



Fundación
Miguel Lillo
Tucumán
Argentina

doi

El Paleozoico Superior de la Subcuenca Uspallata, Mendoza

The Late Paleozoic of the Uspallata Subbasin, Mendoza

Carlos R. GONZÁLEZ*, Pamela G. DÍAZ SARAIVIA†

Fundación Miguel Lillo. Miguel Lillo 251, (4000) San Miguel de Tucumán, Argentina.

* Autor corresponsal: <crgonzalez@csnat.unt.edu.ar>

RESUMEN

La Subcuenca de Uspallata abarca la región situada al este de la localidad de Uspallata, entre el río Mendoza al sur y los Paramillos al norte y constituye la región austral de la más extensa Cuenca Uspallata-Iglesia, a la que se incorporó al final del Carbonífero. En ella se encuentran las formaciones Santa Elena y Agua del Jagüel, en las que se halla documentado un intervalo del tiempo geológico que abarca el límite Carbonífero-Pérmico. Estas rocas se encuentran tectónicamente dislocadas en grandes bloques limitados por fallas de alto ángulo que alteran y oscurecen la secuencia estratigráfica. Sin embargo, su contenido paleontológico, que ha permitido demarcar el límite sistémico y la iniciación de las glaciaciones del Pérmico inferior, además contribuye a la interpretación de la complicada estructura y la reconstrucción estratigráfica. El carácter transicional del límite Carbonífero-Pérmico, singularmente expuesto en la Formación Santa Elena, descarta la existencia de movimientos entre ambos Sistemas en la Cuenca Uspallata-Iglesia.

Palabras clave — Paleozoico Superior, Subcuenca Uspallata.

ABSTRACT

The Uspallata Subbasin covers the region located to the east of the Uspallata locality, between the Mendoza River to the south and the Paramillos to the north and constitutes the southern region of the larger Uspallata-Iglesia Basin, which was incorporated at the end of the Carboniferous. The Santa Elena and Agua del Jagüel formations are found in it, in which a geological time interval that encompasses the Carboniferous-Permian boundary has been documented. These rocks are tectoni-

► Ref. bibliográfica: González, C. R.; Díaz Saravia, P. G. 2023. "El Paleozoico Superior de la Subcuenca Uspallata, Mendoza". *Acta Geológica Lilloana* 34 (2): 173-187. doi: <https://doi.org/10.30550/j.agl/2023.34.2/1846>

► Recibido: 6 de septiembre 2023 – Aceptado: 1 de diciembre 2023



► URL de la revista: <http://actageologica.lillo.org.ar>

► Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

cally dislocated in large blocks bounded by high-angle faults that alter and obscure the stratigraphic sequence. However, its paleontological content, which has made it possible to demarcate the systemic limit and the initiation of the lower Permian glaciations, also contributes to the interpretation of the complicated structure and stratigraphic reconstruction. The transitional character of the Carboniferous-Permian boundary, singularly exposed in the Santa Elena Formation, rules out the existence of movements between both Systems in the Uspallata-Iglesia Basin.

Keywords — Upper Paleozoic, Uspallata Subbasin.

INTRODUCCIÓN

Desde el Carbonífero inferior hasta el Pérmico inferior La Cuenca Uspallata-Iglesia se estableció como una alargada faja subsidente extendida meridionalmente a lo largo de la región precordillerana del oeste de las provincias de La Rioja, San Juan y Mendoza. En el transcurso de su existencia fue extendiéndose de norte a sur e incorporando sucesivamente las Subcuencas de Río Blanco y Barreal y finalmente la Subcuenca de Uspallata, que se diferenció de las anteriores por anexarse al extremo austral de la cuenca recién en el Carbonífero más joven. Al final del Carbonífero, las de Río Blanco y Barreal experimentan depleción y ascenso; en cambio la Subcuenca de Uspallata continúa activa hasta el Pérmico temprano. Allí, las rocas de esas edades constituyen las formaciones Santa Elena y Agua del Jagüel, las que en realidad son exposiciones de una misma secuencia que se encuentran separadas por una franja de terreno sin afloramientos. Estas rocas se encuentran fuertemente dislocadas en bloques limitados por fallas de alto ángulo, que contienen distintas secciones imbricadas de la secuencia y dificultan la interpretación estratigráfica. En ellas se encuentran fósiles marinos y continentales de gran significación bioestratigráfica, cuya distribución en los distintos bloques permite realizar una interpretación de algunos aspectos de la complicada estructura y reconstruir en gran parte la sucesión estratigráfica.

CUENCA USPALLATA-IGLESIA Y SUBCUENCA USPALLATA

Desde mediados del siglo pasado, los terrenos del Paleozoico superior de la Cuenca Uspallata-Iglesia ha sido objeto de interés de numerosos investigadores que realizaron importantes aportes para su conocimiento. Estos estudios se iniciaron principalmente con los excelentes trabajos realizados por Keidel (1921 a, b, 1939, 1940) y Keidel y Harrington (1938), quienes realizaron valiosas observaciones que sirvieron de base a investigaciones posteriores. Los primeros trabajos de detalle fueron realizados por Furque (1962, 1963, 1979) por cuenta del entonces Servicio Geológico Nacional, en la región ubicada al norte del río Jáchal, donde ese investigador distinguió las cuencas de Malimán, Paslean y Huaco. Amos (1964) en cambio, reconoce una sola cuenca sedimentaria al norte de Jáchal que denomina Cuenca de Río Blanco, y al sur de Jáchal la Cuenca de Uspallata-Calingasta-Tunuyán, a la que más tarde Amos (1972)

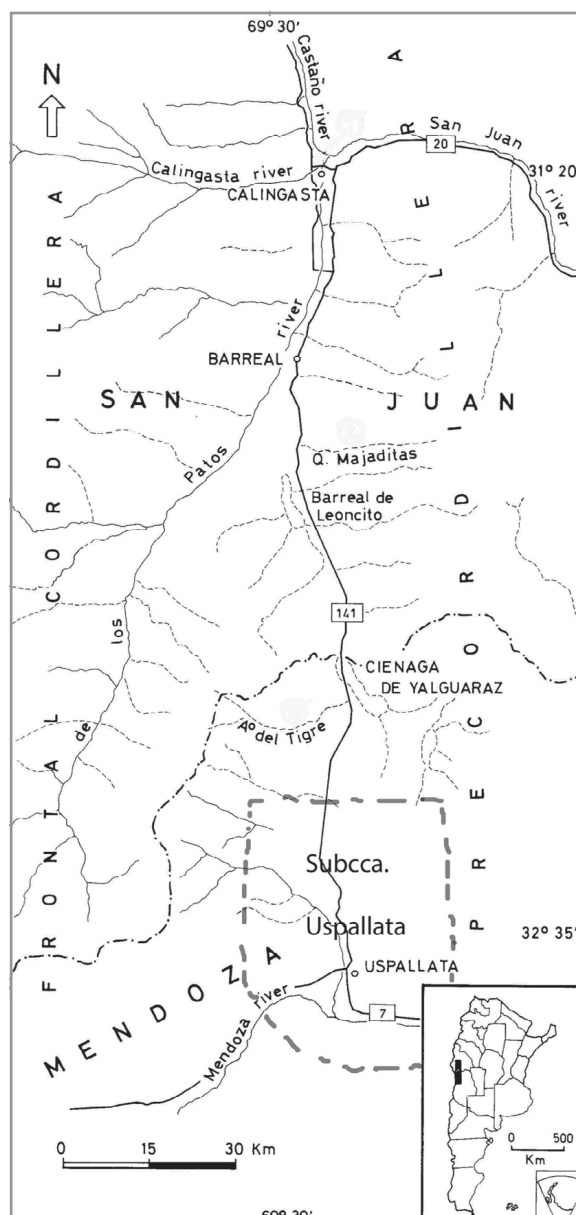


Figura 1. Mapa de la región austral de la Cuenca Uspallata-Iglesia mostrando ubicación de la Subcuenca Uspallata.

renombra como Cuenca Calingasta-Uspallata. Por otra parte, Amos y Rolleri (1965) introducen el concepto de Protoprecordillera para designar el elemento positivo ubicado en el actual emplazamiento de las sierras del Tontal, del Tigre y Ansilta, que actuó como una barrera oriental para las transgresiones “Pacíficas”. Polansky (1970) consideró la región situada al este de Uspallata, entre el río Mendoza al sur y los Paramillos al norte, como una cuenca separada o Cuenca de Uspallata. Scalabrini Ortiz (1973) propone denominar, al norte del río Jáchal, las cuencas de Malimán, Volcán y Río del Peñón, en reemplazo de las de Malimán, Paslean y Huaco de Furque (op. cit.) y la de Río Blanco de Amos (1964). González (1985) reúne a todas ellas en la Cuenca Uspallata-Iglesia, en la que Díaz Saravia y González (2020) reconocen la Subcuenca de Río Blanco al norte del río Jáchal, la Subcuenca de Barreal-Iglesia, o simplemente

de Barreal, desde el sur de Jáchal hasta el norte de Mendoza (Calingasta-Uspallata de Amos, 1972) y, en la región más austral, la Subcuenca de Uspallata (Polansky, 1970).

En el Devónico superior se produce la Orogenia Precordillerana (Furque, 1972) o fase Chánica (Turner y Méndez, 1975), la que altera las rocas de esa edad y más antiguas de la región que van a formar la Precordillera y Cordillera Frontal del oeste argentino. A continuación, sigue un período de silencio tectónico, o Intervalo Cuyano (González, 1989, 1991), que abarca el límite Devónico-Carbonífero. Durante el Carbonífero inferior, con la fase Jagüélica se inicia la reactivación tectónica de una faja de terrenos ubicados meridionalmente al oeste de la recién formada Protoprecordillera (Amos y Rolleri, 1965), dando comienzo al hundimiento y formación de la Cuenca Uspallata-Iglesia. En ella se encuentra un amplio registro estratigráfico que comprende desde el Carbonífero inferior hasta el Pérmico inferior, período durante gran parte del cual ocurrió la Edad de Hielo del Paleozoico Superior (LPIA, por sus siglas en Inglés). La distribución y edad de estas rocas sugiere un comportamiento “basculante” de la cuenca en el transcurso de su existencia, ocasionado por el hundimiento progresivo hacia el sur del basamento pre-Carbonífero que permitió el avance del mar interior en esa dirección.

En el Carbonífero inferior, una lengua de mar se introduce desde la región de Antofagasta al norte de Chile (Formación Zorritas), hacia el sur inundando la Subcuenca de Río Blanco hasta la latitud de Jáchal (González, 1994) (formaciones Agua de Lucho y Malimán; fauna de *Protocanites-Azurduya*). En el Carbonífero medio, la subsidencia progresa al sur de Jáchal y el mar interior avanza hasta el norte de Mendoza, constituyendo la Subcuenca de Barreal, al tiempo que se desarrolla el primer período glacial de la Edad de Hielo del Paleozoico Superior, (formaciones Cerro Tres Cóndores, Cortaderas, Las Juntas, La Capilla, San Eduardo, Majaditas, Leoncito, Ansilta y Yalguaraz; faunas de *Rugosochonetes-Bulahdelia* y *Levipustula levis*). En el Carbonífero superior sobreviene un notable cambio climático debido a un calentamiento global que se prolonga hasta fines del período, durante el cual alternan condiciones marinas y continentales en las Subcuencas de Río Blanco y Barreal (formaciones Río del Peñón, Pituil y Cerro Agua Negra; faunas de *Balakhonia-Maemia* y *Tivertonia-Streptorhynchus*, flora de *Nothorhacopteris-Bothychiopsis-Ginkgophyllum*). Al final del Carbonífero comienza el hundimiento del extremo sur de la cuenca, lo que da origen a la Subcuenca Uspallata; ésta se inicia con la gran inundación del mar de *Tivertonia-Streptorhynchus* y *Myonia aparicioi*, y continúa en activa subsidencia durante el Pérmico inferior con la ingesión del mar de *Costatumulus amosi* desde el “Pacífico” (ver más adelante).

BIOESTRATIGRAFÍA DEL PALEOZOICO SUPERIOR

Las cuencas de Uspallata-Iglesia y Languiño-Genoa en la Patagonia, contiene el registro más completo conocido del Carbonífero y parte del Pérmico inferior del borde sud-occidental de Gondwana, lo que las distingue como los lugares obligados para el estudio de las glaciaciones de ese período. Durante la mayor parte de la LPIA, el extremo endemismo faunístico de Gondwana obstaculiza la correlación con los pa-

trones cronoestratigráficos establecidos en el hemisferio norte, lo que hace necesario usar como referencia unidades regionales, como fuera propuesto por Heckel (2001) y González (2005). Siguiendo ese criterio, en el extremo sudoeste de Gondwana esas unidades regionales están fundamentadas en asociaciones faunísticas locales, las cuales demarcan los pisos Malimaniano, Barrealiano, Aguanegriano y Uspallatiano (González y Díaz Saravia, 2022) (Tabla 1). De acuerdo con este ordenamiento, las formaciones Santa Elena y Agua del Jagüel abarcan el lapso comprendido entre la parte más joven del Aguanegriano y la más antigua del Uspallatiano, por lo que nos extenderemos sobre los mismos. El Piso Aguanegriano tiene como perfil tipo la Formación Cerro Agua Negra, en la quebrada del arroyo del mismo nombre de la cordillera de Colangüil, en la provincia de San Juan, donde alcanza los 3.000 m de espesor. Este fue un prolongado período de calentamiento global que se interpone entre las glaciaciones del Carbonífero medio (Barrealiano) y las del Pérmico inferior (Uspallatiano), durante el cual se restableció transitoriamente la vinculación de esta parte del margen occidental de Gondwana con la faja Paleoequatorial (González y Díaz Saravia, 2010). En un principio, debido al escaso conocimiento de las faunas de este período, se las agrupó con la denominación informal de “fauna Intermedia” (González, 1985), por ubicarse entre las más conocidas del Carbonífero medio y del Pérmico inferior. Trabajos posteriores permitieron confirmar que esta “fauna Intermedia” está integrada por las biozonas de *Balakhonia-Maemia* (Taboada, 1987), *Tivertonia-Streptorhynchus* (Sabattini *et al.*, 1990) y *Myonia aparicioi* (Díaz Saravia y González, 2020), en orden de antigüedad decreciente. La fauna de *Tivertonia-Streptorhynchus* se extendió por toda la Cuenca Uspallata-Iglesia durante la gran inundación del Carbonífero superior; sin embargo, estos braquiópodos no se encuentran en todas las localidades fosilíferas; en cambio los bivalvos *Oriocrassatella sanjuanina* (González, 1982) y *Ptychopteria liagraciellae* (Leanza), (González, 1997), son útiles como guías donde aquéllos están ausentes. La Biozona de *Myonia aparicioi*, solo presente en el Miembro Jarillal de la Formación Santa Elena, constituye el techo de la de *Tivertonia-Streptorhynchus* y el límite superior del Carbonífero en esta región. El Piso Uspallatiano es demarcado por la Biozona de *Costatumulus amosi*, cuya base se encuentra en la base del Miembro Tramojo de la Formación Santa Elena, en la localidad del Anfiteatro o Cerro de Siete Colores; pero el desarrollo más completo de esta biozona, y del Uspallatiano, se encuentra en la Cuenca Languiño-Genoa de la Patagonia central. La aparición de la fauna de *Costatumulus amosi* está asociada a las primeras fases de la glaciación del Pérmico inferior. En la Formación Santa Elena, en la localidad del Anfiteatro o Cerro de Siete Colores (Figura 2), las biozonas de *Myonia aparicioi* y de *Costatumulus amosi*, se encuentran en continuidad estructural separadas por escasas decenas de metros de espesor estratigráfico en el cual se encuentra el límite Carbonífero-Pérmico.

En la Patagonia central, el límite sistémico es también transicional y se encuentra por arriba del nivel con *Merismopteria salinensis*, que es el equivalente “frío” de *Myonia aparicioi*, en la parte superior del Miembro LS-9 de la Formación Las Salinas. En la Formación Pampa de Tepuel, el límite se encuentra en la Cresta de los Bosques de la sierra de Tepuel, pero en esta localidad está obscurecido por fallas y la intrusión de diabasa. Estas son las únicas secuencias en Gondwana donde se presenta expuesto

el límite Carbonífero-Pérmico, pero más claramente en la Formación Santa Elena. A modo comparativo, en el este de Australia el Pennsylvánico superior es mayormente regresivo y existe una importante discontinuidad estratigráfica que comprende el límite Carbonífero-Pérmico (Roberts *et al.*, 1995).

FORMACIONES SANTA ELENA Y AGUA DEL JAGÜEL

Los primeros estudios de las rocas del Paleozoico Superior que afloran al este de Uspallata fueron realizados por Keidel (1939), quien distinguió en ellas dos conjuntos diferentes a los que denominó “Series” de Tramojo y Jarillal. Más tarde, siguen los estudios de detalle realizados por Rodríguez (1966) y luego De Römer (tesis inédita 1966, en Polanski, 1970) en el perfil de la quebrada de Santa Elena (según Rodríguez, 1966, ésta sería la quebrada de Uspallata y la quebrada de Santa Elena sería la quebrada del telégrafo). Posteriormente, Yrigoyen (1967) introduce el nombre de Formación Santa Elena para estas rocas, con lo que Jarillal y Tramojo pasan a ser miembros. Cortés *et al.* (1997) denominan Formación El Choique a un parche aislado de rocas glaciales, previamente descritas por De Römer (1964), y más tarde Freije (2001, 2004) describe secciones parciales aflorantes en distintas localidades. En cuanto al contenido paleontológico, Keidel (1939) menciona la presencia de fósiles marinos y flora. Dessanti y Rossi (1950) y Archangelsky y Lech (1987) dan a conocer la presencia de *Cancrinella farleyensis* (= *Costatumulus amosi*), a la vez que Archangelsky y Archangelsky (1987) reportan la presencia de la flora de *Nothorhacopteris-Botrychiopsis-Ginkgophyllum* (NBG). De la Formación Agua del Jagüel, González (1982) describe algunos bivalvos, y Lech (1986) la especie *Septosyringothyris jaguelensis*. Díaz Saravia y González (2020) dan a conocer una nueva fauna del Carbonífero superior y proponen la ubicación del estrato tipo del límite Carbonífero-Pérmico en el perfil del Anfiteatro, o Cerro Siete Colores. Harrington (1971, enmendado por Amos y Roller, 1965) denominan Formación Agua del Jagüel a los afloramientos de esta secuencia ubicados en Paramillos norte. Cabe aquí aclarar que, en realidad, la Formación Agua del Jagüel estaría en sinonimia con la Formación Santa Elena, de la que es la prolongación norte, pero de acuerdo con el Código Argentino de Estratigrafía (1992) ambos nombres deben ser mantenidos.

Los miembros Jarillal y Tramojo se distinguen por sus características litológicas y contenido paleontológico. El Miembro Jarillal consiste en una alternancia de areniscas finas y medianas con bancos de sedimentitas finas, en los que Keidel (1939) menciona la existencia de invertebrados fósiles indeterminados cerca del contacto tectónico con la Formación Farallones del Grupo Bonilla. El lugar se conoce como “el Chiflón”, donde se bifurca el camino a la mina La Mendocina (Figura 2). Allí las rocas del Miembro Jarillal a ambos lados de la quebrada contienen la fauna de *Tivertonia-Streptorhynchus*, más *Oriocrassatella sanjuanina* y *Ptychopteria liagraciellae*. En esta localidad la Biozona de *Tivertonia-Streptorhynchus* alcanza los 100 metros de espesor con tres niveles fosilíferos, y su límite superior es el nivel inferior de la Biozona de *Myonia aparicioi*. En tanto el nivel más joven de la Biozona de *Myonia aparicioi*, que marca el límite superior del Carbonífero, aflora en la localidad del

Anfiteatro, o Cerro de Siete Colores, al oeste del contacto por falla con la Formación Portezuelo del Cenizo del Grupo Choiyoi. Existen además en estos afloramientos del Miembro Jarillal, intercalaciones de bancos continentales con la flora de *Nothorhacopteris-Botrychiopsis-Ginkgophyllum*, o flora NBG (Rodríguez, 1966; Archangelsky y Archangelsky, 1987) y suelos de vegetación (Díaz Saravia y González, 2020). En Paramillos norte (Formación Agua del Jagüel) se encuentra la base de la secuencia; allí, el Miembro Jarillal se apoya mediante conglomerado basal en discordancia sobre el basamento pre-Carbonífero (Harrington, 1971) sobre los que siguen bancos marinos con la fauna de *Tivertonia-Streptorhynchus* (Lech, 2002) y continentales con flora NBG y suelo de vegetación. Ésta sección inferior de la Formación Agua del Jagüel fue erróneamente atribuida por Limarino *et al.* (2013) al Pérmico inferior, quienes la interpretan como una unidad distinta a la que denominan Formación Cordón de Jagüel. Hacia el oeste, una zona de falla separa esta sección del Miembro Jarillal de los depósitos glaciales asociados con *Costatumulus amosi* del Miembro Tramojo y más al oeste se repite, también por fractura, el Miembro Jarillal con fauna de *Tivertonia-Streptorhynchus* más *Oriocrassatella sanjuanina* y *Ptychopteria liagraciellae*, que al igual que en la quebrada de Santa Elena, se encuentra plegado. La asignación de la fauna de *Tivertonia-Streptorhynchus* al Pennsylvánico medio (Aguanegriano) ha sido corroborada por dataciones radimétricas (Lech, 2002; Gulbranson *et al.*, 2010).

El Miembro Tramojo está formado por bancos de areniscas finas a medianas y en su parte inferior pelitas grises marinas con *Costatumulus amosi*; contiene además un espeso conjunto de rocas glaciógenas, cuya vinculación con los niveles con fauna de *Costatumulus amosi* está mejor expuesta en Paramillos sur, en los afloramientos del cerro La Cantera (Figura 3). Algunos autores (e. g. Henry *et al.*, 2008; Martínez *et al.*, 2001; Lindsey *et al.*, 2010; Limarino *et al.*, 2013; López Gamundi *et al.*, 2021) asignan erróneamente esta glaciación al Carbonífero medio, equiparándola con la Formación San Eduardo de la sierra de Barreal, sin advertir que esta última está íntimamente asociada con la Biozona de *Levipustula levis*, fósil éste inexistente en las formaciones Santa Elena y Agua del Jagüel, cuyos niveles inferiores, o más antiguos (Miembro Jarillal) contienen, como ya mencionamos, las faunas de *Tivertonia-Streptorhynchus* y *Myonia aparicioi* del Carbonífero superior (Aguanegriano). No existen rocas glaciógenas en el Miembro Jarillal, como ya fuera consignado por Rodríguez (1966). De Römer (1964) indica la existencia de un conjunto de rocas glaciales, que afloran como un parche aislado entre las metamorfitas pre-Carboníferas del Grupo Farallones, en los alrededores de la mina El Choique (Figura 2). Estas rocas pertenecen al Miembro Tramojo y fueron erróneamente asignadas al Carbonífero por Cortés *et al.* (1997). Estos acontecimientos tienen su equivalente en la Patagonia central, aunque con algunas diferencias ocasionadas por su posición latitudinal más próxima al paleopolo. Allí, el Miembro Tramojo es correlacionable con la sección del Grupo Tepuel que comprende el miembro glacial superior de la Formación Pampa de Tepuel más la parte inferior de la Formación Mojón de Hierro. Esta sección está bien expuesta en la ladera oriental de la sierra de Tepuel, donde la Biozona de *Costatumulus amosi* adquiere su mayor extensión en la Formación Mojón de Hierro, que se continúa a través del Valle de Tres Lagunas. Los depósitos glaciales del Miembro Tramojo en la Subcuenca Uspallata y los de la parte superior de la Formación Pampa de Tepuel

en la Cuenca Languiño-Genoa, corresponden a las fases iniciales de la glaciación del Pérmico inferior y pertenecen al Uspallatiano, siendo probablemente equiparables a las rocas glacimarinas de las Montañas Transantárticas y Glaciar Darwin de la Antártida, descritas por Isbell *et al.* (2008).

En Paramillos norte, al sudoeste de la quebrada Agua del Jagüel (Figura 3, 5), aflora un complejo volcánico sin contacto visible con la Formación Agua del Jagüel, al que Koukharsky *et al.* (2009) ubican en la parte superior de ésta. Sin embargo, Díaz Saravia y González (2020) equiparan estas rocas con la Formación Punta del Agua, que en la Subcuenca de Río Blanco subyace a la Formación Río del Peñón. Ambas manifestaciones pertenecen, evidentemente, a un mismo acontecimiento volcánico de carácter regional, aparentemente restringido a la Cuenca Uspallata-Iglesia. La ubicación de este complejo volcánico, aislado de los afloramientos de la Formación Agua del Jagüel, es otro resultado de la complejidad estructural que afecta a estas rocas del Paleozoico superior de la Subcuenca Uspallata.

INTERPRETACIÓN ESTRUCTURAL

Si bien no es posible conocer con exactitud el espesor de las formaciones Santa Elena y Agua del Jagüel, éstas constituyen una columna sedimentaria que estimamos sobrepasaría ampliamente los 1.000 metros de espesor. Estas rocas, se encuentran fuertemente dislocadas en bloques imbricados separados por un complejo sistema de fallas de alto ángulo que recuerda las cartas mezcladas de un mazo de naipes (Figura 4). En la quebrada de Uspallata, se observa que esta complicada estructura es el resultado de movimientos compresivos entre las metamorfitas del Paleozoico más antiguo del Conjunto de Farellones y el Grupo Bonilla al este y la Formación Puntilla de Uspallata al oeste (Figura 2). Al norte, en la zona de Paramillos, la Formación Agua del Jagüel presenta las mismas características estructurales (Figura 3).

Keidel (1939) interpretó esta estructura como producida por grandes corrimientos y distinguió en la secuencia dos partes distintas a las que denominó “Series” de Tramojo y Jarillal, en orden de menor antigüedad, ordenamiento luego seguido por De Römer (1964, 1966 en Polanski, 1970). Rodríguez (1966) aparentemente siguió el mismo criterio y describe por separado las secciones incluidas en cada uno de los bloques limitados por fallas, asignando todo el conjunto al Carbonífero superior. Más tarde, el contenido paleontológico demostró que Jarillal es más antiguo que Tramojo. Dessanti y Rossi (1950), Rodríguez (1966) y Martínez *et al.* (2001), se refieren al bloque que contiene las rocas glacígenas como una cuña tectónica, lo que se aprecia más claramente en los afloramientos de Paramillos norte, en la Formación Agua del Jagüel (Figura 3, 4). En cuanto a la relación estructural entre los miembros Jarillal y Tramojo, según Rodríguez (1966) es de discordancia, mientras que para De Römer (en Polanski, 1970) el contacto entre esas unidades es tectónico. Cortés *et al.* (1997) señalan que Jarillal está limitado por fallas con techo y base, lo que se aprecia en la quebrada de Santa Elena en la zona de El Chiflón (Figura 2), donde ese miembro se encuentra sobrecorrido sobre las rocas del Grupo Bonilla (Figuras 2 y 4). Sin embargo, la verdadera relación estructural de la base del Miembro Jarillal se encuentra

Subsystem (*)	International Stages (*) (+)	Regional Stages	Biozones	Uspallata - Iglesia Basin																		
				Southern region Uspallata Subbasin				Central region Barreal Subbasin				Northern region Río Blanco Subbasin										
Lower Cisuralian	early Sakmarian (Tastubian)	Bonetian	<i>Eurydesma</i>																			
	Asselian	Uspallatian	<i>Costatumulus amosis</i>																			
Late Carboniferous (Pennsylvanian)	Gzhelian	Aguanegrian	<i>Myonia aparicioi</i>																			
	Kasimovian		<i>Tivertonia - Streptorhynchus</i>																			
	Moscovian		<i>Balakhonia - Maemia</i>																			
Early Carboniferous (Mississippian)	Bashkirian	Barrealian	<i>Levipustula levis</i>																			
	Serpukhovian		<i>Rugosochonetes - Bulahdelia</i>																			
	Visean		?																			
	Tournaisian	Malimanian	<i>Michiganites - Azurduya</i>																			

Tabla 1. Cuadro de correlación de unidades estratigráficas más representativas del Carbonífero y Pérmico inferior de la Cuenca Uspallata-Iglesia según las biozonas de invertebrados; (°): Unidades (Pisos) de la Carta Cronoestratigráfica Internacional; (*): Pisos regionales según González y Díaz Saravia (2022). No a escala. Triángulos negros representan fases glaciales.

claramente expuesta al norte de la quebrada Agua del Jagüel, donde el Miembro Jarillal se apoya mediante conglomerado basal en discordancia sobre la Formación Villavicencio (Figura 3, 1-2), tal como lo describe Harrington (1971). Por otro lado, el Miembro Jarillal se encuentra plegado en anticlinal, como se observa en la zona de El Chiflón de la quebrada Santa Elena y en la zona central de la quebrada de Agua del Jagüel. En cambio, no es posible observar la existencia de plegamiento en las secciones expuestas del Miembro Tramojo, lo que fuera atribuido por Polansky (1970) a la existencia movimientos carbonífero-pérmicos. Actualmente, el único lugar donde puede observarse la relación estructural entre las rocas de esas edades es en la zona del Anfiteatro, o Cerro Siete Colores de la quebrada de Santa Elena, en el bloque situado inmediatamente al oeste del contacto por falla con las tobas de la Formación Portezuelo del Cenizo (Figura 2). En este bloque, se repite una delgada sección de la parte más joven del Miembro Jarillal que contiene un banco con flora NBG y suelo de vegetación, cubierto por un banco marino con los niveles más jóvenes de la Biozona de *Myonia aparicioi*. Estos estratos se encuentran por debajo de las pelitas marinas con *Costatumulus amosi* del Miembro Tramojo, separados por un paquete de areniscas de pocas decenas de metros de espesor que atribuimos a movimientos eustáticos;

todo en palmaria continuidad estructural (Díaz Saravia y González, 2020). En este perfil no puede apreciarse el plegamiento del Miembro Jarillal debido a la delgada sección expuesta, pero tampoco en el suprayacente segmento del Miembro Tramojo, lo que podría estar enmascarado por el intenso fallamiento. Resulta admisible que, como respuesta a la intensa compresión a que fuera sometida esta secuencia, las rocas más plásticas de su parte inferior (Miembro Jarillal) hayan sido plegadas por arrastre contra el basamento; no así, o en menor grado, las de su parte superior (Miembro Tramojo). No existe en otras áreas de la Cuenca Uspallata–Iglesia un perfil como el del Anfiteatro que pudiera aportar mayor información sobre la existencia, o no, de movimientos en el límite Carbonífero–Pérmico. Otras formaciones del Carbonífero superior (Aguanegriano), como las formaciones Río del Peñón y Cerro Agua Negra, no subyacen a rocas de edad pérmica. Como se expresa más arriba, en la Patagonia central las rocas del Grupo Tepuel son depósitos de plataforma no plegados, que presentan continuidad en el límite Carbonífero–Pérmico. Esto se aprecia más claramente en el sector norte de la Cuenca Languiño–Genoa, donde el límite sistémico se ubica en la parte superior del miembro LS-9 de la Formación Las Salinas (González, 1972), pocos metros por arriba del nivel con *Merismopteria salinensis*, fósil éste que es el equivalente “frío” de *Myonia aparicioi*.

Cabe mencionar que las rocas devónicas que constituyen el basamento pre-Carbonífero, tanto en la Precordillera como en la Cordillera Frontal del oeste de Argentina, presentan las mismas características y estilo tectónico. Estas características actualizan la observación de Furque (1962), quien sugirió que esas dos regiones deberían ser consideradas solamente por sus condiciones fisiográficas, es decir como unidades orográficas y no como dos unidades morfo-estructurales distintas.

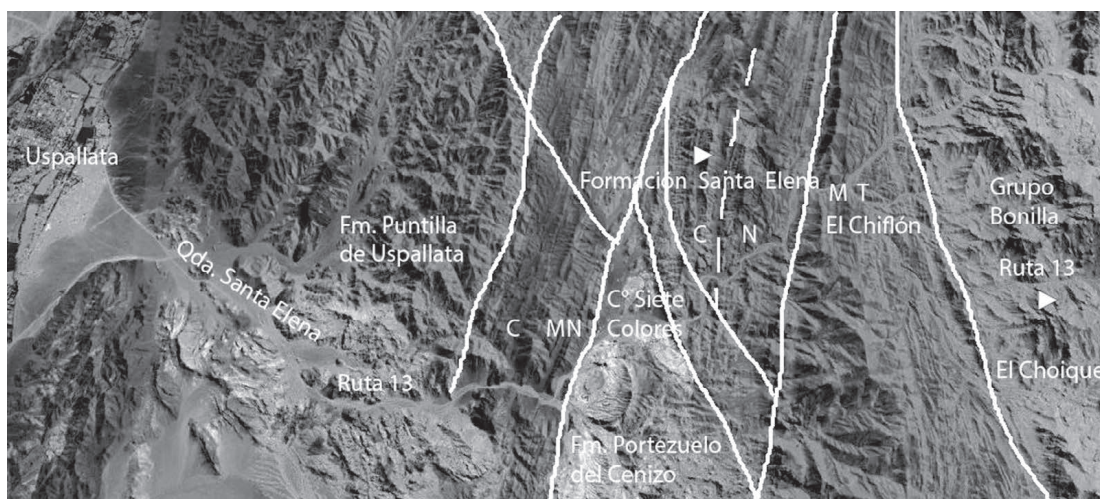


Figura 2. Mapa de Google Earth de la quebrada de Santa Elena en la sierra de Uspallata mostrando las localidades citadas en el texto. Líneas blancas indican fallas principales; N: flora *NBG*; T: fauna de *Tivertonia–Streptorhynchus*; M: fauna de *Myonia aparicioi*; C: fauna de *Costatumulus amosi*; triángulos blancos: rocas glaciales.



Figura 3. Mapa de Google Earth de la región de Paramillos de Uspallata. Líneas blancas indican fallas principales; 1: Formación Villavicencio; 2: Miembro Jarillal; 3: Miembro Tramojo con *Costatumulus amosi*; 4: Rocas glaciales del Miembro Tramojo; 5: complejo volcánico ¿Formación Punta del Agua?; 6: Grupo Tigre.

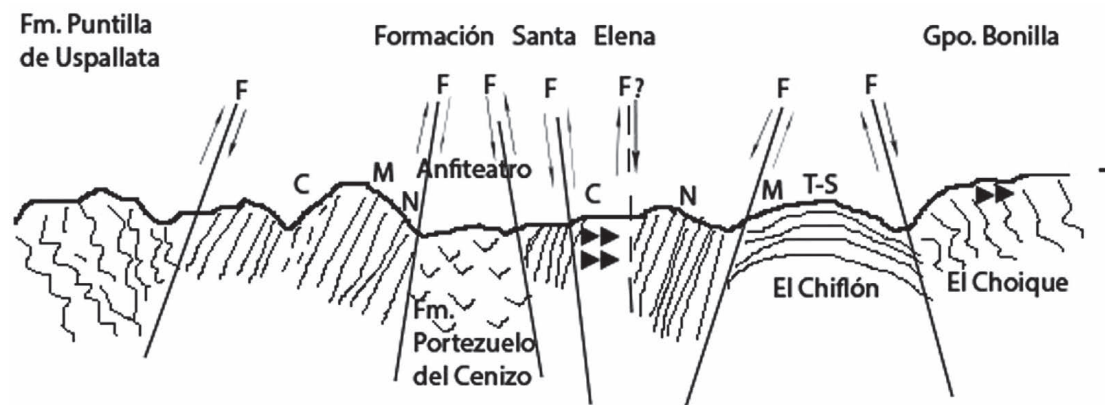


Figura 4. Corte esquemático este-oeste a lo largo de la quebrada de Santa Elena, al este de Uspallata, mostrando la estructura imbricada de bloques fallados de la Formación Santa Elena con la ubicación de niveles fosilíferos. F: falla principal; N: flora NBG; T-S: fauna de *Tivertonia-Streptorhynchus*; M: fauna de *Myonia aparicioi*; C: fauna de *Costatumulus amosi*; triángulos negros: rocas glaciales.

CONCLUSIONES

Durante el Paleozoico Superior, la Cuenca Uspallata-Iglesia del centro-oeste argentino, estuvo constituida en su comienzo por las Subcuencas de Río Blanco y Barreal; recién en el Carbonífero superior se incorpora la Subcuenca de Uspallata, con el avance hacia el sur del mar de *Tivertonia-Streptorhyncus*. Para este tiempo se produce el ascenso y depleción de las Subcuencas de Río Blanco y de Barreal, mientras la Subcuenca de Uspallata continuó en activa subsidencia durante el ingreso del mar de *Costatumulus amosi* desde el "Pacífico" y las primeras fases glaciales del Pérmico temprano. Esos acontecimientos están registrados en las formaciones Santa Elena y Agua del Jagüel en las que, entre las biozonas de *Myonia aparicioi* y *Costatumulus amos*, se encuentra definido el límite Carbonífero-Pérmico del margen sudoeste de Gondwana. En esta región, la deglaciación final de la LPIA comenzó mucho antes que en el resto de Gondwana. No hay evidencias claras de movimientos en el límite Carbonífero-Pérmico en la Cuenca Uspallata-Iglesia; el único lugar donde se presenta el límite sistémico es la localidad del Anfiteatro o Cerro Siete Colores de la quebrada de Santa Elena, donde existe continuidad estructural entre las rocas de esas edades de los miembros Jarillal y Tramojo. Es probable que el plegamiento de la parte inferior de la secuencia (Miembro Jarillal) haya sido producido por sobrecojamiento contra el basamento durante los movimientos Ándicos. Esto se aprecia en el contacto expuesto en la zona de El Chiflón, donde el Miembro Jarillal es biselado por falla contra el Grupo Bonilla (Figura 2).

AGRADECIMIENTOS

La Fundación Miguel Lillo proporcionó los fondos y movilidad para los trabajos de campo. Los autores agradecen a los revisores anónimos.

REFERENCIAS

- Amos, A.J. 1964. A review of the marine Carboniferous stratigraphy of Argentina. *Proceedings of the International Geological Congress, New Delhi*.
- Amos, A.J. 1972. Las Cuencas Carbónicas y Pérmicas de Argentina. *Anais da Academia brasileira de Ciências* 44 (Suplemento): 21-36.
- Amos, A.J. y Roller, E.O. 1965. El Carbónico marino en el Valle Calingasta-Uspallata (San Juan-Mendoza). *Boletín de Informaciones Petroleras* 368: 50-72.
- Archangelsky, A. y Archangelsky, S. 1987. Tafoflora de la Formación Tramojo, Paleozoico Tardío, en la region de Uspallata, provincia de Mendoza, República Argentina. *Ameghiniana* 24 (3-4): 251-256.
- Archangelsky, S., y Lech, R. 1987. Presencia de *Cancrinella* aff. *farleyensis* Eth. y Dunn (Brachiopoda) en las capas plegadas de la Serie Tramojo, en el Pérmico Inferior de la Precordillera de Mendoza. *Primeras Jornadas Geológicas de la Precordillera, San Juan, 1985*, 1: 187-191.
- Código Argentino de Estratigrafía. 1992. *Asociación Geológica Argentina. Serie "B" (Didáctica y Complementaria)* 20: 1-64.

- Cortés, J.M., González Bonorino, G., Koukharsky, M., Pereyra, F.X. y Brodkorb, A. 1997. *Hoja Geológica 3369-09 Uspallata, provincia de Mendoza*. Servicio Geológico Minero Argentino. Buenos Aires.
- De Römer, H.S. 1964. Sobre la geología de la zona de “El Choique”, entre el Cordón de los Farallones y el Cordón de Bonilla, Quebrada de Santa Elena, Uspallata (Provincia de Mendoza). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 19 (1):9-18.
- De Römer, H.S. 1966. *Geology of the western Precordillera in the area of Uspallata, prov. of Mendoza*. Tesis Doctoral inédita. Universidad de Buenos Aires.
- Dessanti, R.N. y Rossi, J.J. 1950. Nuevos hallazgos de fósiles Carboníferos en la Quebrada de Uspallata. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 5(3): 149-158.
- Díaz Saravia, P. and González, C.R. 2020. New Pennsylvanian Bivalvia (Mollusca), the Early Permian glaciation and the Carboniferous-Permian boundary in western Argentina. *Paläontologische Zeitschrift* 94 (4): 675-695. DOI: 10.1007/s12542-020-00517-8.
- Freije, R.H. 2001. Estudio estratigráfico secuencial de la Serie de Jarillal (Carbónico Superior-Pérmico Inferior), quebrada de Santa Elena, Precordillera de Mendoza, Argentina. *II Simposio Argentino del Paleozoico Superior, Trelew*.
- Freije, R.H. 2004. *Estudio estratigráfico de las unidades neopaleozoicas de la Precordillera mendocina, Argentina*. Tesis Doctoral inédita. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.
- Furque, G. 1962. Perfil geológico de la Cordillera de Olivares, Iglesia, San Juan. *Primeras Jornadas Geológicas Argentinas, Anales* 2: 79-88.
- Furque, G. 1963. Descripción Geológica de la Hoja 17b, Guandacol, provincia de La Rioja-provincia de San Juan. *Servicio Geológico Nacional, Boletín* 92: 1-104.
- Furque, G. 1972. Precordillera de La Rioja, San Juan y Mendoza. En A. Leanza (Ed.), *Geología Regional Argentina*, pp. 237-282.
- Furque, G. 1979. Descripción Geológica de la Hoja 18c, Jachal, provincia de San Juan. *Servicio Geológico Nacional, Boletín* 164: 1-79.
- González, C.R. 1972. La Formación Las Salinas, Paleozoico superior de Chubut (República Argentina). Parte I. Estratigrafía, facies y ambientes de sedimentación. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 27 (1): 95-115.
- González, C.R. 1982. Bivalvos de la Formación Agua Del Jagüel, Pérmico inferior de Mendoza (Argentina). *Ameghiniana* 19 (3-4): 367-376.
- González, C.R. 1985. Esquema bioestratigráfico del Paleozoico superior marino de la Cuenca Uspallata-Iglesia, República Argentina. *Acta Geológica Lilloana* 16 (2): 231-244.
- González, C.R. 1989. A paleontological approach to the chronology of the Carboniferous diastrophism in western Argentina. *28th International Geologic Congress* 1: 565.
- González, C.R. 1991. Biocronología del diastrofismo neopaleozoico en el oeste de la Argentina. *Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Anales* 41: 179-191.
- González, C.R. 1994. Early Carboniferous Bivalvia from western Argentina. *Alcheringa* 18: 169-185.

- González, C.R. 1997. Late Carboniferous Bivalvia from western Argentina. *Geologica et Palaontologica* 31: 193-214.
- González, C.R. 2005. Are regional stages necessary? *IUGS SCCS Newsletter on Carboniferous Stratigraphy* 23: 16-17.
- González, C.R. and Díaz Saravia, P. 2010. Bimodal character of the Late Paleozoic glaciations in Argentina and bipolarity of the glaciations. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 298: 101-111. DOI 10.1016/j.palaeo.2010.06.011.
- González, C.R. and Díaz Saravia, P. 2022. Proposed chronostratigraphic units for the Carboniferous and Early Permian Systems of the southwestern Gondwana margin. En Lucas, S.G, Schneider, J-W., Wang, X. and Nikolaeva, S. (Eds.). *The Carboniferous Timescale*. Geological Society of London Special Publication 512: 119-139. <https://doi.org/10.1144/SP512-2020-48>
- Gulbranson, E.L., Montanez, I.P., Schmitz, M.D., Limarino, C.O., Isbell, J.L., Marenssi, S.A. and Crowley, J.L. 2010. High-precision U-Pb calibration of Carboniferous glaciation and climate history, Paganzo Group, NW Argentina. *Geological Society of America, Bulletin* 122: 1480-1498.
- Harrington, H.J. 1971. Descripción geológica de la Hoja 22c "Ramblón", provincias de Mendoza y San Juan. *Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín* 114: 1-81.
- Heckel, P.H. 2001. New proposal for series and stage subdivision of the Carboniferous System. *Newsletter on Carboniferous Stratigraphy* 19: 12-14.
- Henry, L.C., Isbell, J.L. and Limarino, C.O. 2008. Carboniferous glacial deposits of the Protoprecordillera of west central Argentina. En Fielding, C.R., Frank, T.D. and Isbell, J.L. (Eds.). "Resolving" the Late Paleozoic Ice Age in Time and Space. Geological Society of America Special Paper 441: 131-142.
- Isbell, J.L., Koch, Z.J., Szablewski, G.M. and Lenaker, P.A. 2008. Permian glacial deposits in the Transantarctic Mountains, Antarctica. *The Geological Society of America, Special Paper* 441: 59-70.
- Keidel, J. 1921a. Observaciones geológicas en la Precordillera de San Juan y Mendoza. *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación, Sección Geología, Mineralogía y Minería* 15 (2): 1-102.
- Keidel, J. 1921b. Sobre la distribución de los depósitos glaciares del Pérmico conocidos en la Argentina y su significación para la estratigrafía de la serie de Gondwana y la paleogeografía del hemisferio austral. *Academia Nacional de Ciencias, Boletín* 25: 239-368. Córdoba.
- Keidel, J. 1939. Las estructuras de corrimientos paleozoicos de la sierra de Uspallata (provincia de Mendoza). *Physis* 14: 1-96.
- Keidel, J. 1940. Paleozoic glaciation in South America. *8th American Scientific Congress, Geological Sciences, Proceedings* 4: 89-108.
- Keidel, J. and Harrington, H.J. 1938. On the discovery of Lower Carboniferous tillites in the Precordillera of San Juan, western Argentina. *Geological Magazine* 75: 103-129.
- Koukharsky, M., Kleiman, L., Etcheverría, M., Quenardelle, S. and Bercowski, F. 2009. Upper Carboniferous retroarc volcanism with submarine and subaerial

- facies at the western Gondwana margin of Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 27 (4): 299-308.
- Lech, R.R. 1986. *Septosyringothyris jaguelensis* sp. nov. (Brachiopoda) del Pérmico Inferior de Mendoza, Argentina. *Ameghiniana* 23 (1-2): 57-60.
- Lech, R.R. 2002. Consideraciones sobre la edad de la Formación Agua del Jagüel (Carbonífero Superior), provincia de Mendoza, Argentina. *XV Congreso Geológico Argentino* 31: 142-146.
- Limarino, C.O., Isbell, J.L., Ciccioli, P.L. y Taboada, A.C. 2013. La secuencia neopaleozoica de la quebrada de Agua del Jagüel (Precordillera de Mendoza): edad y redefinición estratigráfica. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 70 (2): 229-237. Disponible en <https://revista.geologica.org.ar/raga/article/view/472>
- Lindsey C.H., Isbell, J.L., Limarino, C.O., McHenry, L.J. and Fraiser, M.L. 2010. Mid-Carboniferous deglaciation of the Protoprecordillera, Argentina recorded in the Agua de Jagüel palaeovalley. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 298: 112-129
- López-Gamundí, O., Limarino, C.O., Isbell, J.L., Pauls, K., Césari, S.N. and Alonso-Muruaga, P.J. 2021. The late Paleozoic Ice Age along the southwestern margin of Gondwana: facies models, age constraints, correlation and sequence stratigraphic framework. *Journal of South American Earth Sciences* 107: 1-34.
- Martínez, M., Cisterna, G. y Sterren, A. 2001. La Formación Agua del Jagüel (Cuenca Calingasta-Uspallata): reconsideraciones estratigráficas y bioestratigráficas. *II Simposio Argentino del Paleozoico Superior*.
- Polanski, J. 1970. *Carbónico y Pérmico de la Argentina*. EUDEBA.
- Roberts, J., Claoue-Long, J., Jones, P.J. and Foster, C.B. 1995. SHRIMP zircon age control of Gondwanan sequences in Late Carboniferous and Early Permian Australia. In R.E. Dunay and E.A. Hailwood (Eds.). *Non-Biostratigraphical Methods of Dating and Correlation*. The Geological Society, Special Publication 89: 145-174. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP1995.089.01.08>
- Rodríguez, E.J. 1966. Contribución al conocimiento del Carbónico del extremo Suroccidental de la Precordillera. *II Jornadas Geológicas Argentinas, Actas 3. Acta Geológica Lilloana* 7: 303-331.
- Sabattini, N., Ottone, E.G. y Azcuy, C.L. 1990. La Zona de *Lissochonetes jachalensis* - *Streptorhynchus inaequiornatus* (Carbonífero Tardío) en la localidad de La Delfina, provincia de San Juan. *Ameghiniana* 27 (1-2): 75-81.
- Scalabrini Ortiz, J. 1973. El Carbónico de la Precordillera Argentina al norte del río Jáchal. *V Congreso Geológico Argentino, Actas 3*: 387-401.
- Taboada, A.C. 1987. Estratigrafía y contenido paleontológico de la Formación Agua del Jagüel, Pérmico inferior de la Precordillera mendocina. *1as. Jornadas Geológicas de la Precordillera, Actas 1*: 181-186.
- Turner, J.C.M. y Méndez, V. 1975. Geología del sector oriental de los departamentos de Santa Victoria e Iruya, provincia de Salta, República Argentina. *Academia Nacional de Ciencias, Boletín* 51 (1-2): 11-24. Córdoba.
- Yrigoyen, M. 1967. Geology of the Triassic Formation of northern Mendoza area. *I International Symposium on Gondwana Stratigraphy and Paleontology, Asociación Geológica Argentina, Guidebook 1*: 1-13.