

Formación Puerta de Las Angosturas (Pérmico, provincia de Catamarca): Definición, edad y significado estratigráfico

Carlos O. LIMARINO^{1,2}, Salomé C. SALVÓ BERNÁRDEZ^{1,2}, Sergio A. MARENSSI^{1,2}, Patricia L. CICCIOI^{1,2}, Silvia N. CÉSARI³ y Luis FERREIRA⁴

¹Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires (IGEBA- CONICET- UBA).

²Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA), Buenos Aires.

³Museo A. de Cs. Naturales B. Rivadavia-CONICET, Buenos Aires.

⁴Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), Salta.

Email: salomecandelasb@gmail.com

Editor: Luis Buatois y Diego A. Kietzmann

Recibido: 19 de diciembre de 2022

Aceptado: 22 de agosto de 2023

RESUMEN

En este trabajo se define una nueva unidad litoestratigráfica de edad pérmica en la Cuenca Paganzo para la que se sugiere el nombre de Formación Puerta de Las Angosturas. La nueva formación está compuesta principalmente por fangolitas y areniscas abigarradas, entre las que se intercalan recurrentes niveles de chert, calizas y tobas. Los afloramientos en el área de Las Angosturas (sierra de Narváez, provincia de Catamarca) son seleccionados como su estratotipo, en el que fueron distinguidos y descriptos seis secciones estratigráficas. La sección estratigráfica 1, formada por areniscas rojas y moradas masivas o laminadas (23 m de espesor), cubre mediante una discordancia erosiva de bajo relieve a areniscas eólicas de la Formación De La Cuesta. La sección 2, de 55 m de espesor, cubre transicionalmente a la sección 1 o traslapa sobre los bancos rojos de la Formación De La Cuesta, y comprende fangolitas y areniscas muy finas de color morado a pardo grisáceo. La sección 3 se caracteriza por la presencia de bancos de areniscas y calizas interlaminadas con milimétricos niveles de chert, alcanzando el conjunto unos 110 m de espesor. La sección 4 (70 m) muestra características similares al 3, pero se distingue por el predominio de fangolitas sobre areniscas y por la presencia de delgados y recurrentes niveles de tobas. La sección 5 es muy delgada, de aproximadamente 15 m, y muestra un marcado cambio litológico con respecto a las secciones previamente descriptas, ya que se encuentra formada por areniscas medianas a gruesas con estratificación entrecruzada. Finalmente, la sección 6 (76 m) corresponde a una secuencia de grano fino en la que alternan fangolitas, calizas y escasos bancos de tobas. El conjunto es cubierto en discordancia por bancos rojos de la Formación Talampaya. Las secciones 2, 3 y 4 de la Formación Puerta de Las Angosturas han brindado asociaciones palinológicas correspondientes a la biozona *Lueckisporites/Weylandites* que sugieren una edad kunguriana para ese tramo estratigráfico.

Palabras clave: Cuenca Paganzo, Formación Puerta de Las Angosturas, estratigrafía, Pérmico superior.

ABSTRACT

Puerta de Las Angosturas Formation (Permian, Catamarca province): definition, age, and stratigraphic meaning.

A new Permian lithostratigraphic unit denominated Puerta de Las Angosturas Formation is defined for the Paganzo Basin. The new formation is mainly composed of variegated mudstones and sandstone beds, among which several levels of chert, limestone, and tuff are interstratified. The area of Las Angosturas (Sierra de Narváez, Catamarca province) is set as its type section, in which six stratigraphic intervals were distinguished and described. Stratigraphic interval 1, formed by massive or laminated red and purple sandstones (23 m thick), overlies eolian deposits belonging to the De La Cuesta Formation through a low-relief erosive unconformity. Interval 2 comprises 55 meters of purple to grayish-brown mudstones and fine-grained sandstones that transitionally cover interval 1 or overlap on the red beds of the De La Cuesta Formation. Interval 3 is made of interbedded sandstone and limestone beds with millimeter levels of chert; the whole interval reaches 110 m of thickness. Interval 4 (70 m) shows similar lithological characteristics to 3 but differs in the predominance of mudstones over sandstone and the presence of thin and recurrent tuff levels. Interval 5 is very thin, 35 m thick, and

shows marked lithological changes concerning those previously described intervals since it is formed by medium- to coarse-grained cross-bedded sandstones. Finally, interval 6 (76 m) corresponds to a fine-grained sequence in which mudstones, very fine-grained sandstones, limestone, and a few tuff beds alternate. The Puerta de Las Angosturas Formation is covered in unconformity by the red beds of the Talampaya Formation. Intervals 2, 3, and 4 of the Puerta de Las Angosturas Formation have provided palynological assemblages corresponding to the *Lueckisporites/Weylandites* biozone that suggests a Kungurian age, at least for the lower half of the unit.

Keywords: Paganzo Basin, Puerta de Las Angosturas Formation, stratigraphy, Late Permian.

INTRODUCCIÓN

Bodenbender (1896, 1911) prestó especial atención a los estratos rojos del Paleozoico superior ampliamente distribuidos en las provincias de San Juan, La Rioja y Catamarca a los que identificó como incluidos en el Piso II de sus Estratos de Paganzo II y refirió al Pérmico. Estas sucesiones fueron posteriormente identificadas como Formación Patquía en la mayor parte de la cuenca, como Formación La Colina en el área de Paganzo-Amaná, o Formación De La Cuesta en el Sistema de Famatina (Frenguelli 1946, Turner 1964, Cuerda 1965, Cuerda et al. 1968, Azcuy y Morelli 1970). Aunque mucho se ha avanzado en el conocimiento de estas secuencias, existen al presente algunos puntos que deben ser reexaminados, en particular la edad de estos estratos rojos y los conjuntos estratigráficos que ellos involucran.

Con respecto a su edad, investigaciones llevadas a cabo en los últimos años han demostrado que las formaciones Patquía y De La Cuesta tienen una antigüedad mayor que la corrientemente asumida. Dataciones radimétricas U-Pb sobre zircones recuperados de niveles de tobas indican que la sedimentación de las formaciones Patquía y De La Cuesta comenzó durante el Pennsylvaniano tardío (Moscoviano) continuando probablemente hasta el Pérmico temprano (Cisuraliano temprano; Gulbranson et al. 2010, Césari et al. 2019). Estos ajustes de edad resultan críticos para entender la relación de los bancos rojos depositados en el área de retroarco (Cuenca Paganzo) con el volcanismo del Grupo Choiyoi, extensamente distribuido en la Cordillera de Los Andes (véase Sato et al. 2015, Limarino et al. 2021).

En lo que concierne a los conjuntos estratigráficos neopalaeozoicos, la presencia de discordancias ubicadas dentro de los estratos rojos atribuidos a la Formación Patquía, aunque ya mencionadas por algunos autores (Fernández Seveso et al. 1993, Fernández Seveso y Tankard 1995), no han sido hasta la fecha analizadas, ni desde el punto de vista de su extensión regional, ni de su significado estratigráfico.

A lo dicho se suma que, en algunos sectores de la cuenca, bancos rojos de edad triásica, cretácica y aún terciaria fueron

mapeados indiscriminadamente junto con la Formación Patquía (para una discusión véase Jordan et al. 1993, Limarino et al. 2000).

El objetivo de esta contribución es brindar nueva información acerca de la estratigrafía del Pérmico en el oeste y noroeste argentino, en particular proponer un nuevo cuadro estratigráfico, sintetizar la información palinológica obtenida en los últimos años y discutir las relaciones estratigráficas entre las distintas unidades. Para ello se analizó el área de Puerta de Las Angosturas y las vecinas exposiciones en El Jume, ambas localidades ubicadas en la sierra de Narváez, provincia de Catamarca (Fig. 1).

Durante las investigaciones se obtuvieron nuevos datos sobre discontinuidades estratigráficas dentro de la sucesión de bancos rojos, se colectó abundante material palinológico y se analizaron los ambientes depositacionales. La información obtenida permite la identificación de una nueva unidad estratigráfica dentro de la sucesión de bancos rojos (Formación Puerta de Las Angosturas), precisar su antigüedad y definir el estratotipo de la misma.

MARCO GEOLÓGICO

Las unidades aflorantes en el área corresponden esencialmente a rocas paleozoicas ígneas y sedimentarias, cubiertas por un potente conjunto de sedimentitas cenozoicas depositadas en la cuenca de antepaís andina (Fig. 2).

Las rocas más antiguas incluyen sedimentitas y vulcanitas ordovícicas intensamente deformadas y parcialmente metamorfizadas mapeadas por Rubiolo et al. (2003) como depósitos “Depósitos ordovícicos indiferenciados”, criterio seguido en el mapa de la figura 2. Estas rocas corresponden parcialmente a la Formación Jumes, originalmente ubicada en el Precámbrico por Turner (1967) y reubicada en el Ordovícico por Aceñolaza (1978).

Estas sedimentitas y vulcanitas fueron intruidas, deformadas y metamorfizadas hacia fines del Ordovícico durante la intrusión del Granitoide Narváez (Turner 1967), compuesto

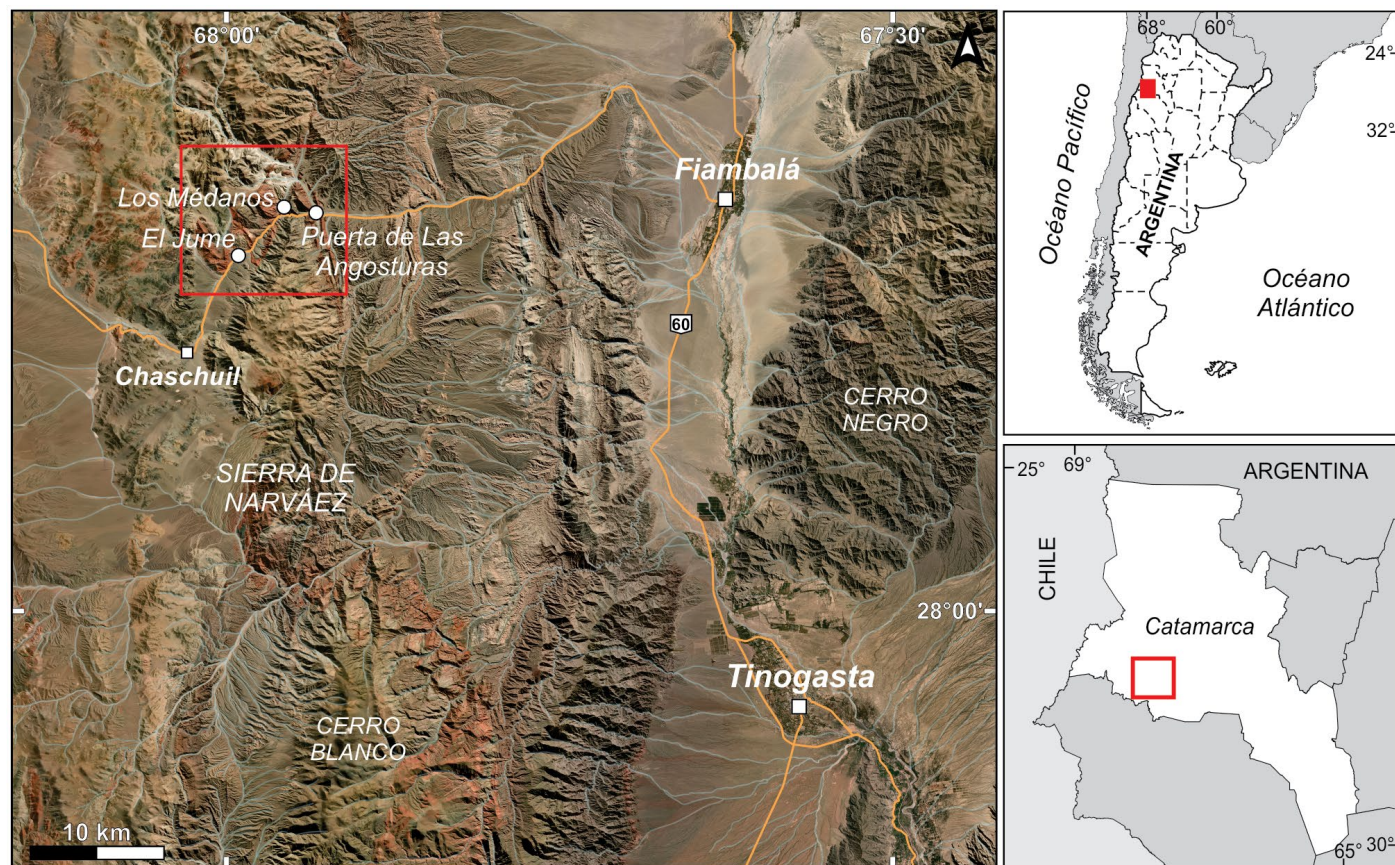


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio (recuadro en color rojo).

principalmente por granodioritas y tonalitas (Aceñolaza 1978, Cisterna 1998, Rubiolo et al. 2003). La serie volcánica-sedimentaria ordovícica y el Granitoide Narváez afloran en la parte central del área estudiada conformando el núcleo de la Sierra de Narváez, alcanzando alturas de algo más de 3300 m (Fig. 2).

En contacto de no concordancia se apoyan sedimentitas carboníferas que conforman la sección inferior del Grupo Paganzo (Bodenbender 1911, 1916, 1922, Azcuy y Morelli 1970), asignadas a la Formación Agua Colorada por Turner (1960, 1964, 1967). Esta unidad en su mitad inferior está compuesta por diamictitas, lutitas con *dropstones* y areniscas finas asignadas al evento glacial del Mississippiano tardío en esta parte del Gondwana (Césari et al. 2011, López Gamundi et al. 2021). La mitad superior comprende areniscas gris blanquecinas, conglomerados finos y delgados bancos de carbón (Turner 1967).

La sección superior del Grupo Paganzo corresponde a la Formación De La Cuesta (Turner 1967), unidad de bancos rojos compuesta principalmente por areniscas y fangolitas, junto a escasos bancos de conglomerados finos próximos a la base de la unidad en algunas localidades.

Como puede verse en la figura 2, las formaciones Agua Colorada y De La Cuesta afloran extensamente en la región

sobre ambos flancos de la Sierra de Narváez, formando una serie de anticlinales y sinclinales buzantes al sur en la parte occidental del área estudiada (El Jume y quebrada de Los Médanos).

En este trabajo se han modificado los esquemas estratigráficos previos, separando al menos tres unidades correspondientes a lo anteriormente asignado por diversos autores a la parte media y superior de la Formación De La Cuesta (véase Turner 1967 y Rubiolo et al. 2003; Fig. 3). Es así como por encima de los estratos eólicos que marcan regionalmente el techo del “Paganzo 2”, incluida la Formación De La Cuesta (Spalletti et al. 2010), se dispone un potente conjunto abigarrado dominado por fangolitas, fangolitas tobáceas y areniscas finas, a las que se asocian algunos niveles de chert, calizas y tobas. En trabajos anteriores este conjunto abigarrado fue incluido en las Formaciones De La Cuesta o La Veteada (Turner 1967, Rubiolo et al. 2003, Gutiérrez et al. 2011) y es justamente el objeto de estudio de la presente contribución.

La parte superior de lo anteriormente considerado como Formación De La Cuesta exhibe una discordancia en su base, lo que ha llevado a segregarla del resto de las unidades neopaleozoicas y correlacionarla con la Formación Talampaya aflorante en otras áreas del Sistema del Famatina (Romer y Jensen 1966, Azcuy et al. 1979, Gulbranson et al. 2015). Esta

unidad aflora exclusivamente en la parte oriental de la región analizada y es cubierta por areniscas líticas, tobas y niveles de basalto de edad incierta aquí asignadas a la Formación Vaquerano (Maisonave 1979).

Finalmente, estratos cenozoicos correspondientes principalmente a los Rodados de La Puna (Punaschotter de Penck 1920) y, en menor medida, a la Formación Tambería se encuentran en contacto tectónico sobre la Formación Talampaya en el sector oriental del área de estudio (Fig. 2).

TERMINOLOGÍA DEL PALEOZOICO SUPERIOR EN EL ÁREA ESTUDIADA

Las sucesiones neopaleozoicas de la región han sido ampliamente estudiadas desde fines del siglo XIX por Bodenbender (1911, 1916, 1922) quien las reunió bajo la denominación de Estratos de Paganzo, dividiéndolos en los Pisos I, II y III, a los que asignó al Carbonífero, Pérmico y "Rético", respectivamente. En un contexto regional Azcuy y Morelli (1970) y Azcuy et al. (1979) propusieron el nombre de Grupo Paganzo para los Estratos definidos por Bodenbender,

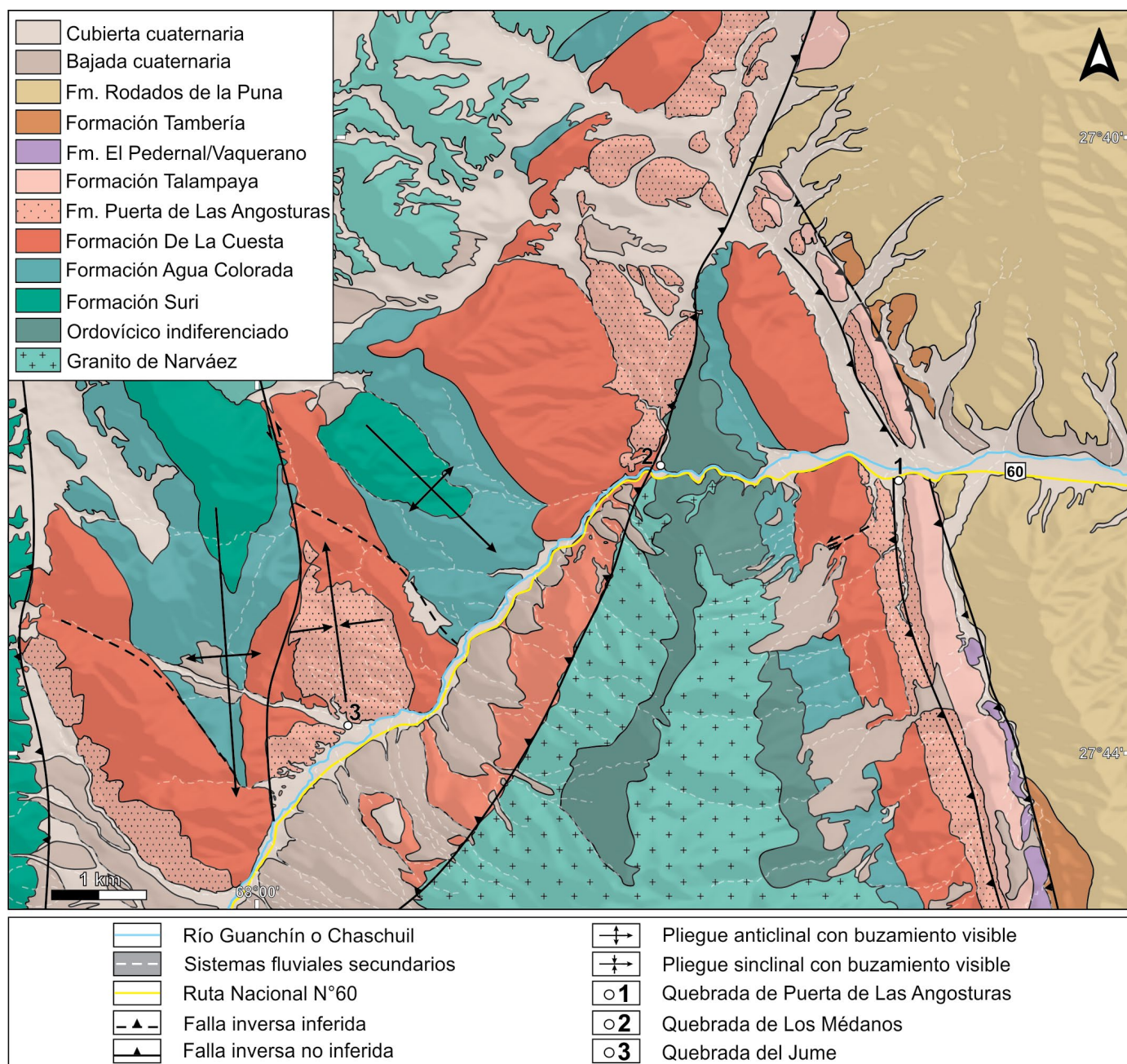


Figura 2. Mapa geológico del área de Las Angosturas.

reconociendo dos secciones equivalentes a los pisos I y II (Bodenbender 1911, 1922). El piso III fue excluido del Grupo al comprobarse una relación discordante en su base.

En el Sistema del Famatina, la sierra de Narváez y el área de Chaschuil, Turner (1960, 1964, 1967) propuso la denominación de Formación Agua Colorada para el Piso I de los Estratos de Paganzo (sección inferior del Grupo Paganzo), nomenclatura que es utilizada por diferentes autores en la región (Fig. 3). En un trabajo de índole regional y estratigráfico secuencial, Fernández Seveso et al. (1993) incluyeron en la Supersecuencia Tupe al intervalo correspondiente a la Formación Agua Colorada.

Los depósitos de la Formación Agua Colorada corresponden a sedimentitas marinas y continentales depositadas entre el Mississippiano tardío y el Pennsylvaniano temprano. La base de la sucesión registra el último evento glacial ocurrido durante el Paleozoico en el margen oeste del Gondwana, tanto en facies estrictamente glaciares como postglaciares (Limarino et al. 2010). Corresponden a diamictitas, conglomerados, areniscas de color blanco amarillentas, lutitas carbonosas, capas de carbón y margas (Rubiolo et al. 2003, Limarino et al. 2010).

Para el Piso II de los Estratos de Paganzo (sección superior del Grupo Paganzo) Turner (1967) utilizó el nombre de Formación De La Cuesta, a la que describió como compuesta por conglomerados, areniscas, lutitas y margas, predomina-

temente de color rojizo. Además, dividió a la unidad en dos miembros, el inferior compuesto por areniscas medianas a gruesas rojizas y margas amarillentas a rojizas, con intercalaciones de areniscas de grano fino. El miembro superior fue descrito como integrado por areniscas finas de color rojo ladrillo a grisáceas, con esporádicas intercalaciones de niveles arcillosos, margas y calizas.

De manera similar, Fernández Seveso et al. (1993) a partir del análisis estratigráfico secuencial de las cuencas Paganzo y Río Blanco definieron dos intervalos para la Formación De La Cuesta. Los citados autores dividieron a la unidad en dos supersecuencias, la inferior llamada "supersecuencia Patquía-De La Cuesta inferior", a la que consideraron de edad pérmica inferior, y la "supersecuencia Patquía-De La Cuesta superior" para la que sugirieron una antigüedad pérmica superior. Es importante destacar que Fernández Seveso et al. (1993) indicaron una relación discordante entre ambas supersecuencias.

En el levantamiento geológico de la Hoja Fiambalá, Rubiolo et al. (2003) dividieron a la Formación De La Cuesta en tres miembros. El inferior, denominado Miembro Rojo, fue correlacionado con la supersecuencia Patquía-De La Cuesta Inferior de Fernández Seveso et al. (1993). Por otro lado, los miembros medio y superior, llamados Lacustre y Morado respectivamente, fueron correlacionados por Rubiolo et al. (2003) con la supersecuencia Patquía-De La Cuesta superior.

Bodenbender (1911, 1922)	Turner (1967, 1971)	Fernández Seveso et al. (1993)	Rubiolo et al. (2003)	Gutiérrez et al. (2011, 2018)	Limarino et al. (2021)	Limarino et al. (2022)	Este trabajo	Estado	Período
Piso III ("Réptico")	Formación De La Cuesta Miembro superior ----- Miembro inferior	Supersecuencia Patquía - De La Cuesta Superior ----- Inferior	Formación De La Cuesta Miembro Morado ----- Miembro Lacustre ----- Miembro Rojo	Formación La Veteada superior	Formación La Veteada	Formación La Veteada	Formación La Veteada	OLENEKIANO	TRIÁSICO
Piso II ("Pérmico")				Formación La Veteada inferior	Formación Talampaya	Formación Talampaya	Formación Talampaya	GuADALUP - LOPING	PÉRMICO
Piso I ("Carbonífero")				Formación De La Cuesta	AF-G ----- AF-F ↑ AF-A	Formación De La Cuesta	Formación Puerta de Las Angosturas Grupo Paganzo Formación De La Cuesta	CISURALIANO	PÉRMICO
	Formación Agua Colorada	Supersecuencia Tupe	Formación Agua Colorada	Formación Agua Colorada	Formación Agua Colorada	Formación Agua Colorada	Formación Agua Colorada y equivalentes	PENNSYLVANIANO	CARBONÍFERO

Figura 3. Síntesis de las denominaciones asignadas por diversos autores para las formaciones carbonífero-pérmicas aflorantes en el área de estudio.

Una diferente interpretación estratigráfica para los miembros medio y superior de la Formación De La Cuesta fue sugerida por Gutiérrez et al. (2011; Fig. 3). Estos autores separaron la parte superior de la Formación De La Cuesta incluyéndola en la Formación La Veteada, unidad definida en los Nevados del Famatina por Dávila et al. (2005). Recientes dataciones efectuadas sobre las Formaciones De La Cuesta y La Veteada llevan a considerar inconveniente la correlación propuesta, debido a que edades de tobas de la parte superior de la Formación De La Cuesta indican una edad cisuraliana (Limarino et al. 2021), mientras que la Formación La Veteada ha proporcionado una edad triásica temprana (Limarino et al. 2022b).

Finalmente, en el presente trabajo se ha comprobado la existencia de una discordancia que separa a los miembros Lacustre y Morado definidos por Rubiolo et al. (2003). Este último miembro ha sido correlacionado con la Formación Talampaya definida por Romer y Jensen (1966), equivalente al Piso III de los Estratos de Paganzo de Bodenbender (1896).

DEFINICIÓN DE LA FORMACIÓN PUERTA DE LAS ANGOSTURAS

A lo largo del río Chaschuil, en el paraje conocido como Puerta de Las Angosturas (Figs. 1 y 2), aflora una potente secuencia abigarrada, de aproximadamente 353 m de espesor, sobrepuesta a los bancos rojos de la Formación De La Cuesta. Esta sucesión, para la que se propone el nombre de Formación Puerta de Las Angosturas, difiere de la Formación De La Cuesta tanto en su tonalidad como composición litológica, ya que incluye pelitas desde moradas a gris azuladas, en ocasiones gris oscuras, interlaminaciones de calizas con niveles de chert, tobas parcialmente reemplazadas por chert, margas y bancos potentes de calizas de color gris amarillento.

En trabajos anteriores, de índole regional, estas rocas fueron incluidas por Rubiolo et al. (2003) dentro de la Formación De La Cuesta y más específicamente en el Miembro Lacustre. Sin embargo, existe una importante discontinuidad estratigráfica entre las formaciones De La Cuesta y Puerta de Las Angosturas que justifica su separación en dos unidades.

Entre la sierra de Narváez y el puesto de Chaschuil (Fig. 1), área tipo de la nueva formación, los afloramientos se distribuyen en dos sectores principales, Puerta de Las Angosturas al este y quebrada del Jume-quebrada de Los Médanos al oeste (Figs. 1 y 2). En Puerta de Las Angosturas se observan tanto la base como el techo de la unidad, sin embargo, la secuencia muestra importante perturbación tectónica tanto en el contacto con la Formación De La Cuesta como en su

parte media (Figs. 2 y 5). En las quebradas del Jume y de Los Médanos, la Formación Puerta de Las Angosturas aflora formando el núcleo de una estructura sinclinal y los flancos de dos anticlinales (Fig. 2). En estos casos, puede ser observada cómodamente la base de la unidad, pero la parte superior se encuentra erosionada y, por lo tanto, su relación de techo no es observable. Por lo dicho, se ha considerado conveniente fijar el estratotipo en las exposiciones orientales (quebrada de Puerta de Las Angosturas) y completar su descripción, incluyendo el estudio detallado de su base y cambios faciales, con los afloramientos de las quebradas del Jume y de Los Médanos.

Estratotipo: Puerta de Las Angosturas

Debido a que la base de la Formación Puerta de Las Angosturas se encuentra sólo parcialmente expuesta inmediatamente al sur de la Ruta Nacional N°60 y que la parte media de la unidad muestra algunas complicaciones tectónicas, fue necesario el levantamiento de un perfil compuesto, construido a partir de tres segmentos (Figs. 4 y 5). El septentrional (S1 en la Fig. 4) corresponde a un delgado intervalo (23 m) que caracteriza a la base de la unidad, desde el techo de las eolianitas de la Formación De La Cuesta hasta una falla de rumbo norte-sur que asciende la Formación Puerta de Las Angosturas sobre los términos basales de la misma. El segmento medio (S2 en la Fig. 4) es el que muestra mayor continuidad estratigráfica, desde el contacto por falla con la Formación De La Cuesta (Fig. 6a), hasta una falla de escaso rechazo que perturba la parte media de la Formación Puerta de Las Angosturas. Finalmente, el tramo austral (S3 en la Fig. 4) caracteriza a la parte superior de la unidad, la cual es cubierta en discordancia por estratos rojos aquí correlacionados con la Formación Talampaya.

El análisis del perfil tipo permitió identificar seis secciones estratigráficas, que son descriptas a continuación (Fig. 7 y 8):

Sección 1 (de areniscas rojas y moradas masivas o laminadas): En el perfil tipo esta sección sólo aflora en el segmento 1 (Figs. 4 y 9a), con un espesor aproximado de 23 m y, como se verá en el próximo capítulo, muestra su mejor desarrollo en las quebradas del Jume y Los Médanos. Esta sección, de color rojo intenso a morado, está mayormente compuesta por dos diferentes tipos litológicos, ambos de composición predominantemente arenosa (Figs. 7 y 8). La litología más abundante corresponde a areniscas finas y muy finas, en menor proporción medianas, estratificadas en bancos fuertemente tabulares, de base y techo planos con espesores por lo general menor a 40 cm. Internamente los bancos son masivos o laminados horizontalmente, con menos frecuencia exhiben estratificación entrecruzada de pequeña escala

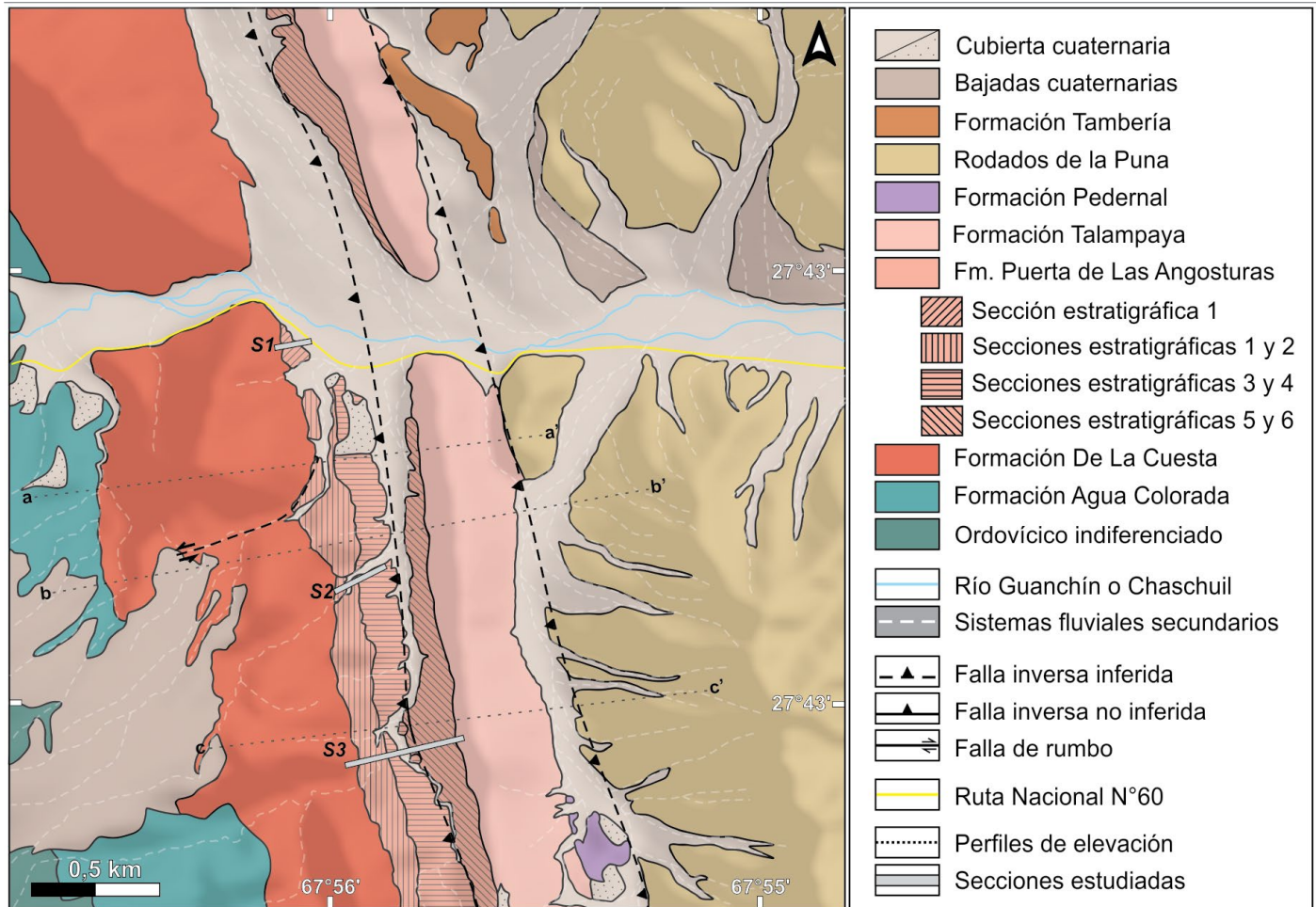


Figura 4. Mapa geológico mostrando la distribución de las secciones reconocidas en la Formación Puerta de Las Angosturas. S1-S3 indican las secciones utilizadas para el análisis de la Formación Puerta de Las Angosturas. a-a', b-b' y c-c' indican los perfiles de elevación de la figura 5.

y laminación ondulítica. Esporádicamente se intercalan delgados bancos tabulares de fangolitas y fangolitas arenosas.

El segundo tipo litológico es menos frecuente y comprende areniscas finas que se disponen formando potentes sets de hasta 1 m de espesor de estratificación entrecruzada tabular planar, los que en algunos casos se agrupan formando cosets entrecruzados de hasta 2 m de potencia. Es característico el delgado espesor de las capas frontales de los sets entrecruzados, su carácter friable y sólo excepcionalmente la presencia de delgadas coberturas de fango. Estas areniscas se asocian a bancos tabulares de areniscas finas y muy finas, con frecuente laminación horizontal, entrecruzada de bajo ángulo u ondulítica. En algunos bancos de areniscas finas se han identificado estratificaciones entrecruzadas *hummocky* asociadas a niveles de areniscas con laminación horizontal y eventualmente lineación por partición.

Esporádicamente, y restringidos a la base de la unidad, aparecen niveles de areniscas medianas hasta gruesas, masivas o con estratificación entrecruzada en artesa de pequeña escala. Estas areniscas se estratifican formando paleocanales

de base erosiva y de unos pocos metros de continuidad lateral, donde es relativamente frecuente la presencia de clastos de fangolitas de hasta 1 cm de diámetro, los que al aumentar en número gradan a conglomerados intraformacionales.

Sección 2 (de fangolitas y areniscas muy finas): De unos 55 m de espesor (Figs. 7 y 8), esta sección está formada por fangolitas, areniscas muy finas y escasos niveles de areniscas medianas. Las fangolitas corresponden principalmente a arcilitas y, en menor medida, limolitas pardo grisáceas, localmente gris oscuras, con laminación horizontal bien desarrollada. En la quebrada de Los Médanos se observan las mejores exposiciones de esta sección (Fig. 9c). Allí fangolitas cubren mediante contacto tectónico (falla inversa de alto ángulo) a los bancos rojos de la Formación De La Cuesta. El contacto es marcado por una faja de hasta 15 m de espesor de fangolitas replegadas.

Las fangolitas conforman aproximadamente el 70% de la unidad, predomina la laminación horizontal y localmente la laminación ondulítica, especialmente en la transición a fangolitas arenosas (Fig. 6d). Al ascender en la sucesión comien-

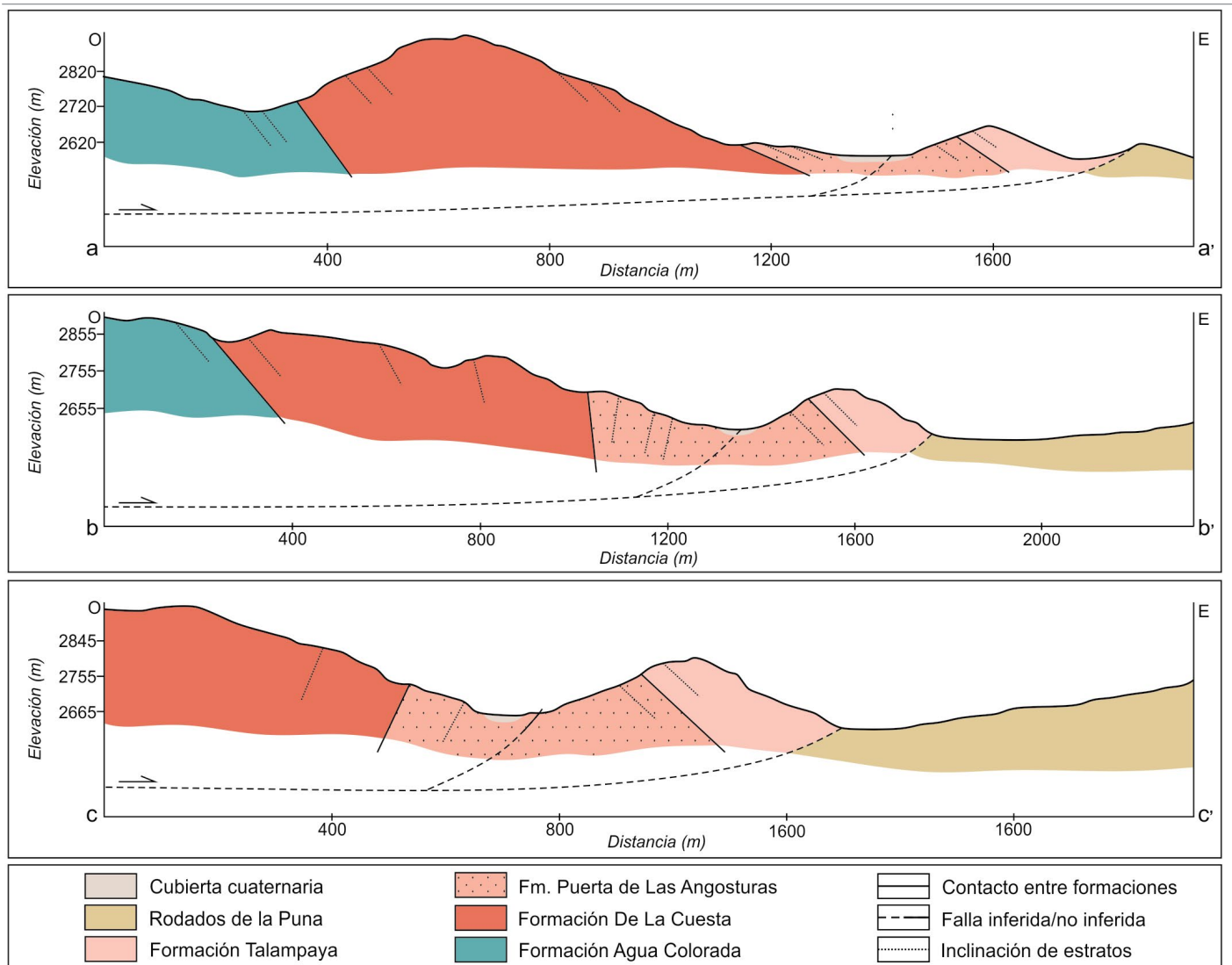


Figura 5. Perfiles de elevación desarrollados a lo largo de la quebrada Puertas de Las Angosturas. La ubicación de estos se observa en la figura 4.

zan a ser más frecuentes las areniscas, las cuales pueden ser divididas en dos tipos principales. Por un lado, areniscas finas y muy finas de color castaño claro, estratificadas en bancos delgados de geometría tabular, en los que se observa laminación horizontal y ondulítica, tanto de oleaje como de corriente. Por otro lado, aparecen bancos de geometría lensoidal con continuidad lateral desde pocos metros a escasas decenas de metros y espesores medios entre 15 y 20 cm. Estas areniscas son predominantemente de grano fino, ocasionalmente mediano y exhiben paquetes aislados y delgados de estratificación entrecruzada tabular planar, mayormente de bajo ángulo.

El tope de esta sección está compuesto por areniscas medianas de color gris claro, muy bioturbadas y con desarrollo de paquetes apilados con estratificación entrecruzada *hummocky*.

Las litologías hasta aquí descriptas se agrupan formando

tres tipos de asociaciones principales. Por un lado, fangolitas basales que pueden formar monótonas secuencias fangosas o bien desarrollar interlaminaciones rítmicas de láminas de fango y arena muy fina, en las que ambos términos no exceden un centímetro de espesor.

La segunda asociación corresponde a las areniscas finas a medianas estratificadas en bancos lensoidales que muestran en su base un intervalo macizo, seguido por sets delgados de estratificación entrecruzada de bajo ángulo y en el tope delgados sets apilados de laminación ondulítica de oleaje. Estos bancos lensoidales son frecuentemente cubiertos por niveles tabulares de areniscas muy finas interlaminadas con fangolitas (Fig. 10a).

La tercera asociación corresponde a secuencias fangoarenosas de algunos metros de espesor, compuesta por alternancia de areniscas medianas a finas, por lo en general, estratificadas bancos delgados y tabulares de hasta 10 cm de

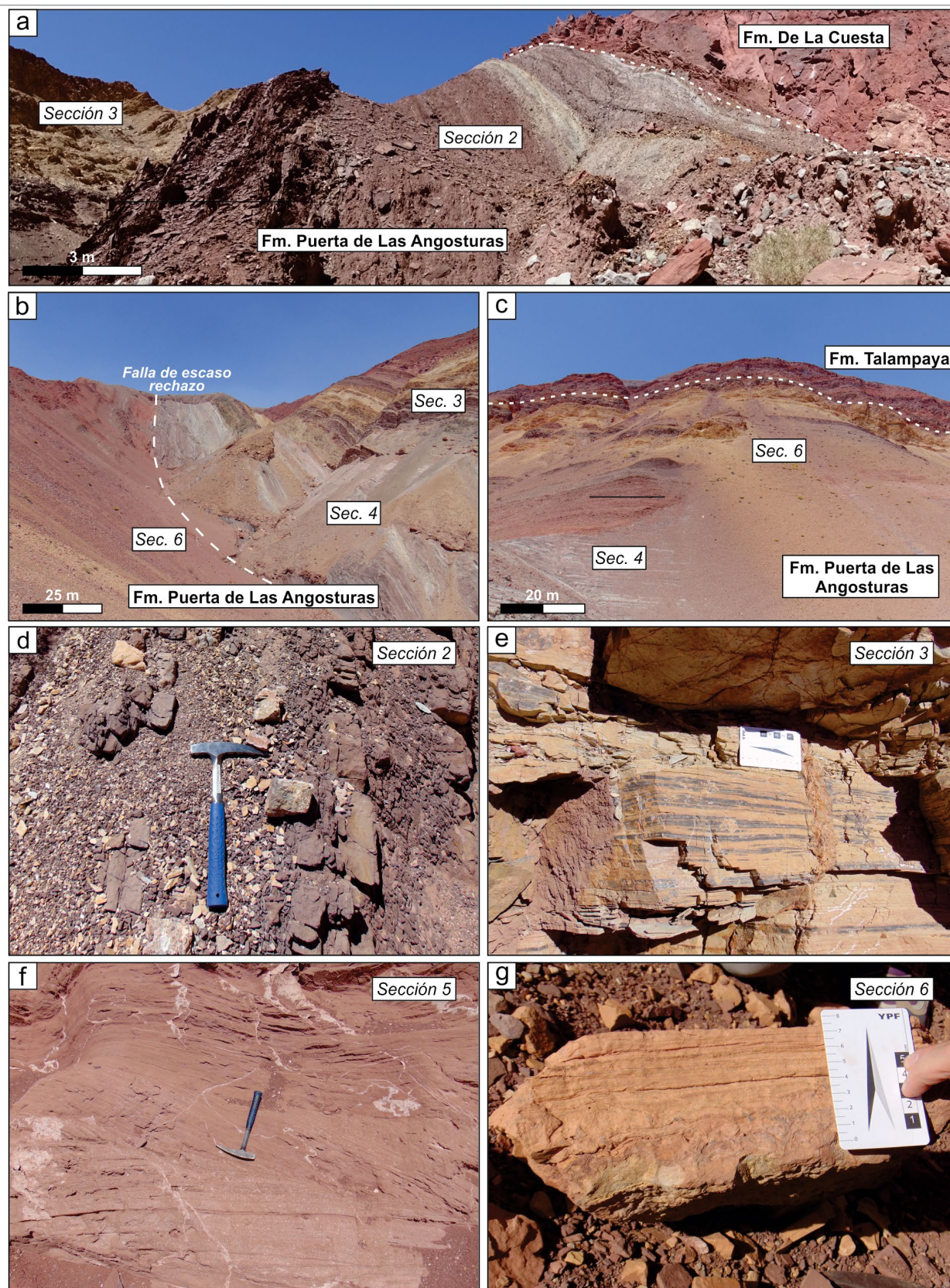


Figura 6. a) aspecto del contacto inferior de la Formación Puerta de Las Angosturas con la Formación De La Cuesta; b) secciones 3, 4 y 6 pertenecientes a la Formación Puerta de Las Angosturas; c) detalle de las secciones 4 y 6 de la Formación Puerta de Las Angosturas y el contacto de la misma con la suprayacente Formación Talampaya; d) detalle de niveles fangosos de la sección 2, con intercalaciones arenosas; e, calizas interlaminares con capas de chert pertenecientes a la sección 3 de la Formación Puerta de Las Angosturas; f) areniscas con estratificación entrecruzada de la sección 5; g) detalle de bloque caído de calizas estromatolíticas de la sección 6.

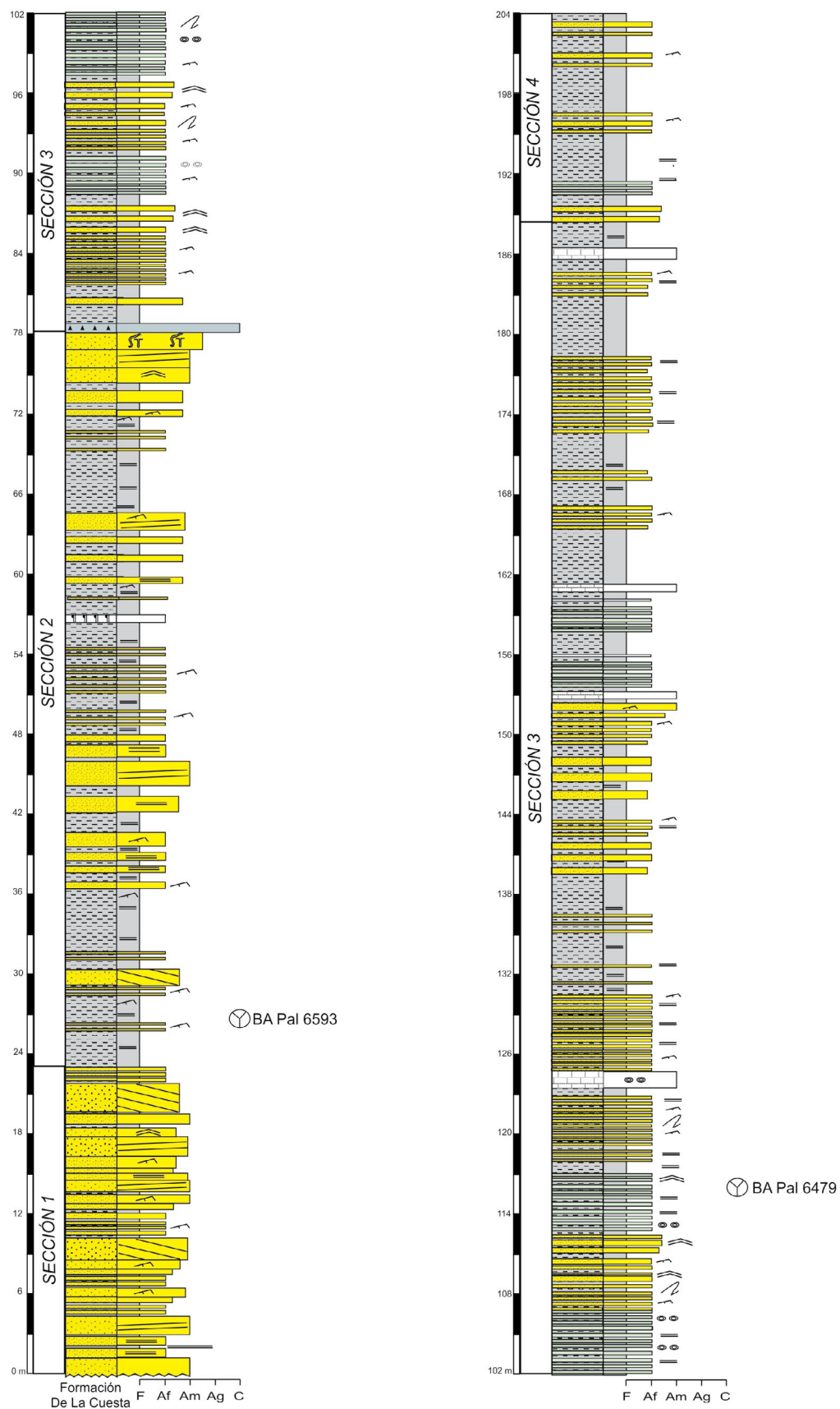


Figura 7. Perfil esquemático de la Formación Puerta de Las Angostas mostrando las secciones reconocidas en la unidad. El perfil resulta de la integración de las secciones S1, S2 y S3. Para ubicación de las secciones véase figura 4 y para referencias figura 8.

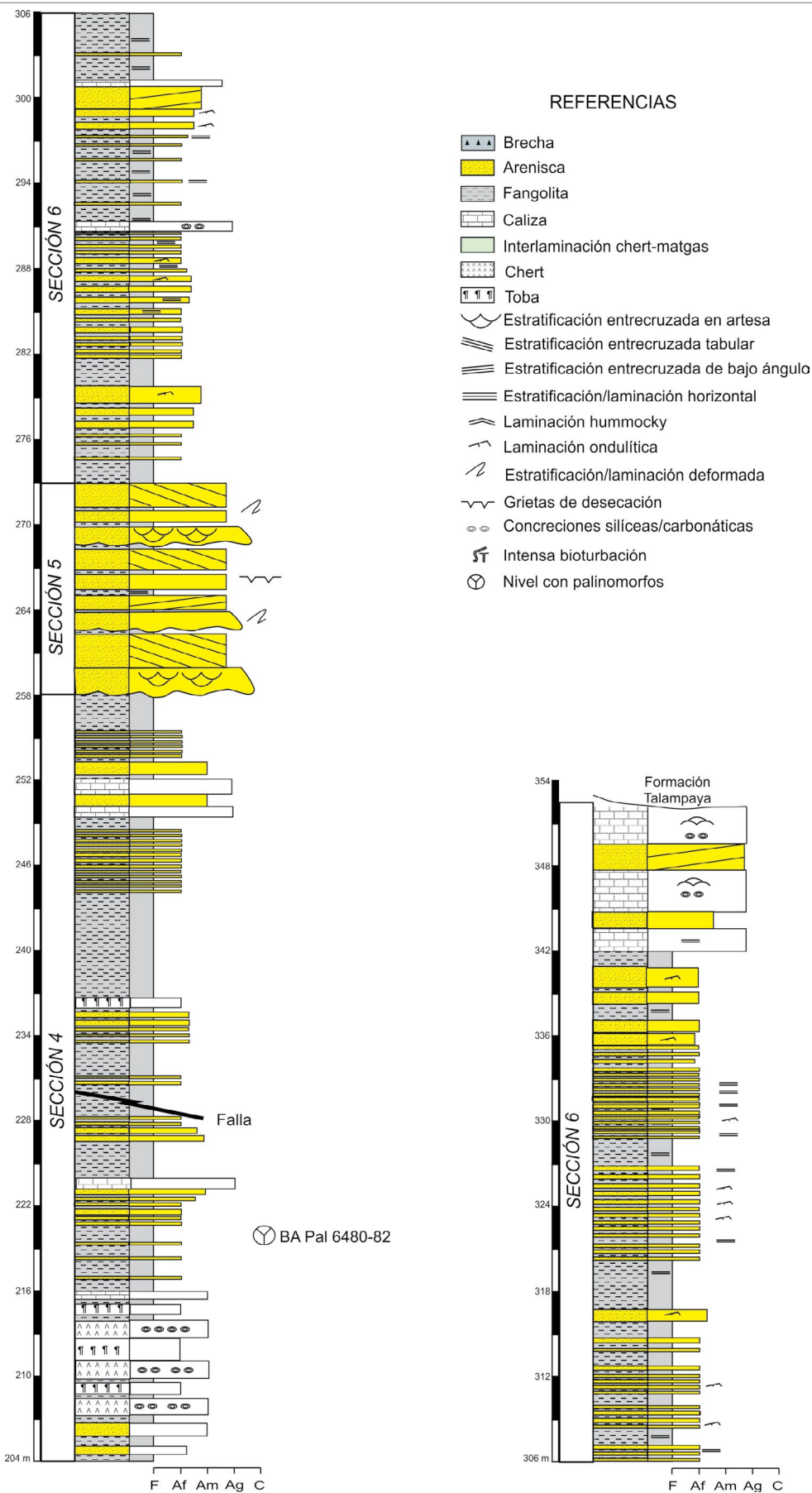


Figura 8. Perfil esquemático de la Formación Puerta de Las Angosturas mostrando las secciones reconocidas en la unidad. El perfil resulta de la integración de las secciones S1, S2 y S3. Para ubicación de las secciones véase figura 4. Muestras palinológicas analizadas por Césari et al. (2022a) y depositadas en el Museo de Cs. Naturales B. Rivadavia (BA Pal).

espesor. Las areniscas alternan con bancos tabulares de fangolitas de unos 20 cm en promedio, dominadas por laminación horizontal y más raramente ondulítica.

Sección 3 (de areniscas y calizas interlaminadas con chert): De 110 m de espesor, esta sección se diferencia de la previamente descrita debido a una mayor proporción de areniscas con respecto a fangolitas, la presencia de delgados niveles de calizas interlaminadas con chert y su color amarillo

verdoso (Figs. 6a, b y 9b, c).

Dominan ampliamente las areniscas medianas a finas, las cuales conforman más del 70% de la unidad (Fig. 10b). Se presentan estratificadas en bancos tabulares, en algunos casos lensoides, de base plana con espesores comprendidos entre 20 y 40 cm. Internamente, los estratos muestran distintos tipos de estratificación entrecruzada en paquetes delgados a medianos de unos 30 cm de espesor, incluyendo

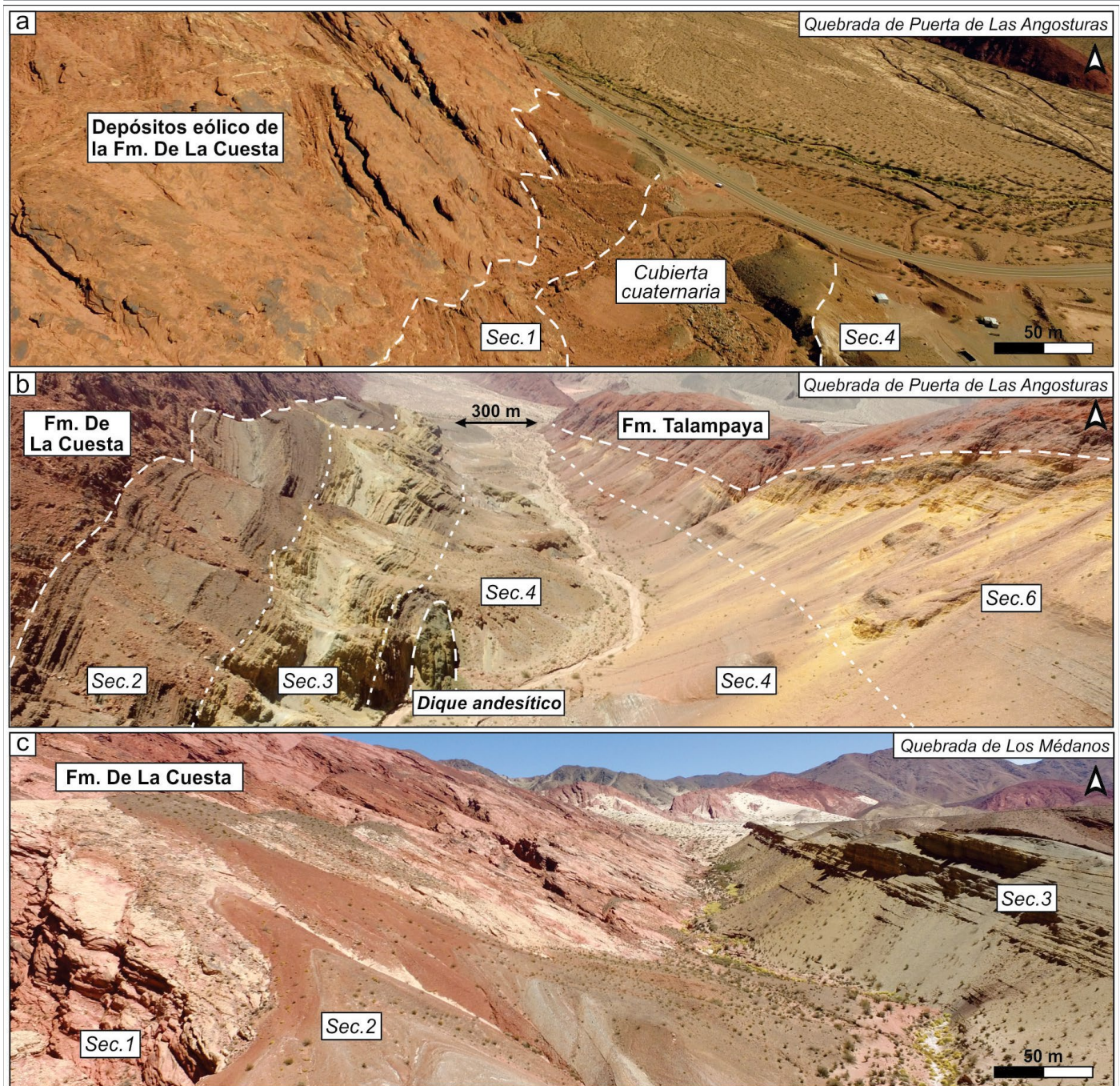


Figura 9. Imágenes obtenidas con dron: a) visión aérea de la entrada a la quebrada de Puerta de Las Angosturas. Se observa contacto basal con la Fm. De La Cuesta con la sección estratigráfica 1; b) aspecto general de la Fm. Puerta de Las Angosturas en la quebrada homónima. Se reconocen las secciones estratigráficas 2, 3, 4 y 6 y los contactos infrayacentes y suprayacentes con las formaciones De La Cuesta y Talampaya respectivamente; c) visión aérea de la quebrada de Los Médanos, mostrando la distribución de la Formación De La Cuesta y de las secciones definidas en la Formación Puerta de Las Angosturas.

entrecruzamientos de bajo ángulo, tabular planar y pequeñas artesas. En ocasiones, en el techo de los bancos se observan delgados niveles de areniscas finas con laminación ondulítica de oleaje y de corriente y, con menor frecuencia, laminación heterolítica y estratificación entrecruzada *microhummocky* y *swaley*.

Siguen en abundancia intervalos de color gris verdoso claro a gris amarillento, compuestos por bancos tabulares en los que alternan láminas milimétricas a centimétricas de areniscas finas y calizas (Fig. 6e). Aunque en la mayoría de los casos esta alternancia define una laminación horizontal, se ha observado también la presencia de laminación ondulítica tanto oscilatoria como de corriente y menos frecuentemente heterolítica.

La observación microscópica de estas rocas permitió reconocer la alternancia de delgadas láminas de chert y calizas junto al reemplazo parcial de algunas láminas de caliza por sílice microcristalina (Fig. 10c, d).

Hacia la parte media de la sucesión se produce una disminución en el tamaño de grano pues aparece un nivel de unos 5 m de espesor compuesto por areniscas macizas muy finas y fangolitas con laminación horizontal o masivas, estas últimas en ocasiones parcialmente silicificadas.

Sección 4 (de fangolitas, areniscas muy finas, tobas y niveles de chert): Aunque presenta características litológicas similares a la sección 3, se distingue por el incremento en la proporción de sedimentos limo-arcillosos, la aparición de bancos de chert asociados a niveles de tobas, delgados bancos de yeso y el color morado hasta gris azulado de la sucesión (Figs. 6b, c y 9b), alcanzando un espesor de 70 m en el estratotipo (Figs. 7 y 8).

La parte inferior, de unos 10 m de potencia, comprende delgados bancos tabulares de calizas gris amarillentas, interestratificadas con areniscas medianas a finas. Mientras que las areniscas medianas frecuentemente exhiben distintos tipos de estratificación entrecruzada, incluyendo tabular planar y en artesa, las areniscas finas muestran laminación ondulítica y horizontal e intercalaciones de areniscas fangosas con laminación ondulítica y heterolítica.

La parte media se caracteriza por la presencia de bancos delgados de tobas (Fig. 10e), muchas de ellas conformando niveles fuertemente chertificados. Aunque la mayor parte de las tobas muestra un espesor reducido, en general menor a 5 cm, existen también bancos de hasta 15 cm de potencia. Entre los bancos de origen piroclástico se disponen calizas gris amarillentas a gris parduzcas que, en ocasiones, portan grandes concreciones síliceas subesféricas.

El tercio superior de la sección aquí considerada muestra un paulatino aumento en la proporción de areniscas finas de

color gris azulado a gris verdoso, las que forman bancos tabulares de unos 20 cm de espesor medio y 50 cm de espesor máximo dentro de los cuales se observa abundante laminación ondulítica. Entre los estratos arenosos se disponen niveles de fangolitas, tanto macizas como laminadas, dentro de las cuales aparecen con frecuencia milimétricas láminas de yeso.

La alternancia de areniscas y fangolitas define ciclos grano y estratocrecientes de algunos metros de espesor que suelen culminar con areniscas medianas con abundante estratificación ondulítica o con menor frecuencia entrecruzada. Esta sección presenta, además, diques de composición andesítica que intruyen a la sucesión (Fig. 9b).

Sección 5 (de areniscas medianas a gruesas con estratificación entrecruzada): Comprende areniscas de grano grueso con abundante estratificación entrecruzada tabular planar y en artesa (Fig. 6f), a las que se asocian delgados bancos de areniscas guijosas, areniscas finas y fangolitas. El conjunto alcanza un espesor de unos 15 m y se presenta como una delgada intercalación dentro de las sedimentitas de grano mayormente fino que forman las secciones 4 y 6.

Las areniscas de grano grueso y mediano constituyen aproximadamente el 70% del conjunto y se caracterizan por su color rojizo a gris parduzco y aspecto friable. Se estratifican en bancos medianos y gruesos, lensoideos a lenticulares, de base moderadamente erosiva.

Siguen en abundancia areniscas medianas a finas de color gris parduzco con frecuente laminación horizontal o entrecruzada que, en algunos casos, muestran intensa deformación sinsedimentaria. Finalmente, en menor proporción, ocurren areniscas finas y pelitas de color pardo rojizo, estratificadas en bancos tabulares de base plana. Las areniscas suelen mostrar estratificación horizontal, ondulítica de corriente o resultar macizas, mientras que las fangolitas son principalmente macizas, con eventual laminación horizontal y grietas de desecación.

Sección 6 (de fangolitas, calizas y delgados bancos de tobas): Esta sección aflora en la parte baja y media de la ladera oriental de la quebrada Puerta de Las Angosturas (Figs. 6b, c y 9 b) conformando una secuencia de bancos rojos que para su descripción es dividida en tres tramos. El inferior de 28 m de espesor, compuesto por una secuencia abigarrada en la que alternan fangolitas tobáceas de colores claros y areniscas finas parduzcas (Fig. 8). En ambos casos, los bancos son tabulares y de base plana, internamente masivos o muestran imperfecta laminación horizontal u ondulítica oscilatoria. Hacia la parte media y superior de este tramo aparecen esporádicamente niveles de calizas amarillentas de aspecto estromatolítico (Fig. 6g).

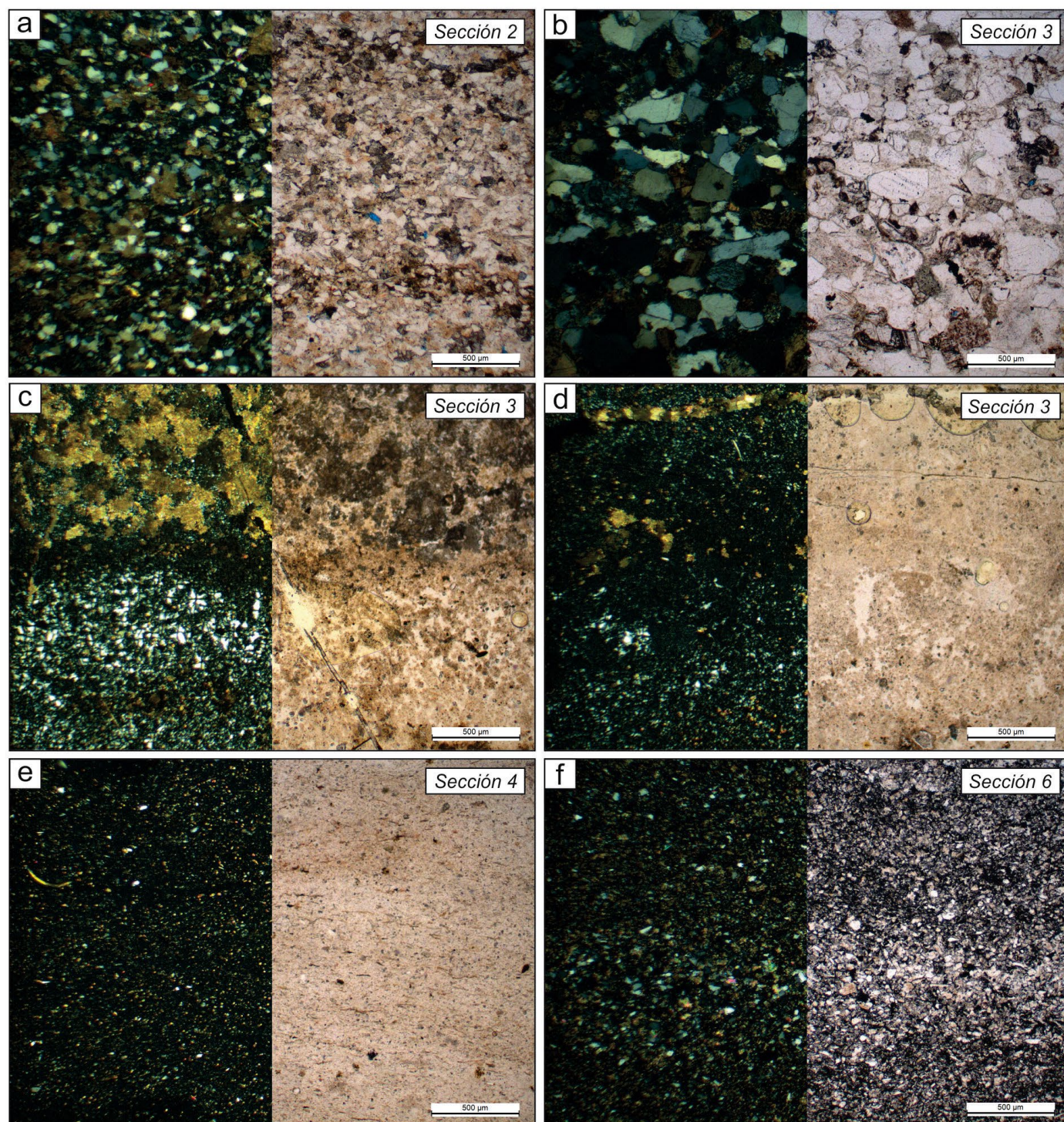


Figura 10. Imágenes obtenidas con microscopio óptico, en cada caso a la izquierda nicols cruzados a la derecha paralelos: a) alternancia de areniscas finas a muy finas pertenecientes la sección 2 de la Formación Puerta de Las Angosturas mostrando un aspecto laminado; b) ejemplo de areniscas medianas de la sección 3, con cemento carbonatico, crecimiento secundario de cuarzo y escasas patinas de óxidos de hierro; c) ejemplo de alternancia de láminas de calizas (superior) y chert (inferior); d) detalle de la alternancia de calizas y chert, donde se preserva material volcánico de grano muy fino; e) ejemplo de nivel de toba perteneciente a la sección 4; f) alternancia de limolitas y areniscas finas pertenecientes al tramo medio de la sección 6.

El tramo medio, de 17 m de espesor y color predominantemente rojo morado, comprende fangolitas entre las que se intercalan bancos de areniscas muy finas y finas (Fig. 10f). Estas rocas pasan al tramo superior de 35 m, compuesto por areniscas finas y fangolitas rojizas que pasan transicional-

mente a areniscas medianas y calizas estromatolíticas de color gris amarillento hacia el techo de la sección (Fig. 8).

El tramo superior de esta sección es progresivamente eliminado hacia el norte por la discordancia que marca la base de la Formación Talampaya (Figs. 4 y 9b).

Extensión en el área tipo: Estructuras plegadas de las quebradas del Jume y Los Médanos

Las distintas secciones descriptas para la parte basal y media en el perfil tipo pueden ser también reconocidas al oeste en las estructuras plegadas que se extienden desde la quebrada del Jume hasta la quebrada de Los Médanos (Fig. 2). En la primera, el contacto entre las formaciones Puerta de Las Angosturas y De La Cuesta puede ser observado sobre ambos flancos de una estructura sinclinal de rumbo norte sur (Figs. 2 y 4). En esa quebrada, la nueva formación se apoya mediante una superficie erosiva de bajo relieve sobre las areniscas con estratificación entrecruzada de gran escala (facies eólicas) que conforman el techo de la Formación De La Cuesta en toda la región.

En el flanco oriental, las areniscas eólicas de la Formación De La Cuesta son cubiertas por areniscas finas que se corresponden con la sección 1 de la Formación Puerta de Las Angosturas descrita en el estratotipo. La parte basal de la sección 1 en la quebrada del Jume está compuesta por areniscas finas estratificadas en bancos tabulares macizos o laminados, entre los que se intercalan delgados bancos canalizados de areniscas medianas. Ascendiendo estratigráficamente aparecen areniscas finas que exhiben sets entrecruzados de hasta 2 m de espesor, principalmente del tipo tabular planar, menos frecuentemente en artesa. Un rasgo distintivo de estos paquetes entrecruzados es el delgado espesor de las capas frontales y la presencia de muy delgadas coberturas de fango entre ellas. Esporádicos bancos de areniscas finas a medianas con estructuras entrecruzadas *hummocky* aparecen intercalados en la sucesión.

El conjunto descripto es cubierto transicionalmente por fangolitas y areniscas finas a medianas, de color gris morado hasta gris azulado. Las areniscas muestran laminación horizontal, entrecruzada de bajo ángulo o más raramente ondulítica y, en ocasiones, un alto grado de bioturbación. Las fangolitas son macizas o en menor frecuencia con laminación horizontal. Hacia arriba se disponen areniscas muy finas interlaminadas con calizas y bancos de hasta 50 cm de espesor formados por una delicada alternancia de niveles de chert y calizas. Todo el conjunto descripto se correlaciona con las secciones 2 y 3 del perfil tipo.

Finalmente, el tope de la secuencia en el área de quebrada del Jume es equivalente la sección 4 del perfil tipo y corresponde a areniscas finas hasta medianas y fangolitas laminadas, de colores gris azulado hasta gris morado. El conjunto intercala un potente nivel de caliza de color gris blanquecino, de hasta 1 m de espesor, el que frecuentemente muestra im-

portante reemplazo silíceo y concreciones subesferoidales de microcuarzo.

En la quebrada de Los Médanos (2 en Fig. 2; Fig. 9c) la Formación Puerta de Las Angosturas se apoya también sobre la sección de areniscas eólicas que caracteriza al techo de la Formación De La Cuesta. De manera similar, en este caso se observa una superficie erosiva en la base de la Formación Puerta de Las Angosturas, la que localmente puede alcanzar mayor expresión, incidiendo unos pocos metros dentro de las areniscas eólicas de la Formación De La Cuesta. Cuando ello ocurre, el relieve irregular es rellenado por areniscas medianas y finas, junto a algunos conglomerados intraformacionales, pertenecientes a la sección 1.

En otros sectores de la quebrada de Los Médanos, son las fangolitas gris-moradas y areniscas finas pertenecientes a la sección 2 de la Formación Puerta de Las Angosturas las que cubren directamente a las areniscas eólicas de la Formación De La Cuesta (Fig. 9c). Cuando ello ocurre una discordancia de bajo ángulo parece establecerse entre ambas unidades.

Relaciones estratigráficas

En el área analizada, la Formación Puerta de Las Angosturas cubre areniscas eólicas pertenecientes al techo de la Formación De La Cuesta mediante una discordancia erosiva de bajo relieve. Si bien en la mayoría de las exposiciones son las areniscas finas y medianas de la sección 1 las que tapizan la mencionada superficie de erosión, localmente fangolitas y areniscas muy finas de la sección 2 traslapan directamente sobre el techo de la Formación De La Cuesta (Fig. 9c). Es probable que la discordancia en cuestión correlacione con la Fase San Rafael descrita en la Cordillera de Los Andes (véase estado paleogeográfico 6 de Limarino et al. 2022a).

En lo que se refiere al techo de la unidad, una discordancia erosiva separa a la Formación Puerta de Las Angosturas de los bancos rojos de la Formación Talampaya (Figs. 6c y 9b).

Marco paleoambiental

A pesar de que no es el objeto de esta contribución el estudio de los paleoambientes sedimentarios de la nueva unidad, algunas consideraciones generales pueden realizarse a partir de las características litológicas de los intervalos previamente definidos. En lo que concierne a la sección 1, presenta depósitos arenosos canalizados sólo en su parte basal, los que exhiben estratificación entrecruzada y se asocian lateralmente a areniscas finas con laminación horizontal u ondulítica de corriente. Estas características señalan que la parte basal de la sección 1 se depositó en un ambiente fluvial de moderada a baja energía, con baja jerarquización y

limitada sinuosidad de canales. Dentro de este esquema dos tipos de acumulaciones de canal pueden ser diferenciadas, por un lado, los depósitos residuales de canal representados en los conglomerados intraformacionales y, por otro lado, las areniscas con estratificación entrecruzada en artesa, las que por su limitado porte sugieren el desarrollo de barras pandas de moderada a alta sinuosidad. Las planicies de inundación habrían sido predominantemente arenosas, siendo destacable la presencia de laminación por partición en el techo de los bancos de areniscas y la reducida participación de fangolitas. Las características mencionadas asemejan a los depósitos de sistemas entrelazados distales dominados por flujos en mantos (*sheetflood distal braided*) descritos por Miall (1996).

Formando la parte media y superior de la sección 1, se disponen depósitos marinos costeros correspondientes tanto a la cara de playa como a la playa frontal. Los primeros incluyen niveles de areniscas finas con laminación paralela y ondúlítica tanto de corriente como oleaje, mientras que los segundos corresponden a paquetes de areniscas con estratificación entrecruzada de escala métrica correspondientes a barras de shoreface. Las condiciones de mayor profundización están representadas en las areniscas muy finas con laminación entrecruzada de bajo ángulo y fangolitas, a las que se asocian niveles de areniscas con estratificación entrecruzada *hummocky* indicando eventos de tormenta.

Un cambio ambiental significativo tuvo lugar a partir de la sedimentación de la sección 2, la que en su base muestra una superficie de inundación que sobrepone fangolitas laminadas de costa afuera a las asociaciones marinas predominantemente arenosas de playa de la sección 1. Sobre las fangolitas laminadas se disponen al menos dos ciclos progradacionales, los que se inician con intervalos fangosos de espesor métrico y terminan con bancos apilados de areniscas que en ocasiones muestran estratificaciones entrecruzadas *hummocky* y ondúlítica oscilatoria. Las asociaciones palinológicas estudiadas en este trabajo, que incluyen escasos restos de acritarcas, son consistentes con el ambiente de sedimentación marino.

La presencia de depósitos marinos costeros fue sugerida por Fernández Seveso et al. (1993), quienes propusieron un ambiente marino restringido a lacustre para la sección 1 de la supersecuencia Patquía-De La Cuesta superior, la que resulta equivalente a las rocas aquí tratadas (Fig. 11). En este sentido, Decastelli et al. (1991) y Leunda (1991) citaron restos de microfósiles, acritarcas y ostrácodos para esa sección estratigráfica.

En la sección 3 continuó la sedimentación subácuea, probablemente en un ambiente marino marginal de muy baja energía, con ocasionales eventos de tormentas. Las condi-

ciones de baja energía en el cuerpo de agua corresponden a las delicadas interlaminaciones milimétricas de chert y calizas que forman la mayor parte de la sección. Además, la presencia de laminación ondúlítica, tanto de oleaje como de corriente asociada a laminación heterolítica, sugiere la existencia de corrientes de marea dentro del cuerpo de agua.

Condiciones de alta energía se evidencian en las intercalaciones de areniscas finas a medianas con laminación entrecruzada *microhummocky* que son interpretados como periódicos eventos de tormentas. Además, la presencia de depósitos ondúlíticos en el techo de estos niveles indica re-trabajo por oleaje.

En lo que respecta al origen de la sílice que forma las ritmitas sílice-carbonato, es probable que resulte de la transformación diagenética de vidrio volcánico derivado del volcanismo explosivo que caracterizó a gran parte del Grupo Choiyoi. Este volcanismo, desarrollado en la vecina Cordillera de Los Andes, pudo haber sido la fuente del material vítreo ya que fue sincrónico con la depositación de las rocas aquí analizadas (Sato et al. 2015, Spalletti y Limarino 2017, Limarino et al. 2022a).

Si bien las condiciones subáqueas parecen haber persistido durante la depositación de la sección 4, no existen elementos de juicio que permitan discernir entre un ambiente marino marginal o lacustre, aunque la presencia de *Navifusa* y probables escolecodontes indica al menos periódicas ingresiones marinas (Césari et al. 2022a). En particular la parte inferior de esta sección, caracterizada por bancos de calizas y areniscas con estratificación entrecruzada, indica indudablemente un evento de somerización en el que alternaron períodos de alto y bajo aporte clástico al sistema.

Es destacable la dominancia de sedimentación fango-arenosa fina y la presencia de interlaminaciones chert-caliza, de niveles de tobas y de unos pocos paquetes de calizas masivas de más de 50 cm de espesor. Todas estas carac-

Turner (1967, 1971)	Fernández Seveso et al. (1993)	Rubio et al. (2003)	Este trabajo	Estadio	Período
Formación De La Cuesta	Supersecuencia PDLC superior	Miembro Morado	Formación Talapaya	GUAD - LOPIN	PÉRMICO
	Supersecuencia PDLC inferior	Miembro Lacustre	Formación Puerta de Las Angosturas	CISURALIANO	PÉRMICO
Formación De La Cuesta	Supersecuencia PDLC inferior	Miembro Rojo	Formación De La Cuesta	PENNSYLV.	CARB.

Figura 11. Comparación de los esquemas estratigráficos previos para el Pennsylvaniano-Pérmico del área de estudio y su equivalencia con la Formación Puerta de Las Angosturas

terísticas hacen suponer que el cuerpo de agua estuvo sometido a períodos sineruptivos e intereruptivos. Los primeros promovieron la depositación de tobas, los niveles de chert y parcialmente las interlaminaciones caliza-chert. Durante las condiciones intereruptivas se habrían formado los intervalos mayormente fangosos y los escasos niveles de calizas.

Los niveles piroclásticos alcanzan su mayor importancia en esta sección, no sólo por su participación sino también por el espesor de los bancos de tobas. Lo dicho permite sugerir que durante la sección 4 aumentaron considerablemente los episodios de lluvias de cenizas, condición que probablemente favoreció, debido al incremento en el aporte piroclástico, una mayor somerización de la sección 4 cuando se la compara con la 3.

Aunque la sección 5 es de reducido espesor, su presencia es significativa pues indica un cambio abrupto desde las condiciones subácuas previamente discutidas a otras subaéreas. Un sistema fluvial de moderada a baja energía es sugerido debido a la presencia de depósitos canalizados formados por areniscas desde medianas hasta gruesas y fangolitas con grietas de desecación, junto con la ausencia de calizas y niveles de chert. El amplio dominio de areniscas, la geometría lenticular de los bancos y la baja proporción de fangolitas sugieren que estas rocas fueron depositadas por sistemas fluviales entrelazados arenosos con barras de canal bien desarrolladas, las que a juzgar por los distintos tipos de estructuras entrecruzadas fueron preferentemente transversales y de mediano porte.

La sección 5 es abruptamente cubierta por una superficie de inundación que marca la base de la sección 6, la cual muestra el retorno a condiciones de sedimentación subácuas correspondientes a un ambiente de sedimentación marino marginal o lacustre con dominio de sedimentación fangosa. La parte inferior de la sección 6 es la que corresponde a las condiciones de mayor profundización en las que dominó la sedimentación por decantación (fangolitas laminadas) con breves períodos sujetos a acción de olas (areniscas con laminación ondulítica de oleaje).

Hacia la parte media y superior de esta sección comienzan a definirse ciclos progradacionales de espesores métricos. En la base de cada ciclo predominó la sedimentación por decantación (fangolitas) alternando con acción de olas (areniscas finas), pasando hacia arriba a areniscas medianas, en ocasiones gruesas, con abundante cemento carbonático. Cada uno de estos ciclos señala eventos de somerización dentro del cuerpo de agua, alcanzándose la menor profundización en los niveles de calizas estromatolíticas que además indicarían una progresiva reducción en la tasa sedimentación clástica dentro del cuerpo de agua.

Finalmente, la fuerte disminución en los niveles de piroclastitas y las interlaminaciones chert-caliza en la sección 6 se interpretan como una disminución de la tasa de volcanismo explosivo en la zona de arco.

Edad

Césari et al. (2022a) analizaron el contenido palinológico de las sedimentitas de la nueva formación en su sección tipo de Las Angosturas. Cinco asociaciones palinológicas fueron recuperadas de las secciones 2, 3 y 4, las cuales se encuentran integradas por esporas, abundantes granos de polen teniados y no teniados junto a escasos especímenes de probable origen marino exclusivamente en la sección 4. La presencia de *Hamiapollenites fusiformis*, *Lueckisporites nyakapendensis*, *Lueckisporites stenotaeniatius*, *Lueckisporites virkkiae*, *Marsupipollenites striatus*, *Protohaploxypinus* spp., *Lunatisporites variesectus*, *Striatopodocarpites* spp., *Tornopollenites toreutos*, *Vittatina costabilis*, *Weylandites lucifer* y *W. magnus*, las cuales resultan especies diagnósticas de la Biozona LW definida para el Cisuraliano tardío del centro-oeste argentino (Vázquez y Césari 2017, Césari et al. 2022b) permitió efectuar correlaciones con las biozonas *Lueckisporites virkkiae* (Lv) de Brasil y *Striatites* de la Cuenca Chacoparaná.

Las palinofloras resultan análogas en su composición a las descritas previamente en el área próxima de Los Jumes y referidas a la parte superior de la Formación De La Cuesta por Vergel y Aceñolaza (1987) y por Gutiérrez et al. (2011, 2018) al Miembro Inferior de la Formación La Veteada. Fernández Seveso et al. (1993) también reportaron la presencia de asociaciones palinológicas dominadas por granos de polen teniados en esa sección estratigráfica como así también la ocurrencia de elementos de origen marino (acritarcas y ostrácodos).

Asimismo, las asociaciones palinológicas recuperadas en Puerta de Las Angosturas comparten las mismas especies con las palinofloras reportadas por Césari et al. (2022b) en la zona de Valle Hermoso. Estas últimas palinofloras, caracterizadas también por diversas especies de *Lueckisporites*, *Hamiapollenites*, *Corisaccites*, *Tornopollenites* entre otros taxones, se encuentran asociadas a depósitos de tobas (Facies G) que fueron datadas radiométricamente en 278.84 ± 0.22 Ma, lo que permitió su asignación al Cisuraliano tardío (Kunguriano) corroborando la edad de la Biozona LW. Debe destacarse que edades similares (278.4 ± 2.2 Ma a 280.0 ± 3.0 Ma) fueron obtenidas para la Formación Iratí en Brasil portadora de la biozona Lv (Santos et al. 2006, Rocha-Campos et al. 2019), caracterizada por las mismas especies que la Biozona LW de Argentina.

DISCUSIÓN

Equivalencia con unidades previas y redefinición de la Formación De La Cuesta

La Formación Puerta de Las Angosturas muestra características litológicas que permiten su separación de la Formación De La Cuesta, unidad dentro de la cual fue inicialmente incluida (Turner 1967; Figs. 3 y 11). Si bien ambas formaciones corresponden a sucesiones de bancos rojos, la Formación Puerta de Las Angosturas muestra, entre otras características propias, un aspecto abigarrado, recurrentes niveles de chert, capas de calizas y potentes intervalos de fangolitas gris moradas a gris azuladas. Estos atributos definen la Formación Puerta de Las Angosturas y la separan de la infrayacente Formación De La Cuesta. A lo dicho debe sumarse la discordancia erosiva identificada en la base de la Formación Puerta de Las Angosturas, la que aparece como una superficie irregular sobre las eolianitas de la Formación De La Cuesta (Fig. 9).

La separación en dos unidades del intervalo estratigráfico correspondiente a la Formación De La Cuesta en el sentido de Turner (1967), ya había sido previamente propuesta por Fernández Seveso et al. (1993). Los mencionados autores, sobre la base del estudio secuencial de la Cuenca Paganzo, separaron a su "Paganzo II" en dos conjuntos de supersecuencias denominadas Patquía-De La Cuesta inferior y superior (Fig. 11).

El conjunto inferior de supersecuencias equivale en su totalidad a la aquí redefinida Formación De La Cuesta, e incluye en su parte superior (secuencia LPD 3) a un potente intervalo de eolianitas (véase Fernández Seveso et al. 1993). La presencia de estas eolianitas resulta crítica, pues forman un horizonte de amplia distribución regional en el techo de las formaciones Patquía, De La Cuesta y La Colina, indicando un episodio de aridificación regional que afectó a la mayor parte de la Cuenca Paganzo (Spalletti et al. 2010).

Tanto en el estratotipo como en el área tipo de la Formación Puerta de Las Angosturas, la mencionada sucesión de areniscas eólicas aflora en el techo de la aquí redefinida Formación De La Cuesta, formando un horizonte continuo sobre el que se desarrolla la discordancia que marca la base de la Formación Puerta de Las Angosturas (Fig. 11). La presencia de esta discordancia fue también previamente señalada por Fernández Seveso et al. (1993) al indicar que la base del conjunto de la supersecuencia Patquía-De La Cuesta superior descansaba discordantemente sobre los depósitos eólicos de LPD 3.

De acuerdo con lo expresado, la mayor parte de la super-

secuencia Patquía-De La Cuesta superior en el sentido de Fernández Seveso et al. (1993) corresponde, en el área de la Sierra de Narváez, a la aquí definida Formación Puerta de Las Angosturas. Sin embargo, se excluye en el presente trabajo de la Formación Puerta de Las Angosturas a las secuencias UPD3 y UPD4 de Fernández Seveso et al. (1993) debido a la existencia de una discordancia en la base de UPD3, por lo que en este trabajo son tentativamente correlacionadas con la Formación Talampaya (Fig. 11).

En la Hoja Geológica Fiambalá, Rubiolo et al. (2003) dividieron a la Formación De La Cuesta en tres miembros denominados: Rojo, Lacustre y Morado. El Miembro Rojo incluye aproximadamente al tercio inferior de la Formación De La Cuesta como fue originalmente definida por Turner (1967), se inicia con la sucesión de bancos rojos que apoyan sobre la Formación Agua Colorada (Carbonífero) y culmina con la secuencia de areniscas eólicas antes mencionada. En otras palabras, este miembro correlaciona con la supersecuencia Patquía-De La Cuesta inferior (Fernández Seveso et al. 1993) y conceptualmente corresponde a la Formación De La Cuesta tal como es redefinida en el presente trabajo (Fig. 11).

El Miembro Lacustre de Rubiolo et al. (2003) comprende a la sección inferior de la supersecuencia Patquía-De La Cuesta superior (Fernández Seveso et al. 1993) y está formado por la secuencia abigarrada que conforma la mayor parte de la aquí definida Formación Puerta de Las Angosturas (Figs. 6b, c y 11).

Finalmente, el Miembro Morado, compuesto por areniscas y pelitas de color rojo intenso a morado, se apoya mediante una discontinuidad regional sobre el Miembro Lacustre y es aquí referida a la Formación Talampaya (Fig. 6c).

Es imposible determinar al estado actual del conocimiento si la Formación Puerta de Las Angosturas presenta una mayor distribución regional que la Formación De La Cuesta o viceversa, ya que las rocas de ambas unidades han sido mapeadas hasta el presente como una misma unidad (Formación De La Cuesta). Futuros estudios deberán esclarecer este punto.

Significado estratigráfico de la Formación Puerta de Las Angosturas

En lo que corresponde al significado estratigráfico de la Formación Puerta de Las Angosturas, tres aspectos son considerados relevantes: 1. Relación entre la nueva unidad y el volcanismo representado en el Grupo Choiyoi, 2. La presencia de registro marino pérmico no conocido hasta la fecha en la Cuenca Paganzo y 3. La existencia de superficies de discontinuidad en el registro estratigráfico pérmico de la cuenca.

En lo que respecta al primer punto, los niveles de tobas y

de recurrentes interlaminaciones de chert con calizas micríticas, sobre todo en las secciones 3 y 4, sugieren volcanismo activo explosivo, muy probablemente correspondiente al Grupo Choiyoi en la vecina Cordillera de Los Andes. Limarino et al. (2021) describieron depósitos muy similares a los aquí asignados a la sección 4 en el área de Valle Hermoso (provincia de La Rioja), unos 65 km al sur de Puerta de Las Angosturas. Con reservas, y debido a la falta de una unidad formacional para las secuencias de bancos rojos que suprayacieran a las facies eólicas de la Formación De La Cuesta, Limarino et al. (2021) incluyeron a la sucesión de tobas y niveles de chert intercalados con calizas en la parte más alta de la Formación De La Cuesta. Estas rocas proveyeron asociaciones palinológicas análogas a las aquí estudiadas en las secciones 2, 3 y 4 de la Formación Puerta de Las Angosturas y una edad radimétrica de 278.84 ± 0.22 Ma (Kunguriano) obtenida de un nivel de tobas dentro de una secuencia en la que intercalaban niveles de chert y calizas (Limarino et al. 2021).

En opinión de los autores del presente trabajo, el intervalo descrito por Limarino et al. (2021) en la parte más alta de la Formación De La Cuesta (parte superior de la asociación de facies G) corresponde a la Formación Puerta de Las Angosturas y debe ser segregada de la Formación De La Cuesta. Si esta correlación es correcta, tanto los afloramientos de Puerta de Las Angosturas, como los del Jume y los de Valle Hermoso atestiguan la actividad del arco volcánico (Cordillera de Los Andes) dentro de la zona de retroarco (Cuenca Paganzo occidental). En otras palabras, el inicio del volcanismo Choiyoi datado por Sato et al. (2015) en el Kunguriano estaría registrado en la parte basal y media de la Formación Puerta de Las Angosturas (secciones 3 y 4).

Otro aspecto destacable es la presencia de ambientes marinos someros y transicionales dentro de la unidad. La existencia de transgresiones marinas pérmicas más jóvenes que el Asseliano no era conocida en la Cuenca Paganzo, ni en las vecinas cuencas de Río Blanco y Calingasta-Uspallata. En nuestro caso, las asociaciones palinológicas recolectadas de las secciones 3 y 4 presentan una edad kunguriana y, por lo tanto, son mucho más jóvenes que las anteriormente reportadas en la región. Además, la asociación palinológica de Puerta de Las Angosturas es muy similar a aquella de la Formación Iratí (Cuenca Paraná, Brasil), lo que transforma a los depósitos aquí estudiados en el único registro conocido hasta el presente del mar Iratí en la región.

Finalmente, el registro de superficies de discontinuidad dentro del Pérmico es nuevo para las cuencas de retroarco ubicadas en el oeste argentino. Un intento de correlacionar las mencionadas superficies con lo observado en la Cordil-

lera de Los Andes sugiere que la discordancia erosiva que separa a las Formaciones De La Cuesta y Puerta de Las Angosturas podría ser la expresión en la zona de retroarco de la discordancia angular que separa las Formaciones Agua Negra y San Ignacio en la Cordillera Frontal de San Juan (Busquets et al. 2013). Esta superficie, incluida en la denominada Fase Atacama (Aceñolaza y Toselli, 1981), fue descrita inicialmente en la Puna y más recientemente reconocida en la Cordillera Frontal de San Juan y Mendoza (Busquets et al. 2013, Limarino et al. 2022a). Aunque la edad de la superficie Atacama aún no es precisa, su antigüedad está comprendida entre el Pennsylvaniano tardío (Gzhelian?) – Cisuraliano temprano. Este intervalo de tiempo se aproxima al de la superficie que separa a las formaciones De La Cuesta y Puerta de Las Angosturas, sobre todo si se tiene en cuenta la edad U-Pb de 311.89 ± 0.21 Ma (Pennsylvaniano medio) obtenida para la base de la Formación De La Cuesta (Césari et al. 2019) y la datación de 278.84 ± 0.22 Ma (Cisuraliano tardío) para la asociación de facies G en Valle Hermoso (Limarino et al. 2021), equivalente a la sección 4 en Las Angosturas.

Por otro lado, el techo de la Formación Puerta de Las Angosturas es cercenado por una discordancia que podría corresponder a la descrita en otros sectores de la cuenca entre la sección II del Grupo Paganzo y la Formación Talampayá (Azcuy y Morelli 1970). Esta discordancia ha sido correlacionada en la Cordillera Frontal con la que marca el inicio de la máxima actividad magmática en el arco volcánico, la continentalización definitiva de las cuencas de retroarco y el inicio de la extensión permotriásica (véase estado paleogeográfico 7 en Limarino et al. 2022a).

CONCLUSIONES

1. Se define una nueva formación denominada Puertas de Las Angosturas para los depósitos ubicados por encima de la Formación De La Cuesta, los cuales difieren en su composición litológica y tonalidad. La nueva formación está compuesta por fangolitas, fangolitas tobáceas y areniscas finas, junto con esporádicos niveles de chert, calizas y tobas.

2. Se propone como estratotipo para la nueva formación al paraje de Las Angosturas, en los márgenes del río Chaschuil, en el suroeste de la provincia de Catamarca. Las exposiciones principales corresponden a las quebradas de Puerta de Las Angosturas, El Jume y Los Médanos.

3. La Formación Puerta de Las Angosturas se dispone de manera discordante sobre los depósitos de la Formación De La Cuesta a través de una superficie erosiva de bajo relieve

y subyace mediante una discordancia a los depósitos de la Formación Talampaya.

4. Se identificaron 6 secciones estratigráficas para la Formación Puerta de Las Angosturas. La sección 1 está compuesta de areniscas rojas y moradas masivas o laminadas correspondientes a depósitos fluviales arenosos, que son rápidamente reemplazados por facies marinas costeras. Estas condiciones persistieron durante la sección 2, donde predominan las fangolitas y areniscas muy finas dispuestas en ciclos progradacionales. La sección 3, compuesta por areniscas y calizas interlaminadas con depósitos de chert, fue depositada en un ambiente marino marginal. Sedimentación subácuea, marina marginal o lacustre, con alternantes períodos sin e intereruptivos es sugerida para la sección 4 compuesta de fangolitas, areniscas muy finas y niveles de chert. La sección 5 corresponde a depósitos fluviales conformados por areniscas medianas a gruesas con estructuras entrecruzadas. Finalmente, la sección 6 presenta condiciones de ambiente marino marginal o lacustre con sedimentación predominantemente epiclástica, de grano fino, junto con calizas y delgados bancos de tobas.

5. El contenido palinológico de la nueva formación, caracterizado por la abundancia de especies de polen bisacado bi-teniado que integran el complejo *Lueckisporites*, permite asignar una edad kunguriana de acuerdo con controles radiométricos en Brasil y Argentina.

6. La importancia estratigráfica de la Formación Puerta de Las Angosturas radica en tres aspectos principales: Su relación con el vulcanismo del Grupo Choiyoi, la probable presencia de depósitos marinos de edad cisuraliana tardía no reconocidos hasta el momento en el noroeste argentino y la existencia de discontinuidades en el registro estratigráfico, muy probablemente vinculados a actividad tectónica durante el Pérmico en el margen occidental del Gondwana.

AGRADECIMIENTOS

Esta contribución se enmarca dentro de las investigaciones del proyecto PICT-2020-SERIEA-01294 de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica. Los autores desean agradecer al Instituto de Geociencias de Buenos Aires (IGEBA), al Departamento de Ciencias Geológicas de la Universidad de Buenos Aires y al Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia el apoyo logístico brindado. Los valiosos comentarios y observaciones efectuadas por el Dr. José López Gómez contribuyeron a mejorar la versión preliminar de esta contribución

REFERENCIAS

- Aceñolaza, F.G. 1978. El plutonismo eopaleozoico del Sistema de Famatina. *Acta Geológica Lilloana* 14: 23-26.
- Aceñolaza, F. y Toselli, A. 1981. Geología del Noroeste Argentino. Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales, Publicación Especial: 212.
- Aceñolaza, F.G. y Vergel, M.E. 1987. Hallazgo del Pérmico superior fosilífero en el Sistema de Famatina. *Congreso geológico argentino* 10: 125-129.
- Azcuy, C.L. y Morelli, J.R. 1970. Geología de la comarca Paganzo-Amaná. El Grupo Paganzo, Formaciones que lo componen y sus relaciones. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 25(4): 405-429.
- Azcuy, C.L., Morelli, J., Valencio, D. y Vilas, J. 1979. Estratigrafía de la comarca Amaná-Talampaya. VII Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 243-246, Neuquén.
- Bodenbender, G. 1896. Sobre la edad de algunas formaciones carboníferas de la República Argentina. *Revista del Museo de la Plata* 7: 129-148.
- Bodenbender, G. 1911. Constitución geológica de la parte meridional de La Rioja y regiones limítrofes. *Constitución geológica y productos minerales. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias* 19: 5-221, Córdoba.
- Bodenbender, G. 1916. El Nevado de Famatina. *Boletín Academia Nacional de Ciencias* 21: 100-182, Córdoba.
- Bodenbender, G. 1922. El Nevado de Famatina. *Anales del Ministerio de Minería y Agricultura, Sección Geología y Minería* XVI: 1-82, Buenos Aires.
- Busquets, P., Limarino, C.O., Cardó, R., Méndez-Bedia, I., Gallastegui, G., Colombo, F., Heredia, N. y Césari, S.N. 2013. El neopaleozoico de la sierra de castano (Cordillera Frontal Andina, San Juan, Argentina): reconstrucción tectónica y paleoambiental. *Andean Geology* 40(1): 172-195.
- Césari, S.N., Limarino, C.O., Spalletti, L.A., Piñol, F.C., Loinaze, V.S.P., Ciccioli, P.L. y Friedman, R. 2019. New UPb zircon age for the Pennsylvanian in Argentina: Implications in palynostratigraphy and regional stratigraphy. *Journal of South American Earth Sciences* 92: 400-416.
- Césari, S.N., Limarino, C.O. y Gulbranson, E.L. 2011. An Upper Paleozoic bio-chronostratigraphic scheme for the western margin of Gondwana. *Earth-Science Reviews* 106(1-2): 149-160.
- Césari, S.N., Limarino, C.O., Ciccioli, P.L., Marensi, S. y Ferreira, L. 2022a. New record of the Lueckisporites/Weylandites biozone (Permian) in the Paganzo Basin, Argentina: stratigraphic significance. *Ameghiniana* 59(6): 371-389.
- Césari, S.N., Limarino, C.O., Marensi, S., Ciccioli, P.L., Bello, F.C., Ferreira, L.C., Scarlatta, L.R. y Friedman, R. 2022b. High-precision U-Pb CA-ID-TIMS calibration of the Permian Lueckisporites-dominated assemblages in westernmost Gondwana: inferences for correlations. *Palynology* 46(2): 1-20.

- Cisterna, C.E. 1998. La granodiorita de Las Angosturas, Sistema de Famatina, Argentina: Caracterización petrográfica y química. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 53(1): 57-68.
- Cuerda, A.J. 1965. Estratigrafía de los depósitos neopaleozoicos de la Sierra de Maz (provincia de La Rioja). II Jornadas Geológicas Argentinas, *Acta Geológica Lilloana* 7: 79-94.
- Cuerda, A.J., Wagner, R.H. y Arrondo, O.G. 1968. Observaciones sobre algunas floras del Carbonífero argentino. *Ameghiniana* 5(7): 265-259.
- Dávila, F.M., Astini, R.A. y Ezpeleta, M. 2005. Sucesiones lacustres post-gondwánicas-preandinas en la región de Famatina (La Rioja y Catamarca). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60(1): 088-095.
- Decastelli, O., Distefano, M. y Arguijo, M. 1991. Síntesis de informes de estudios geoquímicos realizados sobre muestras de la Cuenca de Paganzo. Laboratorio Geológico de Exploración YPF Informe interno.
- Fernández Seveso, F. y Tankard, A. 1995. Tectonics and stratigraphy of the late Paleozoic Paganzo Basin of western Argentina and its regional implications. En: Tankard, A., Suárez, S. y Welsink, H.J. (eds.), *Petroleum Basins of South America*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 62: 285-301.
- Fernández Seveso, F., Pérez, M., Brissón, I. y Álvarez, L. 1993. Análisis de cuenca: Técnicas aplicadas en la serie carbónica-permiana del Paganzo. *Boletín de Informaciones Petroleras* 33: 77-107.
- Frenguelli, J. 1946. Consideraciones acerca de la "Serie de Paganzo" en las provincias de San Juan y La Rioja. *Revista del Museo de La Plata Geología* 18: 313-376.
- Gulbranson, E.L., Montañez, I.P., Schmitz, M.D., Limarino, C.O., Isbell, J.L., Marensi, S.A. y Crowley, J.L. 2010. High-precision U-Pb calibration of Carboniferous glaciation and climate history, Paganzo Group, NW Argentina. *Geological Society of America Bulletin* 122: 1480-1498.
- Gulbranson, E.L., Ciccioli, P.L., Montañez, I.P., Marensi, S.A., Limarino, C.O., Schmitz, M.D. y Davydov, V. 2015. Paleoenvironments and age of the Talampaya Formation: The Permo-Triassic boundary in northwestern Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 63: 310-322.
- Gutiérrez, P.R., Zavattieri, A.M., Ezpeleta, M. y Astini, R.A. 2011. Palynology of the La Veteada Formation (Permian) in the Sierra de Narváez, Catamarca Province, Argentina. *Ameghiniana* 48(2): 154-176.
- Gutiérrez, P.R., Zavattieri, A.M. y Noetinger, S. 2018. The Lopingian palynological Guttulapollenites hannonicus-Cladaitina veteadensis assemblage zone of Argentina, stratigraphical implications for Gondwana. *Journal of South American Earth Sciences*, 88: 673-692.
- Jordan, T.E., Drake, R.E. y Naeser, C.W. 1993. Estratigrafía del Cenoico Medio en la Precordillera a la latitud del Río Jáchal, San Juan, Argentina. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos 2: 132-141, Mendoza.
- Leunda, G. 1991. Informe palinológico de los perfiles cerro Veladero-Cerro Bola, Vega del Punco, Puerta de las Angosturas, Quebrada de la Tramontana y Ciénago Seco. Laboratorio Geológico de Exploración YPF Informe interno.
- Limarino, C.O., Net, L., Gutiérrez, P., Barreda, V., Caselli, A. y Ballent, S. 2000. Definición litoestratigráfica de la Formación Ciénaga del Río Huaco (Cretácico Superior), Precordillera central, San Juan, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 55(1): 83-99.
- Limarino, C.O., Spalletti, L.A. y Colombo Piñol, F. 2010. Evolución paleoambiental de la transición glacial-postglacial en la Formación Agua Colorada (Grupo Paganzo), Carbonífero, Sierra de Narváez, NO argentino. *Andean Geology* 37: 121-143.
- Limarino, C.O., Ciccioli, P.L., Marensi, S., Césari, S.N. y Friedman, R. 2021. U-PB ages and environmental evolution of the De La Cuesta Formation (late Paleozoic): Record of the Choiyoi Volcanism in the retroarc area of the Paganzo Basin, Western Gondwana. *Journal of South American Earth Sciences* 112: 103531.
- Limarino, C.O., Heredia, N., Spalletti, L.A., Busquets, P., Colombo, F., Méndez-Bedia, I., Cardó, R. y Césari, S.N. 2022a. Stratigraphy and tectosedimentary evolution of the late Paleozoic Ancestral Andes between 33° and 25° SL. *Journal of South American Earth Sciences* 121: 104116.
- Limarino, C.O., Scarlatta, L., Ciccioli, P., Miyono, S., Bello, F. y Césari, S. 2022b. Revision of the La Veteada Formation in its stratotype (La Rioja, Argentina): age, stratigraphy and paleoenvironmental significance. *Andean Geology* 50(1): 127-149.
- Lopez-Gamundi, O., Limarino, C.O., Isbell, J.L., Pauls, K., Césari, S.N. y Alonso-Muruaga, P.J. 2021. The late Paleozoic Ice Age along the southwestern margin of Gondwana: Facies models, age constraints, correlation and sequence stratigraphic framework. *Journal of South American Earth Sciences* 107: 103056.
- Maisonave, H.M. 1979. Descripción geológica de la Hoja 14c Cerros Cumminghango, provincias de La Rioja y Catamarca. Instituto Nacional de Geología y Minería, Boletín 162: 86.
- Miall, A.D. 1996. The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology. Springer, 582p., Berlin.
- Penck, W. 1920. Der Südrand der Puna de Atacama (NW Argentinien). *Abhandlungen der Mathematisch-Physikalischen Königlich-Sächsischen Akademie der Wissenschaften* 37: 1-420.
- Rocha-Campos, A.C., Basei, M.A.S., Nutman, A.P., Santos, P.R.D., Pasarelli, C.R., Canile, F.M., Rosa, O.C.R., Fernandes, M.T., Santa Ana, H. y Veroslavsky, G. 2019. U-Pb zircon dating of ash fall deposits from the paleozoic Paraná basin of Brazil and Uruguay: a reevaluation of the stratigraphic correlations. *The Journal of Geology* 127(2): 167-182.
- Romer, A.S. y Jensen, J.A. 1966. The chafñares (Argentina) triassic reptile fauna: sketch of the geology of the Rio Chafñares - Rio Gualo region. *Breviora* 252: 1-20.
- Rubiolo, D., Martínez, L.D. y Pereyra, F.X. 2003. Hoja Geológica Fiamballá 2769-IV. Provincias de Catamarca y La Rioja. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 364: 78.

- Santos, R.V., Souza, P.A., de Alvarenga, C.J.S., Dantas, E.L., Pimentel, M.M., de Oliveira, C.G. y de Araújo, L.M. 2006. Shrimp U–Pb zircon dating and palynology of bentonitic layers from the Permian Irati Formation, Paraná Basin, Brazil. *Gondwana Research* 9(4): 456-463.
- Sato, A.M., Llambías, E.J., Basei, M.A.S. y Castro, C.E. 2015. Three stages in the Late Paleozoic to Triassic magmatism of southwestern Gondwana, and the relationships with the volcanogenic events in coeval basins. *Journal of South American Earth Sciences* 63: 48-69.
- Spalletti, L.A. y Limarino, C.O. 2017. The Choiyoi magmatism in southwestern Gondwana: implications for the end-permian mass extinction-a review. *Andean Geology* 44: 328-338.
- Spalletti, L.A., Limarino, C.O. y Colombo Piñol, F. 2010. Internal anatomy of an erg sequence from the aeolian-fluvial system of the De La Cuesta Formation (Paganzo Basin, northwestern Argentina). *Geologica Acta* 8: 431-447.
- Turner, J.C.M. 1960. Estratigrafía del tramo medio de la Sierra de Famatina y adyacencias, La Rioja. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias* 42: 77-126.
- Turner, J.C.M. 1964. Descripción Geológica de la Hoja 15 c, Vinchina (provincia de La Rioja). Dirección Nacional de Geología y minería, Boletín 100: 81, Buenos Aires.
- Turner, J.C.M. 1967. Descripción Geológica de la Hoja 13 b, Chaschuil. Provincias de Catamarca y La Rioja. Escala 1:200.000. Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 106: 89, Buenos Aires.
- Vázquez, M.S. y Césari, S.N. 2017. The Permian palynological Lueckisporites-Weylandites biozone in the San Rafael block and its correlation in western Gondwana. *Journal of South American Earth Sciences* 76: 165-181.