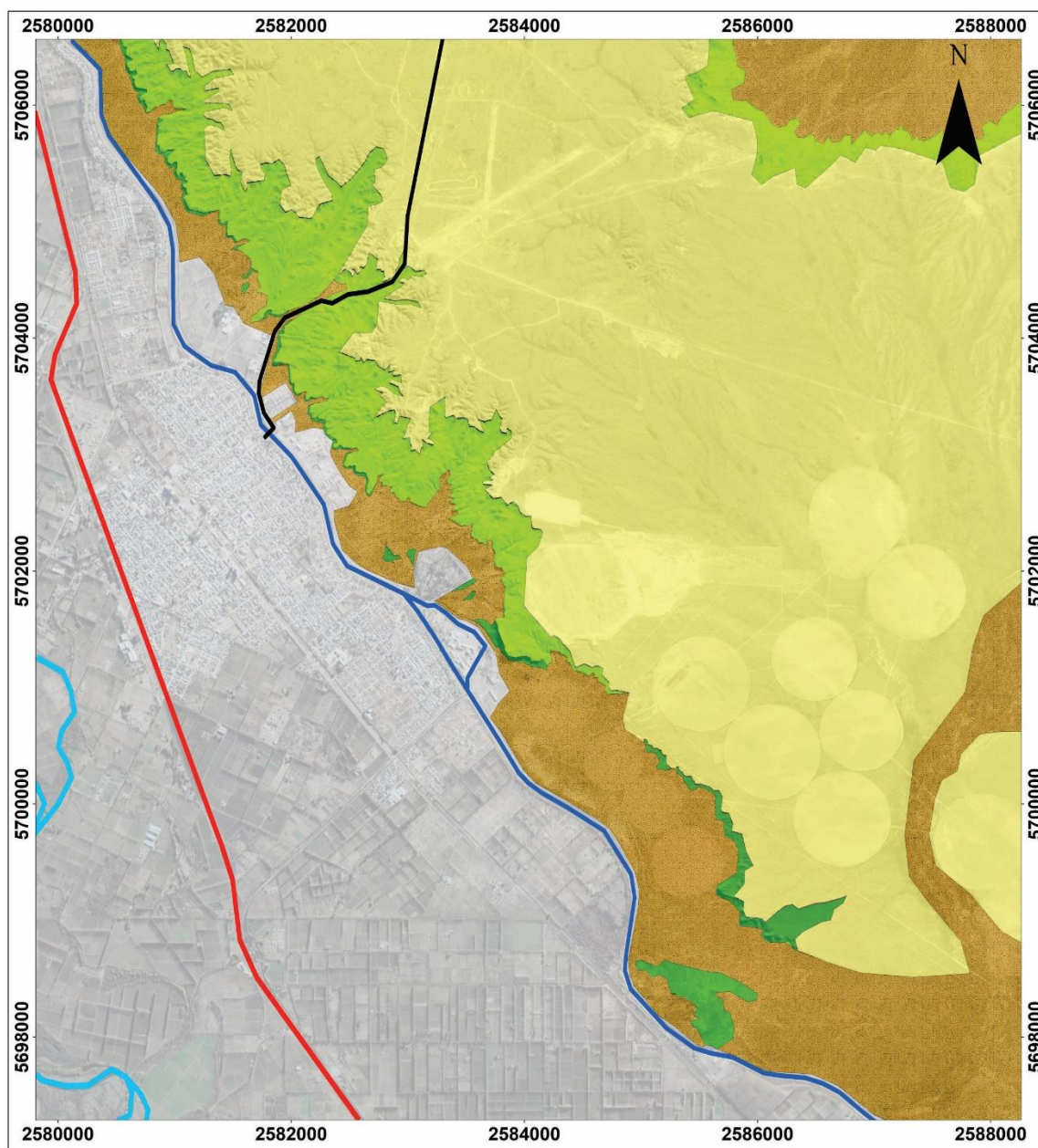
A partir de la información previa aportada por la hoja geológica Neuquén 3969-II (Rodríguez *et al.*, 2007) y observaciones propias en afloramiento, se reconocieron las unidades aflorantes en el sector de interés y se confeccionó un mapa geológico de detalle del área de estudio (Figura 3).

Dentro de la faja de afloramientos analizada, expuesta en las bardas ubicadas al E y NE de la localidad de Cinco Saltos (provincia de Río Negro), sólo se encuentra visible la sección superior o cuspidal de la Formación Anacleto (Subgrupo Río Colorado, Grupo Neuquén), integrada predominantemente por fangolitas y areniscas rojizas. Aparecen expuestas en los frentes de las bardas como fajas continuas, ubicadas sobre la margen izquierda del canal principal de riego, presentándose con espesores variables, alcanzando un espesor máximo de 15 m en el sector sureste del área de estudio. Por encima, en contacto erosivo, se deposita el miembro inferior de la Formación Allen (Grupo Malargüe), el cual es representado por estratos tabulares de areniscas y arcilitas amarillentas verdosas, con algunos niveles de yeso. Ya un poco más alejado de la faja de afloramientos estudiados, en dirección norte hacia zona del Lago Pellegrini se expone el miembro medio de la Formación Allen, la cual es predominantemente arcilloso esmectítico de coloración amarillo ocre-verde oliva. La columna estratigráfica aflorante en el sitio de interés (Figura 4), se completa con depósitos de conglomerados pleistocenos, que conforman la parte alta de la meseta y representan una antigua terraza fluvial del Río Neuquén.






En el área de estudio los trabajos realizados por Sánchez *et al.* (2006, 2013), Sánchez & Armas (2008) y Armas & Sánchez (2011), indican dos paleoambientes para la Formación Anacleto, uno fluvial sinuoso anastomosado y otro estuárico, siendo este último indicado para la sección cuspidal de la unidad formacional. De esta manera, las autoras sugieren depositación marina-litoral asociado a la transgresión atlántica para el tope del Grupo Neuquén. En la misma área, las autoras también interpretan dentro de la Formación Anacleto el desarrollo de un horizonte sismogénico (Sánchez *et al.*, 2013), el cual fue discutido y rebatido por Delaloye (2017) asignándolo a la Formación Allen, asignando el origen de las estructuras de deformacionales a procesos de deslizamientos y deformaciones por oleaje y eventos de tormenta.

Sin embargo, en base a observaciones propias se interpreta a la Formación Anacleto de ambiente fluvial de alta sinuosidad, de carácter netamente continental sin influencia marina. En cuanto al “horizonte sismogénico”, se coincide con el criterio de Delaloye (2017) en que el mismo pertenece, en realidad, a la Formación Allen.

Mapa Geológico de la localidad de Cinco Saltos



Referencias

-  Aluvios y coluvios actuales
-  Terraza Pleistocena
-  Fm. Allen
-  Fm. Anacleto
-  Zona Urbanizada

0 0,5 1 2 Km





-  Ruta Nacional N° 151
-  Ruta Prov. N° 65
-  Canal Principal de Riego
-  Río Neuquén

Figura 3 – Mapa geológico de detalle, escala 1:100, de la localidad de Cinco Saltos, Río Negro (Argentina).

3.2 Descripción de columnas estratigráficas

En este capítulo se muestran los perfiles estratigráficos realizados (Figuras 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12), junto a una correlación de los mismos (Figura 13). En los mismos, se exhibe la variabilidad lateral litofacial y geométrica de los cuerpos sedimentarios; los cuales caracterizan a los depósitos cuspidales de la Formación Anacleto dentro del área de estudio.

Para ello, se realizó un relevamiento geológico de superficie donde se efectuaron 7 perfiles litoestratigráficos de detalle (representados a una escala de 1:100), controlados y correlacionados lateralmente. En algunos casos donde los depósitos se hallan mayormente cubiertos, se efectuaron 2 perfiles adyacentes, escasamente distantes entre sí, para correlacionarlos y graficarlos bajo una única columna a fines de que queden representados la totalidad de los depósitos de la unidad.

Así mismo, durante las tareas de relevamiento, se prestó especial atención a las superficies de delimitación estratigráficas de mayor orden, con especial énfasis al reconocimiento y ubicación de la discordancia Huantráiquica. Cabe aclarar, que la caracterización e identificación de los subambientes correspondientes a los depósitos de la Formación Allen, fue adoptada del trabajo desarrollado en esta misma área por Delaloye (2017).

Los depósitos que suprayacen inmediatamente a dicha superficie de discontinuidad, es dado por los depósitos de canales mareales y de planicie submareal (Delaloye, 2017), de la base de la Formación Allen, evidenciando un aporte sedimentario originado a partir del retrabajo de los depósitos de la unidad infrayacente. Este reciclado, que involucra erosión y posterior sedimentación de ese material detrítico, le confiere a dichos depósitos un aspecto litológico similar a la unidad erosionada (Formación Anacleto).

En la Figura 5, se muestra la ubicación de los perfiles litoestratigráficos (P) efectuados en este trabajo, enumerados en orden correlativo y ascendente, desde el noroeste al sureste.

Ubicación de los perfiles estratigráficos levantados en el área de estudio

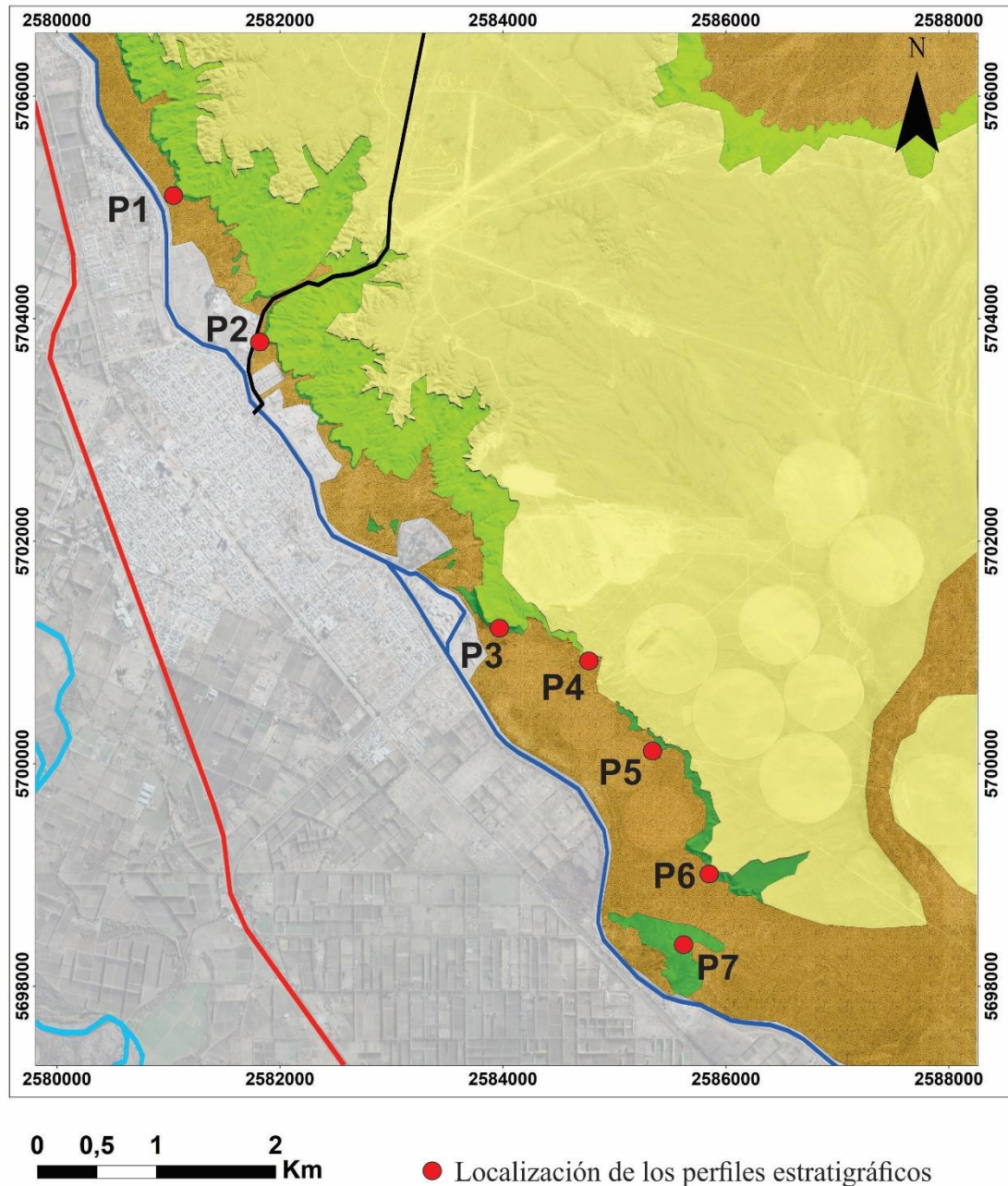


Figura 5 – Mapa de ubicación de los siete perfiles estratigráficos (P) relevados en una transecta de 9 km de extensión.

Los afloramientos de la Formación Anacleto, representados y expuestos entre los perfiles 1 y 2, se caracterizan por ser perfiles de corta exposición, cuyos afloramientos no superan los 4 m de espesor. Estos son representados principalmente por depósitos fangolíticos mantiformes de gran extensión lateral. Dichos depósitos, en este sector, exhiben características de procesos pedogenéticos y edafización. Eventualmente, estos depósitos son cortados por cuerpos psamíticos, mantiformes a lenticulares, de no más de














1 metro de espesor. En las ocasiones que la estructura interna lo permitió, las paleocorrientes medidas en este sector, indican direcciones suroeste.

Cabe mencionar que en este sector, y vinculado a estos depósitos psamíticos han sido hallados algunos especímenes del ornitópedo *Gasparinisaura cincosaltensis*.

En cuanto al límite superior con la Formación Allen, en este sector, la discordancia Huantraíquica se exhibe como una discordancia erosiva, caracterizada por depósitos fangolíticos violáceos de planicie submareal fangosa y canales submareales (Delaloye, 2017). En ocasiones, el contacto erosivo es dado por canales mareales psamíticos, de tonalidades amarillentas, que truncan a los depósitos de la Formación Anacleto. Estos depósitos violáceos de la Formación Allen, representan el nivel de retrabajo que el antiguo mar de Kawas ejerció sobre el sustrato (la Fm. Anacleto), el cual alcanza 1 m de espesor.

Para referencias de las litofacies mostradas en los perfiles, véase la Tabla 1 en el capítulo 4, mientras que, para las referencias de los elementos arquitecturales véase la Tabla 2, en el capítulo 5.

Referencias

	Arenisca		Concreciones
	Fangolita		Bioturbación
	Sabulita		Troncos petrificados
	Laminación ondulítica		Restos de vertebrados fósiles
	Est. Cruzada planar		Cristales de yeso
	Est. Cruzada asintótica		
	Est. entrecruzada o acanalada		
	Laminación Paralela		

Referencias litológicas y simbólicas de los perfiles representados a continuación

Perfil 1 - 38° 48' 06" S; 68° 03' 59" O

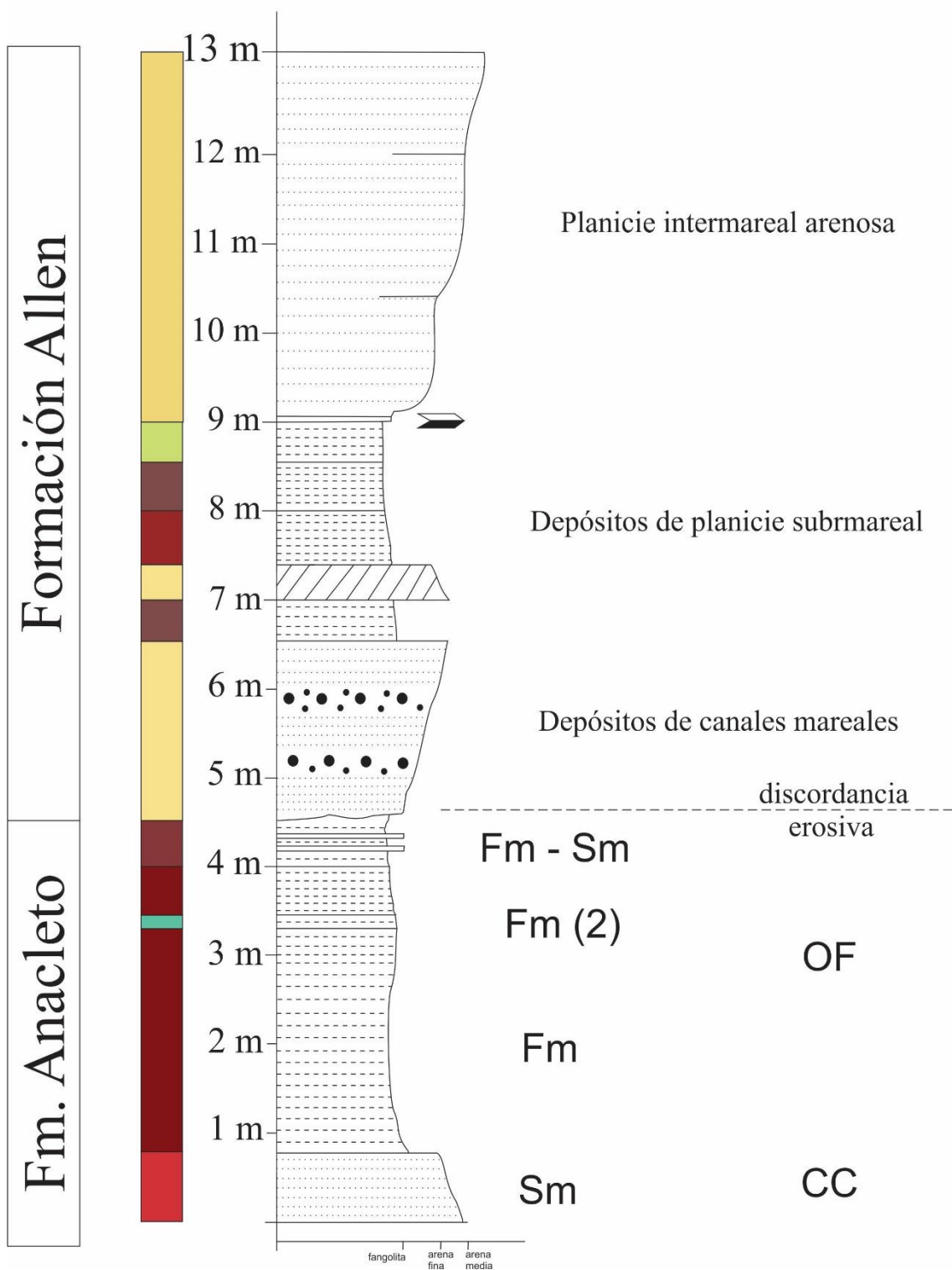


Figura 6 – Perfil estratigráfico P1.

Perfil 2 - 38° 48' 50" S; 68° 03' 30" O

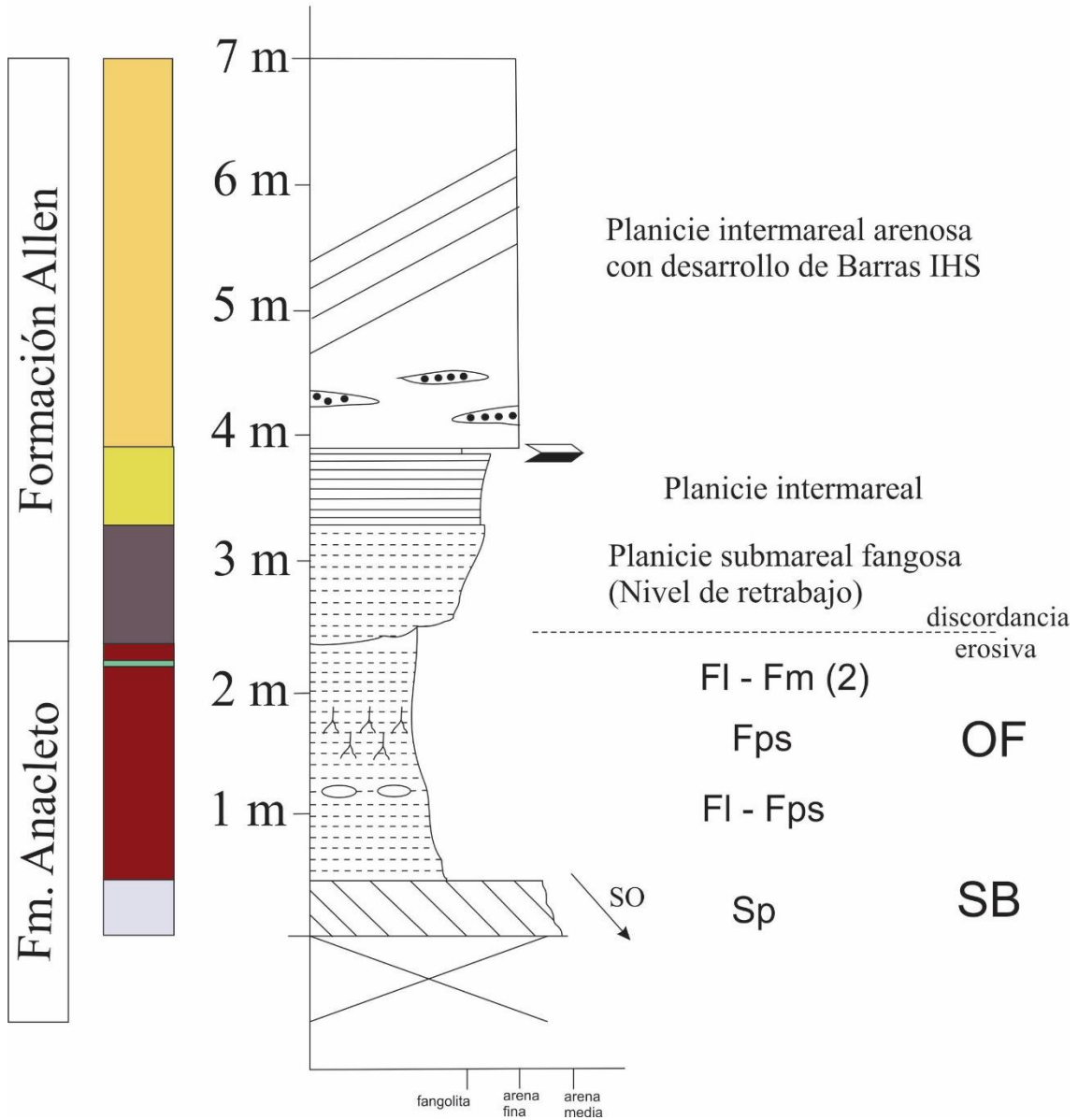


Figura 7 – Perfil estratigráfico P2. Nota: Barras IHS es referido a macroformas de acreción lateral, es decir, barras de canales intermareales (Delaloye, 2017).

Perfil 3 - 38° 50' 14" S; 68° 02' 02"

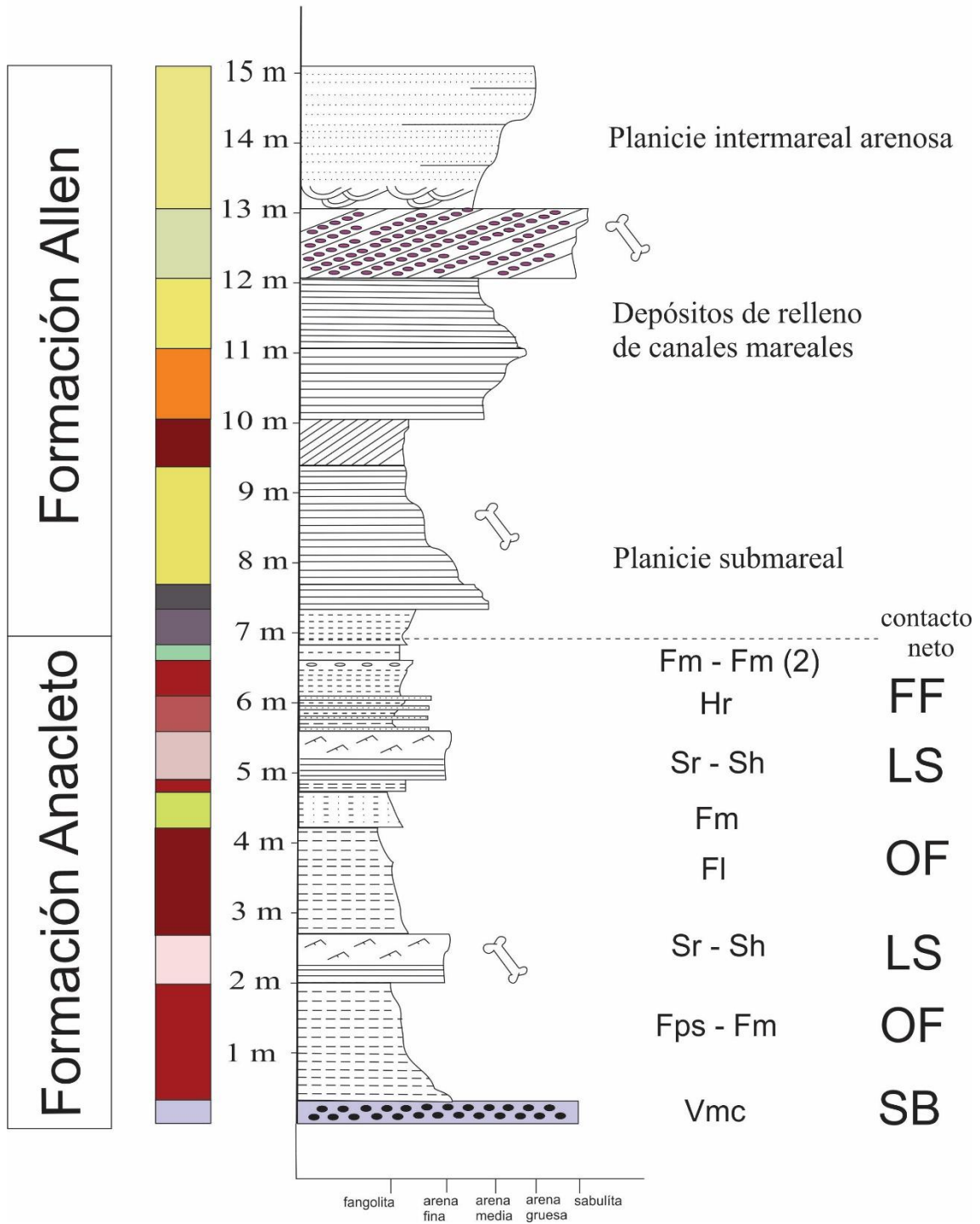


Figura 8 – Perfil estratigráfico P3.

Perfil 4 - 38° 50' 20" S; 68° 01' 02" O

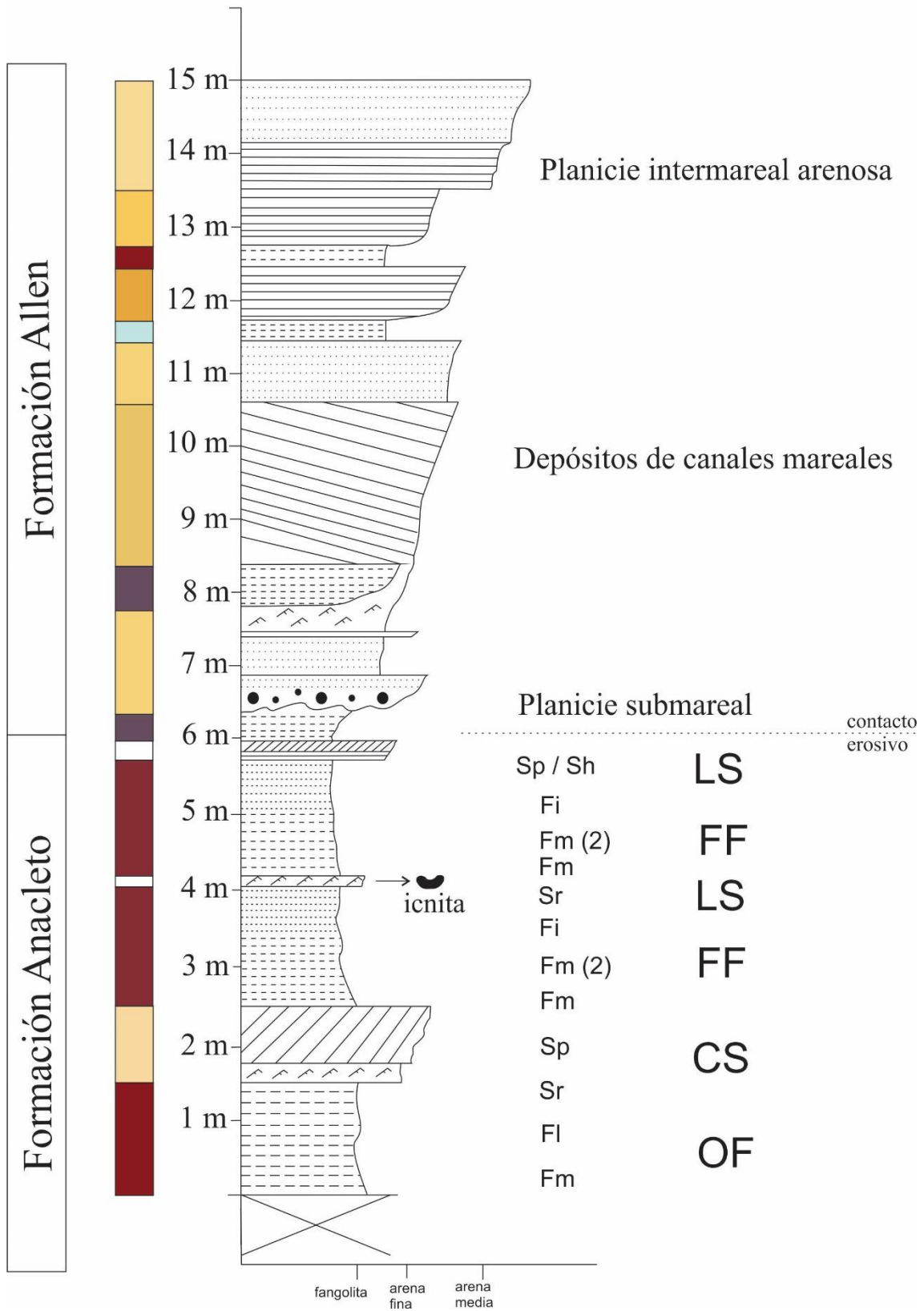


Figura 9 – Perfil estratigráfico P4.

En el sector entre los perfiles 2 y 3, la faja de afloramientos pierde espesor, al punto de no verse expuestos los afloramientos de la Formación Anacleto. Esto responde a un efecto topográfico-altitudinal.

Entre los perfiles 3, 4 y 5, la sucesión expuesta de la Formación Anacleto alcanza hasta los 7 m de espesor, con un claro dominio de depósitos fangolíticos mantiformes de planicie de inundación, pero a diferencia del sector entre los perfiles 1 y 2, en estos sectores son menos frecuentes los rasgos de edafización. Es de destacar, que aquí, la variación lateral de facies es mayor y se encuentran un mayor número de cuerpos psamíticos mantiformes, dichos cuerpos no superan el metro de espesor. Las paleocorrientes medidas en estos depósitos indican direcciones noroeste.

También, cabe destacar que en estos sectores es donde mayor número de bioclastos y restos fósiles se han hallado. Siendo los depósitos de relleno de canales mareales de la Formación Allen, los más fosilíferos.

El contacto con la unidad formacional superior es neto, en ocasiones difícil de identificar. Se manifiesta como una extensa superficie estratigráfica de geometría planar (perfiles 3 y 4). Los depósitos suprayacentes al contacto, es dado por un horizonte de fangolita violácea con espesores menores a los 0,5 m. Luego, siguiendo la faja de afloramientos hacia el sureste, los depósitos de la Formación Allen se encuentran ausentes, quedando la Formación Anacleto en contacto erosivo con depósitos cenozoicos (perfil 6).

Los depósitos de la Formación Anacleto en el extremo sureste del área de estudio se encuentran en contacto superior, erosivo, con depósitos psamíticos cuaternarios, de carácter eólico y edafizados a tal punto que desarrollaron duricostras de yeso (gypcretes).

En este punto del área analizada (perfil 6), los depósitos de la Fm. Anacleto alcanzan los mayores espesores (15 m) con un dominio de depósitos fangolíticos, en ocasiones con características de edafización, y desarrollo de cuerpos arenosos lenticulares a canaliformes, donde alcanzan los mayores espesores (hasta 6 m de potencia en el tramo medio de la sucesión).

Pero la principal particularidad en este sector, son los depósitos fangolíticos caracterizados por su aspecto bandeado (perfil 7), que se presentan como una variación lateral de facies (Figura 14), dentro de la planicie de inundación.

Perfil 5 - 38° 50' 52" S; 68° 00' 59" O

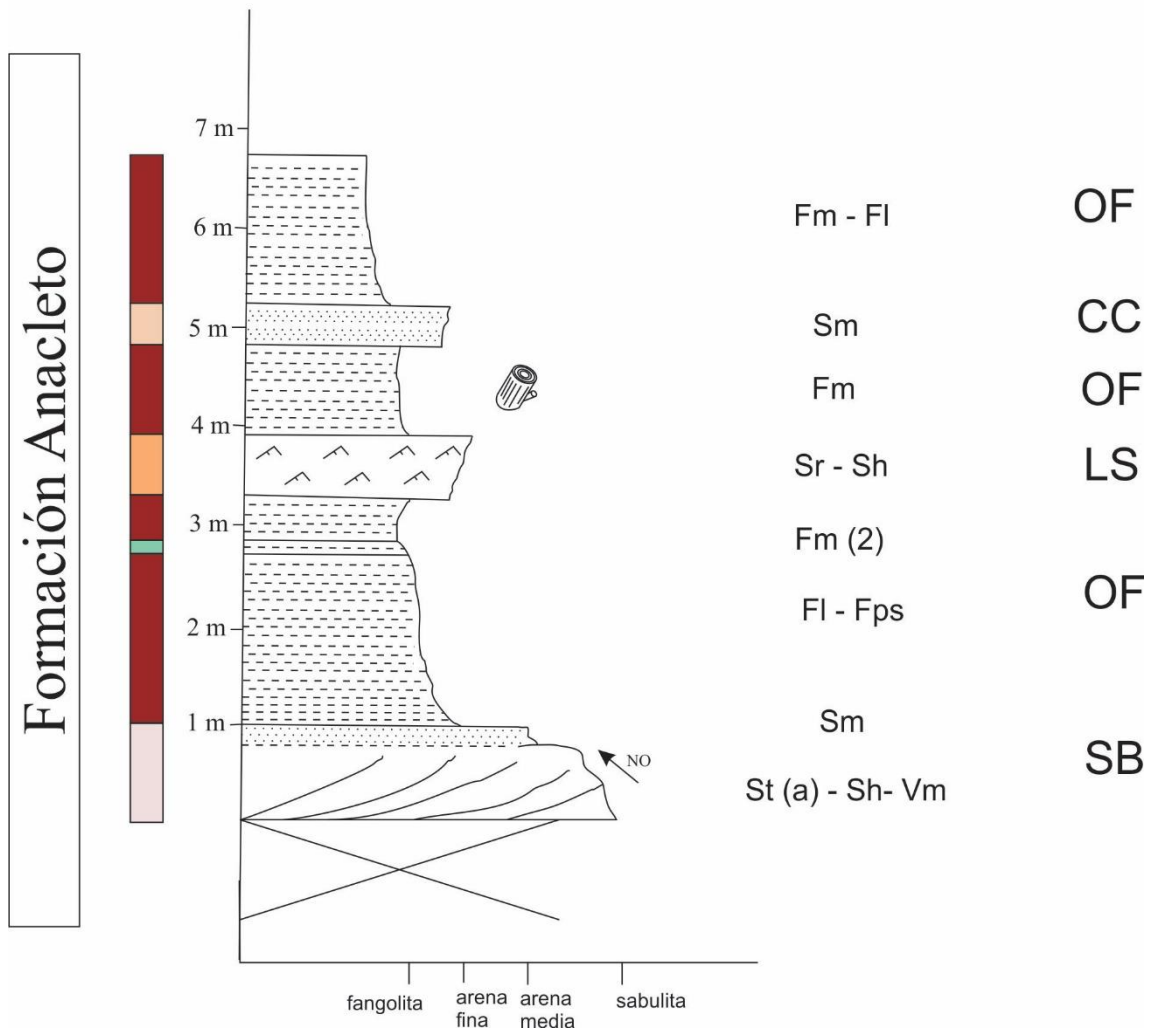


Figura 10 – Perfil estratigráfico P5.

Perfil 6 - 38° 51' 33" S; 68° 00' 31" O

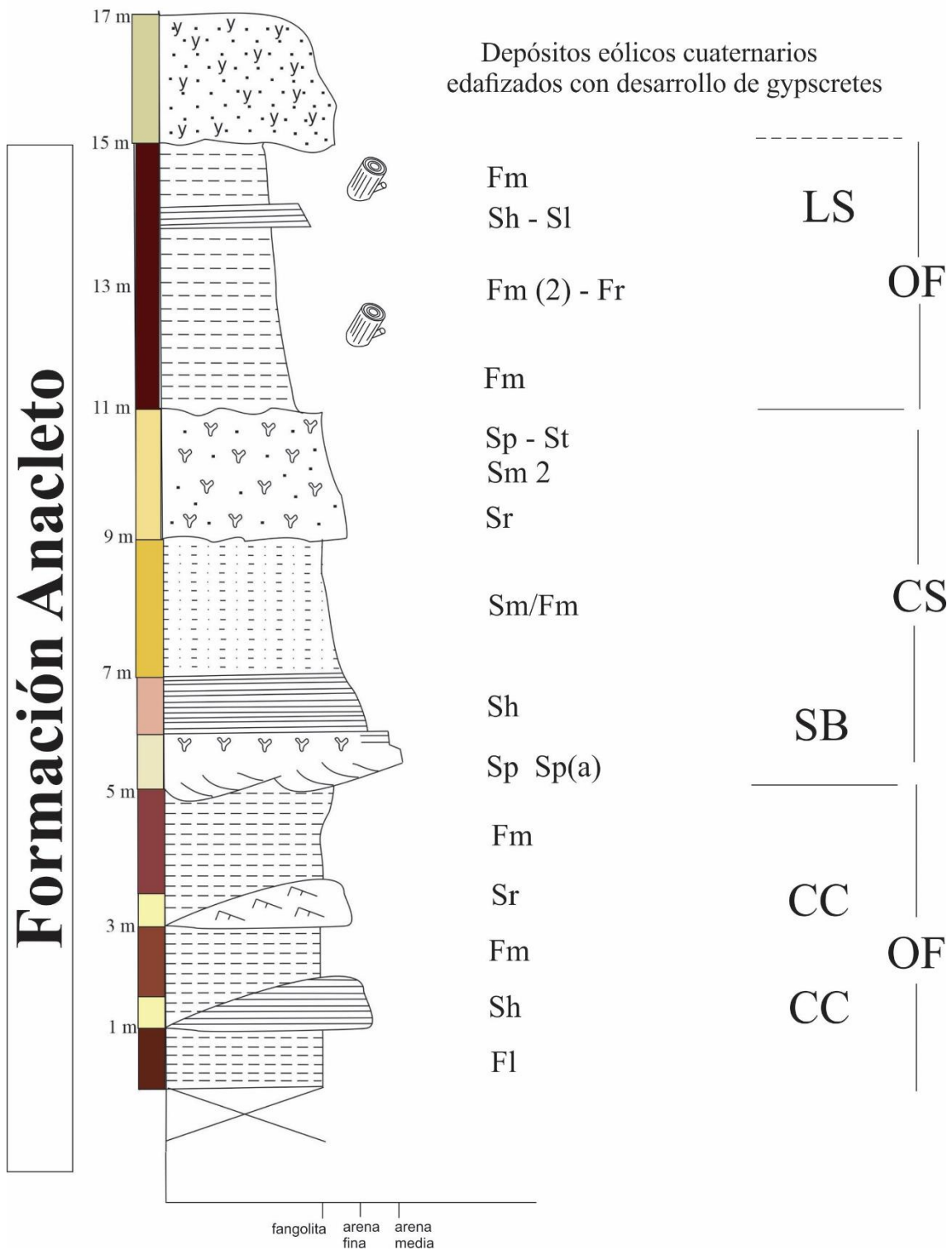


Figura 11 – Perfil estratigráfico P6.

Perfil 7 - 38° 51' 48" S; 68° 00' 51" O

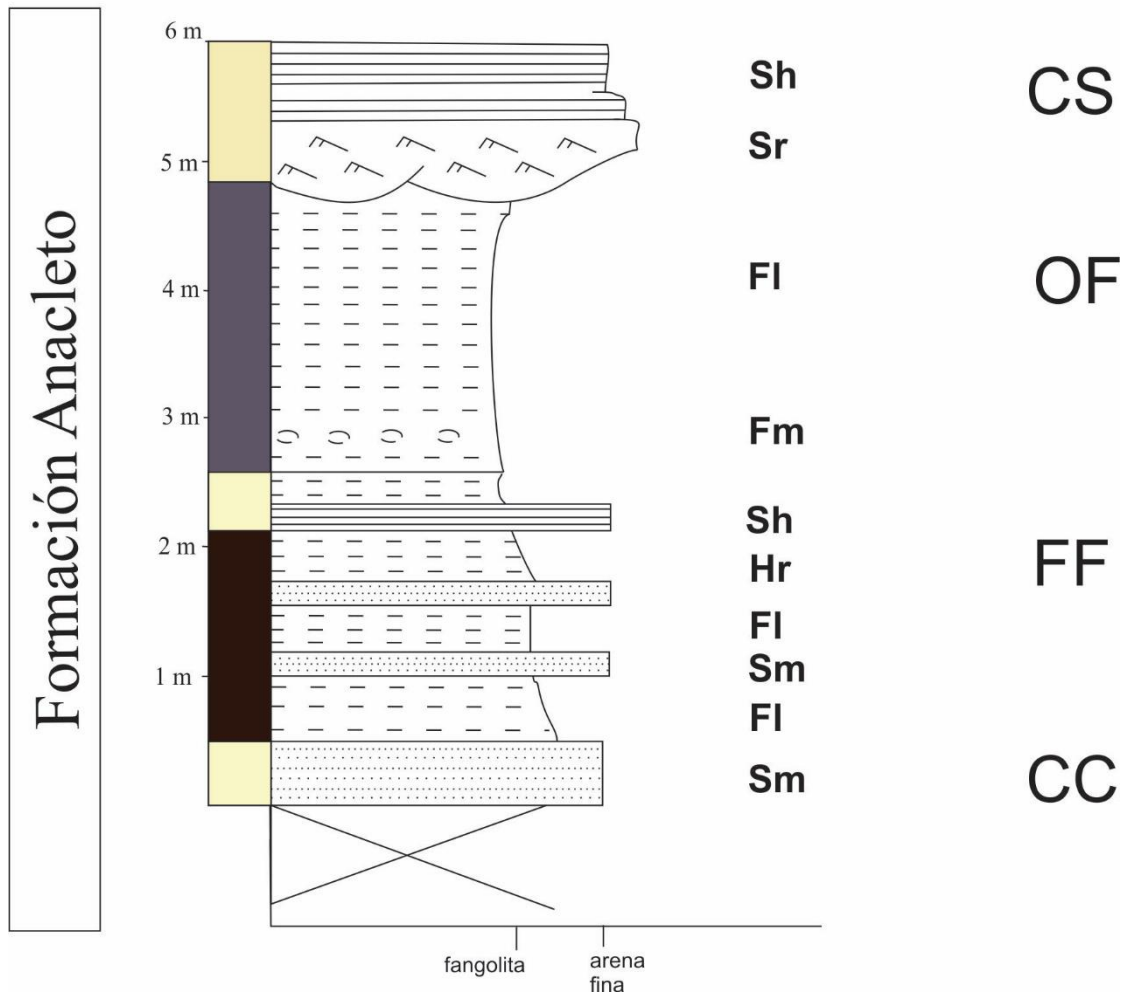


Figura 12 – Perfil estratigráfico P7.

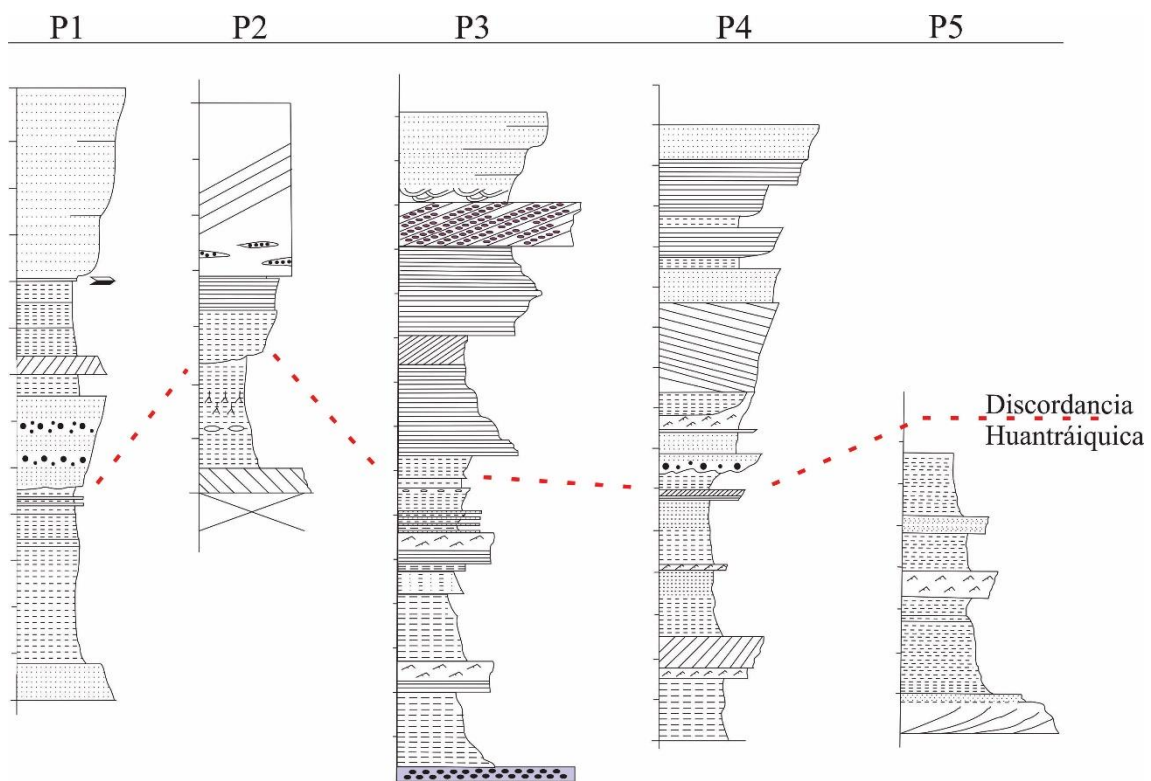


Figura 13 – Correlación estratigráfica de los perfiles P1, P2, P3, P4 y P5.

P6

P7

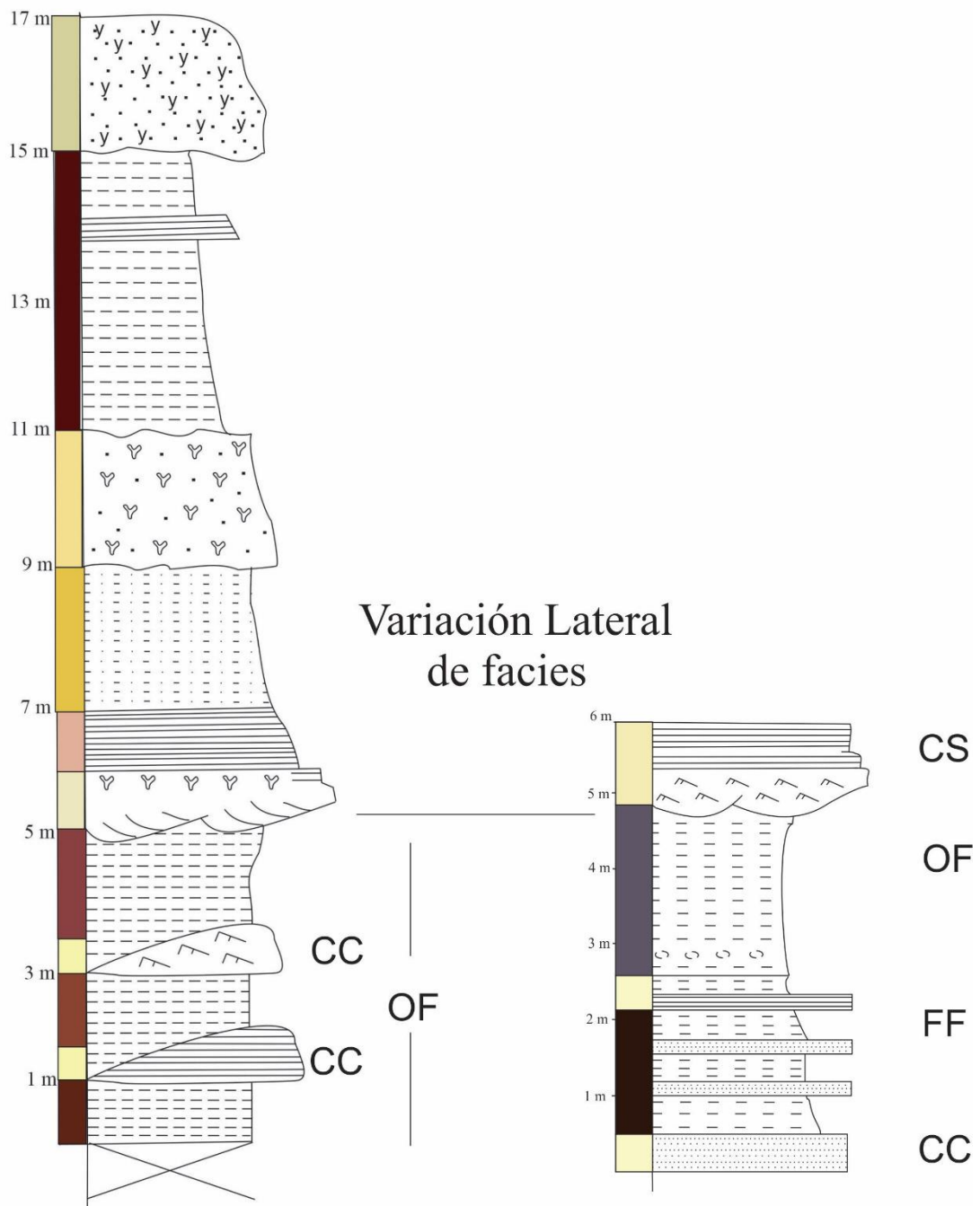


Figura 14 – Correlación de los perfiles estratigráficos P6 y P7, donde se muestra la variación lateral de facies de planicie de inundación (OF) a facies “lacustres” (FF).

4. ANÁLISIS LITOFACIAL

El siguiente análisis de facies sedimentarias se realizó adoptando la nomenclatura litofacial propuesta por Miall (1985; 1996). De acuerdo a este autor, las litofacies se denominan según su tamaño de grano por una letra mayúscula (G: grava, S: arena, F: limo y/o arcilla) y por sus estructuras sedimentarias representadas por una letra minúscula (p: estratificación cruzada planar, m: masiva, h: laminación horizontal, mc: maciza a cruda, l: estratificación horizontal de bajo ángulo, r: laminación ondulítica, p(a): estratificación planar asintótica, t: estratificación cruzada en artesa). Sin embargo, para una mejor interpretación de los depósitos, fue necesario incorporar nuevas facies que se ajustaran a los afloramientos, ya que no siempre todos los sistemas depositacionales se ajustan estrictamente al código litofacial de Miall. Por ejemplo, en este trabajo se incorporó la denominación “V” para referirse a las sabulítas, término adoptado del trabajo de Delaloye (2017). También se incorporaron los códigos faciales “H” para las heterolitas, y los sufijos (s: lentes de arena, para las heterolitas; ps: paleosuelos, para las fangolitas con presencia de rasgos edáficos; i: intercalación/bandeado; l: laminadas para las fangolitas).

A continuación, se describen las litofacies fluviales que han sido registradas para la Formación Anacleto en el área de estudio. Al final de este capítulo, en la Tabla 1, se resumen las litofacies descriptas.

4.1 Facies psamíticas

Sabulíta polimíctica maciza a estratificación cruda (Vmc)

Horizonte sabulítico de tonalidades grisáceas, constituido por clastos principalmente de cuarzo y líticos subangulosos a subredondeados, de tamaño de grano promedio de 2-3 mm. No presenta matriz, por lo que muestra una concentración de granos entremezclados de distintos tamaños reflejando la pobre madurez textural. El horizonte se encuentra fuertemente consolidado presentando un arreglo interno granodecreciente, con desarrollo de estratificación cruda en su base y gradando hacia un depósito netamente macizo. Esta litofacies constituye delgados cuerpos mantiformes de geometría tabular de 30 cm de espesor y amplia extensión lateral, con contactos netos, planos a irregulares (Figura 15).

Interpretación: Depósitos de lecho, desarrollados por corrientes tractivas de alta energía y bajo régimen de flujo, pudiendo asociarse a eventos de desborde. La disminución granulométrica hacia el tope del horizonte refleja una merma en la energía y en la capacidad de carga de la corriente.



Figura 15 – Litofacies Vmc, sabulíta polimíctica maciza con desarrollo de estratificación cruda hacia la base del horizonte.

Sabulíta con estratificación cruzada planar (Vp)

Horizonte de arenisca fina-media a sabulítica de pobre madurez textural y composicional. Los clastos, predominantemente cuarzolíticos son subredondeados y granulometría de hasta 3 a 4 mm, soportados en una matriz de arenisca fina de tonalidades rojizas. Composicionalmente los granos son compuestos predominantemente por líticos y en menor medida cuarcíticos. El horizonte presenta estratificación cruzada planar (Figura 16), donde se observa una gradación normal presentando los mayores tamaños de grano en la base. La geometría del cuerpo es tabular a lenticular, siendo considerablemente más extenso lateralmente que su espesor. Se asocia a litofacies Sp y Sm.

Interpretación: Formas de lecho resultado de la migración de tren de ondas de cresta recta originadas por una corriente tractiva y turbulenta de bajo régimen de flujo y alta energía, constituyendo depósitos de carga de fondo.



Figura 16 – Arenisca media a sabulítica con estratificación cruzada planar (Vp)

Areniscas macizas (Sm)

Subfacies 1 (Sm 1)

Esta litofacies se compone de arenisca maciza de coloración blancuzca a rojiza (Figura 17), de granulometría fina a muy fina, ocasionalmente se presenta tanto litificada como friable. Composicionalmente la arena es predominantemente cuarcítica con granos subangulosos y bien seleccionados. Se encuentra en cuerpos tabulares continuos lateralmente con espesores de 10 a 50 cm, con contacto superior plano y contacto inferior en ocasiones erosivo o plano.

Subfacies 2 (Sm 2)

Litofacies constituida por arenisca fina de tonalidades grisáceas y ocasionalmente amarillentas, predominantemente cuarcítica con granos subredondeados de cuarzo y en menor proporción líticos tipo vulcanitas, presentando buena selección y cemento carbonático. Se caracteriza por presentar un intenso grado de bioturbación, del tipo endicnia, que resulta en la obliteración de las estructuras primarias (Figura 18). Conforman cuerpos de arena tabulares o mantiformes a lobulares de hasta 1 m de espesor.

Interpretación: La masividad en depósitos arenosos según Miall (1996) puede responder tanto a procesos sin-sedimentarios como post-depositacionales. Los primeros se explican como producto de una brusca descarga de sedimentos que imposibilita el

ordenamiento interno de los granos, mientras que los segundos (post-depositacionales) son producto de la obliteración o destrucción de las estructuras primarias debido a procesos diagenéticos o de bioturbación.

En el caso de la “Subfacies 1”, dada a la geometría del cuerpo sedimentario, su base irregular y la ausencia de bioturbaciones, se interpreta un origen sin-sedimentario, es decir, producto de una brusca descarga de sedimentos. Esta situación puede darse en pulsos episódicos de desborde de canal. En tanto que la “Subfacies 2” el origen es asignado a procesos post-depositacionales (masividad debida a procesos de bioturbación o diagénesis).



Figura 17 - Arenisca masiva, subfacie 1 (Sm 1)

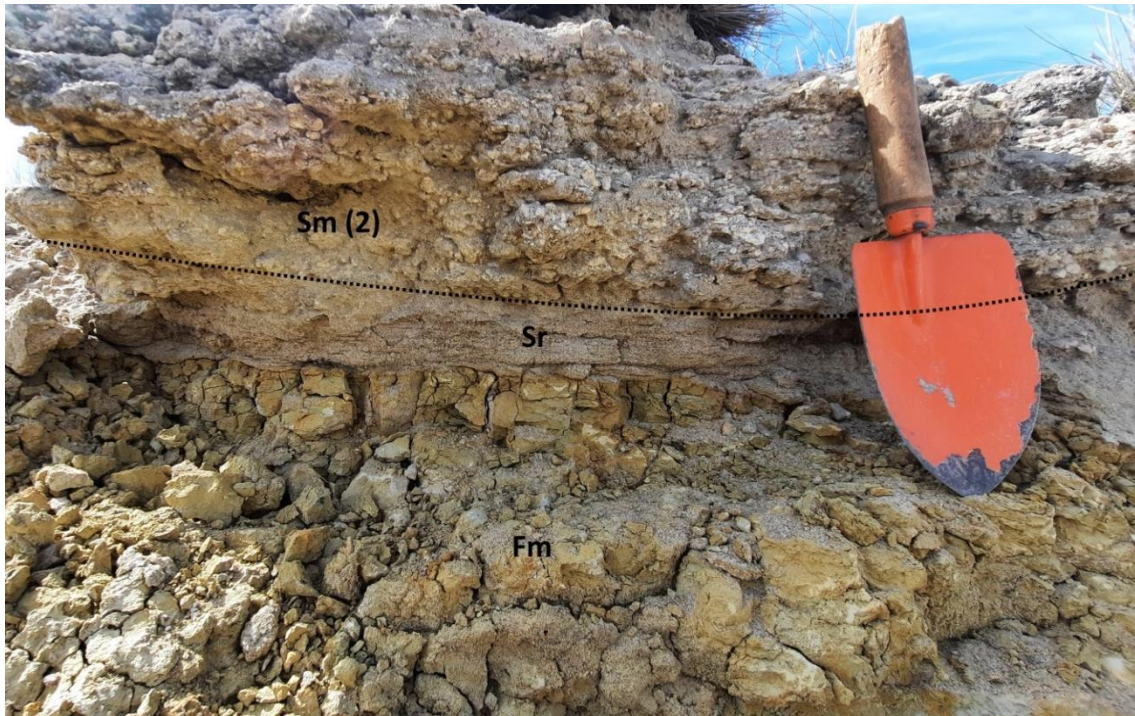


Figura 18 – Arenisca masiva (subfacie 2), donde se observa la obliteración de la estructura primaria producto de la bioturbación.

Areniscas finas con estratificación horizontal de bajo ángulo (Sl)

Litofacies conformada arenisca fina a mediana de coloración rosa pálido. Composicionalmente madura, predominantemente cuarcítica con escaso contenido de líticos, los clastos son redondeados a subangulosos, bien seleccionados y con cemento carbonático. Presenta estratificación horizontal de bajo ángulo con láminas menores a los 0,5 mm. Esta litofacies se encuentra asociada a areniscas con laminación ondulítica (Sr). Conforman cuerpos de geometría tabular a lenticular, de aproximadamente 0,5 m de espesor y de contactos erosivo en su base y planos hacia el techo (Figura 19).

Interpretación: Deposito lecho originado por un flujo tractivo de régimen transicional con desarrollo de formas de lecho de bajo relieve.



Figura 19 – Litofacies S1, arenisca con estratificación horizontal de bajo ángulo.

Arenisca fina con laminación ondulítica (Sr)

Litofacies constituida por arenisca muy fina a fina de coloración blanquecina a rosa pálido, con granos de cuarzo, feldspatos y líticos subredondeados, bien seleccionados. Exhibe una fina laminación ondulítica (Figura 20), con buena madurez textural y pobre madurez composicional. Se presenta tanto en horizontes friables como consolidados y en cuerpos tabulares de 5 cm a 50 cm de espesor.

Interpretación: Depósito tractivo producto de la migración de ondulas asimétricas originadas por corrientes unidireccionales de bajo regimen de flujo y energía moderada.



Figura 20 – Litofacies Sr, Se puede observar la fina con laminación ondulítica que la arenisca presenta.

Areniscas finas a medias con laminación horizontal (Sh)

Horizonte de arenisca fina de tonalidades claras a rojizas, composicionalmente inmadura con granos cuarzolíticos subredondeados a subangulares con ausencia de matriz. Presentan una fina laminación horizontal, en ocasiones en horizontes friables (Figura 21a) o también consolidados (Figura 21b), estos últimos cementados por carbonato y/u óxidos de hierro. Esta litofacies se encuentra en delgadas capas tabulares de pocos centímetros de espesor con superficies de contacto planas o con ligera erosión, también se presenta en cuerpos lenticulares de 0,5 m a 1 m de espesor y lateralmente extensos.

Interpretación: Litofacies constituida por delgadas láminas de arena originadas bajo la acción de una corriente de alto régimen de flujo y energía variable. Se pueden depositar unidades de Sh de hasta varios metros de espesor durante eventos dinámicos únicos, como inundaciones repentinas (Miall, 1996).

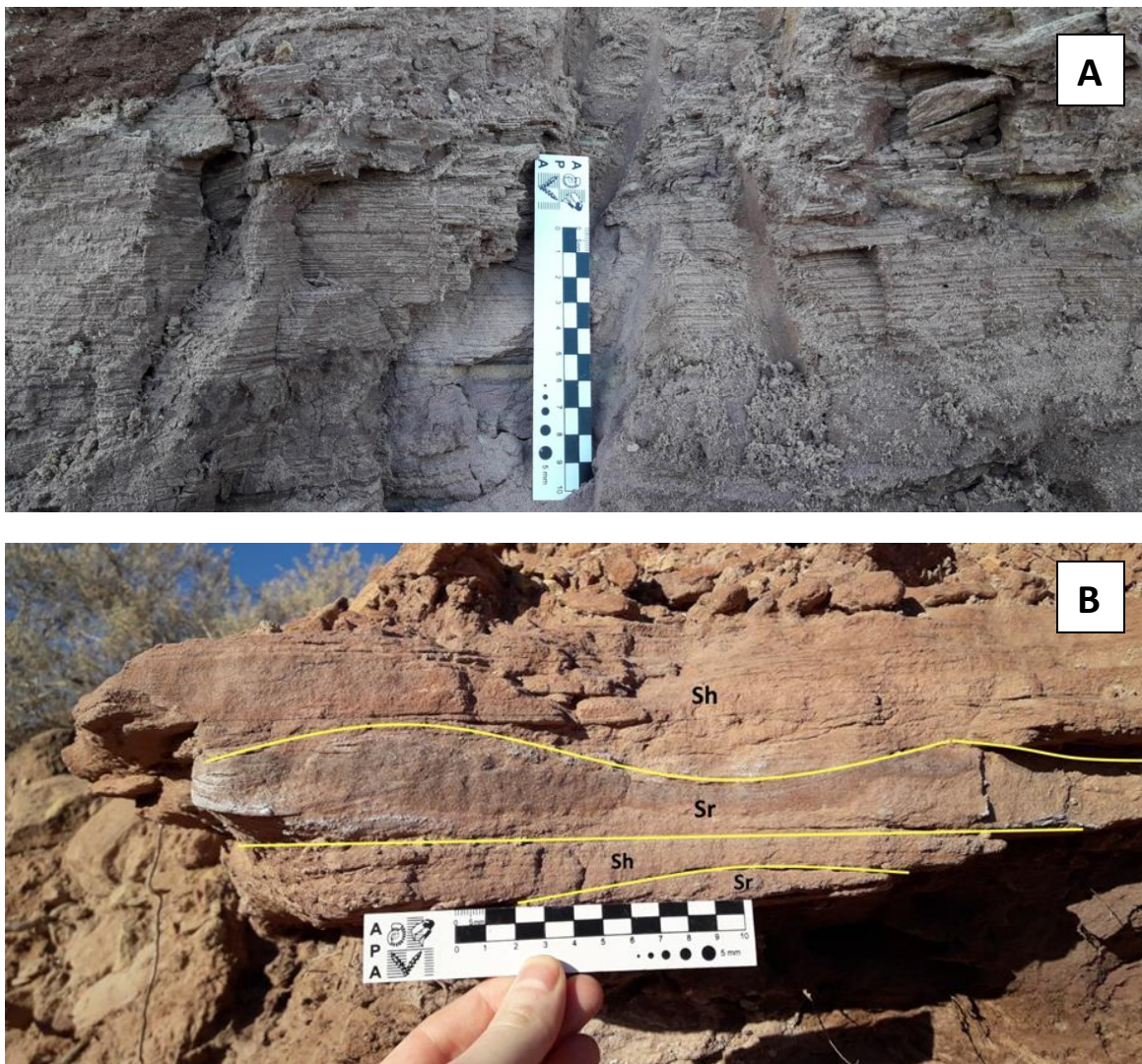


Figura 21 – Arenisca fina con laminación horizontal de alto régimen de flujo. A) horizonte friable de arenisca fina blancuzca. B) horizonte consolidado de la litofacies Sh, constituida por arenisca fina a muy fina, de tonalidades rojiza pardo.

Areniscas con estratificación cruzada planar (Sp)

Litofacies constituida por arenisca cuarzolítica de granulometría fina a media, con clastos subredondeados a subangulosos. Presenta buena madurez textural y pobre madurez composicional. La litofacies se caracteriza por exhibir estructura interna tipo estratificación cruzada planar, con *sets* en el orden de los centímetros (Figura 22a). Se encuentra en cuerpos lenticulares o tabulares, con contactos planos o erosivos hacia la base y planos hacia el techo. Se ha observado gran desarrollo de bioturbaciones supra e intracapa (Figura 22b). Además se asocia a las litofacies Sm, Sh y Sp (a).

Interpretación: Depósitos formados por la migración un tren de óndulas de cresta recta, resultando en el desarrollo de formas de lecho originados por corrientes unidireccionales de bajo régimen de flujo y energía moderada.

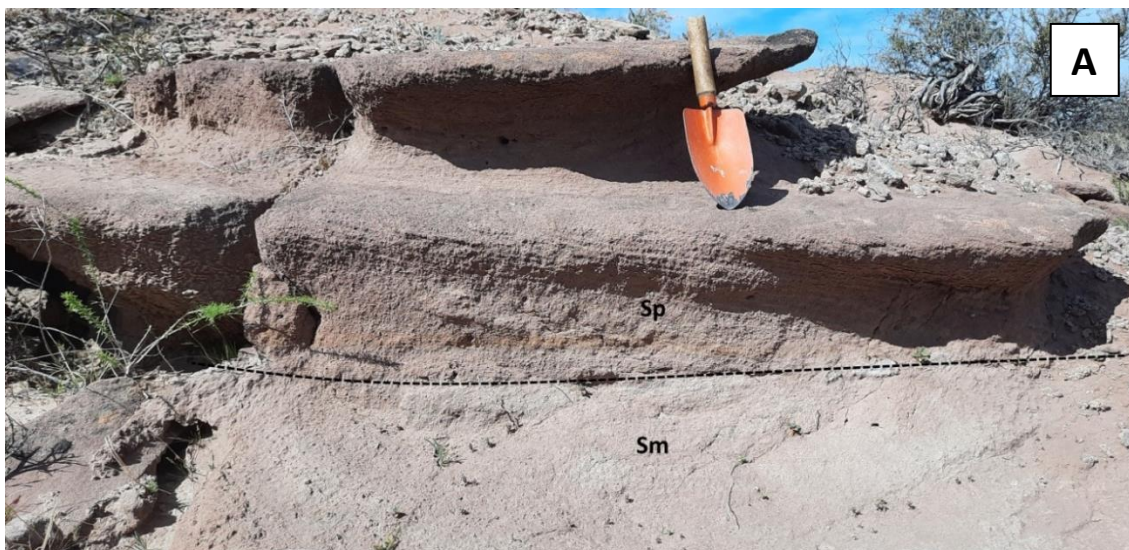


Figura 22 – Horizontes de arenisca con estratificación cruzada planar. A) Litofacies Sp asociada a Sm, vinculadas a depósitos de desborde. B) se observa la facies Sp cortada por bioturbaciones intracapa (endicnia), y asociada a facies tipo Sh.

Areniscas medias con estratificación cruzada asintótica (Sp(a))

Horizonte de areniscas cuarzolíticas de granulometría mediana a fina con clastos subredondeados, algunos de ellos de hasta 1 a 2 mm, cementadas con carbonato. Su composición es predominantemente cuarcítica, con algunos granos de volcanitas y feldespatos. Textural y composicionalmente inmadura. Se caracteriza por el desarrollo de una estratificación cruzada asintótica con *sets* de hasta 40 cm de espesor. Forma depósitos de geometría tabular de base plana irregular a erosiva (Figura 23) y techo plano, en ocasiones con presencia de bioturbación en el techo del cuerpo.

Interpretación: Depósitos de lecho producto de la migración de megaondas tipo duna, originados por corrientes unidireccionales de bajo régimen de flujo y energía moderada a alta.



Figura 23 – Horizonte constituido por arenisca con estratificación cruzada asintótica, asociado a depósitos de *crevasse splay*, donde se puede observar el contacto inferior erosivo sobre depósitos de planicie de inundación.

Arenisca fina con estratificación en artesa (St)

Esta litofacies se constituye por arenisca fina a mediana, con granos bien redondeados y esfericidad media. La selección es buena y de alta madurez composicional, con clastos de cuarzo y feldespato, consolidado con cemento carbonático. Se caracteriza por presentar estratificación entrecruzada en artesa (Figura 24). Se encuentra en horizontes de geometría tabular a lenticulares de 1 a 1,5 m de espesor y algunos metros de extensión lateral.

Vale aclarar que esta litofacies es poco frecuente en los depósitos analizados y a esta altura de la secuencia de la Formación Anacleto.

Interpretación: Formas de lecho originadas por corrientes unidireccionales de alta energía y bajo régimen de flujo. La forma responde a la migración megaondulas tipo duna de cresta sinuosa, vistas en sección transversal a la forma de lecho.



Figura 24 – Horizonte de aproximadamente 1 m de potencia, constituido por arenisca fina con estratificación cruzada en artesa (St).

Heterolitas con laminación ondulática (Hr)

Depósito mixto areno-fangoso, con un dominio de arenas finas cuarzolíticas amarillo-grisáceas bien seleccionadas, alternadas con fangolitas marrón-rojizas y fangolitas verde-azuladas de espesores centimétricos. La litofacies presentan una tenue laminación ondulática asimétrica con intercalaciones rítmicas de lentes fangolíticas (Figura 25), tornándose estos últimos más dominante hacia el techo. Se presenta en cuerpos de geometría tabular de contactos planos.

Interpretación: Depósito multiepisódico donde los intervalos arenosos se habrían originado por procesos tractivos bajo corrientes con bajas velocidades de flujo y poco profundas, combinado con procesos de decantación de granos muy finos en suspensión. El hecho de que se hagan más dominantes las fangolitas hacia el tope del horizonte, indicaría una disminución en la energía de transporte.



Figura 25 – Se puede observar la alternancia de lentes fangolíticas intercalada con arenisca fina.

4.2 Facies pelíticas

Fangolitas laminadas (Fl)

Depósito constituido por fangolitas de coloraciones rojizas con alto contenido en arcilla, las cuales presentan una tenue laminación y fisilidad (Figura 26). Se dispone en horizontes de geometría tabular, de amplia extensión lateral y espesores que oscilan entre los 30 y 100 cm, en ocasiones de contactos planos o transicionales.

Interpretación: Litofacies formadas principalmente por decantación de material fangoso en cuerpos de agua estancas y con alta carga de material en suspensión. Dada su coloración, se puede inferir que han sido depositadas bajo condiciones de oxidación.



Figura 26 – Se observa la tenue laminación de las fangolitas rojizas, asociada a depósitos de planicie de inundación distal.

Fangolitas macizas (Fm)

Litofacies constituida por fangolitas marrones o violeta-grisáceas macizas. Se observa que las fangolitas se rompen en bloques subangulares, lo que indicaría un incipiente desarrollo de paleosuelo. Frecuentemente presentan desarrollo de concreciones carbonáticas ovals (Figura 27) de hasta 12 cm y máculas de decoloración gris verdosas. Conforman cuerpos tabulares de amplia extensión lateral y espesores de hasta 1 m, con contactos planos y transicionales.

Interpretación: Litofacies depositada por procesos de decantación en cuerpos de agua estancados, asociados a llanuras aluviales distales. La presencia de concreciones carbonáticas y de las máculas de decoloración estarían asociados a condiciones reductoras debido a fluctuaciones de los cuerpos de agua, lo que señalaría que las fangolitas estarían saturadas por periodos semipermanentes.

La ruptura en bloques subangulares estaría dada por procesos de expansión y contracción de las arcillas debido a condiciones alternantes de humedecimiento y secado, por lo que señalaría cierta estacionalidad en el régimen de precipitaciones (Retallack, 1990). A su vez, la estacionalidad de las precipitaciones, generaría oscilaciones del nivel freático y produciría cambios en las condiciones oxidoreductoras, lo que ayudaría a la formación de las concreciones.



Figura 27 – Se muestra un horizonte de fangolita masiva con desarrollo de concreciones carbonáticas ovals.

Fangolitas macizas azul-verdosas (Fm 2)

Litofacies conformada por fangolita arcillosa, caracterizada por su coloración azul-verdosa. Se presenta en forma maciza, en delgados horizontes de no más de 12 cm de espesor y con gran extensión lateral (Figura 28). Suele ocurrir muchas veces en alternancia con delgados horizontes de facies Fm y Sm, pero principalmente se asocia a facies Fl y Fps.

Interpretación: Horizonte depositado por procesos de decantación en cuerpos de agua estancados bajo condiciones reductoras, como pueden ser pantanos o encharcamientos. Se asocia a cuerpos de agua someros como pueden ser albardones abandonados, o crecidas que forman pequeñas “lagunas” donde el agua se estanca sobre la planicie aluvial.

Fangolitas interestratificadas (Fi)

Litofacies constituida por intercalación de fangolitas macizas laminadas e interestratificadas, en alternancia de horizontes de no más de 2 a 3 cm de espesor. Exhibe coloraciones bordo-marrones a violáceas, con poca participación de niveles de arenas muy finas de tonalidades amarillo pardo palido (Figura 28). El banco que constituye esta facies posee una geometría mantiforme, extensa y continua lateralmente y de 0,5 m de espesor, de contactos son planos netos.

Interpretación: Horizonte fangolítico multiepisódico, depositado por decantación en un ambiente de muy baja energía dentro de la planicie fluvial, donde cada capa centimétrica de fangolita representa un episodio depositacional semejante a varves lacustres.

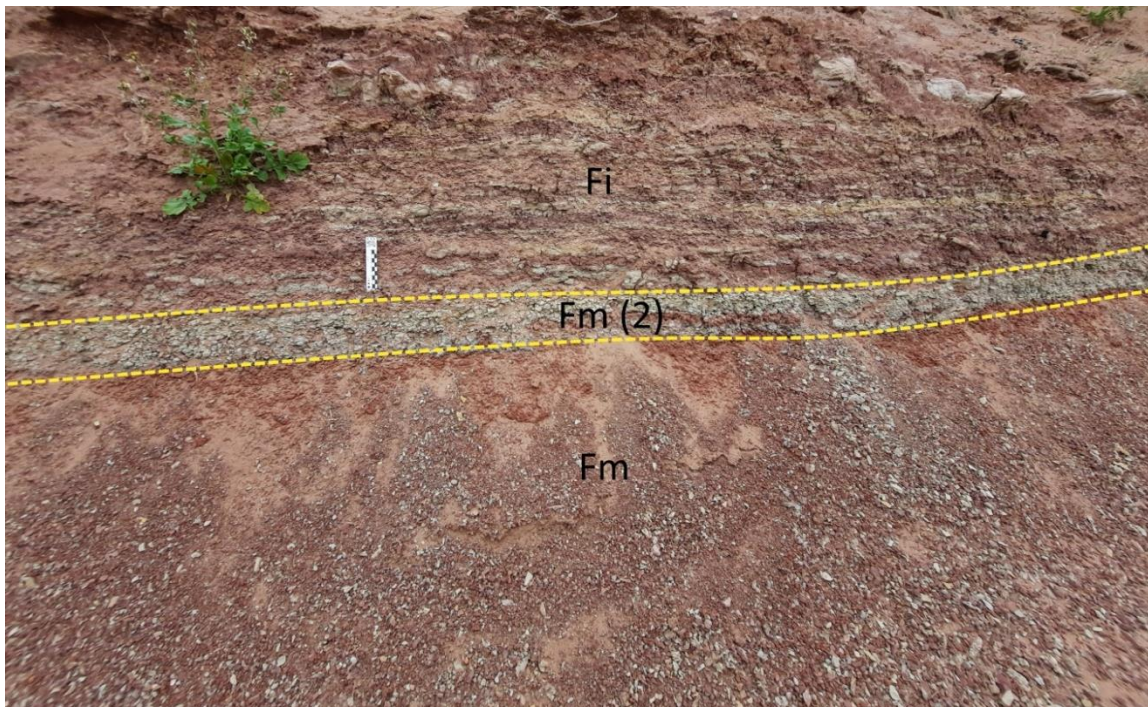


Figura 28 – Se muestra un depósito de *floodplaine fines*, donde se puede observar la asociación de facies Fm-Fm (2)-Fi.

Fangolitas con desarrollo de paleosuelos (Fps)

Horizonte conformado por fangolitas macizas a laminadas de tonalidades rojizas, caracterizadas por presentar rasgos de procesos pedogenéticos. Son comunes, la presencia de *slickensides* o barnices (Figura 29), también se observa desarrollo de moteados, nódulos carbonáticos y rizoconcreciones (Figura 30). Se observa que suele romperse en bloques angulosos donde en las caras se observan dichos barnices. Conforman depósitos tabulares extensos lateralmente, con espesores entre 1 y 2 m, con contactos planos.

Interpretación: Litofacies de planicie de inundación distal (*overbank fine*), caracterizada por presentar rasgos edáficos con gran proporción de arcilla. Estos suelos tipo vertisoles, habrían sido bien drenados reflejado por su coloración rojiza indicando oxidación, aunque estacionalmente habría tenido problemas de drenaje, reflejado por los moteados y nódulos.

Las estructuras en bloques subangulares son producto de agregados que se originan por esfuerzos de expansión y contracción de las arcillas durante condiciones alternantes de humedad, mientras que sus aspecto subangular se relaciona con la ruptura de estos bloques por medio de fisuras o planos de debilidad generadas por los *slickensides*. Por lo que estas estructuras indican estacionalidad en el régimen de precipitaciones, lo que a su vez generan oscilaciones del nivel freático y esto genera alternancia estacional en las condiciones redox, lo que ayudaría a la formación de los nódulos y concreciones. Mientras que la formación de nódulos calcáreos, se relaciona con la traslocación de carbonatos por percolación de aguas carbonatadas que se evaporan antes de alcanzar el nivel freático y precipitan los carbonatos (Retallack, 1990).



Figura 29 – Horizonte de fangolita rojiza con desarrollo de barnices

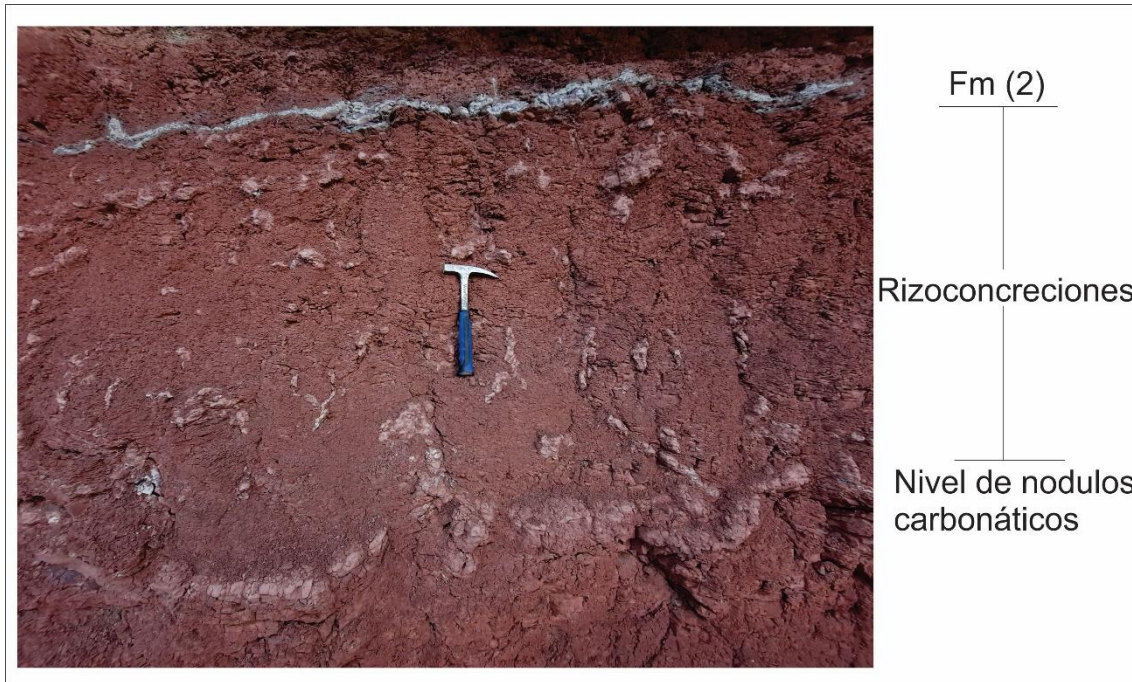


Figura 30 – Se muestra un horizonte de fangolita laminada, rojiza, con desarrollo de rizoconcreciones y rasgos de procesos pedogenéticos (Fps).

Heterolitas con lentes de arena (Hs)

Litofacies caracterizada por un dominio de fangolitas violáceas tenuemente laminadas con intercalación de lentes de arena muy fina (Figura 31), gris verdosa, bien seleccionada. Se presenta en cuerpos tabulares de aproximadamente un metro de espesor y de gran extensión lateral, su contacto inferior es transicional mientras que el contacto superior es neto.

Interpretación: Litofacies formada principalmente por procesos de decantación de material fangoso en cuerpos de agua de baja energía y con alta carga de material en suspensión, donde alternan delgados pulsos de descarga psamítica.

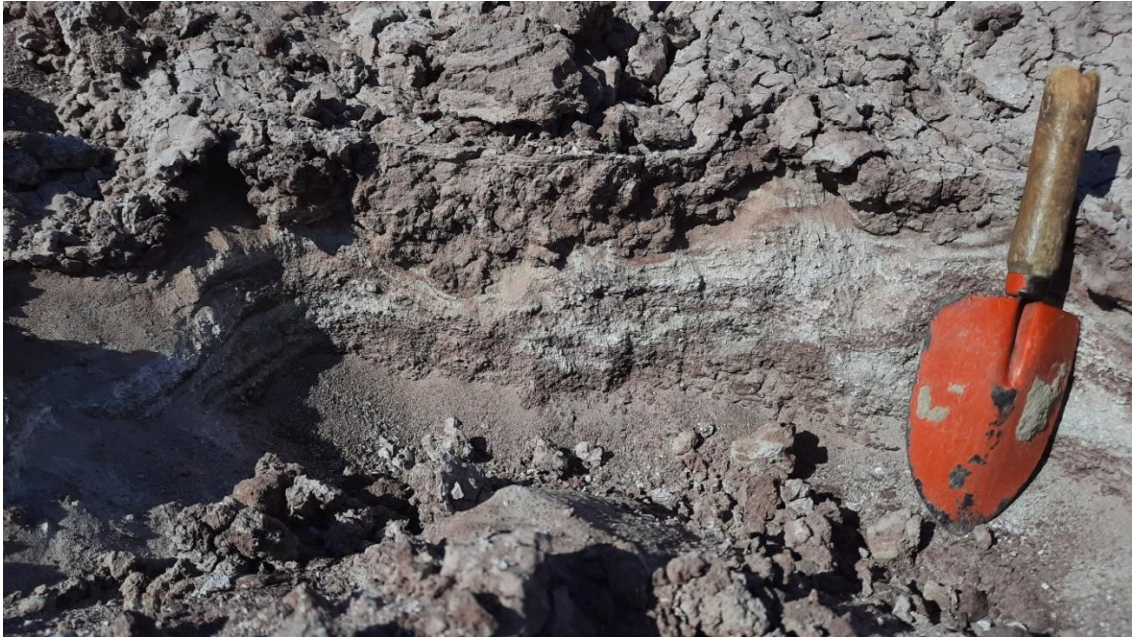


Figura 31 – Horizonte de fangolitas violáceas intercaladas por lentes de arena (Hs).

Facies	Litología	Estructura Sedimentaria	Geometría	Interpretación
Vmc	Sabulita polimíctica	Maciza a cruda	tabular	Depósitos de lecho, desarrollados por corrientes tractivas de alta energía y bajo régimen de flujo.
Vp	Sabulita polimíctica	Estratificación cruzada planar	Tabular, lenticular	Formas de lecho originadas por corrientes de bajo régimen de flujo y alta energía.
Sm	Arenisca fina, cuarcítica a cuarzolítica	maciza	Tabular, mantiforme	<i>Subfacie 1:</i> de origen sin-sedimentario, producto de una brusca descarga de sedimentos. <i>Subfacie 2:</i> de origen post-depositacional, la masividad es producto de la obliteración de la estructura primaria debido a intensa bioturbación.
Sl	Arenisca fina cuarcítica	Estratificación horizontal de bajo ángulo	Lenticular a tabular	Forma de lecho, originado por un flujo tractivo de intermedio a alto régimen de flujo.

Sr	Arenisca fina a muy fina	Laminación ondulítica	tabular	Depósito tractivo producto de la migración de ondulas asimétricas originadas por corrientes unidireccionales de bajo régimen de flujo y energía moderada.
Sh	Areniscas cuarzolíticas, finas a medias	Estratificación o laminación horizontal	tabular	Depósitos originados bajo la acción de una corriente de alto régimen de flujo y energía variable.
Sp	Areniscas cuarzolíticas, finas a medias	Estratificación cruzada planar	Lenticular, tabular	Depósitos formados por la migración un tren de ondulas de cresta recta. Originadas por corrientes unidireccionales de bajo régimen de flujo y energía moderada.
Sp (a)	Areniscas cuarzolíticas medias a finas	Estratificación cruzada asintótica	tabular	Depósitos de lecho, originados por corrientes unidireccionales de bajo régimen de flujo y moderada a alta energía.
St	Arenisca fina a media	Estratificación cruzada en artesa	Tabular a lenticular	Formas de lecho originadas por corrientes unidireccionales de alta energía y bajo régimen de flujo.
Hr	Heterolitas areno-fangosas	Heterolítica con lentes fangosos	mantiforme	Depósito multiepisódico, originado por procesos tractivos bajo corrientes con bajas velocidades de flujo y poco profundas, combinado con eventos de decantación.
Hs	Heterolitas fango-arenosas	Heterolítica con lentes de arena	mantiforme	Originado principalmente por procesos de decantación de material fangoso en cuerpos de agua de baja energía y con alta carga de material en suspensión, combinado con pulsos tractivos de descarga psamítica.
Fl	Fangolita	laminadas	Tabular, mantiforme	Depósitos formados por decantación de material fangoso en cuerpos de agua de baja energía y con alta carga de material en suspensión

Fm	Fangolita	maciza	Tabular, mantiforme	Depositada por procesos de decantación en cuerpos de agua estancados, asociados a llanuras aluviales distales.
Fm 2	Fangolita arcillosa	maciza	tabular	Depositado por procesos de decantación en cuerpos de agua estancados bajo condiciones reductoras
Fi	Fangolita	interestratificada	Tabular, mantiforme	Depósito fangolítico multiepisódico. Depositado por decantación en ambientes de muy baja energía, dentro de la planicie fluvial.
Fps	Fangolita	Maciza a laminada, con desarrollo de barnices, nódulos y rizoconcreciones	Tabular, mantiforme	Depósitos de planicie de inundación con desarrollo de paleosuelos, tipo vertisol.

Tabla 1 – Síntesis de litofacies reconocidas.

5. ELEMENTOS ARQUITECTURALES Y ASOCIACIÓN DE FACIES

Análisis de facies

En los afloramientos correspondientes al término cuspidal de la Formación Anacleto, se han encontrado desde facies conglomerádicas hasta pelíticas. Siendo estas últimas, las predominantes a lo largo de toda la faja de afloramientos, aunque las facies psamíticas también son comunes. En muchas oportunidades estos horizontes pelíticos presentan rasgos pedogenéticos, los cuales son útiles para las correlaciones laterales de los perfiles.

Arquitectura fluvial

El término elemento arquitectural se refiere a la relación espacial y escalar, en tres dimensiones, entre los estratos. Su estudio permite definir la evolución de los depósitos y proponer un modelo temporal de la sedimentación, además la arquitectura permite definir el tipo de diseño fluvial.

Al igual que para la definición de las litofacies, la nomenclatura de los cuerpos sedimentarios o elementos arquitecturales identificados fue realizada siguiendo los criterios establecidos por Miall (1985, 1996). Cada elemento arquitectural queda definido por dos letras mayúsculas, siendo las abreviaturas del nombre del elemento arquitectural en inglés. Estas indican algún atributo del cuerpo sedimentario, como su geometría, litología y/o estructura sedimentaria, por ejemplo: OF (*overbank fines*), FF (*floodplain fines*), SB (*sandy bedforms*), LS (*laminated sand sheets*), CC (*crevasse channel*) y CS (*crevasse splay*).

Elemento Arquitectural	Símbolo	Geometría	Litofacies	Interpretación
Overbank fines	OF	Tabular-mantiforme	Fps, Fm, Fl, Fm (2)	Depósitos planicie de inundación fluvial distal con desarrollo de procesos pedogenéticos. Son depósitos de baja energía donde predomina la suspensión-decantación.
Floodplain fines	FF	Mantiforme	Fl, Fi, Hr, Hs, Fm (2)	Depósitos homogéneos, predominantemente finos de planicie de inundación distal, asociados a estancamiento de cuerpos de agua, donde la sedimentación se produce principalmente por procesos de suspensión-decantación.
Sandy bedforms	SB	Tabular acuñado lateralmente	Vmc, Sp, Sp(a), Sm, Sr	Dentro de este elemento se agrupan a los depósitos de formas de lecho arenosos a sabulíticos.
Laminated sand sheets	LS	Tabular, de poco espesor	Sh, Sm, Sr	Depósitos de avenidas mantiformes producidos por flujos no confinados
Crevasse channel	CC	Lenticular	Sm, Sh, Sl, St	Canales menores de desborde, originados por flujos efímeros de alta energía
Crevasse splay	CS	Lenticular, Tabular	Sm, St, Sp, Sr, Sm (subfacie 2), Fl, Fm	Lóbulos de explayamiento arenosos asociados a eventos de inundación

Tabla 2 – Sinopsis de los elementos arquitecturales identificados.

Del análisis y asociación de las litofacies deriva el análisis arquitectural de los cuerpos sedimentarios identificados, para ello se prestó especial atención en: la geometría y naturaleza de los cuerpos, las jerarquías de las superficies limitantes, la escala y la distribución de las paleocorrientes cuando estas han podido ser medidas. El estudio de

estos elementos arquitecturales combinados, permite definir la evolución de los depósitos y proponer un modelo sedimentación local, a su vez la arquitectura permite definir los diferentes diseños de sistemas fluviales (Miall 1985, 1996).

Dentro de la faja de afloramientos en estudio se reconocieron dos tipos principales de elementos arquitecturales. El primero y más dominante corresponde a depósitos de planicie de inundación distal (mantos pélticos) representados por los elementos OF y FF, mientras que el segundo está conformado por depósitos de desborde o inundación (lóbulos de explayamiento y mantos arenosos), elementos CS, CC y SB. Los depósitos de canal son muy poco frecuentes, se encuentran muy reducidos o ausentes. Las características e interpretación de los elementos arquitecturales estudiados son resumidas en la Tabla 2. Mientras que, para un mejor entendimiento de la distribución áreal de los elementos arquitecturales, se esquematizan de manera ilustrativa en la figura 35.

Elemento OF (*overbank fines*): depósitos finos de planicie de inundación distal

Existen muchos factores que controlan la geometría y el espesor de las secuencias de *overbank fines* y su importancia relativa en una sucesión fluvial. Entre estos se encuentran el suministro de sedimentos, el patrón del canal, la tasa de subsidencia y el comportamiento de migración / avulsión del canal (Friend, 1983).

Esta macroforma es el elemento arquitectural que constituye la mayor parte de los afloramientos correspondientes al término cuspidal de la Formación Anacleto dentro del área de estudio. Es constituido principalmente por fangolitas y arcilitas de tonalidades rojizas y en menor medida verdosas. Conforman cuerpos de geometría mantiformes de gran extensión lateral de cientos a miles de metros, con potencias entre los 1 m y 5 m de espesor. Los límites suelen ser netos o transicionales. La génesis de estos cuerpos responde en gran medida a descarga de sedimentos en suspensión, pero no se descarta la posibilidad de que se depositen por flujos densos como carga de fondo, debido a que muchos depósitos fangolíticos son reciclados de la planicie aluvial por la misma dinámica fluvial (autofagotización), lo que supone a estos depósitos fangolíticos formados por corrientes traccionales en condiciones de abundante material fangolítico y discreta disponibilidad de arena y grava. Lo que posibilita la formación de “cúmulos o granos” de material arcilloso, que operan de manera tractiva.

Se tratan de depósitos de planicie de inundación distal con desarrollo de procesos pedogenéticos, asignados a paleosuelos tipo vertisoles (Miall, 1996). Los cuales sugieren cierta estacionalidad en el régimen de precipitaciones. Dichos paleosuelos se caracterizan por grandes extensiones de horizontes fangolíticos con *slickensides* y nódulos carbonáticos, ocasionalmente también se observa desarrollo de rizoconcreciones. El elemento OF se caracteriza por las siguientes asociaciones de litofacies: Fps-Fm y Fl-Fm.

Elemento FF (*floodplain fines*): depósitos lagunares asociados a planicies de inundación

Estos depósitos se caracterizan a simple vista por su aspecto bandeado (Figura 32) y por su homogeneidad. Se constituyen predominantemente por fangolitas rojizas violáceas, donde alternan con algunos horizontes de arenas finas. Estas fangolitas se presentan tanto macizas como laminadas, algunas de ellas con presencia de grandes concreciones carbonáticas. También las heterolitas son comunes. La geometría de este elemento arquitectural es mantiforme, conforma un conjunto de horizontes de hasta 4m de espesor que lateralmente se extiende por varias centenas de metros. Su contacto inferior no se encuentra expuesto, mientras que su contacto superior se encuentra truncado por depósitos de desborde (CC, SB). Cabe aclarar que este elemento se encuentra restringido en el sector este del área de estudio.

Estos depósitos son interpretados como depósitos lacustres o lagunares, producto del estancamiento de cuerpos de agua en la llanura fluvial, donde dentro de estos cuerpos la sedimentación es predominantemente controlada por procesos de suspensión-decantación. La alternancia de niveles de arena representa los episodios o pulsos de reactivación fluvial producto de flujos efímeros tractivos que aportan mayor descarga de sedimento y agradación. Esto, sumado a la presencia de niveles de concreciones carbonáticas sugiere cierta estacionalidad.



Figura 32 – Sobre la imagen se interpretan los depósitos bandeados, que se caracterizan por el elemento FF.

Elemento LS (*laminated sand sheets*): depósitos mantiformes de areniscas laminadas

Son depósitos originados por *flash floods*, representan eventos individuales de avenidas mantiformes o crecidas repentinas que desbordan del canal principal, depositados bajo condiciones de alto régimen de flujo durante picos de alta descarga. Estos cuerpos de geometría tabular (Figura 33) no superan los 0,5 m de espesor y se extienden lateralmente por varias decenas de metros. Su contacto inferior suele ser plano a irregular o ligeramente erosivo, mientras que el superior suele ser plano o gradar a

facies tipo Sr o litofacies finas indicando el fin del evento. Se caracteriza por la asociación de facies Sh-Sm-Sr. Las facies Sh o Sm indican un flujo inicial muy rápido, mientras que Sr representa los estadios de desaceleración y pérdida de energía de la corriente. Sus características sumadas a su ocurrencia dentro de la llanura de inundación (OF) permiten interpretarlos como depósitos de desbordes provocados por flujos efímeros no confinados (*sheet flood*) en sectores distales al canal principal.

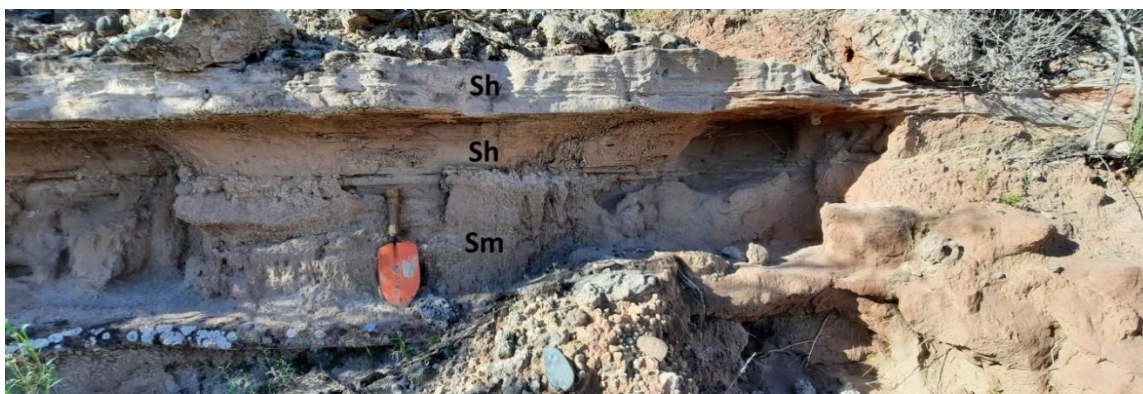


Figura 33 – Asociación de litofacies (Sm-Sh) del elemento arquitectural LS (Laminated sand sheet).

Elemento SB (*Sandy bedforms*): formas de lecho arenoso

Esta mesoforma es rara o poco frecuente dentro la faja de afloramientos estudiada. Consisten en cuerpos tabulares tanto de arenisca fina-media como de arenisca media-gruesa a sabulítica. Se extiende lateralmente por varias decenas de metros y alcanza espesores entre los 0,8m y 1,2m. En cuanto a sus contactos, poseen límite inferior erosivo a irregular y límite superior neto irregular.

Estos depósitos representan formas de lecho generadas por eventos efímeros, particularmente tractivos, que se desarrollan bajo condiciones de flujo de alto régimen y gran capacidad de carga. Se observa una tendencia granodecreciente en la vertical, lo que indica la disminución en la energía de transporte y finalización del evento, con la consiguiente transición a depósitos de planicie de inundación (OF). Estas características llevan a interpretar a estos depósitos como la progradación de un lóbulo de explayamiento sobre la planicie fluvial. El elemento SB se caracteriza por la siguiente asociación de facies: Sm-St(a)-St-Sh, siendo la estratificación cruzada asintótica a la base St(a) la más dominante. Las paleocorrientes medidas en campo indican direcciones noroeste, vale aclarar que los depósitos de crecidas pueden sucederse mayormente de forma perpendicular a los cauces principales y que las estructuras que permitieron medirlas, son pocas, por lo que tal vez sean poco representativas.

Elemento CC (*crevasse channel*): depósitos canalizados de desborde

Son cuerpos de geometría lenticular de escala media, que alcanzan hasta los 50 cm de potencia y una continuidad lateral que puede ser seguido por unas decenas de metros, sus contactos son netos e irregulares. Estos depósitos lenticulares de arenisca (Figura 34) se encuentran como cuerpos aislados e inmersos en depósitos de planicie de inundación (OF), y se caracterizan generalmente por ser internamente mono-faciales (Sm, Sh o Sl-Sh). Este elemento es originado por flujos efímeros canalizados de alta energía, durante eventos de crecidas y desborde del canal principal. Por lo que es interpretado como canales menores de drenaje o desborde, que se desarrollan próximos al canal principal, dentro de la planicie de inundación durante episodios de inundación con alto régimen de flujo y alta descarga.

Elemento CS (*crevasse splay*): lóbulos de explayamiento

Constituidos por areniscas finas a medianas y areniscas limolíticas, estos cuerpos en forma de cuerpos lentiformes o tabulares acuñaos lateralmente muestran base plana erosiva a irregular y techo plano a ligeramente convexo (Figura 34). Presentan una extensión de decenas a centenas de metros y hasta 6 m de potencia. Estos depósitos se habrían originado por flujos que invadían las zonas bajas, explayándose en lóbulos sobre una planicie fluvial distal durante episodios de desborde y alta carga sedimentaria. Los lóbulos habrían estado activos durante períodos de crecidas y luego abandonados en períodos de estiaje, donde estos lóbulos arenosos cargados de humedad son colonizados rápidamente por organismos. El desarrollo de bioturbaciones es frecuente, en algunos casos de manera muy abundante llegando a obliterar la estructura interna original.

Se los interpreta como depósitos de desbordes desde el canal principal provocando la pérdida de confinamiento y su explayamiento sobre la planicie de inundación (Miall, 1996). Las litofacies características de este elemento arquitectural son: Fl-Sr-Sm 2.

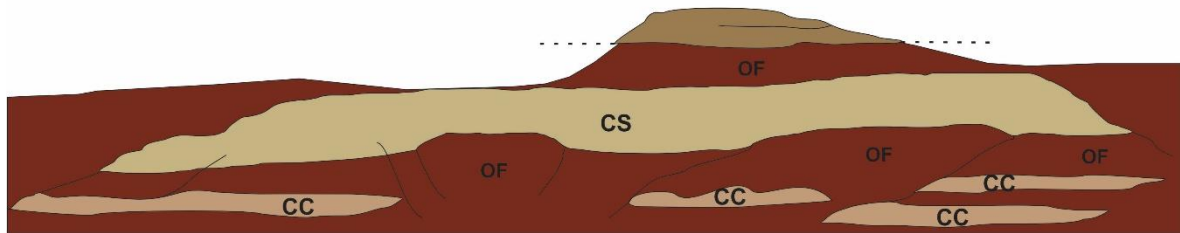
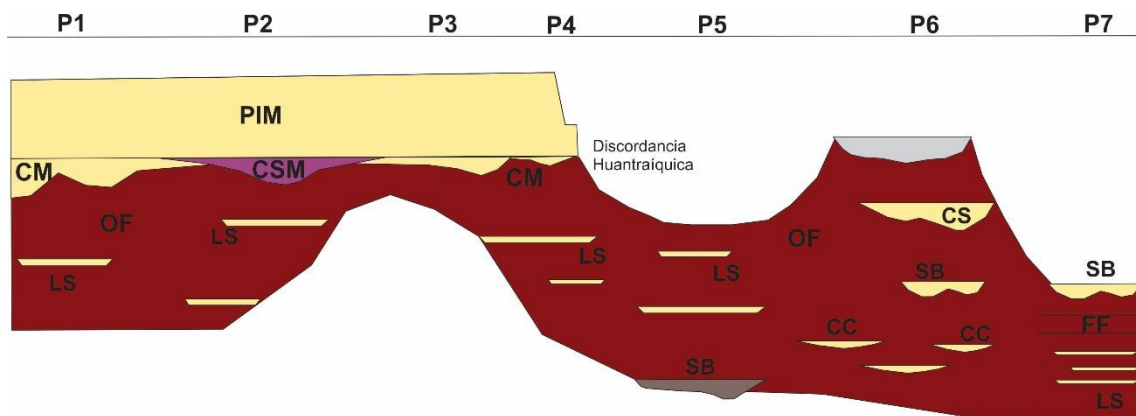


Figura 34 – Fotografía esquematizada e interpretada, del sitio donde se realizó el perfil 6.



LS: laminated sand sheed	OF: overbank fines	CM: canal mareal
CC: crevasse channel	FF: floodplain fines	CSM: canal submareal
CS: crevasse splay		PIM: planicie intermareal
SB: sandy bedforms		

Figura 35 – Esquema ilustrativo de la distribución áreal de los elementos arquitecturales. La escala vertical está exagerada respecto a la horizontal.

6. MODELO E INTERPRETACIÓN PALEOAMBIENTAL

A partir de la caracterización y análisis litofacial y arquitectural de los depósitos terminales de la Formación Anacleto expuestos en el área de estudio, y la correlación entre los perfiles analizados, se estableció un modelo paleoambiental local para dicha unidad formacional.

La misma, de carácter continental fluvial, exhibe depósitos homogéneos y monótonos en la vertical, pero con considerable variación lateral. Se reconoce un fuerte predominio de mantos fangolíticos asignados a depósitos de planicie de inundación distal (tipo OF y FF), donde alternan con pulsos tractivos no confinados, de poco espesor, asignados a eventos de crecida y desborde (LS, CC, CS), representados por mantos arenosos que se desplazan sobre la planicie de inundación.

En rasgos generales, las litofacies analizadas nos sugieren facies distales al sistema fluvial principal (Figura 36), asociados a depósitos marginales de borde de cuenca, sin demasiado aporte sedimentario. Estas grandes planicies aluviales, se habrían desarrollado lejos de la faja de canales, motivo por el cual no se han observado cuerpos canalizados de primer orden. Por lo tanto la cantidad de elementos arquitecturales, es reducido y de pequeña escala. En un contexto regional, el área de estudio se encuentra en borde de cuenca, donde además de lo mencionado, la sedimentación estaría controlada por procesos climáticos y relacionada a un contexto de bajo relieve y cierta horizontalidad en la pendiente regional de la cuenca. Esto podría justificar el hecho de la ausencia de grandes canales en este punto y a esta altura en la sucesión. Por lo que, en un sentido amplio, lo que domina es el *overbank fines* que ocasionalmente es invadido por cuerpos arenosos menores.

La baja pendiente regional, propiciaría el estancamiento de cuerpos de agua dentro de la llanura de inundación, donde allí la sedimentación por procesos de suspensión-decantación sería la predominante. Estos depósitos de *floodplaine basin* (FF), solo han sido reconocidos en el sector sureste del área de interés, presentándose como una variación lateral de facies dentro del *overbank fines* (OF). Mientras que la agradación sería aportada por pulsos psamíticos episódicos, tal vez relacionada a crecidas estacionales (LS, CS, CC). Si bien predomina un tamaño granulométrico de arena fina a media, se han encontrado también horizontes sabulíticos asociados a *sandy bedforms* (SB). Las geometrías predominantes de los cuerpos arenosos son tabulares o mantiformes, de espesores que oscilan entre los 0,1 m y los 1-1,5 m.

Los rasgos edáficos (barnices, rizoconcreciones, nódulos carbonáticos, niveles de fangolita con tonalidades azul-verdoso) observados en los depósitos distales de llanura de inundación, evidencian desarrollo de suelos tipo vertisoles asociados procesos pedogenéticos de traslocación de carbonatos y una cierta estacionalidad en el régimen de precipitaciones.

Modelo Paleoambiental de la Formación Anacleto, Cinco Saltos (Río Negro)

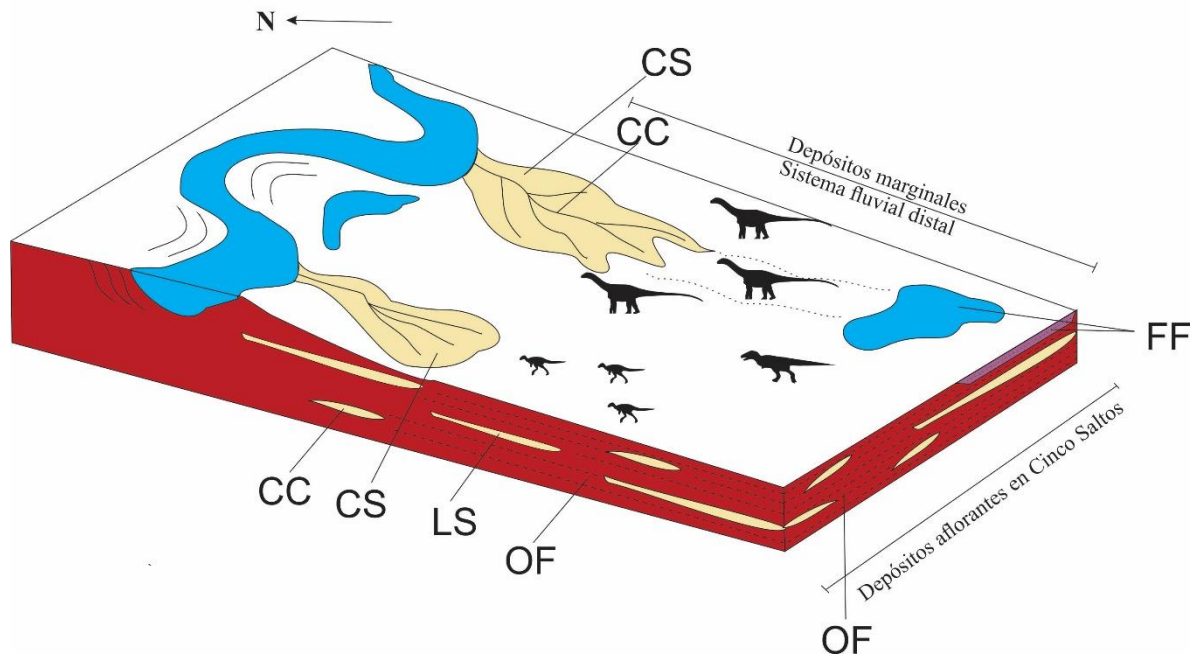


Figura 36 – Modelo paleoambiental local de la Formación Anacleto, el mismo plantea un ambiente fluvial distal, con depósitos marginales al sistema fluvial principal. En la figura también se ilustran algunas de las especies de dinosaurios halladas en la localidad *Gasparinisaura cincosaltensis*, *Neuquensaurus australis* y *Abelisaurus comahuensis*.

7. REGISTRO DE SIGNIFICANCIA PALEONTOLÓGICA

Como ya se ha mencionado y desarrollado, los depósitos aflorantes en Cinco Saltos y alrededores del lago Pellegrini, cuentan con un amplio registro paleontológico de vertebrados, tanto para la formación Anacleto, como para la formación Allen.

Atento a esto, se prestó particular atención a posibles hallazgos fósiles en las salidas de campo relacionadas con este trabajo. Dentro del área de interés explorada, se realizaron diversos hallazgos de restos de vertebrados fósiles, la mayoría de ellos como materiales sueltos y algunos otros *in situ*, los cuales no han sido colectados.

Entre los diversos restos de vertebrados encontrados, también se dio con el hallazgo de una serie de estructuras de deformación. Las cuales, se exhiben tanto en planta como en secciones transversales (es decir, conservadas en una vista perpendicular al plano de estratificación). Dichas estructuras, se encuentran conservadas en un horizonte de arenisca muy fina, de tonalidad blanquizca y con estratificación ondulítica (Sr). Este horizonte, presenta un espesor menor a los 10 cm, y se apoya sobre un horizonte de fangolitas laminadas (Fl) de 50 cm de espesor.

La estructura de deformación hallada en planta, presenta una forma globosa arriñonada, ligeramente asimétrica, siendo más ancha que larga, con dimensiones de: 88 cm de ancho y 59 cm de longitud (Figura 37). Alrededor de la deformación, se exhiben rebordes o bordes de desplazamiento poco profundos (3 cm), que son las laminaciones internas que el horizonte poseía y que luego se deformaron hacia arriba, como anillos o cubetas concéntricas. Lo que evidenciaría, que tal deformación tuvo que haberse producido por una carga puntual vertical sobre el horizonte de arenisca.

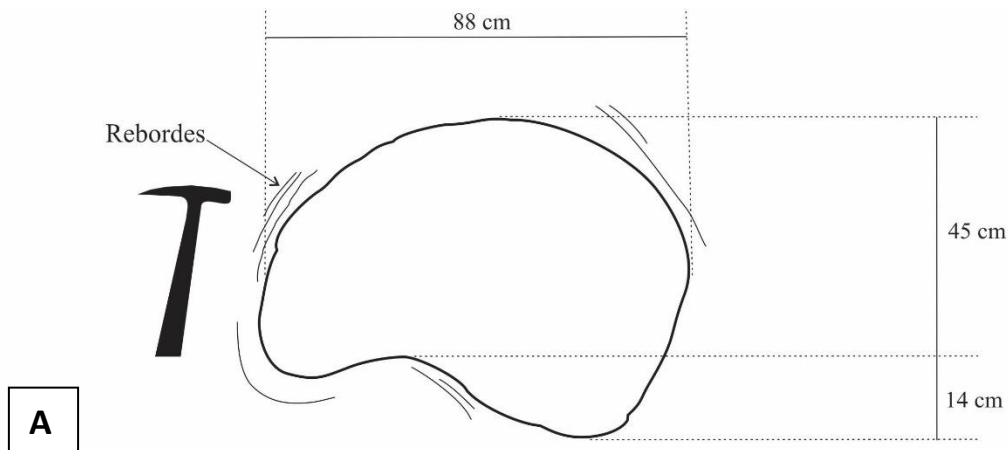


Figura 37 – A) Se esquematiza y dimensiona la icnita de saurópodo, donde también se señalan los rebordes de desplazamiento alrededor de la misma. B) Interpretación *in situ* de la huella de la mano de un saurópodo, la cual posee una forma arrañada de contorno posterior cóncavo.

Siguiendo lateralmente ese mismo horizonte, se identificaron tres estructuras de deformación, las cuales se exhiben en corte o sección transversal (Figura 38). Los ejemplares, son estructuras semicirculares cóncavas y rellenas con arenisca. Las mismas, penetran el horizonte, entre 10 a 30 cm de profundidad, y se hunden dentro de las fangolitas laminadas subyacentes. Las cuales, también se presentan deformadas alrededor del cuerpo semicircular de arenisca.

Se interpreta, que para la formación de estas estructuras, también haya sido necesaria la acción de una carga puntual vertical. La cual habría penetrado el horizonte de arenisca y deformado las fangolitas inferiores, ya que la presión vertical se transfiere radialmente hacia abajo.

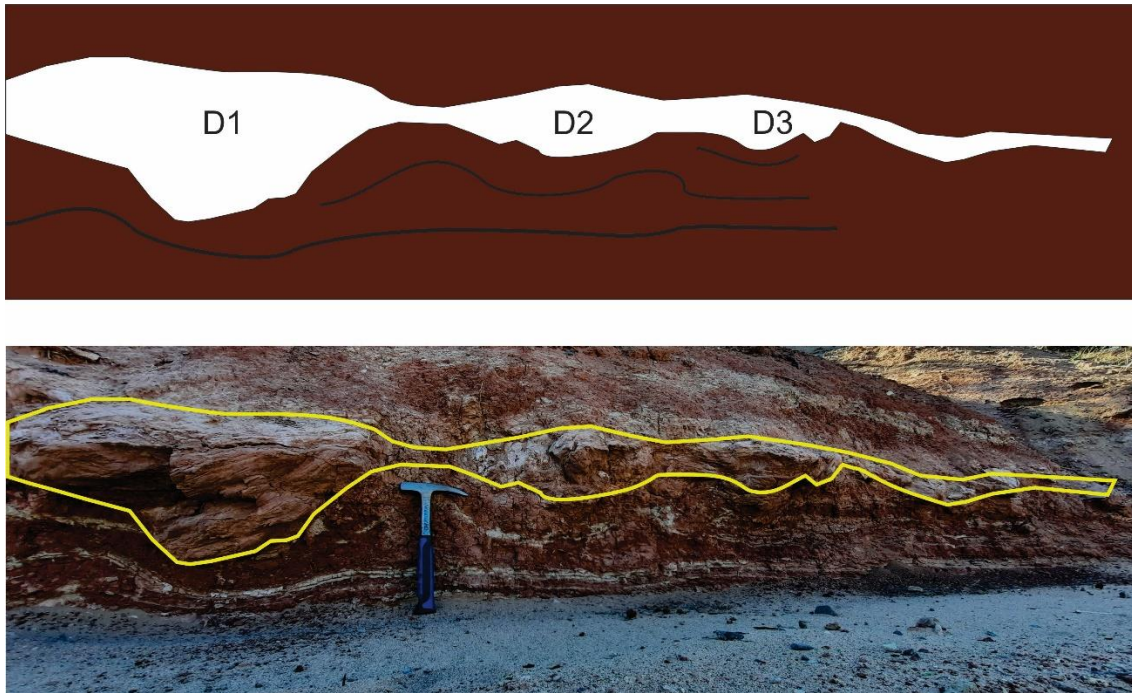


Figura 38 – Fotografía y esquematización de las tres deformaciones (D1, D2, D3) expuestas en sección transversal. Donde también se pueden observar la deformación de las fangolitas subyacentes.

En base a las formas y dimensiones que presentan las estructuras de deformación (Figuras 37, 38 y 39), dicha carga puntual tuvo que haberla generado un animal de gran tamaño y peso, tal como podría ser un dinosaurio saurópodo. El tamaño y forma arriñonada de la estructura hallada en planta (Figura 37), recuerda a las huellas (Figura 40), del icnogénero *Sauropodichnus* (Calvo, 1991 y 1999), salvando la distancia temporal existente entre ese icnogénero y esta posible icnita. Otro ejemplo más directo o correlacionable a este hallazgo, podría ser la huella de la mano de un saurópodo “morfotipo 1” (Figura 40), registrada en la sección superior de la Formación Anacleto de Mendoza, por González Riga (*et al.*, 2015), quienes también mencionan tres niveles de huellas en la misma unidad. Por lo que, la deformación en planta hallada, se podría tratar del hallazgo de una huella de la mano (pata delantera) de dinosaurio saurópodo.

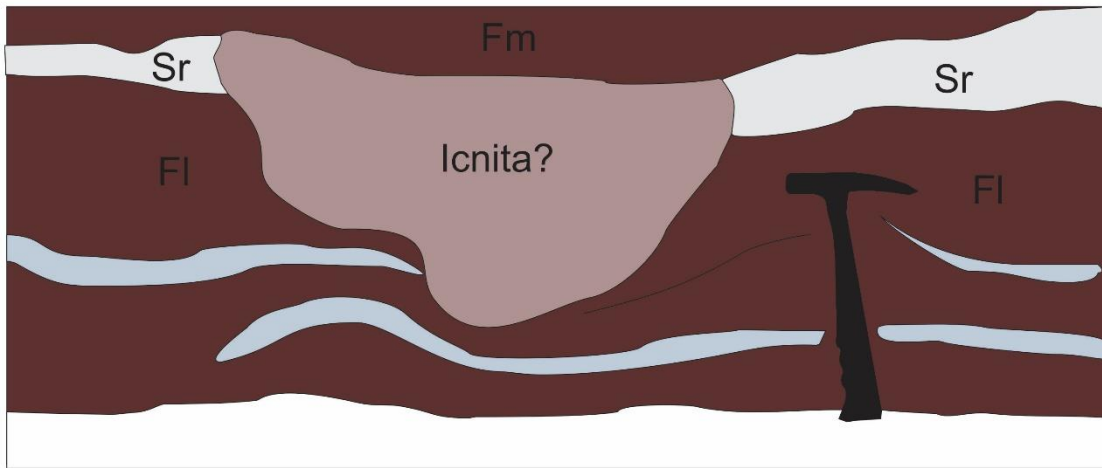


Figura 39 – Fotografía esquematizada e interpretada de la icnita “D1”, hallada en sección transversal.

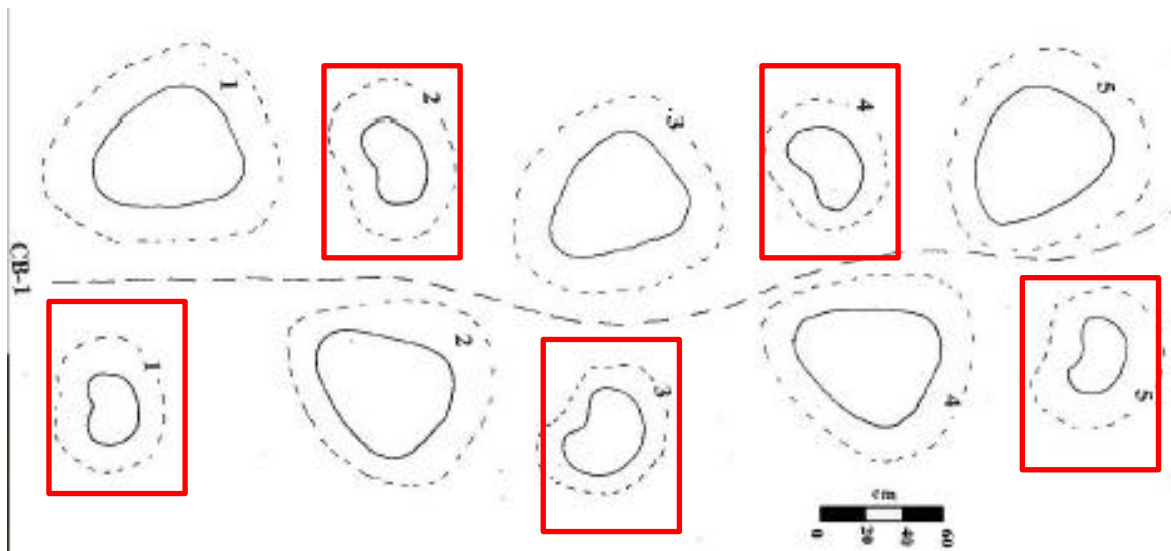


Figura 40 - Vista en planta de la “Pista CB-1” de *Sauropodichnus giganteus* (Calvo, 1991) en la Isla Cerrito del Bote (tomada de Calvo & Mazzetta, 2004). En los recuadros rojos, se señalan las huellas que se asemejan en la forma arriñonada a la deformación hallada.

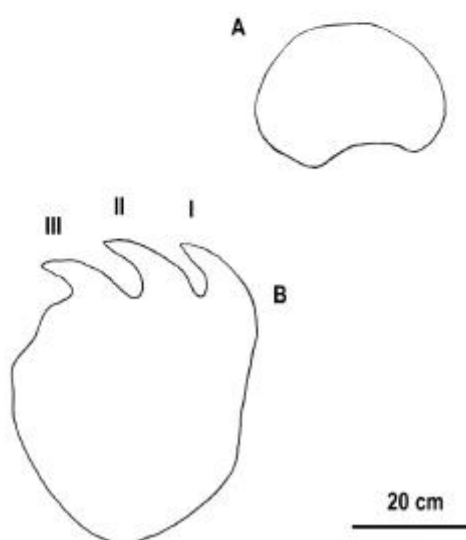


Figura 41 – Imagen tomada de González Riga (*et al.*, 2015), donde se muestra las huellas de la mano (A) y pie (B) del “morfotipo 1”, halladas en la Formación Anacleto de Agua del Choique (Mendoza, Argentina). La forma de la huella de la mano (A), es comparable con la hallada en los depósitos de la Formación Anacleto de Cinco Saltos.

En cuanto a las estructuras expuestas en sección transversal (Figuras 38 y 39), antecedentes regionales de este tipo de estructuras (Figura 42), han sido identificadas en las formaciones Anacleto y Allen, de Paso Córdoba (Río Negro, Argentina), por Díaz-Martínez (*et al.*, 2018).

Aunque el registro de dinoturbaciones en sección transversal está todavía escasamente documentada, hay también otros antecedentes mundiales (Figuras 43 y 44), como por ejemplo, los registrados en el cretácico de la Cuenca de Araripe (Brasil), descritos por De Souza Carvalho (*et al.*, 2021). Como así también, las dinoturbaciones registradas por Xing (*et al.*, 2020), al este de Xinjiang (China).

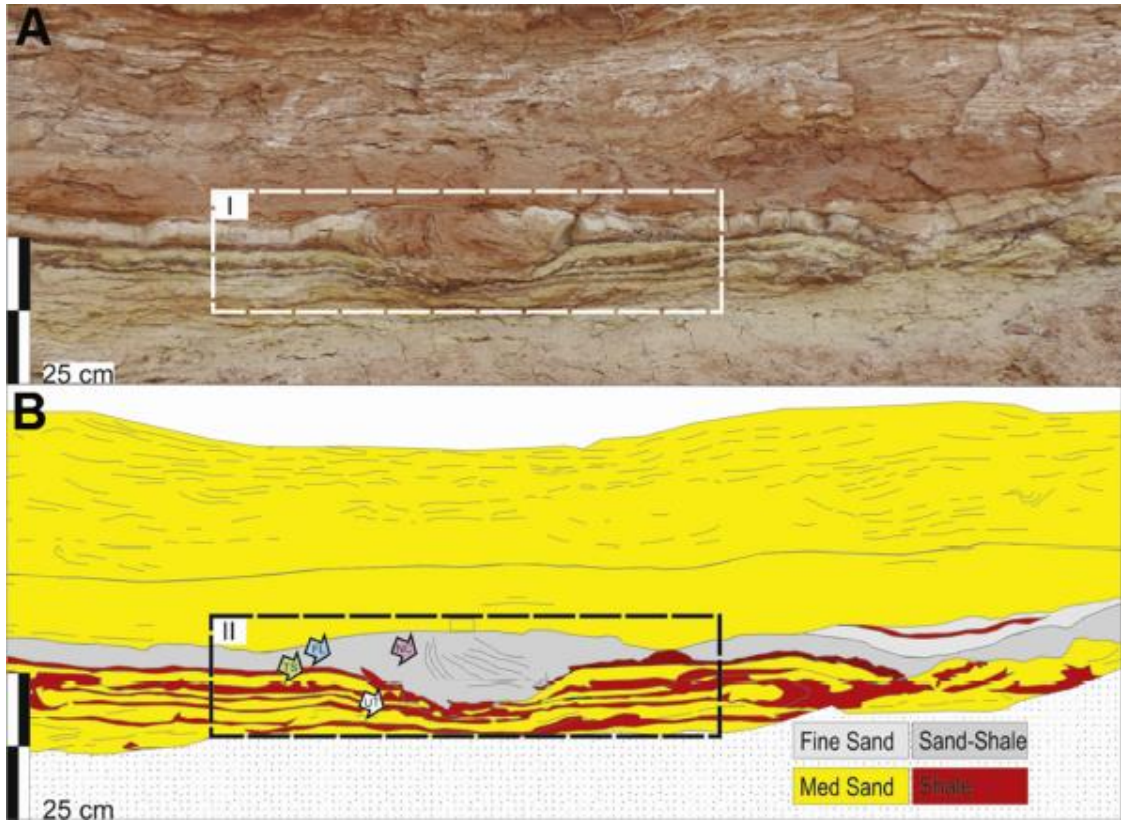


Figura 42 – Esquema extraído de Díaz-Martínez (*et al.*, 2018), donde se puede observar la dinoturbación señalada por el recuadro blanco en la fotografía (A), y luego, la esquematización en la figura inferior (B). La cual, curiosamente, se asemeja mucho a las deformaciones halladas en sección transversal que en este capítulo se desarrollan.



Figura 43 – Fotografías de algunas de las dinoturbaciones registradas en la Cuenca de Araripe (Brasil), extraídas de De Souza Carvalho (*et al.*, 2021).

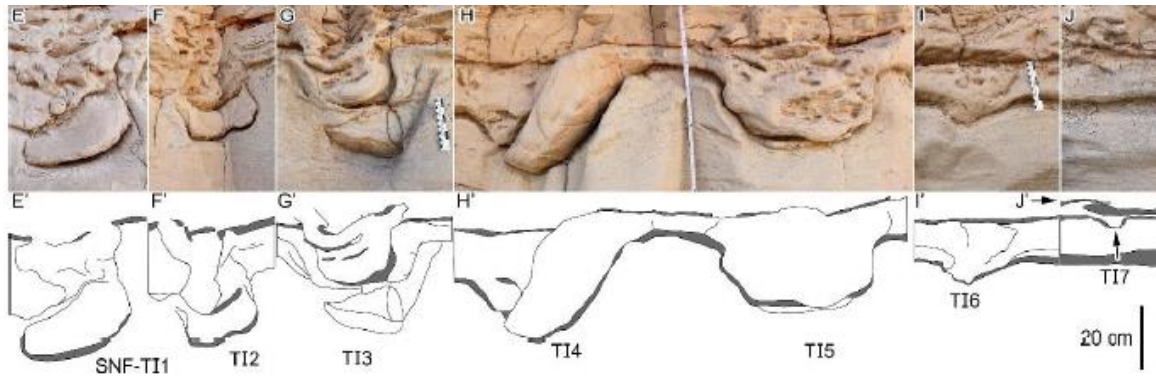


Figura 44 – Fotografía e interpretación gráfica de las dinoturbaciones registradas en China, extraídas de Xing (*et al.*, 2020).

Una huella es una estructura compleja, resultante del contacto dinámico entre un animal y las propiedades del sustrato. Durante el contacto con el suelo, no solo la superficie sufre alteraciones, sino también los horizontes subyacentes se deforman a medida que la presión del pie del fabricante se transfiere hacia abajo y radialmente, hacia el sedimento.

Aunque las huellas fósiles se reconocen generalmente por datos morfológicos, en algunos casos también pueden caracterizarse por una deformación secuencial del sustrato, ya que la huella alcanza muchos niveles sedimentarios más allá de la superficie. En estos casos, estos rasgos se conservan como estructuras de deformación que pueden observarse en cortes transversales, lo que dificulta la identificación de su génesis. Así, muchas veces se interpretan como estructuras de carga o licuefacción relacionadas con la compactación, el tectonismo o la fluidificación. Sin considerar una relación directa con el pisoteo por parte de vertebrados terrestres y la presión generada durante el contacto con el sustrato, dando lugar al origen de estructuras de carga, con la deformación sucesiva de las laminaciones u horizontes subyacentes a la superficie de contacto (de Souza Carvalho, *et al.* 2021).

Por lo que, en base a las dimensiones y forma que presentan las estructuras de deformación puntual (Figuras 37 y 38), podría tratarse de icnitas de un dinosaurio saurópodo. De ser así, hay tres especies de saurópodos registrados hasta el momento en la localidad de Cinco Saltos, para la Formación Anacleto, estos son: *Neuquensaurus australis* (Lydekker, 1893), *Titanosaurus araukanikus* (Huene, 1929) y *Pellegrinisaurus powelli* (Salgado, 1996). Sería muy dificultoso y especulativo, poder asignar un responsable o posible creador de estas deformaciones o dinoturbaciones. Por lo que futuros estudios en profundidad, que escapan a la incumbencia de este trabajo, serían necesarios para dicha determinación. De todas formas, es importante destacar que estas deformaciones (o dinoturbaciones), podrían tratarse de un nuevo registro de huellas fósiles para la Formación Anacleto y para la Cuenca Neuquina, y los primeros registros de icnitas para los depósitos de Cinco Saltos.

8. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

8.1 Discusiones

El límite entre las formaciones Anacleto y Allen, dado por la discordancia Huantráiquica, ha generado ciertas controversias entre distintos autores. Dicho contacto es de suma importancia para la evolución tectosedimentaria de la cuenca, ya que el mismo representa el fin e inicio de dos grandes ciclos sedimentarios, el neuqueniano de carácter continental fluvial y el malalhueyano transicional-marino. El contacto entre los grupos Neuquén y Malargüe, varía en la forma en que se exhibe a lo largo del área de estudio, siendo de carácter erosivo neto, en ocasiones el contacto es dificultoso de identificar cuando el mismo es dado entre depósitos finos. Contrariamente a lo interpretado por algunos autores (Sánchez *et al.*, 2006; Sánchez & Armas, 2008; Armas & Sánchez, 2011; Sánchez & Armas, 2013), donde concluyen que dentro del área de estudio, el Grupo Neuquén culmina con facies estuáricas. Se interpreta y coincide con Delaloye (2017), que la Fm. Anacleto no posee “facies estuáricas”, por lo que se considera que la misma es de carácter netamente continental fluvial, como se lo ha considerado siempre.

Esas “facies estuáricas” asignadas a la Fm. Anacleto por los autores anteriormente mencionados (Sánchez *et al.*, 2006; Sánchez & Armas, 2008; Armas & Sánchez, 2011; Sánchez & Armas, 2013), en realidad pertenece a los depósitos de planicie mareal de la Formación Allen (Delaloye, 2017). Las “fangolitas violáceas” interpretadas como “facies estuaricas” por dichos autores (Sánchez *et al.*, 2006; Sánchez & Armas, 2008; Armas & Sánchez, 2011; Sánchez & Armas, 2013), corresponderían ciertamente a fangolitas retrabajadas de la Formación Anacleto y que marcan el inicio de la depositación de la Formación Allen; es decir, corresponderían a depósitos residuales de retrabajo del sustrato inundado (transgredido) y suprayacen a la superficie de ravinamiento que materializa en el terreno a la discordancia Huantráiquica. Estos niveles de retrabajo, no siempre ni solo, se muestran en la base de la Formación Allen, donde tal vez por coloración generen confusión y se tienda a asignarlo a la Formación Anacleto, por el contrario, estos horizontes violáceos también pueden observarse acuñados dentro de los horizontes de arena donde no hay discusión que pertenecen a la unidad malalhueyana. Además de lo mencionado, también es notable la diferencia diagenética entre esas “fangolitas violáceas” que se muestran fuertemente consolidadas en la base de la Formación Allen, respecto a las fangolitas propias de la Formación Anacleto.

Contrariamente a lo que sucede en las localidades de Auca Mahuevo y El Caracol, donde la sección o término superior de la Fm. Anacleto exhibe depósitos bandeados, casi siendo como un “miembro superior” como lo ha sugerido Garrido (2010). Aquí, en los afloramientos analizados, estos depósitos bandeados son pocos frecuentes y se muestran como una variación lateral de facies, y no vertical como en los sitios mencionados. Esta particular variación lateral litofacial, podría responder al contexto paleogeográfico en el que nos encontramos. Ya que, nuestro área de estudio se encuentra en borde de cuenca, a diferencia de lo que ocurre en zonas más depocentrales donde esta variación a “facies lacustres” es más marcada verticalmente en la sucesión.

Por lo que se podría considerar que en las zonas depocentrales la cuenca era más pobremente drenada que en borde de cuenca, lo que nos habla de cierta horizontalización de la pendiente regional de la cuenca para finales del Cretácico.

8.2 Conclusiones

Se identificaron 16 litofacies (10 facies psamíticas y 6 facies pelíticas) para los depósitos cuspidales de la Formación Anacleto, siendo las facies pelíticas las más dominantes en toda la faja de afloramientos analizada.

Se identifican 6 elementos arquitecturales, que constituyen los depósitos de la Formación Anacleto, aflorantes en las bardas de la localidad de Cinco Saltos. Estos elementos arquitectónicos son: *overbank fines* (OF), *floodplain fines* (FF), *sandy bedforms* (SB), *laminated sand sheets* (LS), *crevasse cannel* (CC) y *cevasse splay* (CS). Siendo los depósitos finos de planicie de inundación (OF y FF), los más dominantes en toda la sucesión sedimentaria, mientras que la agradación es aportada por pulsos psamíticos episódicos, tal vez relacionada a crecidas estacionales (LS, CS, CC). Si bien predomina un tamaño granulométrico de arena fina a media, también se han encontrado horizontes sabulíticos asociados a *sandy bedforms* (SB).

El modelo paleoambiental local planteado, consiste en un ambiente fluvial distal con desarrollo de depósitos marginales al sistema fluvial principal. Es decir, se trataría de una amplia planicie de inundación, pobremente drenada, con desarrollo de anegamientos y suelos tipo vertisoles, bajo ciertas condiciones de aridez. Estas grandes planicies se habrían desarrollado lejos de la faja de canales, motivo por el cual no se han observado cuerpos canalizados de primer orden.

A diferencia de otros autores, mencionados reiteradas veces (Sánchez *et al.*, 2006; Sánchez & Armas, 2008; Armas & Sánchez, 2011; Sánchez & Armas, 2013), se interpreta que los depósitos de la Formación Anacleto expuestos en el área de estudio, no poseen facies estuáricas. Por el contrario, la misma es de carácter netamente continental fluvial.

En cuanto a las paleocorrientes, las mismas han sido medidas sobre pocas estructuras tractivas que lo permitieron, por lo que tal vez no sean representativas. De todas formas, las paleocorrientes medidas en el sector noroeste indican paleodirecciones hacia el suroeste, mientras que las medidas en el sector sureste indican direcciones hacia el noroeste. Esta amplitud noroeste-suroeste, podría responder a los explayamientos de los desbordes y tienden a distribuirse en forma de abanico. Teniendo en cuenta que han sido medidas sobre depósitos de desbordes, y las mismas suelen ser más o menos perpendiculares al canal principal.

El contacto entre los grupos Neuquén y Malargüe, representado por la discordancia Huantraíquica, es netamente erosivo. Esta superficie de ravinamiento es dada la base de la Formación Allen, que es representada por los depósitos de canales mareales y de planicie submareal fangosa. Estos últimos depósitos, corresponderían a depósitos residuales de retrabajo del sustrato inundado (transgredido). Este reciclado, que involucra erosión y posterior sedimentación de ese material detrítico, le confiere a

dichos depósitos un aspecto litológico similar a la unidad erosionada (Formación Anacleto), lo cual ha llevado a confusiones en la identificación y ubicación del contacto.

Se registran por primera vez, para la zona de incumbencia de este trabajo, facies lacustres dentro de la Formación Anacleto. Los cuales se exhiben en bardas bajas de suaves pendientes, de aspecto bandeado y con desarrollo de huayquerias. Dichas facies, solo se encuentran en el extremo sureste del área de estudio y se muestran como una variación lateral de facies dentro la planicie de inundación distal, a diferencia de otras localidades donde estos depósitos lacustres se presentan como una variación vertical dentro de la sucesión sedimentaria.

Se documenta un posible nuevo registro icnológico para la Formación Anacleto y para la Cuenca Neuquina, como así también se trataría del primer registro icnológico para los depósitos de Cinco Saltos. Dicho registro, consiste del hallazgo de una serie de deformaciones de carga puntual, una deformación en planta y tres deformaciones o dinoturbaciones exhibidas en sección transversal. La deformación o posible huella expuesta en planta, presenta forma arriñonada, convexa hacia adelante y de grandes dimensiones (0,88 m x 0,6 m). En cuanto a las tres deformaciones expuestas en sección transversal, las mismas se tratarían de dinoturbaciones semicirculares a ligeramente ovoides, de dimensiones entre los 0,1 a 0,3 m. Para explicar estas deformaciones tan puntales y que la alteración de la deformación también se proyecte en capas subyacentes, no hay muchas explicaciones más que una carga vertical puntual. Por lo que, en base a antecedentes y a las dimensiones y formas de estas estructuras, se interpreta que podría tratarse de icnitas de un dinosaurio saurópodo. Para la confirmación o asignación de algún icnogénero a estas dinoturbaciones, sería necesario de futuros estudios en profundidad, que escapan a la incumbencia de este trabajo.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Albino, A., 2002. El lagarto más antiguo de la Argentina. Resúmenes. *I Congreso 'Osvaldo A. Reig' de Vertebradología Básica y Evolutiva e Historia y Filosofía de la Ciencia*, pp. 21. Buenos Aires.
- Alvarenga, H. M. F. & Bonaparte, J. F. 1992. A new flightless land bird from the Cretaceous of Patagonia. *Proceedings of the Second International Symposium on Avian Paleontology*: 51–64.
- Andreis, R.; Iñíguez-Rodríguez, A.; Lluch, J. y Sabio, D. 1974. Estudio sedimentológico de las Formaciones del Cretácico Superior del área del lago Pellegrini (Provincia de Río Negro, República Argentina). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 29 (1): 85-104.
- Apesteuguía, S. 2004. *Bonitasaura salgadoi* gen. et sp. nov.: A break sauropod from the Late Cretaceous of Patagonia. *Naturwissenschaften* 91: 493–497.
- Aranciaga Rolando, A., Brissón Egli, F., Rozadilla, S. & Novas, F. 2015. MEGARAPTORAN METATARSALS FROM THE UPPER CRETACEOUS OF MENDOZA, ARGENTINA. *XXIX Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados. Ameghiniana* (Suplemento), 52(4): 6R.
- Armas, P. & Sánchez, M. 2011. Análisis estratigráfico secuencial de las formaciones Anacleto y Allen (Cretácico Tardío) en el borde nororiental de Cuenca Neuquina, Argentina. *Andean geology*. 38: 119-155.
- Armas, P., Moreno, C., Sánchez, M. & Gonzalez, F. 2014. Sedimentary palaeoenvironment, petrography, provenance and diagenetic inference of the Anacleto Formation in the Neuquén Basin, Late Cretaceous, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*. 53: 59-76.
- 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. XVIII Congreso Geológico Argentino* (3): 29-36. Neuquén.
- Baiano, M.A., Coria, R.A., & Canale, J.I. 2015. New Abelisaurid Materials From The Anacleto Formation (Campanian, Upper Cretaceous) Of Patagonia, Argentina, Shed Light On The Diagnosis Of Brachyrostra (Theropoda, Abelisauridae). *II Jornadas de Paleovertebrados de la Cuenca Neuquina*. Resúmenes, pp. 10.
- Ballent, S.C. 1980. Ostrácodos de ambiente salobre de la Formación Allen (Cretácico superior) en la provincia de Río Negro (República Argentina). *Ameghiniana* 17(1): 67 - 82.

- Barrio, C.A. 1990. Paleogeographic control of Upper Cretaceous tidal deposits, Neuquén Basin, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 3(1): 31-49.
- Barrio, C.A. 1991. Lateral variations in tidal deposits of the Upper Cretaceous Neuquén Basin, western Argentina. En: D.G. Smith, G.E. Reinson, B.A. Zaitlin & R.A. Rahmani (Eds.). *Clastic Tidal Sedimentology*. Canadian Society of Petroleum Geologist. Memoir 16: 321-334.
- Bonaparte, J.F. & Novas, F.E. 1985. *Abelisaurus comahuensis*, Carnosauria del Cretácico Tardío de Patagonia. *Ameghiniana* 21(2-4): 259-265.
- 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. Paleontología*, (4): 17-123.
- Bonaparte, J.F. & Coria, R.A. (1993). A New and Huge Titanosaur Sauropod from the Río Limay Formation (Albian-Cenomanian) of Neuquén Province, Argentina. *Ameghiniana*, 30, 271-282.
- Calvo, J.O., 1991, Huellas fósiles de dinosaurios en la Formación Río Limay (Albiano-Cenomaniano), Picún Leufú, Provincia del Neuquén, Argentina (Ornithischia-Saurischia: Saurópoda-Terópoda): *Ameghiniana*, 28(3-4), 241-258.
- Calvo, J.O., Engelland, S., Heredia, S., & Salgado, L. 1997. First record of dinosaur eggshells (Sauropoda-Megaloolithidae) from Neuquén, Patagonia, Argentina. *Gaia* 14: 23-32.
- Calvo, J.O. 1999. Dinosaurs and other vertebrates of the lake Ezequiel Ramos Mexía area, Neuquén, Patagonia, Argentina. En: Y. Tomida, T.H. Rich y P. Vickers-Rich (eds.), *Proceedings of the Second Gondwanan Dinosaur Symposium*, National Science Museum Monographs, N15, Tokyo, pp. 13-45.
- Calvo, J.O. & González Riga, B.J. 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.
- Calvo, J.O. & Mazzetta, G.V., 2004, Nuevos hallazgos de huellas de Dinosaurios en la Formación Candeleros (Albiano-Cenomaniano), Picún Leufú, Neuquén, Argentina: *Ameghiniana*, 41(4), 545-554.
- Calvo, J.O., Porfiri, J.D., González Riga, B.J. & Kellner, A.W.A. 2007a. Anatomy of *Futalognkosaurus dukei* (Dinosauria, Titanosauridae) from the Neuquén Group (Late Cretaceous), Patagonia, Argentina. *Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro*, 65 (4): 511-526.
- Calvo, J. O., Porfiri, J. D., & Novas, F. E. 2007b. Discovery of a new ornithomimid dinosaur from the Portezuelo formation (Upper Cretaceous), Neuquén, Patagonia, Argentina. *Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro*, 65(4), 471-483.

- Calvo, J. & Porfiri, J. 2010. *Panamericansaurus schroederi* gen. nov. sp. nov. Un nuevo Sauropoda (Titanosauridae-Aeolosaurini) de la Provincia del Neuquén, Cretácico Superior de Patagonia, Argentina. *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium*. 100-115.
- Calvo, J. O., Porfiri, J., Pol, D., González Riga, B. J., De la Fuente, M., & Rougier, G. W. 2011. Vertebrados continentales mesozoicos. *Relatorio de la Provincia del Neuquén XVIII Congreso Geológico Argentino*. Vol. 1, 539-556.
- Canale, J. I., Scanferla, C. A., Agnolin, F. L., & Novas, F. E. 2009. New carnivorous dinosaur from the Late Cretaceous of NW Patagonia and the evolution of abelisaurid theropods. *Naturwissenschaften*, 96(3), 409-414.
- Cazau, L. B. y Uliana, M. A. 1973. El Cretácico superior continental de la Cuenca Neuquina. *V Congreso Geológico Argentino*, Actas 3: 131-163. Buenos Aires.
- Chiappe, L. M., & Calvo, J. O. (1994). Neuquenornis volans, a new Late Cretaceous bird (Enantiornithes: avisauridae) from Patagonia, Argentina. *Journal of vertebrate Paleontology*, 14(2), 230-246.
- Chiappe, L.M., Coria, R.A., Dingus, L., Jackson, F.D., Chinsamy, A. & Fox, M. 1998. Sauropod dinosaur embryos from Late Cretaceous of Patagonia. *Nature* 396: 258-261.
- Chiappe, L.M., Dingus, L., Jackson, F.D., Grellet-Tinner, G., Aspínall, R., Clarke, J., Coria, R., Garrido, A.C. & Loope, D. 2000. Sauropod eggs and embryos from the Upper Cretaceous of Patagonia. *I° Symposium of Dinosaur Eggs and Embryos*, Actas: 23-29. Isona, España.
- Chiappe, L. M., Salgado L. & Coria, R. A. 2001. Embryonic skulls of titanosaur sauropod dinosaurs. *Science*. 293: 2444-2446.
- Chiappe, L.M. & Coria, R. A. 2004. Auca Mahuevo, un extraordinario sitio de nidificación de dinosaurios saurópodos del Cretácico Tardío, Neuquén, Argentina. *Ameghiniana*. 41(4): 591-596.
- Coria, R.A. & Salgado, L. 1995. A new giant carnivorous dinosaur from the Cretaceous of Patagonia. *Nature*. 377, 224-226.
- Coria, R.A. & Salgado, L. 1996. A basal iguanodontian (Ornithischia: Ornithopoda) from the Late Cretaceous of South America. *Journal of Vertebrate Paleontology* 16(3): 445-457.
- Coria, R. A., & Calvo, J. O. 2002. A new iguanodontian ornithopod from Neuquén Basin, Patagonia, Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 22(3), 503-509.
- Coria, R.A., Chiappe L.M. & Dingus L. 2002a. A new close relative of *Carnotaurus sastrei* Bonaparte, 1985 (Theropoda: Abelisauridae) from the Late Cretaceous of Patagonia. *Journal of Vertebrate Paleontology* 22: 460-465.

- Coria R.A., Currie, P.J., Eberth, D. & Garrido, A.C. 2002b. Bird footprints from the Anacleto Formation (Late Cretaceous), Neuquén, Argentina. *Ameghiniana* 39(4): 453-463.
- 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, 357-376.
- De Broin, F. D. L., & de la Fuente, M. S. 2001. Oldest world Chelidae (Chelonii, Pleurodira), from the Cretaceous of Patagonia, Argentina. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series IIA-Earth and Planetary Science*, 333(8), 463-470.
- De Ferrariis, C. 1968. El Cretácico del Norte de la Patagonia. *III Jornadas Geológicas Argentinas*. Actas 1: 121-144. Buenos Aires.
- De la Fuente, M.S., Lapparent de Broin, F., Menera de Bianco, T. 2001. The oldest and first nearly complete skeleton of a chelid, of a Hydromedusa subgroup (Chelidae, Pleurodira), from the Upper Cretaceous of Patagonia. *Bulletin de la Société Géologique de France* 172: 237-244.
- De la Fuente, M. S., Calvo, J. O., & González Riga, B. J. (2007). A new Cretaceous chelid turtle from the northern Neuquén Basin, Argentina. *Ameghiniana*, 44(2), 485-492.
- De la Fuente, M., Barbieri, R. & Chafraat, 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 Souza Carvalho, I., Giuseppe, L., de Moraes Rios-Netto, A., Borghi, L., de Paula Freitas, A., Artur Andrade, J., de Freitas, F.I. 2021. Dinosaur trampling from the Aptian of Araripe Basin, NE Brazil, as tools for paleoenvironmental interpretation. *Cretaceous Research*. 117.
- Delaloye, A.P. 2017. La Formación Allen y la discordancia Huantráiquica en la zona del Lago Pellegrini (provincia de Río Negro): Aspectos estratigráficos y sedimentarios. Tesis de Grado. 101p
- Di Paola, E.C. 1973. Caracterización litoestratigráfica de la Formación Neuquén. *V Congreso Geológico Argentino*, Actas 3: 197-206. Buenos Aires.
- Díaz-Martínez, I., Cónsole-Gonella, C., 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.
- Digregorio, J.H. 1972. Neuquén. En: A. Leanza (Ed.), *Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias, 439-505. Córdoba.

- Digregorio, J.H. y Uliana, M.A. 1980. Cuenca Neuquina. En: Turner, J.C.M. (Ed.): *II Simposio de Geología Regional Argentina*, Academia Nacional de Ciencias (2): 985-1032. Córdoba.
- Dingus, L., Clarke, J., Scott, G.R., Sweisher III, C.C. & Coria, R.A. 2000. Stratigraphy and magnetostratigraphic/faunal constraints for the age of sauropod embryo-bearing rocks in the Neuquén Group (Late Cretaceous, Neuquén Province, Argentina). *American Museum Novitates* 3290: 1-11.
- 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.
- Filippi, L.S. & Garrido, A.C. 2008. *Pitekunsaurus macayai* gen. et sp. nov., nuevo titanosaurio (Saurischia, Sauropoda) del Cretácico Superior de la Cuenca Neuquina, Argentina. *Ameghiniana* 45(3): 575-590.
- Filippi, L.S., García, R.A., and Garrido, A.C. 2011. A new titanosaur sauropod dinosaur from the Upper Cretaceous of North Patagonia, Argentina. *Acta Palaeontologica Polonica* 56 (3): 505–520.
- Filippi L.S & Garrido A.C. 2012. Nuevo Registro del Género Dinilysia (Squamata, Serpentes) Para la Formación Anacleto (Campaniano Inferior—Medio), Rincón de los Sauces, Neuquén, Argentina. *Ameghiniana* 49(1): 132-136.
- Fiorelli, L. E., & Calvo, J. O. 2007. The first “protosuchian” (Archosauria: Crocodyliformes) from the Cretaceous (Santonian) of Gondwana.
- 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. Buenos Aires.
- Friend, P.F. 1983. Towards the field classification of alluvial architecture or sequence. In: J.D, Collinson and J. Lewin (Editors), *Modern and Ancient Fluvial Systems*. Int. Assoc. Sediment. Spec. Publ., 6: 345-354.
- Garrido, A.C. & Calvo J.O. 2004. Reasignación litoestratigráfica de los niveles portadores de *Megaloolithus patagonicus* Calvo *et al.* (Dinosauria: Sauropoda) en las bardas de la ciudad de Neuquén. *Ameghiniana* (Suplemento) 41(4): 47R.
- Garrido, A.C. 2010a. Estratigrafía del Grupo Neuquén, Cretácico Superior de la Cuenca Neuquina (Argentina): Nueva propuesta de ordenamiento litoestratigráfico. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 12 (2): 121-177.

- Garrido, A.C. 2010b. Paleoenvironment of the Auca Mahuevo and Los Barreales sauropod nesting-sites (Late Cretaceous, Neuquén province, Argentina). *Ameghiniana* 47(1): 99-106.
- Gasparini, Z. y Goñi, R. 1985. Los plesiosaurios el Cretácico de America del Sur y del continente antártico. *Coletânea de Trabalhos Paleontológicos* 27: 55–63.
- Gasparini, Z., Chiappe, L. M., & Fernandez, M. 1991. A new Senonian peirosaurid (Crocodylomorpha) from Argentina and a synopsis of the South American Cretaceous crocodylians. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 11(3), 316-333.
- Gasparini, Z. & Salgado, L. 2000. Elasmosáuridos (Plesiosauria) del Cretácico tardío del Norte de Patagonia. *Revista Española de Paleontología* 15: 13-21.
- Gianechini, F., Apesteguía, S., Landini, W., & Finotti, F., Valieri, R. & Zandonai, F. 2015. New abelisaurid remains from the Anacleto Formation (Upper Cretaceous), Patagonia, Argentina. *Cretaceous Research* 54: 1-16.
- González Riga, B.J., Ortiz David, L.D., Tomaselli, M.B., dos Anjos Candeiro, C.R., Coria, J.P., Prámparo, M. 2015. Sauropod and theropod dinosaur tracks from the Upper Cretaceous of Mendoza (Argentina): Trackmakers and anatomical evidences. *Journal of South American Earth Sciences* 61: 134-141
- Heredia, S. & Salgado, L. 1999. Posición estratigráfica de los estratos supracretácicos portadores de dinosaurios en el lago Pellegrini, Patagonia septentrional, Argentina. *Ameghiniana* 36(2): 229-234. Buenos Aires.
- Heredia, S. & Calvo, J.O. 2002. Estratigrafía de las bardas de la ciudad de Neuquén, Argentina. *XV° Congreso Geológico Argentino*. Actas: 699–705.
- Herrero Ducloux, A. 1938. Reconocimiento de la zona situada entre la vía férrea, el río Neuquén y el meridiano de Plaza Huinul. Yacimientos Petrolíferos Fiscales. 23pp. Inédito.
- Herrero Ducloux, A. 1946. Contribución al conocimiento geológico del Neuquén extraandino. *Boletín de Informaciones Petroleras* 23(226): 245-281. Buenos Aires.
- Huene, F. v., 1929. Los Saurísquios y Ornítísquios del Cretácico Argentino. *Anales Museo de La Plata*, 2ª serie 3, pp. 1-196.
- Hugo, C.A. & Leanza, H.A. 2001. Hoja Geológica 3069-IV General Roca (escala 1:250.000). Provincias de Río Negro y Neuquén. *Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR*. Boletín 308: 1-65. Buenos Aires.
- Impiccini, A. 1995. Mineralogía de la fracción no arcillosa de las bentonitas del Cretácico superior de la región Norpatagónica. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata.

- Keidel, J. 1917. Über das patagonische Tafelland und ihre zuehungen zu den geologischen ercheinungen in den Argentinischen Anden gebiet und Litoral. *Zeitschrift der Deutsche Akademie Wiissenschaft* 3 (5-6): 219-245. Stuttgart.
- Keidel, J. 1925. Sobre la estructura tectónica de las capas petrolíferas en el oriente del Territorio del Neuquén. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Minería y Geología, Publicación 8: 5-67. Buenos Aires.
- Leanza, H.A. 1999. The Jurassic and Cretaceous terrestrial beds from Southern Neuquen Basin, Argentina. Field Guide. *Instituto Superior de Correlación Geológica. INSUGEO. Serie Miscelánea* 4: 1-30. San Miguel de Tucumán.
- Leanza, H. A., Apestegua, 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(1), 61-87.
- Leanza, H.A. 2009. Las principales discordancias del Mesozoico de la Cuenca Neuquina según observaciones de superficie. *Revista Museo Argentino de Ciencias Naturales* (n.s.) 11 (2): 145-184. Buenos Aires
- Legarreta, L. & C.A. Gulisano. 1989. Análisis estratigráfico secuencial de la Cuenca Neuquina (Triásico superior - Terciario inferior). En: G. Chebli & L. Spalletti (Eds.), Cuencas Sedimentarias Argentinas. X Congreso Geológico Argentino. Serie Correlación Geológica 6: 221-243. Buenos Aires.
- Llambías, E.J., 1999. Las rocas ígneas gondwánicas, en Caminos, R. (ed.), Geología Argentina: Buenos Aires, Instituto de Geología y Recursos Minerales 29 (12): 349-376.
- Lydekker, R., 1893. Contributions to the study of the fossil vertebrates of Argentina. I. The dinosaurs of Patagonia. *Anales del Museo de La Plata, Paleontología* 2: 1-14.
- Marchese, H.G. 1971. Litoestratigrafía y variaciones faciales se las sedimentitas mesozoicas de la Cuenca Neuquina, Provincia del Neuquén, República Argentina. *Revista Asociación Geológica Argentina* 26 (3): 343-410.
- Martinelli, A. G., Sertich, J. J., Garrido, A. C., & Praderio, Á. M. 2012. A new peirosaurid from the Upper Cretaceous of Argentina: Implications for specimens referred to Peirosaurus torminni Price (Crocodyliformes: Peirosauridae). *Cretaceous Research*, 37, 191-200.
- Martínez, L.C.A. 2010. Monocotiledóneas en Auca Mahuevo, Formación Anacleto (Campaniano), Neuquén, Argentina. *X Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y VII Congreso Latinoamericano de Paleontología* (La Plata). Resúmenes: 182–183.
- Martínez, L.C.A. 2012. Estípites de Palmera en el Campaniano del Grupo Neuquén, Provincia del Neuquén, Argentina. *Ameghiniana*, 49(4):573-584.

- Méndez, V., Zanettini, J.C. y Zappettini, E.O. 1987. Aspectos geológicos del Orógeno Andino Central de la República Argentina. *X Congreso Geológico Argentino*, Actas 1: 181-184.
- Miall, A. D. 1985. Architectural element analysis: A new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth science reviews*, 22 (1985) 261-308.
- Miall, A.D. 1996. The geology of fluvial deposits. Sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology. Springer, New York, 582 pp.
- Mosquera, A. y Ramos, V.A. 2006. Intraplate deformation in the Neuquén Embayment. En: Kay S. & Ramos, V. (Eds.): Evolution of an Andean margin: a tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°-39°S lat), Geological Society of America, Special Paper 407: 97-123.
- Mosquera A., Silvestro, J., Ramos V.A., Alarcón. M. y Zubiri, M. 2011. La Estructura de la Dorsal de Huincul. En: Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (Eds.): Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén. *XVIII Congreso Geológico Argentino*. Relatorio: 385-397. Neuquén.
- Musacchio, E. 1973. Charophytas y ostrácodos no marinos del Grupo Neuquén (Cretácico Superior) en algunos afloramientos de las provincias de Río Negro y Neuquén, República Argentina. *Revista del Museo de La Plata, Paleontología* 48: 1-32.
- Náñez, C.A. 2007. Micropaleontología. En: Rodríguez, M.F., Leanza, H.A. & Salvarredy Aranguren, M. 2007. Hoja Geológica 3969-II, Neuquén, Provincias de Neuquén, Río Negro y La Pampa. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina a escala 1: 250.000. *Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR*. Boletín nº 370: 81-89.
- Novas, F. E., & Puerta, P. F. 1997. New evidence concerning avian origins from the Late Cretaceous of Patagonia. *Nature*. 387, 390-392.
- Novas, F. E. 1998. *Megaraptor namunhuaiquii*, gen. et sp. nov., a large-clawed, Late Cretaceous theropod from Patagonia. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 18(1), 4-9.
- O'Gorman, J., Salgado, L. & Gasparini, Z. 2011. Plesiosaurios de la Formación Allen (Campaniano-Maastrichtiano) en el Área del Salitral de Santa Rosa (Provincia de Río Negro, Argentina). *AMEGHINIANA*. 48 (1): 29-135.
- Petriella, B. 1978. Nuevos hallazgos de Cycadales fósiles en Patagonia. *Boletín de la Asociación Latinoamericana de Paleobotánica y Palinología* 5: 13-16.
- Pettinari, G., Giusiano, A., & Ludueña, D. 1999. Arcillas rojas del Grupo Neuquén. Recursos minerales de la República Argentina. *Servicio Geológico Minero Argentino. Instituto de Geología y Recursos Minerales*, Anales, 35, 1103-1112.

- Pinto, L., González Riga, B.J., Cione, A. 2017. Hallazgo de peces dipnoos en la Formación Anacleto, Cretácico Superior de la provincia de Mendoza (Argentina): aspectos sistemáticos y paleoambientales. *XXXI Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados*, Santa Clara del Mar, Buenos Aires, Argentina. Resúmenes.
- Porfiri, J.D., Juárez Valieri, R.D., Garrido, A.C., Bellardini, F. and Dos Santos, D. 2019. New Titanosaur Record from the Universidad Nacional del Comahue Campus of Neuquén City (Patagonia, Argentina). *II Jornadas de Paleovertebrados de la Cuenca Neuquina*. Resúmenes, 40p.
- Powell, J.E., 1986. Revisión de los Titanosauridae de América del Sur. Unpublished PhD. Thesis. Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, p. 340.
- Price, L. 1955. Novos crocodilídeos dos arenitos da serie Baurú Cretáceo do Estado de Minas Gerais. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 27: 487–498.
- Ramos, V.A. 1981. Descripción Geológica de la Hoja 33c, Los Chihuidos Norte. Provincia del Neuquén. *Servicio Geológico Nacional*. Boletín 182: 1-103. Buenos Aires.
- Ramos, V. A. 1999. Las provincias geológicas del territorio argentino. En: Caminos, R. (Ed). *Geología Argentina. SEGEMAR*. Anales N° 29: 41-96.
- Retallack, G. 1990. *Soils of the past: an introduction to paleopedology*. Harper Collins Academic, Hammersmith: p. 520.
- Rodríguez, M.F., Lenaza, H., Salvarredy Aranguren, M. 2007. Hoja Geológica 3969-II, Neuquén, provincias del Neuquén, Río Negro y La Pampa. Instituto de Geología y Recursos Minerales. *Servicio Geológico Minero Argentino*. Boletín 370: 1-165. Buenos Aires.
- Rodríguez, M. F. 2011. El Grupo Malargüe (Cretácico tardío – Paleógeno temprano) en la Cuenca Neuquina. En: Leanza, H.A., Arregui, C., Carbone, O., Danieli, J.C., Vallés, J.M. (Eds.): *Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén. XVIII Congreso Geológico Argentino*. Relatorio: 245-264. Neuquén.
- Roll, A. 1938. Observaciones en el Neuquén Central (Resumen). *Boletín de Informaciones Petroleras*. 15(171): 40-41.
- 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.

- 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., Apesteguía, S., Heredia, S.E., 2005. A new specimen of *Neuquensaurus australis*, a Late Cretaceous Saltasaurinae Titanosaur from North Patagonia. *Journal of Vertebrate Paleontology* 25: 623-634.
- Salgado, L. & Coria, R.A. 2009. *Barrosasaurus casamiquelai* gen. et sp. nov., a new titanosaur (Dinosauria, Sauropoda) from the Anacleto Formation (Late Cretaceous: early Campanian) of Sierra Barrosa (Neuquén, Argentina). *Zootaxa* 2222: 1-16.
- 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): 236-255.
- Sánchez, M.L. & Armas, P. 2008. Paleoambientes Sedimentarios del Cretácico Superior en el Borde Nororiental de Cuenca Neuquina, Formación Anacleto y Miembro Inferior de la Formación Allen. En: M. Schiuma (Ed.). *VII° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos*, Actas: 543-564.
- Sánchez, M., Asurmendi, E. & Armas, P. 2013. Subgrupo Río Colorado (Grupo Neuquén): Registros de paleosismicidad en la cuenca de antepaís andina, Cuenca Neuquina, Provincias de Neuquén y Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. 70. 96-114.
- Scanferla, C.A. y Canale, J.I. 2007. The youngest record of the cretaceous snake genus *Dinilysia* (Squamata, Serpentes). *South American Journal of Herpetology* 2: 76–81.
- Sereno, P.C., Martínez, R.N., Wilson, J.A., Varricchio, D.J., Alcober, O.A. & Larson, H.C. 2008. Evidence for avian intrathoracic air sacs in a new predatory dinosaur from Argentina. *Plos One* 3 (9): 1-20.
- Simón, M. E. y Kellner, A. W.A. 2003. New sphenodontid (Lepidosauria, Rhynchocephalia, Eilenodontinae) from the Candeleros Formation, Cenomanian of Patagonia, Argentina. *Boletim Museu Nacional, Nova Serie, Geologia, Rio de Janeiro*, Vol. 68.
- Smith-Woodward, A.S. 1901. On some extinct reptiles from Patagonia of the genera *Miolania*, *Dinilysia* and *Genyodectes*. *Proceedings Royal Society of London* 1: 169–184.
- Stipanovic, P.N., Rodrigo, F., Baulies O.L. & Martínez, C.G. 1968. Las Formaciones presenonianas en el denominado Macizo Nordpatagónico y regiones adyacentes. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 23(2): 67-98.

- Tunik, M., Folguera, A., Naipauer, M., Pimentel, M., & Ramos, V. 2010. Early uplift and orogenic deformation in the Neuquén Basin: constraints on the Andean uplift from U-PB and Hf isotopic data of detrital zircons. *Tectonophysics* 489(1-4): 258-273.
- Turner, A.H. & J.O. Calvo. 2005. A new Sebecosuchian Crocodyliform from the Late Cretaceous of Patagonia. *Journal of Vertebrate Paleontology* 25(1): 87-98.
- Uliana, M., 1979, Geología de la región comprendida entre los ríos Colorado y Negro, Provincias de Neuquén y Río Negro (inédito): La Plata, Universidad Nacional de La Plata, Tesis Doctoral.
- Uliana, M.A. & Dellapé, D.A. 1981. Estratigrafía y evolución paleoambiental de la sucesión maestrichtiano-eoterciaria del engolfamiento neuquino (Patagonia Septentrional). *VII Congreso Geológico Argentino*. Actas 3: 673-711.
- Uliana, M. A. & Legarreta, L. 1993. Hydrocarbon habitat in a Triassic to Cretaceous Sub-Andean setting: Neuquén Basin, Argentina. *Journal of Petroleum Geology* 16 (4): 397-420. Londres.
- Vallati, P. 2010. Asociaciones Palinológicas con Angiospermas en el Cretácico Superior de la Cuenca Neuquina, Argentina. *Revista Brasileira de Paleontología* 13(2):143-158.
- Vergani, G.D., Tankard A.J., Belotti H.J. y Welsink H.J. 1995. Tectonic evolution and paleogeography of the Neuquén Basin, Argentina. En: Tankard, A.J., R. Suárez & H.J. Welsink (Eds.). Petroleum basins of South America. *American Association of Petroleum Geologists*, Memoir 62: 383-402.
- von Huene, F. 1929.. Versuch einer Skizze der paläogeographischen Beziehungen Südamerikas. *Geologische Rundschau*, 20(2), 81-96.
- Wichmann, R. 1927. Sobre las facies lacustres Senoniana de los estratos con dinosaurios y su fauna. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias* 30(1-4): 383-406.
- Woodward, A. S. 1896. On two Mesozoic crocodylians *Notosuchus* nov. gen. and *Cynodontosuchus* nov. gen. from the red sandstones of the Territory of Neuquén (Argentina). In *Anales del Museo de la Plata*, Vol. 4, pp. 1-20.
- Woodward, A. S. 1901. On some extinct reptiles from Patagonia, of the genera *Miolania*, *Dinilysia*, and *Genyodectes*. In *Proceedings of the Zoological Society of London*. Vol. 70, No. 2, pp. 169-184.
- Xing, L., Lockley, G.M., Li, Z., Kleine, H., Chenf, S., Persons IV, W.S., Wang, M. 2020. Large Scale Dinoturbation in Braided Stream Deposits: Evidence from the Cretaceous Tugulu Group of the Hami Area, Eastern Xinjiang, China. *Biosis: Biological Systems* 1 (2): 72-84.