



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

**TESINA PRESENTADA PARA OBTENER EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO EN GEOLOGÍA**

**ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO Y PALEOAMBIENTAL DEL MIEMBRO LAS
PLUMAS (FORMACIÓN CERRO BARCINO) EN EL CERRO LAS LEONERAS,
CRETÁCICO DE PATAGONIA, ARGENTINA**

DAVID RUZ GATTO

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2015

Prefacio

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Licenciado en Geología, en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa, y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad ni en otra Institución Académica. Se llevó a cabo en las Cátedras de Estudio del Geosistema y Sedimentología dependientes del Departamento de Geología, durante el período comprendido entre el 01/08/2014 y el 23/04/2015, bajo la dirección del Dr. Aldo Martín Umazano (INCITAP-UNLPam) y la codirección del Dr. Javier Marcelo Krause (CONICET-MEF-UNPSJB).

Expreso mi sincero agradecimiento a las personas e instituciones que se detallan a continuación. Todas ellas han contribuido de diferentes maneras para que esta Tesina sea una realidad.

- A la **Facultad**, que brindó apoyo financiero, principalmente a través del Proyecto de Investigación N° 001 del Departamento de Geología, el cual es dirigido por el Dr. Aldo Martín Umazano.
- A **Aldo Martín Umazano** y **Javier Marcelo Krause**, Director y Codirector respectivamente, por el acompañamiento y la buena predisposición en cada paso.
- Al **Dr. José Luis Carballido**, integrante del grupo de paleontología de vertebrados del Museo Paleontológico Egidio Feruglio de Trelew, por permitir que sea partícipe de las investigaciones paleontológicas y geológicas realizadas en la Estancia La Flecha y sus alrededores, dándome la oportunidad de poder realizar la Tesina.
- A **Romina Carmona**, por su colaboración durante las tareas de campaña.
- A mi **Familia**, que siempre estuvo a mi lado y me acompañó en cada momento de mi vida.
- A mis **Compañeros y Amigos**, con los que he compartido parte de mi vida y de esta hermosa carrera.

Índice

1. Resumen.....	4
2. Abstract	5
3. Introducción.....	6
4. Marco geológico y área de estudio.....	7
4.1 <i>Geología de la Cuenca Somuncurá Cañadón Asfalto</i>	7
4.2 <i>Área de estudio</i>	11
5. Metodología	12
6. Resultados	13
6.1 <i>Relaciones estratigráficas</i>	13
6.2 <i>Facies</i>	15
6.3 <i>Asociaciones de facies</i>	21
6.4 <i>Depósitos asociados</i>	24
7. Discusión	26
7.1 <i>Evolución paleoambiental</i>	26
7.2 <i>Controles sedimentarios</i>	28
8. Conclusiones	30
9. Referencias	32

1. Resumen

Se realizó el análisis estratigráfico y paleoambiental detallado de las sedimentitas volcánicas del Miembro Las Plumas (Formación Cerro Barcino, Cretácico) en el Cerro Las Leoneras, sector central de la provincia de Chubut. La unidad se compone principalmente de cuerpos conglomerádicos y areniscosos de geometría lenticular, interestratificados con depósitos tabulares donde predominan las areniscas tobáceas. El Miembro Las Plumas yace sobre el Miembro Cerro Castaño, mediando entre ambos una discordancia irregular de continuidad regional. Ambientalmente, el Miembro Las Plumas registra canales fluviales entrelazados, perennes y con drenaje diluido gravo-arenoso hacia el sur-sureste, que surcaban una planicie de inundación construida a partir de flujos mantiformes, lagos someros y flujos de detritos. Por encima del Miembro Las Plumas, separado por una paraconformidad, hay depósitos pelíticos paleocenos de plataforma silicoclástica, pertenecientes a la Formación Salamanca. Estos sedimentos fueron depositados durante una transgresión vinculada a un ascenso eustático del nivel del mar. Se infiere que la actividad tectónica intracuencal fue la principal responsable de los cambios registrados entre los Miembros Cerro Castaño y Las Plumas (diseño de los ríos, dirección de drenaje y granulometría de los detritos).

2. Abstract

A detailed stratigraphical and palaeoenvironmental analysis of volcanoclastic Las Plumas Member (Cretaceous Cerro Barcino Formation) was carried out in Cerro Las Leoneras, central part of Chubut province. The unit is mainly composed by conglomerate-sandstone bodies with lenticular geometry, which are interbedded with sheet-like tuffaceous sandstone strata. This succession overlies the Cerro Castaño Member above an irregular discordance of regional continuity. Environmentally, Las Plumas Member records braided and permanent fluvial channels with diluted drainage towards south-southeast, which crossed a floodplain constructed from sheet-floods, shallow lakes and debris-flows. The mudstones of the Palaeocene Salamanca Formation, which were deposited during a transgression stage linked to an eustatic sea-level rise, overlie the Las Plumas Member; between them there is a paraconcordance. The intrabasinal tectonic activity could be the main responsible of the changes recorded between Cerro Castaño and Las Plumas Members (design of rivers, drainage direction and grain-size of detritus).

3. Introducción

El Miembro Las Plumas de la Formación Cerro Barcino (Cretácico de la Cuenca Somuncurá-Cañadón Asfalto) es una sucesión fluvial volcanoclástica caracterizada por depósitos gravo-arenosos de coloración rojiza (Codignotto *et al.*, 1978). En general la sucesión yace discordantemente sobre las sedimentitas fluviales, areno-gravosas epi/piroclásticas del Miembro Cerro Castaño, también perteneciente a la Formación Cerro Barcino (Codignotto *et al.*, 1978; Anselmi *et al.*, 2004, 2005; Sacomani y Panza, 2007). No obstante, en varias localidades ambos Miembros han sido mapeados de manera conjunta y sus relaciones estratigráficas son poco conocidas (cf. Carmona, 2015). De manera más localizada, el Miembro Las Plumas yace sobre las volcanitas jurásicas del Grupo Lonco Trapial o equivalentes (Codignotto *et al.*, 1978; Allard *et al.*, 2014). Por otra parte, el Miembro Las Plumas subyace a los depósitos aluviales volcanoclásticos de los Miembros Bayo Overo y Puesto Manuel Arce de la Formación Cerro Barcino, o a los depósitos marinos de la Formación Salamanca (Codignotto *et al.*, 1978; Anselmi *et al.*, 2004, 2005; Sacomani y Panza, 2007).

Desde el punto de vista paleoambiental, el Miembro Las Plumas ha sido analizado localmente a partir de secciones parciales (Foix *et al.*, 2012, 2014; Carmona, 2015) o en posiciones marginales de la cuenca (Allard *et al.*, 2014). La unidad registra un sistema fluvial gravo-arenoso con canales de baja sinuosidad, incluyendo diseños entrelazados, así como meandrosos que, hacia posiciones periféricas de la cuenca, particularmente en el sector oriental, se relaciona con abanicos aluviales. El paleoambiente inferido para el Miembro Cerro Castaño incluye sistemas monocanalizados más arenosos, de alta sinuosidad y con barras en espolón, así como también mayor participación de gravas intracuencales (Manassero *et al.*, 1998, 2000; Allard *et al.*, 2010a; Rosso *et al.*, 2012; Umazano *et al.*, 2012a, 2014a; Argañaraz *et al.*, 2013; Umazano y Krause, 2013; Carmona, 2015).

En este contexto, la sucesión completa del Miembro Las Plumas en el Cerro Las Leoneras (zona central de la provincia de Chubut), se erige como una excelente oportunidad para indagar sobre los paleoambientes que actuaron durante la depositación de toda la unidad a escala local.

Objetivos: El objetivo general es realizar el análisis estratigráfico y paleoambiental de la sucesión del Miembro Las Plumas de la Formación Cerro Barcino en Cerro Las Leoneras. Como objetivos particulares se pretende: i) efectuar una caracterización detallada de los depósitos de canal, ii) determinar los procesos constructivos de las planicies de inundación de diferentes intervalos estratigráficos, con énfasis en la diferenciación de depósitos piroclásticos primarios de los depósitos retrabajados, iii) delinear la evolución de los paleoambientes y proponer un modelo de sedimentación y iv) valorar el rol de los factores alocíclicos sobre la sedimentación fluvial.

Hipótesis. El Miembro Las Plumas es una sucesión fluvial volcaniclástica con características paleoambientales diferentes a las registradas en el subyacente Miembro Cerro Castaño, probablemente como producto de algún cambio alocíclico sobre la sedimentación.

4. Marco geológico y área de estudio

4.1. Geología de la Cuenca Somuncurá-Cañadón Asfalto

La sucesión sedimentaria estudiada es parte del relleno cretácico por hundimiento térmico de la Cuenca Somuncurá-Cañadón Asfalto. Dicha cuenca se encuentra en Patagonia, Argentina, abarcando aproximadamente 72.000 km² del sector extra-andino (Figura 1; Figari y Courtade, 1993; Cortiñas, 1996; Ranalli *et al.*, 2011). La Cuenca tiene una génesis extensional producto de esfuerzos relacionados al desmembramiento del supercontinente Gondwana y la apertura del Océano Atlántico Sur durante el Jurásico.

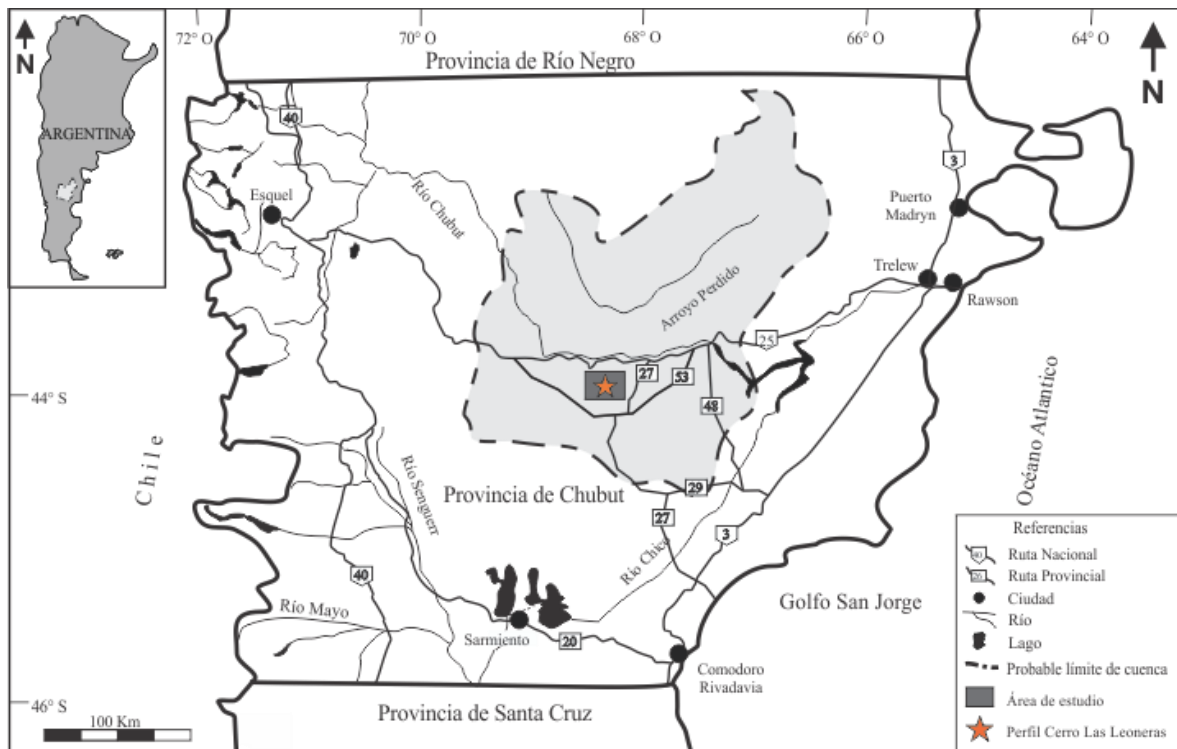


Figura 1. Probable distribución de los depósitos de hundimiento térmico de la Cuenca Somuncurá-Cañadón Asfalto (modificado de Carmona, 2015) y ubicación del Cerro Las Leoneras.

El basamento de la cuenca (“pre-rift” *sensu* Figari, 2011) incluye rocas neopaleozoicas, mayormente plutónicas y metamórficas (Figura 2). Los depósitos de “syn-rift” están representados por tres megasecuencias, denominadas 0, I y II (Figura 2). La megasecuencia 0 (400 m) está representada por sedimentos del Jurásico inferior, de origen fluvio-deltaico, incluidos en las Formaciones Puesto Lizarralde y Las Leoneras, en los flancos norte y sur respectivamente (Nakayama, 1973; Chebli *et al.*, 1976). La megasecuencia I fue gestada durante el Jurásico medio-superior y se compone de rocas volcánicas y sedimentarias asignadas al Grupo Lonco Trapial (1000 m; Lesta y Ferello, 1972; Lizuaín y Silva Nieto, 2005), y sedimentitas lacustres de la Formación Cañadón Asfalto (600 m; Proserpio, 1987; Cabaleri y Armella, 1999, 2005; Cabaleri *et al.*, 2005; Volkheimer *et al.*, 2008; Gallego *et al.*, 2011). La megasecuencia II (1500 m) incluye a la sucesión lacustre y fluvio-deltaica, del Jurásico superior-Cretácico inferior, de la Formación Sierra de la Manea (Figari y Ramos, 2010; Figari, 2011); unidad equivalente lateral de la Formación Cañadón Calcáreo (Proserpio, 1987).

Durante la etapa de “post-rift” se depositó el Grupo Chubut (megasecuencia III), constituido por las Formaciones Los Adobes y Cerro Barcino (*sensu* Codignotto *et al.*, 1978) (Figura 2). La edad del Grupo se estimó inicialmente como barremiana-campaniana

(?) en base a datos de microfósiles incluyendo ostrácodos, palinomorfos y carófitas (Musacchio, 1972; Musacchio y Chebli, 1975; Llorens y Marvegio, 2009; Volkheimer *et al.*, 2009). Sin embargo, una datación reciente de la sección superior del Grupo indicaría una edad mínima turoniana-cenomaniana (?; Suarez *et al.*, 2014). La Formación Los Adobes, depositada durante un pulso de reactivación tectónica, está constituida por los Miembros Arroyo del Pajarito y Bardas Coloradas; ambos son esencialmente silicoclásticos y registran depósitos de ambientes aluviales en depocentros ubicados en el sector occidental de la Cuenca (Codignotto *et al.*, 1978; Allard *et al.*, 2009, 2010b, 2010c, 2011, 2012, en prensa).

La Formación Cerro Barcino, depositada durante condiciones de hundimiento térmico e importante influjo piroclástico desde el protoarco Andino, tiene una distribución regional más amplia y manifiesta una disminución de la edad hacia el este (Chebli *et al.*, 1976; Codignotto *et al.*, 1978), lo cual estaría relacionado con la migración del principal depocentro. Esta Formación se divide en miembros según la coloración dominante de los estratos; de base a techo ellos son: Puesto La Paloma (verdoso), Cerro Castaño (rojizo), Las Plumas (rosado y rojizo) y Puesto Manuel Arce (grisáceo). En el sector oriental de la Cuenca el Miembro Puesto Manuel Arce está lateralmente relacionado con una sucesión de coloraciones amarillentas y verdosas que se denominan Miembro Bayo Overo. Por encima del Grupo Chubut hay, en distintos sectores de la cuenca, depósitos continentales y marinos del Cretácico superior-Cuaternario (Malumián, 1999) o basaltos cenozoicos (Ardolino y Franchi, 1993).

Estratigrafía de la cuenca Somuncurá-Cañadón Asfalto			Tiempo
		Fm. Salamanca	CENOZOICO
"Post-rift"	III	Grupo Chubut Mb. Puesto Manuel Arce ★ 97.04	CRETÁCICO
		Mb. Bayo Overo Mb. Las Plumas	
		Fm. Cerro Barcino Mb. Cerro Castaño Mb. Puesto La Paloma	
		Fm. Los Adobes	
		Fm. Cañadón Calcáreo	
"Syn-rift"	I	Fm. Cañadón Asfalto	JURÁSICO
		Grupo Lonco Trapial	
	0	Fm. Puesto Lizarralde Fm. Las Leoneras	
			TRIÁSICO
"Pre-rift"		Basamento Rocas plutónicas y metamórficas	NEO-PALEOZOICO

Figura 2. Cuadro estratigráfico simplificado de la Cuenca Somuncurá-Cañadón Asfalto (modificado de Foix *et al.*, 2012), con una estrella en Mb. Manuel Arce se indica la única edad radiométrica disponible del Grupo Chubut (Suarez *et al.*, 2014). Las rayas que separan las megasecuencias indican hiatus.

Paleoambientalmente, el Miembro Puesto La Paloma representa mayormente un sistema fluvial descanalizado, con participación local y reducida de facies de dunas eólicas transversales, lagos someros y depósitos piroclásticos de caída (Allard *et al.*, 2010a; Umazano, 2010; de la Fuente *et al.*, 2011; Umazano y Krause, 2013; Perez *et al.*, 2013; Umazano *et al.*, 2014a; Villegas *et al.*, 2014; Sterli *et al.*, 2015). Las unidades suprayacentes, incluyendo al Miembro Las Plumas, representan principalmente sistemas fluviales con canales de diferente sinuosidad y enlazamiento que surcaban planicies de inundación que agradaban, principalmente, a partir de desbordamientos mantiformes (Manassero *et al.*, 1998, 2000; Allard *et al.*, 2010a; Rosso *et al.*, 2012; Umazano *et al.*, 2012a, 2014a; Argañaraz *et al.*, 2013; Umazano y Krause, 2013; Carmona, 2015).

4.2. Área de estudio

El área de estudio se ubica en el centro-este de la provincia de Chubut, 12 km al sur de la Ruta Provincial N° 25, que une las localidades costeras y cordilleranas de Trelew y Esquel respectivamente (Figura 1). El Cerro Las Leoneras, al cual se accede a través líneas sísmicas y caminos vecinales que derivan de la Ruta Provincial N° 27, está 20 km al noreste del Cerro El Sombrero, perteneciente a la hoja geológica El Sombrero Anselmi., *et al* (2005) (Figura 3).

En la zona, la Formación Cerro Barcino está ampliamente distribuida y apoya en discordancia irregular sobre las volcanitas del Grupo Lonco Trapial, que afloran saltuariamente al suroeste del área de estudio. Por encima de la Formación Cerro Barcino yacen discordantemente sedimentos marinos del Paleoceno, pertenecientes a la Formación Salamanca. Las sedimentitas de la Formación Cerro Barcino están cubiertas o intruidas por plutonitas, tanto extrusivas como intrusivas, del Eoceno-Oligoceno (Basalto Sierra Cuadrada y Formaciones El Canquel y El Buitre). Por último, se presentan rocas y sedimentos continentales del Pleistoceno-Holoceno.

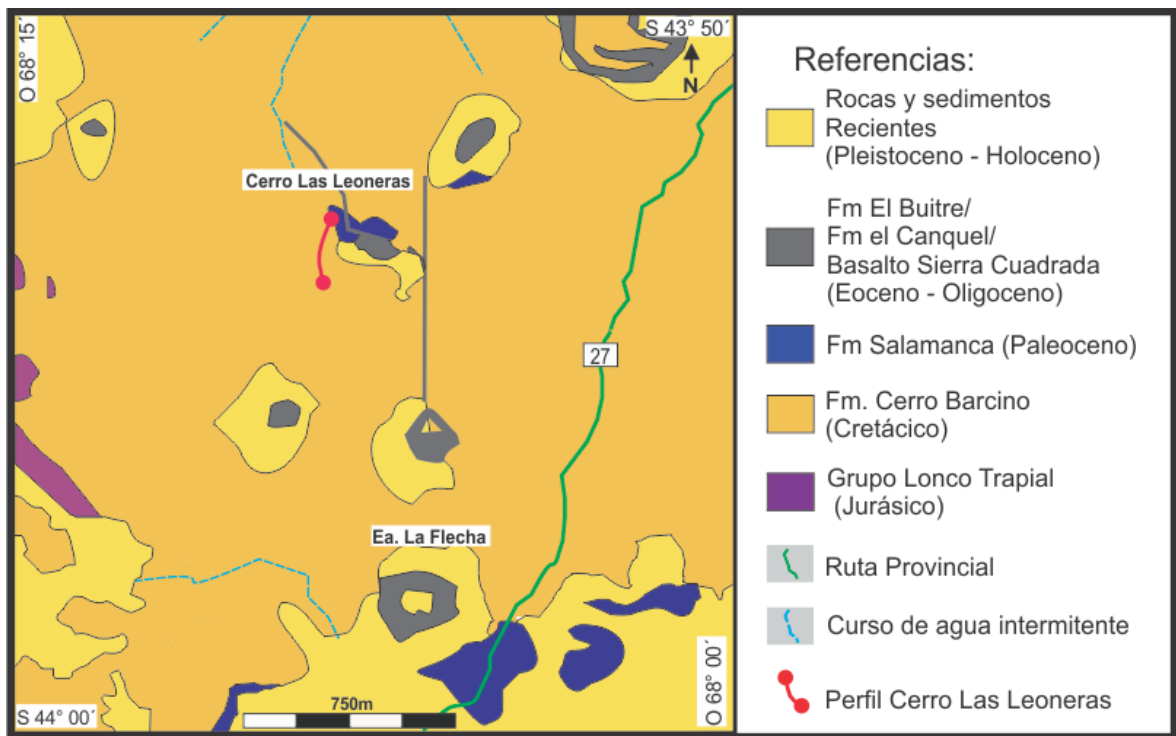


Figura 3. Mapa geológico general de la zona de estudio (modificado de Carmona, 2015).

5. Metodología

Las tareas se desarrollaron en tres etapas secuenciales denominadas I, II y III, las que incluyeron trabajos de gabinete pre-campaña (etapa I), de campo (etapa II) y de gabinete y laboratorio post-campaña (etapa III). La etapa I incluyó la recopilación bibliográfica sobre los aspectos geológicos de la zona de estudio, fundamentalmente sobre la estratigrafía y la sedimentología de las unidades aflorantes. También se realizó una búsqueda exhaustiva de los trabajos sedimentológicos detallados en sucesiones fluviales volcánicas, principalmente aquellos vinculados con interpretaciones faciales y arquitecturales. Esta etapa también incluyó la obtención de información cartográfica (topográfica y geológica) e imágenes satelitales (principalmente a partir del “software” libre Google Earth) de la zona de estudio.

Durante la etapa II se realizó un viaje de campaña de aproximadamente una semana de duración para realizar las siguientes tareas: i) comprensión de la estructura y estratigrafía de la zona, haciendo énfasis en la delimitación del contacto entre el Miembro Las Plumas y las unidades sub y suprayacentes; ii) posicionamiento de los perfiles sedimentológicos medidos empleando GPS; iii) medición de un perfil sedimentológico general empleando técnicas estándar; los atributos considerados fueron litología, granulometría, geometría de los planos de estratificación, estructuras sedimentarias, color y contenido fósil; iv) confección y orientación de fotomosaicos (Wizewich, 1991); v) análisis arquitectural de los depósitos (Miall, 1985) a partir de los fotomosaicos: geometría, dimensiones, superficies limitantes y variaciones litofaciales verticales y laterales; vi) trazado de perfiles sedimentológicos laterales de detalle; vii) medición de estructuras direccionales para determinar paleocorrientes (Bossi, 2007) empleando una brújula tipo Brunton; viii) muestreo orientado de rocas y paleosuelos; ix) registro fotográfico de las características principales.

Las tareas de gabinete de la etapa III incluyeron la elaboración de un mapa geológico detallado y la digitalización de los perfiles y de los diagramas arquitecturales para, posteriormente, realizar el análisis de facies y la interpretación paleoambiental correspondiente. Se utilizó el criterio de codificación facial de Miall (1978), aunque no siempre fueron empleadas sus interpretaciones por considerarse demasiado restrictivas (Melchor, 1995; Visconti, 2007; Umazano, 2009). Posteriormente se evaluaron los

controles sedimentarios alocíclicos y se propuso un modelo de sedimentación para la sucesión estudiada. Por último, el trabajo concluyó con la redacción de la Tesina.

6. Resultados

6.1. Relaciones estratigráficas

En la zona de estudio el Miembro Las Plumas es una sucesión sedimentaria subhorizontal de aproximadamente 50 metros de espesor, caracterizada por una coloración rosada-rojiza intensa. Se compone mayoritariamente de conglomerados con geometría lenticular, interestratificados con depósitos tabulares de areniscas, areniscas tobáceas y pelitas (Figuras 4 y 5). Esta unidad suprayace en relación de discordancia erosiva, irregular y lateralmente continua, a los depósitos tobáceos, areno-tobáceos y pelíticos del Miembro Cerro Castaño (Figuras 4 y 5).



Figura 4. Fotografía que ilustra la estratigrafía de la zona de estudio; nótese el conglomerado rojizo que marca el límite entre los Miembros Cerro Castaño y Las Plumas.

El Miembro Cerro Castaño también está dispuesto subhorizontalmente, y exhibe igualmente una coloración rojiza pero su tonalidad es, en general, menos intensa. Cabe

destacar que en la zona de Estancia La Flecha, 7 km al sur-sureste del Cerro Las Leoneras, se han descrito relaciones estratigráficas similares entre ambos miembros (Carmona, 2015). Por encima del Miembro Las Plumas hay pelitas tabulares de coloración verdosa y amarillenta con abundantes fósiles de invertebrados marinos, en relación paraconcordante, asignados a la Formación Salamanca (Figuras 4 y 5).

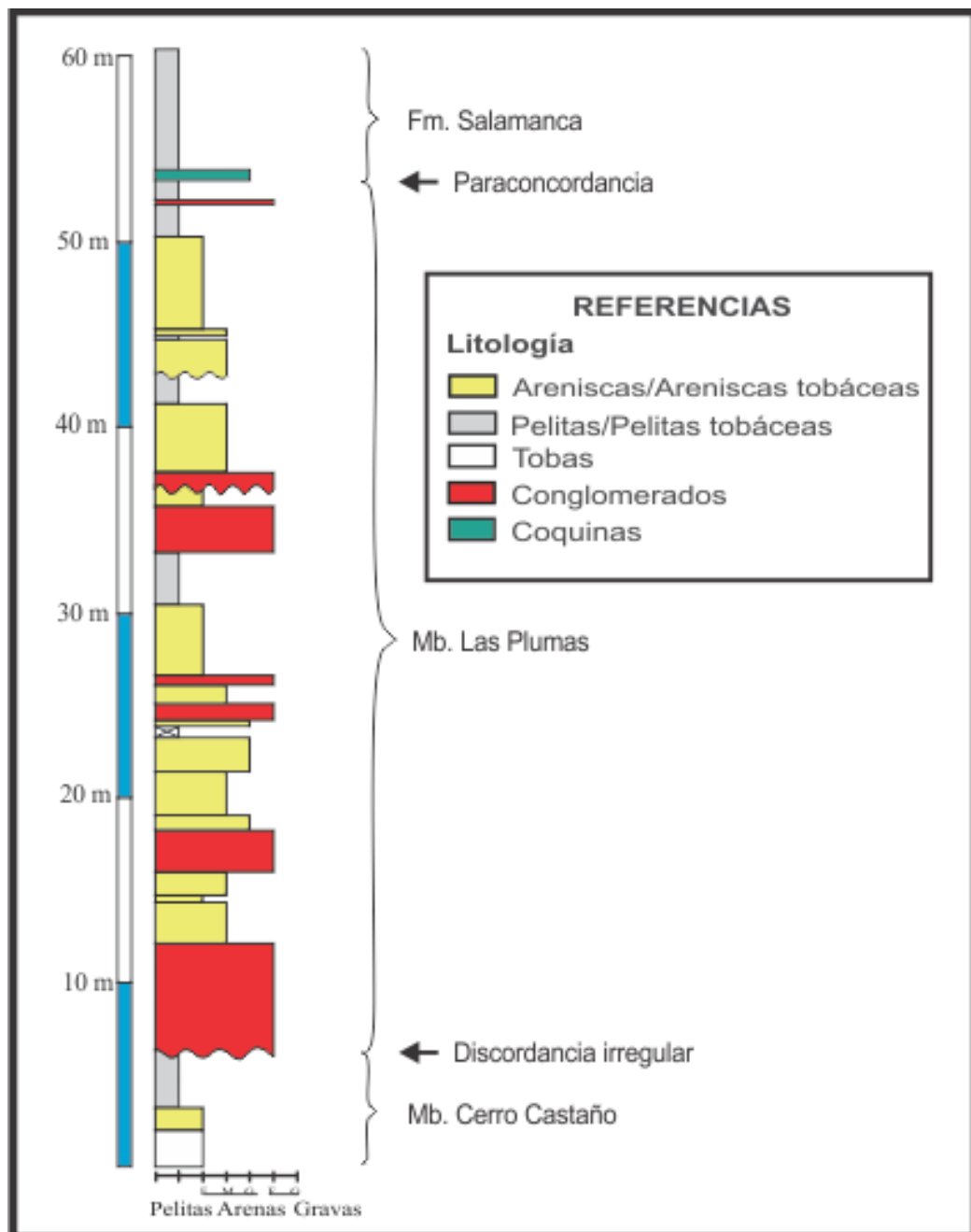


Figura 5. Perfil sedimentológico esquemático de la sucesión estudiada.

La sucesión del Cretácico-Paleógeno está ampliamente distribuida en la zona de estudio, presentándose disectada por dos diques subverticales, cuyas orientaciones aproximadas son

N-S y NO-SE, o cubierta por sus derrubios asociados (Figura 6). Los diques están constituidos por rocas ígneas máficas, extrusivas y plutónicas, predominando los basaltos alcalinos y los gabros de la Formación El Buitre o El Canquel (Figura 6). Particularmente, mientras el Miembro Cerro Castaño aflora de manera saltuaria en casi todo el ámbito de la zona estudiada; el Miembro Las Plumas está expuesto en los sectores occidental y noroccidental del mapa de la Figura 6.



Figura 6. Mapa geológico detallado de la zona de estudio; se indican los puntos de inicio y finalización de la sección medida (A y B respectivamente).

6.2. Facies

Se definieron nueve facies sedimentarias utilizando como criterios la litología, la granulometría, las estructuras sedimentarias y el contenido fósil. La posición estratigráfica de las mismas se puede observar en la Figura 7. Por otra parte, la Tabla 1 resume las principales características de cada facies y la Figura 8 ilustra a las mismas. A continuación se efectúa una descripción detallada y la interpretación correspondiente.

Facies Gm

Descripción: Conglomerado matriz soportado, mal seleccionado, macizo o con gradación inversa (Figura 8.1). Los clastos, con un tamaño máximo de 1,5 cm, son fragmentos de volcanitas efusivas, angulosos y de baja esfericidad; la matriz es arenisca fina tobácea.

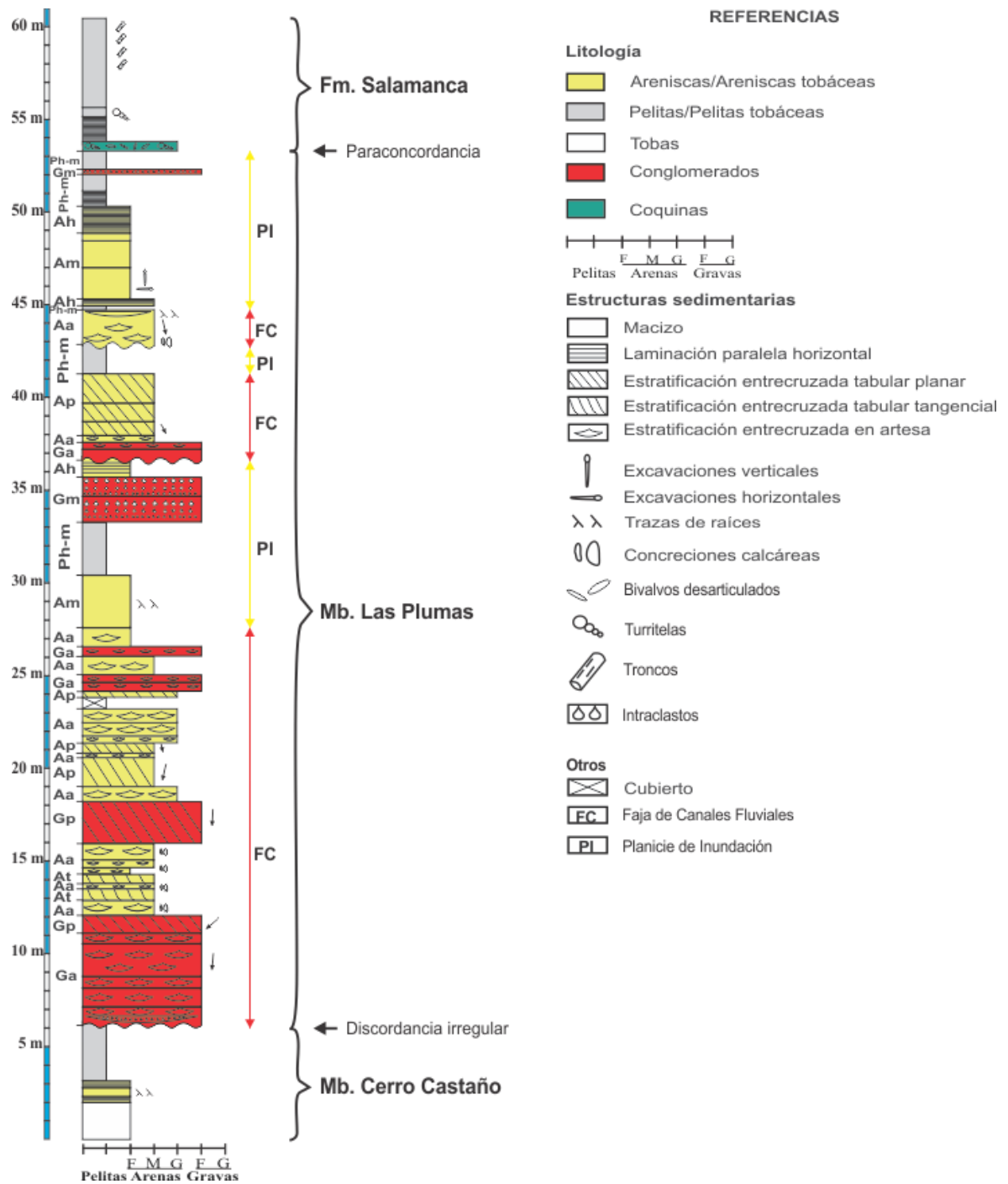


Figura 7. Perfil sedimentológico detallado del Miembro Las Plumas en el Cerro Las Leoneras, incluye también los sectores superior e inferior del Miembro Cerro Castaño y la Formación Salamanca respectivamente. Se muestra la posición estratigráfica de las facies y asociaciones. Las flechas indican la dirección de las paleocorrientes.

Interpretación: La disposición matriz soportada y maciza de los conglomerados es consistente con un flujo de detritos plástico (Miall, 1996). Los sectores gradados en forma inversa sugieren que el flujo fue pseudoplástico, o sea viscoso y de baja resistencia (Miall, 1996).

Facies Gp

Descripción: Conglomerado clasto soportado, mal seleccionado y con estratificación entrecruzada tabular planar (Figura 8.2). Los clastos, con un tamaño máximo de 6 cm, son mayormente volcánicos efusivos y en menor proporción intraclastos pelíticos. La matriz es arenisca gruesa.

Interpretación: El arreglo clasto soportado y la estratificación entrecruzada tabular planar son compatibles con la migración de dunas bidimensionales gravosas (Collinson y Thompson, 1982).

Facies Ga

Descripción: Conglomerado clasto soportado, mal seleccionado y con estratificación entrecruzada en artesa (Figura 8.3). Los clastos, cuyos ejes mayores llegan a medir hasta 7 cm, son intraclastos de pelitas tobáceas y fragmentos de volcanitas efusivas. La matriz es arenisca fina a mediana, en ocasiones pumícea.

Interpretación: La textura clasto soportada y el entrecruzamiento en artesa permiten inferir la migración de dunas tridimensionales gravosas (Collinson y Thompson, 1982).

Facies Am

Descripción: Arenisca fina tobácea, maciza, ocasionalmente con intraclastos pelíticos tamaño grava, (Figura 8.4). En algunos sectores del perfil aparecen excavaciones con relleno pasivo, sin pared, horizontales y verticales, y trazas de raíces.

Interpretación: El tamaño de grano, la ausencia de estructura tractiva y los intraclastos pelíticos indican un flujo gravitatorio diluido con alta concentración de sedimentos (Miall, 1996). Se considera que constituyen el típico registro de los flujos diluidos tipo II (*sensu* Smith y Lowe, 1991), en los cuales la elevada participación de sedimentos impide la generación y/o preservación de formas de fondo. Posteriormente, los depósitos experimentaron un ocasional disturbio biológico, incluyendo pedogénesis.

Facies Ah

Descripción: Arenisca fina tobácea, bien seleccionada, con laminación paralela horizontal (Figura 8.5).

Interpretación: Se interpretan condiciones de lecho plano subácueo rico en sedimentos piroclásticos (Smith y Lowe, 1991). No se dispone de criterios diagnósticos para diferenciar condiciones de bajo o alto régimen de flujo.

Facies Ap

Descripción: Arenisca gruesa a mediana, ocasionalmente tobácea o conglomerádica, con estratificación entrecruzada tabular planar. El eje mayor de clastos tamaño grava es de hasta 3 cm.

Interpretación: El entrecruzamiento tabular planar y el tamaño de grano sugieren la migración subácuea de dunas bidimensionales arenosas en condiciones de bajo régimen de flujo (Collinson y Thompson, 1982). Los estratos con elevada participación de sedimentos piroclásticos denotan la removilización de depósitos piroclásticos por flujos diluidos tipo I (Smith y Lowe, 1991).

Facies At

Descripción: Arenisca mediana, ocasionalmente conglomerádica, con estratificación entrecruzada tabular tangencial (Figura 8.6). Raramente hay concreciones, esféricas u ovoidales, que varían de 11 a 20 cm de eje mayor.

Interpretación: Se interpreta el mismo proceso que para la facies precedente, pero en condiciones de mayor velocidad de flujo, lo que produjo que las caras de avalancha se hicieran asintóticas (Collinson y Thompson, 1982).

Facies Aa

Descripción: Arenisca mediana a gruesa, en ocasiones conglomerádica o tobácea, con estratificación entrecruzada en artesa (Figura 8.7). Los clastos tamaño grava llegan a medir 3,5 cm de eje mayor. Ocasionalmente se presentan concreciones ovoidales que varían de 11 a 22 cm de eje mayor, y trazas de raíces.

Interpretación: La granulometría dominante y el tipo de entrecruzamiento registrado sugieren la migración de dunas tridimensionales subácueas arenosas con crestas discontinuas (Collinson y Thompson, 1982), con ocasional modificación pedogenética de los depósitos resultantes. Aquellos niveles de areniscas tobáceas evidencian el retrabajo de depósitos piroclásticos por típicos flujos de corriente (Smith y Lowe, 1991).

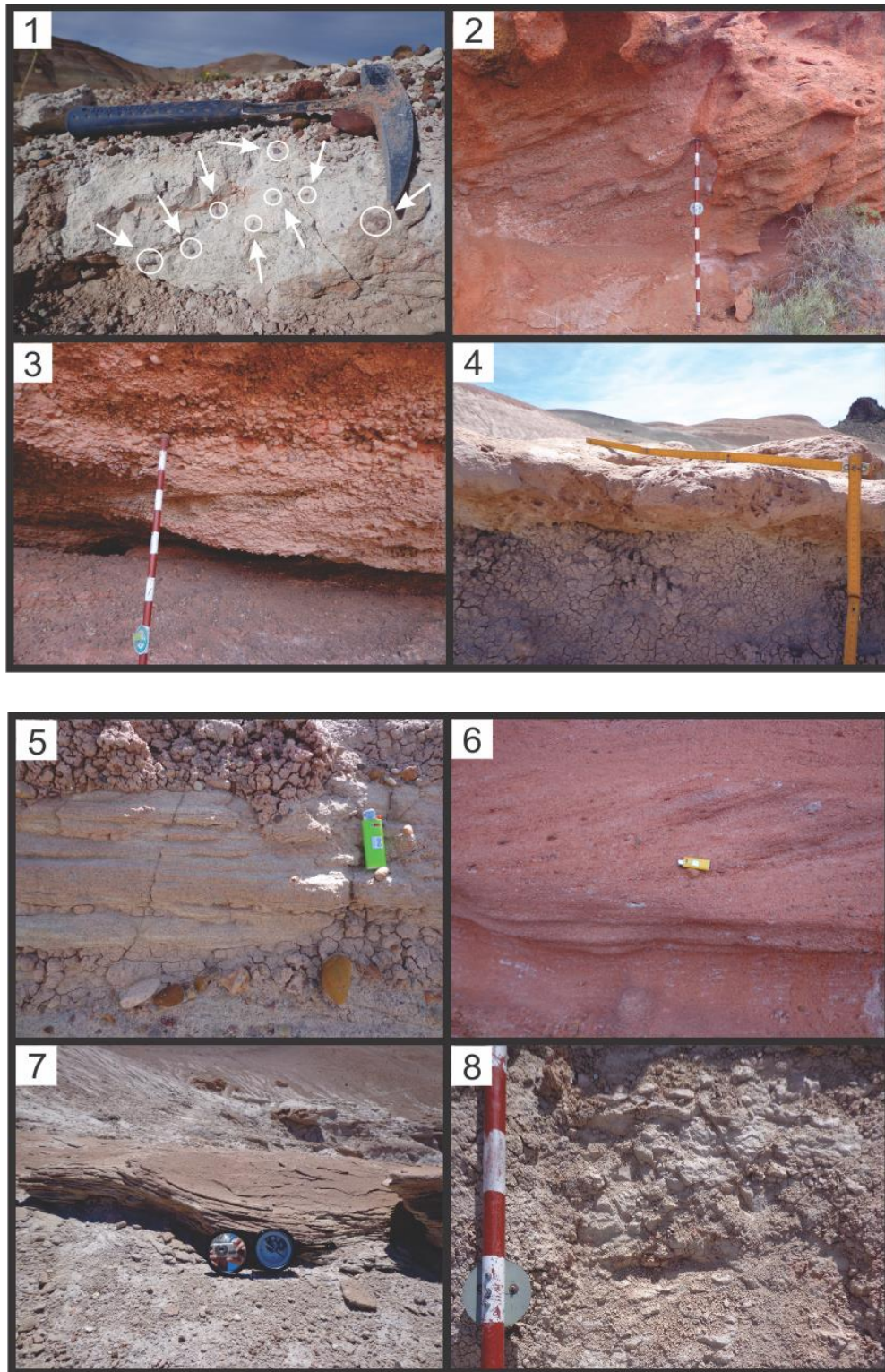


Figura 8. Ejemplos de las facies reconocidas. 1) Facies Gm, la piqueta mide 32 cm. Las flechas indican algunos de los intraclastos presentes en la roca; 2) Facies Gp, el báculo mide 1,50 m; 3) Facies Ga, cada división del báculo es de 10 cm; 4) Facies Am, cada tramo del metro mide 20 cm; 5) Facies Ah, el encendedor mide aproximadamente 6 cm de longitud; 6) Facies At, el encendedor mide aproximadamente 6 cm; 7) Facies Aa, la brújula abierta mide aproximadamente 25 cm; 8) Facies Ph-m, cada intervalo del báculo mide 10 cm.

Facies Ph-m

Descripción: Pelita (arcilla y limo), ocasionalmente tobácea, con laminación paralela horizontal o maciza (Figura 8.8). Muy raramente se detectan intraclastos areno-gravosos y motas.

Interpretación: El tamaño de grano y la estructura maciza o laminada es compatible con la decantación de sedimentos suspendidos en cuerpos de aguas someros (Collinson y Thompson, 1982).

Nombre	Litología	Estructura sedimentaria	Contenido fósil	Interpretación
Gm	Conglomerado matriz soportado	Maciza o gradación inversa	-	Flujo de detritos
Gp	Conglomerado clasto soportado	Entrecruzamiento tabular planar	-	Migración de dunas 2D gravosas
Ga	Conglomerado clasto soportado	Entrecruzamiento en artesa	-	Migración de dunas 3D gravosas
Am	Arenisca fina tobácea, ocasionales intraclastos pelíticos tamaño grava	Maciza	Escasas excavaciones y trazas de raíces	Flujo gravitatorio diluido con alta concentración de sedimentos, ocasional disturbio biológico del sustrato
Ah	Arenisca fina tobácea	Laminación paralela horizontal	-	Superposición de lecho plano subácueo
Ap	Arenisca gruesa a mediana, en ocasiones tobácea o conglomerádica	Entrecruzamiento tabular planar	-	Migración subácuea de dunas 2D arenosas con caras de avalancha planas
At	Arenisca mediana, a veces conglomerádica	Entrecruzamiento tabular tangencial, concreciones	-	Migración subácuea de dunas 2D arenosas con caras de avalancha asintóticas
Aa	Arenisca gruesa a mediana, a veces tobácea o conglomerádica	Entrecruzamiento en artesa, concreciones	Escasas trazas de raíces	Migración subácuea de dunas 3D arenosas, ocasional modificación pedogenética.
Ph-m	Pelita, ocasionalmente tobácea	Laminación paralela horizontal o maciza	-	Decantación de sedimentos suspendidos en lagos someros o sectores encharcados

Tabla 1. Sinopsis de la descripción e interpretación de facies.

6.3. Asociaciones de facies

Las nueve facies sedimentarias definidas se agruparon en dos asociaciones de facies (AF), denominadas faja de canales fluviales (FC) y planicie de inundación (PI). La Tabla 2 resume las características e interpretación de cada AF y la Figura 7 muestra las posiciones estratigráficas respectivas. Además, la Figura 9 ejemplifica las principales características de cada AF y exhibe su distribución espacial. A continuación se procede a la descripción detallada e interpretación de las mismas.

Asociación de facies 1. Faja de canales fluviales (FC)

Descripción: Está constituida por cuerpos con tendencia granodecreciente y geometría canalizada o acintada en sección perpendicular al paleoflujo; las bases son erosivas e irregulares o cóncavas hacia arriba; los techos son planos. Los cuerpos se componen mayormente por conglomerados y areniscas con entrecruzamientos en artesa (facies Ga y Aa) y tabular planar (facies Ap). En menor proporción también se encuentran areniscas y conglomerados con entrecruzamientos tangencial o tabular planar (facies At y Gp respectivamente). Cabe destacar que un nivel arenoso, en el techo de uno de los depósitos, exhibe trazas de raíces. Los datos de paleocorriente indican que el paleoflujo medio de cada cuerpo fue aproximadamente hacia el sur. Esta AF representa el 61% de la sección medida; siendo el espesor variable entre 2 m y 21 m (valor medio de 9,6 m, n: 3).

Desde el punto de vista arquitectural, algunos cuerpos exhiben, internamente, superficies convexas hacia arriba que separan conjuntos de estratos entrecruzados de gran escala (Figura 9.1). Estas superficies se relacionan lateralmente con otras muy suavemente cóncavas hacia arriba. Además, las superficies convexas hacia arriba están erosionadas por areniscas de geometría lenticular (Figura 9.1).

Interpretación: Las características litológicas, así como la geometría de los depósitos y sus bases erosivas son compatibles con depósitos de canales y barras fluviales (Allen, 1964; Walker y Cant, 1984; Bridge, 1993, 2003, 2006; Miall, 1996; Gibling, 2006). Las facies registradas indican que los ríos movilizaban de manera permanente una carga de lecho gravo-arenosa. Las trazas de raíces, al estar posicionadas en el techo de un cuerpo, no sugieren una sedimentación efímera; sino que podrían estar relacionadas a la colonización por plantas luego de eventos de avulsión (Bridge *et al.*, 2000; Melchor *et al.*, 2012).

Las superficies convexas hacia arriba son interpretadas como barras de centro de canal, probablemente de enlazamiento, y los cuerpos lenticulares que las suprayacen de manera erosiva como canales de menor jerarquía (“cross-bar channels”), que típicamente se forman durante estiajes. Sintetizando, esta AF representaría un sistema fluvial multicanalizado y de baja sinuosidad, o sea de diseño entrelazado (Khan *et al.*, 1997; Bridge *et al.*, 2000; Lunt *et al.*, 2004). Dicha interpretación resulta consistente con la baja dispersión de las paleocorrientes registradas (Bridge, 1985).

Asociación de facies 2. Planicie de inundación (PI)

Descripción: La asociación PI se compone de cuerpos tabulares con bases planas y generalmente no erosivas (Figura 9.2). Están principalmente constituidos por las facies Am y Ph-m. Hay participación reducida de areniscas laminadas (facies Ah) y conglomerados macizos (facies Gm). En el campo se pudo establecer que los depósitos arenosos y conglomerádicos están lateralmente relacionados con los depósitos pelíticos. Además, se constató que las areniscas muestran superposición lateral erosiva (amalgamamiento). Algunos niveles arenosos presentan trazas de raíces evidenciando la exposición aérea. Esta AF representa el 39% de la sección medida; siendo su espesor variable entre 2 m y 11 m (valor medio de 7 m, n: 3).

Interpretación: La geometría de los cuerpos, sus bases en general no erosivas y la relación espacial con la AF de canales y barras fluviales sugiere un ambiente de planicie de inundación (Bridge, 1993, 2003, 2006; Miall, 1996). En este contexto, los sectores próximos a los canales fluviales activos experimentaron sedimentación a partir de flujos diluidos no encauzados, con diversas relaciones sedimento/agua (facies Am y Ah), y flujos de detritos (facies Gm). Por otra parte, los depósitos de pelitas laminadas (facies Ph-m) representan un sector más distal y con menor energía, en los cuales la sedimentación aconteció por decantación en lugares encharcados o lagos someros. Esta variabilidad lateral ha sido reconocida en diversas unidades fluviales volcánicas de Patagonia y actuales (e.g. Umazano *et al.*, 2008, 2012b, 2014a y b).

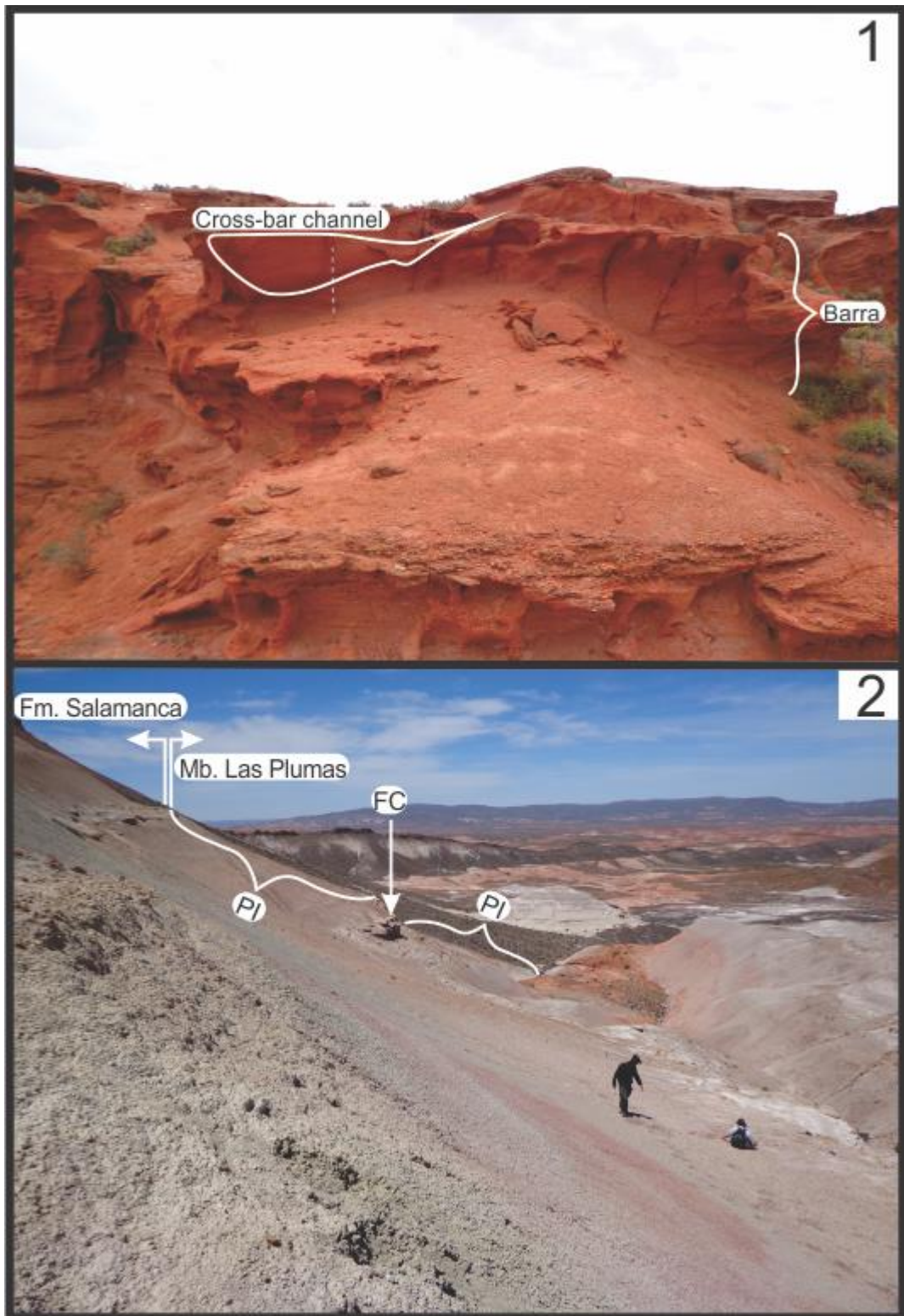


Figura 9. Ejemplos de asociaciones de facies. 1) Depósito gravo-arenoso de faja de canales fluviales; se nota la presencia de una barra de centro de canal y de un “cross-bar channel” (el báculo mide 1,50 m); 2) Depósitos tabulares pelíticos de planicie de inundación, se observa la presencia de un asomo arenoso de la AF1 (la altura de la persona erguida es aproximadamente 1,70 m).

Nombre	Facies	Geometría	Superficie inferior	Interpretación
FC	Predominan Ga, Aa y Ap , con participación reducida de At, Gt y Gp	Geometría en cinta a mantiforme	Erosiva e irregular o cóncava hacia arriba	Canales y barras fluviales
PI	Predominan Am y Ph-m , con participación minoritaria de Ah y Gm	Mantiforme	Plana y generalmente no erosiva	Planicie de inundación

Tabla 2. Descripción e interpretación de las asociaciones de facies.

6.4. Depósitos asociados

La sección estudiada del Miembro Las Plumas yace sobre estratos tabulares del Miembro Cerro Castaño (Figuras 4, 5, 6 y 7). Dichos estratos están compuestos por tobas finas macizas, areniscas y areniscas finas tobáceas con laminación paralela horizontal o sin estructura sedimentaria, y pelitas macizas (Figura 7). Estos estratos representan los depósitos de planicie de inundación de un sistema fluvial esencialmente meandroso, que transportó una carga de fondo gravo-arenosa con planicies de inundación cuyos mecanismos constructivos fueron similares a los interpretados para la unidad estudiada (Carmona, 2015). La principal diferencia es la presencia de depósitos piroclásticos de caída subaéreos en el Miembro Cerro Castaño (Figura 10.1).

Por otra parte, al Miembro Las Plumas lo suprayace una sucesión principalmente pelítica, maciza o laminada, donde se presentan varios niveles con troncos transportados y abundantes fósiles de invertebrados marinos, asignada a la Formación Salamanca (Figuras 4, 5, 6 y 7). La base de la sucesión está representada por una coquina, roca que se caracteriza por presentar numerosos fragmentos de valvas indeterminadas, desarticuladas y fragmentadas, y *Turritelas* en posiciones caóticas, con abundante matriz pelítica. Teniendo en cuenta el contexto transgresivo de la Formación Salamanca, se interpreta tentativamente que la coquina representa una superficie de “*ravinement*”, en tanto las pelitas indican condiciones de decantación de sedimentos suspendidos en una plataforma silicoclástica (Reading y Collinson, 1996).



Figura 10. Depósitos asociados. 1) Toba maciza del Miembro Cerro Castaño (la piqueta mide 33 cm); presenta dos “horizontes”, el de arriba tiene rizohalos 2) Coquina de la Formación Salamanca (el encendedor mide 6 cm).

7. Discusión

7.1. Evolución paleoambiental

En la zona de Estancia La Flecha, próxima a la localidad estudiada, el Miembro Cerro Castaño fue depositado en un ambiente fluvial volcanoclástico en el que varió el diseño de los ríos, el tipo de carga sedimentaria transportada por los canales y la dirección de escurrimiento, así como las características constructivas de las planicies de inundación (Carmona, 2015). Dicho miembro fue dividido en dos secciones informales separadas por una discordancia erosiva, denominadas inferior y media por Carmona (2015). La primera registra ríos perennes, monocanalizados y con barras adosadas a sus márgenes (configuración meandrosa) que drenaban hacia el suroeste y transportaban carga de fondo mayoritariamente intraclástica de tamaño arena y grava fina (Figura 11A). Las planicies de inundación asociadas agradaron, en orden proporcional decreciente, a partir de flujos mantiformes, sedimentación lacustre somera, lluvias de ceniza volcánica subaérea y flujos de detritos. La sección media denota ríos también permanentes, presumiblemente entrelazados, de mayor energía, que drenaban hacia el nor-noroeste y transportaban carga de fondo dominada por fragmentos de volcanitas efusivas (Figura 11B). Esta sección no registra depósitos piroclásticos primarios ni flujos de detritos.

Asimismo, en la zona de Estancia La Flecha se reconoce una tercera sección informal, denominada superior por Carmona (2015), que se corresponde con el sector inferior del Miembro Las Plumas (Figura 11C). Esta sección, que yace sobre la discordancia irregular y erosiva reconocida en esta Tesina, registra depósitos de canales fluviales permanentes y barras que drenaban al sur-sureste transportando gravas efusivas y arena. En el Cerro Las Leoneras, el paleoambiente depositacional interpretado para el Miembro Las Plumas es consistente con dicha sección (Figura 11C); reconociéndose un sistema fluvial volcanoclástico entrelazado, con ríos perennes y de alta energía que, en promedio, drenaron hacia el sur-sureste (N178°, n: 7). El sedimento fue transportado como carga de fondo por típicos flujos de corriente; siendo los clastos fragmentos de volcanitas efusivas cuya granulometría varía entre arena media y cantos rodados pequeños (asociación FC). Por otra parte, los sectores proximales de las planicies de inundación (asociación PI) fueron construidos mayoritariamente a partir de sedimentación de flujos diluidos no encauzados, incluyendo tipos I y II (*sensu* Smith y Lowe, 1991), y flujos de detritos. Dichas

escorrentías mantiformes probablemente fueron generadas a partir de los desbordamientos de las fajas de canales activos. Los sectores más distales de la planicie de inundación están representados por zonas de encharcamiento o lagos someros. La variabilidad lateral mencionada insinúa, desde posiciones proximales a distales, una dilución de los flujos por sedimentación o incorporación de agua, culminando en condiciones de decantación de sedimentos suspendidos en sectores encharcados o lacustres. Posteriormente, los sistemas fluviales se desactivaron, convirtiéndose sus depósitos en el sustrato de la transgresión salamanqueana en la zona de estudio.

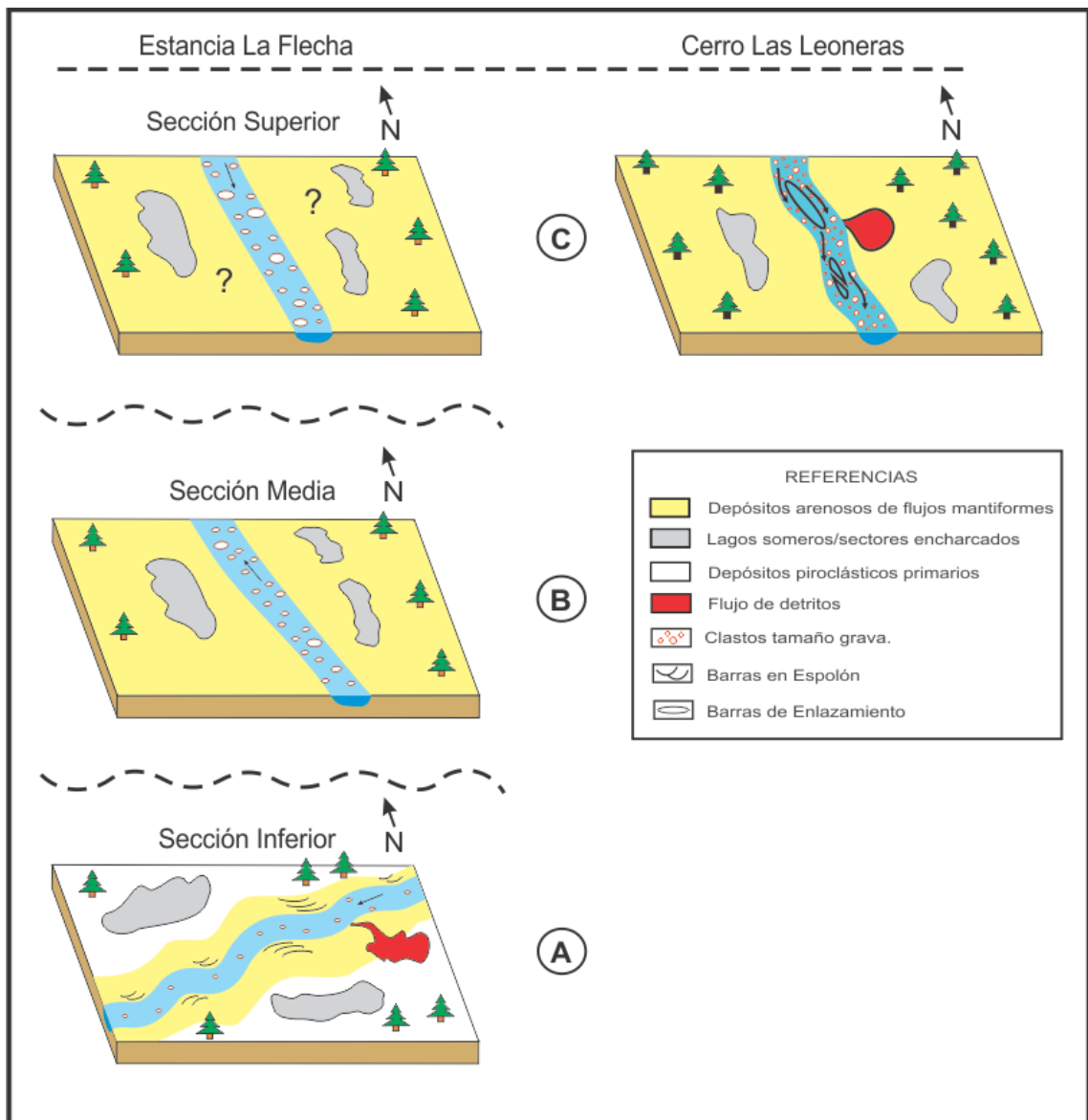


Figura 11. Evolución paleoambiental de los Miembros Cerro Castaño y Las Plumas en la zona estudiada. Las dos líneas punteadas curvas representan superficies erosivas e irregulares, y la línea punteada recta indica una relación paraconcordante. Los diagramas de la izquierda fueron modificados de Carmona (2015).

7.2. Controles sedimentarios

Los depósitos fluviales muestran variaciones espaciales en el tamaño de grano, la geometría, la proporción y la distribución de los depósitos de fajas de canales y planicies de inundación (Bridge, 2006). Dichas variaciones son producidas por controles autocíclicos y alocíclicos. Los primeros incluyen procesos como la migración de canales, el desarrollo de barras y los fenómenos de avulsión. Por otra parte, los controles alocíclicos hacen referencia a los cambios climáticos, tectónicos, volcánicos y eustáticos (Smith, 1991; Miall, 1996, 2000, 2013; Bridge, 2003, 2006). Es frecuente que los procesos autocíclicos sean afectados por factores extracuencales y, por ello, se realice comúnmente una valoración de los segundos. A continuación se efectúa la estimación de cada uno de los factores alocíclicos, focalizándose en la comparación con la sección media de Carmona (2015), que registra la sedimentación del sector superior del Miembro Cerro Castaño en Estancia La Flecha.

En la zona de Estancia La Flecha, los cambios registrados entre los Miembros Cerro Castaño y Las Plumas fueron interpretados como el producto de actividad tectónica intracuenca, particularmente a partir de la reactivación de fallas en el sustrato volcánico jurásico (Carmona, 2015). No obstante, como la sección medida del Miembro Las Plumas en dicha zona incluyó solamente depósitos canalizados, no se pudo hacer una valoración exhaustiva de los restantes factores de control. Solo pudo inferirse que el clima, aguas arriba del área de sedimentación, no experimentó variaciones significativas porque el drenaje de los canales fluviales continuó siendo perenne (Carmona, 2015).

En el Cerro Las Leoneras, los paleocanales del Miembro Las Plumas muestran evidencias que sustentan al tectonismo coetáneo a la sedimentación como principal factor de control. A saber: dirección de drenaje casi opuesto en relación a la sección media de Carmona (2015) e importante cambio granulométrico de los depósitos (e.g. Bridge, 2003, 2006; Paredes *et al.*, 2007). Asimismo, la superficie erosiva e irregular en la base del Miembro Las Plumas, que denota cierta continuidad regional, es consistente con dicha interpretación. Teniendo en cuenta la posición en la cuenca de los depósitos estudiados y la geología estructural de la zona, se infiere que la reactivación de las fallas jurásicas en los bloques volcánicos que afloran al oeste y noreste (Anselmi *et al.*, 2004), serían responsables de dicha perturbación.

Por otra parte, la ausencia de facies con características climáticas contrastantes entre las planicies de inundación de los Miembros Cerro Castaño y Las Plumas sugiere estabilidad climática en el área de sedimentación (Glennie, 1987; Langford y Chan, 1989; Smoot y Lowenstein, 1991; Parrish, 1998; Kraus, 1987; Kraus y Aslan, 1999). Paralelamente, la persistencia temporal de canales con drenaje permanente también indica estabilidad climática aguas arriba, incluyendo las cuencas de captación y cabeceras (Parrish, 1998; Blum y Tornqvist, 2000; Cecil, *et al* 2003).

Respecto al volcanismo, se considera que no aconteció un cambio significativo en la provisión de tefra, ya que no se reconoce la participación de facies piroclásticas primarias ni mayor participación de flujos densos en el Miembro Las Plumas.

Por último, los cambios eustáticos del nivel del mar no son considerados como un factor de control relevante en la sedimentación del Grupo Chubut, debido a que la red de drenaje del sistema fluvial fue endorreica (cf. Carmona, 2015). No obstante, no puede descartarse totalmente la influencia del eustatismo porque los depósitos de los Miembros Cerro Castaño y Las Plumas están en una posición periférica de la cuenca chubutiana. Por otra parte, las pelitas marinas de la Formación Salamanca sí serían coetáneas con un ascenso eustático de alcance regional, el que provocó la consecuente inundación de gran parte de la Patagonia extraandina (Malumián, 1999).

8. Conclusiones

El análisis estratigráfico y paleoambiental de la sucesión cretácica del Miembro Las Plumas (Formación Cerro Barcino) y las unidades asociadas en Cerro Las Leoneras, del centro-este de la provincia de Chubut, permitió arribar a las siguientes conclusiones:

✓ El Miembro Las Plumas (50 m) está caracterizado por presentar una coloración rosada-rojiza intensa, cuerpos conglomerádicos y arenosos lenticulares, y estratos tabulares generalmente arenosos. Dicha sucesión apoya sobre el Miembro Cerro Castaño, mediando entre ellos una discordancia irregular y de continuidad regional. Por otra parte, la unidad es suprayacida en paraconformidad por la Formación Salamanca.

✓ El Miembro Las Plumas fue depositado en un sistema fluvial que escurría por una planicie de inundación rica en sedimentos piroclásticos.

✓ Los depósitos de faja de canal se componen principalmente de conglomerados y areniscas entrecruzadas, dispuestos en cuerpos con bases erosivas e irregulares, techos planos y tendencia granodecreciente. Representan ríos entrelazados y permanentes, que transportaban una carga de fondo gravo-arenosa hacia el sur-sureste.

✓ Los depósitos de planicie de inundación son estratos tabulares y con bases generalmente no erosivas que, en los sectores próximos a los canales activos, registran sedimentación a partir de flujos diluidos no encauzados y flujos de detritos. En posiciones distales, la sedimentación se produjo por decantación en lugares encharcados o lagos someros.

✓ La discordancia erosiva e irregular que separa los Miembros Cerro Castaño y Las Plumas, así como los cambios registrados entre ellos (e.g. direcciones de drenaje y granulometría de los depósitos), son compatibles, mayoritariamente, con la actividad tectónica intracuencal coetánea con la sedimentación.

✓ Las pelitas marinas de la Formación Salamanca fueron sedimentadas sobre los depósitos fluviales del Miembro Las Plumas, cuando la red de drenaje ya estaba inactiva, durante un período de ascenso eustático del nivel del mar.

9. Referencias

- Allard, J.O., Paredes, J.M. y Giacosa, R.E., 2009.** Fluvial dynamics, alluvial architecture and palaeohidrology of axial and transverse drainage systems in an extensional setting: Los Adobes Formation (Aptian), Cañadón Asfalto Basin, Argentina. Actas 9° International Conference on Fluvial Sedimentation: 12–13, Tucumán.
- Allard, J.O., Paredes, J.M., Foix, N. y Giacosa, R.E., 2010a.** Variable response and depositional products of fluvial-alluvial fan systems in pyroclastic-rich successions: Cerro Barcino Formation (Cretaceous) of the Cañadón Asfalto Basin, Central Patagonia, Argentina. Actas 18° International Sedimentological Congress: 101, Mendoza.
- Allard, J.O., Paredes, J.M. y Giacosa, R.E., 2010b.** Spatial variability in the external geometry (W/T ratio) of fluvial channels and its implications for basin analysis and reservoir characterization: Los Adobes Formation (Aptian) of the Cañadón Asfalto Basin, Central Patagonia. Actas 18° International Sedimentological Congress: 103, Mendoza.
- Allard, J.O., Paredes, J.M. y Giacosa, R.E., 2010c.** Recognition of tectonic, climatic and geomorphic signals in a fluvial succession developed in an extensional setting: Los Adobes Formation (Aptian) in the Cañadón Asfalto Basin, Argentina. Actas 18° International Sedimentological Congress: 102, Mendoza.
- Allard, J.O., Giacosa, R.E. y Paredes, J.M., 2011.** Relaciones estratigráficas entre la Formación Los Adobes (Cretácico Inferior) y su sustrato Jurásico: implicancias en la evolución tectónica de la Cuenca de Cañadón Asfalto, Chubut, Argentina. Actas 18° Congreso Geológico Argentino: 2, Neuquén.
- Allard, J.O., Paredes, J.M., Foix, N. y Giacosa, R.E., 2012.** Un test sedimentológico para establecer el límite entre las cuencas de Cañadón Asfalto y del Golfo San Jorge durante la depositación del Grupo Chubut (Cretácico): implicancias paleogeográficas de datos de paleoflujo. Actas 13° Reunión Argentina de Sedimentología: 241-242, Salta.

- Allard, J.O., Paredes, J.M., Foix, N. y Giacossa, R.E., 2014.** Depósitos aluviales de la Formación Cerro Barcino en el borde oriental de la Cuenca de Cañadón Asfalto: interpretación paleoambiental, evolución temporal y evidencias de actividad tectónica sinsedimentaria. Actas 14° Congreso Geológico Argentino: 2, Córdoba.
- Allen, J.R.L., 1964.** Studies in fluvial sedimentation: six cyclothemes from the Lower Old Red Sandstone, Anglowelsh Basin. *Sedimentology* 3: 163-198.
- Anselmi, G., Panza, J.L., Cortés, J.M.D., Ragona, D. y Genini, A., 2004.** Hoja Geológica 4569-II, El Sombrero, Provincia de Chubut. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 271: 70 pp., Buenos Aires.
- Anselmi, G., Panza, J.L., Cortés, J.M. y Ragona, D., 2005.** Hoja Geológica 4569-II, El Sombrero, Provincia de Chubut. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 271: 76 pp., Buenos Aires.
- Ardolino, A.A. y Franchi, M.R., 1993.** El vulcanismo cenozoico de la Meseta de Somuncurá. Provincias de Río Negro y Chubut. Actas 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos: 225–235, Buenos Aires.
- Argañaraz, E., Grellet-Tinner, G., Fiorelli, L.E., Krause, J.M. y Rauhut, O.W.H., 2013.** Huevos de saurópodos del Aptiano-Albiano, Formación Cerro Barcino (Patagonia, Argentina): un enigma paleoambiental y paleobiológico. *Ameghiniana* 50: 33-50.
- Blum, M.D. y Tornqvist, T.E., 2000.** Fluvial responses to climate and sea-level change: a review and look forward. *Sedimentology* 47: 2-48.
- Bossi, G.E., 2007.** Análisis de Paleocorrientes. Editorial Magna, 200 pp., Tucumán.
- Bridge, J.S., 1985.** Paleochannel patterns inferred from alluvial deposits: a critical evaluation. *Journal of Sedimentary Petrology* 55: 579-589.
- Bridge, J.S., 1993.** Description and interpretation of fluvial deposits: a critical perspective. *Sedimentology* 40: 801–810.

- Bridge, J.S., 2003.** Rivers and Floodplains. Blackwell, 491 pp., Oxford.
- Bridge, J.S., 2006.** Fluvial facies models: recent developments. En H.W. Posamentier y R.G. Walker (Eds.): Facies Models Revisited. Society for Sedimentary Geology: 85-170.
- Bridge, J.S., Jalfin, G.A. y Georgieff, S.M., 2000.** Geometry, lithofacies, and spatial distribution of cretaceous fluvial sandstone bodies, San Jorge basin, Argentina: Outcrop analog for the hydrocarbon-bearing Chubut Group. *Journal of Sedimentary Research* 70: 341-359.
- Cabaleri, N.G. y Armella, C., 1999.** Facies lacustres de la Formación Cañadón Asfalto (Caloviano-Oxfordiano), en la quebrada Las Chacritas, Cerro Cóndor, provincia de Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 54: 375-388.
- Cabaleri, N.G. y Armella, C., 2005.** Influence of a biohermal belt on the lacustrine sedimentation of the Cañadón Asfalto Formation (Upper Jurassic, Chubut province, southern Argentina). *Geológica Acta* 3: 205–214.
- Cabaleri, N.G., Armella, C. y Silva Nieto, D., 2005.** Saline lakes of Cañadón Asfalto Formation (Middle Upper Jurassic), Cerro Cóndor, Chubut province (Patagonia), Argentina. *Facies* 51: 350-364.
- Carmona, R.P., 2015.** Estratigrafía y paleoambientes de los Miembros Cerro Castaño y Las Plumas de la Formación Cerro Barcino, en Estancia La Flecha, Cretácico de Patagonia, Argentina. Tesina inédita de la Fac. de Cs. Exactas y Naturales de la UNLPam, 54 pp., Santa Rosa, La Pampa.
- Cecil, C.B., Dulong, F.T., West, R.R., Stamm, R., Wardlaw, B., y Edgar, N.T., 2003.** Climate controls on the stratigraphy of a Middle Pennsylvanian cyclothem in North America. En C.B. Cecil y N.T. Edgar (Eds.): Climate controls on stratigraphy. *SEPM Special Publication* 77: 151–180.

- Chebli, G., Nakayama, C., Sciutto, J.C. y Serraiotto, A., 1976.** Estratigrafía del Grupo Chubut en la región central de la provincia homónima. Actas 6° Congreso Geológico Argentino: 375-392, Bahía Blanca.
- Codignotto, J., Nullo, F., Panza, J. y Proserpio, C., 1978.** Estratigrafía del Grupo Chubut, entre Paso de Indios y Las Plumas, Chubut. Actas 7° Congreso Geológico Argentino: 471-480, Neuquén.
- Collinson, J.D. y Thompson, D.B., 1982.** Sedimentary Structures. George Allen & Unwin: 194 pp., Londres.
- Cortiñas, J.S., 1996.** La cuenca de Somuncurá-Cañadón Asfalto: sus límites, ciclos evolutivos del relleno sedimentario y posibilidades exploratorias. Actas 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos: 147-163, Buenos Aires.
- de la Fuente, M.S., Umazano, A.M., Sterli, J. y Carballido J.L., 2011.** New chelid turtles of the lower section of the Cerro Barcino Formation (Aptian-Albian?), Patagonia, Argentina. *Cretaceous Research* 32: 527–537.
- Figari, E. y Courtade, S., 1993.** Evolución tectosedimentaria de la cuenca Cañadón Asfalto, Chubut, Argentina. Actas 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos: 66-77, Mendoza.
- Figari, E. y Ramos, V.A. 2010.** Stratigraphical and structural review of Cañadón Asfalto basin, Chubut province, Argentina. Actas International Geological Congress on the Southern Hemisphere: 174-177, Mar del Plata.
- Figari, E., 2011.** The Sierra de la Manea Formation (Titho-Neocomian) composit-estratotype, Cañadon Asfalto Basin, Patagonia, Argentina. Actas 18° Congreso Geológico Argentino: 1012-1013, Neuquén.
- Foix, N., Allard, J.O., Paredes, J.M. y Giacosa, R.E., 2012.** Fluvial styles, palaeohydrology and modern analogues of an exhumed, Cretaceous fluvial system: Cerro Barcino Formation, Cañadón Asfalto Basin, Argentina. *Cretaceous Research* 34: 298-307.

- Foix, N.; Allard, J.O.; Paredes, J.M. y Ocampo, S.M. 2014.** Redes de paleocanales fluviales exhumados en el Grupo Chubut (Cretácico), cuenca de Cañadón Asfalto, Chubut (Argentina): un ejemplo excepcional a escala regional, análogos actuales y marcianos. Actas 14° Reunión Argentina de Sedimentología: 112-113, Puerto Madryn.
- Gallego, O.F., Cabaleri, N.G., Armella, C., Volkheimer, W., Ballent, S.C., Martínez, S., Monferran, M.D., Silva Nieto, D.G. y Páez, M.A., 2011.** Paleontology, sedimentology and paleoenvironment of a new fossiliferous locality of the Jurassic Cañadón Asfalto Formation, Chubut province, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 31: 54-68.
- Gibling, M.R., 2006.** Width and thickness of fluvial channel bodies and valley fills in the geological record: A literature compilation and classification. *Journal of Sedimentary Research* 76: 731-770.
- Glennie, K.W., 1987.** Desert sedimentary environments, present and past - a summary. *Sedimentary Geology* 50: 135-165.
- Khan, I.A., Bridge, J.S., Kappelman, J. y Wilson, R., 1997.** Evolution of Miocene fluvial environments, eastern Potwar plateau, northern Pakistan. *Sedimentology* 44: 221-251.
- Kraus, M.J., 1987.** Integration of channel and floodplain suites, II. Vertical relations of alluvial paleosols. *Journal of Sedimentary Petrology* 57: 602-612.
- Kraus, M.J. y Aslan, A., 1999.** Paleosol sequences in floodplain environments: a hierarchical approach. En M. Thiry y R. Simon-Coicon (Eds.): *Palaeoweathering, Palaeosurfaces and Related Continental Deposits*. IAS Special Publication 27: 303-321.
- Langford, R.P. y Chan, M.A., 1989.** Fluvial-aeolian interactions, part II, ancient systems. *Sedimentology* 36: 1037-1051.
- Lesta, P. y Ferello, R., 1972.** Región extraandina de Chubut y norte de Santa Cruz. En A.F. Leanza (Ed.): *Geología Regional Argentina*: 601-653, Córdoba.

- Lizuaín, A. y Silva Nieto, D.G., 2005.** Observaciones geológicas en la región de Río Chico, Gastre, río Chubut medio, provincia del Chubut. Actas 16° Congreso Geológico Argentino: 133–139, La Plata.
- Llorens, M. y Marveggio, N., 2009.** Palinoflora de la Formación Los Adobes (Cretácico) y su implicancia en la edad del Grupo Chubut. Actas 14° Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología: 49–50, Mar del Plata.
- Lunt, I.A., Bridge, J.S. y Tye, R.S. 2004.** A quantitative, three-dimensional depositional model of gravelly braided rivers. *Sedimentology* 51: 377-414.
- Malumián, N., 1999.** La sedimentación en la Patagonia extra-andina. En R. Caminos (Ed.): *Geología Argentina*. Servicio Geológico Minero Argentino: 557-612.
- Manassero, M., Zalba, P.E., Andreis, R. y Morosi, M., 1998.** Ambientes volcanoclásticos de la Formación Cerro Barcino (Grupo Chubut, Cretácico Superior) entre las localidades Los Altares y Las Plumas, Chubut, Argentina. Actas 7° Reunión Argentina de Sedimentología: 261-279, Salta.
- Manassero, M., Zalba, P.E., Andreis, R. y Morosi, M., 2000.** Petrology of continental pyroclastic and epiclastic sequences in the Chubut Group (Cretaceous): Los Altares-Las Plumas area, Chubut, Patagonia Argentina. *Revista Geológica de Chile* 27: 13-26.
- Melchor, R.N., 1995.** Sedimentología de las unidades paleozoicas aflorantes del centro-oeste de la provincia de La pampa, Argentina. Tesis Doctoral Inédita, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata: 272 pp., La Plata.
- Melchor, R.N., Genise, J., Buatois, L. y Umazano, A.M., 2012.** Fluvial environments. En D. Knaust y R. Bromley (Eds.): *Trace fossils as Indicators of Sedimentary Environments*. *Developments in Sedimentology* 64: 329-378.

- Miall, A.D., 1978.** Facies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. En A.D. Miall (Ed.): Fluvial Sedimentology. Canadian Society of Petroleum Geologists 5: 597-604.
- Miall, A.D., 1985.** Architectural element analysis: A new method of facies analysis applied to fluvial deposits. Earth-Science Reviews 22: 261-308.
- Miall, A.D., 1996.** The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology. Springer-Verlag: 582 pp., Berlín.
- Miall, A.D., 2000.** Principles of Sedimentary Basin Analysis. Springer-Verlag: 616 pp, Berlín.
- Miall, A.D., 2013.** Fluvial Depositional Systems. Springer Geology: 322 pp.
- Musacchio, E., 1972.** Charophytas del Cretácico Inferior en sedimentitas chubutenses al este de la Herrería, Chubut. Ameghiniana 9: 354-356.
- Musacchio, E. y Chebli, G.A., 1975.** Ostrácodos no marinos y carófitas del Cretácico Inferior de las provincias de Chubut y Neuquén. Ameghiniana 12: 70-96.
- Nakayama, C., 1973.** Sedimentitas prebayocianas en el extremo austral de la Sierra de Taquetren, Chubut, Argentina. Actas 5° Congreso Geológico Argentino: 269-277, Buenos Aires.
- Paredes, J.M., Foix, N., Colombo Piñol, F., Nillni, A., Allard, J.O. y Marquillas, R.A., 2007.** Volcanic and climatic controls on fluvial style in a high-energy system: the Lower Cretaceous Matasiete Formation, Golfo San Jorge Basin, Argentina. 2007. Sedimentary Geology 202: 96-123.
- Parrish, J.T., 1998.** Interpreting Pre-Quaternary Climate from the Geologic Record. Columbia University Press: 338 pp., New York.
- Perez, M., Umazano, A.M. y Melchor, R.N., 2013.** Early Cretaceous ichnofauna from eolian and associated deposits of Patagonia: the Cerro Barcino Formation, Chubut, Argentina. Actas 2° Simposio Latinoamericano de Icnología: 58, Santa Rosa.

- Proserpio, C.A., 1987.** Descripción geológica de la Hoja 44e, Valle General Racedo, provincia de Chubut. Boletín de la Dirección de Minería y Geología 201: 102 pp., Buenos Aires.
- Ranalli, J.N., Peroni, G.O., Boggetti, D.A. y Manoni, R., 2011.** Cuenca Cañadón Asfalto. Modelo tectosedimentario. Actas 8° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Simposio Cuencas Argentinas: 185–215, Mar del Plata.
- Reading, H.G. y Collinson, J.D., 1996.** Clastic coasts. En H.G. Reading (Ed): Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy. Blackwell (Third Edition), 154-231 pp., Department of Earth Sciences, University of Oxford.
- Rosso, B.C., Umazano, A.M. y Visconti, G., 2012.** Caracterización petrográfica de las areniscas fluviales del Miembro Cerro Castaño, Cretácico de Patagonia, Argentina. Actas 12° Reunión Argentina de Sedimentología: 194-195, Salta.
- Sacomani, L.E. y Panza, J.L., 2007.** Hoja Geológica 4366-II, Las Plumas, Provincia de Chubut. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 291: 74 pp., Buenos Aires.
- Smith, G.A., 1991.** Facies sequences and geometries in continental volcanoclastic sediments. En: Fisher, R.V. y Smith, G.A. (Eds.): Sedimentation in Volcanic Settings: 109-121. Society for Sedimentary Geology Special Publication 45, Tulsa.
- Smith, G. y Lowe, D.R., 1991.** Lahars: volcano-hydrologic events and deposition in the debris flow-hyperconcentrated flow continuum. En R.V. Fisher y G.A. Smith (Eds.): Sedimentation in Volcanic Settings. Society for Sedimentary Geology Special Publication 45: 59–70.
- Smoot, J.P. y Lowenstein, T.K., 1991.** Depositional environments of non-marine evaporates. En J. Melvin (Ed.): Evaporites, Petroleum and Mineral Resources. Developments in Sedimentology 50: 189-347.

- Sterli, J., de la Fuente, M.S. y Umazano, A.M., 2015.** New remains and new insights on the Gondwanan meiolaniform turtle *Chubutemys copelloi* from the Lower Cretaceous of Patagonia, Argentina. *Gondwana Research* 27: 978-994.
- Suarez, M, Márquez, M., De La Cruz, R., Navarrete, C. y Fanning, M., 2014.** Cenomanian-?early Turonian minimum age of the Chubut Group, Argentina: SHRIMP U-Pb geochronology. *Journal of South American Earth Sciences* 50: 67-74.
- Aldo Martín Umazano, Eduardo Bellosi, Graciela Visconti y Ricardo Melchor. 2008.** Mechanisms of aggradation in fluvial systems influenced by explosive volcanism: an example from the Late Cretaceous Bajo Barreal Formation, San Jorge Basin, Argentina. *Sedimentary Geology* 203: 213-228.
- Umazano, A. M., 2009.** Sedimentación fluvial en ambientes volcanoclásticos cretácicos de la Cuenca San Jorge occidental (Grupo Chubut), Argentina. Tesis Doctoral Inédita, Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis: 235 pp., San Luis.
- Umazano, A.M., 2010.** Deposition and reworking of primary pyroclastic detritus in Puesto La Paloma Member, Cretaceous Cerro Barcino Formation, Somuncurá-Cañadón Asfalto Basin, Patagonia, Argentina. *Actas International Geological Congress of the Southern Hemisphere*: 51, Mar del Plata.
- Umazano, A.M. y Krause, J.M., 2013.** Señales aloéclicas en sucesiones fluviales volcanoclásticas: el caso de los miembros Puesto La Paloma y Cerro Castaño. *Actas 11° Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales*: 71, Santa Rosa.
- Umazano, A.M., Rosso, B.C., Perez, M. y Melchor, R.N., 2012a.** Procesos constructivos en planicies de inundación volcanoclásticas: la depositación del Miembro Cerro Castaño durante el Cretácico de Patagonia. *Actas 12° Reunión Argentina de Sedimentología*: 213-214, Salta.
- Umazano, A.M.; Bellosi, E.S.; Melchor, R.N. y Visconti, G., 2012b.** Detecting allocyclic signals in volcanoclastic fluvial successions: Facies, architecture and stacking pattern from

the Cretaceous of central Patagonia, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 40: 94–115.

Umazano, A.M., Krause, J.M., Bellosi, E.S., Perez, M. y Visconti, G., 2014a. Modification of fluvial style in a volcanoclastic setting: an example from the Cretaceous Cerro Barcino Formation, Patagonia, Argentina. *Actas 12° Reunión Argentina de Sedimentología*: 271-272, Puerto Madryn.

Umazano, A.M., Melchor, R.N., Bedatou, E., Bellosi, E.S. y Krause, J.M., 2014b. Fluvial response to sudden input of pyroclastic sediments during the 2008-2009 eruption of the Chaitén Volcano (Chile): The role of logjams. *Journal of South American Earth Sciences* 54: 140-156.

Villegas, P.M., Umazano, A.M. y Visconti, G., 2014. Respuestas sedimentarias de un sistema fluvial al influjo de sedimentos piroclásticos: el caso de los miembros Bardas Coloradas y Puesto La Paloma durante el Cretácico de Patagonia. *Actas 12° Reunión Argentina de Sedimentología*: 295-296, Puerto Madryn.

Visconti, G., 2007. Sedimentología de la Formación Cerro Azul (Mioceno Superior) de la provincia de La Pampa, Argentina. Tesis Doctoral Inédita, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires: 203 pp., Buenos Aires.

Volkheimer, W., Quattrocchio, M., Cabaleri, N.G. y García, V., 2008. Palynology and paleoenvironment of the Jurassic lacustrine Cañadón Asfalto Formation at Cañadón Lahuincó locality, Chubut province, Central Patagonia, Argentina. *Revista Española de Micropaleontología* 40: 77–96.

Volkheimer, W., Gallego, O.F., Cabaleri, N.G., Armella, C., Narváez, P.L., Silva Nieto, D.G. y Páez, M.A., 2009. Stratigraphy, palynology and conchostracans of a Lower Cretaceous sequence at the Cañadón Calcáreo locality, extra-andean central Patagonia: age and paleoenvironmental significance. *Cretaceous Research* 30: 270-282

Walker, R.G. y Cant, D.J., 1984. Sandy fluvial systems. En R.G. Walker (Ed.): *Facies Models*. Geoscience Canadian Reprint Series: 71-89.

Wizevich, M.C., 1991. Photomosaics of outcrops: useful photographic techniques. En A.D. Miall y N. Tyler (Eds.): The Three Dimensional Facies Architecture of Terrigenous Clastic Sediments and Its Implications for Hydrocarbon Discovery and Recovery. Society of Sedimentary Geology, Concepts in Sedimentology and Paleontology 3: 22-24.