

REVISIÓN DE LA ESTRATIGRAFÍA EOCENA-PLIOCENA DE LA CUENCA INTERMONTANA DE SAN ANTONIO DE LOS COBRES, PUNA SALTEÑA, ARGENTINA

Jonathan Ledesma¹, Cecilia del Papa¹ y Patricio Payrola²

¹ Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (CICTERRA) – CONICET – Universidad Nacional de Córdoba. Av. Vélez Sarsfield 1699, X5016GCB Córdoba. ledesmajh19@gmail.com; delpapacecilia@yahoo.com

² Instituto de Bio y Geociencias del NOA (IBIGEO) – CONICET – Universidad Nacional de Salta. Av. Bolivia 5150 – 4400, Salta. ppayrola@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history

Received May 28, 2019

Accepted September 11, 2019

Available online September 11, 2019

Handling Editor

Sebastian Richiano

Keywords

Antepaís Andino
Cuenca Intermontana
Formación Geste
Formación San Antonio
de los Cobres
Puna

RESUMEN

La cuenca de San Antonio de los Cobres, de tipo intermontana, ubicada sobre el límite oriental de la Puna conserva el registro estratigráfico del rift del Grupo Salta (Cretácico-Eoceno) y del antepaís andino (Eoceno?-Plioceno). El relleno de antepaís, muy poco conocido, está formado por unidades clásticas originalmente asignadas a las Formaciones Río Grande y Pisungo. A partir de trabajos de relevamiento estratigráfico y cartografía geológica de detalle se identificaron unidades litoestratigráficas que difieren de la columna originalmente propuesta para esta cuenca. Asimismo y en base a la identificación de discontinuidades estratigráficas, reconocimiento de superficies de distinta jerarquía y análisis de facies sedimentarias, se reconocieron las siguientes unidades litoestratigráficas correspondientes a la etapa de antepaís: Formación Geste (Grupo Pastos Grandes), Formación Conglomerado Los Patos y Unidad Eruptiva Ignimbrita Vizcachayoc. Asimismo, en la presente contribución se propone a la Formación Geste como la unidad más antigua de la fase de antepaís. Además, se propone formalmente a la Formación San Antonio de los Cobres, la que en base a sus características sedimentológicas se la divide en dos miembros formales: Miembro Corte Blanco, de edad acotada al mioceno tardío (7,8 - 6,3 Ma), el cual se caracteriza por depósitos de origen eólico, fluvio-eólico y volcánico, y el Miembro Muñano, de edad miocena tardía – pliocena?, de origen fluvial.

EXTENDED ABSTRACT

Stratigraphic revision of the Eocene-Pliocene intermontane San Antonio de los Cobres Basin, Puna Salteña, Argentina

The intermontane San Antonio de los Cobres basin (SAC), is located in the Eastern border of the Puna, near the limit with the Eastern Cordillera (Ramos, 2017). This basin preserves the stratigraphic record of the Salta Group (Cretaceous-Eocene) and the

Andean foreland (Eocene -Pliocene). This basin has been the subject of numerous investigations mainly focused on structural and volcanic aspects (e.g. Viramonte *et al.*, 1994; Petrinovic *et al.*, 1999; Riller *et al.*, 2001; Petrinovic *et al.*, 2005; Norini *et al.*, 2013; Seggiaro *et al.*, 2016). However, there are few works concerning to the sedimentary sequences, which have led to a lack of consensus on the stratigraphic record. Nevertheless, this basin is of special interest since it is located in a singular position at the limit of the Puna and the Eastern Cordillera, so that the

sedimentary record archives the moment and the way in which this area evolved.

In this contribution we present an integrated stratigraphic column for the San Antonio de los Cobres basin based on detailed cartography, stratigraphic relationships, sedimentological characterization and available ages. Likewise, and in accordance with the norms and recommendations of the Argentine Stratigraphy Code (1992), we propose a new lithostratigraphic unit, which allows organizing the stratigraphy of the Miocene record.

The basement of this basin is composed mainly of metamorphic and metasedimentary rocks of Lower Proterozoic - Lower Paleozoic age (e.g. Puscovicana Formation - Ramos (1973), Donato and Vergani (1988), Guayoc Chico Group - Ramos (1970), Parcha Formation - Harrington y Leanza, (1957)) and intrusive igneous rocks (granodiorites and rhyodacitic porphyries) corresponding to the Oire Eruptive Complex (Middle - Upper Ordovician) (Turner, 1960). These units are exposed, in general, in ranges-limiting the basin.

The sedimentary succession of the Cretaceous - Eocene age corresponding to the Salta Group rift related basin lies unconformably on the basement rocks (Turner, 1959). These units maintain the lithological characteristics described for the rest of the basin, in particular with the deposits of the Alemania and Tres Cruces sub-basins (Salfity and Marquillas, 1994).

The foreland basin is characterized by sandy to conglomeratic rocks, which have been deposited in different continental depositional systems, intercalated with volcanic deposits. The oldest unit that is recognized is the Geste Formation (Turner, 1960; Alonso, 1992). It is identified by the up-wards coarsening pattern and light gray-pink colors. Main outcrops can be found in the area of Corte Blanco and Quebrada Los Patos (Fig. 1d), in the southeastern sector of the basin at the foot of the Muñano mountain range (Fig. 1b - Quebrada Fundiciones), and in the Piscuno area (Fig. 1c). Based on differences in facies associations, three informal sections were distinguished: a) the lower section is characterized by a succession of reddish pelitic layers with sporadic intercalations of tabular banks composed of carbonate pisolites (Fig. 3c). Upwards it passes to tabular layers of claystones, silty claystones and silty sandstones with calcareous nodules and rhizoconcretions; alternating with

tabular to lenticular sandy to conglomeratic layers. This section is limited in its top by a hardened calcareous horizon, approximately six meters thick (Fig. 3e); b) the middle section is composed mainly of sandy to conglomeratic facies to the bottom (Fig. 3f) and pebbly to cobbly conglomerates at the top (Fig. 3g) with lenticular geometry, which intercalate with tabular strata of clayey siltstones and silty sandstones facies. The presence of greenish-yellow limestone clasts is highlighted, which suggest the uplift and exhumation of the Yacoraite Formation (Fig. 3h); c) the upper section is made up of tabular to slightly lenticular, pebbly to bouldery, clast-supported and imbricated conglomerates (Fig. 3i). At the moment, this Formation lacks absolute age determination in the study area. By similarity and correlation with the exposed outcrops in the adjacent Pastos Grandes basin, we assume ages between 37 - 35 Ma (DeCelles et al., 2007).

The Conglomerado Los Patos lies on angular unconformity over different units of the Santa Bárbara Subgroup (Fig. 3j, k) and/or on the Geste Formation (Fig. 3d). It is composed by cobbly to bouldery, matrix-supported conglomerates, clast-supported conglomerates and conglomerates with imbricated clasts. A maximum depositional age of 14.5 ± 0.5 Ma is constrained by U-Pb zircon dating in a volcanic clast contained in the base of the unit (del Papa and Petrinovic, 2017) while the top is limited at 13 Ma of the Viscachayoc Ignimbrite (Petrinovic et al., 1999).

The sedimentary succession above the Vizcachayoc Ignimbrite and below the Pleistocene - Holocene deposits has been named San Antonio de los Cobres Formation by Pingel et al., (2019). In the present work, we proposed the formal assignment complemented by stratigraphic details and sedimentological descriptions. Based on distinctive sedimentary facies associations, this Formation is divided into two formal members: a) Corte Blanco Member (*Nom. Nov.*): it lies unconformably on the Conglomerado Los Patos (Fig. 3k), on the Vizcachayoc Ignimbrite, or on the Geste Formation. It is characterized by a basal eruptive unit known as "Corte Blanco Ignimbrite" (*Nom. Nov.* for Toba I of Viramonte et al., 1984). Above, it develops an aeolian and fluvio-aeolian succession (Figs. 4, 5b) composed of sets of sandstones, with tabular cross-stratification and large-scale trough/tabular cross-stratification. The top is defined by the eruptive unit "Ignimbrita Ramadas" (*Nom. Nov.*

for Tufita Corte Blanco - Viramonte *et al.*, 1984) (Figs. 4, 5a). U-Pb zircon dating in both eruptive units allows us to constraint the age of this Member between 6.4 and 7.8 Ma (Late Miocene); b) Muñano Member (*Nom. Nov.*): it lies in sharp and concordant relation on Corte Blanco Member. It is characterized by a coarsening upward sequence. It begins with a succession of well-channelized sandstone bodies, intercalated with fine to medium conglomeratic beds. In the medium section predominates levels of multi-layering conglomerates intercalated with medium to coarse sandy beds; while the uppermost section consists of medium to coarse-grained sandy levels with erosive bases (concave) and thin lenses of pebbly conglomerate, and thick bodies of clast-supported, pebbly to bouldery conglomerates towards the top. U-Pb zircon dating yielded an age of 5.5 Ma in volcanic ash fall contained at the upper section (Pingel *et al.*, 2019), so a Late Miocene – Pliocene? age could be assigned to this Member.

Keywords: Andean Foreland, Intermontane Basin, Geste Formation, San Antonio de los Cobres Formation, Puna.

INTRODUCCIÓN

La cuenca intermontana de San Antonio de los Cobres (SAC) se ubica en el ámbito de la Provincia Geológica de Puna, cercana al límite con la Cordillera Oriental (Ramos, 2017) (Fig 1a). La misma se encuentra limitada al norte por el Volcán Chipas, hacia el sur por el cerro Abra de Acay, el Complejo Volcánico Negra Muerta y el lineamiento Calama – Olacapato – El Toro (COT), hacia el este por la Sierra de Muñano, y al oeste por la Sierra de Cobres. Estas serranías responden a fallas regionales N-S de vergencia occidental - Falla Charco y Muñano - que levantan bloques de basamento metamórfico sobre unidades sedimentarias (Fig. 1b). Mientras que el lineamiento COT presenta una zona densamente fallada, al sur de la cuenca, que ha sido interpretada como un sistema transtensivo/compresivo (Norini *et al.*, 2013; Seggiaro *et al.*, 2016) (Fig. 1b).

Las rocas más antiguas y que constituyen el basamento estructural de esta cuenca, están compuestas por sedimentitas y leptometamorfitas de edad precámbrica - ordovícica sobre las que se asientan rocas sedimentarias y volcánicas cretácicas a cuaternarias (Donato y Vergani, 1988; Ramos,

2017). La característica más sobresaliente de la Puna es el volcanismo neógeno, constituido por estratovolcanes y domos volcánicos de composición andesítica y dacítica, calderas y sus correspondientes ignimbritas, y conos basálticos monogénicos (Coira *et al.*, 1993; Maro y Caffè, 2012; Prezzi y Goetze, 2009; Seggiaro *et al.*, 2016; Petrinovic *et al.*, 2017). Estos productos volcánicos se intercalan con sedimentos neógenos continentales correspondientes a la cuenca de antepaís andina agrupados en el Grupo Pastos Grandes (definidos en el sitio homónimo), y compuesto por las Formaciones Geste, Pozuelos y Sijes (Pascual, 1983; Alonso, 1992).

La cuenca SAC, de tipo intermontana, ha sido objeto de numerosas investigaciones enfocadas en aspectos estructurales y volcánicos (*e.g.* Viramonte *et al.*, 1994; Petrinovic *et al.*, 1999; Riller *et al.*, 2001; Petrinovic *et al.*, 2005; Norini *et al.*, 2013; Seggiaro *et al.*, 2016; Coira *et al.*, 2018; Lucci *et al.*, 2018). Sin embargo, son escasos los trabajos referidos a las secuencias sedimentarias, lo que ha generado una falta de consenso sobre el registro estratigráfico. No obstante, esta cuenca reviste especial interés ya que se ubica en una posición singular en el límite Puna y Cordillera Oriental, de manera que el registro sedimentario guarda el momento y el modo en que se produjo la fragmentación de la misma.

En esta contribución se propone una columna integrada para la cuenca SAC en base a cartografía de detalle, relaciones estratigráficas, caracterización sedimentológica y edades disponibles. Asimismo y de acuerdo a las normas y recomendaciones del Código Argentino de Estratigrafía (1992), se propone una nueva unidad litoestratigráfica que permite organizar la estratigrafía del registro mioceno.

ANTECEDENTES DE LA CUENCA DE SAN ANTONIO DE LOS COBRES

Los primeros estudios y cartografía del área corresponden a Vilela (1969), quien realizó la descripción geológica de la Hoja 6 c “San Antonio de los Cobres”. Mientras que Ramos (1973) realizó una cartografía detallada del borde oriental de la Puna entre SAC y El Moreno, a partir del cual realizó valiosos aportes estratigráficos y estructurales. En cuanto a estudios petrológicos y geoquímicos, Llambías *et al.*, (1985) describieron y cartografiaron las rocas intrusivas y efusivas del Cerro Acay. Asimismo, Malvicini (1985) describió

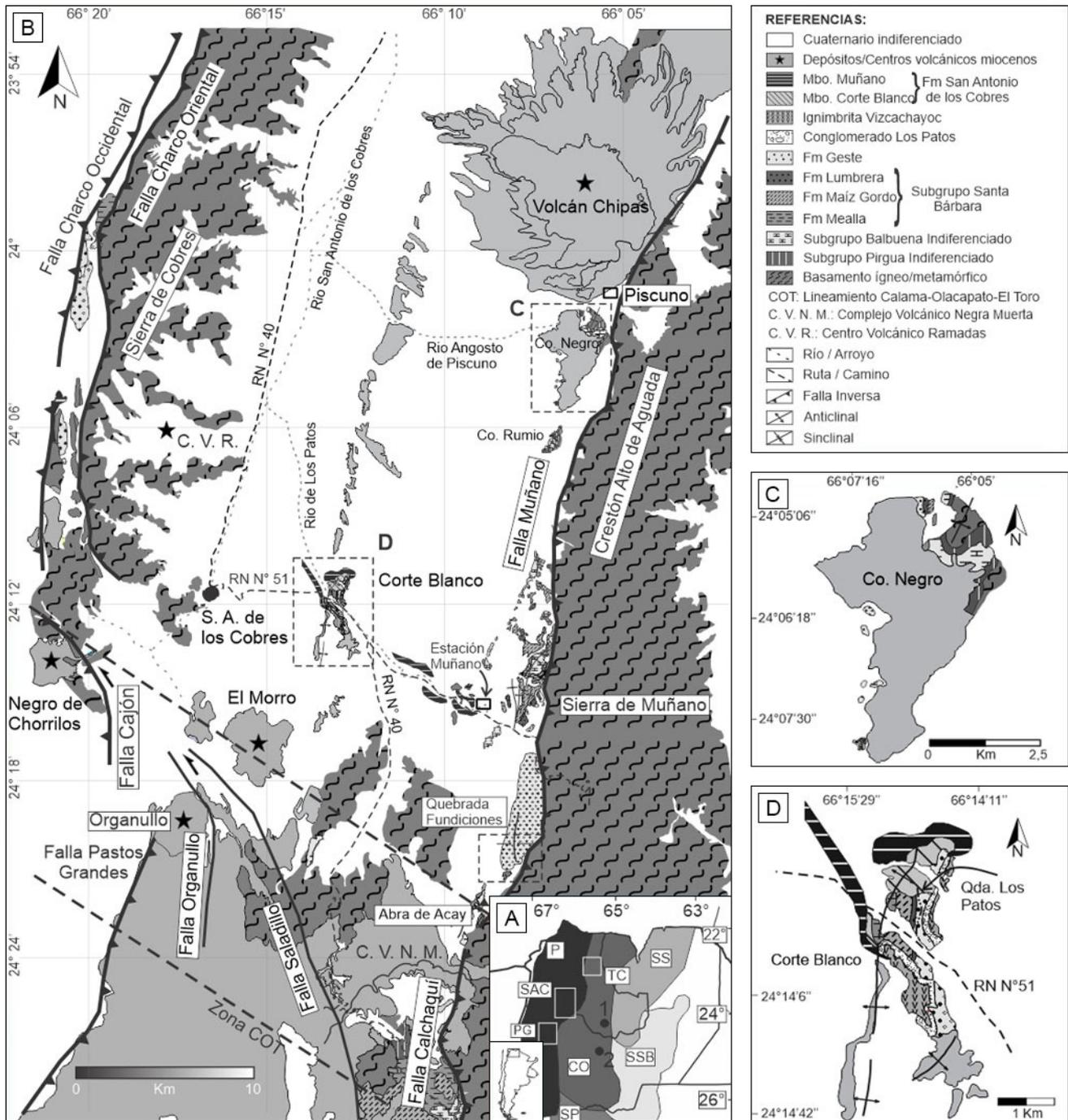


Figura 1. Mapa Geológico de la cuenca de San Antonio de los Cobres, tomado de Ramos, (1973); Donato y Vergani, (1988); Petrinovic *et al.* (1999); Riller *et al.* (2001) y del Papa y Petrinovic, (2017). **a)** Mapa regional del Noroeste Argentino, mostrando las principales provincias geológicas y cuencas: P: Puna, CO: Cordillera Oriental, SS: Sierras Subandinas, SSB: Sistema Santa Bárbara, SP: Sierras Pampeanas, SAC: Cuenca de San Antonio de los Cobres, TC: Cuenca de Tres Cruces, PG: Cuenca de Pastos Grandes 1: Prov. de Jujuy, 2: Prov. de Salta. Modificado de Ramos (2017). **b)** Mapa geológico de la cuenca de San Antonio de los Cobres. **c)** Zona del anticlinal Piscuno, el cual afecta unidades de basamento y Grupo Salta y muestra los afloramientos de la Formación Geste. **d)** Zona de Corte Blanco, área tipo de la Formación San Antonio de los Cobres, mostrando la extensión de sus afloramientos y las relaciones con las unidades del Grupo Salta, Formación Geste, Fm. Conglomerado Los Patos e Ignimbrita Vizcachayoc.

Figure 1. Geological map of the San Antonio de los Cobres basin based on Ramos, (1973); Donato y Vergani, (1988); Petrinovic *et al.* (1999); Riller *et al.* (2001) y del Papa y Petrinovic, (2017). **a)** Regional map of Northwest of Argentina, showing the main geological provinces and basins: P: Puna, CO: Eastern Cordillera, SS: Sub-Andean Range, SSB: Santa Bárbara System, SP: Sierras Pampeanas, SAC: San Antonio de los Cobres Basin, TC: Tres Cruces Basin, PG: Pastos Grandes Basin 1: Province of Jujuy, 2: Province of Salta. Modified from Ramos, (2017). **b)** Geological map of the San Antonio de los Cobres basin. **c)** Piscuno anticline

las relaciones de contacto entre el cuerpo intrusivo y las sedimentitas meso-cenozoicas del Grupo Salta.

Posteriormente Donato y Vergani (1988) estudiaron el registro estratigráfico y estructural de la cuenca. A partir de estas investigaciones, presentaron la única columna estratigráfica integrada al presente (Fig. 2), en la que se identifica el basamento formado por unidades metasedimentarias de edad precámbrica – cámbrica inferior, de bajo grado metamórfico, correspondientes a la Formación Puncoviscana (Turner, 1960), cuarcitas ordovícicas del Grupo Guayoc Chico (Ramos, 1973), limolitas y lutitas gris-verdosas intercaladas con areniscas finas, de la Formación Parcha (Harrington; en Harrington y Leanza, 1957) de edad ordovícica, y por rocas ígneas intrusivas correspondientes al Complejo Eruptivo Oire (ordovícico medio - superior) (Turner, 1960). La sucesión estratigráfica continúa con el relleno de *rift* cretácico – paleógeno perteneciente al Grupo Salta. Los autores reconocen a los Subgrupos Pírgua (Reyes y Salfity, 1973) y Balbuena (Moreno, 1970), específicamente a la Fm. Yacoraita (Turner, 1959) y a las tres unidades del Subgrupo Santa Bárbara, Formaciones Mealla, Maíz Gordo y Lumbrera (Moreno, 1970).

Donato y Vergani (1988) asignan el relleno de la cuenca de antepaís al Grupo Orán (Russo, 1972) y reconocen las Formaciones Río Grande y Pisungo (Pascual *et al.*, 1978) en base al contenido conglomerádico y al diseño granocreciente de las unidades y asignan una edad eocena tardía – oligocena para la primera y miocena media para la segunda. Las unidades de los Grupos Salta y Orán son intruídas por la Fm. Acay (Mirré, 1974), un cuerpo granítico de edad miocena (~ 13 Ma – Haschke *et al.*, 2005). Posteriormente, (del Papa y Petrinovic, 2017) realizaron trabajos de investigación sobre el Conglomerado Los Patos, descrito por Ramos (1973), el cual se apoya en discordancia angular sobre las unidades del Grupo Salta y neógenas, y es cubierto por el manto ignimbrítico Vizcachayoc (Fig. 2).

La ignimbrita Vizcachayoc fue asignada por Ramos (1970) como un miembro de la Formación Chipas y posteriormente Petrinovic *et al.*, (1999) propusieron como posible centro emisor al complejo eruptivo

Acay (Fig. 1b). Finalmente Arnosio *et al.* (2005) en base al análisis de elementos de tierras raras y trazas de las pómez encontraron similitud con la Ignimbrita El Morro, siendo junto con esta, los depósitos más antiguos en la historia eruptiva (13 Ma Ignimbrita Vizcachayoc y 12 Ma Ignimbrita El Morro - Petrinovic *et al.*, (1999) asociados al Centro Eruptivo El Morro (Fig. 1b). En contacto discordante sobre esta unidad se apoyan las denominadas Tufitas Corte Blanco de edad miocena tardía (Ramos, 1973; Viramonte *et al.*, 1994). Un conjunto de lavas e intrusivos subvolcánicos aflorantes al sur del área de estudio fueron descritos como Complejo Volcánico Negra Muerta (Llambías *et al.*, 1985) (Figs. 1b, 2) y posteriormente datados en 9 – 7,3 Ma (Petrinovic *et al.*, 2005).

Una sucesión de areniscas finas a gruesas, gris oscura, frecuentemente intercaladas con conglomerados finos a gruesos y ocasionalmente depósitos de cenizas volcánicas, suprayacen de manera discordante a las unidades anteriores y fueron agrupadas bajo el nombre de Formación San Antonio de los Cobres por Pingel *et al.*, (2019).

ESTRATIGRAFÍA DE LA CUENCA DE SAN ANTONIO DE LOS COBRES

Basamento Precámbrico - Paleozoico

El basamento ígneo-metamórfico de la cuenca está compuesto por sedimentitas de bajo grado metamórfico, de la Formación Puncoviscana (Ramos, 1973; Donato y Vergani, 1988) de edad neo-proterozoica inferior – cámbrica inferior (Toselli *et al.*, 2017). La misma se encuentra muy plegada y se reconoce tanto en el sector oriental, formando la Sierra de Muñano, como al oeste, en la Sierra de Cobres (Fig. 1a). Hacia el sector norte de la cuenca SAC, al este del volcán Chipas, se reconoce al Grupo Guayoc Chico (areniscas y lutitas de edad tremadociana – Ramos, 1973), y a la Formación Parcha (Harrington y Leanza, 1957) limolitas y lutitas estratificadas en bancos finos con intercalaciones de areniscas finas, de edad arenigiana. Hacia el suroeste de la cuenca, el basamento se compone de rocas ígneas intrusivas (granodioritas y pórfiros

zone, involving basement and Salta Group units and showing the Geste Formation. **d)** Corte Blanco Zone, type area of the San Antonio de los Cobres Formation, showing its distribution and the relationships with the units of Salta Group, Geste Formation, Conglomerado Los Patos Formation and Vizcachayoc Ignimbrite.

		Donato y Vergani 1988	Pingel et al. 2019	Este trabajo		
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Depósitos Aluviales Basalto Negro de Chorrillos Depósitos Aterrazados	Depósitos Aterrazados		
		Pleistoceno	Dacita Concordia	Basalto Negro de Chorrillos	Basalto Negro de Chorrillos	
			Conglomerados y Areniscas	Basalto San Jerónimo Conglomerados Cuaternarios	Basalto San Jerónimo Conglom. Cuaternarios	
		Neógeno	Plioceno	Comp. Volc. Negra Muerta	Fm. San Antonio de los Cobres	Fm. S.A.C. Mbo. Muñano
	Fm. Chipas			Mbo. Corte Blanco		
	Mioceno		Riolitas y Piroclastitas Granatíferas	Fm. Conglom. Los Patos	Fm. Conglom. Los Patos	C.V. Negra Muerta
			Tufitas Corte Blanco			Ignimbrita El Morro
			Ignimbrita Vizcachayoc			Ignimbrita Vizcachayoc
			Fm. Cong. Los Patos			
	Fm. Pisungo					
	Paleógeno	Oligoceno	Fm. Río Grande	Fm. Casa Grande	Fm. Geste	
		Eoceno	Grupo Salta	Fm. Lumbrera		
				Fm. Maíz Gordo		
	Paleoceno	Fm. Mealla				
		Maastrichtiano		Fm. Yacoraite		
				Fm. Lecho		
	Cretácico	Campaniano	Subgrupo Pirgua			
		Paleozoico	Ordovícico	Complejo Eruptivo Oire		
Fm. Parcha						
Tremadociano	Grupo Guayoc Chico					
Camb. Terreneuviano		Fm. Puncoviscana				
	Neo-proterozoico					
Era/Sistema/Época		Unidad Litoestratigráfica				

Figura 2. Cuadro estratigráfico de la cuenca de San Antonio de los Cobres, mostrando la evolución de la nomenclatura de las unidades post-Grupo Salta. C.V. Negra Muerta: Complejo Volcánico Negra Muerta. Fm. S.A.C.: Formación San Antonio de los Cobres. **Figure 2.** Stratigraphic chart of the San Antonio de los Cobres basin, showing the evolution of the nomenclature of the post-Salta Group units. C.V. Negra Muerta: Negra Muerta Volcanic Complex. Fm. S.A.C.: San Antonio de los Cobres Formation.

riodacíticos) correspondientes al Complejo Eruptivo Oire (ordovícico medio - superior) (Turner, 1960).

Cuenca de *rift*: Grupo Salta

En discordancia sobre las unidades del basamento, se apoya la sucesión sedimentaria de edad cretácica - eocena media correspondiente al Grupo Salta (Turner, 1959). Las unidades reconocidas mantienen las características litológicas

descriptas en su definición, en particular con las sucesiones expuestas en la Subcuenca de Alemania. En la zona de estudio se reconoce el relleno de *sinrift* perteneciente al Subgrupo Pirgua aunque no se distinguen las unidades litoestratigráficas que lo integran. El Subgrupo está presente en Piscuno, en el sector norte de la cuenca (Fig. 1a, c) con un espesor parcial de aproximadamente 30 m. Está compuesto por conglomerados polimícticos pardo-rojizos, medianos a gruesos que presentan estratificación

tabular gruesa e imbricaciones; conglomerados polimícticos finos a muy finos, con geometrías de canal, estratificación cruzada planar y en artesas y ortoconglomerados polimícticos finos a medianos con estructuras similares a los anteriores y que corresponderían a depósitos de sistemas fluviales entrelazados relacionados a abanicos aluviales (Donato y Vergani, 1988).

El relleno de *postrift* se distingue por los espesores reducidos en comparación al registro de Cordillera Oriental, en conjunto oscila entre 300 y 400 metros. El Subgrupo Balbuena, integrado por las Formaciones Lecho y Yacoraite, aflora de manera discontinua en el sector oriental de la cuenca, en el faldeo occidental de la sierra de Muñano, formando parte de una serie de sinclinales y anticlinales de orientación NNE – SSE (Fig. 1a). En el sector norte de la cuenca, en Piscuno, se observa el contacto en transición entre la Formación Lecho y los depósitos carbonáticos amarillentos de la Formación Yacoraite. Para esta unidad Donato y Vergani (1988) reconocen tres miembros: El miembro inferior, compuesto por arenitas cuarzosas finas con cemento carbonático estratificadas con vaques finas y conglomerádicas, luego una sección predominantemente carbonática (vaques finas calcáreas, *packstones* litoclásticos y oolíticos). El miembro medio está integrado por arcilitas y limolitas, escasas intercalaciones de *boundstones* estromatolíticos, *grainstones*, *wackstones* y *mudstones*. Por último un miembro superior caracterizado por arcilitas laminadas y limolitas calcáreas gris claro, macizas y arenitas calcáreas.

El Subgrupo Santa Bárbara se inicia con la Formación Mealla que aflora a lo largo de una faja en el poniente del cordón del Acay, en el sector suroriental de la cuenca y también se reconoce en pequeños afloramientos en el sector de Corte Blanco (Fig. 1b, d). La Formación Mealla está integrada por una sección inferior de pelitas rojizas con bioturbaciones que pasa a areniscas y conglomerados finos rosados, depositados en sistemas fluviales de tipo entrelazado (Donato y Vergani, 1988). La Formación Maíz Gordo se compone de areniscas blancas y conglomerados finos. Aflora al oeste del Crestón Alto de Aguada, en la zona de Corte Blanco, Quebrada Los Patos y en Piscuno (Fig. 1b-d) donde se compone de areniscas a sabulitas blancas cuarzosas, en bancos de geometría tabular, de moderada a buena selección, intercaladas con niveles de conglomerados finos a medianos. Destacan en esta unidad, bancos de arenisca

sabulíticas con motas y concreciones ferruginosas amarillentas-violáceas, acompañadas por estructuras prismáticas tipo *peds* (Fig. 3a) e interpretadas como paleosuelos gley que correlacionan con los descriptos en otras localidades (Andrews *et al.*, 2017). El pase a la Formación Lumbrera es definido por un cambio tanto en la litología, como en el color. Aflora en el sector de la Quebrada Los Patos, en el área de Corte Blanco y en una faja meridiana sobre el área oriental que incluye la localidad de Piscuno (Fig. 1c). Está compuesta por una sucesión de facies de limoarcilitas a limoarenitas rojas a marrón rojizo, de geometría tabular, con un desarrollo considerable de motas, concreciones, rizoconcreciones verticales y horizontales de carbonato y eventuales revestimientos de arcillas formando superficies *slickensides*. Esta facies se intercala con capas menores de areniscas fina hasta sabulítica (Fig. 3b), de geometría tabular a lenticular, marcadas superficies de acreción lateral, y niveles lenticulares de conglomerados finos, con bases irregulares.

Cuenca de antepaís

La cuenca de antepaís está caracterizada por depósitos areno-conglomerádicos formados en distintos ambientes sedimentarios continentales, intercalados con depósitos volcánicos. El contacto con las unidades del Grupo Salta es de tipo paraconcordante o discordante según la posición de la cuenca que se analice. Se distingue del Grupo Salta por un marcado contraste en las granulometrías de las unidades, siendo el relleno de antepaís de una granulometría predominantemente areno-conglomerádica.

Formación Geste: Es la unidad más antigua que se reconoce (Turner, 1960; Alonso, 1992), se identifica por el patrón grano-estratocreciente y color gris rosado claro. Aflora principalmente en al área de Corte Blanco y quebrada Los Patos (Fig. 1d), en el sector sureste de la cuenca SAC al pie de la sierra de Muñano (Fig. 1b– quebrada Fundiciones), y en la zona de Piscuno, al noreste de la cuenca (Fig. 1c).

En base a diferencias en las asociaciones de facies, se distinguieron tres secciones informales:

La sección inferior se caracteriza por una sucesión predominante de capas pelíticas rojizas que en la parte basal presentan intercalaciones esporádicas de bancos tabulares integrados por pisolitas

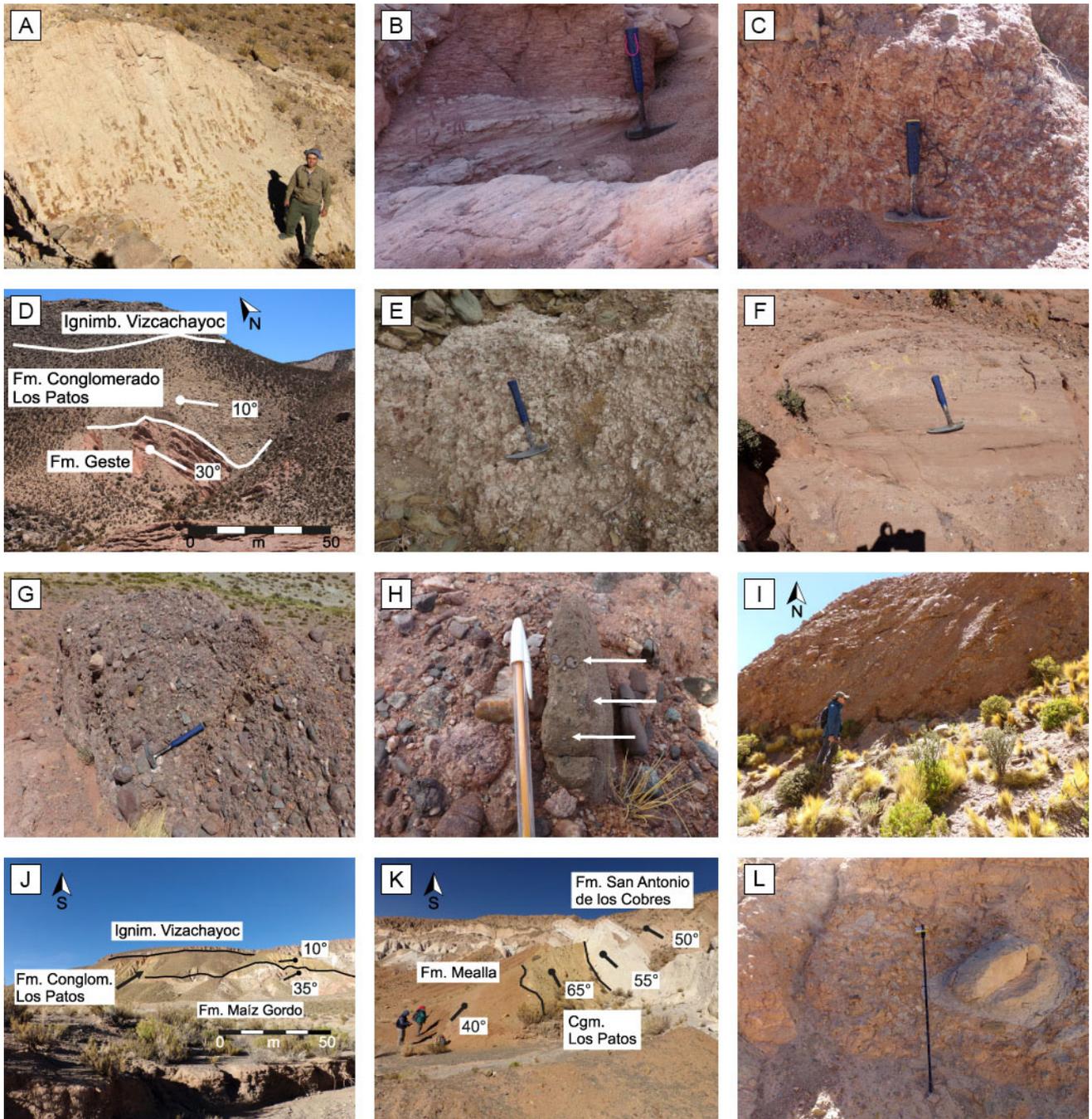


Figura 3. Imágenes de las principales unidades litoestratigráficas que afloran en la cuenca de San Antonio de los Cobres. **a)** concreciones ferruginosas y estructuras prismáticas tipo *peds* en Fm. Maíz Gordo. **b)** Intercalaciones de bancos limolíticos rojizos y de areniscas con estructuras de acreción lateral de la Fm. Lumbrera. **c)** Rasgos pedogénéticos en facies limoarcilíticas de la Fm. Geste. **c)** Relaciones estratigráficas de discordancia entre las Formaciones Geste, Conglomerado Los Patos e Ignimbrita Vizcachayoc en la zona de la Quebrada Los Patos. **e)** Desarrollo de nódulos calcáreos coalescentes formando un horizonte endurecido (calcrete) al techo de la sección inferior de la Fm Geste. **f)** Cuerpo areno-conglomerádico de geometría lenticular, con estratificación cruzada tabular de la sección media de la Fm. Geste. **g)** Cuerpo conglomerádico mediano a grueso, clasto-soportado, con estratificación cruda, horizontal de la sección superior de la Fm Geste. **h)** Clasto de caliza oolítica con restos de gasterópodos (e.g. turritelas, indicadas por las flechas blancas), correspondiente a la Fm. Yacoraite contenido en sección media de la Fm. Geste. Lapicera de escala: 15 cm. **i)** Niveles de conglomerados clasto-soportados, con estructura interna imbricada, correspondientes a la sección superior de la Fm. Geste. **j)** Discordancia entre el Conglomerado Los Patos y unidades del Subgrupo Santa Bárbara (Fm. Maíz Gordo) en el área de Corte Blanco. **k)** Relaciones discordantes entre las unidades de Subgrupo Santa Bárbara (Fm. Mealla), Conglomerado Los Patos y Fm. San Antonio de los Cobres en el área de Corte Blanco, donde se encuentra el perfil tipo de la Fm. San Antonio de los Cobres. **l)** Fanglomerado basal de la Fm. San Antonio de los Cobres, restringido a la

carbonáticas. Hacia arriba pasa a capas limo-arenosas de color bordó a rosado, y geometría tabular, alternando capas areno-gravosas de gradación normal. En la zona de Corte Blanco, al norte del río Los Patos (Quebrada Los Patos - Fig. 1d) se midió un espesor de 147,5 m, sin embargo, el espesor es muy variable a lo largo de la cuenca, debido a los procesos de erosión que labraron la discordancia superior (Fig. 3d). Esta sección está integrada por paquetes espesos (~5-10 m) de arcilitas, limoarcilitas y limoarenitas con nódulos y rizoconcreciones carbonáticas. En general carecen de estructuras sedimentarias primarias o poseen laminación difusa e interestratifican con capas de arenisca gruesas. Las mismas tienen geometría tabular a lenticular, con bases erosivas compuestas de conglomerado fino a mediano. Internamente presentan algo de matriz limoarcillosa y revestimientos arcillosos en forma de cutanes, además de motas y concreciones carbonáticas. Hacia el Este del área del Corte Blanco, el techo de esta sección está formado por un horizonte calcáreo endurecido de aproximadamente 6 m de espesor, formado por nódulos carbonáticos coalescentes que provocaron la pérdida total de las estructuras sedimentarias primarias (Fig. 3e).

La sección media aflora con su mayor espesor (403 m) en la quebrada Fundiciones en el sector suroriental de la cuenca, al pie de la sierra de Muñano, mediante una falla inversa que levanta la Formación Puncoviscana y la pone en contacto sobre la Formación Geste invirtiendo la polaridad de los estratos (Fig. 1a). Sin embargo, al Este

de Corte Blanco, esta sección suprayace a la inferior de manera concordante sobre el horizonte calcáreo mencionado anteriormente. Se compone principalmente de facies areno-conglomerádicas a la base (Fig. 3f) y conglomerádicas medianas a gruesas al techo (Fig. 3g), intercaladas con bancos tabulares de facies de limoarcilitas a limoareniscas, con laminación difusa. La facies fina, en comparación con la sección inferior, no presenta desarrollo de concreciones y rizoconcreciones carbonáticas, salvo algunas motas de decoloración de escaso desarrollo, y algunos revestimientos arcillosos. La facies gruesa se compone principalmente de conglomerados lenticulares, con bases irregulares, marcadamente cóncavas y cuya granulometría varía desde grava fina a gruesa y grada vertical y lateralmente a facies arenosas. Las estructuras sedimentarias presentes son estratificaciones cruzadas en artesa, tabular-planar y estratificación cruda/horizontal paralela. Internamente se observa que las facies gravosas presentan imbricación de clastos. Una de las características sobresalientes de la sección, es la presencia de clastos carbonáticos verde-amarillentos, algunos oolíticos y/o con restos de gasterópodos (entre ellos turritelas), los cuales sugieren la exhumación y retrabajo de la Formación Yacoraite (Fig. 3h).

La sección superior aflora en el sector suroriental de la cuenca, en la quebrada Fundiciones (Fig. 1a). Suprayace a la sección media mediante un contacto neto. Esta sección se conforma de cuerpos conglomerádicos tabulares a levemente lenticulares; medianos a muy gruesos de tipo clasto-soportados,

Quebrada los Patos. Los clastos componentes corresponden a la Ignimbrita Vizcachayoc y a filitas negras-azuladas. Báculo de Jacob de escala: 1,5m. Persona de escala en Figuras a), i) y k): ~1,6 m. Martillo de escala en Figuras b), c), e), f) y g): 30 cm.

Figure 3. Images showing the characteristics of the main units that outcrops in the San Antonio de los Cobres area. **a)** ferruginous concretions and prismatic peds structures, Maíz Gordo Fm. **b)** Interbedded reddish limestones and sandstones with lateral accretion structures, Lumbera Fm. **c-** Pedogenetic features in siltstone facies, Geste Fm. **d)** Unconformably relationships between the Geste Formation, Conglomerado Los Patos Formation and the Vizcachayoc Ignimbrite in the Quebrada Los Patos area. **e)** Coalescent calcareous nodules forming a hardened horizon (calcrete) at the top of the lower section of the Geste Formation. **d)** Sandy conglomerate bed of lenticular geometry, with tabular cross-stratification of the middle section of the Geste Formation. **g)** Pebbly to cobbly, clast-supported conglomerate, with crude, horizontal stratification at the upper section of the Geste Formation. **h)** Oolitic carbonate clast with remains of gastropods (ex. Turritelas, indicated by the white arrows), corresponding to the Yacoraite Formation in a conglomerate of the middle section of the Geste Formation. Pencil as scale: 15 cm. **i)** Levels of clast-supported conglomerates, with internal imbricated clasts, corresponding to the upper section of the Geste Formation. **j)** Unconformably relationships between the Conglomerado Los Patos Formation and Santa Bárbara Subgroup units (Maíz Gordo Formation) at Corte Blanco. **k)** Discordant relations between the Santa Bárbara Subgroup units (Mealla Formation), Conglomerado Los Patos Formation and San Antonio de los Cobres Formation in the Corte Blanco area. **l)** Basal fanglomerate of the San Antonio de los Cobres Formation restricted to Quebrada los Patos. The component clasts correspond to the Vizcachayoc Ignimbrite and bluish-black phyllites. Jacob's staff as scale: 1.5 m. Person as scale in Figures a), i) and k): ~ 1.6 m. Hammer as scale in Figures b), c), e), f) and g): 30 cm.

con imbricación (Fig. 3i), estratificación cruda, horizontal paralela y cruzada en artesa difusa. Esta sección prácticamente carece de granulometrías más fina que conglomerado y no se reconocieron clastos carbonáticos amarillentos.

Relaciones estratigráficas de la Formación Geste: La Formación Geste se encuentra en contacto a la base con la Formación Lumbrera. El pasaje es definido por un salto granulométrico de las unidades. Mientras que en la Formación Lumbrera predominan las facies finas de limoarcilitas y areniscas, la Formación Geste se caracteriza por cuerpos arenosos, con intercalaciones de limoareniscas y conglomerados medianos a gruesos, de geometrías tabulares a lenticulares. El contacto superior varía según el lugar de la cuenca que se analice. En la zona de Corte Blanco, parte de la unidad se encuentra erosionada y en discordancia con el Conglomerado Los Patos (Fig. 3d) o bien con la Formación San Antonio de los Cobres.

Edad de la Formación Geste: Por el momento, esta unidad carece de dataciones absolutas en el área de estudio. Por similitud y correlación con los afloramientos expuestos en la adyacente cuenca de Pastos Grandes, se estima una edad entre 37 – 35 Ma (U-Pb en circones detríticos - DeCelles *et al.*, 2007) para la misma.

Formación Conglomerado Los Patos: Esta unidad se reconoce en la zona de Corte Blanco y alrededores (Fig. 1d), especialmente en el centro-sur de la cuenca. La misma se dispone de manera discordante sobre distintas unidades del Subgrupo Santa Bárbara (Fig. 3j, k) y/o sobre la Formación Geste (Fig. 3d). El techo se encuentra cubierto por el manto Ignimbrítico Vizcachayoc en relación discordante (Fig. 3d, k). Presenta espesores muy variables, desde escasos metros hasta decenas de metros, sin embargo, Ramos (1973) menciona máximos de 270 m al este de Corte Blanco. Se distingue por la composición principalmente conglomerádica, colores marrón y marrón-verdoso, y tendencia grano-decreciente. Está integrada por conglomerados gruesos a muy gruesos, matriz-soportados, conglomerados clasto-soportados y conglomerados con clastos imbricados. La asociación de facies sedimentarias sugiere procesos de flujos gravitacionales y sedimentación en ambientes de abanico aluvial, en posiciones media a proximal (del Papa y Petrinovic, 2017).

Estos autores, propusieron su formación asociada a procesos localmente distensivos relacionados al sistema transcurrente COT (Fig. 1b). La edad queda comprendida entre 14,5 Ma (U-Pb en circón a partir de un clasto volcánico contenido en la base de la unidad - del Papa y Petrinovic, 2017) y el techo de la unidad está delimitado a los 13 Ma de la Ignimbrita Vizcachayoc (Petrinovic *et al.*, 1999).

Ignimbrita Vizcachayoc: Se reconoce en el sector central de la cuenca (Fig. 1d). Se encuentra en contacto discordante sobre la Formación Conglomerado Los Patos (Fig. 3d, k). Se caracteriza por formar una capa resistente a la erosión de color gris-negruzco que tapiza las unidades sedimentarias previas. Se trata de una ignimbrita con un elevado grado de soldamiento y con abundantes fragmentos juveniles. También se observan fragmentos líticos presumiblemente de basamento (Fm. Puncoviscana) y de otros de composición volcánica (Arnosio *et al.*, 2005).

Formación San Antonio de los Cobres: Esta Formación ha sido recientemente mencionada por Pingel *et al.*, (2019) en el área de Corte Blanco (Fig. 1d). Se trata de una sucesión fluvio-eólica y fluvial que hasta el presente se mantenía innominada. Estos autores la reconocieron en base a las características y relaciones estructurales, sin embargo, no realizaron una descripción sedimentológica.

En el presente trabajo se toma la denominación propuesta por estos autores y se presenta la descripción formal de acuerdo a las normas estratigráficas. A su vez, se propone dividir la Formación en dos miembros: Miembro Corte Blanco (*Nom. Nov.*) y Miembro Muñano (*Nom. Nov.*) en base a las diferentes características sedimentológicas y relaciones estratigráficas.

Propuesta de Área tipo y Estratotipo de la Formación San Antonio de los Cobres: Se propone como área tipo para esta Formación a la comprendida en el sector de Corte Blanco y alrededores (Quebrada Los Patos), entre las coordenadas 24°14'6,76" lat. S y 24°12'52,27" lat. S y los 66°14'23,66" long. O y 66°15'36,98" long. O (Fig. 1d). Mientras que el Estratotipo propuesto corresponde a la sección estratigráfica expuesta en el área de Corte Blanco sobre el flanco occidental del anticlinal, a lo largo de la ruta provincial N° 51 (Fig. 1d), debido a que presenta buena calidad de afloramientos, exhibe

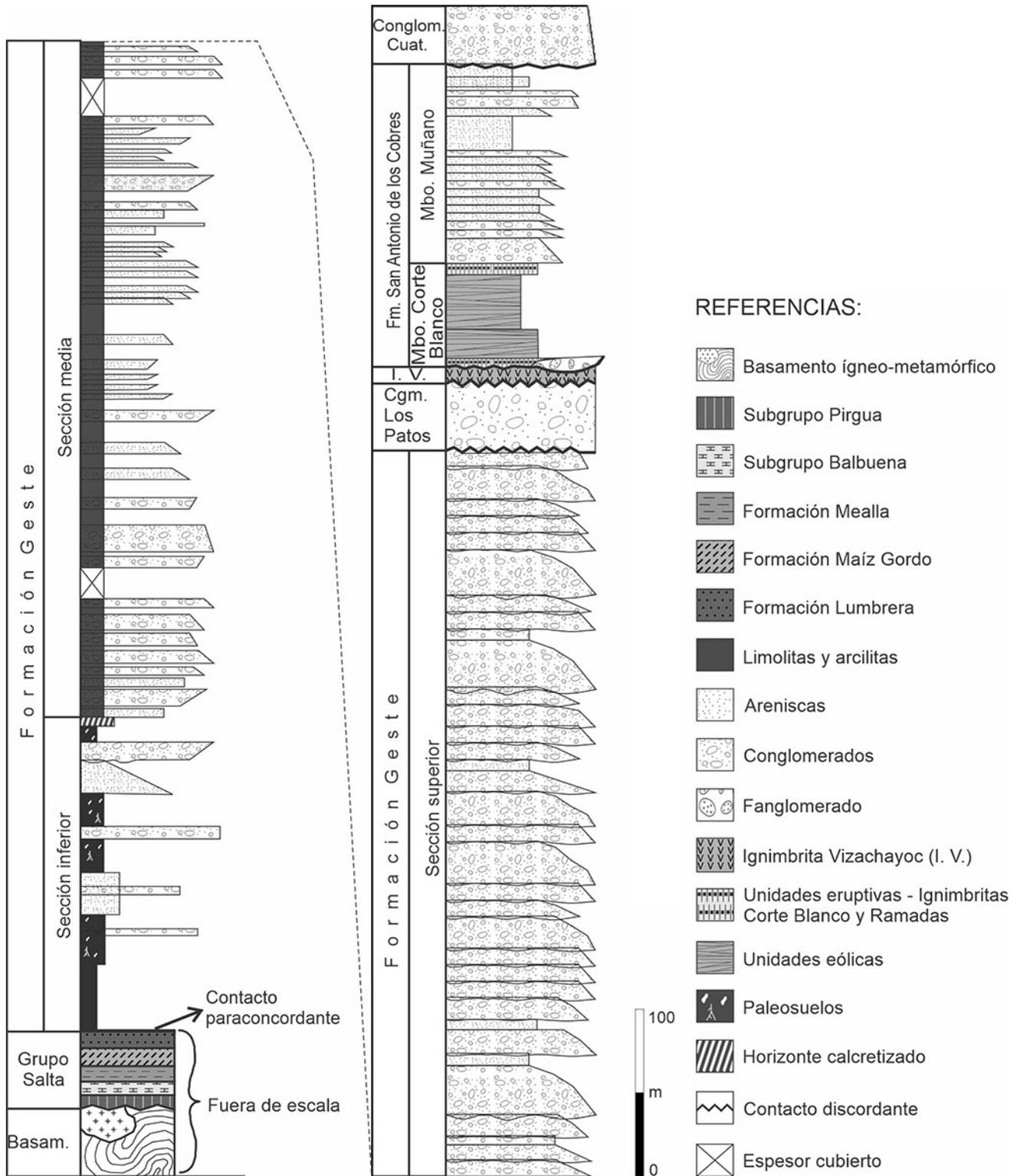


Figura 4. Columna estratigráfica integrada de la cuenca de San Antonio de los Cobres mostrando principalmente las unidades litoestratigráficas post-Grupo Salta, y las relaciones estratigráficas. Cgm: Conglomerado. Mbo: Miembro.

Figure 4. Integrated stratigraphic column of the San Antonio de los Cobres basin showing mainly the post-Salta Group lithostratigraphic units, and their stratigraphic relationships. Cgm: Conglomerate. Mbo: Member.

contactos de base y techo, como también los correspondientes a los miembros.

Miembro Corte Blanco (Nom. Nov.) – Estratotipo del Límite Basal: Se define el Miembro Corte Blanco

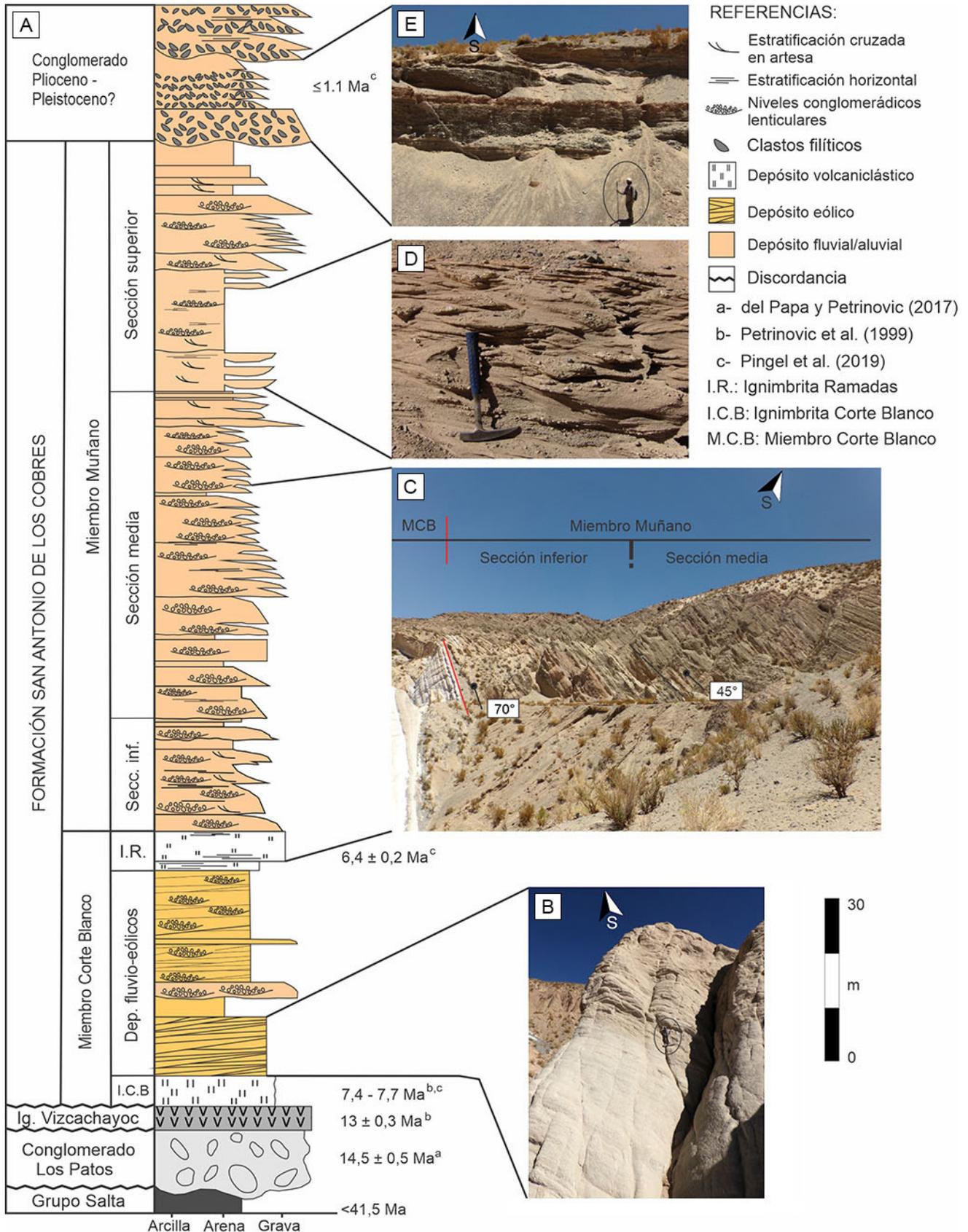


Figura 5. Columna estratigráfica tipo de la Formación San Antonio de los Cobres mostrando las principales características sedimentológicas de sus respectivos miembros y las edades disponibles para la misma. **a)** Columna estratigráfica en el área tipo de Corte Blanco. **b)** Areniscas eólicas con estratificación cruzada tabular de bajo ángulo, por encima de la unidad eruptiva Ignimbrita Corte Blanco. **c)** Contacto concordante entre los miembros de la Formación San Antonio de los Cobres. **d)** Detalle

(MCB) como la parte basal de la Formación San Antonio de los Cobres (Figs. 4, 5a). Se reconoce en el área homónima, en la Quebrada de Los Patos y alrededores (Fig. 1d). En la zona de Corte Blanco, sobre la Ruta Nacional 51, el MCB posee un espesor de 48 metros. Se asienta en relación discordante sobre el Conglomerado Los Patos (Fig. 3k), sobre la Ignimbrita Vizcachayoc, o bien sobre la Fm. Geste.

En el perfil tipo, la parte basal está formada por la unidad eruptiva "Ignimbrita Corte Blanco" (*Nom. Nov.* para Toba I - Viramonte *et al.*, 1984; Petrinovic *et al.*, 1999) (Figs. 3k, 5a) con un espesor muy variable (entre 5 y 12 m aprox.). La Ignimbrita Corte Blanco se distingue por el color blanco intenso e internamente se aprecia laminación paralela difusa. Contiene fragmentos juveniles de vesicularidad variable de pómez blanquecinas y fragmentos accidentales de filitas negras. Por encima se desarrolla una sucesión eólica y fluvio-eólica (Figs. 4, 5b) que se caracteriza por paquetes de areniscas finas a muy gruesas, blanquecinas a verdosos con estratificación cruzada tabular y en artesa, de gran escala, cuyo espesor varía entre 40 y 100 m, dependiendo la zona de la cuenca que se analice. Intercalan niveles de areniscas maciza o con laminación difusa, y niveles de conglomerados medianos lenticulares en los que se destaca la presencia de clastos provenientes de la Ignimbrita Vizcachayoc y filitas negras. El techo del Miembro Corte Blanco se encuentra definido por la unidad eruptiva "Ignimbrita Ramadas" (Figs. 4, 5a) (*Nom. Nov.* para Toba II o Tufita Corte Blanco - Viramonte *et al.*, 1984; Tait, 2004; Tait *et al.*, 2009; Lucci *et al.*, 2018; Pingel *et al.*, 2019) con un espesor muy variable (de 5 a más de 10 m) según la zona de la cuenca que se considere. Esta unidad se caracteriza por niveles estratificados de granulometría variable (toba lapillítica a toba cinerítica), con gradación normal a inversa, y proporciones variables de clastos juveniles y líticos de rocas del basamento. Son

comunes distintas formas de dunas en los niveles cineríticos donde las gradaciones en sets de láminas son generalmente inversas. Estas capas gradan a depósitos macizos, sin selección, en ocasiones clasto-soportados. Una característica distintiva de esta unidad eruptiva es la presencia de cristales juveniles de granate, con cristales de tamaños promedio menores a 1 mm (Gauthier *et al.*, 1994).

En la zona de la quebrada de Los Patos, 500 m al noreste de Corte Blanco y adyacente al Río Los Patos (Fig. 1d), el Miembro Corte Blanco presenta un espesor de 56 m y se compone de una sección basal, de 4 m de espesor, que se acuña completamente a los escasos metros resultando en un geometría fuertemente lenticular, integrada por un megaconglomerado fango-soporte. Presenta una matriz de granulometría arena fina - limoarcilítica, de color marrón claro - verdoso, con clastos de color gris negruzco, pobremente seleccionados en granulometrías de grava gruesa hasta aglomerados (hasta > 80 cm) correspondientes a la Ignimbrita Vizcachayoc (Fig. 3l).

Edad: El Miembro Corte Blanco cuenta con varias dataciones realizadas en las unidades eruptivas Ignimbrita Corte Blanco e Ignimbrita Ramadas. La unidad eruptiva basal posee edades de 7,4 Ma (método K-Ar en biotita - Petrinovic *et al.*, 1999) y 7,8 Ma (Método U-Pb en circones - Pingel *et al.*, 2019). Mientras que las edades obtenidas para la Ignimbrita Ramadas varían entre 6,6 Ma (trazas de fisión en apatitas - Bigazzi, 2004, en Tait, 2004) y 6,4 Ma (U-Pb en circón Pingel *et al.*, 2019). El conjunto de edades nos permite acotar la edad de este Miembro al Mioceno tardío.

Miembro Muñano (*Nom. Nov.*) - Estratotipo del Límite Superior: El miembro se definió en el área tipo de Corte Blanco y se sugiere este nombre porque

de la facies arenosa de la sección superior del Miembro Muñano. Nótese los niveles con clastos volcánicos blanquecinos, posiblemente de la Ignimbrita Ramadas. **e)** Niveles aterrazados de los conglomerados cuaternarios?. Los clastos componentes corresponden en >90% a filitas negras-azuladas. Persona de escala: 1,8m. Figuras b) y d); Martillo de escala: 30 cm.

Figure 5. Stratigraphic type column of the San Antonio de los Cobres Formation showing the main sedimentological characteristics of their respective members and the ages available for it. **a)** Stratigraphic column at the type area of Corte Blanco. **b)** Aeolian sandstones with tabular, low angle cross stratification above the Corte Blanco Ignimbrite eruptive unit. **c)** Concordant contact between the members of the San Antonio de los Cobres Formation. **d)** Detail of the sandy facies of the upper section of the Muñano Member. Note the levels with whitish volcanic clasts, presumably corresponding to the Ramadas Ignimbrite. **e)** Alluvial terraces of the Quaternary Conglomerates. Note that the component clasts correspond in > 90% to bluish-black phyllites. Person as scale: 1.8m. Figures b) and d); Hammer as scale: 30cm.

también aflora en los alrededores de la Estación Muñano (Fig. 1a). Otro argumento para este nombre es que el miembro inferior ya lleva el nombre del área tipo (Miembro Corte Blanco).

Este Miembro se asienta en relación concordante sobre la unidad eruptiva cuspidal (Ignimbrita Ramadas) del Miembro Corte Blanco. El Miembro Muñano puede ser dividido en tres secciones informales según las características litológicas y sedimentarias (Fig. 5a). La sección inferior (Fig. 5c) se caracteriza por una sucesión de cuerpos canalizados principalmente arenosos, que intercalan con niveles conglomerádicos de granulometría mediana, con estructura clasto-soportada y clastos imbricados, en los cuales se concentran principalmente clastos subangulosos de filitas negro-azulados presumiblemente de la Formación Puncoviscana, juntos con clastos volcánicos blanquecinos. La sección media (Fig. 5c) se caracteriza por un arreglo granocreciente, predominando los niveles tabulares a levemente lenticulares de conglomerados conteniendo clastos de filitas negro azulados y, en menor medida, clastos volcánicos blanquecinos y pómez. Estos niveles alternan con mantos arenosos medianos a gruesos. Por último, la sección superior (Fig. 5d) comprende una secuencia granocreciente, que evoluciona desde niveles predominantemente psamíticos, de granulometría mediana a gruesa con bases erosivas (fuertemente cóncavas) y delgados lentes de conglomerado fino a mediano, integrado casi exclusivamente por clastos volcánicos blancos y pasa hacia el techo a niveles predominantemente conglomerádicos, clastosoportados, con granulometría de grava fina a muy gruesa, en los cuales abundan casi en su totalidad los clastos filíticos negro-azulados.

Edad: Este miembro posee una datación U-Pb en circones a partir de cenizas volcánicas ubicadas en la sección media a superior de la unidad, obteniendo una edad de 5,5 Ma (Pingel *et al.*, 2019) por lo que es posible asignarle una edad miocena tardía – pliocena?.

Conglomerados y areniscas negras cuaternarias: La columna estratigráfica culmina con una serie de conglomerados y areniscas que cubren en discordancia a las unidades anteriores (Figs. 4, 5e). Estos depósitos han sido interpretados como parte de un sistema de abanicos aluviales de baja pendiente y extendido aproximadamente 5 km desde el frente

montañoso. La extensión y las características morfológicas de estos abanicos son acordes con sistemas depositacionales de frentes montañosos tectónicamente estables o con ascenso lento (Seggiaro *et al.*, 2016). Los depósitos están integrados mayormente por conglomerados polimícticos gruesos que varían de clasto-soportados a matriz-soportados. Los bancos de conglomerados son, en su mayoría, fuertemente lenticulares y se intercalan con areniscas finas y areniscas conglomerádicas finas a medianas. Estas areniscas son producto de la erosión de rocas madre principalmente andesíticas, riolíticas y dacíticas (Pingel *et al.*, 2019). Estos autores obtuvieron para estas areniscas una máxima edad depositacional U-Pb de 1,1 Ma en circones detríticos.

DISCUSIÓN

En la cuenca de SAC se reconocen claramente las distintas unidades que componen el Grupo Salta, no existiendo disparidad con lo ya descrito por Ramos (1973) y Donato y Vergani (1988).

Por otro lado, la columna estratigráfica que representa el relleno de la cuenca de antepaís propuesta en este trabajo difiere de las propuestas por Donato y Vergani (1988) y por Pingel *et al.*, (2019). Donato y Vergani (1988) designan a las unidades orogénicas por encima del Grupo Salta como Formaciones Río Grande y Pisungo (Pascual *et al.*, 1978) (Fig. 2) por correlación con las unidades sinorogénicas expuestas en el área de Tres Cruces (Jujuy). Si bien existen similitudes estratigráficas y sedimentológicas entre las unidades de la cuenca de Tres Cruces, y las que conforman el relleno de antepaís en la cuenca de SAC; también existen diferencias, entre las que se destacan: las edades, la Formación Río Grande comprende aproximadamente entre 18 y 9 Ma (Siks y Horton, 2011), la lejanía (~ 130 Km) entre ambas cuencas y el diferente marco geológico regional (Fig. 1a). Por el contrario, los estudios realizados por Turner (1960), Pascual (1983), Alonso (1992), DeCelles *et al.*, (2007) y Carrapa y DeCelles (2008) en la cuenca de Pastos Grandes, unos 60 km al sur del área de estudio (Fig. 1a), sobre los aspectos sedimentológicos y arreglos estratigráficos de la Formación Geste concuerdan con los rasgos identificados en la cuenca SAC. Inclusive, Carrapa y DeCelles (2008) realizan un detallado análisis sedimentológico de los tres miembros que componen la Formación. El miembro

inferior consiste principalmente en areniscas finas a medianas, limolitas rojizas y conglomerados finos a medianos, distribuidos en capas de gradación normal. El miembro medio se compone principalmente de cuerpos conglomerádicos, lenticulares con gradación normal, mientras que el miembro superior consiste en capas conglomerádicas medianas a muy gruesas, apiladas de manera amalgamada. Las características descritas por estos autores son ampliamente coincidentes con las unidades aflorantes en el área de estudio del presente trabajo. Por otro lado, es interesante mencionar que la sección basal pelítica con intercalaciones de concreciones pisolíticas guarda equivalencia con lo descrito para la sección inferior de la Formación Quebrada de los Colorados expuesta en los Valles Calchaquies (del Papa *et al.*, 2013 a y b). Además de la similitud sedimentológica con la Formación Geste y en parte con la Formación Quebrada de los Colorados, DeCelles *et al.*, (2007) y Carrapa *et al.*, (2012) obtienen edades de máxima edad depositacional eocena tardía (~ 37 y 38 Ma en circones detríticos) para ambas unidades. No obstante la semejanza parcial con la Formación Quebrada de los Colorados, se prefiere asignar como Formación Geste a los depósitos expuestos en SAC debido a que éstos comparten el arreglo estratigráfico y su posición geográfica en la Puna.

Por otro lado, no se concuerda con la propuesta de Pingel *et al.*, (2019) de considerar a los depósitos basales de la cuenca de antepaís como Formación Casa Grande, descrita para el área de Tres Cruces. Esta unidad se caracteriza por una sección basal predominantemente pelítica que incluye niveles pisolíticos formados en un ambiente de llanura, que hacia arriba pasa a espesos paquetes de areniscas, con notables superficies de acreción lateral, interpretados como depositados en sistemas fluviales meandriformes (Montero-López *et al.*, 2018). A excepción de la parte basal que la Formación Casa Grande compartiría con la Formación Geste aquí descrita y con la Formación Quebrada de los Colorados en el Valle Calchaquí, el resto de la unidad difiere en las características sedimentológicas y arreglos estratigráficos.

CONCLUSIONES

En este trabajo, mediante el relevamiento estratigráfico y análisis sedimentológico de la cuenca de antepaís de San Antonio de los Cobres,

se reconocieron cuatro unidades litoestratigráficas correspondientes al lapso eoceno - pleistoceno. Las mismas se encuentran separadas entre sí por discordancias y/o disconformidades que le imprimen arquitecturas irregulares y complejas. Se identificó a la Formación Geste, y se descarta la presencia de las Formaciones Casa Grande, Río Grande y Pisungo en la cuenca de San Antonio de los Cobres.

Se propone asignar a la sucesión sedimentaria por encima de la Ignimbrita Vizcachayoc y por debajo de los conglomerados y areniscas cuaternarias como Formación San Antonio de los Cobres, compuesta por dos miembros: el Miembro Corte Blanco, caracterizado por unidades fluvio-eólicas que interdigitan con niveles piroclásticos, los cuales acotan la edad del miembro al mioceno tardío (entre 7,8 y 6,4 Ma), y el Miembro Muñano, el cual representa un ambiente netamente fluvial, con escasa participación volcánica, de edad miocena tardía - pliocena? (entre ~ 6,4 y 5 Ma). Finalmente se destaca que por primera vez se reconocen depósitos eólicos de edad miocena tardía en la cuenca de San Antonio de los Cobres.

Agradecimientos

El presente trabajo fue financiado por los Proyectos PICT N° 1274 y PICT N° 2245. Se agradece la colaboración durante los trabajos en terreno a los geólogos M. Delgado y J. Jaeggi y al Dr. I. Petrinovic por sus valiosos aportes y sugerencias. El agradecimiento a los revisores, S. Georgieff y G. Vergani cuyos comentarios enriquecieron el trabajo. Esta contribución forma parte del PUE 2016-CICTERRA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, R.N., 1992. Estratigrafía del Cenozoico de la cuenca de Pastos Grandes (Puna Salteña) con énfasis en la Formación Sijes y sus boratos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 47(2):189-199.
- Andrews, E., T. White y C. del Papa, 2017. Paleosol-based paleoclimate reconstruction of the Paleocene-Eocene Thermal Maximum, northern Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 471:181-195.
- Arnosio, M., V. Marmol y R. Becchio, 2005. Estratigrafía volcánica y evolución del centro volcánico El Morro (24° 17' S - 66° 15' O) Puna Salteña. *Actas del XVI Congreso Geológico Argentino*. La Plata. 859-866.
- Bigazzi, G., 2004. Fission track dating of the Corte Blanco Tuff. En: Tait, M.A., 2004. *Dynamics Eruption Dynamics and Evolution of a Highly Explosive Rhyolitic Volcanic Complex in the High*

- Andes: The Late Miocene Ramadas Volcanic Centre, Andean Puna, Salta Argentina*. Ph.D. Thesis, Monash University, Melbourne, Australia.
- Carrapa, B.** y **P.G. DeCelles**, 2008. Eocene Exhumation and Basin Development in the Puna of Northwestern Argentina. *Tectonics*, 27, TC1015.
- Carrapa, B.**, **S. Bywater-Reyes**, **P.G. DeCelles**, **E. Mortimer** y **G. Gehrels**, 2012. Late Eocene-Pliocene Basin Evolution in the Eastern Cordillera of Northwestern Argentina (25°-26°S): Regional Implications for Andean Orogenic Wedge Development. *Basin Research* 24(3):249-268.
- Coira, B.**, **S.M. Kay** y **J.G. Viramonte**, 1993. Upper Cenozoic magmatic evolution of the Argentine Puna - A model for changing subduction geometry. *International Geology Review* 35:677-720.
- Coira, B.**, **S.M. Kay**, **J. G. Viramonte**, **R.W. Kay** y **C. Galli**, 2018. Origin of Late Miocene Peraluminous Mn-Rich Garnet-Bearing Rhyolitic Ashes in the Andean Foreland (Northern Argentina). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 364:20-34.
- DeCelles, P.G.**, **B. Carrapa**, y **G.E. Gehrels**, 2007. Detrital Zircon U-Pb Ages Provide Provenance and Chronostratigraphic Information from Eocene Synorogenic Deposits in Northwestern Argentina. *Geology* 35(4): 323-326.
- del Papa, C.**, **F. Hong**, **P. Payrola Bosio**, **J. Powell**, **V. Deraco** y **C. Herrera**, 2013a. Relaciones estratigráficas de las Formaciones quebrada de los Colorados y Angastaco (Paleógeno - Neógeno), Valles Calchaquíes, Salta (Argentina): Significado en el análisis de la cuenca del Grupo Payogastilla. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 20(1):51-64.
- del Papa, C.**, **F. Hong**, **J. Powell**, **P. Payrola**, **M. Do Campo**, **M.R. Strecker**, **I. Petrinovic**, **A.K. Schmitt** y **R. Pereyra**, 2013b. Middle Eocene-Oligocene broken-foreland evolution in the Andean Calchaqui Valley, NWArgentina: insights from stratigraphic, structural and provenance studies. *Basin Research* 25:574-593.
- del Papa, C.E.** y **I.A. Petrinovic**, 2017. The Development of Miocene Extensional and Short-Lived Basin in the Andean Broken Foreland: The Conglomerado Los Patos, Northwestern Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 73:191-201.
- Donato, E.** y **G. Vergani**, 1988. Geología del área de San Antonio de los Cobres. Bol. Inf. Pet. 5 (15), 83-101 (Buenos Aires).
- Gauthier, P.J.**, **B. Déruelle**, **J. Viramonte** y **A. Aparicio**, 1994. Grenats des rhyolites de la caldera de La Pava-Ramadas (NW Argentine) et de leurs xénolites granitiques. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*. Paris, t. 38, série II, p. 1629-1635.
- Harrington, H.J.** y **A. Leanza**, 1957. Ordovician trilobites of Argentina. University of Kansas Press, Lawrence, 276 p.
- Haschke, M.**, **A. Deeken**, **N. Insel**, **E. Sobel**, **M. Grove** y **A.K. Schmitt**, 2005. Growth pattern of the Andean Puna plateau constrained by apatite fission track, apatite (U-Th)/He, K-feldspar ⁴⁰Ar/³⁹Ar, and zircon U-Pb geochronology. *6th International Symposium on Andean Geodynamics* (ISAG 2005, Barcelona), Extended Abstracts: 360-363
- Llambías, J.E.**, **A.M. Sato** y **J. Tomsic**, 1985. Geología y características químicas del stock terciario del Nevado de Acay y vulcanitas asociadas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 40 (3-4), 158-176.
- Lucci, F.**, **M. Rossetti**, **R. Becchio**, **T. Theye**, **A. Gerdes**, **J. Opitz**, **W. Baez**, **L. Bardelli**, **G. De Astis**, **J. Viramonte** y **G. Giordano**, 2018. Magmatic Mn-Rich Garnets in Volcanic Settings: Age and Longevity of the Magmatic Plumbing System of the Miocene Ramadas Volcanism (NW Argentina). *Lithos* 322: 238-49.
- Malvicini, L.**, 1985. La mina de hierro del Nevado de Acay, provincia de Salta, un depósito de tipo Skarn. *Asociación Geológica Argentina, Revista XL* (1-2):89-96.
- Maro, G.** y **P.J. Caffè**, 2012. Volcanismo máfico terciario de la Puna jujeña, los Cerros Negros de Jama. *Serie Correlación Geológica* 28 (1): 51-72. Tucumán.
- Mirré, J.**, 1974. Nuevas evidencias de volcanismo Ordovícico en la Puna. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 29(1): 128-134. Buenos Aires.
- Montero-López, C.**, **C. del Papa**, **F. Hongn**, **M.R. Strecker** y **A. Aramayo**, 2018. Synsedimentary broken-foreland tectonics during the Paleogene in the Andes of NW Argentine: new evidence from regional to centimetre-scale deformation features. *Basin Research* (2018) 30 (Suppl. 1):142-159.
- Moreno, J.A.**, 1970. Estratigrafía y paleogeografía del Cretácico superior en la cuenca del Noroeste Argentino, con especial mención de los Subgrupos Balbuena y Santa Bárbara. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 24:9-44.
- Norini, G.**, **W. Baez**, **R. Becchio**, **J. Viramonte**, **G. Giordano**, **M. Arnosio**, **A. Pinton** y **G. Groppelli**, 2013. The Calama-Olapapato-El Toro fault system in the Puna Plateau, Central Andes: Geodynamic implications and stratovolcanoes emplacement. *Tectonophysics* 608:1280-1297.
- Pascual, R.**, **M.G. Vucetich** y **J. Fernández**, 1978. Los primeros mamíferos (Notoungulata, Henricosborniidae) de la Formación Mealla (Grupo Salta, Subgrupo Santa Bárbara) sus implicancias filogenéticas, taxonómicas y cronológicas. *Ameghiniana* 15:367-390.
- Pascual, R.**, 1983. Novedosos marsupiales paleógenos de la Formación Pozuelos (Grupo Pastos Gandes) de la Puna, Salta, Argentina. *Ameghiniana*, tomo XX. N° 3-4; 265-280.
- Petrinovic, I.A.**, **J. Mitjavilla**, **J.G. Viramonte**, **J. Martí**, **R. Becchio**, **M. Arnosio** y **F. Colombo**, 1999. Descripción Geoquímica y Geocronológica de Secuencias Volcánicas Neógenas de Trasarco, En El Extremo Oriental de La Cadena Volcánica Transversal Del Quevar (Noroeste de Argentina). *Acta Geológica Hispánica* 34(2/3):255-72.
- Petrinovic, I.A.**, **U. Riller** y **J. A. Brod**, 2005. The Negra Muerta Volcanic Complex, Southern Central Andes: Geochemical Characteristics and Magmatic Evolution of an Episodically Active Volcanic Centre. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 140(4):295-320.
- Petrinovic, I.A.**, **P. Grosse**, **S. Guzmán** y **P. Caffè**, 2017. Evolución del Volcanismo Cenozoico en la Puna Argentina. Ciencias de la Tierra y Recursos Naturales del NOA. Relatorio del XX Congreso Geológico Argentino, San Miguel de Tucumán: 469-483.
- Pingel, H.**, **R. Alonso**, **A. Uwe**, **J. Cottle** y **M. Strecker**, 2019. Miocene to Quaternary basin evolution at the southeastern Andean Plateau (Puna) margin (~24°S lat, Northwestern Argentina). *Basin Research* 2019:1-19.
- Prezzi, C.B.** y **H. Gotze**, 2009. Estructura litosférica de los Andes Centrales a partir de un modelo gravimétrico 3D. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 65:81-96.
- Ramos V.A.**, 1970. *Geología de los primeros contrafuertes de la Puna Salto-Jujeña entre San Antonio de los Cobres y El Moreno*. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Buenos Aires.
- Ramos V.A.**, 1973. Estructura de los primeros contrafuertes de la

- Puna Salto-Jujeña y sus manifestaciones volcánicas asociadas. *Actas del V Congreso Geológico*, tomo IV, pp. 159-202.
- Ramos, V.A.**, 2017. Las Provincias Geológicas del noroeste Argentino. Relatorio del XX Congreso Geológico Argentino (Octubre): 42-56.
- Reyes, F.C. y J.A. Salfity**, 1973. Consideraciones sobre la estratigrafía del Cretácico (Subgrupo Pirgua) del noroeste argentino. *Actas del V Congreso Geológico Argentino* 3:355-385.
- Riller, U., I. Petrinovic, J. Ramelow, M. Strecker, y O. Oncken**, 2001. Late Cenozoic tectonism, collapse caldera and plateau formation in the central Andes. *Earth and Planetary Science Letters* 188:299-311.
- Russo, A.**, 1972. La estratigrafía terciaria en el noroeste argentino. *V Congreso Geológico Argentino*, Resúmenes: 29, Villa Carlos Paz.
- Salfity, J. A. y R.A. Marquillas**, 1994. Tectonic and sedimentary evolution of the Cretaceous-Eocene Salta Group Basin, Argentina. En: Salfity JA (ed). *Cretaceous Tectonics of the Andes. Earth Evolution Sciences*, Friedr. Vieweg & Sohn, pp 266-315.
- Seggiaro, R., S. Guzmán, R. Pereyra, M. Coppolecchia, y M. Cegarra**, 2016. Neotectónica y volcanismo monogenético cuaternario sobre el segmento central del lineamiento Calama - Olacapato - El Toro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 73 (4):468-477
- Siks, B.C. y B.K. Horton**, 2011. Growth and fragmentation of the Andean foreland basin during eastward advance of fold-thrust deformation, Puna plateau and Eastern Cordillera, northern Argentina. *Tectonics*, 30, TC6017.
- Tait, M.A.**, 2004. *Dynamics Eruption Dynamics and Evolution of a Highly Explosive Rhyolitic Volcanic Complex in the High Andes: The Late Miocene Ramadas Volcanic Centre, Andean Puna, Salta Argentina*. Ph.D. Thesis, Monash University, Melbourne, Australia.
- Tait, M.A., R.A.F. Cas, y J.G. Viramonte**, 2009. The origin of an unusual tuff ring of perlitic rhyolite pyroclasts: The last explosive phase of the Ramadas Volcanic Centre, Andean Puna, Salta, NW Argentina. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 183 (1-2):1-16.
- Toselli, A.J., F.G. Aceñolaza, H. Miller y J.N. Rossi**, 2017. Áreas de proveniencia de meta-sedimentos e interpretación geoquímica de ambientes tectónicos de deposición de la Formación Puncoviscana: Cordillera Oriental y Sierras Pampeanas, Argentina. *Acta geológica lilloana* 29(2):67-105.
- Turner, J.C.M.**, 1959. Estratigrafía del cordón de Escaya y de la sierra de Rinconada (Jujuy). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 13:15-39.
- Turner, J.C.M.**, 1960. Estratigrafía del Nevado de Cachi y sector al oeste (Salta). *Acta Geológica Lilloana*, 3:191-226.
- Vilela, C.R.**, 1969. Descripción geológica de la Hoja 6c, San Antonio de los Cobres. Provincias de Salta y Jujuy. Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 110, Buenos Aires.
- Viramonte, J.G., M.A. Galliski, V.A. Saavedra, A. Aparicio, L. García-Cacho, C.M. Escorza y C. Parica**, 1984. Edad, génesis y mecanismos eruptivos de las riolitas granatíferas de San Antonio de los Cobres, provincia de Salta. *IX Congreso Geológico Argentino*. Actas III, 216-233.
- Viramonte, J.G., J.H. Reynolds, C. del Papa y A. Disalvo**, 1994. The Corte Blanco Garnetiferous Tuff: A Distinctive Late Miocene Marker Bed in Northwestern Argentina Applied to Magnetic Polarity Stratigraphy in the Río Yacones, Salta Province. *Earth and Planetary Science Letters* 121(3-4):519-531.