

# DESARROLLO Y CONFIGURACIÓN DE LOS DEPÓSITOS ALUVIALES EN EL PIEDEMONT OCCIDENTAL DE LA SIERRA DE SAN LUIS, SIERRAS PAMPEANAS DE SAN LUIS, ARGENTINA

Jael Aranda\*, Guillermo Ojeda, Juan Matías Perón Orrillo

Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis. Ejército de Los Andes 950, Bloque II, planta baja, San Luis.

(\*) jael.aranda@gmail.com

## ARTICLE INFO

### Article history

Received April 1, 2023

Accepted October 4, 2023

Available online October 17, 2023

### Handling (guest) Editor

Paula Santi Malnis

### Keywords

Abanico aluvial

Piedemonte

Falla inversa

## RESUMEN

El piedemonte occidental de la sierra de San Luis, Argentina, está conformado por depósitos aluviales, agrupados en tres niveles pedemontanos (I-III), localizados a diferentes alturas y con relaciones de incisión entre ellos. El nivel I se corresponde con remanentes de abanicos aluviales disectados y adosados al *knick* serrano. El nivel II comprende cuerpos de abanicos aluviales con buena preservación morfológica. El nivel III no presenta características morfológicas bien definidas. Genéticamente, el piedemonte se vincula a la ladera occidental de la sierra de San Luis, que representa el escarpe de la falla homónima, de carácter inverso. El sector septentrional del área pedemontana describe una morfoestructura vinculada del corrimiento y progradación del frente de deformación principal hacia el interior de la cuenca, interpretada como *piedmont foreland*. Este contexto morfoestructural condiciona el espacio de acomodación de la cuenca sedimentaria y, en consecuencia, la geometría de los depósitos aluviales. A partir de los datos sedimentológicos, estratigráficos y geomorfológicos obtenidos en campo y laboratorio se realizó una caracterización geomorfológica y litoestratigráfica de los depósitos de abanicos aluviales del nivel II del piedemonte occidental de la sierra de San Luis. Los depósitos que caracterizan a este nivel aluvial se disponen en cuerpos de abanicos aluviales individuales con buen grado de preservación. Internamente están constituidos por conglomerados gruesos clasto-sostén con intercalaciones de litofacies arenosas gruesas y estratificación horizontal. En las zonas apicales predominan los conglomerados, correspondientes a depósitos de flujos hiperconcentrados no viscosos. En las zonas proximales y medias se reconocen litofacies conglomerádicas y arenosas interestratificadas, que corresponden a depósitos de fajas de canales someros de alta energía sin desarrollo y/o preservación de las llanuras de inundación. Hacia las zonas distales se reconoce un predominio de las litofacies arenosas, donde los depósitos de fajas de canales son de menores dimensiones y energía, y están asociados con depósitos de desbordamiento. A lo largo del piedemonte, el nivel aluvial II presenta variaciones que han permitido dividirlo en tres sectores. Los abanicos del sector norte tienen geometría aproximadamente tabular, con espesores de entre 2 y 4 m. Los abanicos del sector sur tienen geometría triangular, que se acuña hacia el ápice, con espesores de 4 m en las regiones proximales y hasta 300 m en las distales. En ambos casos presentan características geométricas que los

diferencian de los típicos abanicos aluviales definidos en la literatura, vinculados generalmente a frentes de levantamiento con fallamiento normal. La geometría de los abanicos aluviales del sector sur, triangular y con acuñamiento hacia el ápice, se asocia al espacio de acomodación disponible en la cuenca, cuyo borde oriental está limitado por la falla de San Luis, inversa y progradante. Por su parte, la geometría tabular de los cuerpos del sector norte se asocia a una disminución del espacio de acomodación de carácter local, vinculado a la evolución de una morfoestructura de *piedmont foreland*.

---

## EXTENDED ABSTRACT

### *Development and configuration of alluvial deposits in the western piedmont of the San Luis Range, Sierras Pampeanas of San Luis, Argentina*

The San Luis Range is part of the southern region of the Sierras Pampeanas of Argentina. This range exposes a regional asymmetrical profile in cross-section, with a gentle eastern slope and a short and steep western slope (Fig. 1c). This asymmetry is defined by the listric, reverse San Luis fault, which constitutes the neotectonic uplifted front (González Bonorino, 1950; Costa and Cortés, 1993).

The study area is at the western piedmont of the San Luis Range (Fig. 1b), comprising an area of about 2000 km<sup>2</sup> between 32°44' S and 33°17' S. The piedmont presents a westward gentle slope defined as a meridian zone of approximately 60 km in length and 25 km. It is formed by alluvial fans, grouped into three alluvial levels (I, II, III) (Fig. 2) (Aranda *et al.*, 2016, Aranda, 2020), which presents telescoping relationships between them. To the north of the Nogolí village (Fig. 2), this simplified scheme of the piedmont is modified by the presence of the Villa General Roca hills. These hills interrupt the gentle piedmont slope and have been associated with the Villa General Roca fault (Fig. 2) (Costa *et al.*, 2001a). This structure would represent the sliding and progradation of the deformation front of the San Luis fault towards the interior of the basin, with the built-up of a piedmont foreland (Costa *et al.*, 2001a; Traverso, 2018; Aranda and Ojeda, 2022).

Aranda *et al.* (2016) characterized the alluvial level I as remnants of alluvial fans attached to the knick of the range, integrated by agglomerates and thick matrix-supporting conglomerates. The alluvial level II comprises fan deposits with differentiated and

preserved morphologies. They are composed of coarse clast-supported conglomerates with intercalations of coarse sandy facies and horizontal stratification. Finally, alluvial level III was defined as deposits of poor morphological expression, composed of silty-sandy sediments with scattered fine gravels.

The alluvial level II deposits present geometric characteristics that allow differentiate them from the typical alluvial fans defined in the literature. Typical alluvial fans are generally associated with uplift fronts controlled by normal faults. The morpho-structural context of the San Luis Range, related to a reverse fault, provides different conditions in the accommodation space of the associated sedimentary basin and, consequently, in the geometry of the alluvial deposits.

This contribution presents the results of morphological and lithostratigraphic analysis of alluvial deposits of level II from the western piedmont of the San Luis Range. Based on this, we aim to infer the relationship between the geometric characteristics of the deposits and their morpho-structural control.

These alluvial deposits are well-preserved sedimentary bodies with significant surface expression (2 to 11 km<sup>2</sup>) (Fig. 4). They are stretched towards the west, with lengths between 3 and 7 km, concave longitudinal sections, and convex transversal sections. The lithology, texture, structure, geometry, and thickness of the deposits allowed the recognition of four sedimentary lithofacies (*Gcm*, *Gh*, *SGh*, *Sm*) (according to Miall, 2006) (Table 1). They were grouped into three architectural elements (SG, GB, CS), which according to their spatial and genetic relationships were grouped into three facies associations (FA1, FA2, FA3).

The SG architectural element forms an irregular to tabular body with an erosive base, metric thickness (3-5 m), and decametric lateral development (Fig.

5a). The deposits lie unconformably over crystalline basement rocks. It is composed of angular to subrounded agglomerates with sandy matrix and massive structure (*Gcm*) (Table 1, Fig. 5a, c). This element corresponds to gravity flow deposits (Miall, 2006), formed from non-viscous hyper-concentrated flows of a high-energetic regime (Beverage and Culbertson, 1964; Caselli and Limarino, 2002). They are defined as flash floods, which occur mainly during the first stage of deposition of alluvial fans, associated with their head zones (Blair and McPherson, 1994).

The GB architectural element constitutes irregular to tabular bodies with erosive base, decimetric to decametric thickness, and decametric lateral development (Fig. 6a-c). The deposits consist predominantly of coarse agglomerates to orthoconglomerates with gravelly-sandy matrix (*Gh*) (Table 1, Fig. 6a-b, d-e). To a lesser extent, gravelly sandstones with crude horizontal stratification are interbedded in irregular to lenticular strata of decimetric to metric thickness (*SGh*) (Table 1, Fig. 6b-c, f). This element presents different thicknesses and lithofacies proportions depending on its distance to the mountain front. In the proximal zones, amalgamated strata of agglomeratic *Gh* are observed, without the presence of *SGh* (Fig. 6a). In the middle zones, there are tabular strata with a decametric thickness of agglomeradic to conglomeratic *Gh*, alternating with metric strata of *SGh* (Fig. 6b). Towards the distal zones, a decrease in *Gh* grain size is observed, associated with higher rates of *SGh* (Fig. 6c). Genetically, this element corresponds to gravelly bedforms (Hein and Walker, 1977; Miall, 2006), deposited from high-energy sheet flows which filled shallow channel fill (Nemec and Postma, 1993; Miall, 2006). This process occurs in the middle sector of a high-energy fluvial-alluvial system (Blair and McPherson, 1994).

The CS architectural element constitutes an irregular body with a non-erosive base, decimetric thickness (max. 60 cm), and variable metric width, closely related to GB (Fig. 7a-b). The deposits are composed only of massive, bioturbated silty sandstones (*Sm*) (Fig. 7a, c). They correspond to overflow lobe deposits (Makaske, 2001; Miall, 2006) from dense sheet flows that suddenly lose energy during overflows of the main channels (Miall, 2006). This process would have occurred close to the channel strips represented by GB, either on the

floodplain or as terminal lobes of these channels (Miall, 2006; Scherer *et al.*, 2015).

These architectural elements constitute three facies associations (FA). FA1 consists only of SG (Fig. 5) and represents the early stages in the development of the alluvial fan, in the apical to proximal portion (Blair and McPherson, 1994; Suriano and Limarino, 2009). FA1 is dominated by high-energy water flows and gravitational processes (Caselli and Limarino, 2002; Colombo, 2010). FA2 predominates in the proximal-middle zones and is formed by the thickest and coarsest deposits of GB (Fig. 6a-c). This FA has been interpreted as high-energy shallow channel strips, without development and/or preservation of floodplains, which are characteristic of the middle sector of the alluvial fan (Fig. 8a, c) (Miall, 2006; Colombo, 2010). Finally, FA3 is recognized in the middle-distal zones, and it is formed mainly by GB with subordinated CS (Fig. 7a). This set corresponds to high-energy shallow channels but with smaller dimensions than in FA2, separated by overflow deposits (Fig. 8a-b). The interaction between the GB and CS would reflect the growth and migration stages of alluvial channels in the distal sector of the alluvial fan (Makaske, 2001; Miall, 2006).

According to their relationship to the mountain front, the geomorphologic characteristics, and their facies associations, these deposits are genetically associated with tractive water flows, typical of sheet flood-dominated alluvial fans (Type II), according to the classification of Blair and Mc Pherson (1994). Along the piedmont, this alluvial level presents variations associated with the geometry, lithology, and granulometry. This allows the definition of three different sectors (see references in Fig. 2, diagrams in Fig. 9).

In the northern sector, the alluvial fans overlie with angular unconformity massive sandstones (Fig. 9a) attributed to the Neogene (Sozzi *et al.*, 1995; Costa *et al.*, 2001a). In the proximal zones, the sediments are arranged in irregular strata with an erosional base up to 2 m thick. Towards the middle-distal zones, they are arranged in tabular strata between 3-4 m thick (Fig. 9a). FA2 deposits predominate and the sediments are composed almost entirely of metamorphic rock fragments cropping out in the northern sector of the western slope of the San Luis Range (Fig. 2).

In the proximal areas of the fans in the southern sector are thin deposits (less than 4 m) that

unconformably overlies on crystalline basement rocks. Towards the middle-distal zones, the outcrops are up to 300 m thick, with no exposed base (Fig. 9b). FA1 is recognized in the apical zone, FA2 towards the proximal-middle zones, and FA3 towards the distal zones. In all cases, the composition of the sediments is mainly granitic and comes from La Escalerilla and El Volcán granites, which crop out in the southern sector of the San Luis Range (Fig. 2).

Finally, the alluvial fans that characterize the southern end of the piedmont share the geometric characteristics and provenance of the bodies of the southern sector. However, they differ in their internal composition since they are characterized by FA2 with a predominance of the sandiest lithofacies.

The exposed results show that the alluvial fans to the south of Nogolí village have a longitudinal section of triangular geometry, which wedge towards the apex (Fig. 10b). On the other hand, those described at the north of Nogolí have an approximately tabular geometry (Fig. 10c). These geometric characteristics differentiate them from the typical alluvial fans defined in the literature. These landforms show longitudinal sections of triangular geometry, which wedge towards the most distal parts and are generally linked to uplift fronts controlled by normal fault (Fig. 10a) (Bull, 1972; Bull, 1977; Blair and Mc Pherson, 1994; Harvey, 1989; Harvey *et al.*, 2005).

These geometrical particularities would be associated with the accommodation space available in the sedimentary basin, conditioned by the structure of the piedmont basement. The geometry of the bodies in the southern sector is associated with the reverse, listric, and low-angle deformation style of the San Luis fault (González Bonorino, 1950; Costa and Cortés, 1993). On the other hand, the tabular deposits in the northern portion are related to a morpho-structural change in the piedmont basement, of local character, given by the installation of a piedmont foreland.

**Keywords:** alluvial fan, piedmont, reverse fault, piedmont foreland.

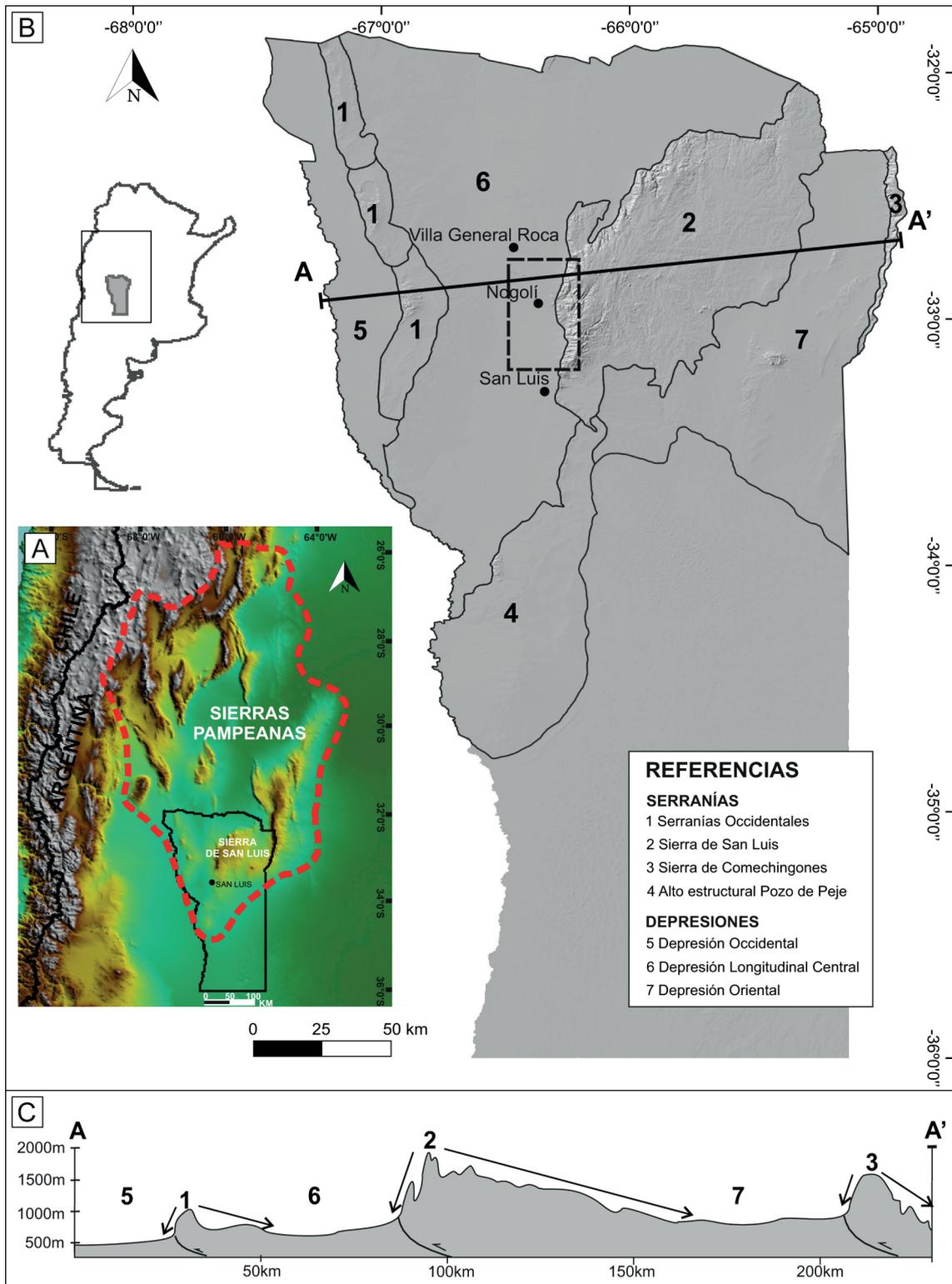
## INTRODUCCIÓN

El piedemonte occidental de la sierra de San Luis, entre los 32°44' y 33°17' S, Argentina (Fig. 1a), se describe como una franja meridiana de aproximadamente 60 km de longitud, un ancho

promedio de 25 km y una suave pendiente hacia el oeste, abarcando gran parte del borde oriental de la Depresión Longitudinal Central (González Díaz, 1981) (Fig. 1b). Se vincula genéticamente a la escarpa de la falla homónima que representa el frente de levantamiento neotectónico, de carácter inverso, configurado durante la orogenia Andina (González Bonorino, 1950; Kilmurray y Dalla Salda, 1977) (Fig. 1b).

Los trabajos pioneros en el área describen a este piedemonte como constituido por depósitos aluviales de edad cuaternaria que afloran como cuerpos aislados y disectados, y que presentan una mayor continuidad espacial hacia las regiones medias a distales (González Díaz, 1981; Latrubesse y Ramonell, 1989; Ojeda, 1991; Sozzi, 1991; Costa, 1992; Sozzi *et al.*, 1995; Costa *et al.*, 2001a,b). Sin embargo, estas descripciones se restringen a afloramientos saltuarios, con énfasis en su génesis y vinculación a las distintas fases del levantamiento de la sierra de San Luis. En los últimos años varios estudios se han enfocado en la caracterización geomorfológica del piedemonte, abordando las relaciones espaciales entre las geoformas y su evolución durante el Cuaternario, sin perder de referencia su contexto morfoestructural (Aranda *et al.*, 2012; 2015; Aranda y Ojeda, 2018; Indelicato, 2020; Aranda, 2020; Aranda y Ojeda, 2022).

Una primera jerarquización y descripción de los depósitos que caracterizan al piedemonte a lo largo de toda su extensión, tomando como referencia trabajos previos (Costa, 1992; Latrubesse y Ramonell, 1989; Costa *et al.*, 2001a,b), fue propuesta por Aranda *et al.* (2016). Estos autores reconocieron y avanzaron en la caracterización de tres niveles de agradación pedemontana, a los que denominan nivel aluvial I, II y III, localizados a diferentes alturas y con relaciones de incisión entre ellos. El grado de preservación de los depósitos del nivel aluvial II, sumado a la disponibilidad y acceso a diversos afloramientos, ha permitido arribar a una caracterización detallada de su geometría y relaciones litoestratigráficas. Así, los nuevos avances aportan elementos que confirman su génesis vinculada a abanicos aluviales, como ya ha sido propuesto por otros autores (Ojeda, 1991; Sozzi, 1991; Costa *et al.*, 2001a,b; entre otros). No obstante, los cuerpos sedimentarios del nivel aluvial II se destacan por presentar características geométricas que los diferencian de los típicos abanicos aluviales definidos en la literatura, los cuales están vinculados



**Figura 1.** Ubicación general del área de estudio. **a)** Ubicación de la provincia de San Luis en el contexto de Sierras Pampeanas. **b)** Subunidades de la Provincia Geomorfológica de Sierras Pampeanas en la provincia de San Luis, basado en la clasificación de González Díaz (1981) y propuesta de Aranda (2020). **c)** Perfil topográfico, que muestra la morfoestructura de “bloques y depresiones” que caracteriza a Sierras Pampeanas; nótese la asimetría de las laderas y el frente de deformación occidental.

**Figure 1.** General location of the study area. **a)** Location of the San Luis province in the context of Sierras Pampeanas. **b)** Subunits of the Sierras Pampeanas in the San Luis province, based on the classification of González Díaz (1981) and the proposal by Aranda (2020). **c)** Topographic profile showing the morfo-structure of “blocks and depressions” that characterizes Sierras Pampeanas; note the asymmetry of the slopes and the western deformation front.

generalmente a frentes de levantamiento controlados por fallamiento normal. Para este caso de estudio, el contexto morfoestructural de la sierra de San Luis, vinculado al fallamiento inverso, proporcionó condiciones diferentes en el espacio de acomodación de la cuenca sedimentaria asociada y en consecuencia la geometría aluvial de los depósitos.

Además de la influencia que ejerce este esquema morfotectónico regional en el piedemonte, al norte de la localidad de Nogolí, la suave y monótona pendiente pedemontana se ve interrumpida y modificada por la presencia de las serranías de Villa General Roca (Fig. 2). Estas elevaciones han sido asociadas a la acción de la falla de Villa General Roca (Costa *et al.*, 2001a). Esta estructura representaría el corrimiento y progradación del frente de deformación de la falla de San Luis hacia el oeste, es decir al interior de la cuenca, con la instalación de una estructura de *piedmont foreland* (en términos de Bull, 2007) (González Díaz, 1981; Costa *et al.*, 2001a; Traverso, 2018; Aranda y Ojeda, 2022). Para este sector, la geometría y potencia de los depósitos muestra rasgos diferentes, lo que permite suponer que la estructuración de las serranías de Villa General Roca ha condicionado la configuración de los abanicos aluviales del nivel II en este sector.

De esta manera, esta contribución presenta los resultados obtenidos del análisis geomorfológico y litoestratigráfico de los depósitos referidos como nivel aluvial II del piedemonte occidental de la sierra de San Luis. Tiene como objetivo inferir la relación entre las características geométricas de los depósitos y su contexto morfoestructural, así como aportar al conocimiento de cómo las serranías de Villa General Roca han condicionado el desarrollo y configuración diferencial de estos depósitos al norte de la localidad de Nogolí.

## CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO Y ANTECEDENTES

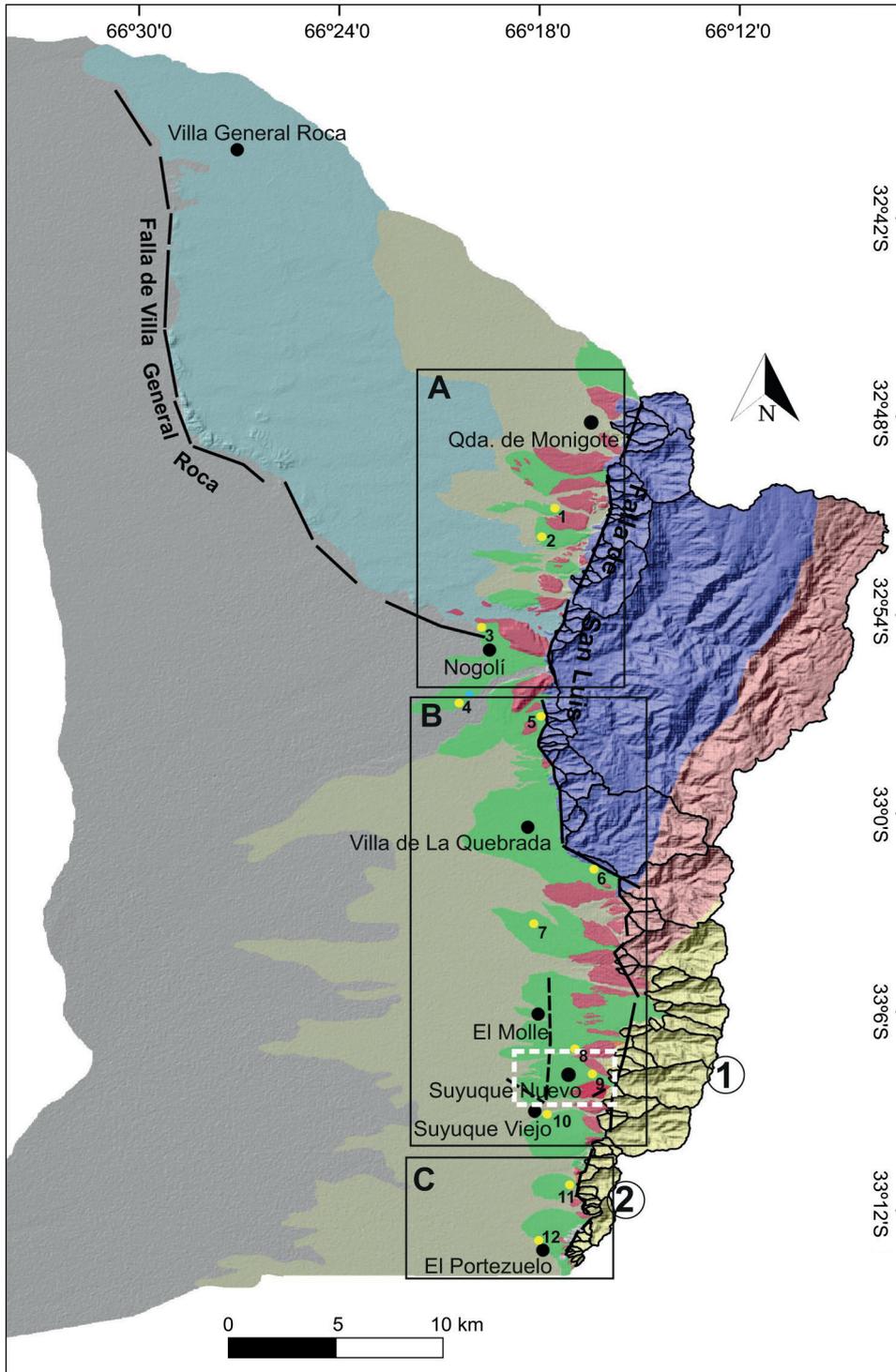
La sierra de San Luis, en Argentina, constituye la expresión más austral de las Sierras Pampeanas (Fig. 1a, b). Su perfil transversal es asimétrico, con una ladera oriental suave y tendida y una occidental corta y de pendientes abruptas (Fig. 1c). Su flanco occidental se halla marginado por la falla de San Luis, de carácter inverso, geometría lítrica e inclinaciones variables entre 30° y 70° (González Bonorino, 1950; Costa y Cortés, 1993). Esta ladera constituye el frente

de levantamiento neotectónico, o margen activo, configurado durante la orogenia Andina, donde se concentran las principales manifestaciones de tectónica cuaternaria en la región (Fauqué y Strecker, 1987; Costa, 1996; Costa, 2019; entre otros).

El área de estudio en esta contribución comprende el sector central del piedemonte occidental de la sierra de San Luis y se extiende hacia el oeste, hasta el depocentro de la Depresión Longitudinal Central (Fig. 1b). Abarca un área de aproximadamente 2000 km<sup>2</sup> entre la ciudad de San Luis, al sur, y la localidad de Villa General Roca, al norte (Fig. 1b).

La ladera occidental de las sierras de San Luis (Fig. 2a) constituye el área de aporte para los depósitos pedemontanos analizados. En líneas generales, está conformada por basamento ígneo-metamórfico, en el que se reconocen rocas metamórficas y graníticas (Kilmurray y Dalla Salda, 1977), siendo las metamorfitas dominantes en la porción norte, en tanto que los granitoides dominan la porción sur (Fig. 2). Entre las metamorfitas se reconocen rocas de alto grado metamórfico, predominando gneises, migmatitas y esquistos (Ortiz Suarez, 1999; González *et al.*, 2004). Por su parte, los granitoides son más representativos en la porción austral del macizo serrano, con los granitos La Escalerilla y El Volcán como los exponentes más importantes (Morosini, 2011).

El transporte de sedimentos desde la ladera serrana hacia el piedemonte está organizado a través de 65 cuencas hidrográficas con características heterogéneas desde el punto de vista geomorfológico (Fig. 2). Las formas varían entre alargadas y achatadas mientras que los tamaños oscilan desde menos de 1 km<sup>2</sup>, para las cuencas que labran el extremo sur de la ladera, hasta 183 km<sup>2</sup>, para la gran cuenca del río Nogolí (Aranda y Ojeda, 2014; Aranda, 2020). Esta heterogeneidad se ha asociado a la configuración estructural del frente serrano en lo que Costa (1992) denomina Dominios Morfotectónicos. Cada dominio está conformado por bloques de diferentes tamaños, con comportamiento tectónico y reológico diferencial (Aranda y Ojeda, 2014; Aranda, 2020) (Fig. 3). Dentro del área de estudio, el sector más austral de la sierra de San Luis no sólo presenta las cuencas hidrográficas con menos desarrollo areal y jerárquico (orden 2 y 3 de Strahler, 1964) (Aranda, 2020), sino que también coincide con los sectores donde el macizo serrano habría experimentado una menor tasa de levantamiento durante el Cuaternario



**Figura 2.** Mapa simplificado de unidades geomorfológicas para el piedemonte occidental de la sierra de San Luis. Las unidades geológicas de la ladera occidental de la sierra de San Luis fueron tomadas y simplificadas de Morosini (2011). A: Sector norte. B: Sector sur. C: Extremo sur. La línea punteada de color blanco referencia la ubicación de la Fig. 4.

**Figure 2.** Simplified map of geomorphological units for the western piedmont of the San Luis Range. Geologic units for the western hillside of the San Luis Range were taken and simplified from Morosini (2011). A: Northern sector. B: Southern sector. C: South end sector. The white dotted line marks the location of Figure 4.

**REFERENCIAS**

Unidades geomorfológicas simplificadas del piedemonte occidental de la sierra de San Luis

- Abanicos Aluviales del nivel I
- Abanicos Aluviales del nivel II
- Bajada aluvial del nivel III
- Sistema geomorfológico de Villa General Roca

Unidades geológicas simplificadas de la ladera occidental de la sierra de San Luis

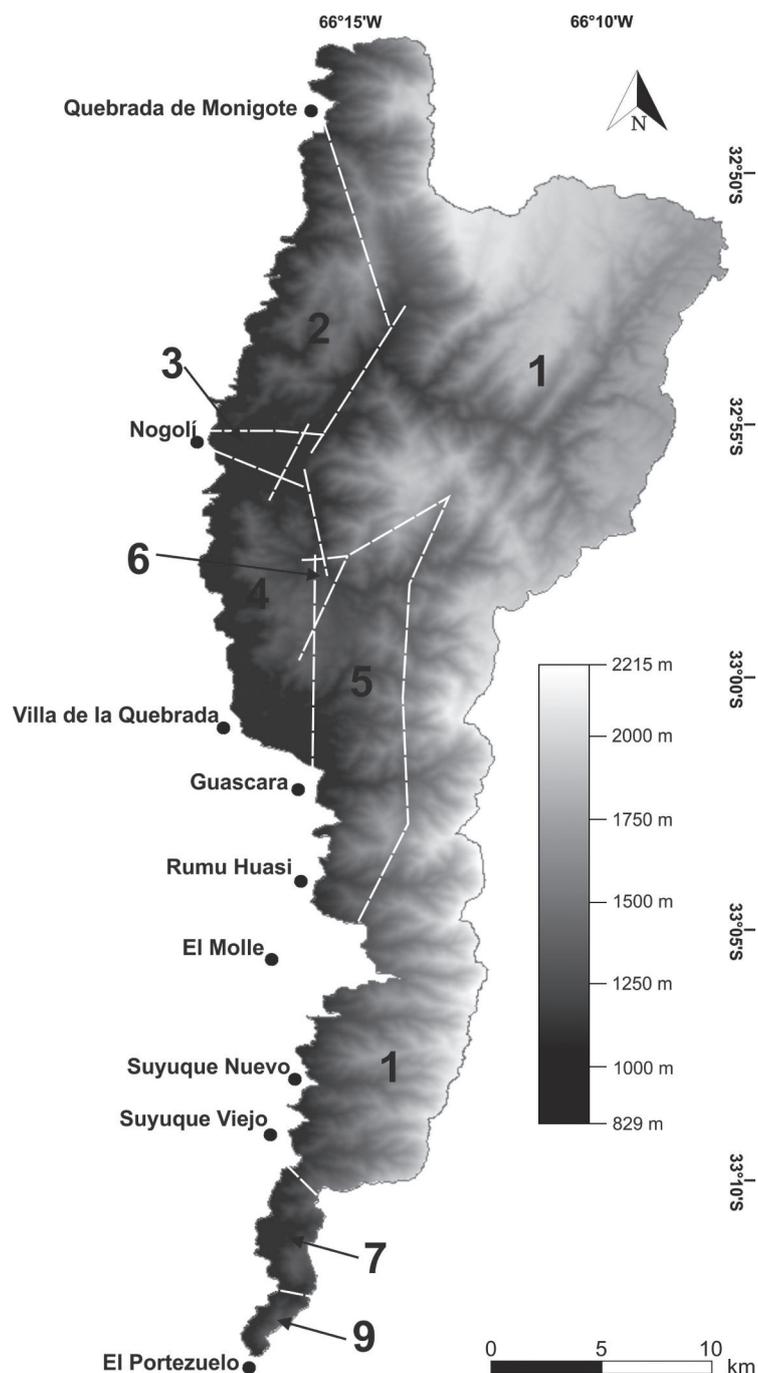
- Gneisses y Migmatitas
- Esquistos y Filitas
- Granitoides
- ① Granito La Escalerilla
- ② Granito El Volcán

— Fallas principales

.... Fallas cuaternarias inferidas

— Cuencas hidrográficas

● Puntos de control en campo



**Figura 3.** Imagen de sombreado artificial de la ladera occidental de la sierra de San Luis que muestra los Dominios Morfotectónicos (números) propuestos por Costa (1992).

**Figure 3.** Artificial shading image of the western slope of the San Luis Range showing the Morphotectonic Domains (numbers) proposed by Costa (1992).

(Dominios Tectónicos 7 y 9) (Figs. 2 y 3) (Costa, 1992). Aranda (2020) propone que este hecho habría condicionado la configuración de los depósitos en el piedemonte, ya que, a menor tamaño y jerarquía de la cuenca, también es menor la dimensión areal de los depósitos.

Los trabajos pioneros realizados en el piedemonte reconocieron geoformas tanto agradacionales como erosivas (González Díaz, 1981; Latrubesse y Ramonell, 1989; Ojeda, 1991; Sozzi, 1991; Costa,

1992; Roccasalvo, 1992; Marnetti, 1995; Sozzi et al., 1995; Costa et al., 2001a,b). Las primeras fueron descritas al sur de la localidad de Nogolí (Fig. 2). Estos autores destacaron la presencia de remanentes disectados de depósitos de abanicos aluviales adosados al *knick* serrano, parcialmente a bien preservados y caracterizados como depósitos aglomerádicos a conglomerádicos (González Díaz, 1981; Costa et al., 2001a,b). Hacia las zonas pedemontanas distales describieron la presencia de

secuencias de mayor continuidad areal, asociadas a una extensa bajada aluvial con relación telescópica respecto a los sedimentos más antiguos, en la que se reconocieron depósitos loésicos asociados a mantos eólicos con retrabajo aluvial (González Díaz, 1981; Costa *et al.*, 2001a,b). Las geoformas erosivas han sido descritas principalmente en las inmediaciones y al norte de la localidad de Nogolí (Fig. 2). Fueron asignadas a dos superficies de pedimentación inactivas y ubicadas a diferentes cotas altimétricas (Latrubesse y Ramonell, 1989; Costa, 1992). En ambos casos, están labradas sobre areniscas guijosas rojizas, de estructura masiva, consistencia friable, pobremente seleccionadas y base no aflorante, que han sido atribuidas por diferentes autores al Neógeno (Flores, 1969; Ojeda 1991; Sozzi, 1991; Sozzi *et al.*, 1995; Marnetti, 1995; Costa *et al.*, 2001a).

Sobreyaciendo a estas secuencias neógenas se describieron depósitos cuaternarios, definidos como conglomerados grisáceos, friables, masivos a groseramente estratificados, de geometría tabular y notoria morfología de abanicos aluviales en planta (Ojeda 1991; Sozzi, 1991; Sozzi *et al.*, 1995; Marnetti, 1995; Costa *et al.*, 2001a,b). Para la superficie de pedimentación más antigua y adosada al *knick* serrano, el espesor de los depósitos cuaternarios es cercano a los 10 m (Ojeda 1991; Sozzi, 1991; Sozzi *et al.*, 1995); estos fueron definidos en las inmediaciones de la localidad de Nogolí (Fig. 2). Por su parte, los depósitos que suprayacen la superficie de pedimentación más alejada del frente serrano, y dispuesta a menor cota que la anterior, tienen entre 2 y 4 m de espesor (Marnetti, 1995; Costa *et al.*, 2001a,b). Estas últimas son las que caracterizan la porción septentrional del piedemonte (Sector A de la Fig. 2). Costa *et al.* (2001a,b), basados en sus rasgos morfológicos y geométricos, definieron a estos depósitos cuaternarios como “depósitos de cobertura de pedimentos” o “posibles cuerpos de cubierta de erosión”. No obstante, otras propuestas, en función a sus características geomorfológicas y litoestratigráficas, así como sus relaciones de campo, plantearon definirlos como depósitos genéticamente asociados a abanicos aluviales (Ojeda, 1991; Sozzi, 1991; Sozzi *et al.*, 1995; Aranda *et al.*, 2012; Aranda *et al.*, 2016 y Aranda y Ojeda, 2022).

Las contribuciones actuales proponen caracterizar al piedemonte como conformado, en líneas generales, por depósitos de abanicos aluviales agrupados en tres niveles (I, II y III) (Fig. 2) (Aranda

*et al.*, 2012; Aranda *et al.*, 2016; Aranda, 2020). El nivel aluvial I fue descrito como cuerpos residuales intensamente disectados y adosado al *knick* serrano, integrado por aglomerados y conglomerados gruesos; se los considera como los depósitos pedemontanos más antiguos, de edad plio-pleistocena (Costa, 1992; Costa *et al.*, 2001a,b; Aranda *et al.*, 2015; Aranda *et al.*, 2016; Aranda, 2020). El nivel aluvial II se desarrolla en una posición topográficamente inferior (aprox. 3 m) al nivel aluvial I y con una relación telescópica. Fue caracterizado por cuerpos con morfología de abanicos aluviales bien definidos en planta, constituidos por aglomerados y conglomerados gruesos; han sido asignados tentativamente al Pleistoceno inferior a medio (Costa, 1992; Costa *et al.*, 2001a,b; Aranda *et al.*, 2016; Aranda, 2020). Finalmente, reconocieron un nivel aluvial III que desarrolla una extensa y suave bajada pedemontana con relación de corte respecto al nivel aluvial II, integrada por sedimentos limo-arenosos con gravas fina dispersas; se asignaron estos depósitos al Holoceno tardío (Aranda *et al.*, 2016; Traverso, 2018; Aranda, 2020).

El carácter estructural y evolución tectónica de la sierra de San Luis repercutió y repercute en las características geomorfológicas pedemontanas. Costa (1992) fue el primero en analizarlo; definió distintos estilos estructurales y tasas de levantamiento para el macizo serrano y su vinculación con las geoformas proximales y/o adosadas al frente de deformación. Más tarde, siguiendo la misma línea de trabajo, otros autores llevaron a cabo trabajos más detallados orientados al análisis morfoestructural, concentrados en la localidad de Nogolí y sus alrededores (Rocassalvo, 1992; Marnetti, 1995; Sales y Costa, 2010; Sales, 2021; Nadalez, 2022; Martínez, 2023).

Uno de los rasgos estructurales más conspicuos del piedemonte se presenta en su porción septentrional, entre la localidad Nogolí y Villa de General Roca (Fig. 2). Está dado por una morfoestructura que imprime rasgos característicos a su región media-distal. González Díaz (1981) advirtió que la suave pendiente pedemontana hacia el oeste se ve interrumpida por una sucesión de resaltos morfológicos menores, asociado a un fallamiento inverso. Más tarde, Costa *et al.* (2001a) describieron a esos resaltos topográficos como las serranías de Villa General Roca y los atribuyeron a la actividad de la falla homónima. En trabajos más recientes, esta morfoestructura ha sido vinculada al desarrollo de un *piedmont foreland*, en

términos de Bull (2007) (Traverso, 2018; Traverso *et al.*, 2022; Aranda y Ojeda, 2022). Representa la respuesta al corrimiento de los esfuerzos compresivos de la falla de San Luis hacia la cuenca, con la instalación de un nuevo frente de deformación, asociado a la falla de Villa General Roca. Esta configuración estructural ha propiciado la presencia de unidades geomorfológicas entre las que, además de las serranías de Villa General Roca, se incluyen otras lomadas y serranías menores, valles, arroyos, superficies de erosión y mantos aluvio-eólicos. Estas particularidades dieron lugar a considerar dicho sector como una región con características geomorfológicas particulares dentro del piedemonte, definida preliminarmente con el nombre de Sistema Geomorfológico de Villa General Roca (Traverso *et al.*, 2022; Aranda y Ojeda, 2022) (Fig. 2a).

### METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para la identificación, mapeo y caracterización de las geoformas del área estudiada se utilizaron imágenes satelitales de alta resolución espacial, tomadas de *Google Earth*®, y fotografías aéreas pancromáticas a escala 1:20.000, del año 1968. En ambos casos, fueron manipuladas en un entorno de aplicación digital mediante el Sistema de Información Geográfica (SIG) QGIS 3.32.1. En forma conjunta se utilizaron imágenes multiespectrales ASTER y Landsat ETM.

Para la caracterización morfométrica de las geoformas se utilizaron, fundamentalmente, modelos de sombreado artificial generados a partir de Modelos Digitales de Elevaciones MDE AR 2.0v, de 30 m de resolución espacial, disponibles en el sitio web del Instituto Geográfico Nacional ([www.ign.gob.ar](http://www.ign.gob.ar)). Se obtuvieron parámetros básicos como: área, longitud, ancho, pendiente general y altura sobre el nivel del mar. Para ello se utilizaron las herramientas de procesamiento y cálculo de estadísticas que provee QGIS (Gazaba, 2021; Olaya, 2020).

El trabajo de campo consistió en el control de los resultados obtenidos a partir de los trabajos de fotointerpretación, y la toma de datos sedimentológicos y estratigráficos para interpretar la génesis de los depósitos aluviales. Se relevaron y obtuvieron registros sedimentológicos-estratigráficos en un total de doce (12) puntos de control (Fig. 2a), aprovechando exposiciones naturales y numerosas canteras de extracción de áridos. Las tareas se

completaron con un registro fotográfico de detalle para realizar esquemas de cada litofacies e identificar sus rasgos principales, especialmente a nivel de la fábrica. En laboratorio, el análisis de los sedimentos consistió en el tamizado mecánico para las gravas y arenas y la técnica de Bouyoucos para aquellos de menor tamaño. La composición litológica fue caracterizada tanto *in situ* como en laboratorio, mediante observación macroscópica.

Características sedimentológicas tales como la litología, textura, estructura, superficies limitantes, geometría y espesor de los depósitos permitieron aplicar la metodología estándar de estudio de rocas sedimentarias en el marco conceptual del análisis de facies (*e.g.*, Reading, 1996). De este modo, se reconocieron cuatro litofacies (Tabla 1), codificadas según el sistema propuesto por Miall (2006) para depósitos fluvio-aluviales. Consta de una o varias letras mayúsculas que identifican las granulometrías dominantes (G: gravas, S: arenas) y una o dos letras minúsculas que identifican las estructuras sedimentarias (m: masivo, h: estratificación horizontal).

Las litofacies genéticamente relacionadas fueron agrupadas en elementos arquitecturales, considerando como tal a un cuerpo de roca de escala mayor a una facies, caracterizado por su geometría (interna y externa), el arreglo de sus superficies limitantes y/o las facies que lo componen (Miall, 1985, 2006). Se definieron tres elementos arquitecturales, que, en función de sus relaciones espaciales y genéticas, fueron agrupados en tres asociaciones de facies (AF). A partir de estas últimas se interpretaron los subambientes sedimentarios de los depósitos.

### CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LOS DEPÓSITOS ALUVIALES

Dentro del piedemonte occidental de la sierra de San Luis los depósitos del nivel aluvial II están representados por cuerpos sedimentarios individuales que se elevan aproximadamente 3 m respecto a la superficie circundante con significativa expresión superficial (2 y 11 km<sup>2</sup>) y un buen grado de preservación (Fig. 4). Se disponen elongados hacia el oeste, con longitudes de entre 3 y 7 km y ancho de 3 km, en promedio. Los perfiles longitudinales se muestran levemente cóncavos, con valores de pendiente que rondan el 4%, en tanto que los perfiles transversales muestran fisonomía convexa.

Litofacies	Litología	Fábrica y estructuras sedimentarias	Geometría	Interpretación
<b>Gcm</b>	Aglomerado clasto-sostén con hasta 80% de esqueleto, modas de bloques (30 a 150 cm) y guijones (5 a 30 cm) angulosos a subredondeados. Matriz gravo-arenosa. Color gris claro a medio.	Fábrica cerrada. Estructura masiva y desorganizada.	Irregular a tabular con base erosiva. Espesor métrico.	Flujos de detritos torrenciales ( <i>flashflood</i> ). No encauzados. Escaso transporte.
<b>Gh</b>	Aglomerado a ortoconglomerado grueso clasto-sostén con hasta 80% de esqueleto, moda de bloques (30 a 100 cm) a guijones (10 a 30 cm), subredondeados y partidos por atrición. Matriz de guijarros hasta arenas finas. Color gris claro a oscuro.	Fábrica cerrada. Estratificación horizontal cruda e imbricación de clastos. Abundantes pátinas calcáreas, pero débil cementación.	Irregular a tabular de base erosiva, de espesor métrico a decamétrico. Lenticular de 60 cm de espesor máximo.	Flujos acuosos tractivos turbulentos de energía muy alta a alta, desde no encauzados hasta canalizados.
<b>SGh</b>	Arenisca gruesa a gravosa con guijas de hasta 1 cm. Color pardo rojizo.	Estratificación horizontal cruda.	Irregular a tabular con base neta. Lenticular. Espesor decimétrico a métrico.	Flujos acuosos tractivos de energía moderada, canalizados.
<b>Sm</b>	Arenisca muy fina, con hasta 30% de limo. Color marrón claro, base blanquecina.	Masiva y compacta. Bioturbada. Concreciones calcáreas basales, milimétricas y redondeadas.	Tabular a irregular, de gran continuidad lateral. 60 cm de espesor máximo.	Desaceleración brusca de flujos densos no cohesivos. Edafización incipiente.

**Tabla 1.** Litofacies reconocidas para el nivel aluvial II del piedemonte occidental de la sierra de San Luis. Códigos basados en Miall (2006).

**Table 1.** Lithofacies recognized for alluvial level II, according to the codes proposed by Miall (2006).

Se posicionan topográficamente a menor altura que los depósitos aluviales del nivel I, formando sistemas telescópicos (Fig. 4). Sus ápices se hallan ubicados a una altura promedio de  $950 \pm 60$  m s.n.m, en tanto que su porción más distal se encuentra a los  $800 \pm 30$  m s.n.m.

### ANÁLISIS DE ELEMENTOS ARQUITECTURALES

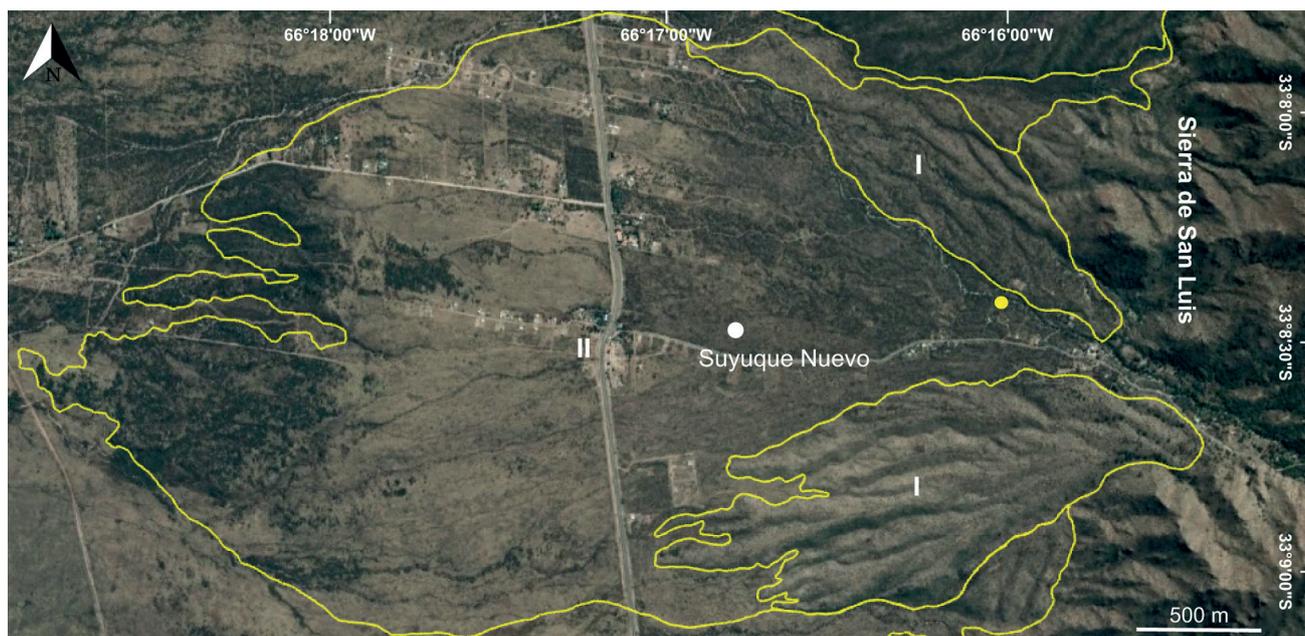
Para el nivel aluvial II se han reconocido cuatro litofacies sedimentarias (Tabla 1), agrupadas en tres elementos arquitecturales.

#### Elemento Arquitectural SG

Conforma un cuerpo de geometría irregular a levemente tabular con base erosiva, espesor métrico (entre 3 y 5m) y desarrollo lateral de rango decamétrico (Fig.5a). Cabe resaltar que este elemento ha sido relevado únicamente en un afloramiento en la región

apical del depósito aluvial, adosado al frente serrano actual, en la zona de Villa de la Quebrada (Punto de Control 5 en Fig. 2), donde yace en inconformidad sobre rocas del basamento cristalino con claros signos de meteorización. Se compone únicamente de aglomerados angulosos hasta subredondeados, clasto-sostén, con matriz arenosa y estructura masiva (*Gcm*) (Tabla 1, Fig. 5c). La composición de los clastos corresponde predominantemente a rocas metamórficas muy alteradas, mientras que la matriz es de composición predominantemente cuarzosa, con poblaciones subordinadas de feldespatos potásicos alterados y fragmentos líticos no alterados.

**Interpretación.** Se lo identifica con el elemento arquitectural SG, que corresponde a depósitos de flujos gravitatorios de sedimento (Miall, 2006). Esto queda evidenciado por su fábrica caótica, el gran tamaño y carácter brechoso de los bloques dominantes y la geometría irregular del depósito.



**Figura 4.** Vista en planta de un abanico aluvial del nivel II. Obsérvese la relación telescópica con los depósitos más antiguos. I: Abanico aluvial del nivel I. II: Abanico aluvial del nivel II. El punto amarillo representa el punto de control de campo 9 de la Fig. 2. **Figure 4.** Plan view of an alluvial fan of level II. Note the telescopic relationship with older deposits. I: Alluvial fan of level I. II: Alluvial fan of level II. The yellow dot represents field checkpoint 9 in Fig. 2.

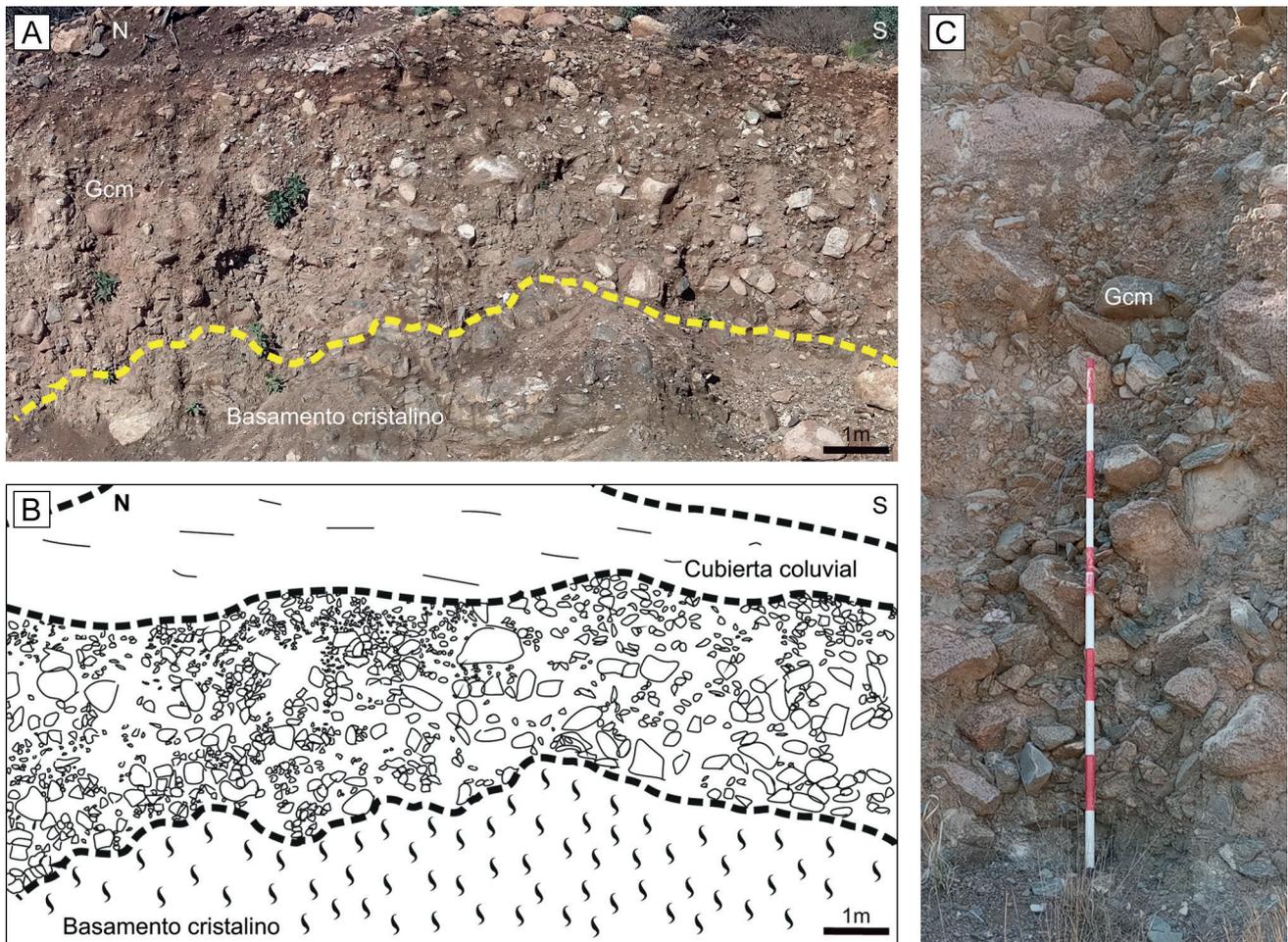
A partir de la abundante matriz arenosa de los depósitos se infiere que se habrían formado a partir de flujos hiperconcentrados no viscosos de alto régimen energético, cuya alta concentración de partículas condicionó un comportamiento masivo antes que tractivo (Beverage y Culbertson, 1964; Caselli y Limarino, 2002). Todas estas características permiten definir a estos flujos como *flash floods* o crecidas torrenciales que no pueden mantener su alta energía por un tiempo prolongado (Colombo, 2010). Este tipo de flujos ocurren principalmente durante el primer estadio de depositación de abanicos aluviales y asociados a sus zonas de cabecera (Blair y McPherson, 1994). Esto se condice con la ubicación de la asociación de facies, cercana al *knick* serrano y en contacto directo con el basamento cristalino, el cual exhibe signos de una profunda meteorización.

### Elemento Arquitectural GB

Conforma cuerpos de geometría irregular a levemente tabular con base erosiva, espesor variable en el orden decimétrico a decamétrico y desarrollo lateral de rango decamétrico (Fig. 6a-c). Están constituidos predominantemente por aglomerados de ortoconglomerados gruesos, clasto-sostén (*Gh*) (Tabla

1, Fig. 6a-b, d-e). Esta litofacies está conformada por bloques y guijones subredondeados a subangulosos, partidos por impacto y matriz gravo-arenosa, que presentan estructura groseramente estratificada e imbricación de clastos con dirección de paleocorriente hacia el oeste. En menor proporción se intercalan areniscas gravosas (*SGh*) (Tabla 1, Fig. 6b-c, f). En este caso *SGh* presenta estratificación horizontal cruda, en estratos irregulares a lenticulares de espesor decimétrico hasta métrico. Este elemento presenta diferentes espesores y proporciones de litofacies en función de su distancia al frente serrano.

En las zonas más proximales se observan estratos amalgamados de espesor decamétrico formados por *Gh* aglomerádico sin presencia de *SGh* (Fig. 6a). En las zonas medias se observan estratos más bien tabulares de espesor decamétrico de *Gh* aglomerádicos a conglomerádicos, que alternan con estratos métricos de *SGh* (Fig. 6b). Finalmente, hacia las zonas más alejadas se observa un decrecimiento en la granulometría de *Gh* (guijones), asociado a una mayor proporción de *SGh* (Fig. 6c). Ambas litofacies se intercalan en cuerpos con geometrías lenticulares a irregulares de espesores decimétricos hasta métricos (Figs. 6c, 7a). La fracción más gruesa se compone de fragmentos líticos que presentan moderado a

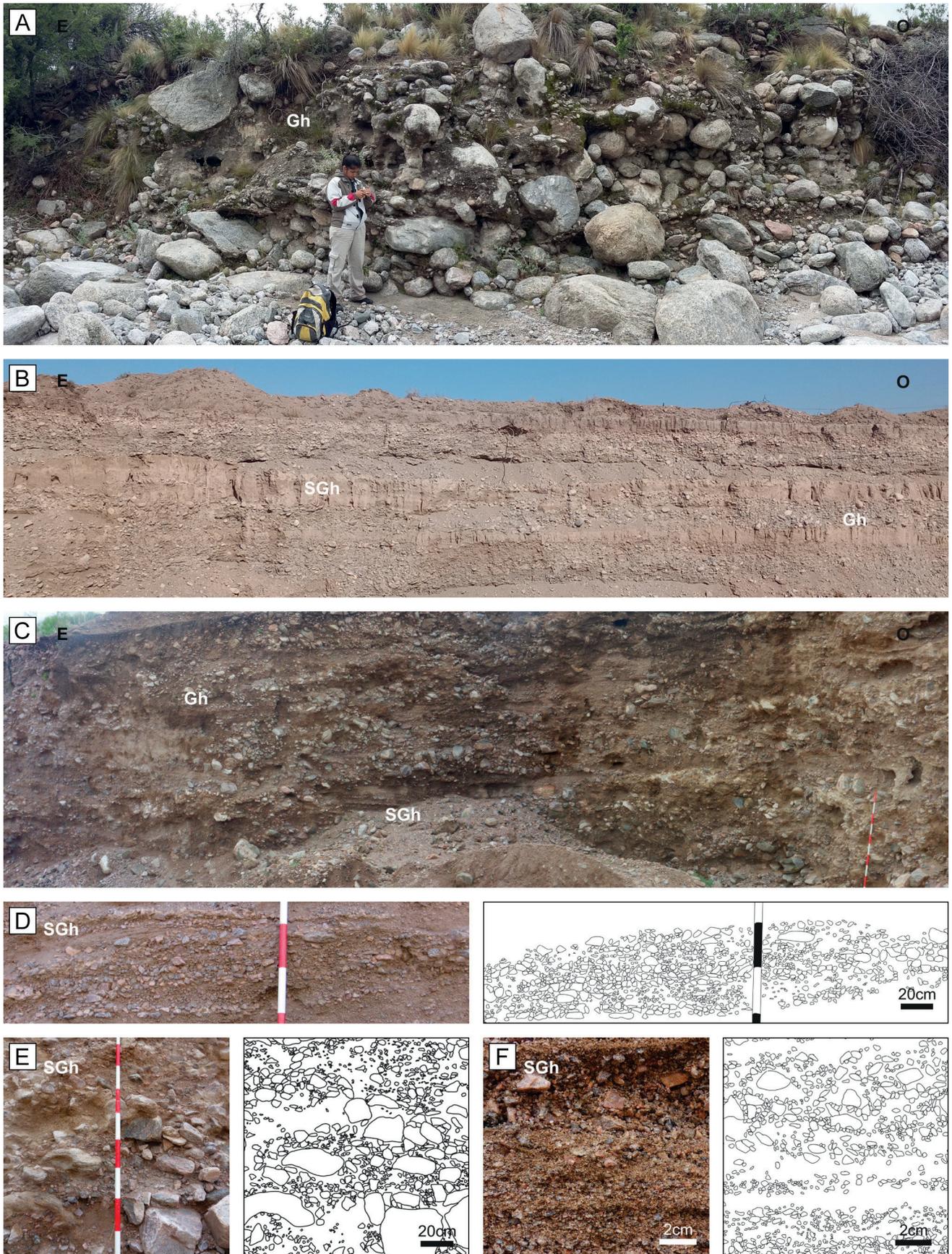


**Figura 5.** Elemento Arquitectural SG. **a)** Vista del afloramiento de la litofacies Gcm que apoya en inconformidad (línea punteada) sobre basamento cristalino. **b)** Esquema simplificado de la estructura del depósito. **c)** Detalle de la litofacies Gcm; observe la apariencia caótica y presencia desigual de los bloques. Fotos tomadas en el punto de control de campo 5 (Fig. 2).  
**Figure 5.** Architectural Element SG. **a)** View of an outcrop of the Gcm lithofacies, overlying with an unconformity (dotted line) the crystalline basement. **b)** Simplified scheme of the deposit structure. **c)** Detailed view of Gcm lithofacies; note the chaotic appearance of blocks. Photos were taken at field checkpoint 5 in Figure 2.

alto grado de alteración. Por su parte, la fracción arenosa se compone predominantemente de cuarzos subredondeados cristalinos y limpios, feldspatos potásicos angulosos y parcialmente alterados y fragmentos graníticos subangulosos no alterados. Los depósitos están débilmente cementados, aunque son abundantes las pátinas calcáreas.

**Interpretación.** Se identifica a este conjunto con el elemento arquitectural GB, que corresponde a formas de lecho gravosas (Hein y Walker, 1977; Miall, 2006). Se habría depositado a partir de flujos mantiformes y como relleno de canales poco profundos (Nemec y Postma, 1993; Miall, 2006), en el sector medio de un sistema fluvio-aluvial de alta energía (Blair

y McPherson, 1994). Los depósitos aglomerádicos se habrían formado a partir de flujos acuosos tractivos, de alta energía y capacidad de transporte, que circularon en forma de flujos en manto (*sheet flood*) (Blair y McPherson, 1994; Alexander *et al.*, 2001; Colombo, 2010). Este tipo de flujos suelen ser de corta duración y de sedimentación rápida, lo que se vería reflejado en la mala selección de sus depósitos. Sin embargo, para los depósitos más alejados del frente serrano no se descarta una mayor duración de los flujos, a partir de una disminución de energía gradual y el pasaje progresivo desde un régimen supercrítico a crítico (Alexander *et al.*, 2001). Asimismo, la disminución del volumen de agua permite el encauzamiento del flujo en



**Figura 6.** Elemento Arquitectural GB. **a)** Vista de afloramiento de GB en la porción proximal de un abanico aluvial, donde se observa únicamente la presencia de la litofacies Gh. Foto tomada en el punto de control de campo 6 (Fig. 2). **b)** Vista de

canales discretos donde se depositan fracciones granulométricas más finas (conglomerados de guijones y areniscas conglomerádicas) en estratos irregulares a lentiformes. De este modo, la disminución de la granulometría dominante y el cambio en la proporción de las distintas litofacies reflejan la distancia respecto del frente serrano y la variación en la capacidad de transporte de los flujos involucrados. Se observa predominio de los depósitos de mayor energía hacia el este, en cercanías al área fuente. Mientras que los depósitos de menor energía se vuelven progresivamente más abundantes hacia el oeste.

### Elemento Arquitectural CS

Conforma un cuerpo de geometría irregular de base no erosiva, espesor decimétrico (máximo de 60 cm) y ancho métrico variable. Se dispone en estrecha relación con el elemento GB (Fig. 7a). Está compuesto únicamente por areniscas limosas masivas y bioturbadas (*Sm*) (Fig. 7a,c). Hacia la base del estrato se observan concreciones calcáreas milimétricas, redondeadas y de color blanco (Fig.7c).

**Interpretación.** Se lo identifica con el elemento arquitectural CS, que corresponde a depósitos de lóbulos de desbordamiento (Makaske, 2001; Miall, 2006). Se interpreta que los materiales fueron depositados en masa a partir de flujos acuosos mantiformes y densos que pierden su energía de manera repentina durante los desbordes de los canales principales (Miall, 2006). Este proceso habría ocurrido próximo a las fajas de canales representadas por el elemento arquitectural GB, ya sea en la planicie

de inundación o bien como lóbulos terminales de dichos canales (Miall, 2006; Scherer *et al.*, 2015). Estos sedimentos quedaron expuestos a condiciones subaéreas el tiempo suficiente para ser reelaborados por incipientes procesos edáficos, lo que explica la bioturbación observada (Scherer *et al.*, 2015).

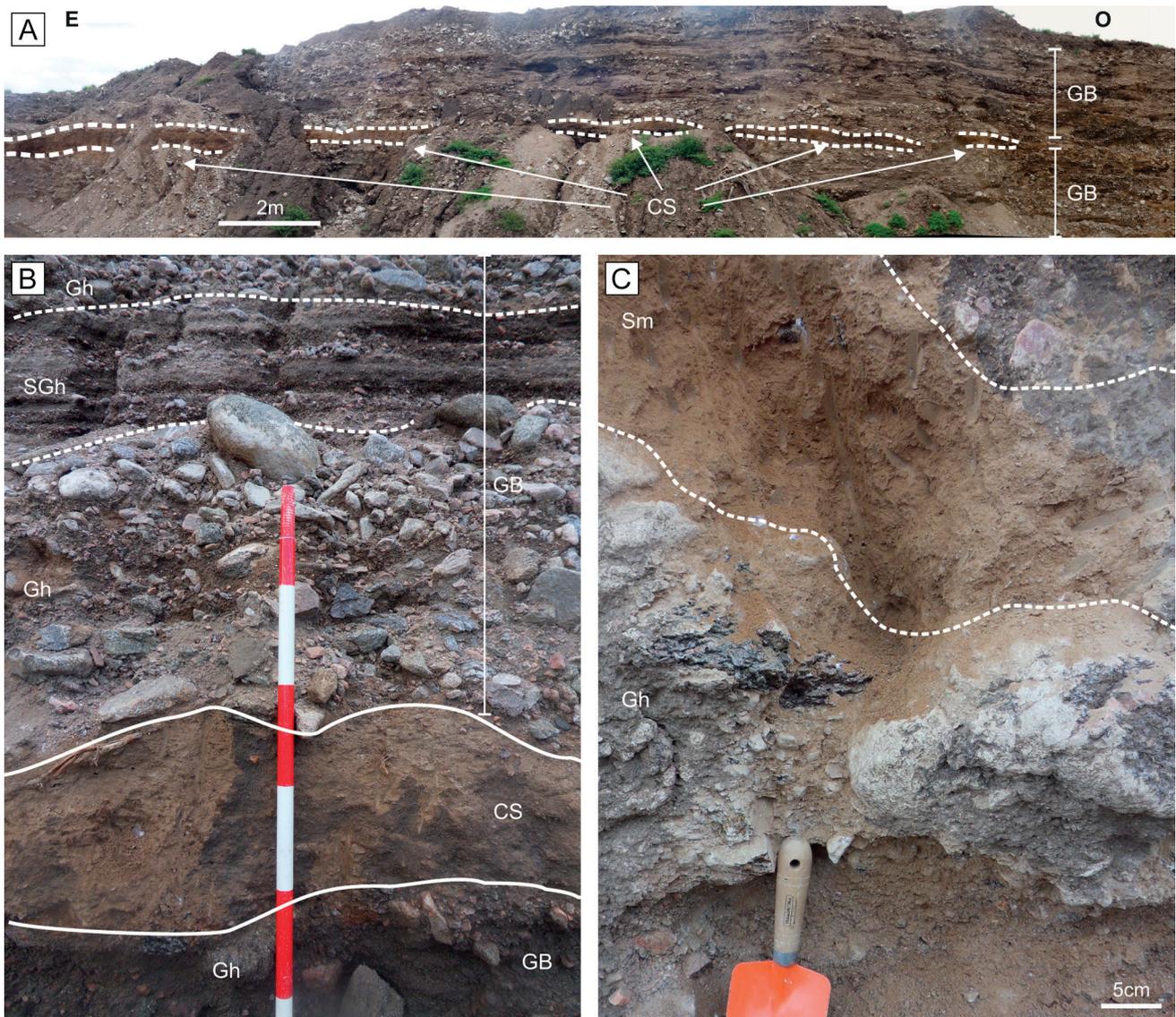
### INTERPRETACIÓN GENÉTICA Y EVOLUTIVA DE LOS DEPÓSITOS ALUVIALES Y SUS VARIACIONES LOCALES

Los elementos arquitecturales antes descriptos conforman tres asociaciones de facies (AF). En función a la disposición de estas AF respecto al frente serrano, así como a sus características geomorfológicas, se interpreta a los depósitos del nivel aluvial II como abanicos aluviales asociados a corrientes acuosas tractivas. Según la clasificación de Blair y McPherson (1994) se corresponden con abanicos aluviales del Tipo II; esto es abanicos dominados por procesos de flujos mantiformes (*sheet flood*).

En las zonas apicales y proximales de los cuerpos ha sido reconocida la AF1, conformada únicamente por el elemento arquitectural SG (Fig. 5). Esta asociación de facies representa la porción apical a proximal del abanico aluvial (Blair y McPherson, 1994; Suriano y Limarino, 2009). Asimismo, se corresponde con los primeros estadios en el desarrollo de los abanicos, donde predominan corrientes acuosas de alta energía y procesos gravitacionales (Caselli y Limarino, 2002; Colombo, 2010).

En las zonas proximales a medias predomina la AF2, conformada por los depósitos de mayor espesor y granulometría del elemento arquitectural GB (Fig.

afloresamiento de GB en la porción media de un abanico aluvial, donde se observa la intercalación de las litofacies Gh y SGh en cuerpos irregulares a tabulares con estratificación cruda. Foto tomada en el punto de control de campo 4 (Fig. 2). **c)** Vista de afloramiento de GB en la porción distal de un abanico aluvial, donde se observa la intercalación de las litofacies Gh y SGh en cuerpos irregulares a lenticulares con estratificación cruda. Foto tomada en el punto de control de campo 12 (Fig. 2). **d)** Vista de detalle y esquema de la litofacies Gh de guijones, con geometría lenticular. **e)** Vista de detalle y esquema de la litofacies Gh aglomerádica, con bloques y clastos partidos. **f)** Vista en detalle y esquema de la litofacies SGh con estratificación horizontal cruda. **Figure 6.** Architectural Element GB. **a)** View of an outcrop of GB in the proximal sector of an alluvial fan; presence only of Gh lithofacies. The photo was taken at field checkpoint 6 in Figure 2. **b)** View of an outcrop of GB in the middle sector of an alluvial fan; interspersing of Gh and SGh lithofacies in irregular to tabular bodies showing crude stratification. The photo was taken at field checkpoint 4 in Figure 2. **c)** View of an outcrop of GB in the distal sector of an alluvial fan; the interspersing of Gh and SGh lithofacies in irregular to lenticular bodies with crude stratification. **d)** Detailed view and scheme of Gh lithofacies (thick orthoconglomerate with horizontal stratification and a lenticular shape). **e)** Detailed view and scheme of Gmh lithofacies, note the presence of blocks and broken, subangular, and subrounded clasts. **f)** Detailed view and scheme of SGh lithofacies (gravelly sandstone with normal gradation).



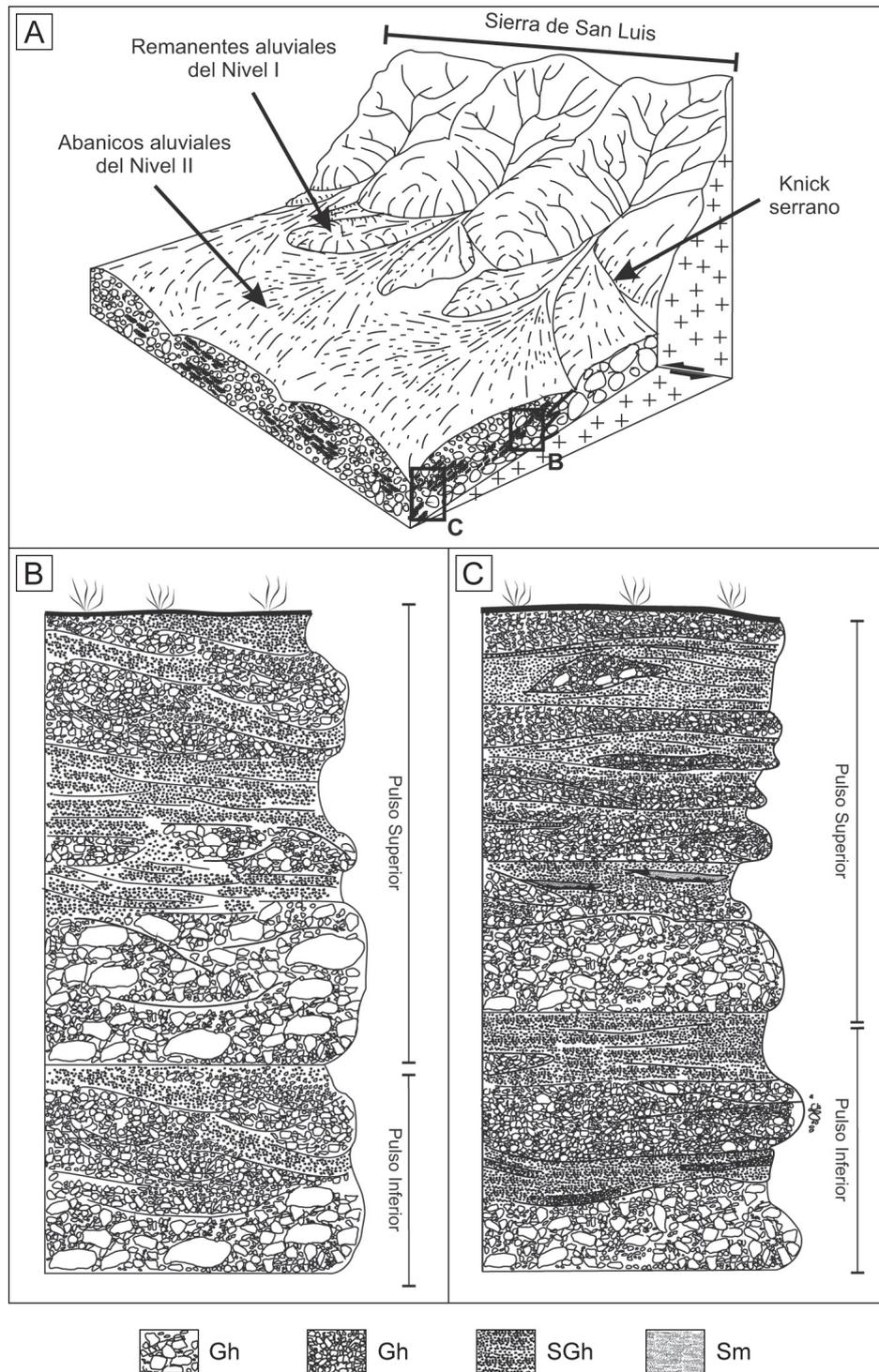
**Figura 7.** Elemento Arquitectural CS. **a)** Vista de afloramiento del elemento arquitectural CS intercalado entre dos niveles del elemento GB; obsérvese la fisonomía irregular del depósito y su extensión lateralmente (líneas punteadas). **b)** Vista en detalle de CS en contacto erosivo con GB. **c)** Vista en detalle de la litofacies Sm, de textura fina y estructura masiva, nótese la acumulación carbonática hacia la base.

**Figure 7.** Architectural Element CS. **a)** View of an outcrop of CS, interspersing between two levels of GB; note the approximate tabular shape of the deposits (dotted line). **b)** Detailed view of the erosional contact of GB with the underlying deposit of CS. **c)** Detailed view of Sm lithofacies; note the fine texture, the massive structure, and the carbonate accumulation towards the base.

6a-c). Esta asociación de facies ha sido interpretada como correspondiente a fajas de canales someros de alta energía, sin desarrollo y/o preservación de las llanuras de inundación. Esto caracteriza al sector proximal-medio de un abanico aluvial (Fig. 8a, b) (Miall, 2006; Colombo, 2010).

En las zonas medias a distales se reconoce la AF3, conformada predominantemente por el elemento GB, que muestra una notoria disminución de su granulometría, con presencia subordinada del

elemento CS (Fig. 7a). Este conjunto corresponde a canales someros de alta energía, pero de menores dimensiones que en la AF2, separados por depósitos de desbordamiento de mayores dimensiones (Fig. 8a, c). La interacción entre los elementos GB y CS reflejaría las etapas de crecimiento y migración de los canales aluviales en el sector distal de un abanico aluvial (Makaske, 2001; Miall, 2006). Asimismo, dada la posición de esta asociación de facies dentro del abanico aluvial, no se puede descartar que el



**Figura 8.** Abanicos aluviales del nivel II en el piedemonte occidental de la sierra de San Luis. **a)** Modelo esquemático de la disposición respecto a los niveles aluviales más antiguos, con los cuales forman sistemas telescópicos. **b)** Esquema de AF2 para el sector proximal-medio, con predominio de las litofacies más gruesas del elemento arquitectural GB ( $Gh > SGh$ ). **c)** Esquema de AF3 en el sector medio-distal; nótese el predominio de las litofacies más finas en el elemento arquitectural GB ( $SGh > Gh$ ) y presencia subordinada del elemento CS (Sm).

**Figure 8.** Level II alluvial fans at the western piedmont of the San Luis Range. **a)** Schematic model of the location of level II alluvial fans concerning the oldest alluvial levels and their telescoping relationship. **b)** Schematic relationship of AF2 for the proximal-middle sector of level II alluvial fans; note the predominance of the coarser lithofacies of the GB ( $Gh > SGh$ ). **c)** Schematic relationship of AF3 in the middle-distal sector of level II alluvial fans; note the predominance of the finer lithofacies of the GB ( $SGh > Gh$ ) and the subordinate presence of the CS (Sm).

elemento CS corresponda a depósitos de lóbulos terminales.

Internamente, los depósitos estarían formados por, al menos, dos intervalos de depositación, a los cuales se ha denominado informalmente Pulso Inferior y Pulso Superior, que se reconocen en las regiones medias a distales (Fig. 8b, c). En teoría, cada uno de estos intervalos debería iniciarse con los depósitos aglomerádicos apicales de AF1. Sin embargo, dado que no se observa continuidad entre los depósitos de AF1 y los de AF2 y AF3, no se puede establecer una correlación clara entre ellos. Tampoco se puede determinar si los depósitos apicales aflorantes corresponden al Pulso Inferior o al Superior.

En los afloramientos de la porción media de los cuerpos aluviales cada pulso comienza con los depósitos aglomerádicos del elemento GB y gradada hasta culminar con depósitos conglomerádicos y arenosos del mismo elemento (AF2). En los afloramientos de las porciones distales, cada pulso comienza con los depósitos conglomerádicos del elemento GB y culminan con depósitos areno-limosos del elemento arquitectural CS (AF3). Cada uno de estos pulsos depositacionales podría representar reactivaciones del sistema aluvial asociadas con cambios en las variables climáticas, específicamente un aumento en la disponibilidad de agua.

Los abanicos aluviales de este nivel tienen desarrollo regional y se disponen de manera continua a lo largo de toda la porción proximal a media del piedemonte. No obstante, presentan variaciones asociadas a la geometría de los cuerpos, su composición litológica y textura granulométrica de los depósitos. En función a estas diferencias, los abanicos aluviales pueden ser agrupados en tres sectores (ver referencias en Fig. 2, esquemas en Fig. 9).

### **Abanicos Aluviales del sector norte**

Estos abanicos se describen entre el paraje Quebrada de Monigote y la localidad de Nogolí (Sector A de la Fig. 2). Presentan escasas y acotadas exposiciones de sus depósitos en cortes naturales o artificiales. Suprayacen mediante discordancia angular a areniscas guijosas masivas y friables de coloración rojiza (Fig. 9a) que han sido atribuidas al Neógeno (Sozzi *et al.*, 1995; Costa *et al.*, 2001a).

En las zonas proximales los sedimentos se encuentran dispuestos en estratos irregulares con base erosiva de hasta 2 m de espesor, en tanto que

hacia las zonas medias a distales se disponen en estratos tabulares de entre 3 y 4 m de potencia (Fig. 9a). En ambos casos predominan depósitos de la AF2, con mayor presencia del elemento arquitectural GB con geometrías tabulares.

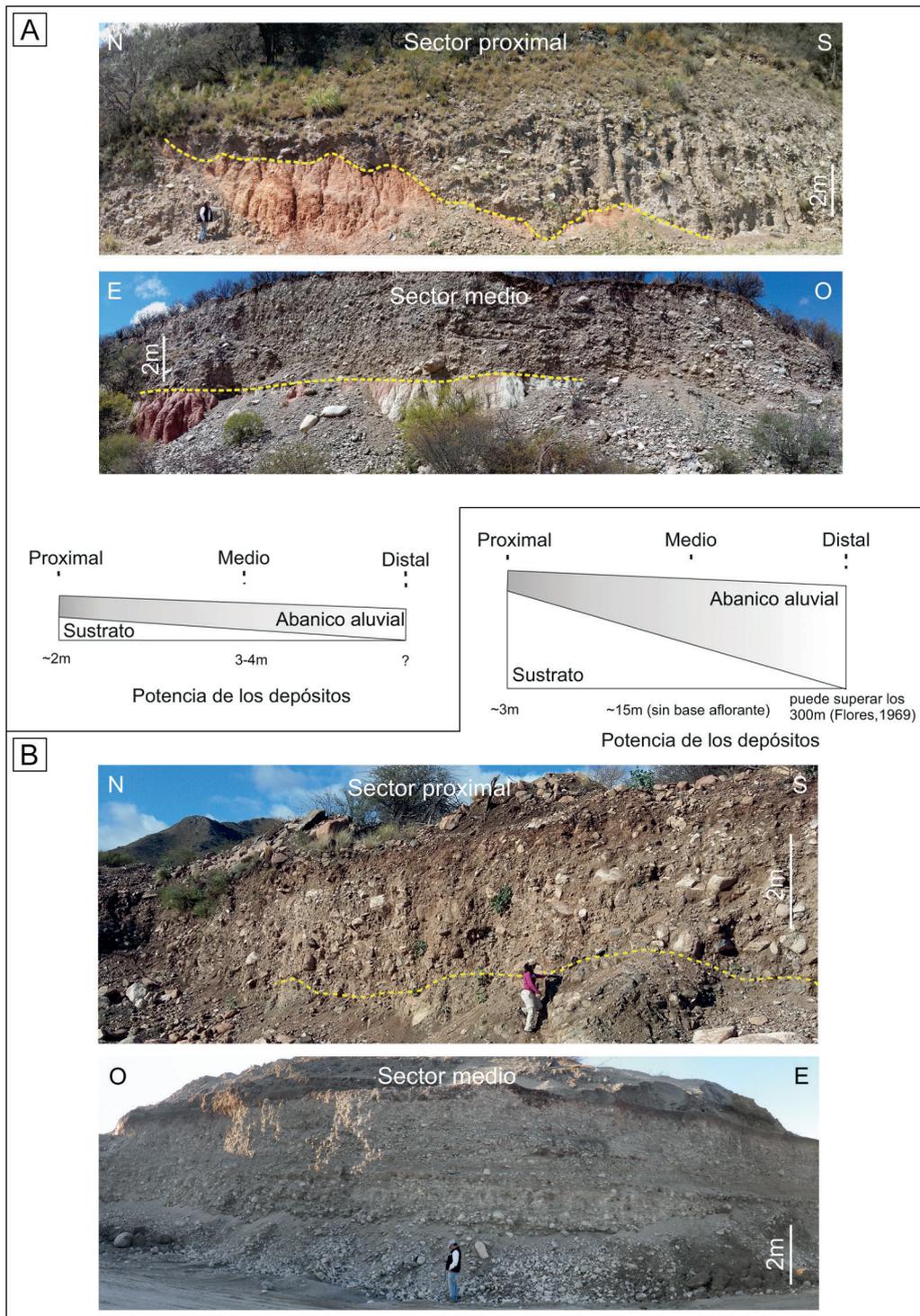
La composición litológica de los estratos es casi en su totalidad metamórfica (90 %), con abundancia de migmatitas y gneises. Esto se asocia a que las cuencas que alimentan estas geoformas están labradas sobre las metamorfitas de alto grado que caracterizan la porción norte de la ladera occidental de la sierra de San Luis (Fig.2).

### **Abanicos Aluviales del sector sur**

Se describen entre la localidad de Nogolí y el paraje Suyuque Nuevo (Sector B de la Fig. 2). Cuentan con buenas exposiciones de sus depósitos en cortes naturales o artificiales. En las zonas proximales ha podido observarse que los depósitos son de escaso espesor (inferiores a 4 m) y yacen mediante inconformidad sobre rocas del basamento cristalino (Fig. 9b). Sin embargo, hacia las zonas medias a distales los afloramientos tienen decenas de metros de espesor, sin base aflorante (Fig. 9b). Estudios anteriores, basados en análisis de perforaciones, indican que los depósitos cuaternarios próximos al depocentro de la cuenca pueden alcanzar los 300 m de potencia, en el subsuelo (Flores, 1969). Estas características permiten interpretar que en su sección transversal los depósitos tienen una morfología triangular que, en líneas generales, se acuña hacia el ápice (Fig. 9b).

En este sector se reconoce la AF1 en la zona apical o más proximal al frente serrano. En las zonas proximales a medias se observa la AF2, con predominio del elemento arquitectural GB con geometrías mayormente tabulares y acuñadas. Finalmente, en las regiones distales se reconoce la AF3, con intercalación de los elementos arquitecturales GB y CS, con geometrías mayormente lenticulares e irregulares.

El tamaño de los cuerpos decrece de norte a sur (Sector B de la Fig. 2), conjuntamente con el tamaño de las cuencas hidrográficas. Su composición litológica también varía de norte a sur y en función al predominio de las rocas sobre las que se labran las cuencas que alimentan estas geoformas. Entre las localidades de Nogolí y El Molle, la composición está dada por metamorfitas de alto grado (más del



**Figura 9.** Sectorización regional de los abanicos aluviales del nivel II en el piedemonte occidental de la sierra de San Luis. **a)** Abanicos aluviales del sector norte: apariencia, potencia y geometría de los depósitos. Obsérvese la base discordante sobre el sustrato neógeno, tanto para las zonas proximales como para las distales. Se presenta un esquema que muestra la geometría tabular de los depósitos. **b)** Abanicos aluviales del sector sur: apariencia, potencia y geometría de los depósitos; sin base aflorante. Se presenta un esquema que muestra la geometría de los depósitos en cuña hacia el ápice de los abanicos.

**Figure 9.** Regional segmentation of level II alluvial fans at the western piedmont of the San Luis Range. **a)** Alluvial fans of the northern sector: appearance, thickness and geometry of the deposits. Note the net and horizontal disconformity on the underlying neogene substrate for both proximal and distal areas. A scheme showing the tabular geometry of the deposit is presented. **b)** Alluvial fans of the southern sector: appearance, thickness and geometry of the deposit, without outcrop base. A scheme showing the wedge geometry of the deposit towards the apex of the fan is presented.

90 %), mientras que entre El Molle y Suyuque Nuevo predominan rocas graníticas (más del 90%), provenientes del granito de La Escalerilla (Fig. 2).

### Abanicos Aluviales del extremo sur

Comprende los cuerpos aluviales del extremo más austral del piedemonte, entre los parajes de Suyuque Nuevo y El Portezuelo (Sector C de la Fig. 2). Los depósitos son más arenosos que en los sectores antes descritos y se disponen en bancos de grandes extensiones y potencias. Si bien predominan los depósitos de la AF2, se observa un aumento relativo del contenido de *SGh* respecto de *Gh*.

Esto se atribuye a las características de las cuencas hidrográficas vinculadas a los depósitos aluviales en este sector del piedemonte. Se han reconocido seis cuencas hidrográficas (Fig. 2) de morfología alargada, orden 2 y 3 (según Strahler, 1964) y con un área promedio de 0,94 km<sup>2</sup>. Aranda y Ojeda (2014) las describieron como las cuencas más pequeñas dentro de la ladera occidental. Los mismos autores, en base a los análisis morfométricos, propusieron que se trata de cuencas maduras con tendencia senil en las cabeceras y al equilibrio en las desembocaduras. Además, este sector de la ladera occidental de la sierra de San Luis estaría conformado por los Dominios Tectónicos 7 y 9 de Costa (1992) (Fig. 3). Estos se identifican como bloques menores dentro de macizo serrano, que sufrieron las tasas de levantamiento más bajas durante el Cuaternario.

Estas características permiten interpretar, en principio, que los procesos expansivos y evolutivos de estas cuencas se vieron atenuados por el pequeño tamaño de los bloques tectónicos y por su menor tasa de levantamiento respecto del resto de la ladera occidental de la sierra. Todos estos factores habrían incidido directamente en la producción de sedimentos y por ende en el desarrollo de los cuerpos aluviales en el piedemonte.

## DISCUSIÓN

La literatura base en lo que respecta a definición y caracterización de abanicos aluviales, define a estas geoformas como cuerpos de forma semicónica, con ápice en la desembocadura de la cuenca de drenaje, pronunciada pendiente radial y geometría longitudinal en forma triangular, que se acuña hacia las partes más distales (Fig. 10a) (Bull, 1972; Bull,

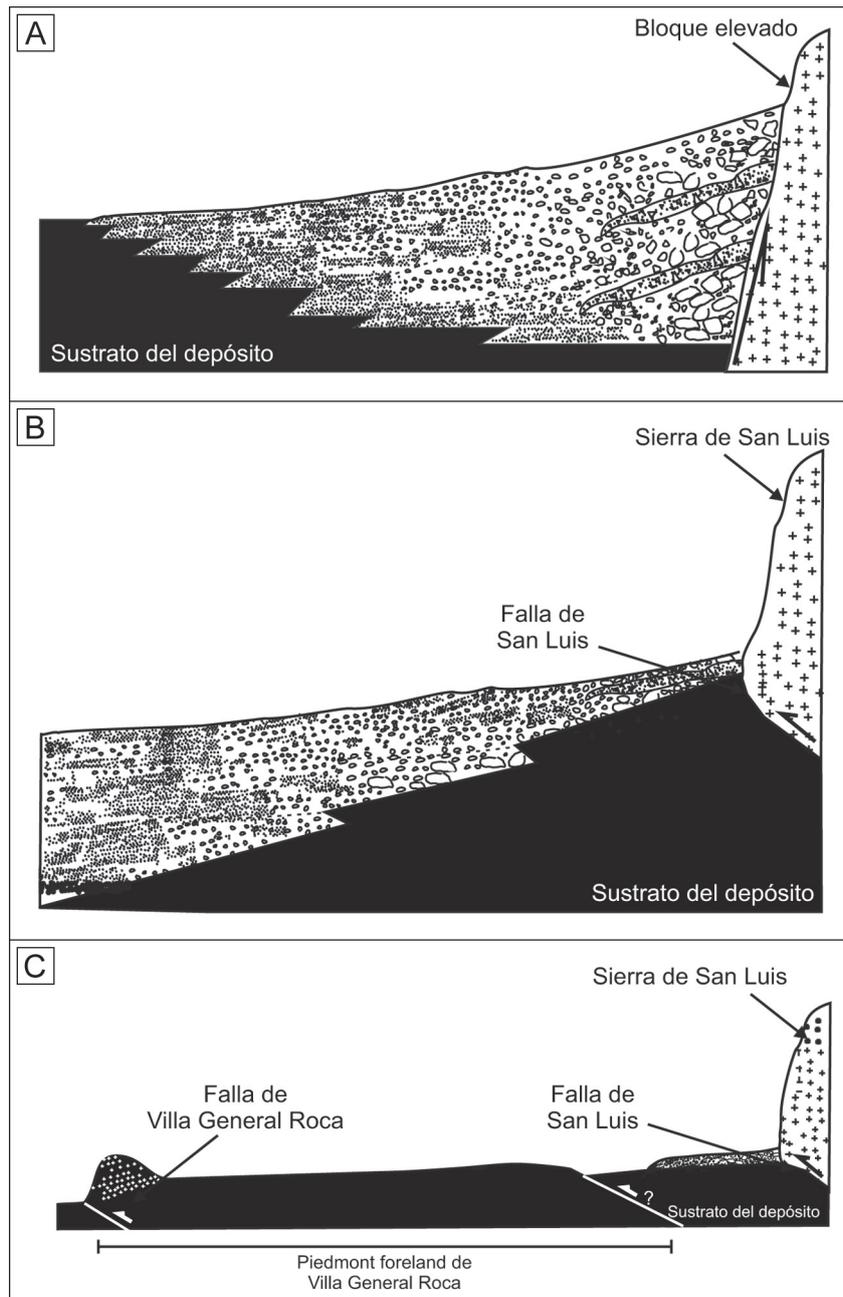
1977; Blair y McPherson, 1994; Harvey, 1989; Harvey et al., 2005; entre otros). Por otra parte, las teorías desarrolladas por estos autores, que proponen los modelos y procesos aluviales, se asocian a frentes de deformación activos dominados por fallas normales (Fig. 10a).

Los resultados presentados en este trabajo muestran que los abanicos aluviales de nivel II del piedemonte occidental de la sierra San Luis presentan características geométricas que difieren de la descrita en la literatura tradicional sobre abanicos aluviales. Los cuerpos de los depósitos al sur de la localidad de Nogolí presentan una geometría triangular, en su sección longitudinal, que se acuñan hacia el ápice (Fig. 10b). Por su parte, los descritos al norte de dicha localidad, presentan geometría aproximadamente tabular (Fig. 10c). Tales particularidades geométricas estarían asociadas principalmente al espacio de acomodación disponible en la Depresión Longitudinal Central, condicionadas por la estructuración del subsuelo pedemontano.

La geometría de los cuerpos del sector sur se asocia al estilo de deformación de la falla de San Luis, característicamente inversa, lítrica y progradante de bajo ángulo (González Bonorino, 1950; Costa y Cortés, 1993), que limita a la Depresión Longitudinal Central en su borde oriental.

Por su parte, la geometría tabular que define a los depósitos en la porción norte del piedemonte se relaciona a un cambio morfoestructural en el subsuelo pedemontano, de carácter local. Esto estaría causado por la instalación de una morfoestructura definida como *piedmont foreland*, en el sector de Villa General Roca (Traverso, 2018; Traverso et al., 2022; Aranda y Ojeda, 2022). Esta estructura se asocia a la progradación del frente de deformación principal (falla de San Luis) hacia el piedemonte (falla de Villa General Roca) (Fig. 10c). Se interpreta que la configuración de este sector, previo al desarrollo del paisaje actual, ya habría estado asociada a un zócalo ascendido y levemente basculado hacia el oeste. De este modo el sustrato pre-cuaternario comprendido entre ambos frentes de deformación se habría elevado como un bloque interrumpiendo la pendiente pedemontana y condicionando la distribución y evolución de los depósitos aluviales posteriores (Fig. 10c).

Esta migración del frente de deformación de la sierra de San Luis hacia el oeste y hacia el interior de la cuenca ocurre de modo similar en otros sectores



**Figura 10.** Geometría de los abanicos aluviales del nivel II del piedemonte occidental de la sierra de San Luis y su relación con el espacio de acomodación. **a)** Modelo teórico de la geometría de abanicos aluviales, en relación a fallamiento normal, esquema elaborado en base a Blair y McPherson (1994). **b)** Modelo esquemático propuesto de la geometría con acuñamiento hacia el ápice de los abanicos aluviales del nivel II que caracterizan al sector sur del piedemonte occidental de la sierra de San Luis, asociado a la falla San Luis, de características inversas. **c)** Modelo esquemático propuesto de la geometría tabular en sección longitudinal de los abanicos aluviales del nivel II que caracterizan al sector norte del piedemonte occidental de la sierra de San Luis, asociado a la falla San Luis, de características inversas. La diferencia respecto a los abanicos en el sector sur se asocia a la estructuración del piedmont foreland de Villa General Roca.

**Figure 10.** Geometry of the level II alluvial fans at the western piedmont of the San Luis Range and its relation with the accommodation space. **a)** Theoretical model of the geometry of alluvial fans about normal (based on Blair and McPherson, 1994). **b)** Proposed schematic model of the geometry with wedging towards the apex of the level II alluvial fans that characterize the southern sector of the western piedmont of the San Luis Range associated with the San Luis reverse fault. **c)** Proposed schematic model of the tabular geometry, in longitudinal section, of the level II alluvial fans that characterize the northern sector of the western piedmont of the San Luis Range, associated with the San Luis reverse fault. The difference concerning the alluvial fans of the southern sector is associated to the structuring of the Villa General Roca piedmont foreland.

de las Sierras Pampeanas (Costa, 2019). Sin embargo, su relación con los depósitos pedemontanos no ha sido aún estudiada en profundidad, ya que los estudios enfocados en la estructuración y evolución de los ambientes pedemontanos asociados a las Sierras Pampeanas en la provincia de San Luis son relativamente nuevos y escasos.

La geometría tabular y reducido espesor de los depósitos aluviales al norte de la localidad de Nogolí, sumado al carácter planar de la superficie del sustrato neógeno infrayacente y la relación discordante de los depósitos, permitió a diferentes autores referirse a estas geoformas como depósitos asociados a cobertura de pedimentos, de escaso espesor y notoria morfología de abanicos aluviales en planta (Costa, 1992; Costa et al., 2001a,b; entre otros). Así, propusieron denominarlos como “depósitos de cobertura de pedimentos” o “posibles cuerpos de cubierta de erosión”.

Si bien su morfología en planta se asemeja a abanicos aluviales, los mismos no fueron considerados como tales en sentido geomorfológico estricto, debido a su forma tabular y su escaso espesor. Sin embargo, las evidencias geomorfológicas y litoestratigráficas presentadas en este trabajo permiten interpretar a estas geoformas como abanicos aluviales desarrollados en un contexto pedemontano regional con características particulares, asociadas a una disminución del espacio de acomodación de carácter local (Fig. 10c).

## CONCLUSIONES

En función de la disposición respecto al frente de deformación serrano, su morfología en planta, las litofacies y asociaciones de facies, se interpreta a este nivel aluvial como depósitos de abanicos aluviales. Genéticamente se asocia a estas geoformas a procesos de *sheet floods*, lo que permite vincularlos a abanicos aluviales de Tipo II, según la clasificación de Blair y McPherson (1994). Las zonas apicales y proximales de estos abanicos se caracterizan por la AF1, correspondiente a depósitos de flujos hiperconcentrados no viscosos (SG) propios de los primeros estadios de desarrollo de abanicos aluviales. En las zonas proximales a medias se identifica la AF2, que corresponde a depósitos de fajas de canales someros de alta energía (GB), con escaso desarrollo y/o preservación de los depósitos de desbordamiento hacia las llanuras de inundación

(CS). Hacia las zonas distales se reconoce la AF3, donde los depósitos de fajas de canales (GB) son de menores dimensiones y energía, sumado a un mayor desarrollo y preservación de los depósitos de desbordamiento, ya sean de llanuras de inundación o lóbulos terminales (CS).

Los abanicos aluviales del nivel II del piedemonte occidental de la sierra de San Luis, Argentina, no se corresponden con los modelos generalmente descritos en la literatura. Sino que, en secciones longitudinales, presentan geometrías triangulares, que se acuña hacia el ápice; lo cual es más notorio en los depósitos del piedemonte al sur de Nogolí. Esto se asocia a las condiciones dadas para el espacio de acomodación en el borde oriental de la Depresión Longitudinal Central, limitado por la falla de San Luis, inversa y de bajo ángulo. A su vez, los depósitos en la porción norte del piedemonte se presentan igualmente acuñados hacia el ápice, pero con geometría aproximadamente tabular y escaso espesor. Esto se asocia a un cambio local en las condiciones del espacio de acomodación en la cuenca para este sector fuertemente influenciado por la presencia de la morfoestructura de *piedmont foreland* de Villa General Roca.

## Agradecimientos

Este trabajo es una contribución al Proyecto de Investigación “Geología del Neógeno y Cuaternario de San Luis” (financiado por CyT-UNSL PROICO N° 030218). Un agradecimiento especial a la Dra. Alfonsina Tripaldi y la Dra. Paula Santi Malnis, editoras invitadas, quienes de manera desinteresada colaboraron en la edición de la publicación. Se hace extensivo el agradecimiento especial a los revisores Dr. Pablo Blanc y Dra. Adriana Mehl; sus sugerencias y comentarios fueron muy enriquecedores para esta contribución. Por último, un reconocimiento especial para el Departamento de Geología (U.N.S.L.) por el apoyo en los aspectos profesionales y académicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexander, J., Bridge, J. S., Cheel, R.J. y Leclair, S.F. (2001). Bedforms and associated sedimentary structures formed under supercritical water flows over aggrading sand beds. *Sedimentology*, 48: 133-152.
- Aranda, J. (2020). *Geomorfología del Cuaternario del piedemonte suroccidental de la sierra de San Luis*. San Luis, Argentina. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de San Luis, 246 pp., (inédita).

- Aranda, J., Ojeda, G. (2014). *Análisis morfométrico de las cuencas hídricas de la ladera occidental de las sierras de San Luis, Argentina*. XIX Congreso Geológico Argentino. Actas: S13-24.
- Aranda, J. y Ojeda G. (2018). *Variaciones geométricas de los abanicos aluviales del piedemonte suroccidental de la Sierra de San Luis: factores de control*. VII Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología. Libro de resúmenes: 174-175, Puerto Madryn.
- Aranda, J. y Ojeda, G. (2022). *Influencia de una estructura de piedmont foreland en el desarrollo y configuración de los depósitos aluviales del piedemonte occidental de la sierra de San Luis, San Luis, Argentina*. VIII Congreso de Cuaternario y Geomorfología. Libro de resúmenes: 115-116, San Juan.
- Aranda, J., Ojeda, G. y Suvires, G. (2012). *Abanicos Aluviales en el Sector Suyuque, San Luis, Argentina*. V Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología. Actas de resúmenes: 118, Río IV.
- Aranda, J., Ojeda, G. y Suvires, G. (2015). *Unidades Geomorfológicas aluviales del piedemonte suroccidental de la Sierra de San Luis, San Luis, Argentina*. VI Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología. Actas de resúmenes: 205-206, Ushuaia.
- Aranda, J., Ojeda, G. y Chiesa, J. (2016). *Los depósitos del Cuaternario Tardío en el Piedemonte occidental de la Sierra de San Luis, San Luis, Argentina*. XV Reunión Argentina de Sedimentología. Actas de resúmenes: 15, Santa Rosa.
- Beverage, J.P. y Culbertson, J.K. (1964). Hyperconcentrations of suspended sediment. *Journal of the Hydraulics Division, American Society of Civil Engineers*, 90: 117-126.
- Blair, T.C. y McPherson, J.G. (1994). Alluvial fans and their natural distinction from rivers based on morphology, hydraulic processes, sedimentary processes, and facies. *Journal of Sedimentary Research* (64A): 451-490.
- Bull, W.B. (1972). Recognition of alluvial fan deposits in the stratigraphic record. En: J.K. Rigby y W.K. Hamblin (Eds.), *Recognition of Ancient Sedimentary Environments*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication 16: 63-83.
- Bull, W.B. (1977). The alluvial fan environment. *Progress in Physical Geography* (1): 222-270.
- Bull, W.B. (2007). *Tectonic Geomorphology of Mountains: A New Approach to Paleoseismology*. Blackwell Publishing: 328pp.
- Caselli, A.T. y Limarino, C.O. (2002). Sedimentología y evolución paleoambiental de la Formación Patquía (Pérmico) en el extremo sur de la sierra de Maz y cerro Bola, provincia de La Rioja, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 57 (4): 415-436.
- Colombo, F. (2010). Abanicos Aluviales: procesos de transporte y acumulación de materiales detríticos. En: Arche A. (Ed.): *Sedimentología: del proceso físico a la cuenca sedimentaria*: 85-130.
- Costa, C. (1992). *Geotectónica del sur de la sierra de San Luis*. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de San Luis, 390 pp. (inédita).
- Costa, C. (1996). *Análisis neotectónico en las Sierras de San Luis y Comechingones: Problemas y métodos*. 13° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 285-300, Buenos Aires.
- Costa, C. (2019). La migración del frente de corrimiento neotectónico de las Sierras Pampeanas y su impronta morfológica. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 76 (4): 315-325.
- Costa, C. y Cortés, J. (1993). *Tectónica extensional en el extremo sur de la sierra de San Luis*. 12° Congreso Geológico Argentino, Actas 3:113-119, Mendoza.
- Costa, C., Gardini, C., Ortiz Suárez, A., Chiesa, J., Ojeda, G., Rivarola, D., Strasser, E., Morla, P., Ulaco, H., Tognelli, G., Carugno Durán, A., Vinciguerra, H. y Sales, D. (2001a). *Hoja Geológica 3366-I, San Francisco del Monte de Oro. Provincias de San Luis, Mendoza y San Juan*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín, Buenos Aires, 278 pp.
- Costa, C., Gardini, C., Chiesa, J., Ortiz Suárez, A., Ojeda, G., Rivarola, D., Tognelli, G., Strasser, E., Carugno Durán, A., Morla, P. y Guerstein, P. (2001b). *Hoja Geológica 3366-III, San Luis. Provincias de San Luis y Mendoza*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín, Buenos Aires, 293 pp.
- Fauqué, L. y Strecker, M.R. (1987). *Rasgos de la neotectónica y deslizamientos de roca producidas por terremotos en la vertiente occidental de los Nevados del Aconquija, provincia de Catamarca, Argentina*. 10° Congreso Geológico Argentino. Actas 1: 219-222, San Miguel de Tucumán.
- Flores, M. (1969). *El Bolsón de Las Salinas en la Provincia de San Luis*. 4° Jornadas Geológicas Argentinas, Actas 1: 311-327.
- Gazaba, F.J. (2021). *Introducción a los Sistemas de Información Geográfica con QGIS*. Publicación Electrónica, 133p. <https://pergamino.ar/descargas/introduccion-a-los-sig-con-qgis.pdf>
- González Bonorino, F. (1950). Algunos problemas geológicos de las Sierras Pampeanas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 5 (3): 81-110.
- González Díaz, E.F. (1981). Geomorfología. En: M. Yrigoyen (Ed.). *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de San Luis*. Relatorio 8° Congreso Geológico Argentino: 193-236.
- González, P.D., Sato A.M., Llambías E.J., Basei M.A.S. y Vlach S.R.F. (2004). Early Paleozoic structural and metamorphic evolution of western Sierra de San Luis (Argentina), in relation to Cuyania Accretion. *Gondwana Research* 7:1157-1170.
- Harvey, A.M. (1989). The occurrence and role of arid zone alluvial fans. En: D.S.G. Thomas (Ed.) *Arid Zone Geomorphology*: 136-158.
- Harvey, A., Mather, A. y Stocks, M. (2005). Alluvial fans: geomorphology, sedimentology, dynamics-introduction. A review of a alluvial-fan research. En: A., Harvey, A., Mather y M. Stocks (Eds.), *Alluvial fans: Geomorphology, Sedimentology, Dynamics*: 1-8.
- Hein, F.J. y Walker, R.G. (1977). Bar evolution and development of stratification in the gravelly, braided, Kicking Horse River, British Columbia. *Canadian Journal of Earth Sciences* 14: 562-570.
- Indelicato, N. (2020). *Análisis morfodinámico de la Faja fluvial del río Nogolí: implicancias de la morfotectónica regional. San Luis, Argentina*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de San Luis, 96 pp. (inédita).
- Kilmurray, J. y Dalla Salda, L. (1977). *Caracteres estructurales y petrológicos de la región central y sur de la Sierra de San Luis*. *Obra del Centenario del Museo de La Plata* 4: 167-178, La Plata.
- Latrubesse, E. y Ramonell, C. (1989). *Geomorfología y paleoclimas en la provincia de San Luis, Argentina*. 1° Reunión IGCP 281, Contribuciones Científicas: 26-44, La Paz.
- Makaske, B. (2001). Anastomosing rivers: a review of their classification, origin and sedimentary products. *Earth-Science Reviews* 53 (3-4): 149-196.
- Marnetti, H. (1995). *Geología y estructura subsuperficial del sector*

- “Puesto Lorenzillo”, borde occidental de la sierra de San Luis. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de San Luis, 52 pp. (inédita).
- Martínez, F. (2023). *Método geoelectrico aplicado al estudio del subsuelo en la localidad de Villa de la Quebrada, San Luis, Argentina*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de San Luis, 63 pp. (inédita).
- Miall, A.D. (1985). Architectural Element Analysis: A new Method of Facies Analysis Applied to Fluvial Deposits. *Earth-Science Reviews* 22: 261-308.
- Miall, A.D. (2006). *The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology*. 4th revised printing. Springer.
- Morosini, A. (2011). *El granito La Escalerilla, provincia de San Luis*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis, 455pp. (inédita).
- Nadalez, M. (2022). *Método geoelectrico aplicado al estudio del subsuelo en la localidad de Nogolí*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de San Luis, 83 pp. (inédita).
- Nemec, W. y Postma, G. (1993). Quaternary Alluvial fan in southwestern Crete: sedimentation processes and geomorphic evolution. En M. Marzo y C. Puigdefabregas (Eds.), *Alluvial Sedimentation*. International Association of Sedimentologists Special Publication 17: 235-276.
- Ojeda, G. (1991). *Estudio geológico-sedimentológico del piedemonte serrano al Norte del río Nogolí, Provincia de San Luis*. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad Nacional de San Luis, 152 pp. (inédita).
- Olaya, V. (2020). *Sistemas de Información Geográfica*. Publicación Electrónica, 622pp. ISBN: 978-1-71677-766-0.
- Ortiz Suárez, A. (1999). *Geología y Petrología del área de San Francisco del Monte de Oro, San Luis, Argentina*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de San Luis, 259 pp. (inédita).
- Reading, H.G. (1996). *Sedimentary Enviroments: Processes, Facies and Stratigraphy*, 3<sup>rd</sup> Ed. Blackwell Science, Reino Unido, 704 pp.
- Roccasalvo, R.F. (1992). *Geología y estructuras cenozoicas del sector comprendido entre el Arroyo Rumi Huasi y Villa de La Quebrada (Sierra de San Luis)*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de San Luis, 76 pp. (inédita).
- Sales, D. (2021). *Análisis de la fracturación de la sierra de San Luis*. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de San Luis, 245 pp. (inédita).
- Sales, D. y Costa, C. (2010). Análisis geométrico de la fracturación del frente de levantamiento de la Sierra de San Luis. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 67 (4): 450-460.
- Scherer, C.M.S., Goldberg, K. y Bardola, T. (2015). Facies architecture and sequence stratigraphy of an early post-rift fluvial succession, Aptian Barbalha Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. *Sedimentary Geology* 322: 43-62.
- Sozzi, H. (1991). *Estudio Geológico - Sedimentológico del piedemonte serrano de la zona de Nogolí (sector sur), Provincia de San Luis*. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad Nacional de San Luis, 174 pp. (inédita).
- Sozzi, H., Ojeda G. y Di Paola, E. (1995). Estratigrafía y sedimentología de abanicos aluviales cenozoicos en el área de Nogolí, San Luis. *Revista Asociación Geológica Argentina* 50: 165-174.
- Strahler, A.N. (1964). *Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks*. In: Chow, V.T. (Ed.), *Handbook of applied hydrology*. McGraw Hill Book Company: 4-11, New York.
- Suriano, J. y Limarino C. (2009). Sedimentación pedemontana en las nacientes del río Pampa de Guailán, Precordillera de San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 65 (3): 516-532.
- Traverso, D. (2018). *Geomorfología del piedemonte distal del frente occidental de la Sierra de San Luis, en el ámbito de la falla de Villa General Roca. San Luis, Argentina*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de San Luis, 52 pp. (inédita).
- Traverso, D., Aranda, J. y Ojeda, G. (2022). *Características geomorfológicas de las Serranías de Villa General Roca, un sistema asociado a un piedmont foreland en el ambiente pampeano. San Luis, Argentina*. XXI Congreso Geológico Argentino. Actas de Resúmenes: 1069-1070, Puerto Madryn.