

# Los depósitos del Mioceno superior en Cordillera Oriental, provincias de Salta y Jujuy

---

Claudia I. GALLI<sup>1</sup>, Ricardo N. ALONSO<sup>2</sup>, Beatriz L. COIRA<sup>3</sup>,  
Andrea BARRIENTOS<sup>4</sup>, Juan Pablo VILLALBA ULBERICH<sup>3</sup>,  
Patricio HERRERA OVIEDO<sup>3</sup>, Ornela E. CONSTANTINI<sup>3</sup>

<sup>1</sup> INECOFA-Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy, S.S. de Jujuy. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta, Salta. Argentina. E-mail: claudiagalli@fibertel.com.ar

<sup>2</sup> CEGA-CONICET, Universidad Nacional de Salta, Campo Castañares, (4400) Salta, Argentina. E-mail: rnalonso@uolsinectis.com.ar

<sup>3</sup> INECOFA-CONICET, Instituto de Geología y Minería, Av. Bolivia 1661, S.S. de Jujuy, Argentina. E-mail: bcoira2015@gmail.com.

<sup>4</sup> UNSa-CEGA, Universidad Nacional de Salta, Campo Castañares, (4400) Salta, Argentina. E-mail: agines@unsa.edu.ar

## RESUMEN

### Palabras clave:

Formación Palo Pintado  
Formación Guanaco  
Formación Pisungo

Las características estratigráficas y sedimentológicas de los depósitos del Mioceno superior del Grupo Payogastilla y del Grupo Orán son aspectos muy importantes a tener en cuenta para investigar la evolución tecto-sedimentaria de la cuenca de antepaís andino en el noroeste de la Argentina. Este estudio proporciona los resultados del primer análisis integrado de las cuencas del Mioceno superior, en Cordillera Oriental, noroeste de Argentina. Los depósitos del Mioceno superior del Grupo Payogastilla, en la cuenca Calchaquí, denominados Formación Palo Pintado, están integrados por acumulaciones de sistemas fluviales sinuoso areno-gravoso, con una sinuosidad intermedia a alta con desarrollo de lagunas y pantanos en la llanura de inundación. Estos sistemas fluviales se habrían desarrollado bajo condiciones climáticas tropical a subtropical, durante los 10 Ma a los 5 Ma. Hacia el este, durante este tiempo, se desarrolló parcialmente separada de la anterior, las cuencas de Lerma y Güemes, con una amplia distribución de los depósitos de la Formación Guanaco. En estas cuencas se habrían desarrollado amplios abanicos aluviales y sistemas fluviales entrelazados areno-gravoso. En la zona norte del área de estudio, se encuentran cuencas aisladas de las anteriores, desarrollándose las cuencas de Cianzo y Casa Grande-Tres Cruces, con los depósitos de la Formación Pisungo. Estos depósitos presentan una arquitectura fluvial característica de abanicos aluviales proximales, denotando la proveniencia de Sierra Aguilar, Sierra Alta y Sierra de Tilcara.

## ABSTRACT

**Palabras clave:**

Palo Pintado Formation  
Guanaco Formation  
Pisungo Formation

“THE UPPER MIOCENE DEPOSITS OF EASTERN CORDILLERA, SALTA AND JUJUY PROVINCES”. Stratigraphic and sedimentological characteristics of the Payogastilla and Orán Groups represent important tectono-sedimentary constraints on the evolution of the Andean foreland basin in northwestern Argentina. This study provides the results of the first integrated analysis of the Upper Miocene deposits in the Eastern Cordillera, northwestern Argentina. The deposits of the Upper Miocene of Payogastilla Group, in the Calchaquí basin, Palo Pintado Formation, are composed of accumulations of wandering fluvial systems with development of lakes and marshes in the floodplain. These fluvial systems have developed under tropical and subtropical climate conditions, during the 10 Ma at 5 Ma. To the east, during this time, was developed partially separated from the above, the basins of Lerma and Güemes, with a large distribution Guanaco Formation deposits. In these basins have developed extensive alluvial fans and braided fluvial systems. In the northern part of the study area, isolated from the above basins are developing Cianzo and Casa Grande-Tres Cruces basins, with deposits of Pisungo Formation. These deposits have a fluvial architecture features of proximal alluvial fans, denoting the provenance from Sierra Aguilar, Sierra Alta and Sierra de Tilcara.

## INTRODUCCIÓN

La conformación neógena del antepaís del noroeste de Argentina se desarrolló durante un periodo de intensa actividad tectónica y volcánica asociada con variaciones climáticas (Starck y Anzótegui, 2001; Galli *et al.*, 2011). Durante este periodo, la generación de cinturones corridos y plegados, la exhumación de bloques de basamento y el desarrollo de cuencas sedimentarias caracterizaron a la región andina del noroeste argentino.

Los depósitos clásticos del Grupo Payogastilla y del Grupo Orán (Díaz y Malizzia, 1983; Jordan y Alonso, 1987) (figuras 1 y 2), asociados a la orogenia andina, son excelente representantes de la cuenca de antepaís cenozoica. En el noroeste argentino la sedimentación del Cenozoico registra, durante el Eoceno, el pase de la cuenca de rift, representada por los depósitos del Grupo Salta, a la cuenca de antepaís, constituida por los depósitos del Grupo Payogastilla (figura 3) y su equivalente el Grupo Orán (figuras 4 y 5).

La presencia de cuencas sedimentarias contraccionales, asociadas con estructuras de piel gruesa, dio como resultado un sistema de cuencas intermontanas enmarcadas dentro de un antepaís fragmentado (Hongn *et al.*, 2010, 2011; Strecker *et al.*, 2012). La Cuenca de Lerma-Güemes constituye una de las mayores cuencas desarrolladas del antepaís durante el Mioceno medio. Esta cuenca se desarrolló separada de manera parcial, por ríos de primer o segundo orden, de la Cuenca del Valle Calchaquí.

La disposición de ambas cuencas, como bajos topográficos, constituye una de las principales variables para la preservación de un registro sedimentario importante desde su generación en tiempos del Eoceno medio hasta el Cuaternario. Esta característica permite el análisis de la evolución estratigráfica y paleoambiental de las cuencas y estudiar la influencia de la tectónica, procesos volcánicos y climáticos que intervinieron en su configuración. De esta forma, sobre la base de un análisis multidisciplinario, se plantean los siguientes objetivos: i) establecer la evolución estratigráfica dentro de la Cuenca durante el Mioceno medio, analizando las características de los sistemas paleoambientales y la dinámica de su depositación, ii) establecer el rol de los factores tectónicos, volcánicos y climáticos, en el relleno.

## MARCO ESTRATIGRÁFICO

El sur de la Cordillera Oriental presenta extensos afloramientos de rocas del basamento precámbrico, y de forma irregular depósitos del Mesozoico y Cenozoico (figura 1).

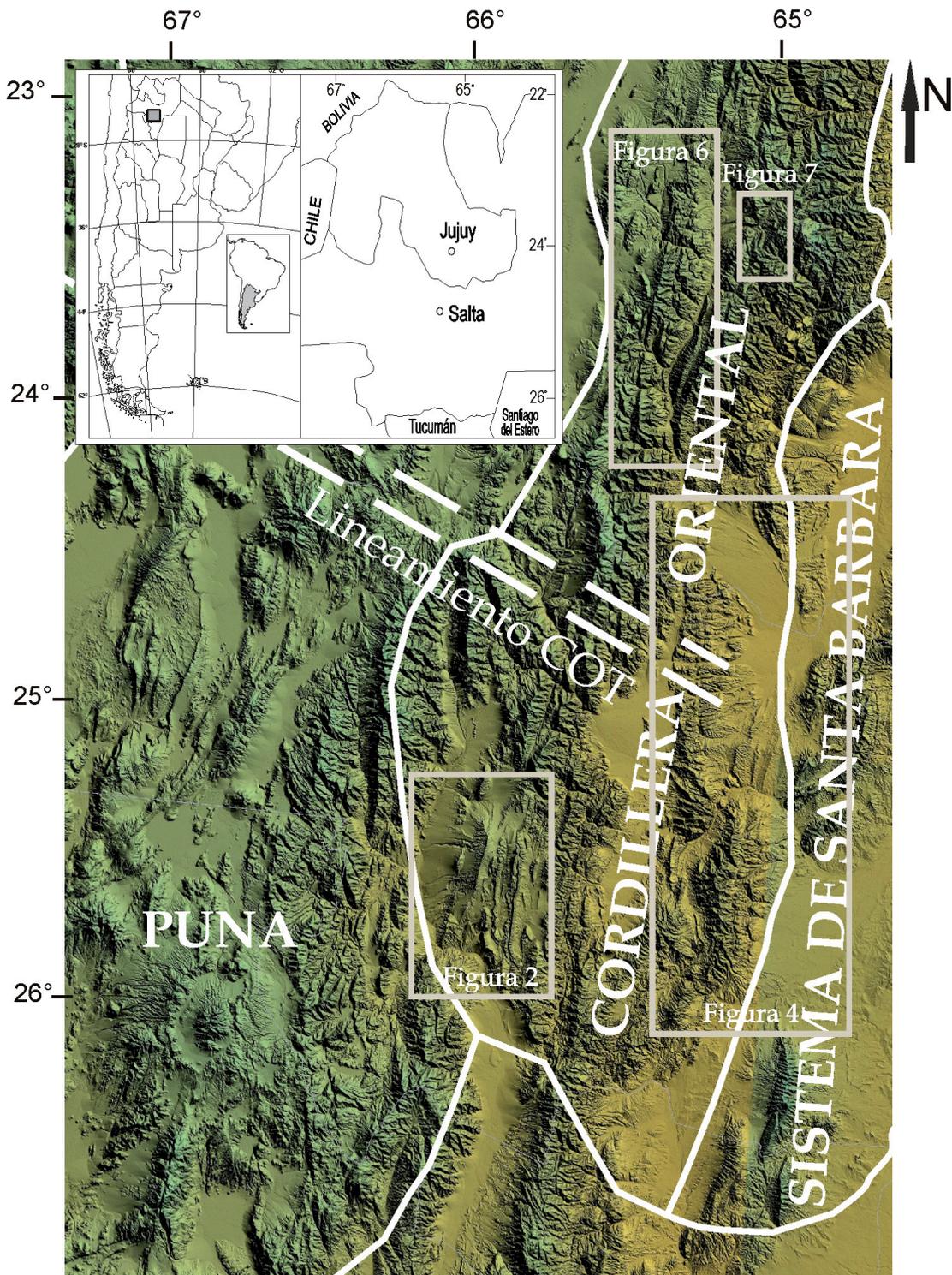
El Paleozoico se compone principalmente de los cuerpos plutónicos, en el sector sur occidental de Cordillera Oriental, los cuales intruyen al Precámbrico (figuras 1 y 2).

El basamento paleozoico presenta cuerpos intrusivos como tonalitas y pegmatitas (Tonalita La Viña, Cámbrico), granitos grises y pegmatitas (Granito La Angostura, Granito Alto del Cajón, Ordovícico) y granitos rosados (Granito Pucará, Granito Alto del Cajón, Ordovícico; Toselli y Rossi, 1984; Hongn y Mon, 1999). En el sector oeste de la zona de estudio en el límite Cordillera Oriental – Puna, se reconoce la Sierra de Vázquez (figura 1) compuesta por esquistos sillimaníticos y migmatitas, correspondientes al Complejo Metamórfico Río Blanco (Hongn y Seggiaro, 2001). La cubierta sedimentaria está compuesta por depósitos del Grupo Salta del Cretácico-Paleógeno (Brackebusch, 1883, nom. subst. Turner, 1959) y Paleógeno-Neógeno representados por el Grupo Payogastilla (figuras 2, 4 y 5).

Los depósitos del Grupo Salta se encuentran en la Cordillera Oriental depositados en tres subcuencas: Metán, Alemania y Pucará-Brealito, representados por los subgrupos de base a techo son: Pírgua (Reyes y Salfity, 1973), Balbuena y Santa Bárbara (Moreno, 1970). El Subgrupo Pírgua representa el relleno de la etapa sinrift y, los Subgrupos Balbuena y Santa Bárbara el relleno de las etapas postrift temprano y tardío, respectivamente (Salfity y Marquillas, 1994; Marquillas *et al.*, 2005).

Los depósitos sinorogénicos del Cenozoico están representados por el Grupo Payogastilla en el Valle Calchaquí y por el Grupo Orán en la zona este de la Cordillera Oriental, Sierras Subandinas y Sistema de Santa Bárbara.

El Grupo Payogastilla está compuesto por depósitos continentales, de base a techo, conformado por las formaciones Los Colorados (Eoceno medio – Oligoceno), Angastaco (Mioceno medio a superior), Palo Pintado (Mioceno superior) y San Felipe (Plioceno – Pleistoceno inferior). El Grupo Orán (Russo y Serraiotto, 1978) está subdividido, de base a techo por el Subgrupo Metán y el Subgrupo Jujuy (Gebhard *et al.*, 1974).



**Figura 1.** Mapa de ubicación regional de las cuencas del Mioceno superior. **Figura 2:** Ubicación del Valle Calchaquí-Tonco-Amblayo, **Figura 4:** Ubicación del sector Sur-Este de Cordillera Oriental, **Figura 6:** Ubicación cuencas de Tres Cruces – Casa Grande y cuenca Humahuaca, **Figura 7:** Ubicación Cuenca de Cianzo.

La evolución estructural de la zona fue controlada principalmente por la inversión de las cuencas extensivas del rift Cretácico del Grupo Salta, que se superpone a la migración general de la deformación hacia el antepaís, para algunos autores en

una cuenca de antepaís fragmentada y para otros en un sistema de cuenca de antepaís. El sistema imbricado de cabalgamientos de la parte occidental de la Cordillera Oriental, a pesar de ser vergente hacia el oeste, se desarrolló hacia el antepaís durante el Mioceno medio-superior dando lugar a un sistema de cabalgamientos de bloque superior (fuera de secuencia). Durante el Pleistoceno-Holoceno, la deformación afectó una zona más amplia, incluyendo toda la Cordillera Oriental y el Sistema de Santa Bárbara, reactivando los cabalgamientos desarrollados con anterioridad (Carrera y Muñoz, 2008).

### Cuenca del Valle Calchaquí (Grupo Payogastilla)

El Grupo Payogastilla (Díaz y Malizzia, 1983) aflora en el sector sur-occidental de Cordillera Oriental y está integrado, de base a techo, por las formaciones Los Colorados, Angastaco, Palo Pintado y San Felipe (figura 2). Estos depósitos se han acumulado en una cuenca de antepaís cuya configuración ha sido el resultado directo de la inversión tectónica de los depósitos de la cuenca de rift del Grupo Salta (Cretácico – Paleoceno, Salfity y Marquillas, 1994). El escenario en donde se inició la acumulación de los depósitos basales del Grupo Payogastilla habría sido una cuenca de *sag* con tres subcuencas colmatadas (Brealito, Pucará y Alemania) y posteriormente invertidas por efectos de la subducción de la placa de Nazca y la placa Sudamericana durante tiempos del Eoceno (Hongn y Seggiaro, 2001).

El Grupo Payogastilla está integrado de base a techo por: Formación Los Colorados (Eoceno medio a superior), Formación Angastaco (Mioceno inferior a medio), Formación Palo Pintado (Mioceno superior) y Formación San Felipe (Plioceno-Pleistoceno).

Los depósitos sedimentarios del Mioceno superior de la Formación Palo Pintado, se encuentran ubicados en la zona sur del Valle Calchaquí, entre los 25°41'01" S – 66°07'55" W y los 25°40'59" S – 66°05'49" W, aproximadamente a 200 km al suroeste de la ciudad de Salta, en el norte de Argentina (figuras 1 y 2).

La Formación Palo Pintado se depositó entre los 10.29±0.11 Ma (K/Ar) (Galli *et al.* 2008) y los 5.27 ± 0.28 Ma (<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U; Coutand *et al.*, 2006) como lo indican las dataciones de los niveles de tobas intercalados y está constituida por ciclos grano y estratodecrecientes de conglomerados soportados por matriz, areniscas cuarzosas y sublíticas limpias, medianas a finas, que culminan con niveles de pelitas verdes, que han sido interpretados como sistemas fluviales de ríos anastomosados de baja jerarquía y baja movilidad (Díaz, 1985, 1987; Díaz *et al.*, 1987; Herbst *et al.*, 1987).

Los niveles de tobas, esencialmente vítreas y de composición dacítica, han podido ser discriminados de aquellos de la Formación Angastaco sobre la base de sus características geoquímicas, las que denotan una evolución magmática de sus fuentes a mayor profundidad, lo que ha permitido utilizar a los mismos como trazadores cronoestratigráficos a aplicar en la región. Dichos registros plinianos muestran correspondencia con el evento volcánico explosivo acaecido en el lapso 10-6 Ma, a lo largo de la Cadena Volcánica asociada al sistema transcurrente Calama-Olacapato-Toro (Coira *et al.*, 2014).

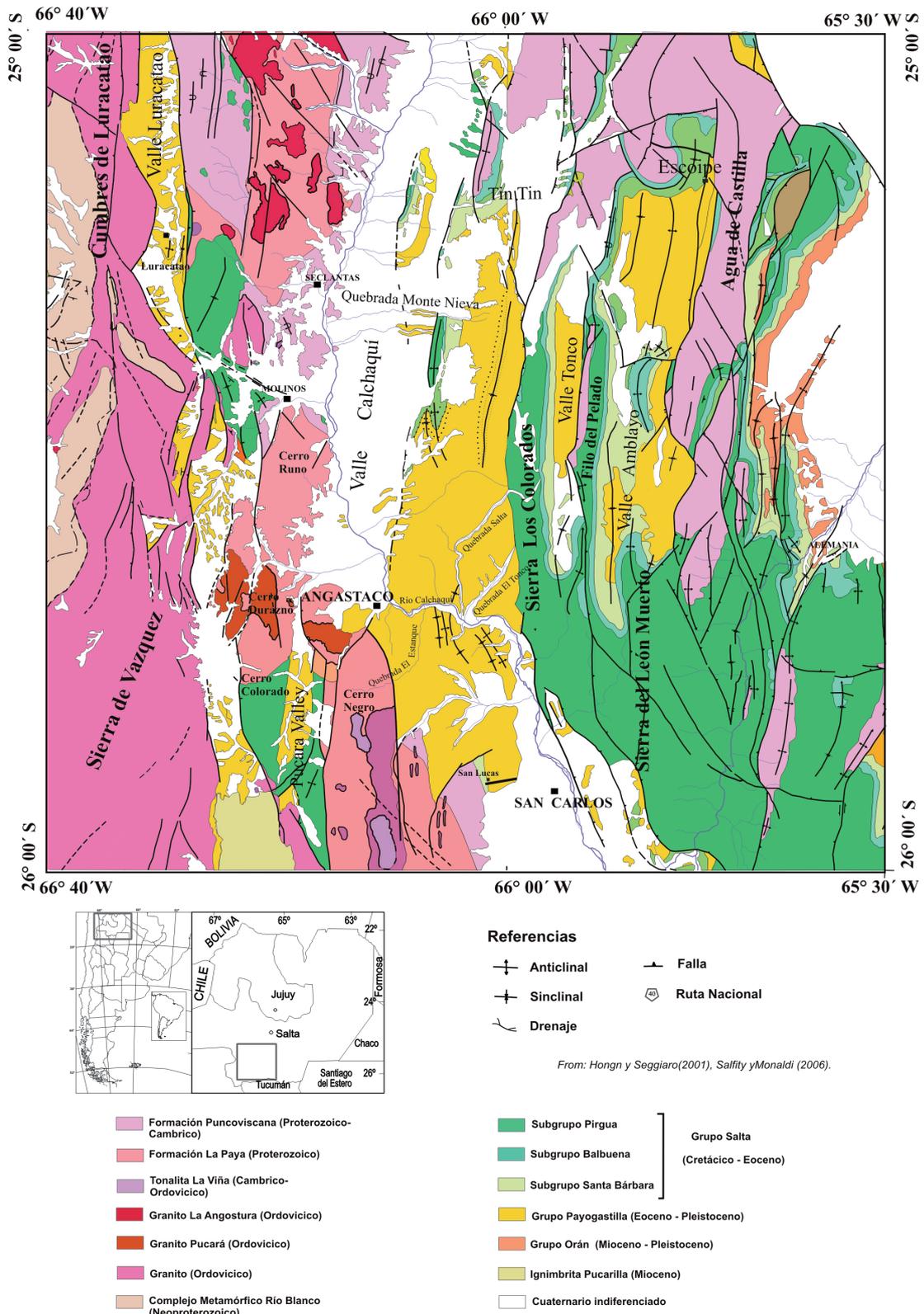


Figura 2. Mapa de ubicación de los afloramientos del Grupo Payogastilla (Eoceno medio – Plioceno), en el Valle Calchaquí-Ronco-Amblayo, provincia de Salta.

Una gran diversidad de fósiles se recolectan en los depósitos de la Formación Palo Pintado, principalmente en los niveles basales y medios en donde abundan láminas foliares bien preservadas (Herbst *et al.*, 1987; Anzótegui, 1998, 2006), frutos (Anzótegui *et al.*, 2007); palinomorfos (Anzótegui y Cuadrado, 1996; Acevedo *et al.*, 1997; Mautino, 2007); bivalvos (Morton, 1992; Herbst *et al.*, 2000); leños (Lutz y Martínez, 2007) y vertebrados, representados por escamas y vértebras de peces, escamas de tortuga, una mandíbula de *Caiman latirostris* que proviene de niveles superiores de la Formación Palo Pintado en el área sur de los Valles Calchaquíes (Bona *et al.*, 2014); y mamíferos (Díaz *et al.*, 1987; Starck y Anzótegui, 2001): *Kraglievichia sp.*, *Phohophorus sp.*, *Toxodontidae* (cf. *Xotodon sp.*) y Gliptodontidae (*Plyctaeonopyga* y *Stromatophorus*). Los vertebrados solamente están citados en trabajos generales o como comunicaciones personales y no los respaldan trabajos taxonómicos. Recientemente (Anzótegui y Horn, 2007) han hallado otras impresiones de vegetales (*Lycopodiella sp.*, *Equisetum sp.*, *Mayaca sp.*, *Cabomba sp.*, *Sapium sp.*, *Cedrela sp.* y *Malvaciphyllum sp.*) y bivalvos, *Anodontites sp.* y *Diplodon sp.*, los que permitirán ampliar aspectos acerca de las paleocomunidades, el paleoambiente y el paleoclima (Galli *et al.*, 2011). Con el material fósil se han reconstruido las siguientes paleocomunidades: acuáticas (con distintas paleoasociaciones), palustres, bosques de ribera estratificados y sabanas o praderas y se ha establecido que estas paleocomunidades pertenecen a la región paleofitogeográfica Neotropical Neógena (Barreda *et al.*, 2007). En Starck y Anzótegui (2001), se destacó que el ambiente en que fue depositada esta formación responde a condiciones climáticas comparativamente más benignas que las que muestran otras formaciones regionales coetáneas y la tendencia global que tiende a un desmejoramiento climático.

Las paleocomunidades contienen integrantes de distintas provincias fitogeográficas actuales, tanto del norte de Argentina como de otras de América del Sur, se considera que las actuales en ese momento aún no estaban delimitadas, siendo las fósiles antecesoras de las mismas.

**Paleoambiente.**— Las características de la arquitectura fluvial y sus litofacies asociadas, indican para la Formación Palo Pintado un sistema fluvial con depósitos desarrollados dentro del canal o intracanal y de “overbank” (Galli *et al.*, 2011). Las acumulaciones intracanal están conformadas por depósitos de barras gravosas (GB, asociación de litofacies conglomerados estratificados (Ch, Cp) y areniscas macizas (Am) y formas de lecho que se relacionan con barras transversas y “sand wave” por acreción vertical y corriente abajo (SB, asociación de litofacies areniscas entrecruzadas Ap y con laminación paralela Al). Mientras que los depósitos de “overbank” están representados por: a) barras de acreción lateral, en donde la superposición lateral y vertical representa repetidos procesos de erosión y acreción lateral en la llanura de inundación (LA, asociación de litofacies Cp, Am y Ap); b) canales pequeños producto de la erosión en los bordes del canal principal durante eventos de inundación, que son asignados a “crevasse channel” (CS, asociación de litofacies Ap, Al y Am), y c) desarrollo de una amplia llanura de inundación (FF, asociación de litofacies de pelitas laminadas Pl, macizas Pm, con ondulitas Po, grietas de desecación Pgr y paleosuelos Pa).

Las litofacies de la Formación Palo Pintado se caracterizan por procesos básicos de corrientes fluviales que dan origen a depósitos de ríos de baja sinuosidad, con canales múltiples (los clásicos ríos del tipo trenzado) y a ríos de alta sinuosidad con canales simples (figura 3).

Las características generales de la arquitectura fluvial son semejantes a las de un sistema fluvial sinuoso-gravoso, con una sinuosidad intermedia a alta (“gravel wandering”, Miall, 1985) que corresponden a ríos de carga mixta (transportan sedimento en suspensión y tracción (Schumm, 1981, 1985) y pueden desarrollar, en algunos sectores, un canal simple y en otros, canales múltiples. La diferencia que se advierte con respecto al modelo propuesto por Miall (1985) es que se observa una importante participación del elemento SB, por lo que se propone denominarlo como un “sistema fluvial sinuoso areno-gravoso” (figuras 3 a, b).

Este sistema fluvial habría desarrollado amplias llanuras inundables (FF, litofacies Al, Pl, Pm, Po) que habrían sido desecadas en la estación seca o durante intervalos de tiempo más largos, lo que queda evidenciado por las grietas de desecación (Pgr), los niveles de yeso intercalados como finas láminas y los rasgos pedogenéticos (Pa). Estos depósitos presentan potentes espesores, sin una vinculación lateral con facies de canal. Las litofacies arenosas que se intercalan con los cuerpos pelíticos son registros de las inundaciones en estas lagunas a partir de crecidas no encauzadas, como producto de lluvias excepcionales.

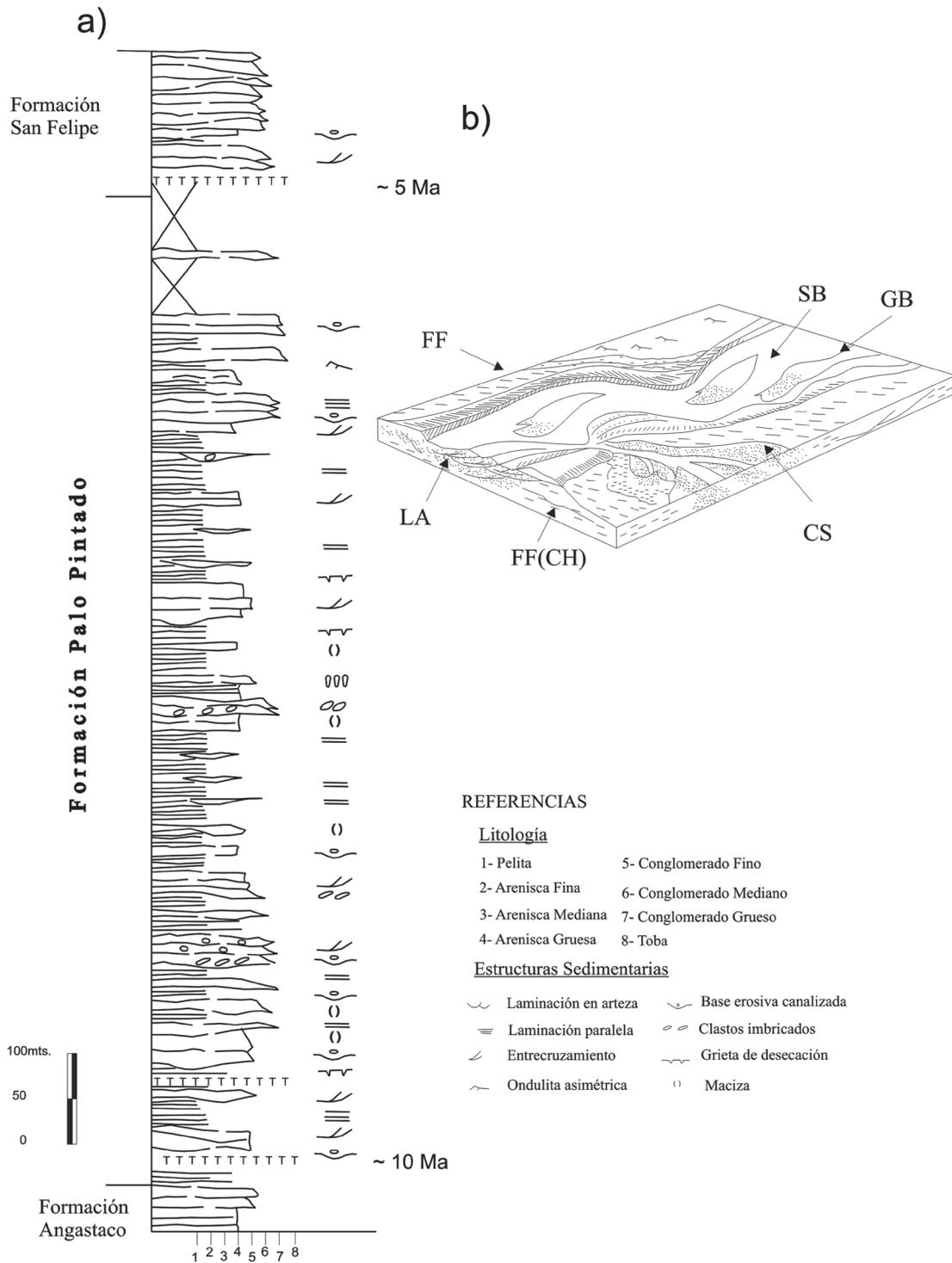
El subambiente palustre (litofacies Pm y Pgr) se desarrolla en la orilla de lagunas en proceso de colmatación con muy bajo espacio de sedimentación y también constituye la fase final de relleno de las cubetas lagunares, cuando la acumulación de sedimentos alcanzó su máximo en la depresión dentro de la llanura de inundación (figura 3).

Los resultados preliminares de la presencia de minerales de arcilla en el subambiente de llanura de inundación, como illita, esmectita y caolinita indican que han sido generadas por hidrólisis en un clima templado-húmedo. La formación de estos niveles arcillosos para el tiempo de depósito de la Formación Palo Pintado, evidencian un cambio climático importante entre los 10 y 5 Ma en el sistema fluvial sinuoso areno-gravoso, que no se registran en los niveles más antiguos de la misma cuenca de depósito.

### **La Cuenca de Lerma y Güemes (Formación Guanaco – Grupo Orán)**

El nombre de Grupo Orán fue propuesto por Russo (1972) para agrupar a los depósitos terciarios que en las provincias de Salta y Jujuy y áreas aledañas yacen sobre el Grupo Salta (Cretácico – Eoceno). Esta unidad stratigráfica incluye parcialmente a los depósitos que en el Noroeste Argentino eran referidos por Bonarelli (1921), de base a techo, como Areniscas Superiores, Terciario Subandino y Terciario Jujueño.

Durante el Cenozoico superior se produjeron varios acontecimientos tectónicos relacionados con el ascenso de los Andes, los que produjeron variaciones en las



**Figura 3.** a) Columna estratigráfica generalizada de la Formación Palo Pintado (Grupo Payogastilla), b) Block diagrama representando el paleoambiente sedimentario de la Formación Palo Pintado.

cuencas situadas al este e influyeron en las características de los sedimentos que pueden ser divididos en dos secciones, a las que Russo (1972) denominó Subgrupo Metán a la inferior de composición psamítico-pelítica y Subgrupo Jujuy a la superior, esencialmente conglomerádica (figura 4).

El Subgrupo Metán está integrado, de base a techo, por las formaciones Río Seco, Anta y Jesús María (Gebhard *et al.*, 1974; Arias y Chávez, 1976). El Subgrupo Jujuy consta de la Formación Guanaco (base) y la Formación Piquete (techo) (Gebhard *et al.*, 1974).

Oliver Gascón (1975) definió a los depósitos del Subgrupo Metán en la sierra de Zapla, como formaciones San Lorenzo, Valle Grande y Agua Negra, que corresponden a facies laterales de las formaciones Río Seco, Anta y Jesús María.

Russo y Serraiotto (1978) consideraron que el Subgrupo Metán estaría limitado por discordancias: la de su techo es fácil de reconocer en Salta por la aparición brusca en la pila sedimentaria de espesos niveles psefíticos, pertenecientes a la Formación Guanaco del Subgrupo Jujuy, pero la discordancia de su base es paralela o de muy bajo ángulo.

Posteriores trabajos sobre el Grupo Orán analizan el aspecto del paleoambiente sedimentario la estratigrafía, el paleomagnetismo, la evolución y el análisis tecto-sedimentario de la cuenca de antepaís del Cenozoico; como: Galli *et al.* (1996), Starck y Vergani (1996), Monaldi *et al.* (1996), Galli y Hernández (1999), Hernández *et al.* (1999), Reynolds *et al.* (2000, 2001), González Villa (2002), Iaffa *et al.* (2011), Hain *et al.* (2011), entre otros.

El Subgrupo Jujuy muestra una tendencia general granocreciente, con ciclos de 50 a 700 metros de espesor, cuya extensión lateral es de decenas de kilómetros; en donde los ciclos granocrecientes representan la progradación de los sedimentos en momentos de reducido espacio de acomodación y por el contrario, los ciclos granodecrecientes representan períodos de agradación vertical asociados con un mayor espacio de acomodación (González Villa, 2002).

La sección tipo de la Formación Guanaco aflora en el río Guanaco, afluente del río Las Cañas (departamento Anta, provincia de Salta). La distribución actual de estos depósitos supera a la del Subgrupo Metán y constituye serranías de menor altitud, pierde identidad hacia el oriente (llanura Chaqueña) y en el eje de las depresiones intermontanas (valles del Río Grande de Jujuy, de Lerma, de Güemes y de Metán) (González Villa, 2002). En la Sierra de Zapla, la Formación Guanaco, presenta reducido espesor por la discordancia erosiva que la separa de los depósitos de la Formación Piquete (figuras 4 y 5). En el sector oriental de la Sierra de Santa Bárbara, Sierra de Maíz Gordo y en la Sierra de Gallo se observan buena calidad de afloramientos.

El contacto basal de la Formación Guanaco con la Formación Jesús María es en algunos sectores erosivo y en otros de discordancia angular, mientras que el contacto cuspidal con la Formación Piquete es discordante erosivo.

La distribución de espesores de la Formación Guanaco es irregular y se observan zonas con importante erosión del sustrato lo que indicaría que la cuenca habría tenido una configuración irregular, con altos y depresiones por donde se concentraba el drenaje (Starck y Vergani, 1996).

La Formación Guanaco cuenta con niveles de tobas vítreas granatíferas a las que Viramonte *et al.* (1994) vinculan a la Caldera La Pava-Ramadas, cuya actividad datan, en  $8,73 \pm 0,25$  Ma (K/Ar; Viramonte *et al.*, 1994) y posteriormente Bigazzi (2004; en Tait 2004) en  $6,63 \pm 0,28$  Ma mediante trazas de fisión. Registros de



**Paleoambientes.**— La Formación Guanaco está caracterizada por depósitos de abanicos aluviales dominados por corrientes fluidas y un sistema fluvial gravo-arenoso en donde la distribución de facies sedimentarias está caracterizada por: 1-conglomerado y sabulita, con bases canalizadas y arreglo granodecreciente, constituyendo depósitos de barras gravosas, 2- facies de conglomerados macizos acumulados por depósitos hiperconcentrados y 3- areniscas conglomerádicas con estratificación en artesa y planar que corresponden a depósitos de barras laterales y por migración de dunas (figura 5 b, González Villa, 2002).

Las facies de la Formación Guanaco se asocian en depósitos de formas canalizadas (CH), mantos de gravas (GB) y formas de lecho arenosas (SB) intercaladas. Estos elementos arquitecturales conforman ciclos granodecrecientes de gran extensión areal, característicos de ríos entrelazados gravo-arenosos (Miall, 2006).

Este sistema fluvial está asociado a un ambiente de abanicos aluviales dominado por corrientes fluidas. Los depósitos proximales se ubican en la zona occidental (Valle de Lerma) y el sector medio y distal se ubica en la zona central y distal (figura 3; González Villa, 2002); asociado a un sistema fluvial de gran envergadura bajo condiciones de un clima cálido y húmedo (Starck y Vergani, 1996). Se encontraron restos de vertebrados (mamíferos) y troncos de árboles, sin descripciones taxonómicas publicadas.

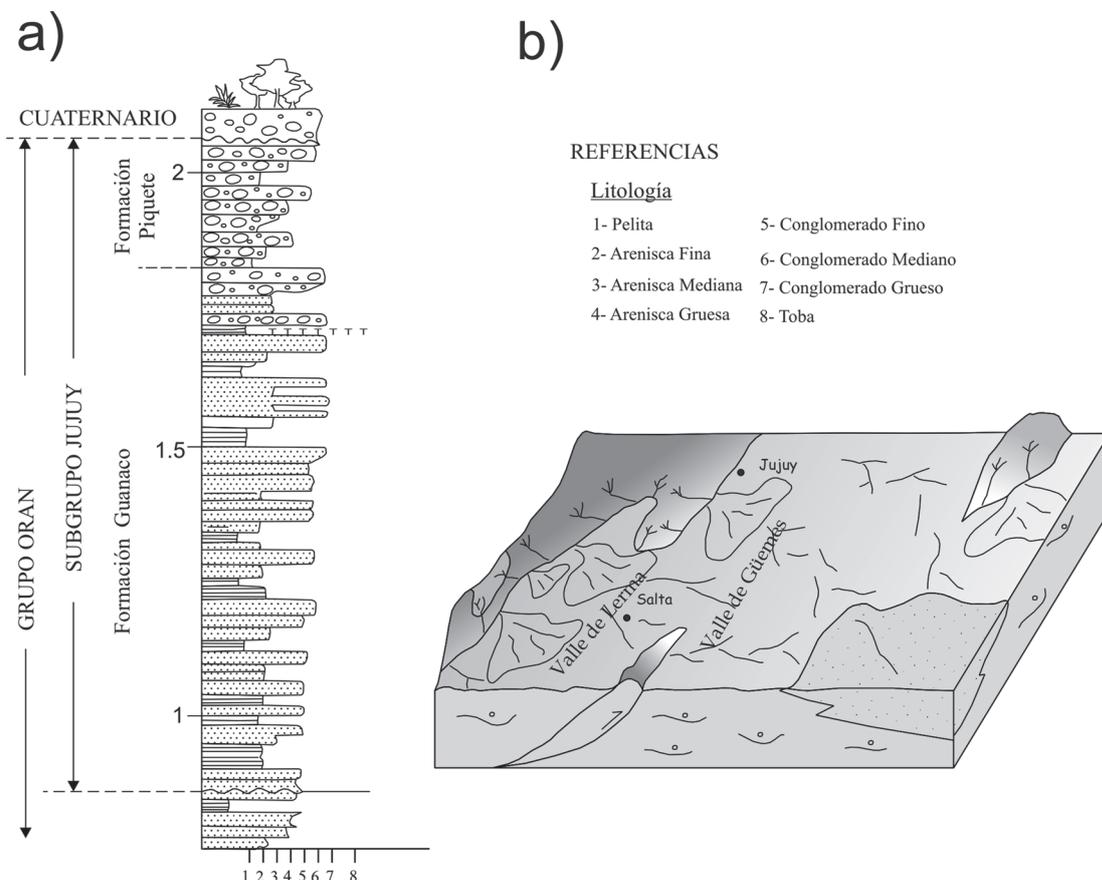


Figura 5. a) Columna estratigráfica generalizada de la Formación Guanaco, b) Block diagrama representando el paleoambiente sedimentario de la Formación Guanaco (González Villa, 2002).

## Cuenca de Tres Cruces – Casa Grande y Cuenca de Cianzo (Formación Pisungo)

La Cuenca de Tres Cruces-Casa Grande fue un importante depocentro durante el Cretácico y el Cenozoico (figura 6). La estratigrafía de esta zona está compuesta por facies del rift (synrift) y de postrift (sag) del Grupo Salta (Cretácico – Paleoceno), depósitos de cuenca de antepaís (Eoceno medio a Mioceno medio) y de cuencas intermontanas (Plioceno). Durante el Eoceno, al oeste de la Cuenca de Tres Cruces, se habrían producido los primeros corrimientos con vergencia al este generando subsidencia por carga tectónica en el antepaís. De esta forma la cuenca de Tres Cruces-Casa Grande continuó siendo un área de subsidencia y relleno de sedimentos durante todo el Paleógeno y Neógeno. Originalmente algunos autores correlacionaron las sedimentitas cenozoicas de la cuenca de Tres Cruces como equivalentes en edad con el Grupo Orán en las Sierras Subandinas (Russo, 1975; Méndez *et al.*, 1979, Boll y Hernández, 1986), sin embargo, la Cuenca de Tres Cruces es más antigua que la del Grupo Orán en las Sierras Subandinas (Hernández *et al.*, 1986).

Los depósitos de la Cuenca de Tres Cruces-Casa Grande (Eoceno superior-Plioceno), poseen características estratigráficas y sedimentológicas que permiten tener un registro tecto-sedimentario completo de la evolución de esta parte de la cuenca de antepaís andina. El registro está representado por las formaciones Casa Grande, Río Grande, Pisungo y Mal Paso. El contacto entre las formaciones Lumbrera y Casa Grande es discordante con baja angularidad y erosivo, mientras que la relación entre la Formación Casa Grande y la Formación Río Grande es de paraconformidad, claramente visible en la quebrada del río Casa Grande. La Formación Casa Grande está representada por depósitos fluviales meandrosos, con un marcado cambio de espesor en la cuenca (345 m en el valle de Casa Grande y 210 m en el río Grande). La base de la Formación Río Grande (Mioceno medio) presenta un gran porcentaje de clastos del Grupo Salta, con datos de proveniencia desde el Este, como resultado del alzamiento del Cerro Colorado. El análisis petrográfico y de proveniencia de la Formación Pisungo (Mioceno superior) indica que estos conglomerados muy gruesos de abanicos aluviales proximales provienen del alzamiento de la Sierra de Aguilar al Oeste (Figura 8 a, Villalba Ulberich en preparación). La Formación Mal Paso, equivalente temporal de las formaciones Tilcara y Uquía (Quebrada de Humahuaca), tiene amplia distribución en la zona del valle de Casa Grande y yace en una marcada relación de discordancia con la Formación Casa Grande (Galli *et al.*, 2015)

En base a la descripción original de los depósitos sinorogénicos de la Cuenca de Tres Cruces-Casa Grande, Siks y Horton (2011) consideran el relleno sedimentario de la Cuenca de Cianzo (figura 5), como un equivalente estratigráfico y temporal, asignándole la misma denominación formal, como formaciones Casa Grande, Río Grande y Pisungo.

La Cuenca de Cianzo (figura 7) es un depocentro que se caracteriza por tener una de la más completa sucesión Fanerozoico del noroeste argentino (Kley *et al.*, 2005). La preservación de estratos del Paleozoico y depósitos del sinrift cretácico es el resultado de grandes desplazamientos a lo largo de importantes fallas normales

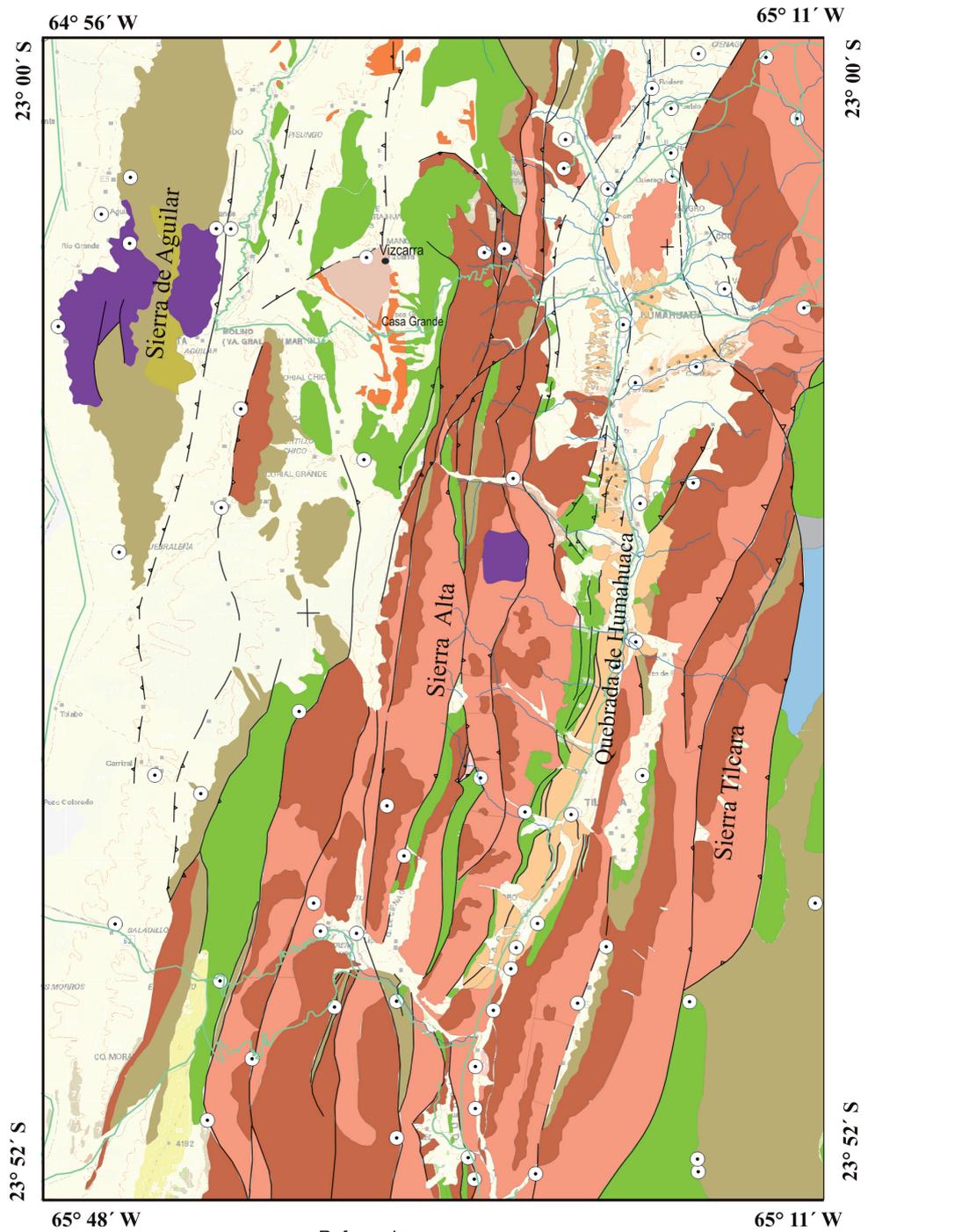
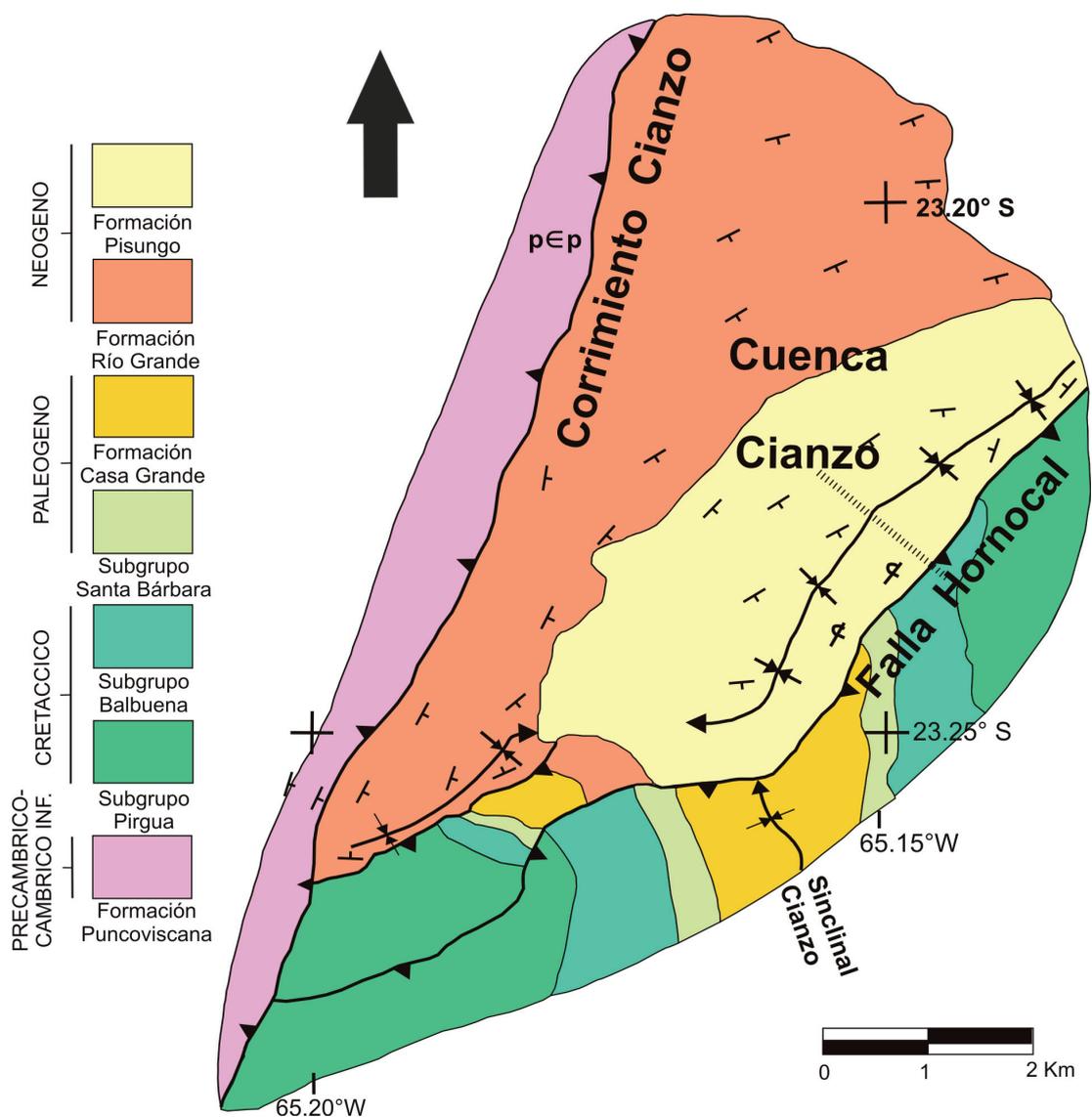


Figura 6. Mapa de ubicación de los afloramientos de las cuencas de Tres Cruces-Casa Grande y Humahuaca (Base tomada de González et al., 2003).

del sistema de rift del Grupo Salta (Kley *et al.*, 2005). La reactivación e inversión de estas fallas del sistema de rift durante la subsecuente orogenia Andina ha influenciado en la acumulación y preservación del espesor de los depocentros cenozoicos (Grier *et al.*, 1991; Kley *et al.*, 2005; Monaldi *et al.*, 2008).

**Paleoambiente.**— La Formación Pisungo está compuesta por conglomerados y areniscas conglomeráticas de escasa consolidación, con un espesor variable entre 750 m y 2500 m, con características de depósitos fluviales entrelazados proximales, conformando dos ciclos granocrecientes (Boll y Hernández, 1986; Villalba Ulberich en preparación). Esta unidad se interpreta que es coetánea a la estructura y vinculada a procesos tectónicos intensos, generadores de un relieve marcado, que se verifica con los cambios de espesor entre las zonas estructuralmente altas (anticlinales y



**Figura 7.** Mapa de ubicación de los afloramientos de la Cuenca de Cuzco (Tomado de Siks y Horton 2011).

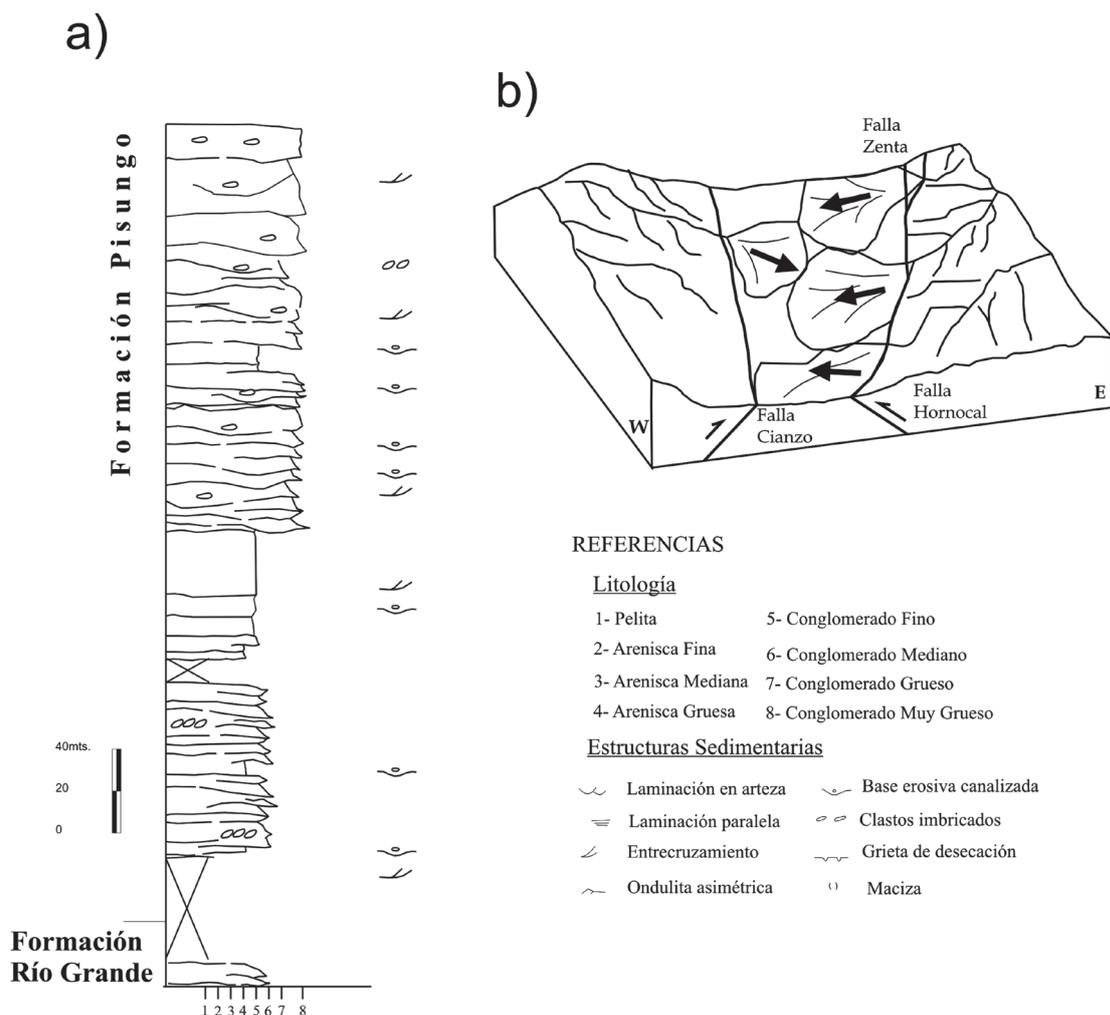


Figura 8. a) Columna estratigráfica generalizada de la Formación Pisungo (Cuenca de Tres Cruces-Casa Grande; Villalba Ulberich, en preparación), b) Block diagrama representando el paleoambiente sedimentario de la Formación Pisungo (Siks y Horton, 2011).

bloques altos) y bajas (sinclinales y bloques bajos), funcionando los primeros como zonas de aporte y los segundos como depocentros (Boll y Hernández, 1986).

La Formación Pisungo, en la Cuenca de Cianzo, registra 1600 m de espesor dominada por facies conglomerádicas de abanicos aluviales, con depósitos de flujos hiperconcentrados y flujos efímeros (figura 6; Siks y Horton, 2011). Tanto las areniscas como los conglomerados presentan gran proporción de clastos del Cretácico y del Cámbrico, así como un gran aumento de los fragmentos líticos sedimentarios, es probable que reflejen una derivación del Grupo Salta (Cretácico-Paleógeno) el que conforma el bloque sur de la falla Hornocal (figura 5, Siks y Horton, 2011). Las edades U-Pb de circón detrítico conforman un espectro que van desde la población dominante de edad Pampeana (570-520 Ma) al arco Famatiniano (500-435 Ma), seguido de un reducido aporte del Sunsas (1200-1000 Ma; Siks y Horton, 2011).

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue financiado por UNSa (CI-UNSa – 2287 y 1966), AGENCIA (PICT 2012-1984), y UNJu (SECTER-UNJu - E08/033 y E08/030). Los autores agradecen la edición final de los gráficos contenidos en este manuscrito realizado por el Geól. Victor Bercheñi (CI-UNSa-2287).

## BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, T. L., Mautino, R. L., Anzótegui, L. M. y Cuadrado, G. A. 1997. Estudio palinológico de la Formación Palo Pintado (Mioceno superior), Provincia de Salta, Argentina. Parte II: Esporas: *Geociencias* 2: 112-120.
- Acevedo, L. T., Anzótegui, L. M. y Mautino, L. R. 1998. Análisis palinológico preliminar de la Formación Palo Pintado (Mioceno superior), en Quebrada del Estanque, Salta, Argentina, en *Comunicaciones Científicas y Técnicas de la Universidad Nacional del Nordeste*, Resistencia, Argentina. Resúmenes expandidos 3: 143-146.
- Anzótegui, L. M. 1998. Hojas de angiospermas de la Formación Palo Pintado, Mioceno superior, Salta, Argentina. Parte I: Anacardiaceae, Lauraceae y Moraceae: *Ameghiniana* 35 (1): 25-32.
- Anzótegui, L. M. 2006. Paleofloras del Mioceno en los Valles Calchaquíes, Noroeste de Argentina. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Nordeste, 266 pp. Corrientes.
- Anzótegui, L. M. y Cuadrado, G. A. 1996. Palinología de la Formación Palo Pintado, Mioceno superior, Provincia de Salta, República Argentina. Parte I: Taxones nuevos: *Revista Española de Micropaleontología* 28 (3): 77-92.
- Anzótegui, L. M. y Horn M. Y. 2007. Adenda a la megafloora de la Formación Palo Pintado (Mioceno Superior-Plioceno) de los valles Calchaquíes, en Reunión Anual de comunicaciones de la Asociación Paleontológica Argentina 44: p. 78R.
- Anzótegui, L. M., Horn, M. Y., Mautino, L. R. y Garralla, S. S. 2007. Diversificación de Cyperaceae en los Valles Calchaquíes durante el Mioceno Medio-Plioceno. *Boletín de la Asociación Argentina de Botánica* 42: p 117.
- Arias, J. E. y Chávez Manrique, A. 1976. El Grupo Orán en el Valle de Lerma, Salta, *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 31 (1): 59 - 60.
- Barreda, V., Anzótegui, L. M., Prieto, A. R., Aceñolaza, P., Bianchi, M. M. Borromei, A. M., Brea, M., Caccavari, M., Cuadrado, G. A., Garralla, S., Grill, S. G., Guerstein, R., Lutz, A. I., Mancini, M. V., Mautino, L. R., Ottone, E. G., Quattrocchio, M., Romero, E.J., Zamalao, M.C. y Zucol, A. 2007. Diversificación y cambios de las Angiospermas durante el Néogeno en Argentina, en Archangelsky, S., Sánchez, T, Tonni, E. (Eds.), *Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial 11, Ameghiniana*: 173-191. 50° Aniversario.
- Boll, A. y Hernández R. M. 1986. Interpretación estructural del área Tres Cruces. *Boletín de Informaciones Petroleras* 7: 2-14.

- Bona, P., Starck, D., Galli, C.I., Gasparini, Z., Reguero, M. 2011. Registro de *Caiman* cf. *C. latirostris* (Alligatoridae, Caimaninae) en el Mioceno tardío en el Noroeste Argentino. Reunión Anual de la Asociación Paleontológica Argentina, Lujan, Buenos Aires. Argentina, p. 20.
- Bona, P., Starck, D., Galli, C., Gasparini, Z. y Reguero, M. 2013. *Caiman* cf. *Latiros-tris* (Alligatoridae, Caimaninae) in the late Miocene Palo Pintado Formation, Salta province, Argentina: paleogeographic and paleoenvironmental considerations. *Ameghiniana* 51 (1): 26-36.
- Bonarelli, G. 1921. Tercera contribución al conocimiento geológico de las regiones petrolíferas subandinas del norte (Provincia de Salta y Jujuy). *Anales Ministerio de Agricultura, Sección Geología, Mineralogía y Geología* 15 (I):1-96.
- Brackebusch, L. 1883. Estudio sobre la Formación Petrolífera de Jujuy. *Academia Nacional de Ciencias de Córdoba Boletín* 2: 137-184, Córdoba.
- Carrera, N. y Muñoz, J. 2008. Thrusting evolution in the southern Cordillera Oriental (northern Argentine Andes): Constraints from growth strata. *Tectonophysics* 459 (1-4): 107-122.
- Coira, B., Galli, C. I., Mahlburg Kay, S., Kay, R. W. y Flores, P. 2014. Niveles piroclásticos como herramientas de correlación en los depósitos cenozoicos del Grupo Payogastilla, Valles Calchaquí, Tonco y Amblayo, en el noroeste de Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 71 (2): 147-160.
- Coutand, I., Carrapa, B., Deeken, A., Schmitt, A. K., Sobel, E. y Strecker, M. R. 2006. Orogenic plateau formation and lateral growth of compressional basins and ranges: insights from sandstone petrography and detrital apatite fission-track thermochronology in the Angastaco Basin, NW Argentina. *Basin Research* 18: 1-26.
- del Papa, C., Disalvo, A., Reynolds, J., Pereyra, R. y Viramonte, J. 1993. Utilización de niveles piroclásticos en correlación estratigráfica: un ejemplo para el Terciario superior del noroeste argentino. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas II: 166-171. Mendoza.
- Díaz, J. I. 1985. Análisis estratigráfico del Grupo Payogastilla, Terciario superior del valle Calchaquí, provincia de Salta, República Argentina. 4° Congreso Geológico Chileno. Antofagasta, Actas, 211-234.
- Díaz, J. I. 1987. Estratigrafía y sedimentología del Terciario Superior de la región comprendida entre los valles de los ríos Calchaquí y Guachipas, Provincia de Salta, República Argentina: Tucumán, Argentina, Tesis doctoral, Universidad Nacional de Tucumán, 114 pp.
- Díaz, J. I. y Malizzia, D. 1983. Estudio Geológico y sedimentológico del Terciario Superior del Valle Calchaquí (departamento de San Carlos, Salta). *Boletín Sedimentológico* 2 (1): 8-21.
- Díaz, J. I., Malizzia, D. y Bossi, G. 1987. Análisis estratigráfico del Grupo Payogastilla. 10° Congreso Geológico Argentino p. 113-116. San Miguel de Tucumán, Argentina.
- Fernández Garrasino, C. A., Gebhard, J. A., y Narciso, V. 1984. Mapa Geológico del Noroeste Argentino 1:500.000. 9° Congreso Geológico Argentino. San Carlos de Bariloche, Actas 4: 208-210.

- Galli, C. I. y Hernández, R. 1999. Evolución de la cuenca de antepaís desde la zona de la Cumbre Calchaquí hasta la Sierra de Santa Bárbara, Eoceno inferior - Mioceno medio, provincia de Salta, Argentina. En Colombo, F., Querault, I. y Petrinovic, I. (Eds) *Geología de los Andes Centrales Meridionales: El Noroeste Argentino*. Acta Geológica Hispánica 34 (2-3): 167-184.
- Galli, C. I., Hernández, R. y Reynolds, J. 1996. Análisis estratigráfico del Subgrupo Metán (Grupo Orán), en el río Piedras, departamento Metán, Salta, Argentina. *Boletín de Informaciones Petroleras* 12 (46): 99-107.
- Galli, C. I., Ramírez, A., Barrientos, C., Reynolds, J., Viramonte, J. G. y Idleman, B. 2008. Estudio de proveniencia de los depósitos del Grupo Payogastilla (Mioceno Medio-Superior) aflorantes en el río Calchaquí, provincia de Salta, Argentina. 17° Congreso Geológico Argentino, Jujuy, Actas 17 (1): 353-354.
- Galli, C. I., Anzótegui, L. M., Horn, M. Y. y Morton, L. S. 2011. Paleambiente y paleocomunidades de la Formación Palo Pintado (Mioceno-Plioceno), Provincia de Salta, Argentina. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 28: 161-174.
- Galli, C. I., Coira, B. L., Alonso, R. N., Villalba Ulberich, J. P. y Herrera Oviedo, E. P. 2015. La cuenca de antepaís cenozoica de Casa Grande, provincia de Jujuy. 3° Simposio del Mioceno-Pleistoceno del Centro y Norte de Argentina, Corrientes, Argentina.
- Gauthier, P. J., Déruelle, B., Viramonte, J. y Aparicio, A. 1994. Grenats des rhyolites de la caldera de La Pava-Ramadas (NW Argentine) at de leurs xénolites granitiques. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences Paris* 318, serie II, 1629-1635.
- Gebhard, J., Giudici, A. R. y Oliver Gascon, J. 1974. Geología de la comarca entre el río Juramento y arroyo Las Tortugas, provincias de Salta y Jujuy, República Argentina. *Revista Asociación Geológica Argentina* 29 (3): 359-375.
- Gonzales, M. A., Pereya, F., Ramallo, E., Tchilinguirian, P. 2003. Hoja Geológica 2366-IV, Ciudad de Libertador General San Martín, provincias de Jujuy y Salta. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Boletín Servicio Argentino Nacional Minería y Geología 274: 109 pp.
- González Villa, R. E. 2002. El Subgrupo Jujuy (Neógeno) entre los 24°-26°LS y 64°-66°LO, tramo centro austral de la cadena subandina Argentina, provincias de Salta y Jujuy, Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Salta, 350 p. Salta, Argentina.
- Grier, M. E., Salfity, J. A. y Allmendinger, R. W. 1991. Andean reactivation of the Cretaceous Salta rift, northwestern Argentina. *Journal of South America Earth Science* 4: 351-372.
- Hain, M. P., Strecker, M. P., Bookhagen, B., Alonso, R. N., Pingel, H. y Schmittet, A. K. 2011. Neogene to Quaternary broken foreland formation and sedimentation dynamics in the Andes of NW Argentina (25°S). *Tectonics* 30: TC2006.
- Herbst, R., Anzótegui, L. M. y Jalfin, G. 1987. Estratigrafía, paleoambientes y dos especies de *Salvinia* Adanson (Filicopsida) del Mioceno Superior de Salta, Argentina: *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura* 7: 15-42.

- Herbst, R., Anzótegui, L. M., Esteban, G., Mautino, L. R., Morton, S. y Nassif, N. 2000, Síntesis paleontológica del Mioceno de los valles Calchaquíes, noroeste argentino. En Aceñolaza, F., Herbst, R. (Eds.), *El Neógeno de Argentina: Argentina*, Instituto Superior de Correlación Geológica, Serie Correlación Geológica 14: 263-288.
- Hernández, R. M., Disalvo, A., Boll, A., Gómez Omil, R. y Galli, C. I. 1999. Estratigrafía secuencial del Grupo Salta, con énfasis en las subcuencas de Metán-Alemania, noroeste argentino, in *Geología del Noroeste Argentino*. En *Relatorio del 14° Congreso Geológico Argentino*, Salta, tomo 1, González Bonorino, G., Omarini, R. y Viramonte, J. (Eds.), Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina, pp. 263-283.
- Hongn, F., del Papa, C., Powell, J., Payrola Bosio, P., Petrinovic, I., Mon, R. 2011. Fragmented paleogene foreland basin in the Valles Calchaquí, NW of Argentina. En Salfity, J. A., Marquillas, R. A. (Eds.), *Cenozoic Geology of the Central Andes of Argentina*. SCS Publisher, pp. 198-210.
- Hongn, F. D. y Mon, R. 1999. La deformación ordovícica en el borde oriental de la Puna. En González Bonorino, G., Omarini, R., Viramonte, J.G. (Eds.) *Geología del Noroeste Argentino*. 14° Congreso Geológico Argentino, Relatorio 1: 212-216, Salta.
- Hongn F. D., Mon, R., Petrinovich, I., del Papa, C. E. y Powell, J. 2010. Inversión y reactivación tectónica cretácica cenozoica en el noroeste argentino: Influencia de las heterogeneidades del basamento Neoproterozoico-Paleozoico inferior. *Revista Asociación Geológica Argentina* 66, 38-53.
- Hongn, F. D. y Seggiaro, R. E. 2001. Hoja Geológica 2566-III, Cachi, 1:250.000. Instituto de Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 248, 96 p., Buenos Aires.
- Iaffa, D., Sábat, F., Muñoz, J. A., Mon, R. y Gutierrez, A. 2011. The role of inherited structures in a foreland basin evolution: The Metán Basin in NW Argentina. *Journal of Structural Geology* 33: 1816-1828.
- Jordan, T. y Alonso, R. N., 1987. Cenozoic stratigraphy and basin tectonics of the Andes Mountains, 20° - 28° south latitude. *America Association Petroleum Geologists Bulletin* 71: 49-64.
- Kley, J., Rossello, E. A., Monaldi, C. R. y Habighorst, B. 2005. Seismic and field evidence for selective inversion of Cretaceous normal faults, Salta rift, northwest Argentina. *Tectonophysics* 399: 155-172.
- Lutz, A. I. y Martínez, L. C. A. 2007. Nuevo género y especie de liana del Mioceno Superior (Formación Palo Pintado), Provincia de Salta, Argentina. *Ameghiana* 44: 205-213.
- Marquillas, R. A., del Papa, C. y Sabino, I. F. 2005. Sedimentary aspects and paleoenvironmental evolution of a rift basin: Salta Group (Cretaceous-Paleogene), northwestern Argentina. *International Journal Earth Sciences* 94: 94-113.
- Mautino, L. R. 2007. Chlorophyta de los Valles Calchaquíes (Mioceno Medio y Superior), Argentina. *Revista Española de Micropaleontología* 39 (1-2): 81-102.

- Méndez, V., Turner, J. C. M., Navarini, A., Amengual, R. y Viera, V. 1979. Geología de la Región Noroeste, provincias de Salta y Jujuy. Dirección General de Fabricaciones Militares 1-118. Buenos Aires.
- Miall, A. D. 1985. Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Science Research Journal* 22 (4): 261-308.
- Miall, A. D. 2006. *The geology of fluvial deposits. Sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology*: Berlin, London, Springer, 581 pp.
- Monaldi, C. R., Gonzalez, R. E. y Salfity, J. A. 1996. Thrust fronts in the Lerma Valley (Salta, Argentina) during the Piquete Formation deposition (Pliocene Pleistocene), 3rd International Symposium on Andean Geodynamics, St. Malo, France.
- Monaldi, C. R., Salfity, J. A. y Kley, J. 2008. Preserved extensional structures in an inverted Cretaceous rift basin, northwestern Argentina: Outcrop examples and implications for fault reactivation. *Tectonics* 27: TC1011.
- 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* 25: 9-44.
- Morton, L. S. 1992. Bivalvos de agua dulce de la Formación Palo Pintado (Mioceno Tardío) del Valle Calchaquí, provincia de Salta, Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura* 9: 77-91.
- Oliver Gascón, J. 1975. Observaciones geológicas en el anticlinal de la Sierra de Zapla, Departamento Capital y San Pedro, provincia de Jujuy. YPF Informe Inédito, Buenos Aires.
- Reyes, C. y Salfity, J. A. 1973. Consideraciones sobre la estratigrafía del Cretácico (Subgrupo Pirgua) del noroeste argentino. 5° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 355-385, Córdoba.
- Reynolds, J. H., Galli, C. I., Hernández, R. M., Idleman, B. D., Kotila, J. M., Hillard, R. V. y Naeser, C. W. 2000. Middle Miocene tectonic development of the transition zone, Salta Province, northwest Argentina: Magnetic stratigraphy from the Metán Subgroup, Sierra de Gonzalez. *Geological Society of America Bulletin* 112 (11): 1736-1751.
- Reynolds, J. H., Hernández, R. M., Galli, C. I. y Idleman, B. D. 2001. Magnetostratigraphy of the Quebrada La Porcelana Section, Sierra de Ramos, Salta Province, Argentina: initial age limits on the regional Neogene lithostratigraphy and uplift of the southern Sierras Subandinas. *Journal of South American Earth Sciences* 14: 681-692.
- Russo, A. 1972. La estratigrafía terciaria en el noroeste argentino. 5° Congreso Geológico Argentino, Villa Carlos Paz, Resúmenes.
- Russo, A. 1975. Estratigrafía del Terciario en el Noroeste Argentino. YPF Informe Inédito, Buenos Aires.
- Russo, A. y Serraiotto, A. 1978. Contribución al conocimiento de la Estratigrafía Terciaria del Noroeste Argentino. 7° Congreso Geológico Argentino, Actas I: 715-730, Neuquén.
- Salfity, J. A. y Marquillas, R. A. 1994. Tectonic and Sedimentary Evolution of the Cretaceous-Eocene Salta Group Basin, Argentina. En Salfity, J.A. (Ed): Cre-

- taceous Tectonics of the Andes. *Earth Evolution Sciences*, Friedr. Vieweg & Sohn, 266-315 p., Berlin.
- Schumm, S. A. 1981. Evolution and response of the fluvial system, sedimentological implications. En Ethridge, F.G., Flores, R.M. (Eds.), *Recent and ancient nonmarine depositional environments: models for exploration*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication 31: 19-29.
- Schumm, S. A., 1985. Patterns of alluvial rivers. *Annual Reviews of Earth and Planetary Science* 13: 5-27.
- Siks, B. y Horton, B. K. 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.
- Starck, D. y Anzótegui, L. M. 2001. The late climatic change persistence of a climatic signal through the orogenic stratigraphic record in northwestern of Argentina. *Journal South American Earth* 14 (7): 763-774.
- Starck, D. y Vergani, G. 1996. Desarrollo tecto-sedimentario del Cenozoico en el sur de la provincia de Salta, Argentina. 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 1: 433-452, Buenos Aires.
- Strecker, M. R., Hilley, G. E., Bookhagen, B. y Sobel, E. R. 2012. Structural, geomorphic, and depositional characteristics of contiguous and broken foreland basins: examples from the eastern flanks of the central Andes in Bolivia and NW Argentina. In: Busby, C., Azor Pérez, A. (Eds.), *Tectonics of Sedimentary Basins Recent Advances*. Wiley-Blackwell, pp. 508 - 521.
- 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.
- Toselli, A. J. y Rossi, J. N. 1984. Metamorfismo de las Cumbres Calchaquíes: 2° Petrología del basamento esquistoso entre La Angostura y Tafí del Valle, Tucumán. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 39 (3-4): 262-275.
- Viramonte, J., Galliski, M., Araña, V., Aparicio, A., García Cacho, L. y Martín Escorza, E. 1984. El finivulcanismo básico de la depresión de Arizaro. 9° Congreso Geológico Argentino 11: 234-253.
- Viramonte, J. G., Reynolds, J. H., del Papa, C. y Disalvo, A. 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 Planetary Science Letter* 121 (3-4): 519-531.