

# Estratigrafía y sedimentología de las unidades ordovícicas del tramo central de la sierra de Mojotoro, Cordillera Oriental, Noroeste Argentino

Andrea V. BARRIENTOS GINÉS<sup>1</sup>, Pamela APARICIO GONZÁLEZ<sup>2</sup>, Víctor Á. BERCHEÑI<sup>1,3</sup> y María C. MOYA<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ciencias Naturales, Geología.

<sup>2</sup> INGEIS - UBA, Instituto de Geocronología y Geología Isotópica, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Universidad de Buenos Aires.

<sup>3</sup> Servicio Geológico Minero Argentino - CI-UNSa,

<sup>4</sup> CONICET. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ciencias Naturales, Geología. Emails: avbgines@gmail.com, pamelaaparicio@gmail.com, geovictorab@yahoo.com.ar, moyacris@fibertel.com.ar.

Editor: Alfonsina Tripaldi

## RESUMEN

Se presenta el estudio sedimentológico de las rocas que conforman los cerros San Bernardo, 20 de Febrero y Vélez que afloran en el límite este de la ciudad de Salta (Argentina) y constituyen el sector central de la sierra de Mojotoro. En la sucesión analizada se reconocieron las Formaciones La Pedrera, Floresta, Áspero, San Bernardo y Mojotoro, reunidas en el Grupo Santa Victoria y depositadas desde el Furongiano hasta el Sandbiano (Ordovícico Temprano). En el presente trabajo también se describe la geología y estratigrafía del área de estudio, representada por primera vez en un mapa geológico de detalle y se hace mención a la importancia económica de cada unidad estratigráfica reconocida. En las sedimentitas analizadas se reconocieron diez litofacies que fueron agrupadas en cinco asociaciones de facies que son representativas de ambientes fluviales-litorales y de plataforma marina dominada por tormentas, a saber: I- sistemas fluviales, II- subambiente de cara de playa (*shoreface*) superior, III- subambiente de plataforma fangosa (*offshore*), IV- subambientes de transición a plataforma fangosa (*offshore transition*). La quinta asociación es interpretada como fenómenos gravitacionales que sucedieron en la plataforma. En función del análisis y la relación existente entre las asociaciones de facies se interpreta la sedimentación a partir de ambientes litorales que progradan a plataforma marina con eventos de mayor energía.

**Palabras clave:** *Grupo Santa Victoria, Sierra de Mojotoro, Ordovícico, paleoambientes.*

## ABSTRACT

*Stratigraphy and sedimentology of the Ordovician units of the central section of the Mojotoro range, Eastern Cordillera, Northwest Argentina.*

This work shows the sedimentological study of the rocks that form the San Bernardo, 20 de Febrero and Vélez hills that emerge on the eastern border of the city of Salta (Argentina) and constitute the central sector of the Mojotoro range. In the succession analyzed, the Pedrera, Floresta, Áspero, San Bernardo and Mojotoro Formations were recognized, gathered in the Santa Victoria Group deposited from the Furongian to the Sandbian (Early Ordovician). This paper also describes the geology and stratigraphy of the study area, represented for the first time in a geological map of detail and mention is made of the economic importance of each recognized stratigraphic unit. In the analyzed sediments ten lithofacies were recognized and grouped into five facies associations that are representative of fluvial-coastal environments and of a marine platform dominated by storms, namely: I- fluvial systems, II- upper shoreface, III- offshore, IV- transition offshore. The fifth association is interpreted as gravitational phenomena that happened on the platform. Based on the analysis and the relationship between facies associations, sedimentation is interpreted from coastal environments that prograde a marine platform with higher energy events.

**Keywords:** *Santa Victoria Group, Mojotoro Range, Ordovician, paleoenvironmental.*

# INTRODUCCIÓN

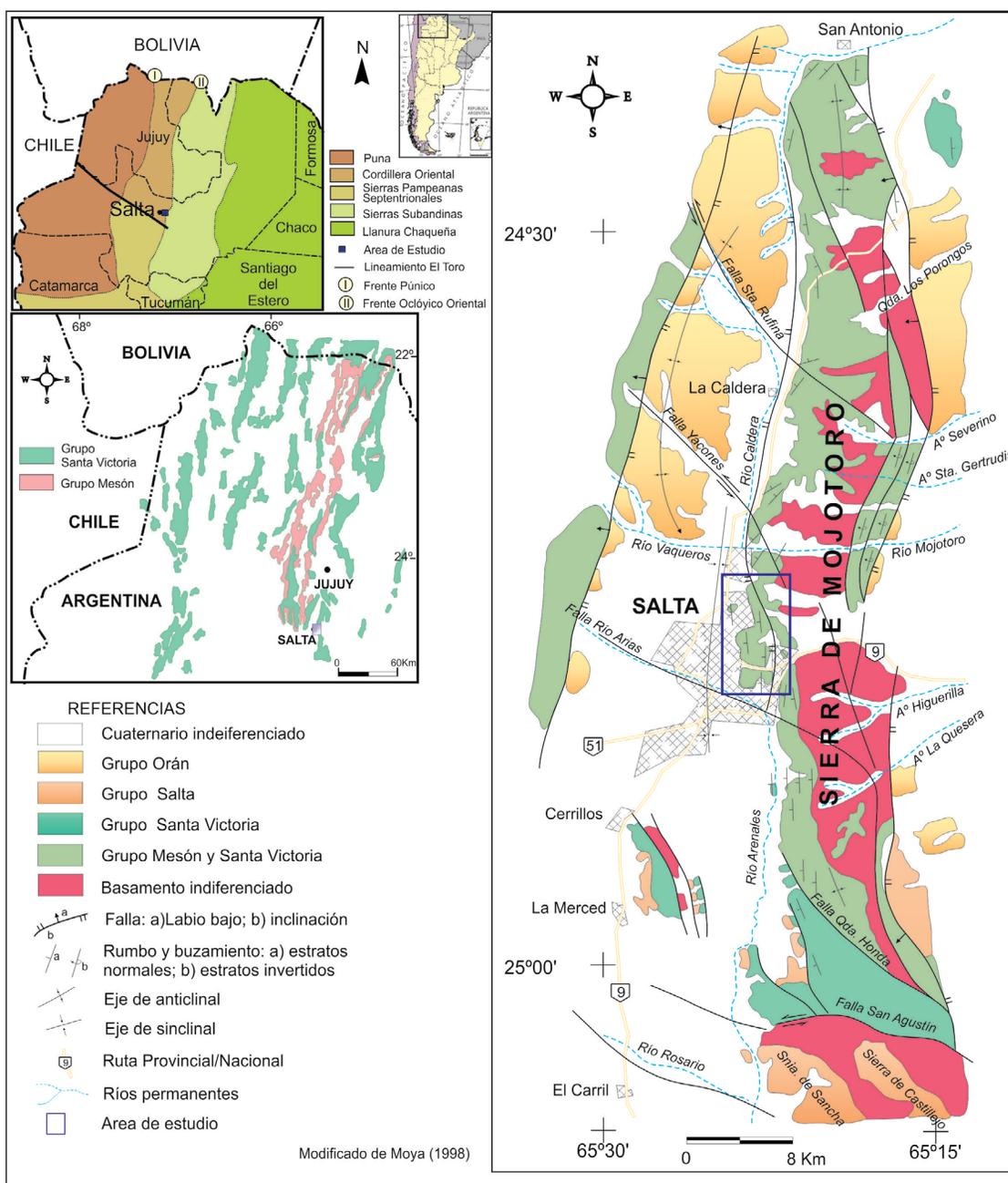
Dentro del ámbito de la provincia geológica Cordillera Oriental e inmediatamente al este de la ciudad de Salta, Noroeste de Argentina, se elevan los cerros San Bernardo, 20 de Febrero y Vélez conformando el tramo central de la sierra de Mojotoro, donde las sucesiones compuestas por rocas del basamento, Grupos Mesón y Santa Victoria, se hunden bajo la cobertura cuaternaria del valle de Lerma.

La provincia geológica Cordillera Oriental se caracteriza por el desarrollo de grandes

láminas de corrimiento con doble vergencia, su núcleo estratigráfico está integrado por rocas metasedimentarias, sedimentarias y en menor proporción ígneas del Neoproterozoico - Paleozoico inferior (Hongn *et al.* 2010, Ramos 2017, Fig. 1a). La sierra de Mojotoro se ubica en el extremo sudoriental de la Cordillera Oriental argentina (Fig. 1b). Los límites occidental y oriental de la sierra, lo constituyen los valles de Lerma y Sianca, respectivamente; el límite norte es el río San Antonio (provincia de Jujuy) y el sur es la falla de San Agustín (provincia de Salta). La sierra de

Mojotoro es un anticlinal volcado de dirección norte - sur con fallas en su flanco oriental (Fig. 1c) que representan el Frente Oclóyico oriental (Moya 1998).

Los cerros San Bernardo, 20 de Febrero y Vélez, están constituidos por rocas del Grupo Santa Victoria (Ordovícico). El Grupo Santa Victoria consta de rocas sedimentarias de ambiente marino somero con una importante riqueza fósil en la que se encuentran trilobites, graptolitos, braquiópodos, bivalvos, crinoideos (Barrientos Ginés y Moya 2011, y la bibliografía allí citada, Monteros y Moya 2003, 2006, 2008).



**Figura 1.** Mapas de ubicación y de afloramientos. a) Mapa de las provincias geológicas del Noroeste Argentino; b) Mapa de afloramientos del Paleozoico inferior de la Cordillera Oriental Argentina; c) Mapa geológico de la sierra de Mojotoro.

El objetivo de esta contribución es brindar un detallado análisis estratigráfico y paleoambiental de las unidades litoestratigráficas ordovícicas que afloran en el tramo central de la sierra de Mojotoro, específicamente los cerros 20 de Febrero, Vélez y San Bernardo. Este trabajo permite asimismo aportar nueva información basada en un mapa geológico, de los depósitos ordovícicos de la provincia de Salta en el ámbito de la región Cordillera Oriental.

## ESTRATIGRAFÍA Y ANTECEDENTES DE LA SIERRA DE MOJOTORO

La provincia geológica Cordillera Oriental presenta extensos afloramientos de rocas proterozoicas y paleozoicas cuya distribución se muestra en la figura 1a. La sierra de Mojotoro se ubica en el extremo sudoriental de la Cordillera Oriental argentina (Fig. 1a, b), su núcleo está constituido por metamorfitas de bajo y medio grado, plutonitas y metasedimentitas de la Formación Puncoviscana *sensu lato* (Aceñolaza y Toselli 1981), recientemente redefinida como Complejo Puncoviscana (Aparicio González y Moya 2014, Aparicio González *et al.* 2014, 2017); sedimentitas del Grupo Mesón y del Grupo Santa Victoria (Turner 1960) (Fig. 1c).

El Complejo Puncoviscana es un conjunto ígneo-metamórfico donde se reconocieron y mapearon tres unidades litoestratigráficas: las Formaciones Chachapoyas, Alto de la Sierra (Aparicio González *et al.* 2010, 2014, 2017) y Guachos (Moya 1998). La Formación Chachapoyas se encuentra intruida por un granito de edad cámbrica (Toselli y Alonso 2005) cuya edad de cristalización es de  $533 \pm 3$  Ma según dataciones U-Pb en circones (Aparicio González *et al.* 2011). La Formación Alto de la Sierra (Aparicio González *et al.* 2010, 2014) aflora al norte de la sierra de Mojotoro, subyace en discordancia angular al Grupo Mesón y está integrada por un conjunto de vaques grises y rosadas, con escasas intercalaciones de metapelitas laminadas que se disponen con orientación principal hacia el Noreste (Fig. 1c y 2). La edad máxima de sedimentación medida en circones

detríticos es de 543 Ma (Aparicio González *et al.* 2014).

La Formación Guachos (Moya 1998) aflora en la parte central de la sierra de Mojotoro. Está representada por una secuencia rítmica con disposición estructural hacia el NE-SW. Esta unidad litoestratigráfica se dispone en contacto tectónico hacia el este con rocas del Grupo Santa Victoria y hacia el oeste con la Formación Chachapoyas (Aparicio González *et al.* 2010). Su edad máxima de sedimentación es de 517 Ma, según dataciones de circones detríticos (Aparicio González *et al.* 2014).

Al Complejo Puncoviscana suprayace en discordancia angular (discordancia Tilcara) el Grupo Mesón (Turner 1960), integrado por rocas sedimentarias depositadas en ambientes costeros sub e intertidales (Sánchez 1999, Moya 1998). Este Grupo está representado por las Formaciones Lizoite, Campanario y Chalhualmayoc (Turner 1960) (Fig. 2). Suprayacen en discordancia angular (Iruya) los depósitos del Grupo Santa Victoria, compuestos por un conjunto de sedimentitas acumuladas en un ambiente marino somero, las cuales serán tratadas en detalle en este trabajo. Los primeros estudios estratigráficos - paleontológicos de los depósitos ordovícicos del Grupo Santa Victoria en la sierra de Mojotoro fueron realizados por Harrington (1957), quien define, de base a techo, a las Lutitas San José y su equivalente Pingüiyal, Areniscas Caldera, Formaciones Áspero y San Bernardo, Lutitas Mojotoro y Formación Santa Gertrudis. Este esquema estratigráfico fue en parte modificado por Moya (1998), quien ajusta los límites de las unidades litoestratigráficas previamente definidas por Harrington (1957) y reconoce otros dos nuevos cuerpos de roca. El Grupo Santa Victoria, en la sierra de Mojotoro, al igual que en el resto de la Cordillera Oriental argentina, está representado por una sucesión alternante de cuerpos formados predominantemente por areniscas y otros mayormente por pelitas que responden a sucesivos episodios de transgresión - regresión; de base a techo, se reconocen las Formaciones La Pedrera (arenisca), San José (pelita), Caldera (arenisca), Floresta (pelita), Áspero (arenisca), San Bernardo (pelita), Mojotoro (arenisca) y Santa Gertrudis (pelita) (Fig. 2). Los cinco primeros son de edad tre-

madociana, la Formación San Bernardo registra el pasaje Tremadociano - Floiano, la Formación Mojotoro es de edad floiana-darriwiliana temprana y la Formación Santa Gertrudis se habría acumulado durante el Darriwiliano tardío - Sandbiano (Harrington 1957, Moya 1998).

Los primeros hallazgos paleontológicos en el Grupo Santa Victoria en la sierra de Mojotoro corresponden a los fósiles de trilobites procedentes del Portezuelo de Salta (Kayser 1876, 1897). Posteriormente se realizaron numerosos aportes de descripciones y reconocimiento de invertebrados fósiles (trilobites, graptolitos, crinoideos, braquiópodos, bivalvos) y trazas fósiles, entre los principales trabajos se pueden mencionar los de Benedetto y Toro (1975), Aceñolaza (1973), García y Proserpio (1976), Moya *et al.* (1994), Albanesi y Rao (1996), Malanca (1996), Benedetto (1999), Mángano *et al.* (2001); también trabajos de tipo bioestratigráficos, paleoecológicos y paleobiológicos como: Monteros y Moya (2003), Moya *et al.* (2003), Moya y Monteros (2011), entre otros. Por otro lado, Moya (1998) presenta una síntesis estratigráfica descriptiva con interpretaciones paleoambientales de las distintas unidades del Grupo Santa Victoria. Barrientos Ginés (2002, 2003) realiza el primer estudio sedimentológico de detalle y describe el análisis de litofacies sobre los depósitos de la Formación San Bernardo en su área tipo. Barrientos Ginés *et al.* (2015) presentan un resumen de las características sedimentológicas y paleoambientales de las unidades aflorantes en los cerros San Bernardo y 20 de Febrero. Saiz Cobbe y Moya (2008), iniciaron el relevamiento, muestreo y estudio detallados de los niveles fosfáticos contenidos en las Formaciones San Bernardo, Mojotoro y Santa Gertrudis.

En el tramo austral de la sierra de Mojotoro afloran los depósitos del Grupo Salta (Turner 1960) (Cretácico - Paleógeno), los cuales se encuentran en relación de discordancia sobre distintas unidades del Grupo Santa Victoria en ambos flancos de la sierra. Las acumulaciones continentales del Grupo Orán (Eoceno - Mioceno medio) se disponen a lo largo del flanco oriental de la sierra, donde el contacto de estos depósitos con las rocas del basamento o del Paleozoico inferior es siempre tectónico.

Gallardo *et al.* (1996), Gallardo y Georgieff (1999) y Georgieff y González Bonorino (2002) reconocen en los valles de Lerma y Sianca y en los valles menores que surcan la sierra de Mojotoro, acumulaciones fluviales, aluviales y fluvio-lacustres de edad cuaternaria, poco consolidadas e inconsolidadas, con espesores altamente variables.

Algunas de estas unidades litoestratigráficas fueron identificadas formalmente en las Formaciones Calvimonte (conglomerados, areniscas y pelitas pardo-rojizas), Tajamar (arcilitas y fangolitas con intercalaciones de areniscas de color castaño claro), La Viña (conglomerados y areniscas pardas) y Portezuelo (conglomerados y areniscas) (Gallardo *et al.* 1996) (Fig. 2).

### METODOLOGÍA

Se realizó el relevamiento geológico - sedimentológico de cuatro secciones principales y tres complementarias: i) Ruta 9 - cerro San Bernardo, ii) Valle encantado - cerro Vélez, iii) Cerro Manjón, de base a cima, iv) Quebrada Tres Cerritos (o de Shönstatt); entre las complementarias se tiene: a- Sporting Club - cerro 20 de Febrero, b- Autódromo y c- Acceso Norte (Fig. 3a).

El mapa geológico que se presenta (Fig. 3b) fue el resultado de sucesivas tareas de campo, las que permitieron corroborar y ajustar los foto-mapas realizados a base de fotografías aéreas pancromáticas blanco y negro (n° 2566-11/12/13/14/15, escala 1: 30.000) y de imágenes satelitales del Instituto Geográfico Militar (Hoja 2566-17, 1998; escala 1: 100.000) y *Aster Visual Near InfraRed Pseudo-Natural Color RGB* a escala 1: 50.000 e imágenes obtenidas a partir de Google Earth. Los datos estructurales y los espesores se midieron con brújula geológica y báculo. Se controlaron y ubicaron con GPS los contactos entre las unidades estudiadas a fin de poder mapearlas. En todas las secciones se analizaron en detalle las características litológicas, geometría de los estratos, tipos de contactos y estructuras sedimentarias de los depósitos ordovícicos; se definieron litofacies y asociaciones de litofacies, a fin de caracterizar

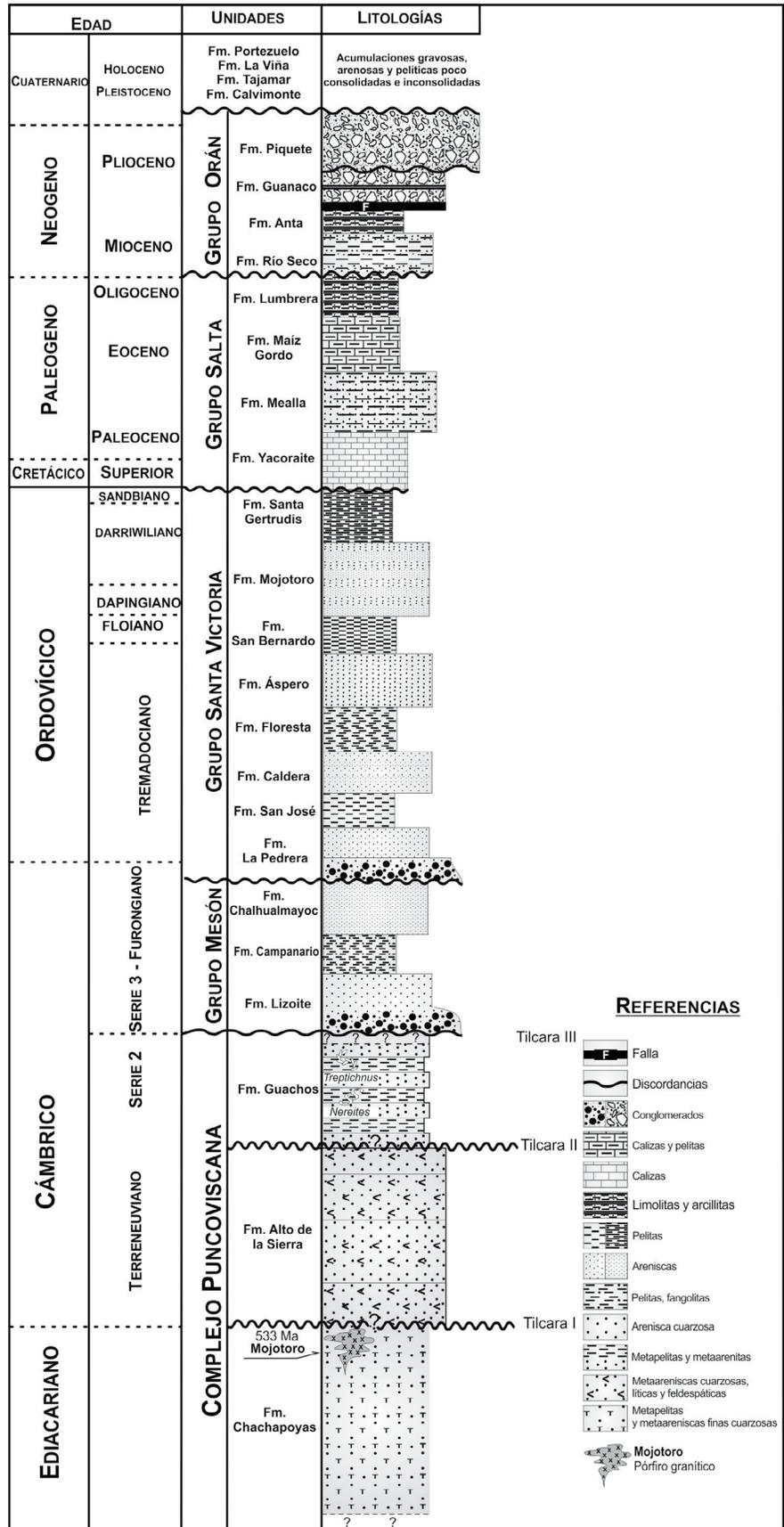


Figura 2. Esquema estratigráfico de la sierra de Mojotoro.

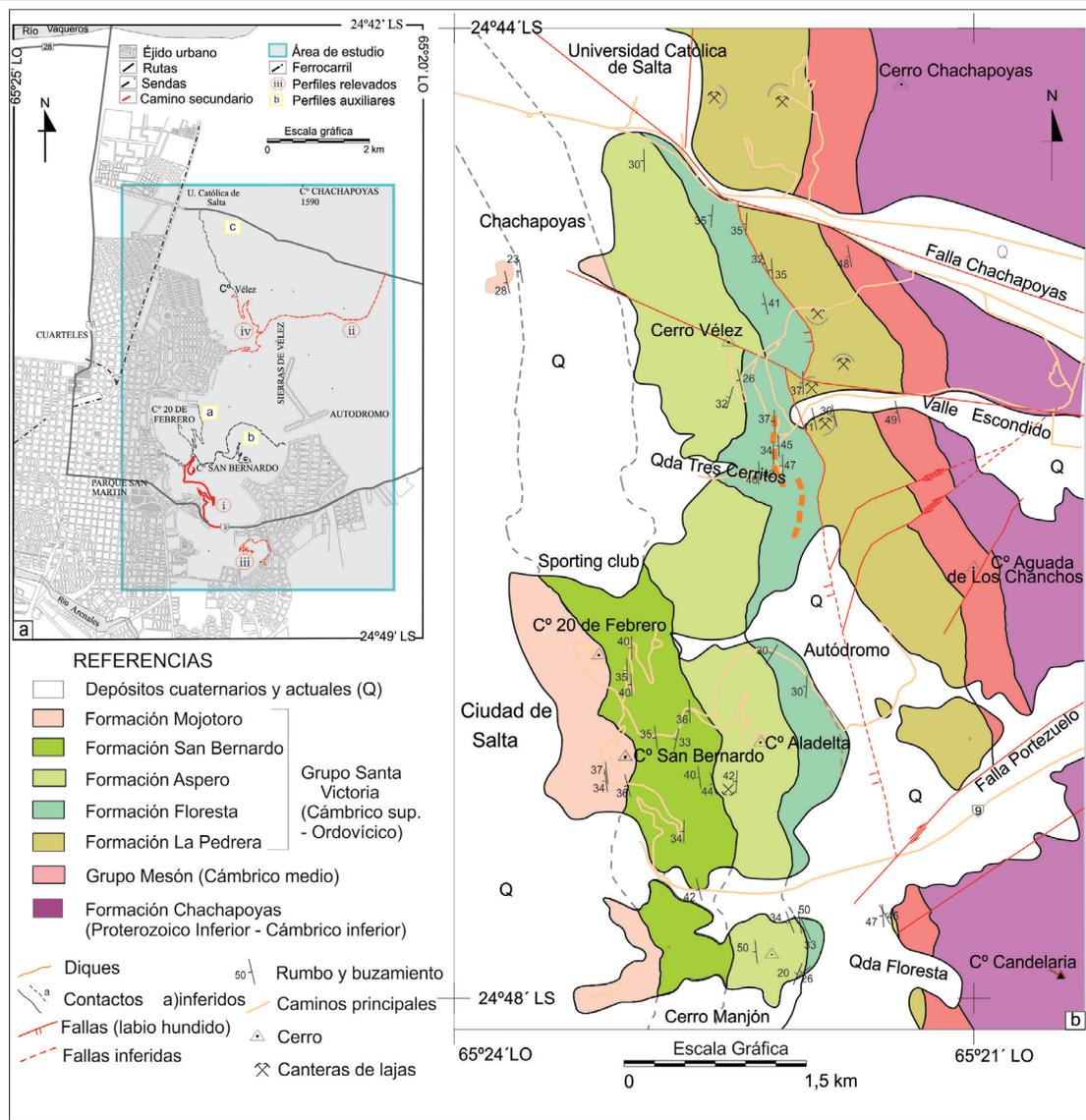


Figura 3. a) Mapa de ubicación de los perfiles relevados; b) Mapa geológico del área de estudio.

los paleoambientes de sedimentación. En este sentido se siguió la definición de facies de Selley (1976) “conjunto de rocas sedimentarias que puede ser definido y separado de otros por su geometría, litología, estructuras sedimentarias, distribución de paleocorrientes y fósiles” y por tanto la acepción concreta. Además, se utilizó la definición de facies en su sentido descriptivo refiriéndose al cuerpo de roca en el que se observaron las características definitorias evitando el uso de facies en sentido interpretativo. El estudio paleoambiental se llevó a cabo a partir del análisis de las asociaciones de facies utilizándose el concepto de Reading (1986) como asociaciones de facies a grupos de facies genética o ambientalmente relacionadas.

## LOS CERROS SAN BERNARDO, 20 DE FEBRERO Y VELEZ

### Geología

Los cerros San Bernardo, 20 de Febrero, Vélez se ubican en el sector centro - occidental de la sierra de Mojotoro, conocido también como serranías de Vélez (Figs. 1c y 3a,b). Este conjunto de cerros tienen alturas que no exceden los 1600 m s.n.m. y están compuestos por cuerpos intercalados de arenisca y de pelita de los Grupos Mesón y Santa Victoria, los que se disponen con una orientación norte - sur y con buzamientos generales hacia el oeste. Las cimas de las elevaciones se corresponden con distintos cuerpos de arenisca,

cuya disposición estructural condiciona laderas occidentales escarpadas, acordes con el buzamiento de los estratos (30° - 40° promedio) y vertientes orientales más pelíticas y menos inclinadas. Las mayores elevaciones se ubican hacia el este y norte de la zona y corresponden a depósitos del Grupo Mesón: cerro Aguada de Los Chanchos (1600 m) y Complejo Puncoviscana (Formación Chachapoyas) cerro Chachapoyas (1590 m). Un tercer morro que se destaca por su elevación es el cerro Vélez (1510 m), cuyo frente occidental lo constituyen los depósitos basales de la Formación Áspero. Las cuarcitas de la Formación Áspero también constituyen la cima de los cerros Aladelta y Manjón, en tanto que las cumbres de los cerros San Bernardo y 20 de Febrero corresponden

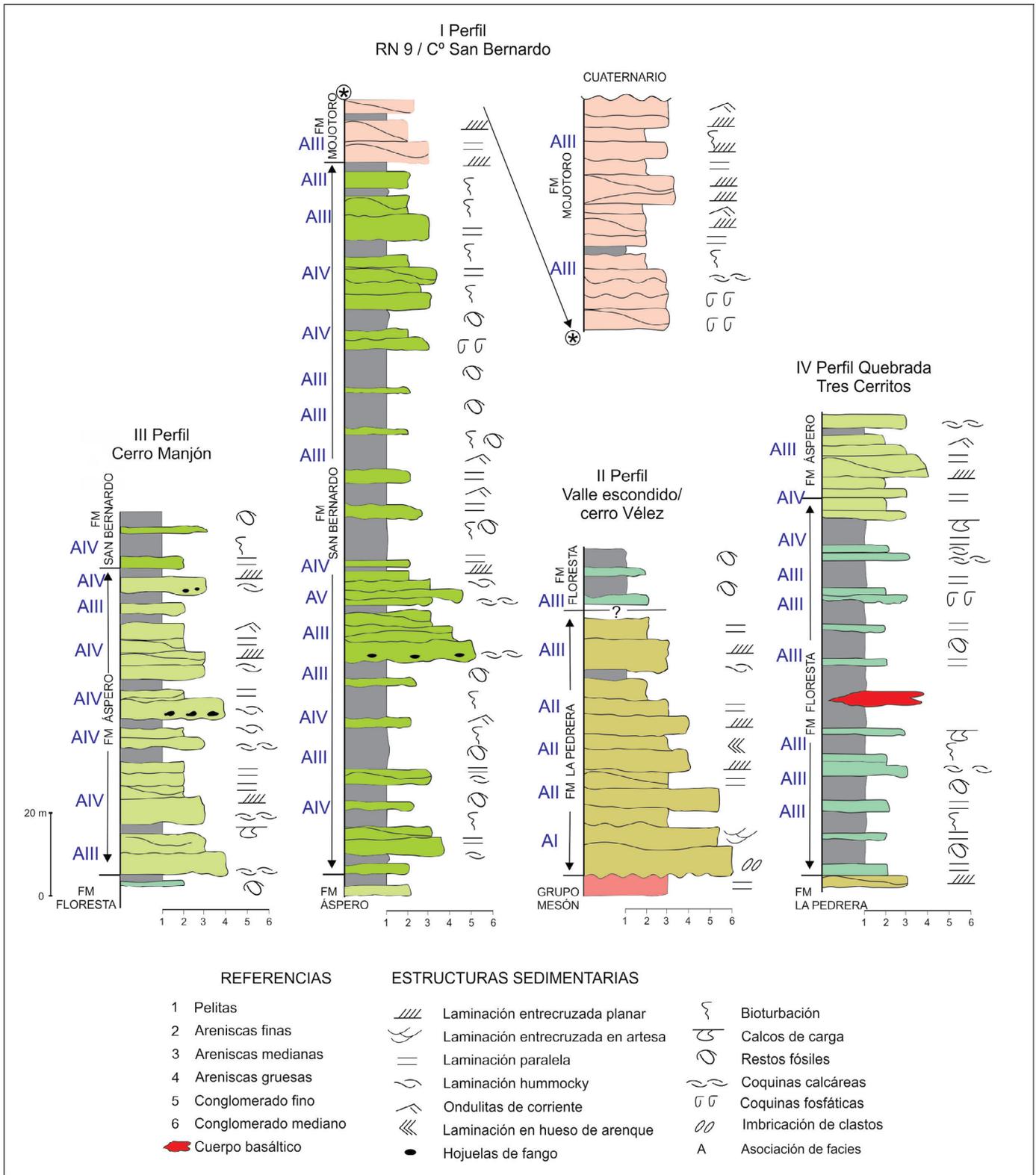


Figura 4. Columnas estratigráficas integradas de los perfiles relevados.

a las cuarcitas basales de la Formación Mojotoro (Fig. 3b). Las unidades ordovícicas identificadas en el área corresponden a las Formaciones La Pedrera, Floresta, Áspero (Trema-

dociano), San Bernardo (Tremadociano - Floiano) y Mojotoro (Floiano - Darriwiliano). Del análisis del mapa geológico realizado junto a los estudios sedimentológicos de

las unidades ordovícicas en el campo, se observa que las Formaciones San José y Caldera, de edad tremadociana, y la Formación Santa Gertrudis, Darriwiliano tardío, no están representadas. Es pro-

bable que las dos primeras hayan sido completamente suprimidas por falla, dado que durante el relevamiento geológico se observaron evidencias de contacto tectónico entre las formaciones La Pedrera y Floresta en afloramientos dispuestos entre la quebrada Chachapoyas y el Valle Escondido (Fig. 3b). Los niveles ordovícicos más jóvenes que afloran en el área de trabajo corresponden al tramo inferior de la Formación Mojotoro, cuyos depósitos constituyen el contrafuerte occidental de los cerros San Bernardo y 20 de Febrero (Fig. 3b).

**Estratigrafía e importancia económica de las unidades ordovícicas estudiadas**

*Formación La Pedrera (Moya 1988, 1998):*

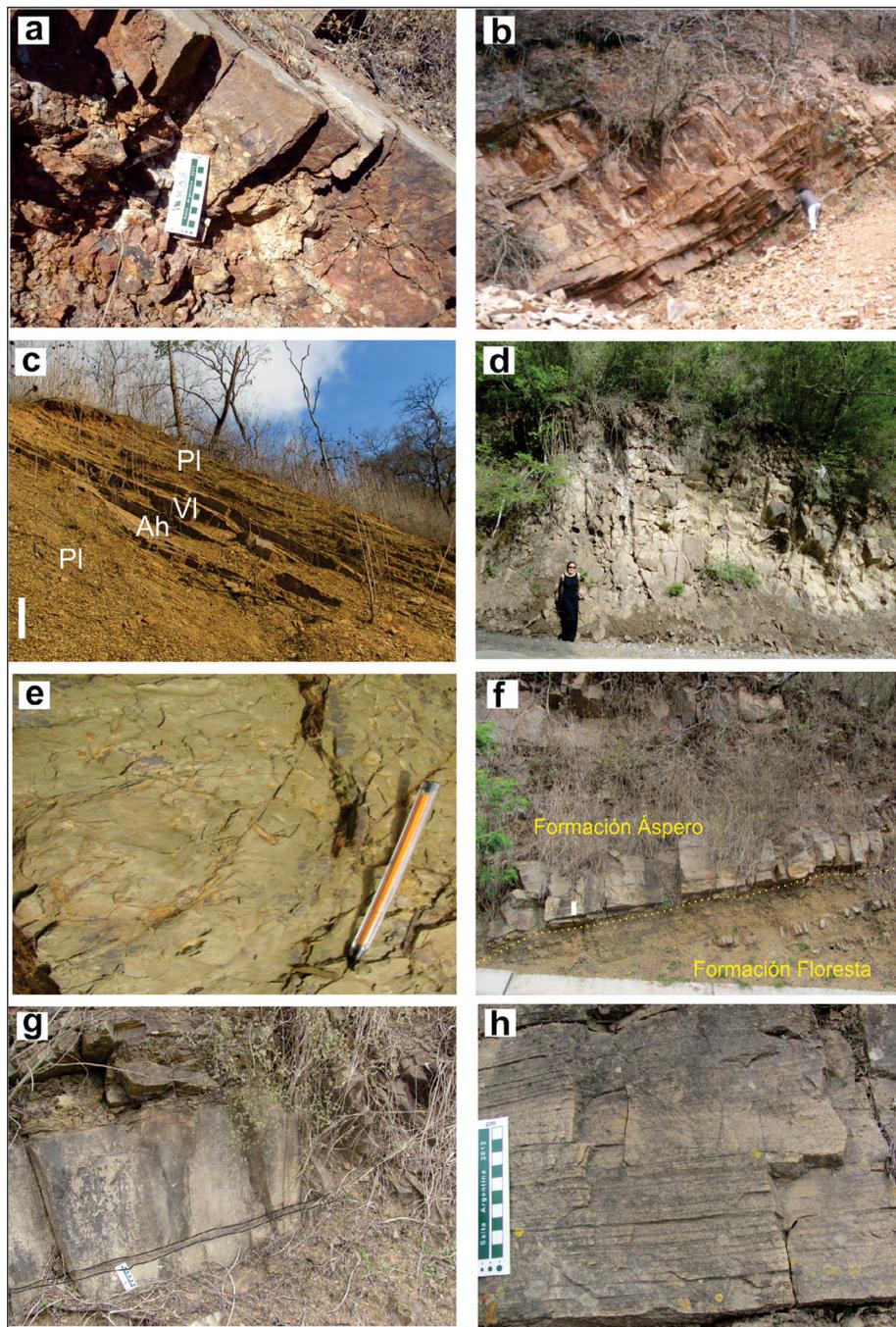
En el área de estudio el máximo espesor medido es de 20 m y corresponde a la ladera noroccidental del cerro Candelaria, SE del área de estudio (Fig. 4). Se inicia con un conglomerado basal polimíctico de grano mediano a fino con geometría lenticular, clasto soportados y entrecruzamiento tabular planar difuso cuyos clastos presentan un buen redondeamiento y composición extracuenal (basamento) intercalado con estratos lenticulares de areniscas cuarzosas con laminación entrecruzada tabular planar a laminar (Fig. 5a, b); suprayace un conjunto de conglomerados finos de cuarzo y areniscas cuarzosas; algunas con laminación horizontal y otras con entrecruzamientos tabular planar de bajo ángulo, algunos tangenciales, y en artesa que gradan a areniscas limpias de color blanco y gris claro con laminación paralela y macizas (Barrientos Ginés 2004, Barrientos Ginés y Moya 2011, Moya 1998) que son explotadas como rocas de aplicación.

En la porción intermedia de la unidad afloran depósitos de pelitas laminadas con fósiles identificados como pertenecientes a *Jujuyaspis keideli Kobayashi* (Moya 1998). Según relaciones estratigráficas se le asigna a estos depósitos una edad furongiana - tremadociana temprana (Moya 2008).

*Formación Floresta:* Es una espesa sucesión de lutitas arcillosas y limosas color verde y gris verdoso con laminación paralela, ondulosa y macizas, algunas con intensa bioturbación, en estratos finos ta-

bulares, intercalan con vaques macizas a laminadas (Fig. 5c-e). El máximo espesor fue medido en la quebrada Tres Cerritos y es de 120 m (Fig. 4). Una de las características de esta formación es la presencia

de depósitos de coquinas cuarzo-calcáreas que contienen numerosos braquiópodos y abundantes trilobites típicos de la Zona de *Kainella meridionalis*, lo que permite asignar a esta unidad al Tremado-



**Figura 5.** a) Litofacies de conglomerado polimíctico (Cp); b) Litofacies de areniscas con entrecruzamientos planares y tangenciales (Ae) y Litofacies de vaques laminadas (VI) (AII) (Formación La Pedrera); c) Formación Floresta, intercalaciones de vaques y limolitas (AIV – barra = 40 cm, Ah: Litofacies de areniscas con HCS-SCS, VI: Litofacies de vaques laminadas, PI: Litofacies de pelitas laminadas); d) dique basáltico en el tramo medio de la Formación Floresta; e) Litofacies de vaques bioturbadas (Formación Floresta); f) Contacto transicional entre las Formaciones Floresta y Áspero (barra = 20 cm); g) Formación Áspero: litofacies de coquinas (Cq) en la base intercalada con litofacies de areniscas con entrecruzamientos planares (Ae) (AIII); h) Litofacies de areniscas con laminación paralela (Formación Áspero).

ciano inferior alto - Tremadociano superior bajo. Moya y Monteros (2014) reconocen además coquinas fosfáticas compuestas, casi en forma excluyente, por restos muy triturados de lingúlidos.

En el tramo inferior de esta unidad se identificó un cuerpo basáltico en forma de dique (Fig. 5d), clasificado como basalto olivínico nefelínico en base a su mineralogía, caracterizada por fenocristales de olivino y de piroxenos euhedrales a subeuhedrales, en una pasta constituida por plagioclasa (Orce 1969). Cortelezzi e Iasi (1976) retoman los estudios de Orce (1969) sobre las rocas filonianas de la Quebrada Tres Cerritos, y reconocen en la base de la Formación San Bernardo otro dique al que clasifican como basanita nefelínica y acompañan con un análisis geoquímico (óxidos mayoritarios). Por otro lado, señalan una edad absoluta de  $254 \pm 10$  Ma (Pérmico Superior) para uno de los filones de la quebrada Tres Cerritos, edad obtenida a través del método K-Ar sobre roca total. La relación entre las Formaciones Floresta y Áspero corresponde a una transición representada por una sucesión heterolítica de areniscas, vaques y lutitas, donde las psamitas se hacen cada vez más potentes, integrando estratos tabulares de hasta 1 m de espesor, y la granulometría de las vaques aumenta (Fig. 5f).

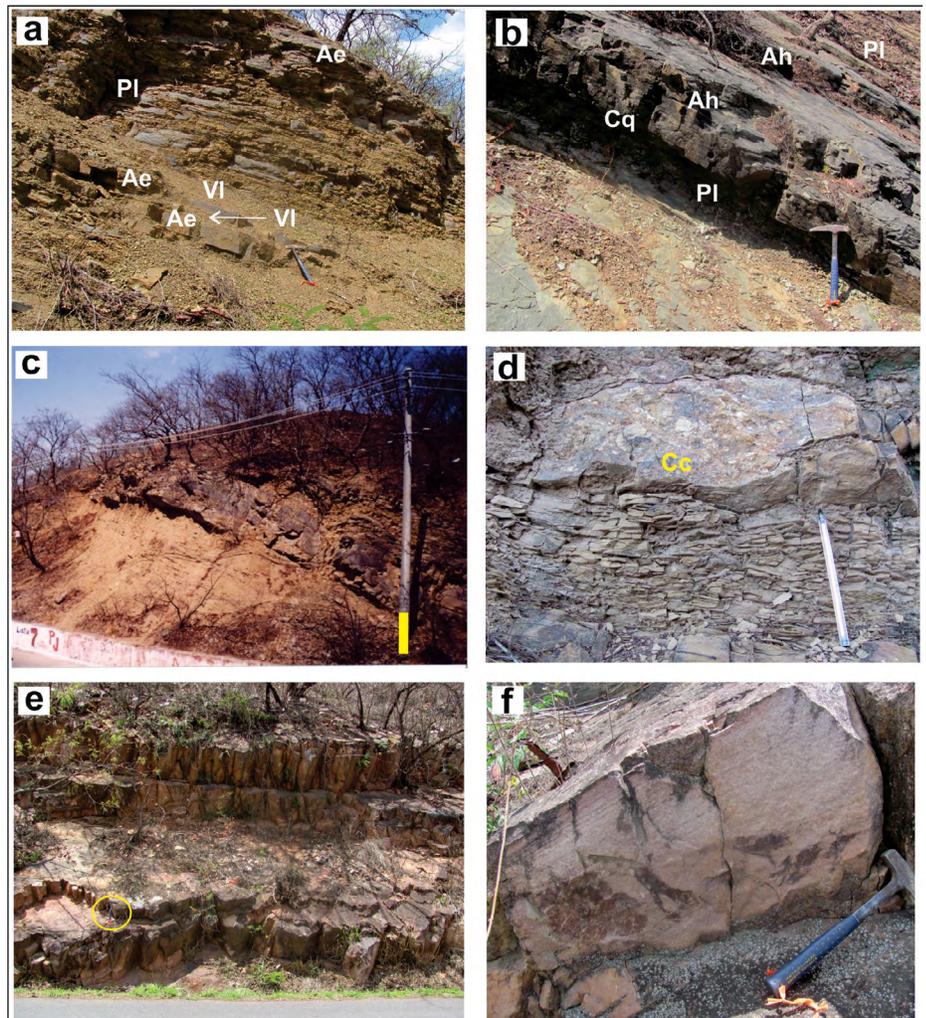
Eveling y Moya (2016a) describen las características del límite entre las Formaciones Floresta y Áspero. Determinan que es transicional en arreglos grano y estratocrecientes y consideran que las facies descritas se desarrollaron en un medio marino y costero, evolucionando desde una zona de plataforma interna, a otra de llanura costera, en un arreglo marcadamente progradante. Describen también ritmitas bioclásticas compuestas de láminas psefítico-psamíticas que se suceden y amalgaman junto a nódulos fosfáticos, glauconita y valvas retrabajadas que se encuentran siempre en la base de estas secuencias; son interpretadas como el resultado de procesos cíclicos, compatible con la acción de mareas en un ambiente subtidal proximal a intertidal bajo (Eveling y Moya 2016b).

Las lutitas son explotadas industrialmente para cerámicos especiales. También las coquinas intercaladas con cuerpos arenosos en el tercio inferior de esta formación

son importantes por sus tenores entre el 9% y el 21% de fosfato en roca y con interesantes contenidos en tierras raras (Moya y Monteros 2014).

**Formación Áspero:** Está representada por areniscas cuarzosas rosadas y moradas (Fig. 5g, h) entre las que intercalan coquinas calcáreas y/o delgados niveles de vaques y lutitas. El mayor espesor medido (185 m, Fig. 4) corresponde a los afloramientos que esta unidad presenta en el cerro Manjón. Los niveles de coquinas son de color pardo oscuro y en algunos casos están parcialmente silicificadas; tienen 0,05 a 0,10 m de espesor promedio y un máximo de 0,50 m; la relación con

los niveles arenosos supra e infrayacentes es nítida (Barrientos Ginés 2004); presentan empaquetamiento denso y fábrica bioclasto-soporte. El tamaño de los fósiles encontrados en los niveles de coquinas (principalmente de trilobites) es uniforme y su estado de preservación es bueno a regular; la matriz es arena gruesa a mediana por lo que son altamente deleznable (Kidwell y Holland 1991). La geometría de las coquinas es tridimensional lenticular y su composición taxonómica es pauciespecífica. Los organismos que las forman son principalmente moldes internos y externos de distintas especies de braquiópodos, entre los que se destaca *Ortham-*



**Figura 6.** a) Formación San Bernardo: intercalaciones de areniscas y pelitas (AIII – barra = 40 cm, Ae: litofacies de areniscas con entrecruzamientos planares, VI/b: litofacies de vaques laminadas y/o bioturbadas, PI/b: litofacies de pelitas laminadas y/o bioturbadas); b) Litofacies de areniscas con HCS-SCS (AIV: Ah: Litofacies de areniscas con HCS-SCS, VI: Litofacies de vaques laminadas, PI: Litofacies de pelitas laminadas; Cq: Litofacies de coquinas); c) Nivel psefítico intercalado en el tercio inferior de la Formación San Bernardo (AV – barra = 1 m); d) Detalle de la base canalizada del cuerpo psefítico canalizado (Cc: Litofacies de conglomerado caótico); e) Formación Mojotoro: Cuerpos de areniscas rosadas con estratificación horizontal a lenticular gruesa en el círculo piqueta de escala (40 cm); f) Detalle de la litofacies de areniscas con entrecruzamientos (Ae), Formación Mojotoro).

*bonites* sp.; en mucha menor proporción se observan pigidios y otros fragmentos de trilobites, particularmente *Notopeltis orthometopa* (Harrington 1957). Si bien las valvas de braquiópodos se presentan generalmente desarticuladas, no tienen evidencias de abrasión, pulimento ni fracturación, lo que indicaría poco transporte. En contraposición, los restos de trilobites evidencian mayor transporte, interpretándose como elementos alóctonos del depósito. Las areniscas presentan bioturbación (*Skolithos* isp.) y las vaques contienen *N. orthometopa*, *Orthambonites* sp., *P. cf. oehlerti*. Moya (1998) cita además *Broeggeria elongata* Harrington, *P. argentinensis* y *A. catamarcensis*. Los fósiles encontrados permiten asignarle una edad tremadociana superior tardía. El contacto con la Formación San Bernardo se manifiesta por un incremento en el porcentaje y espesor de lutitas y vaques, a la vez que se evidencia una disminución en la cantidad y espesor de los estratos de areniscas. Esta unidad es explotada como lajas de ornamentación para la construcción.

**Formación San Bernardo:** La Formación San Bernardo es particularmente fosilífera y registra la transición entre los pisos Tremadociano y Floiano (Monteros y Moya 2008); su máximo espesor es de 436 m y fue medido en el cerro homónimo (Figs. 3b, 4). Constituye una unidad esencialmente pelítica, grano y estratocreciente, constituida por lutitas limosas, limolitas y vaques de grano fino color verde oliva, entre las que intercalan bancos arenosos o areno-psefíticos con gradación positiva, geometría y estructuras similares a las descritas por Dott y Bourgeois (1982) y Walker y Plint (1992) para “tempestitas” (Fig. 6a, b). Ocasionalmente pueden desarrollar el término basal constituido por coquinas (Moya 1998, Barrientos Ginés 2002). Los fósiles de las coquinas presentan distintos estados de conservación, desde restos muy fragmentados e indeterminables (alto retrabajamiento y transporte) a otros regular a bien preservados. En el tercio inferior de la unidad intercala un intervalo psefítico - psamítico de 25 m asignado a depósitos de flujos densos (Barrientos Ginés 2004; Fig. 6c, d). Está constituido por secuencias granodecipientes de 0,30 m - 1,20 m de espesor, marcadamente lenticulares, con base

erosiva y techo transicional, compuestas por conglomerados clasto a matriz soportados, que gradan a areniscas micáceas y vaques gruesas, medianas y finas, limolitas y pelitas. Lateralmente pasan a litofacies de conglomerado fino a muy fino y de arenisca gruesa a mediana, sin estructuras sedimentarias aparentes. Las medidas realizadas en óndulas asimétricas e imbricación de valvas, señalan un sentido general de los flujos hacia el oeste Moya (2008) relevan en detalle este cuerpo pseudomantiforme psefítico - psamítico y calculan 15 m de espesor mínimo erosionado a partir de las biozonas de *Aorograptus victoriae* (Tremadociano tardío terminal), de *Paradelograptus - Paratemnograptus* (Floiano temprano inicial) y de *Baltograptus deflexus* (Subzona de *Corymbograptus v-fractus*, Floiano temprano). La relación entre las Formaciones San Bernardo y Mojotoro es transicional y está evidenciada por una sucesión compuesta por secuencias de arenisca/pelita de tendencia grano y estratocreciente. Los estratos frecuentemente se inician con coquinas de lingúlidos y contienen abundantes trazas fósiles como *Cruziana* isp. y *Skolithos* isp. de manera subordinada. Las coquinas tienen espesores máximos de 0,05 m, son matriz-soportadas, con empaquetamiento moderado; los organismos se presentan generalmente muy triturados, con tamaños relativamente uniformes.

**Formación Mojotoro:** Se trata de una unidad esencialmente arenosa y en este trabajo ha sido identificada sólo su porción basal en la cima del Cerro San Bernardo (Fig. 6e, f), en donde se ha medido un espesor promedio de 50 m de secuencia aflorante (Figs. 3b, 4). En general, está constituida por arenitas de cuarzo grises, blanquecinas, rosadas, y moradas, muy bien seleccionadas con estratificación gruesa, en bancos frecuentemente amalgamados con abundantes entrecruzamientos tabular planar, laminaciones paralelas y en algunos estratos estructuras de bidireccionalidad (*herringbone*), superficies de reactivación, pantallas de fango y trazas fósiles (*Cruziana furcifera* d'Orbigny y *Skolithos* isp.). Ocasionalmente, delgados niveles de coquinas de lingúlidos se disponen en la base de los bancos arenosos. La edad de la Formación Mojotoro es dapin-

giana - darriwiliana superior, definida según sus relaciones estratigráficas (Moya 2008, Mángano *et al.* 2001).

## ANÁLISIS DE FACIES

### Definición y descripción de litofacies

Las características sedimentológicas observadas en las Formaciones La Pedrera, Floresta, Áspero, San Bernardo y Mojotoro que afloran en los cerros San Bernardo, 20 de Febrero y Vélez, permitieron definir diez litofacies (Cuadro 1):

**Litofacies de conglomerado polimítico (Cp):** Corresponde a un conglomerado de grano mediano a grueso, polimítico, clasto soportado, color pardo oscuro a pardo verdoso, con impregnaciones de óxidos de Fe y Mn. Los clastos presentan diámetros comprendidos entre 2 y 4 cm, son subredondeados a redondeados, regular a bien seleccionados y se disponen ligeramente imbricados. Incluyen material procedente del Grupo Mesón y del basamento (cuarcitas rosadas, cuarzo y filitas verdosas) y, en menor proporción, componentes intracuencales (pelitas verdosas y areniscas pardas). La matriz es una arenisca de grano mediano color pardo verdoso y su porcentaje es variable, lo que determina que la litofacies psefítica grade lateral y verticalmente a subfacies de arenisca conglomerádica y arenisca con clastos. La estratificación entrecruzada planar es poco marcada, en gruesos bancos lenticulares de 0,50 a 1 m de espesor, que internamente presentan gradación positiva y negativa (Fig. 5a).

La imbricación de clastos indica procesos tractivos unidireccionales encauzados; la gradación positiva y negativa y los cambios en la cantidad de matriz sugieren variaciones en la competencia y velocidad del flujo; la litología de los componentes permite deducir aportes extracuencales de unidades más antiguas.

**Litofacies de conglomerado de cuarzo (Cm):** Consiste en conglomerado fino, clasto soportado. El esqueleto incluye más de 95% de clastos de cuarzo con muy buena redondez, selección y esfericidad y diámetros comprendidos entre 0,01 y 0,03 m. Los elementos secundarios lo constituyen individuos de arenita de cuarzo ro-

sada y arenisca parda. La matriz es una arenisca cuarzosa fina, limpia, bien seleccionada, de color blanco grisáceo a blanco amarillento. La litofacies se presenta en bancos lenticulares a tabulares de 0,20 a 0,40 m de espesor.

La alta madurez textural y mineralógica indica procesos tractivos generados por corrientes fluidas asociados a olas y corrientes de resaca y litorales que provocaron un buen lavado del material fino y un prolongado retrabajo del sedimento en un medio con alta energía de depósito.

**Litofacies de conglomerado caótico (Cc):** Está representada por un conglomerado grueso, muy grueso y aglomerado matriz soportado, color pardo verdoso. La selección es regular a mala; los componentes tienen formas y tamaños muy variables (0,05 m - 0,50 m) y corresponden a material intracuencial (arenisca cuarzosa, vaque, pelita y bioclastos) y extracuencial; este último está representado por clastos de cuarzo lechoso. La disposición de los elementos del esqueleto es caótica, aunque en algunos casos presenta gradación positiva poco marcada. La matriz es una vaque micácea de grano mediano. La litofacies se presenta en bancos gruesos y muy gruesos marcadamente lenticulares de diseño canalizado, con base erosiva y techo plano (Fig. 6b-d).

La disposición caótica de los componentes mayores, su variedad litológica, morfológica y granulométrica, abundancia de matriz y ausencia de estructuras sedimentarias, indica procesos de sedimentación muy rápida a partir de flujos altamente viscosos. La presencia en algunos casos de incipiente gradación positiva, indica reducción de la velocidad de transporte de un flujo más fluido.

Las litofacies de areniscas están ampliamente distribuidas en todas las formaciones estudiadas en mayor o menor proporción, se han definido:

**Litofacies de arenisca cuarzosa con entrecruzamientos (Ae):** Está representada por arenisca cuarzosa limpia, de grano fino y mediano, color blanco grisáceo, blanco amarillento, gris blanquecino, rosado y morado. Se presenta en bancos tabulares gruesos a muy gruesos, frecuentemente amalgamados (0,50 m a 1,5 m de espesor), o bancos medianos (0,15 - 0,25 m) separados por intervalos pelíticos (0,05

- 0,20 m de espesor). Como estructuras sedimentarias muestra abundantes entrecruzamientos (en artesa, tangenciales, planares de bajo ángulo), superficies de reactivación poco frecuentes, cortinas de fango (*mud drapes*) y láminas muy finas de pelitas intercaladas. Algunos bancos presentan bases bioturbadas (Figs. 5b y 6f)

Areniscas limpias con entrecruzamientos indican la acción de corrientes tractivas fuertes aunque no críticas que permiten el transporte a zonas más profundas del material fino. Los entrecruzamientos en artesa indican depósitos generados por la migración de dunas subácueas de crestas sinuosas (dunas 3D). Depósitos con estratificación entrecruzada tabular planar son indicativos de la migración de dunas de crestas rectas (dunas 2D) y ondas de arena (*sandwaves*) en ambiente subácueo por encima del nivel de olas de buen tiempo (Allen 1980). La presencia de cortinas de fango y láminas de pelitas indica la acción de corrientes de bajo régimen de flujo alternando con períodos de agua estancada (intervalo de *slack-water*; Klein 1977), durante la primera etapa se generarían la migración de ondulaciones de corriente u oleaje mientras que la quietud del sistema permitiría la acumulación de las láminas de fango. Las superficies de reactivación representan cortas diastemas labradas durante el retrabajo del material. Esta litofacies caracteriza a la parte superior de la Formación La Pedrera, Formación Áspero y a casi la totalidad de la Formación Mojotoro, **Litofacies de arenisca con hummocky cross stratification - swaley cross stratification HCS-SCS, Ah):** Está representada por arenisca de grano mediano y fino, color gris claro y blanco amarillento; presenta mayormente una geometría lenticular, aunque se pueden observar estratos con cierta continuidad lateral. Los lentes llegan a tener hasta 80 cm en su tramo más espeso. Internamente desarrolla laminaciones en domo y en cuenco (HCS-SCS). Se presenta como litofacies aislada entre la Litofacies PI, constituyendo bancos de 0,20 - 0,30 m de espesor, parcialmente amalgamados, con base erosiva y techo plano (Fig. 6b).

La presencia de laminación plano-paralela y entrecruzada en arenisca indica corrientes unidireccionales con alto régimen de

flujo. La presencia de depósitos arenosos amalgamados con estratificación entrecruzada *hummocky* indica flujos oscilatorios moderadamente fuertes y persistentes (hipercríticos - Harms *et al.* 1975, Dott y Bourgeois 1982).

**Litofacies de vaque maciza (Vm):** Está representada por vaque y limolita de grano grueso, mediano y fino, color verde oliva y pardo verdoso, generalmente micáceas, en estratos lenticulares a tabulares de 0,05 a 0,20 m de espesor.

Depósitos macizos de arenisca sucia indican flujos fangosos de rápida sedimentación. Los depósitos finos indican procesos de suspensión en medios de baja energía. La abundante bioturbación que presentan señala intensa actividad de organismos en un ambiente rico en oxígeno y nutrientes.

**Litofacies de vaque laminadas (VI):** Está representada por vaque color gris verdoso claro, rosado y morado, frecuentemente micáceas. Desarrolla estratos de espesor variable (0,05 - 0,20 m). Es característica la presencia de estructuras flaser, laminaciones ondulíticas del tipo ondulosa (*wavy*) y lenticular (y de óndulas de corriente y de interferencia).

Las estructuras sedimentarias están vinculadas con la acción de procesos de tracción de fondo del material arenoso por corrientes uni y bidireccionales de baja a moderada velocidad, alternadas con la acción de procesos de suspensión - decantación del material pelítico en agua estancada, producida en un ambiente influenciado por olas de buen tiempo o por mareas (Reineck y Wunderlich 1968).

**Litofacies de vaque y limolita bioturbadas (Vb):** Está representada por vaque y limolita de grano grueso, mediano y fino, color verde oliva y pardo verdoso, generalmente micáceas, en estratos lenticulares a tabulares de 0,05 a 0,20 m de espesor.

Los depósitos finos indican procesos de suspensión en medios de baja energía. La abundante bioturbación que presentan señala intensa actividad de organismos en un ambiente rico en oxígeno y nutrientes.

**Litofacies de pelita laminada (PI):** Está representada por arcilita, limolita y vaque fina color verde oliva y gris verdoso oscuro, con laminación paralela dominante y ondulosa subordinada. Se presenta en paquetes de espesor variable (0,05 - 3,00 m), truncados en el techo por depósitos

de mayor granulometría. Incluye niveles fosilíferos con graptofaunas y restos bien preservados de organismos bentónicos. Este tipo de depósitos certifican procesos de suspensión - decantación en un ambiente de condiciones energéticas en general restringidas. En este marco, la presencia de laminación ondulosa indica la acción de corrientes débiles que incorporan material arenoso a un medio de depósito esencialmente fangoso en ambientes marinos en función de la fauna fósil encontrada.

**Litofacies de coquina (Cq):** Constituyen depósitos bioclásticos generalmente macizos. Se presenta como litofacies aislada en delgados bancos lenticulares (0,05 - 0,20 m de espesor), discontinuos, afines a la estratificación e intercalados entre las litofacies Pl. También ocurre en sets amalgamados que integran estratos de hasta 0,50 m de espesor o constituyendo el término basal de bancos con marcada gradación positiva. Los fósiles presentan distintos estados de conservación, desde restos muy fragmentados e indeterminables a otros regular a bien preservados. La matriz de las coquinas es escasa y está compuesta por arenisca cuarzosa rosada, vaque pardo amarillento y/o por material pulverulento ferruginoso, de color pardo amarillento y pardo oscuro, muy liviano y deleznable, en algunos casos con aspecto cavernoso y pátinas oscuras de óxidos de hierro. La litofacies Cq es una de las más frecuentes en los depósitos ordovícicos estudiados.

Los depósitos de conchillas marinas acumuladas se interpretan como formados a partir de uno o más procesos tractivos por acción de corrientes unidireccionales y turbulentas, como pueden ser las corrientes de retorno producidas por eventos de tormenta o flujos gravitativos que generan concentración residual, fragmentación y mezcla de individuos.

**Asociaciones de facies**

En base a la distribución vertical de las facies en los perfiles relevados en del área de estudio (Fig. 6), se han determinado cinco asociaciones de facies las que son interpretadas como un conjunto de depósitos sedimentados en un ambiente de plataforma marina epiclástica dominada por procesos de oleaje, y a un ambiente fluvial.

**Asociación I (AI):** La litofacies de conglomerado polimítico (Cp) se asocia a la de areniscas con entrecruzamiento tabular planar y laminares (Ae), en ciclos granodecrecientes de 0,10 a 0,30 cm (Figs. 5a y 7). En función del arreglo litofacial, de la geometría lenticular de los cuerpos conglomerádicos y de los arenosos, junto a la estratificación entrecruzada planar e imbricación de clastos que sugieren corrientes unidireccionales y generación de depósitos de barras, esta asociación es interpretada como canales fluviales posiblemente de tipo entrelazados (Miall 2006, Moya 1998). Esta asociación daría inicio a la sedimentación ordovícica en la sierra de Mojotoro (Formación La Pedrera)

**Asociación II (AII):** Agrupa a las litofacies de conglomerado de cuarzo (Cm) y la de areniscas cuarzosas con entrecruzamientos tabulares planares, en artesa y laminares (Ae) (Fig. 7). Procesos tractivos que generan una buena selección del depósito y prolongado retrabajo en un medio de alta energía son compatibles con la acción de corrientes en un subambiente de cara de playa (*shoreface*). Los depósitos psefi-

ticos pueden estar asociados al ingreso de sistemas fluviales a la plataforma marina (Bourgeois y Leithold 1984, Nemec y Steel 1984). Las estructuras sedimentarias identificadas en esta asociación indican depósitos de barras de arena y ondas de arena en la zona de cara de playa proximal (*shoreface*) (Bridges 1982, Stride 1988) y está representada en los términos medio a superior de la Formación La Pedrera y Formaciones Áspero y Mojotoro.

**Asociación III (AIII):** Constituye sucesiones granodecrecientes de espesor variable (0,05 - 1,5 m) compuestas por las litofacies de arenisca cuarzosa con entrecruzamientos (Ae) y la de vaque y limolita laminadas y/o bioturbadas (VI/b-Pl/b) (Figs. 6a y 7). Esta asociación típica a las Formaciones Floresta y San Bernardo, donde las sucesiones de arenisca/vaque-limolita desarrollan intervalos con proporciones variables de una u otra litofacies. Los intervalos con proporciones dominantes de materiales pelíticos son interpretados como sedimentados a partir de condiciones normales en la zona de transición y en la plataforma fangosa

**CUADRO 1. Características de las litofacies definidas.**

Litofacies	Código de litofacies	Interpretación
Conglomerado polimítico	Cp	Procesos tractivos unidireccionales con variaciones en la competencia y velocidad del flujo.
Conglomerado de cuarzo	Cm	Flujos fluidos tractivos unidireccionales en un medio con alta energía de depósito.
Conglomerado caótico	Cc	Procesos de sedimentación muy rápida a partir de flujos altamente viscosos con momentos de baja velocidad de transporte en un flujo más fluido.
Arenisca cuarzosa con entrecruzamientos	Ae	Corrientes uni y bidireccionales tractivas fuertes, con migración de dunas 3D y 2D. Acción de corrientes de bajo régimen de flujo alternando con periodos de agua estancada.
Arenisca con hummocky - swaley cross stratification (HCS - SCS)	Ah	Corrientes unidireccionales con alto régimen de flujo, oscilatorios, moderadamente fuertes y persistentes.
Vaque maciza	Vm	Procesos de rápida sedimentación desde suspensión en medios de baja energía.
Vaque laminada	VI	Acción de procesos detracción de fondo del material arenoso por corrientes uni y bidireccionales de baja a moderada velocidad, alternadas con la acción de procesos de suspensión - decantación del material pelítico en agua estancada.
Vaque bioturbada	Vb	Procesos de suspensión en medios de baja energía. La abundante bioturbación que presentan señala intensa actividad de organismos en un ambiente rico en oxígeno y nutrientes.
Pelita laminada	Pl	Procesos de suspensión - decantación en un ambiente de condiciones energéticas en general restringidas.
Coquina	Cq	Procesos tractivos por acción de corrientes unidireccionales y turbulentas.

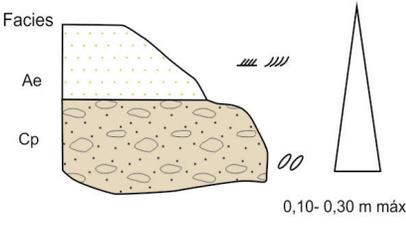
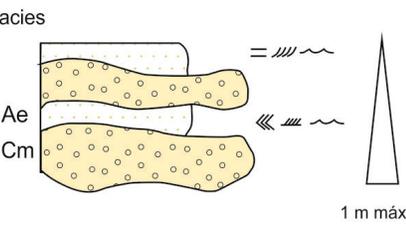
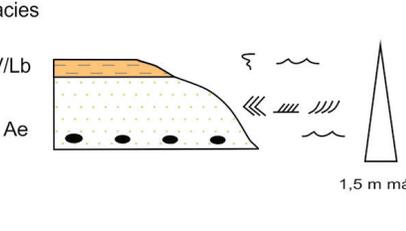
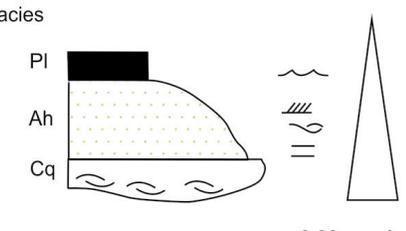
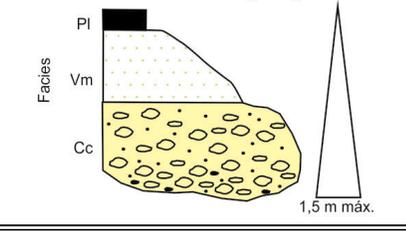
Asociación	Facies	Descripción e interpretación
<p style="text-align: center;"><b>Asociación I (AI)</b></p> 	Cp - Ae	<p>Constituye ciclos granodecrecientes de 0,10 a 0,30 cm de espesor, donde los cuerpos conglomerádicos y arenosos presentan geometría lenticular; asociados a estructuras sedimentarias como estratificación entrecruzada planar e imbricación de clastos indican corrientes unidireccionales y generación de depósitos de barras. Se interpreta como canales fluviales de tipo entrelazados de amplio desarrollo.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Asociación II (AII)</b></p> 	Cm - Ae	<p>Constituyen 2 ciclos granodecrecientes de 0,5 a 1 m de espesor. La buena selección que presentan estos depósitos indica procesos tractivos y prolongado retrabajamiento en un medio de alta energía como puede ser la acción de corrientes de marea, donde los procesos de inundación y exposición subaérea son comunes. Los depósitos psefíticos generalmente señalan líneas de costa, en tanto que las areniscas limpias son típicas de la zona subtidal o de transición entre ésta y la intertidal baja.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Asociación III (AIII)</b></p> 	Ae - Vb - Lb	<p>Consisten en sucesiones granodecrecientes de espesor variable (0,05 - 1,5 m). Las sucesiones esencialmente arenosas de esta asociación, reflejan condiciones de mayor energía, como las que prevalecen en zonas subtidales donde se acumulan mantos y ondas de arena. En contraposición, los intervalos con proporciones equivalentes de ambas facies o esencialmente pelíticos, responden a condiciones más tranquilas, como las presentes en zonas intertidales mixtas inferior y media y superior fangosa respectivamente.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Asociación IV (AIV)</b></p> 	Cq - Ah - Pl	<p>Consisten en sucesiones granodecrecientes, de base cóncava y erosiva, techo plano a suavemente ondulado. Los términos más finos se presentan bioturbados, lo que se atribuye a la actividad de organismos oportunistas que aprovecharon el enriquecimiento en oxígeno y nutrientes ingresados por el flujo. El arreglo de facies se corresponde a la secuencia idealizada para tempestitas. Sin embargo estas características también indicarían procesos hiperpícnicos en lóbulos arenosos de frente deltaico dominados por avenidas fluviales.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Asociación V (AV)</b></p> 	Cc - Vm - Pl	<p>Representa una secuencia típicamente granodecreciente (<i>fining upward ssequence</i>), de geometría canalizada, base erosiva, cóncava irregular y techo plano. Se asignan a fenómenos principalmente gravitacionales vinculados con eventos catastróficos como volcanismo, sismos o fuertes tempestades que generan movimientos importantes de materiales.</p>

Figura 7. Características de las asociaciones de facies definidas (referencias en figura 4).

(*offshore*), mientras que intervalos con proporciones equivalentes de ambas litofacies responden a condiciones derivadas del paso de tormentas ocasionales que afectaron la depositación normal en la plataforma fangosa (*offshore*) donde darían origen a tempestitas distales (turbiditas - Gabaldón 1991, Walker y Plint 1992).

**Asociación IV (AV):** Comprende la sucesión de litofacies de coquina (Cq), arenisca con HCS-SCS (Ah) y pelita laminada (Pl) y representa una secuencia granodecreciente (Figs. 6b y 7). Ocasionalmente, la asociación culmina con la litofacies Vb lo que se atribuye a la actividad de organismos oportunistas que determinaron la bioturbación de los niveles superiores de la unidad. El arreglo de litofacies se corresponde con la secuencia idealizada de estratificación cruzada en domo y en cuenco (HCS-SCS) propuesta por Dott y Bourgeois (1982) y Walker *et al.* (1983) para depósitos de tempestitas (Gabaldón 1991). Esta asociación es interpretada como sedimentada a partir de flujos turbulentos y oscilatorios de alta energía, geostroficados asociados a fenómenos episódicos climáticos y/o tectónicos (tempestades o sismos) en zonas por encima del nivel de olas de tormenta (*offshore transition*, Dott and Bourgeois 1982, Walker and Plint 1992). Esta asociación se presenta principalmente en las Formaciones Áspero y San Bernardo y en el tramo inferior de las Formaciones Floresta y Mojotoro.

**Asociación V (AVI):** Comprende la sucesión de litofacies de conglomerado caótico (Cc), vaque maciza (Vm) y pelita laminada (Pl) (Figs. 6c, d y 7). Se dispone en la mitad inferior de la Formación San Bernardo, en un intervalo de 25 m de espesor. Al igual que la asociación IV. Representa una secuencia granodecreciente, de geometría canalizada y techo plano. Las principales características que la distinguen de la asociación IV son: 1. El considerable espesor de los depósitos acumulados en cada evento que en algunos casos supera los 2 m. 2. La granulometría sensiblemente mayor de los componentes esqueléticos fragmentados, mezclados con elementos clásticos pertenecientes al sustrato, distribución caótica y variedad litológica y morfológica 3. La ausencia de estructuras sedimentarias internas en los depósitos arenosos. Depósitos similares a los de

la asociación V se asignan a fenómenos principalmente gravitacionales vinculados con eventos catastróficos como volcanismo, sismos o fuertes tempestades (Clifton 1988). En estos casos, el influjo de sedimentos es especialmente importante y la acumulación es prácticamente súbita, lo que explicaría las características estructurales y texturales de los depósitos. Según Moya (1999), los flujos de detritos intercalados en la Formación San Bernardo (y sus equivalentes faciales y temporales a nivel regional), documentan el tectonismo de la Fase Tumbaya (Tremadociano superior - Floiano). Esta asociación ha sido reconocida únicamente en el tercio inferior de la Formación San Bernardo.

## INTERPRETACIÓN PALEOAMBIENTAL Y EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS SEDIMENTARIOS

El Ordovícico en el Noroeste argentino fue estudiado ampliamente por diversos autores quienes reconocen diferentes paleoambientes para este lapso geológico. Astini (2008) realiza una síntesis de la evolución de las cuencas cámbricas y ordovícicas del NOA. En ella expone una evolución desde sistemas de plataformas (Cámbrico - Ordovícico basal), sistemas deltaicos y estuarinos (Ordovícico Inferior) a complejos turbidíticos hacia el Oeste y sistemas de plataforma/estuarios hacia el Este (actual Sierras Subandinas) (Ordovícico). Moya (2008) identifica en los depósitos ordovícicos del NOA ciclos relacionados a caídas eustáticas del nivel del mar. En este contexto los depósitos estudiados se encuentran dentro del Ciclo Victoriano compuesto por una serie de episodios de transgresión - regresión cada uno conformando un subciclo. Los depósitos que conforman estos ciclos evidencian ambientes de plataformas marinas someras (cuerpos de areniscas - eventos regresivos) que son cubiertos por unidades de ambientes más profundos en los cuales quedan registrados eventos de tormenta, sismos, y volcanismo (cuerpos de lutitas - eventos transgresivos).

La secuencia ordovícica aflorante en la sierra de Mojotoro muestra una sedimen-

tación inicial ocurrida en ambiente fluvial (evidenciados en la base de la Formación La Pedrera, Al), lo que se corresponde con lo descrito por Moya (1988, 1998, 1999) al norte y al sur del área aquí tratada, quien menciona facies psefiticas y psamíticas asociadas, integrando bancos gruesos a muy gruesos de geometría canalizada con gradación positiva y entrecruzamientos planares y en artesa (canales) e intervalos con estratificación cruzada planar, que asocia con procesos de acreción lateral (barras). Los depósitos fluviales son cubiertos por materiales sedimentados en plataformas marinas abiertas dominadas por olas y tormentas. Las asociaciones de facies II y III (sección media a superior de la Formación La Pedrera y Formaciones Áspero y Mojotoro) evidencian sedimentación en medios de alta energía como los que prevalecen en la zona comprendida entre el nivel del mar medio y el de base de olas de buen tiempo (Dumas y Arnott 2006), mientras que en las Asociaciones IV y V, Formaciones Floresta y San Bernardo, queda de manifiesto una profundización del ambiente hacia niveles situados por debajo del tren de olas de tormenta. En este sentido, las areniscas amalgamadas con estratificación entrecruzada hummocky fueron consideradas por Brenchley *et al.* (1993) como típicas de un ambiente de cara de playa inferior a medio (*shoreface*); los depósitos de flujos gravitativos (asociación V) intercalado con depósitos pelíticos de ambientes más profundos fueron asociados a eventos catastróficos eventuales como tormentas muy fuertes o sismos (Clifton 1988, Duke 1985). La sucesión relevada exhibe una marcada variación vertical en la asociación de facies que evidencia una continua variación del nivel de base representada por profundizaciones del sistema marino hacia el tope de unidades pelíticas, mientras que la parte superior de cada unidad arenosa puede tomarse como representante del clímax de un evento regresivo.

Del análisis de lo previamente discutido en relación a los depósitos aflorantes en el tramo medio de la sierra de Mojotoro, se concluye que la sucesión se depositó en una plataforma siliciclástica somera, altamente influenciada por la acción de tormentas. Las litofacies descritas indicarían la evolución del sistema desde ambientes

continentales (ríos entrelazados) a los subambientes de cara de playa (*shoreface*) y plataforma fangosa (*offshore*). Los procesos eventuales de alta energía serían los responsables del transporte del material arenoso a áreas más profundas de la plataforma.

## RECURSOS MINERALES

Al describir las unidades litoestratigráficas se indicó previamente de manera sucinta una importancia económica en relación a recursos minerales y rocas de aplicación, cuya explotación, en la mayoría de los casos, gravitaría negativamente en la conservación del paisaje del área. Estas son:

### Canteras de laja

Actualmente se encuentran en explotación las canteras Durand y Díaz (norte del área de estudio, Fig. 3). La Cantera Durand es una de las más antiguas de la región y se ubica a 6 km al norte de la ciudad de Salta, sobre el faldeo occidental del cerro Chachapoyas. Se explotan areniscas cuarcíticas de grano mediano a fino, color blanco y gris blanquecino, con manchas rojizas y amarillentas de óxidos de hierro, pertenecientes a la Formación La Pedrera.

### Depósitos de arcilla

Corresponden a los depósitos de la Formación Floresta emplazados en la ladera este-sudeste del cerro Manjón (Fig. 3), donde integran una sucesión de arcillitas color verde oliva. Existen evidencias de extracciones recientes de poca monta. Hacia el sur de la ciudad de Salta, fuera del área de estudio, en la actualidad se realiza la explotación de arcillas utilizadas en la fabricación de productos de arcilla y cerámica no refractaria para uso estructural.

### Fosfatos

Abundantes niveles delgados de coquinas de lingúlidos con escasa a moderada población de individuos, caracterizan al intervalo de transición entre las Formaciones San Bernardo y Mojotoro. Se ha registrado la presencia de niveles fosfáticos de importante espesor en otras áreas de la sierra de Mojotoro (Eveling y Moya 2016b).

Los mapas de detalle y las columnas estratigráficas relevadas muestran la extensión, espesores y paleoambientes de los afloramientos ordovícicos en el área de la sierra de Mojotoro, también indican los lugares donde afloran las diferentes unidades estratigráficas. Los resultados obtenidos en este trabajo brindan información de base que podría ser aplicada en otros lugares de la Cordillera Oriental, para la prospección de rocas y/o minerales de aplicación ordovícicas.

## CONCLUSIONES

A partir del relevamiento geológico realizado en el área se advierte que, a diferencia del resto de la sierra de Mojotoro, el Grupo Santa Victoria cubre discordantemente a la Formación Campanario; se asume que la Formación Chalhualmayoc fue suprimida por erosión.

Se reconocen y describen cinco unidades del Grupo Santa Victoria: Formaciones La Pedrera (cuerpo de arenisca, con 20 m expuestos), Floresta (cuerpo de lutita, con un espesor mínimo de 120 m), Áspero (cuerpo de arenisca, con 185 m de espesor medido), San Bernardo (cuerpo de lutita, con 436 m de espesor medido) y la base de la Formación Mojotoro (cuerpo de arenisca, con 50 m expuestos).

Se destaca que en el área de estudio, las Formaciones San José y Caldera posiblemente fueron suprimidas por una falla de orientación N-S, que pone en contacto a las formaciones La Pedrera y Floresta. El espesor señalado para estas últimas unidades, corresponde al máximo que fue posible documentar sin riesgos de repetición tectónica.

Las diez litofacies definidas, se agruparon en cinco asociaciones de facies que permitieron definir un ambiente fluvial que evolucionó a una plataforma marina abierta dominada por olas y tormentas.

La litofacies fluvial (conglomerado polimíctico) asociada a la litofacies de areniscas con entrecruzamientos (asociación I), ha sido reconocida únicamente en la base de la Formación La Pedrera, esta asociación corresponde a depósitos de barras y canales vinculados con un sistema de ríos entrelazados.

Entre las litofacies asociadas con am-

bientes marinos de plataforma, se reconocen cinco que se corresponden con procesos de sedimentación normal y cuatro que se interpretan vinculadas con eventos episódicos de alta energía. La sedimentación normal de buen tiempo incluye los depósitos identificados en las litofacies de conglomerado de cuarzo, de arenisca cuarzosa con entrecruzamientos, de vaque y limolita bioturbadas y de pelita laminada. La primera y segunda litofacies constituyen la asociación II y representarían depósitos de medios litorales dominados por olas (cara de playa proximal).

La asociación III está constituida por las litofacies de areniscas cuarzosas con entrecruzamientos y de vaque laminada y limolita bioturbada. Representan mantos y ondas de arena depositados en la zona de transición, después de los eventos de tormenta.

Los eventos episódicos de alta energía están representados por dos asociaciones faciales (asociaciones IV y V). La asociación IV se presenta en tres de las cinco unidades estudiadas (Formaciones Floresta, Áspero y San Bernardo) y comprende una sucesión formada por litofacies de coquina, de arenisca con HCS-SCS, y de pelita laminada. El arreglo de litofacies se corresponde a las definidas para depósitos de tormenta (tempestitas). La asociación V sólo se presenta en un intervalo de 25 m de espesor desarrollado en la parte inferior de la Formación San Bernardo. En esta asociación participan litofacies de conglomerado caótico, de vaque maciza, y de pelita laminada y se asigna a fenómenos principalmente gravitacionales (*debris flows*) canalizados que ingresaron a la plataforma, vinculados con eventos catastróficos como volcanismo, sismos o fuertes tempestades.

En este trabajo se demuestra que las unidades litoestratigráficas del Ordovícico de la sierra de Mojotoro son claramente mapeables y es posible estudiar sus características sedimentológicas a detalle. Asimismo, se describe de manera sucinta la importancia económica de cada unidad litoestratigráfica como rocas sedimentarias de aplicación, por ello se considera necesario realizar estudios geológicos de mayor detalle.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo pudo realizarse a partir de los proyectos de investigación del CI-UN-Sa N° 689, 876/3 y 1.270. A los revisores anónimos que con sus pertinentes observaciones enriquecieron este trabajo. A la Dra. Cristina Sánchez por la lectura crítica de este artículo.

## REFERENCIAS

- Aceñolaza, F.G. 1973. *Sanbernardaspis pygacantha* nov. gen. et nov. sp. (Trilobita - Asaphidae) del cerro San Bernardo, Salta, República Argentina. *Ameghiniana* 10: 132 - 138.
- Aceñolaza, F.G. y Toselli, A.J. 1981. Geología del noroeste argentino. Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales, Publicación Especial n° 1287, 212 p., San Miguel de Tucumán.
- Albanesi, G.L. y Rao, R. 1996. Conodont fauna from Santa Gertrudis Formation (Middle - Late Ordovician), Eastern Cordillera, Northwestern Argentina. Sixth International Conodont Symposium (ECOS VI), Abstracts: 3, Warszawa.
- Allen, J.R.L. 1980. Sand waves: a model of origin and internal structure. *Sedimentary Geology* 26: 281-328.
- Aparicio González, P.A. y Moya, M.C. 2014. Una propuesta para identificar formalmente al basamento estratigráfico del noroeste argentino. 19° Congreso Geológico Argentino, Actas CD, S2-3, Córdoba.
- Aparicio González, P.A., Moya, M.C. e Impicini, A. 2010. Estratigrafía del basamento (Neoproterozoico-Cámbrico), sierra de Mojotoro, Cordillera Oriental Argentina. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 17: 65-83.
- Aparicio González, P.A., Pimentel, M. y Hauser, N. 2011. Datación U-Pb por LA ICPMS de diques graníticos del ciclo Pampeano, sierra de Mojotoro, Cordillera Oriental Argentina. *Revista Asociación Geológica Argentina* 68: 33-38.
- Aparicio González, P.A., Pimentel, M.M., Hauser, N. y Moya, M.C. 2014. U-Pb LA-ICP-MS geochronology of detrital zircon grains from low-grade metasedimentary rocks (Neoproterozoic - Cambrian) of the Mojotoro Range, northwest Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 49: 39-59.
- Aparicio González, P.A., Garban, G, Hauser, N. y Gigena, L. 2017. Geochemistry of meta-sedimentary rocks from the Puncovicana Complex in the Mojotoro Range, NW Argentina: implications for provenance and tectonic setting. *Journal of South American Earth Sciences* 78: 1-14.
- Astini, R. 2008. Sedimentación, litofacies, discordancias y evolución paleoambiental durante el cámbrico-ordovícico. En: Coira B. y Zapettini E. (eds.), *Geología y Recursos naturales de la provincia de Jujuy. Relatorio XVII Congreso Geológico Argentino*: 50-74, San Salvador de Jujuy.
- Barrientos Ginés, A.V. 2002. Análisis de facies en el tercio inferior de la Formación San Bernardo (Ordovícico), Sierra de Mojotoro, Salta. XV Congreso Geológico Argentino, Actas I: 734-737, El Calafate.
- Barrientos Ginés, A.V. 2003. Depósitos de flujos densos en la Formación San Bernardo (Ordovícico Inferior). VII Jornadas de Ciencias Naturales del Litoral y I Jornadas de Ciencias Naturales del NOA, Resúmenes: 181, Salta.
- Barrientos Ginés, A.V. 2004. El Ordovícico Inferior en los cerros San Bernardo y 20 de Febrero (sierra de Mojotoro, Salta). Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ciencias Naturales. Tesis Profesional (inérita), 67 p., Salta.
- Barrientos Ginés, A.V. y Moya, M.C. 2011. Estratigrafía de los cerros San Bernardo y 20 de Febrero, sierra de Mojotoro, Salta, Argentina. XVIII Congreso Geológico Argentino, Actas: 1302-1303, Neuquén.
- Barrientos Ginés, A.V., Moya, M.C. y Bercheñi, V. 2015. Sedimentología y Paleoambientes del Ordovícico inferior aflorante en los cerros San Bernardo y 20 de Febrero - provincia de Salta. VII Jornadas de Ciencias Naturales: Investigación, Tecnología y Extensión; V Jornadas de la Enseñanza de las Ciencias Naturales; I Jornadas de Unidad Integrada INTA - unas, Actas digitales: 141, Salta.
- Benedetto, J.L. 1999. El Género *Drabovinnella* (Brachiopoda) en el Caradociano de la sierra de Mojotoro, provincia de Salta, Argentina. *Ameghiniana* 36: 235-238.
- Benedetto, J.L. y Toro, M. 1975. Desarrollo ontogenético de *Thysanopyge* argentina Kayser (Trilobite) y la validez de *Megalaspis saltaensis* (Kayser). Primer Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Actas 1: 175-190, San Miguel de Tucumán.
- Bourgeois, J. y Leithold, E. 1984. Wave-reworked conglomerates-depositional processes and criteria for recognition. En: Koster, E. y Steel, R. (eds.), *Sedimentology of gravels and conglomerates. Canadian of Petroleum Geologists, Memoir 10*: 331-343, Calgary.
- Brenchley, P.J., Pickerill, R.K. y Stromberg, S.G. 1993. The role of wave reworking on the architecture of storm sandstone facies, Bell Island Group (Lower Ordovician), Eastern Newfoundland. *Sedimentology* 40: 359-382.
- Bridges, B.H. 1982. Ancient offshore tidal deposits. En: Stride, A.H. (ed.), *Offshore tidal sands: processes and deposits*. Chapman and Hall, 172-192, New York.
- Clifton, H.E. 1998. Sedimentologic relevance of convulsive geologic events. *Geological Society of America, Special Paper 229*: 1-5.
- Corteleszi, C. e Iasi, R. 1976. Rocas filonianas en el Grupo Mojotoro (Ordovícico) al NE de la ciudad de Salta, provincia de Salta. República Argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología* 7: 21-28.
- Dott, R.H. Jr. y Bourgeois, J. 1982. Hummocky stratification: significance of its variable bedding sequences. *Geological Society of America Bulletin* 93: 663-680.
- Duke, W.L. 1985. Hummocky cross-stratification, tropical hurricanes, and intense winter storms. *Sedimentology* 32: 167-194.
- Dumas, S., R.W.C. Arnot, 2006. Origin of hummocky and swaley cross-stratification— The controlling influence of unidirectional current strength and aggradation rate. *Geology*: 34: 1073-1076.
- Eveling, E.J., y Moya, M.C. 2016a. La transición entre las formaciones Floresta y Áspero (Tremadociano superior) en la Sierra de Mojotoro, Cordillera Oriental Argentina. VII CLS - VII Congreso Latinoamericano de Sedimentología - XV Reunión Argentina de Sedimentología, Resúmenes: 78, Santa Rosa.
- Eveling, E.J. y Moya, M.C. 2016b. Ritmitas bioclásticas en el Tremadociano superior de la Sierra de Mojotoro, Cordillera Oriental, Argentina. VII CLS - VII Congreso Latinoamericano de Sedimentología - XV Reunión Argentina de Sedimentología, Resúmenes: 79, Santa Rosa.
- Gabaldón, V. 1991. Plataformas siliciclásticas externas: Facies y su distribución areal (Plataformas dominadas por tormentas). *Boletín Geológico y Minero, Publicación especial del Instituto Tecnológico GeoMinero de España*, 93 p., Madrid.
- Gallardo, E.F., Aguilera, N.G., Davies, D.A. y Alonso, R.N. 1996. Estratigrafía del Cuater-

- nario del Valle de Lerma, provincia de Salta, Argentina. XI Congreso Geológico de Bolivia, Actas 3: 483-493, Tarija.
- Gallardo, E. y Georgieff, S. 1999. Geología y Estratigrafía del Cuaternario del valle de Lerma y zonas aledañas. En: González Bonorino, G., Omarini, R. y Viramonte, J. (eds.), Geología del noroeste argentino. XIV Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 443-450, Salta.
- García, E.R. y Proserpio, C.A. 1976. Ostrácosos del Ordovícico (Arenigiano) del cerro San Bernardo, Provincia de Salta, República Argentina. VI Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 557- 563, Bahía Blanca.
- Georgieff, S. y González Bonorino, G. 2002. Facies y geometrías de los depósitos aluviales cuaternarios en la quebrada del Portezuelo, Sierra de Mojotoro, provincia de Salta, Argentina. Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología 9: 31- 42.
- Harrington, H.J. 1957. Ordovician Formations of Argentina. En Harrington, H. J. y Leanza, A. F. (eds.), Ordovician trilobites of Argentina. University of Kansas Special Publication 1: 1- 59, Lawrence.
- Harms, J.C., Southards, J.B., Spearing, D.R. y Walker, R.G. 1975. Depositional environments as interpreted from primary sedimentary structures and stratification sequences. The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Short Course 2: 161 p.
- Hongn, F., Mon, R., Petrinovic, I., del Papa, C. y Powell, J. 2010. Inversión y reactivación tectónicas cretácico cenozoicas en el noroeste argentino: influencia de las heterogeneidades del basamento neoproterozoico-paleozoico inferior. Revista de la Asociación Geológica Argentina 66: 38 - 53.
- Kayser, E. 1876. Über primordiale und unter-silurische Fossilien aus der Argentinischen Republik. Paläontographica, 3: 1-33.
- Kayser, E. 1897. Beiträge zur Kenntnis einiger paläozoischer Faunen Südamerikas. Zeitschrift der deutschen Geologischen Gesellschaft, 49: 274-317.
- Kidwell, S.M. y Holland, S.M. 1991. Field description of coarse bioclastic fabrics. Palaios 6: 426-434.
- Klein, G. de V. 1977. Clastic Tidal Facies. Continuing Education Publishing Company, 149 p., Champaign.
- Mángano, M.G., Buatois, L.A. y Moya, M.C. 2001. Trazas fósiles de trilobites en la Formación Mojotoro (Ordovícico Inferior – Medio de Salta, Argentina): Implicancias paleoecológicas, paleobiológicas y bioestratigráficas. Revista Española de Paleontología 16: 9-28.
- Malanca, S. 1996. Morfología y Ontogenia de un nuevo Shumardiidae (Trilobita) del Tremadociano de la sierra de Mojotoro, Salta, Argentina. 12º Congreso Geológico de Bolivia, Memorias 1: 391-399, Tarija.
- Miall, A.D. 2006. The Geology of Fluvial Deposits. Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology. Springer, 581 p., Berlin-London.
- Monteros, J.A. y Moya, M.C. 2003. Late Tremadocian graptolites from Mojotoro Range, Argentine Eastern Cordillera. En: Ortega, G. y Aceñolaza, G.F. (eds.), Proceedings 7th ICG. Serie de Correlación Geológica 18: 73-78, San Miguel de Tucumán.
- Monteros, J.A. y Moya, M.C. 2006. La Zona de *Kiaerograptus* (Tremadociano superior) en la sierra de Mojotoro, Cordillera Oriental argentina. Su vinculación con el Ceratopyge Regressive Event. XVII Congreso Geológico Boliviano, Memorias: 87-90, Sucre.
- Monteros, J.A. y Moya, M.C. 2008. Los graptolitos de la transición tremadociano-floiana en la Sierra de Mojotoro, Cordillera Oriental argentina XVII Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 366-367, San Salvador de Jujuy.
- Moya, M.C. 1988. Estratigrafía del Tremadociano en el tramo austral de la Cordillera Oriental argentina. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Salta (inédito), 328 p., Salta.
- Moya, M.C. 1998. El Paleozoico Inferior en la Sierra de Mojotoro, Salta - Jujuy, Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina 53: 219-238.
- Moya, M.C. 1999. El Paleozoico Inferior en la Cordillera Oriental Argentina. Guía de campo – XIV Congreso Geológico Argentino (inédito), 52 p., Salta.
- Moya, M.C. 2008. El Paleozoico Inferior en el Noroeste Argentino. Evidencias, Incógnitas, Propuestas para la Discusión. En: Coira, B. y Zappettini, E. O. (eds.), Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Jujuy. Relatorio del XVII Congreso Geológico Argentino: 74-84, San Salvador de Jujuy.
- Moya, M.C. y Monteros, J.A. 2011. The Tremadocian Deposits of the Argentinian Eastern Cordillera: A Scandinavian Signal In The Central Andes. En: Gutiérrez-Marco, J.C, Rábano, I. y García-Bellido, D. (eds.), Ordovician of the World. Cuadernos del Museo Geominero de España 14: 379-390, Madrid.
- Moya, M.C. y Monteros, J.A. 2014. La Formación Floresta: Una Guía en el estudio del Tremadociano del Norte Argentino. XIX Congreso Geológico Argentino, Actas digitales S2-15, Córdoba.
- Moya, M.C., Malanca, S. y Monteros, J.A. 2003. The Cambrian-Tremadocian Units of the Santa Victoria Group (Northwestern Argentina). A New Correlation Scheme. En: Albanesi, G.L., Beresi, M.S. y Peralta, S.H. (eds.), Ordovician from the Andes. Serie de Correlación Geológica, 17: 105-111, San Miguel de Tucumán.
- Moya, M.C. S. Malanca, J.A. Monteros, y Cuerda, A. 1994. Bioestratigrafía del Ordovícico inferior en la Cordillera Oriental argentina basada en graptolites. Revista Española de Paleontología 9: 91-104.
- Nemec, W. y R. Steel, 1984 Alluvial and coastal conglomerates: their significant features and some comments on gravelly mass-flow deposits. En: Koster, E. y Steel, R. (eds.), Sedimentology of gravels and conglomerates. Canadian of Petroleum Geologists, Memoir 10: 1-32, Calgary
- Orce, N.A. 1969. Estudio petrográfico de las rocas basálticas intruidas en las ortocuarcitas de la Formación Mojotoro, Provincia de Salta. Universidad Nacional de Tucumán, Departamento de Ciencias Naturales, Seminario II (inédito), 100 p., Salta.
- Ramos, V.A. 2017. Las Provincias Geológicas del Noroeste Argentino. En: Muruaga, C.M. y Grosse, P. (eds.), Ciencias de la Tierra y Recursos Naturales del NOA. Relatorio del 20º Congreso Geológico Argentino: 42-56, San Miguel de Tucumán.
- Reading, H. 1986. Sedimentary environment and facies. Blackwell Sci. Pub., 615 p., Oxford.
- Reineck, H. y Wunderlich, F. 1968. Classification and origin of Flaser and Lenticular Bedding. Sedimentology 11: 99-104.
- Saiz Cobbe, M.L. y Moya, M.C. 2008. Exploración de fosfatos en el Ordovícico de la Sierra de Mojotoro. XII Reunión Argentina de Sedimentología, Actas: 159, Buenos Aires.
- Sánchez, M.C. 1999. Sedimentología y Paleogeografía del Grupo Mesón (Cámbrico). En: González Bonorino, G., Omarini, R. y Viramonte, G. (eds.), Geología del noroeste argentino, Relatorio XIV Congreso Geológico Argentino 1: 126-133, Salta.
- Selley, R. 1976. Medios sedimentarios antiguos. Blume, 251 p., Madrid.
- Stride, A.H. 1988. Preservation of marine sand wave structures. En: De Boer, P.L., van Gel-

- der, A. y Nio, S.D. (eds.), Tide-influenced sedimentary environments and facies. D. Reidel Publishing Company, 13-22, Boston.
- Toselli, A.J. y Alonso, R.N. 2005. Pórfiro granítico Mojotoro (Salta): ¿Una cúpula intrusiva o un dique en el ciclo pampeano? Revista de la Asociación Geológica Argentina 60: 428-430.
- Turner, J.C.M. 1960. Estratigrafía de la sierra de Santa Victoria y adyacencias. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba 41: 163-196.
- Walker, R.G. y Plint, A.G. 1992. Wave - and storm - dominated shallow marine systems. En: Walker, R.G. (ed.), Facies Models Response to sea level change. Department of Geology, McMaster University: 219-238, Canada.
- Walker, R.G., Duke, W.L. y Leckie, D.A. 1983. Hummocky stratification: significance of its variable bedding sequences: Discussion. Geological Society of America Bulletin 94: 1245-1251.

Recibido: 4 de julio, 2017.

Aceptado: 17 de agosto, 2018.