

# El Paleozoico inferior y medio de la región de Los Colorados, borde occidental de la Cordillera Oriental (provincia de Jujuy)

Ricardo A. ASTINI<sup>1</sup>, Beatriz G. WAISFELD<sup>1</sup>, Blanca A. TORO<sup>2</sup>, y Juan L. BENEDETTO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CONICET, Cátedra de Estratigrafía y Geología Histórica, Universidad Nacional de Córdoba, Av. Vélez Sarsfield 299, 5000 Córdoba. E-mail: raastini@com.uncor.edu

<sup>2</sup>CONICET, IANIGLA, CRYCyT Mendoza.

**RESUMEN.** La estratigrafía de la región de Los Colorados, situada en el borde occidental de la Cordillera Oriental argentina, inicia con una sucesión de arenitas cuarzosas rosadas y limolitas varicolores cámbricas pertenecientes al Grupo Mesón, cubiertas por una sucesión predominantemente pelítica que abarca parte de los pisos tremadociano y arenigiano correspondientes al Grupo Santa Victoria. En la base del perfil, este último remata con ciclos progresivamente más arenosos de la Formación Acoite. Le siguen la Formación Alto del Cóndor (*nom. nov.*), la Formación Sepulturas (*emend.*) y el horizonte glacial de Zapla, las últimas dos unidades pertenecientes al Ordovícico Medio y Superior, respectivamente. A continuación, se ubica un primer horizonte ferrífero de menos de 1 metro de espesor seguido de la Formación Lipeón que, aunque de reducido espesor, abarcaría gran parte del Silúrico. Por encima se ubica un segundo nivel ferrífero (de hasta 4m de espesor) seguido de una unidad areno-limosa con restos de fauna siluro-devónica, comparable con la presente en la Formación Arroyo Colorado de las Sierras Subandinas o su equivalente, la Formación Baritú, de mejor registro en subsuelo. La estratigrafía paleozoica de la sección está truncada erosivamente por depósitos continentales rojos del Grupo Salta (Cretácico) desconociéndose el espesor eliminado por erosión. El registro estratigráfico relativamente completo preservado en esta región del oeste de la Cordillera Oriental argentina obliga a replantear algunos presupuestos clásicos sobre la existencia de altos topográficos estructurados a partir del Ordovícico Temprano. La continuidad del relleno habría sido interrumpida periódicamente por fluctuaciones relativas del nivel del mar, de signatura más posiblemente eustática que puramente tectónica, que serían responsables de la mayor parte de los límites entre unidades y delimitación de secuencias y supersecuencias. La única discontinuidad de probada génesis glaciueustática y tectónica es la discordancia oclóyica. El buen acceso y la excelente exposición de las unidades convierten a esta comarca en un área de observación obligada para el conocimiento del antepaís paleozoico temprano y medio de la Cordillera Oriental y en un marco de referencia para establecer correlaciones e interpretaciones regionales en el noroeste argentino.

**Palabras clave:** *Cordillera Oriental, Argentina, Estratigrafía, Paleozoico, Ordovícico*

**ABSTRACT.** *Early and middle Paleozoic of the Los Colorados Region in the western border of the Cordillera Oriental (Jujuy Province).* The stratigraphy of the region of Los Colorados along the western border of the Cordillera Oriental in northwest Argentina overlies Cambrian quartzous sandstones and siltstones of the Mesón Group covered by a thick shaly section of the Santa Victoria Group that embraces Tremadoc to Arenig ages. This unit, at the base of the section, shows progressively coarser beds toward the top in the Acoite Formation. The Alto del Cóndor Formation (*nov. nom.*), the Sepulturas Formation and the Zapla glacial horizon overlie it. The last two respectively assigned to the Middle and Late Ordovician. A first meter-scale iron-rich horizon follows concordantly covered by the Lipeón Formation, that although of reduced thickness would embrace a great deal of the Silurian. Above, a second iron-rich horizon (4 m thick) separates it from a purplish sandy-muddy unit with remains of Siluro-Devonian fauna comparable with that present in the Arroyo Colorado Formation in the subandean ranges and equivalent to the more widespread Baritú Formation in subsurface. The paleozoic stratigraphy in the area is erosively truncated by Cretaceous continental red beds of the Salta Group, for which the thickness stripped off by erosion is unknown. The relatively complete record in this area of the Cordillera Oriental allows rethinking some assumptions about the existence of topographic highs structured from the Early Ordovician onwards. Continuity of basin fill would have been periodically interrupted by relative sea-level fluctuation, most probably of eustatic origin, which would be responsible for the observed boundaries between most units as well as of sequence and supersequence boundaries. Nevertheless, the only discontinuity that has partly proved eustatic origin and partly tectonic is the Oclóyic unconformity. The good access and excellent exposition of the units described allow considering this area as an obligated locality for gaining knowledge on the development of the early-middle Paleozoic foreland in the Cordillera Oriental and a reference area concerning regional stratigraphic correlation in northwest Argentina.

**Key words:** *Cordillera Oriental, Argentina, Stratigraphy, Paleozoic, Ordovician*

## Introducción

Recientes trabajos de campo en el borde occidental de la Cordillera Oriental han permitido brindar mayores precisiones sobre la secuencia estratigráfica del Paleozoico temprano expuesta en esta región y discutir, sobre la base de nuevos elementos, la extensión y evolución de las cuencas sedimentarias del noroeste argentino.

El objetivo de este trabajo es documentar la presencia de unidades que abarcan prácticamente la totalidad del Paleozoico inferior y medio en la conocida comarca de Los Colorados en la Cordillera Oriental jujeña y brindar una discusión de su significado estratigráfico, basado en evidencias sedimentológicas y paleontológicas.

La comarca de Los Colorados se ubica a 27,5 km al oeste noroeste de Purmamarca, en los departamentos Tumbaya

y Humahuaca, provincia de Jujuy (Fig. 1). Las coordenadas del pueblo de Los Colorados son aproximadamente 23°33' S, 65°40' O y se encuentra a una altura promedio de 3550 ms.n. del mar. La geología de esta región forma parte del contrafuerte occidental de la Cordillera Oriental argentina (Turner 1972, Turner y Mon 1979, Amengual *et al.* 1979). Allí aflora una interesante columna paleozoica cubierta en discordancia regional erosiva por depósitos del Grupo Salta (Cretácico) en el flanco occidental (Fig. 2) de una gran estructura sinformal con rumbo nor-nordeste (Mon y Drozdowski 1999, Fig 3a; *cf.* Cladouhos *et al.* 1994). Varias quebradas con rumbo sur-sureste atraviesan el sinclinal cuyo núcleo, con relieve invertido, forma un cordón elevado con rumbo general norte (Fig. 2). Dentro de la columna paleozoica, se destacan el Cámbrico (Grupo Mesón) y el Ordovícico (Grupo Santa Victoria) por su mayor potencia. Sin embargo, en el área también se exponen rocas del paleozoico medio que son descriptas en este trabajo. La estructura sinformal previamente descripta posee extremos con doble inmersión por lo que puede clasificarse como un braquisinclinal. El alto de Lipán, situado entre la región de estudio y Purmamarca (Fig. 1), coincide en parte con el flanco este de la estructura donde la estratigrafía inclina en general hacia el oeste, mientras que la estratigrafía de la región de Los Colorados inclina al este con ángulos variables entre 30° y 70°. La variación en el buzamiento es producto de fallas menores paralelas a los flancos que generalmente no suprimen ni adicionan espesores estratigráficos considerables. Una excepción la constituye una estructura oblicua, de rumbo norte, que atraviesa el flanco occidental y sobrecorre niveles ordovícicos sobre estratos rojos eólicos del Subgrupo Pirgua (Fig. 2). Existen asimismo, fracturas transversales con evidente componente de rumbo que contribuyen a desplazar la estratigrafía del sinclinal y, en ocasiones, a través de su rumbo suprimen espesores estratigráficos considerables. Tal es el caso de la estructura levógira situada al sur de Tuxa (Fig. 2) que no sólo desplaza la estratigrafía de la comarca de Los Colorados hacia el oeste sino que trunca, hacia el sur de dicho lineamiento, la continuidad de gran parte de las unidades que se describen más adelante.

La sucesión expuesta en la región de Los Colorados constituye parte de los contrafuertes occidentales de la Cordillera Oriental en esta región. En este trabajo llamaremos comarca de Los Colorados a la región comprendida entre la quebrada de Chamarra al norte y el valle de Agua Blanca-Ronqui Angosto (sobre la ruta nacional 52) al sur (Figs. 1 y 2), siendo la localidad de Los Colorados la población más importante del área y, la quebrada homónima, una de las que expone la estratigrafía que analizaremos en capítulos subsiguientes. El acceso a dicha región puede hacerse a través de la ruta nacional 40, donde pasados 6 km al norte del cruce con la ruta nacional 52 se toma un camino secundario en buen estado hacia el este, que conduce directamente hasta el poblado de Los Colorados pasando por Carrizal. Otra variante, la más conocida, es a través de la ruta nacional 52 (ruta provincial 16) que une los poblados de Purmamarca y Susques. En el km 43, coincidente con la localidad de Agua Blanca, se toma un cami-

no enripiado con dirección norte, que conduce directamente hasta Los Colorados, situado a 13,5 km del cruce. Como localidad intermedia entre Agua Blanca y Los Colorados se destaca el poblado de Tuxa.

Es importante destacar que el perfil integrado de la comarca surge de un exhaustivo control de campo donde, la correlación propuesta puede ser comprobada desde un punto de vista sedimentológico y paleontológico, como así también, mediante la fotointerpretación. El Grupo Mesón y la Formación Santa Rosita no afloran en la zona de estudio, ambas unidades presentan buenas exposiciones sobre la ruta nacional 52 que constituye la prolongación sur de la comarca. Por esta razón, no son analizadas en detalle.

Entre los principales antecedentes estratigráficos y paleontológicos realizados en el área figuran, Harrington (1957), Benedetto y Malanca (1975), Salfity *et al.* (1984), Rao *et al.* (1991), Ottone *et al.* (1992), Astini y Waisfeld (1993), Astini (1994), Waisfeld (1995, 1997a y b, 2001), Waisfeld *et al.* (1999), Toro (1994, 1995, 1996, 1997, 2001), Sánchez (1995), Benedetto y Toro (1996), Benedetto (1998) y Moya y Monteros (1999).

## Descripción del perfil

### *Formación Acoite* (Turner 1960)

Constituye la unidad superior del Grupo Santa Victoria, nombre genérico con que se denomina al Ordovícico Inferior del noroeste argentino. La sección basal, aflorante en la quebrada de Agua Blanca (Fig. 1), expone como base visible a niveles de pelitas de color gris plomo a negro pertenecientes a la Formación Acoite, que informalmente reciben el nombre de miembro La Luna. Estas contienen graptofaunas incluidas en las Biozonas de *T. phyllograptoides* y *T. akzharensis*, características del Arenigiano basal (Toro 1994, 1997). En esta localidad, las pelitas se apoyan sobre un complejo arenoso portador de faunas Tremadocianas (Vaccari y Waisfeld, com. pers. 2002), mediando la discordancia descripta por Moya (1997) para el borde occidental de la Cordillera Oriental. La sección integrada para la región se continúa sobre la margen sur de la quebrada del río Los Colorados (Fig. 2) donde le siguen paquetes de coloración progresivamente más verdosa, entre los que gradualmente, se intercala una mayor proporción de areniscas (dentro de la Biozona de *B. deflexus*).

La sección de la Formación Acoite culmina con repeticiones cíclicas de potentes areniscas amarillentas laminadas ubicadas dentro de la Biozona de *D. bifidus* (Toro 1997, 1999). Este último tramo fue descripto y analizado por Astini y Waisfeld (1993) quienes reconocieron varios ciclos mayores grano-estratoecientes en un espesor de 2.300 metros. De base a techo los ciclos comienzan con pelitas laminadas e intercalaciones limolíticas depositadas en plataforma media por debajo del nivel de base de acción de las tormentas y el oleaje, y culminan con tramos más arenosos donde gradualmente se intercalan capas de tormenta, en ocasiones amalgamadas y con buena diver-

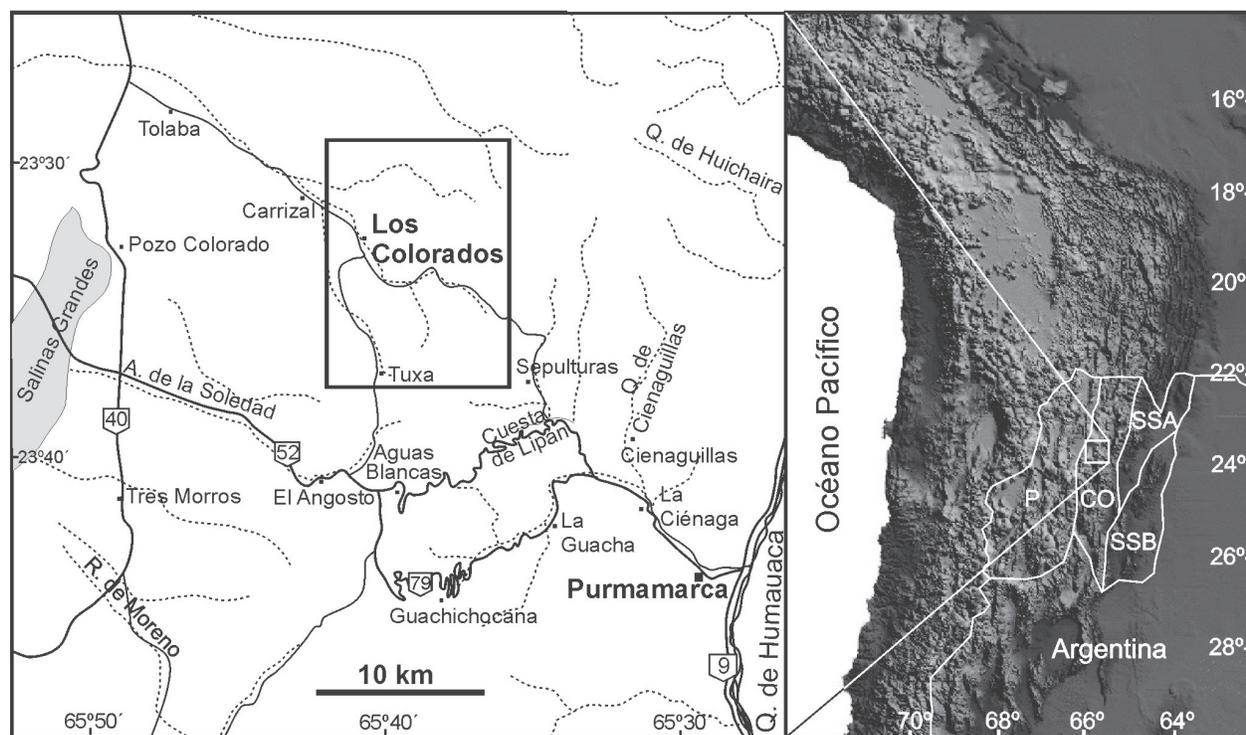


Figura 1: Ubicación de la región de estudio en el marco andino central y de las provincias geológicas del noroeste argentino.

sidad de fósiles. Los paquetes arenosos cuspidales han sido interpretados como depósitos de *shoreface* con dominio de actividad de tormentas y oleaje. Las concentraciones fosilíferas han permitido realizar análisis paleoecológicos y tafonómicos de detalle (Waisfeld 1995, Waisfeld *et al.* 1999, Astini y Waisfeld 1995). Dentro de estos intervalos es frecuente la excelente preservación de trazas del icnogénero *Cruziana* que aún no han sido estudiadas en detalle. La sucesión, en general, ha sido interpretada como una secuencia deltaica progradacional con fuerte influencia de oleaje y tormentas en donde los ciclos mayores serían producto de la construcción de diferentes complejos de lóbulos y barras de desembocadura (Astini y Waisfeld 1993). Éstos podrían reflejar la dinámica normal y autocíclica de avulsión y construcción de nuevos lóbulos, en un marco tectónico con subsidencia y aporte sedimentario constantes. Alternativamente, podrían haber resultado de repetidas fluctuaciones relativas del nivel del mar que obligaron al sistema deltaico a acomodarse a la imposición de nuevos niveles de base y diferente espacio de acomodación.

La ciclicidad interna, a escala del centenar de metros, es un atributo común en unidades del Grupo Santa Victoria (*e.g.* parte superior de la Formación Parcha), que se destaca particularmente en la Formación Acoite. Tanto en la sección aflorante sobre el río Los Colorados como en la quebrada de Chamarra se observa el apilamiento de estos ciclos progresivamente más arenosos hacia el tope.

*Consideraciones sobre la fauna bentónica y la edad:* El tercio superior de la Formación Acoite contiene una fauna

bentónica abundante que se desarrolla en un espectro relativamente amplio de zonas batimétricas. Los trilobites son el grupo dominante y están asociados a una serie de taxones comparativamente escasos y poco diversificados, representados por braquiópodos articulados e inarticulados, bivalvos, gastrópodos y crinoideos. Las primeras apariciones de fauna bentónica se registran en la mitad superior de la Biozona de *B. deflexus* en ambientes de plataforma externa proximal y están representadas por asociaciones dominadas exclusivamente por trilobites. Éstas incluyen una importante participación de olénidos y presentan características intermedias entre la Comunidad de Olénidos y la Comunidad de Rafiofóridos definidas por Fortey y Owens (1978) en el Arenigiano de Gales (Waisfeld 2001). Por encima de estas asociaciones y, desde ambientes distales a proximales, se desarrollan las biofacies de *Ampyx*, biofacies de *Famatinolithus* y biofacies de *Ogyginus* sp. 1-*Branisaspis* (Waisfeld 1995). Las primeras dos biofacies pueden correlacionarse con la comunidad de rafiofóridos definida por Fortey y Owens (1978) y la última representa una entidad intermedia entre la comunidad de rafiofóridos y la comunidad de *Neseuretus*.

Asimismo, desde ambientes más externos a internos, se reconoce una paulatina disminución en la riqueza de especies, diversidad de dominancia y número de grupos funcionales (*cf.* Waisfeld y Sánchez 1996). Esta tendencia es coincidente con la progresiva progradación del sistema deltaico y alcanza su máxima expresión en los paquetes arenosos cuspidales (miembro arenoso de Astini y Waisfeld 1993). En este tramo se desarrolla la Biofacies

de *Ogyginus* sp. 1-*Branisaspis* (e.g. *Ogyginus* sp. 1, *Branisaspis* n.sp., *Neseuretus lipanensis* Waisfeld 1997, *Famatinolithus jujuyensis* Benedetto y Malanca 1975) que, internamente, también exhibe un progresivo empobrecimiento, con desarrollo de asociaciones físicamente controladas sujetas a condiciones de marcado estrés fisiológico. En el tope de la unidad los trilobites siguen siendo el grupo dominante pero las condiciones ambientales favorecen la instalación sólo de formas oportunistas y euritópicas.

Por otra parte, la sucesión de biofacies de la Formación Acoite está incluida en la Fauna de *Famatinolithus*, redefinida por Waisfeld (1995, 1998) como una entidad ecológica y paleobiogeográfica de edad arenigiana inferior-alto a media. Esta fauna exhibe una amplia distribución en ambientes de plataforma interna y *shoreface* y está particularmente bien representada en la comarca de Los Colorados. Su registro, a través de asociaciones comparables desde el punto de vista taxonómico y paleoecológico, se extiende hacia la región de la sierra de Aguilar y sierra de Santa Victoria. Waisfeld (1998) extiende también el registro de la fauna de *Famatinolithus* al sur de la Cordillera Oriental de Bolivia (Formación Sella, localidades de Sella, Tuctapari y Patinpampa) donde Pribyl y Vanek (1980) mencionan asociaciones de trilobites con similar composición (en varios casos a nivel específico) y patrones de abundancia (véase también Aceñolaza *et al.* 1999a).

Respecto de los braquiópodos (Benedetto 1998), su registro está circunscripto, al igual que los trilobites, al tercio superior de la unidad. En la Zona de *B. deflexus* las asociaciones son de baja diversidad y están dominadas por *Desmorthis segnis* Havlicek y Branisa (1980). Hacia el tercio superior, en los niveles de areniscas amarillentas (Zona de *D. bifidus*), la fauna se torna más variada e incluye *Hesperonomia orientalis* Benedetto, *Glyptorthis* cf. *imbrex* Havlicek y Branisa, *Paralenorthis altiplanicus* Benedetto, *Euorthisina* sp., *Pleurorthis?* sp., *Incorthis?* sp. y *Camerella* sp. Esta asociación es muy similar a la de la Formación Sella, expuesta en las proximidades de Tarija, Bolivia, cuyas graptofaunas indican una edad equivalente a la de la parte superior de la Formación Acoite (Maletz *et al.* 1995) y no llanvirniana temprana, como supusieron originalmente Havlicek y Branisa (1980). Por otra parte, el género *Incorthis* y la especie *Hesperonomia orientalis* también están presentes en la Formación Suri de la sierra de Famatina (Benedetto 1994; Benedetto 2003), donde se asocia con graptolitos (Toro y Brussa 1997) y conodontes (Albanesi y Astini 2000) del Arenigiano medio.

La edad de esta unidad está referida al intervalo arenigiano basal-arenigiano medio (Toro 1994, 1995, 1997, 1999). Aunque en los 500 m superiores de la unidad no se han registrado graptofaunas diagnósticas de biozonas más jóvenes, es posible interpretar que dicha ausencia obedece a limitaciones paleoambientales y ecológicas. Proyectando el espesor del tramo cuspidal de la unidad en función del tiempo comprendido entre las primeras apariciones de *B. deflexus* y de *D. bifidus* no se descarta la posibilidad de que la unidad ingrese al Arenigiano Supe-

rior. Esta inferencia se basa en que no se produce un cambio de facies sustancial que permita interpretar un aumento importante en la tasa de sedimentación. No obstante, aún no existe una base paleontológica que lo confirme. Como se mencionó anteriormente, las asociaciones de trilobites características del intervalo superior representan versiones empobrecidas de aquéllas presentes en los ambientes más distales y, en consecuencia, no resultan de utilidad para estimar la edad de este intervalo.

#### *Formación Alto del Cóndor (nom. nov.)*

Se propone este nuevo nombre para denominar al conjunto de areniscas rosadas con interclaciones de pelitas moradas y rojizas expuestas en las proximidades de la localidad de Los Colorados y que fueran previamente asignadas al miembro inferior de la Formación Sepulturas (Astini y Waisfeld 1993). En la región de Los Colorados la Formación Alto del Cóndor posee un espesor variable entre 15 y 43 m y se diferencia claramente del resto del Ordovícico infra y suprayacente por su coloración rojiza (localmente morada) y sus areniscas gruesas moteadas y con abundante mica en los planos de partición. Como sección tipo se establece la margen norte de la quebrada Los Colorados donde la unidad alcanza los 40 m (Fig. 3). La denominación deriva del cordón Alto del Cóndor que conforma parte de la serranía ubicada entre las quebradas de Los Colorados al sur y la de Chamarra al norte (Fig. 2) donde la unidad aflora con mejor expresión.

Luego del trabajo original de Harrington (1957), la denominación de "Formación Sepulturas" fue aplicada por Aceñolaza (1968) para el área del Espinazo del Diablo, al este de la sierra de Cajas, al describir una sucesión de pelitas verdes y moradas y areniscas rojizas escasamente fosilíferas y luego fue generalizada por Salfity *et al.* (1984) para el intervalo rojo-morado suprayacente a la Formación Acoite, criterio seguido por autores posteriores (Astini y Waisfeld 1993, Astini 1994, Waisfeld 1996, Moya 1988, 1999, Benedetto 1998, Aceñolaza *et al.* 1999b, Aceñolaza y Aceñolaza 2002). Sin embargo, la Formación Sepulturas constituye según Harrington (1957:13) un conjunto de pelitas grises oscuras con intercalaciones de calizas fosilíferas, características completamente distintas de las que se utilizaron para caracterizar a esta unidad en trabajos posteriores. Quizás el origen del error se deba a las consideraciones sobre la edad efectuadas por Aceñolaza (1968), quien sobre la base del contenido faunístico la consideró del Llanvirniano inferior (Zona de *Hoekaspis*), edad que se mantuvo hasta no hace mucho tiempo. A pesar del fuerte arraigo de este término formacional en la literatura geológica argentina consideramos que se trata de un caso de aplicación de un mismo nombre para unidades diferentes (art.18.2 del Código Argentino de Estratigrafía, CAE 1992) y el nombre válido (además de la definición de la unidad y su localidad tipo), en consecuencia, es el primero propuesto de acuerdo al principio de prioridad (art. 17, CAE 1992).

Así las cosas, el nombre de Formación Alto del Cóndor

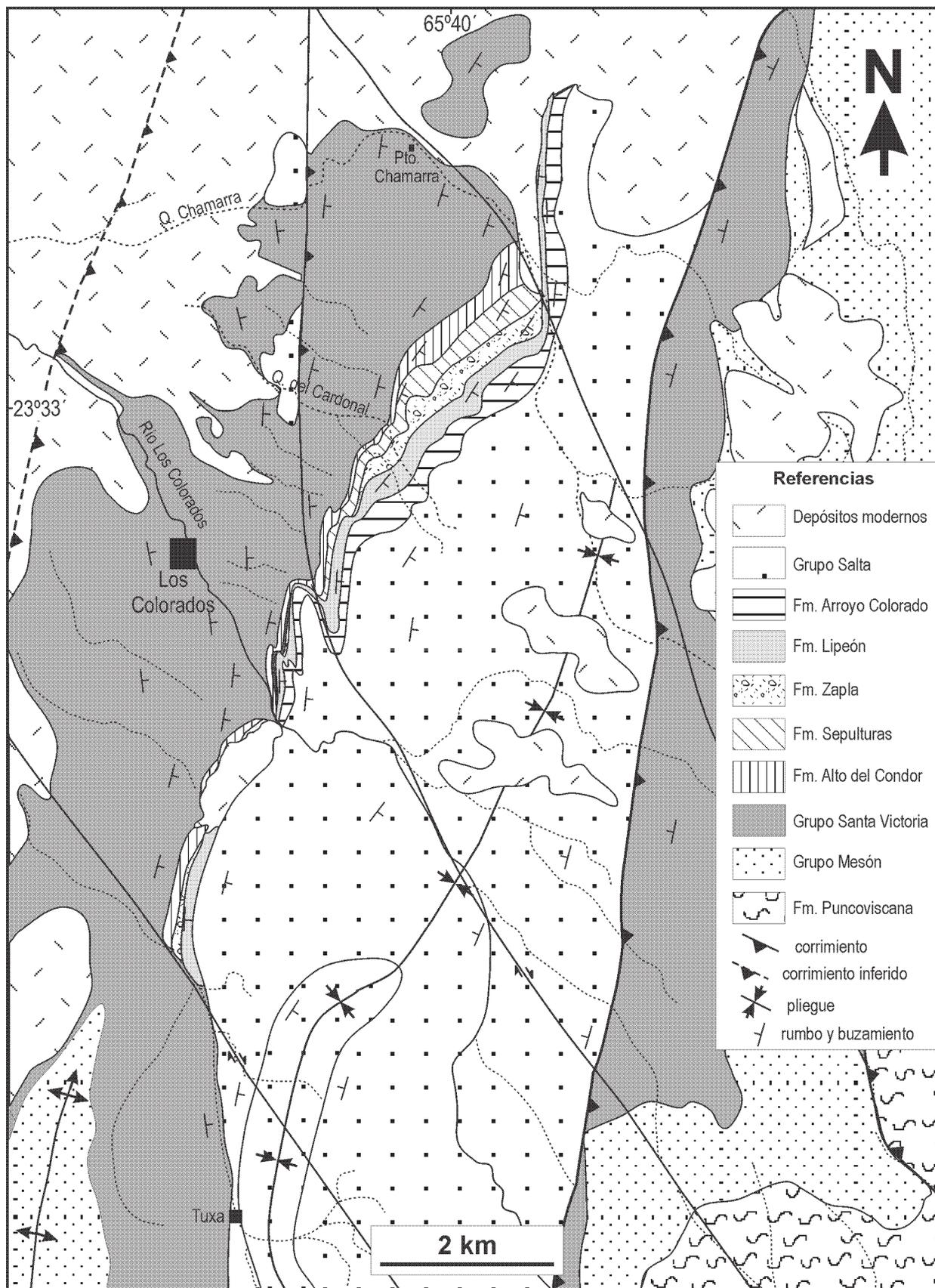


Figura 2: Mapa geológico de detalle de la comarca de Los Colorados y ubicación de los principales cortes estudiados.

se propone para el conjunto de fangolitas rojas y moradas con intercalaciones de areniscas de color rosado y localmente con motas ferruginosas que suprayace en contacto neto y concordante a los ciclos con arreglo estrato-creciente de areniscas amarillentas y pelitas verdes con que corona la Formación Acoite en toda la región. Esta definición se corresponde con el paquete rojizo descrito por Astini y Waisfeld (1993) y definido como miembro rojo-morado de la Formación Sepulturas por Astini (1994), excluyendo así al miembro verde diferenciado por dicho autor (véase más adelante). Cabe mencionar que a diferencia de lo sugerido en Aceñolaza y Aceñolaza (2002) en relación con la génesis del color rojizo de esta unidad, aquí se descarta la posibilidad de que se trate de un proceso epigenético inducido por la depositación del Grupo Salta, a pesar que en varias secciones éste último suprayace en discordancia erosiva al Ordovícico. Si bien es posible que en algunas circunstancias el tope de la Formación Acoite esté pigmentado por efectos de tinción por infiltración y difusión de óxidos ajenos a la unidad, en la región de Los Colorados, como en muchas otras del noroeste argentino (véase Astini 2003), los intervalos rojomorados se presentan intercalados en la estratigrafía ordovícica entre intervalos verde-amarillentos o verde azulado (*e.g.*, perfil del río de Los Colorados, perfil del Gallinato, sierra de Mojotoro; río Capillas, sierra de Zapla). Este estado de oxidación no debe entenderse como el resultado directo de la simple exposición subaérea, ya que en muchos casos existen buenas superficies de exposición reveladas por estructuras mecánicas y biogénicas diagnósticas, sin cambio de color (*e.g.*, tramo superior de la Formación Acoite). Por el contrario, los intervalos rojomorados como los que caracterizan la Formación Alto Del Cóndor se habrían generado luego de intervalos más o menos prolongados durante los cuales se producen notables fluctuaciones del nivel piezométrico ligado con una freática estacionalmente fluctuante, en períodos de nivel del mar bajo. Es así como se desarrollan condiciones de oxido-reducción favorables para los cambios de estado del hierro generando moteados y pigmentación contemporánea. Esta es la explicación que Astini *et al.* (2003) dieron para unidades comparables del ámbito de las Sierras Subandinas.

La Formación Alto del Cóndor contiene una variedad de estructuras sedimentarias mecánicas indicativas de exposición subaérea (*e.g.*, truncamientos erosivos, trenes de ondulitas arrasadas, miroondulitas de oscilación y grietas de desecación) y actividad de mareas preservadas en niveles arenosos e intervalos heterolíticos. Asimismo, se intercalan intervalos pelíticos con intensa bioturbación (Astini 1994). Niveles de areniscas con *Cruziana* (hipoglifos), pertenecientes al grupo *rugosa* (*cf.* Seilacher 1992, 1994; Mángano *et al.* 2001) son comunes, algunos de los cuales forman verdaderos pavimentos en asociación íntima con *Skolithos* que las cortan (trazas postdeposicionales). Los intervalos heterolíticos con diversidad de estructuras derivadas de actividad de mareas (Astini y Waisfeld 1993, Astini 1994) permiten sugerir un origen vinculado a paleoambientes estuarinos, mientras la baja

diversidad de trazas y fauna asociada es compatible con ambientes estresados, de tipo estenohalinos.

Desde un punto de vista paleoambiental y estratigráfico la Formación Alto del Cóndor representaría una etapa de fuerte restricción, acompañada por un marcado cambio de la coloración, luego de la progradación deltaica registrada en el tope de la Formación Acoite y característica de cortejos de nivel alto. Acompañando la restricción paleoambiental suceden claras incisiones representadas por cuerpos canalizados con desarrollo de rellenos sedimentarios influenciados por mareas. El conjunto estaría representando un evento de caída relativa del nivel del mar en toda la cuenca que habría producido el rejuvenecimiento de las áreas emergentes, con el consiguiente incremento granulométrico y la menor madurez composicional que se observa. El reducido espacio de acomodación habría proyectado los sistemas fluviales hacia el interior de los depocentros labrando superficies erosivas que fueron correlacionadas por Astini (1994) con la base de la Aloformación Sepulturas.

Desde un punto de vista estratigráfico secuencial, la base de la unidad representaría la superficie de caída, mientras que la unidad representaría un cortejo transgresivo. Fuera de la incisión regional, la superficie de truncamiento erosivo e inundación (*ravinement surface*) coincidiría con la de caída y, entonces, debería asignarse más propiamente a una superficie coplanar. Aunque un perfil con la Formación Sepulturas (ver a continuación) apoyada directamente sobre la Formación Acoite no ha sido descrito en la región, no debe descartarse su presencia, apoyándose en la proyección predictiva de los conceptos de la estratigrafía secuencial.

*Edad y correlación:* La edad de esta unidad se desconoce con certeza por el escaso registro de faunas bentónicas que se encuentra muy empobrecido respecto de aquél representado en la Formación Acoite. Tampoco se han hallado al momento restos micropaleontológicos que permitan estimarla. A su vez, las trazas no varían de las que aparecen en el tope de la Formación Acoite. Algunos restos de trilobites fueron encontrados como acumulaciones sedimentológicas en la base de canales, sin embargo, la intensa fragmentación impide su reconocimiento taxonómico. En una única sección, en el margen norte de la quebrada de Los Colorados se han encontrado abundantes restos de bivalvos indeterminables, asociados a escleritos de trilobites asignables a *Neseuretus* sp. y a una nueva especie de *Ogyginus*, ambas diferentes de las especies presentes en el intervalo superior de la Formación Acoite. Esta asociación corresponde a la Biofacies de *Ogyginus* sp. 2- *Neseuretus* de Waisfeld (1995) desarrollada en un ambiente de alto estrés, posiblemente relacionado con cambios de salinidad. La composición de la fauna y las litofacies asociadas permiten correlacionar estrechamente esta biofacies con la "fauna de *Neseuretus*" de Fortey y Morris (1982) y la Comunidad de *Neseuretus* de Fortey y Owens (1978). De acuerdo a Fortey y Morris (1982) las asociaciones de la fauna de *Neseuretus* exhiben invariablemente una baja diversidad, están asociadas a

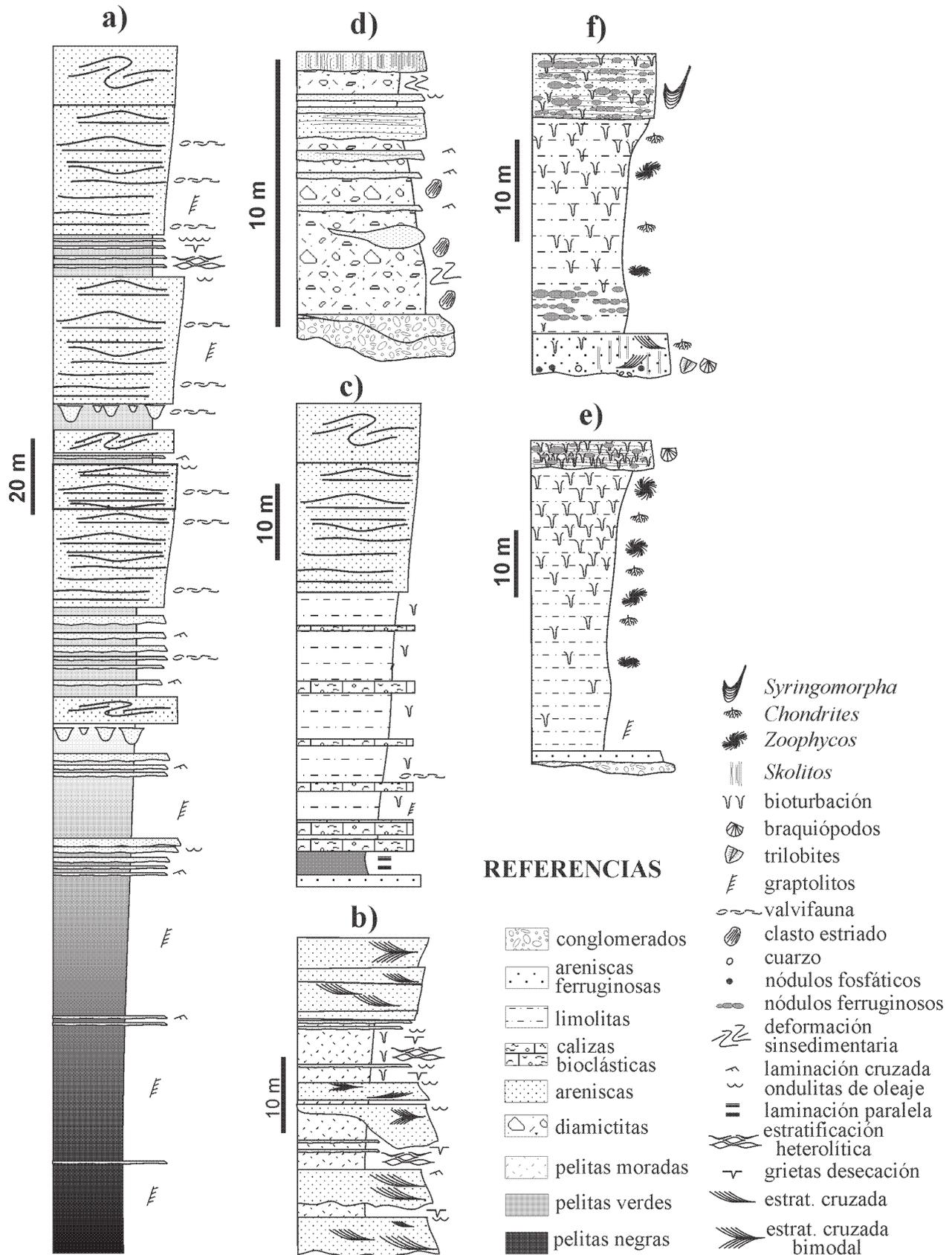


Figura 3: Columnas estratigráficas representativas por unidades descritas en el texto: a) Fm. Acoíte; b) Fm. Alto del Cóndor; c) Fm. Sepulturas; d) Fm. Zapla; e) Fm. Lipeón; f) Fm. Arroyo Colorado. En a) sólo se grafican los 320 metros cuspidales con clara tendencia estratogranocreciente.

trazas del tipo de *Cruziana* y se encuentran en facies extremadamente someras. Asimismo, es común su asociación con sedimentos enriquecidos en compuestos de hierro.

Cabe destacar que *Ogyginus* es una forma frecuente en el oeste de Europa (sur y este de Francia e Islas Británicas), China y este de Newfoundland. Su registro se extiende entre el Arenigiano medio (Whitlandiano de las Series Británicas) y el Llanvirniano superior (Fortey y Owens 1987, Zhou *et al.* 1998). *Ogyginus* sp. 2 de la Formación Alto del Cóndor presenta semejanzas más estrechas con el grupo de especies más antiguas referidas a este género, entre ellas *O. orbensis* Pillet, Courtessole y Vizcaíno (in Courtessole *et al.* 1985) y *O. armoricanus* (Tromelin y Lebesconte 1876) del Arenigiano medio de Francia.

Los braquiópodos de esta unidad son relativamente escasos y aun poco conocidos. La presencia de *Incorthis* aff. *maroccana* Mergl es significativa desde el punto de vista de la edad, pues esta especie ha sido hallada hasta el presente en estratos de edad arenigiana de Marruecos (Mergl 1988). Otras formas acompañantes, aun inéditas, incluyen una especie de *Paralenorthis* de gran tamaño y una forma probablemente afin a *Tissintia*, pero el material es demasiado fragmentario para aportar precisiones cronológicas adicionales. Lo que es evidente es que en la transición entre las Formaciones Acoite y Alto del Cóndor se produce un cambio importante en las faunas bentónicas.

Utilizando criterios estratigráficos puede inferirse para la Formación Alto del Cóndor una edad no más antigua que Arenigiano medio y no más joven que Llanvirniano tardío (véase edad de la Formación Sepulturas). Considerando la propuesta de Astini (1994) y nuevos estudios preliminares en el noroeste argentino la Formación Alto del Cóndor se correlacionaría con el miembro de areniscas rosadas de la Formación Mojotoro en el borde oriental de la Cordillera Oriental, con la Formación Labrado (Miembro Laja Morada) en las Sierras Subandinas y con la Formación Botijas definida en el sistema de Santa Bárbara.

#### *Formación Sepulturas* (Harrington 1957, *emend.*)

La Formación Sepulturas fue definida por Harrington (1957:13) quien la describió originalmente, al oeste de Purmamarca, como un conjunto de pelitas grises oscuras con intercalaciones de calizas fosilíferas grises claras y oscuras. Con estas mismas características la unidad fue con anterioridad denominada miembro superior verde de la Formación Sepulturas (Astini 1994). Nombre que se aplica a un paquete de 63,5 m de pelitas y limolitas verdes con intercalaciones de calizas grises bioclásticas medianas (10-20 cm) y de areniscas laminadas, delgadas, hacia el tope (Fig. 3). El mejor perfil de la unidad aflora con todas sus características en la quebrada del Cardonal, ubicada a 3 km al norte del río Los Colorados (Fig. 2) y propuesta en este trabajo como Hipoestratotipo (art. 15.7, CAE 1992). En la quebrada de Chamarra la unidad está localmente expuesta en la margen sur, pero su contacto inferior es por

falla. En la quebrada de Los Colorados, en tanto, sólo aflora en la margen norte y bastante deformada. Es importante destacar que el tope de esta unidad está afectado por truncamiento erosivo y bloques y colgajos de ella se observan dentro de la suprayacente Formación Zapla.

En la quebrada del Cardonal (Fig. 2), a diferencia de otras localidades de la Cordillera Oriental con mayor deformación, las relaciones estratigráficas entre las unidades del Ordovícico están intactas permitiendo aclarar la posición de estas unidades independientemente de su contenido faunístico.

Las pelitas de la Formación Sepulturas se encuentran laminadas próximas a la base y, en general, están más bioturbadas hacia el tope. En la base posee un intervalo de 0,5 m de espesor más arenoso, con acumulación de glauconita y fosfatos. Contiene niveles con abundante materia orgánica y restos macerados y dispersos con braquiópodos, trilobites, graptolitos y nautiloideos. En el tramo inferior y medio se hallaron niveles con valvifauna bien preservada formando asociaciones de baja diversidad compuestas por trilobites, braquiópodos y gastrópodos. Entre los trilobites se reconocen *Hoekaspis* n.sp. (= *Hoekaspis schlagintweiti* de Harrington y Leanza 1957, fig. 87, 1-6) (Waisfeld 1996), *Neseuretus* sp., y una forma de la subfamilia Trinucleinae perteneciente al grupo *Anebolithus-Incaia*.

El rasgo distintivo de la unidad lo constituye la presencia de calizas delgadas y medianas, tabulares a lenticulares, de color amarillento en caras meteorizadas y gris medio a oscuro en cara fresca, que se intercalan dentro de los depósitos clásticos. Contienen escaso residuo insoluble y una gran concentración de restos esqueléticos con empaquetamiento denso. Los bioclastos están, en general, desarticulados y fragmentados y se trata de restos de trilobites y braquiópodos con hiolítidos, nautiloideos y gastrópodos en proporciones subordinadas junto con restos fosfáticos. Estas calizas arrojaron una importante conodontofauna acompañada de restos bien preservados de *Sacabambaspis janvieri* (Albanesi y Astini 2002) en los niveles superiores.

Desde un punto de vista paleoambiental, la unidad fue interpretada como una sucesión de plataforma interna, depositada por debajo de la actividad del oleaje de tiempo normal, dado por la ausencia de retrabajo de oleaje y evidencias de flujos oscilatorios (Astini 1994). En este contexto, las calizas bioclásticas representarían concentraciones sedimentológicas relacionadas con episodios de tormenta, sin observarse en ellas estructuras mecánicas diagnósticas. El empaquetamiento denso, la desarticulación y la abrasión de las valvas son elementos comunes de este tipo de concentraciones hidrodinámicas. Las areniscas laminadas, próximas al tope, y un incremento en la granulometría promedio de la sedimentación de fondo permiten sugerir una suave progradación del sistema costero hacia los niveles superiores, posiblemente acompañada de somerización. No obstante, en la localidad tipo de la quebrada del Cardonal no aparecen depósitos diagnósticos de un *shoreface*, aunque en el perfil de la margen sur de la quebrada de Chamarra, la unidad presenta un inter-

valo superior compuesto por bancos arenosos amalgamados, con un importante desarrollo de tubos verticales de *Skolithos*. El progresivo influjo silicoclástico habría limitado el desarrollo de los carbonatos que son menos frecuentes y de menor espesor hacia el tope de la unidad.

Es interesante notar que Astini (1994) sobre la base del contraste litofacial con el miembro rojo de la Formación Sepulturas (en el presente trabajo, Formación Alto del Cóndor) interpretó al límite basal de esta unidad como una superficie de inundación asociada con un episodio transgresivo de magnitud regional. Esta interpretación se mantiene en el presente trabajo, en donde la presencia de glauconita y fosfatos junto a la frecuencia de niveles calcáreos permite inferir una retracción de la línea de costa, asociada con bajas tasas de aporte clástico (sección condensada). Asimismo, la creciente bioturbación hacia el tope de la unidad indica una etapa inicial de relativa anoxia del fondo, posiblemente ligada con la sección basal de un cortejo transgresivo. Se desconoce, sin embargo, si esta superficie de marcado contraste con la subyacente Formación Alto del Cóndor no puede constituir una superficie coplanar, indicando así, múltiples condensaciones.

*Edad y correlación:* Una edad llandeiliana-caradociana temprana fue asignada por Astini (1994) quien la correlacionó por similitudes litofaciales y litoestratigráficas con la Formación Santa Gertrudis aflorante en la sierra de Mojotoro (borde oriental de la Cordillera Oriental salteña) y con la Formación Capillas en el ámbito de las Sierras Subandinas y Sistema de Santa Bárbara. La nueva conodontofauna obtenida de los niveles calcáreos permite reubicar la unidad en el Llanvirniano tardío (ex Llandeiliano) (Albanesi y Astini 2002) por comparación con la conodontofauna encontrada en niveles de las Formaciones La Cantera y La Pola en la Precordillera Oriental de San Juan, donde dicha fauna coexiste con *Sacabambaspis janvieri* Gagnier *et al.* 1986. Una edad llandeiliana-caradociana para la Formación Santa Gertrudis fue sugerida por Sánchez (1986), Waisfeld (1996), Albanesi y Rao (1996) y Sánchez *et al.* (2003), siendo tanto la macrofauna como la microfauna de la Formación Sepulturas idéntica a la de aquella. Desde un punto de vista faunístico y depositacional, las unidades del sector oriental y de las Sierras Subandinas representan ambientes algo más marginales y restringidos que los representados en esta región. *Hoekaspis* n.sp. es la única especie en común entre ellas. Por su parte la trilobitofauna de la Formación Santa Gertrudis y de la Formación Capillas es idéntica e incluye, además de *Hoekaspis* n.sp., a *Huemacaspis* n.sp. (Waisfeld y Henry 2003) y *Neseuretus* sp. (= *Synhomalonotus kobayashi* en Harrington y Leanza 1957) (Waisfeld 1997b). Otro rasgo característico de ambas unidades es la abundancia de bivalvos. Asociaciones de trilobites semejantes a las de las Formaciones Alto del Cóndor, Santa Gertrudis y Capillas han sido mencionadas en distintas unidades de la Cordillera Oriental de Bolivia. Suarez Soruco (1992) menciona en la Formación Coroico a *Hoekaspis yahuari* Pribyl y Vanek, *Huemacaspis teopontensis* Pribyl y Vanek e *Incaia nordenskioeldi*

Bulman y la refiere al Llanvirniano-Llandeiliano. En la Formación Anzaldo este autor indica la presencia de *Huemacaspis bistrami* (Hoek) asociado a *Sacabambaspis janvieri* y a conodontes del Ordovícico Medio-Superior. En consecuencia, la similitud a nivel genérico que existe entre los trilobites de las unidades argentinas y de la Cordillera Oriental de Bolivia y la presencia de *Sacabambaspis* (Formaciones Sepulturas y Anzaldo) permite establecer una correlación estrecha entre ellas y sugerir también su posible equivalencia temporal.

La fauna de braquiópodos está integrada por la especie *Monorthis coloradoensis* Benedetto (1998) y abundantes valvas de una pequeña especie de *Dalmanella* afín a *D. salopiensis* Williams. Además se registra una especie indeterminada de *Dinorthis* presente tanto en las limolitas verdes como en bloques de calizas bioclásticas. Un bloque de estas últimas conteniendo numerosos ejemplares de *Dinorthis* sp., redepositado en la sección basal de la Formación Zapla, fue previamente reconocido por Benedetto y Toro (1996). En niveles de coquinas pardas localizadas aparentemente cerca de la base de la unidad, se identificó el género *Scaphorthis*. *Dinorthis* es un género de amplia distribución en el Caradociano mientras que *Scaphorthis* está presente tanto en el Caradociano como en el Ashgilliano. La especie *D. salopiensis* Williams tiene sus primeros registros en el Llanvirniano tardío (Llandeiliano) de Inglaterra (Shelve District) y se extiende hasta el Caradociano temprano (Harnagian).

Con anterioridad esta unidad fue reconocida como el miembro verde de la Formación Sepulturas (Astini 1994). Oportunamente, Astini (1994) la separó de la Aloformación Sepulturas (miembro rojo) señalando la presencia de una discontinuidad entre ellas. Waisfeld (1996) realizó una revisión de la Biozona de *H. schalgintweiti* interpretando que la discontinuidad separaría rocas caradocianas por encima (edad que le asigna a esta unidad) de las rocas arenigianas subyacentes (Formaciones Acoite-Alto del Cóndor). Así, la autora subrayó la conveniencia de separar el miembro verde de la Formación Sepulturas como una unidad independiente.

La actividad erosiva ligada con el episodio glacial que ocurrió con posterioridad (Formación Zapla) y fallas de rumbo locales son responsables de la discontinuidad areal de esta unidad, que sólo aflora con sus relaciones de base y techo en la quebrada del Cardonal (Hipostratotipo) y adyacentes (Fig. 2). A pesar de ello, de acuerdo con su correlación con unidades de la Cordillera Oriental y Sierras Subandinas habría tenido gran difusión en la cuenca Andina Central (noroeste argentino y Bolivia).

#### *Formación Zapla* (Schlagintweit 1943)

Aunque con características algo distintas, fue reconocida primeramente en la región por Moya y Monteros (1999). Constituye un paquete litofacialmente heterogéneo y de espesor variable entre 9 y 20 m (Fig. 3). Se intercala entre las pelitas verdes de la Formación Sepulturas y el Horizonte Ferrífero I. El perfil donde está mejor expues-

ta es en la quebrada del Cardonal (Fig. 2). Los contactos son netos y lateralmente su geometría es muy variable. Posee colores diversos, desde verde-amarillento hasta rojizo-rosado, próximo al tope, donde en el contacto contra el horizonte ferruginoso cuspidal está teñida por óxidos de hierro. Se compone de diversas facies entre las que resaltan diamictitas macizas y diamictitas finamente estratificadas, matriz soportadas con abundante cuarzo redondeado y areniscas cuarzosas blanquecinas a rosadas, en ocasiones sabulíticas y hasta conglomerádicas y con frecuentes motas ferruginosas. Éstas poseen un buen desarrollo de estratificación cruzada en artesas de tamaño métrico. Las areniscas rosadas poseen una marcada lenticularidad, a escala de los afloramientos, constituyendo el relleno visible de canales con rumbo este-oeste. En todos los perfiles desde Tuxa al sur hasta la quebrada de Chamarra al norte, la unidad registra en su tope un nivel areno-conglomerádico de aproximadamente un metro de espesor, con notable desarrollo de tubos verticales asignables a *Skolithos sensu lato*. Dichos tubos poseen diámetros de entre 0,5 y 1 cm y un relleno meniscado. Por su denso empaquetamiento (índice de icnofábrica 5 de Bottjer y Droser 1991) impiden la preservación de estructuras mecánicas. No obstante, esta capa presenta un llamativo contraste con el resto de la unidad pudiendo tratarse de un depósito separado.

Esta formación posee las clásicas evidencias directas de glaciación como són: clastos facetados, pulidos y estriados inmersos en una matriz fangosa. En general, se trata de clastos de areniscas y limolitas, pero los hay de cuarzo y filitas verdes y grises y en menor proporción de rocas graníticas. Los clastos de filitas y metagrauvas probablemente están derivados de la Formación Puncoviscana y de unidades del Ordovícico temprano, que más al oeste han sufrido deformación y metamorfismo. Clastos de cuarzo de tamaño grava y sábulo suelen agruparse formando lentes clastosoportados, incluidos, al igual que algunos niveles arenosos, como intervalos intradiamictita. La diamictita es una típica Dmm (diamictita maciza, matriz soportada) pobremente estratificada, aunque localmente en la sección próxima a Tuxa se desarrolla una facies finamente estratificada (Dms). En esta última se intercalan dentro de la Dms areniscas delgadas con trenes de ondulaciones simétricas indicando influencia de oleaje sobre el fondo.

Lateralmente la Formación Zapla presenta variabilidad de facies y de espesores, encontrándose representada por pocos metros de una Dmm más gruesa en el margen sur de la quebrada de Los Colorados y por un nivel de conglomerados cuarzosos en el margen norte. En la quebrada del Cardonal (Fig. 2) se intercalan algunos *sets* medianos y delgados con geometría lenticular de areniscas subfeldespáticas con estratificación cruzada. En Chamarra el intervalo arenoso superior posee un espesor de 10,5 m y está constituido por cuerpos lenticulares amalgamados interpretados como de origen fluvial por Moya y Monteros (1999). Si bien no puede descartarse un origen estuarino proximal para esta facies la ausencia de niveles con fauna marina y el color rosado permiten inferir su depositación en ambiente oxidantes.

*Edad, correlación y paleoambiente:* Dentro de esta unidad no se ha encontrado macrofauna, sin embargo, las muestras micropaleontológicas han resultado fértiles. Como se mencionó previamente, en la parte inferior son comunes los bloques con macrofauna re TRABAJADOS de la unidad infrayacente. Las características litofaciales y su acotada posición estratigráfica permiten establecer una estrecha correlación con las Formaciones Zapla y Mecoyita (Astini 2002), validando así la presencia del horizonte glacial en el contrafuerte occidental de la Cordillera Oriental argentina.

Desde un punto de vista paleoambiental, la Formación Zapla representa depósitos glaciales que tanto por su posición estratigráfica como por su distribución regional se correlacionan con el horizonte glacial finiorodovícico expuesto en comarcas vecinas. La ausencia de fauna marina diagnóstica no permite aún asegurar una génesis glacial marina. Por el contrario, la variabilidad lateral de facies es más común en depósitos glacialcontinentales donde cursos fluvio-glaciales surcan los depósitos morrénicos durante el retroceso. No obstante, la génesis detallada de este intervalo escapa a los objetivos de este trabajo.

#### *Horizonte ferrífero I*

Constituye un nivel distintivo de areniscas de color rojo oscuro muy densas con una importante acumulación hematítica de espesor promedio entre 0,35 y 1 metros. Incluye algunos lentes con clastos dispersos de cuarzo lechoso tamaño sábulo y fragmentos de areniscas subredondeadas y se desarrolla en contacto neto sobre la diamictita de la Formación Zapla. A su vez, los niveles basales de la formación suprayacente también se apoyan en contacto bastante abrupto sobre él y presentan bioturbación moderada. Al microscopio se trata de una arenita cuarzosa a subfeldespática con desarrollo de un cemento hematítico denso.

#### *Formación Lipeón (Turner 1960)*

Este nombre fue empleado con anterioridad para denominar al Silúrico aflorante en esta región por Toro (1995: 382, 1997), ampliando el registro de Silúrico en el ámbito occidental de la Cordillera Oriental. Los autores no encuentran razones objetivas para diferenciar los depósitos silúricos de esta región de los designados como Formación Lipeón en ámbitos más orientales de la Cordillera Oriental y Sierras Subandinas. Por esta razón, mantienen la denominación de Formación Lipeón que tiene prioridad ante la Formación Chamarra (Moya y Monteros 1999). Igual criterio se aplica en el caso de la Formación Zapla que por su carácter distintivo no justifica un nuevo nombre. La característica saliente de los depósitos silúricos es su abundante contenido micáceo, su intensa bioturbación que impide observar claramente estructuras sedimentarias mecánicas y hasta, localmente, reconocer la estratofábrica y su carácter composicional de mezcla entre una típica arenisca y

fangolitas (cf. Antelo 1987). Por esta razón, en la literatura se utilizan términos como vaques bioturbados, areniscas fangosas o limolitas arenosas indistintamente. Estos son caracteres distintivos del Silúrico a lo largo de la región subandina (Cuerda y Baldis 1971), donde la unidad toma diferentes nombres (particularmente en Bolivia). No obstante, en la Argentina el término empleado para dicha unidad es el de Formación Lipeón (Turner 1960).

En el área considerada la unidad presenta una variabilidad lateral con diferentes espesores y variaciones litofaciales de sur a norte. Comienza con un conglomerado basal fino y cuarzo, de espesor variable entre 0,45 y 1 m, bien representado desde Tuxa hasta la quebrada del Cardonal (Fig. 2). No aflora en la quebrada de Chamarra, donde la unidad presenta el máximo espesor (en la margen sur tiene 122,25 m). Allí posee un intervalo de fangolitas moradas de 7 m en la base al que le sucede un tramo verde amarillento con intercalaciones limo-arcillosas portadoras de graptofaunas. En el tope, y de manera transicional, la coronan 16 m de areniscas rosadas laminadas (con motas de hierro), de composición subfeldespática, con planos con abundante mica y niveles con *Harringtonina* sp. (Benedetto y Toro 1996). En la base de algunos cuerpos con estratificación cruzada difusa se localizan niveles con cuarzo redondeado de tamaño sábulo. Estos niveles han sido interpretados por Moya y Monteros (1999) como vinculados con sedimentación estuarina. El tope del ciclo arenoso está coronado por un horizonte con abundante concentración ferruginosa (Horizonte ferrífero II). En la quebrada del Cardonal los paquetes de areniscas rosadas están ausentes y las areniscas fangosas verdosas se extienden hasta el contacto con la unidad suprayacente. Lo mismo ocurre en la quebrada de Los Colorados (margen norte) donde los niveles morados de la Formación Arroyo Colorado (ver más adelante) suprayacen en contacto neto con las areniscas fangosas de Lipeón. En esta última quebrada, la Formación Lipeón posee un espesor de 81 m y está limitada por contactos netos. Se apoya sobre el horizonte ferrífero I y está cubierta, en marcada discontinuidad, por areniscas moradas muy bioturbadas.

La unidad está fallada y parcialmente decolorada en el tramo medio de varios perfiles donde presenta coloraciones más pálidas. En general, se trata de areniscas fangosas muy micáceas, con abundantes señales de bioturbación que se disponen con pobre estructuración interna. Las trazas más conspicuas son *Chondrites* y *Zoophycos* aunque su grado de definición frecuentemente no es muy bueno, hecho que permite interpretar un estado bastante blando del sedimento (*soupy*) cuando fue bioturbado. Asimismo, la tasa de bioturbación permite concluir sobre la existencia de abundante materia orgánica en los sedimentos ya que la granulometría, relativamente gruesa, no es compatible ni con bajas tasas de sedimentación ni con productos de decantación.

Desde un punto de vista paleoambiental sólo puede concluirse, basado en la ausencia de parámetros físicos directos y considerando las faunas descritas por Toro (1995) y Benedetto y Toro (1996), que se trataría de un ambiente de plataforma submareal, posiblemente situado

por debajo del nivel de influencia del oleaje de buen tiempo. La asociación icnológica destacada y la pobre diversidad de formas (aunque con una gran intensidad de bioturbación) no permite avanzar más allá de su asignación a un ambiente marino abierto con fondos tranquilos, en condiciones de pobre oxigenación y abundante materia orgánica (Frey y Seilacher 1980, Pemberton *et al.* 1992).

*Edad y correlación:* De acuerdo con la fauna de graptolitos y braquiópodos hallada y descrita por Toro (1995) y Benedetto y Toro (1996), respectivamente, la unidad se extendería entre el Llandoveryano y el Ludloviano, pudiendo correlacionarse con los miembros de areniscas amarillentas y areniscas arcillosas claras de la Formación Lipeón en el ámbito de la sierra de Zapla (véase Baldis *et al.* 1976).

#### *Horizonte ferrífero II*

Constituye un horizonte de casi 4 m de espesor con el contacto basal neto y uno cuspidal representado por una transición corta (rápida). Este horizonte está particularmente bien representado en ambos márgenes de la quebrada de Los Colorados, pero en particular, en la margen norte donde se expone a mitad de ladera, por debajo de las unidades que conforman el Cretácico continental (Subgrupo Pirgua) de color rojo vivo y en contacto nítido sobre las areniscas fangosas de la Formación Lipeón. Por su coloración, con anterioridad ha sido confundido con niveles pertenecientes al Grupo Salta, no obstante, entre este horizonte y los conglomerados cuarzosos de la base del Cretácico aún se dispone la Formación Arroyo Colorado (ver más adelante). El horizonte ferrífero II también está bien expuesto en la quebrada de Chamarra donde presenta *sets* medianos con desarrollo de estratificación cruzada y nódulos fosfáticos.

Composicionalmente se trata de areniscas cuarzosas y subfeldespáticas rojas y densas, con una gran participación de hematita como cemento e intercalación de niveles con hierro oolítico. Los ooides son submilimétricos y están aplanados o son elipsoidales, presentando rasgos de compactación. Los niveles oolíticos contienen muy poco cuarzo u otro mineral acompañante y el mineral de hierro, probablemente chamosita, está totalmente oxidado y transformado en hematita y limonita. A excepción de la margen sur de Chamarra, donde se ven estructuras mecánicas, el horizonte presenta una notable bioturbación con diversos grados de mezcla entre el hierro oolítico y los niveles más fangosos intercalados, lo que dificulta la visualización de rasgos primarios y borra la estratificación primaria.

#### *Formación Arroyo Colorado (Padula *et al.* 1967)*

Esta unidad no ha sido mencionada con anterioridad en localidades del borde occidental de la Cordillera Oriental. Se emplea este nombre formacional por consistencia con el resto de la estratigrafía descrita en el tramo superior

de la columna de la región de Los Colorados que es notablemente similar a aquella expuesta en el ámbito occidental de las Sierras Subandinas. En la comarca de Los Colorados esta unidad corona el perfil paleozoico. Su mejor exposición se ubica en la margen norte de la quebrada de Los Colorados donde está repetida tectónicamente en dos bloques. Se trata de 27,5 m de areniscas fangosas moteadas de color generalmente morado grisáceo con variaciones locales de la intensidad, con una característica ausencia de marcada estratificación, pero con un buen desarrollo de bandeamiento dado por intensidades variables de la tasa de bioturbación. Esta unidad se apoya en contacto plano neto sobre el horizonte ferruginoso II (Fig. 3), que a su vez cubre las fangolitas verdosas de la Formación Lipeón y subyace en discordancia regional erosiva al Cretácico. En detalle, el contacto basal presenta una microtopografía irregular con numerosas trazas y tubos verticales a subverticales que atraviesan el contacto y entremezclan los materiales de arriba y abajo. El contacto superior es irregular a la escala del afloramiento lo cual permite inferir su decapitamiento erosivo. Lamentablemente, no puede inferirse cuanto espesor ha sido removido por lo que se trata de un espesor mínimo preservado. Entre la quebrada de Chamarra y la del Cardonal (Fig. 2) la unidad puede seguirse lateralmente, presentando 62,75 m y 25 m respectivamente. Esto indica un decapitamiento regional a razón de 13,8 m cada 1000 metros en la horizontal.

En la quebrada de Chamarra, por encima de un tramo inferior de 51,75 m con notable enarenamiento hacia el tope, se dispone un banco de 1 m de areniscas ferruginosas rojo moradas con *sets* de estratificación cruzada medianos truncados por el tope y con terminación tangencial por la base. Este banco incluye intraclastos verdes y clastos de cuarzo dispersos. Por encima, le sucede un intervalo algo más fangoso con abundante *Zoophycos* y sin estructuras mecánicas preservadas. Asimismo, se determinaron *Syringomorpha* y *Chondrites* como última traza de escalonado. En la quebrada del Cardonal la unidad desarrolla, próximo al tope, cuerpos arenosos con mejor selección y madurez mineralógica.

Estrictamente, el Horizonte ferrífero II está incluido dentro de esta unidad y se ubica muy próximo a su base, existiendo una gradación rápida desde él. Por su íntima relación estratigráfica toda la unidad posee coloración morada-grisácea y, como característica saliente, presenta rosarios de motas y niveles concrecionales de color rojomorado dispuestos paralelos a la estratificación.

A diferencia de la Formación Lipeón la coloración general, el contenido arcilloso, los patrones de bioturbación y la morfología y composición de las concreciones cambian. Además, el nivel basal de esta unidad contrasta notablemente con la anterior, incluyendo en los 15 cm basales clastos dispersos de cuarzo, de areniscas y nódulos fosfáticas de hasta 3 cm de diámetro junto con restos fósiles mal preservados de trilobites (homalónótidos) y braquiópodos indeterminables. No se halló otra fauna asociada, haciéndose la búsqueda muy difícil por el intenso grado de bioturbación.

Los patrones de bioturbación en la capa basal de esta unidad contrastan notablemente con los de la unidad infrayacente al incluir una serie de formas mejor definidas, con paredes nítidas y disposición general más perpendicular a la estratificación, y rellenos parcialmente activos. Esto permite sostener una asociación icnofacial más compatible con la de *Glossifungites* intermedia a distal, similar a la descrita en superficies de omisión y vinculadas a superficies transgresivas o límites de secuencia en *firmgrounds* cohesivos (McEachern y Burton 2000). Respecto al paleoambiente de esta unidad poco puede decirse basado en la pobre preservación de estructuras mecánicas y estratofábrica. Sin embargo, la preservación de algunas estructuras cruzadas relictuales, facies heterolíticas y cuerpos de arena con bioturbación intensa la colocan en posición de plataforma relativamente próximas a la línea de costa.

*Edad y discusión:* Desde un punto de vista estratigráfico secuencial es notable la presencia de un hiato entre la Formación Arroyo Colorado y la Formación Lipeón en la región de Los Colorados. No obstante, la ausencia de un control faunístico significativo excluye la posibilidad de conocer su extensión temporal al igual que el rango de edades. La asignación devónica temprana es tentativa en tanto se encuentren faunas que permitan una asignación más precisa. De todos modos, la delimitación de edades entre estas dos unidades, o sus equivalentes, es debatida por la falta de elementos diagnósticos incluso en sectores de la cuenca subandina con mejor exposición. En los perfiles de la región subandina existe, en el tope de Lipeón, un intervalo ferruginoso (Andreis *et al.* 1982) que tentativamente podría correlacionarse con el horizonte II aquí descrito y del cual se discute su edad silúrica tardía o devónica temprana.

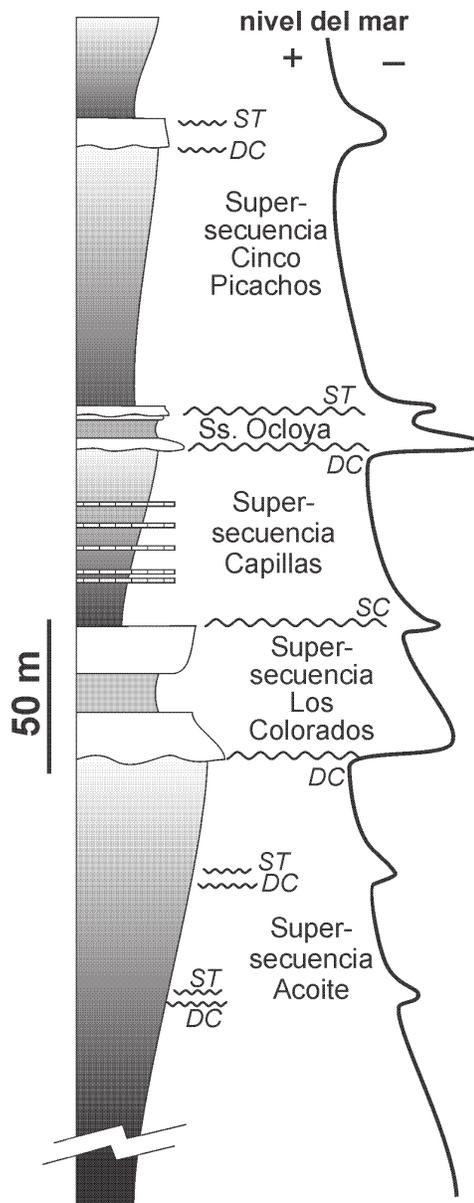
Los restos de trilobites homalónótidos y braquiópodos indeterminables junto al conglomerado basal se interpretan como formando parte de un conglomerado residual (*lag*) transgresivo de esta unidad. De acuerdo con esto, los restos fósiles podrían ser retrabajados de la unidad infrayacente. Por comparación con las trilobitofaunas conocidas y descritas en Baldis *et al.* (1976) se infiere que corresponderían a restos de *Trimerus* sp. por lo que provendrían del retrabajo del denominado miembro de areniscas arcillosas claras (*sensu* Angelelli 1946) que anteceden a la faja o miembro de transición (*sensu* Cecioni 1953, Baldis *et al.* 1976) con las unidades definidamente devónicas. Con posterioridad a Cecioni (1953), esta faja fue denominada Formación Arroyo Colorado (Padula *et al.* 1967), nombre que proviene de una unidad correlativa de la sierra de Santa Barbara. Este nombre fue adoptado por Cuerda y Baldis (1971) y por Andreis *et al.* (1982). Estos últimos autores realizan una detallada descripción y discusión de la edad de esta unidad que representaría un equivalente de la Formación Baritú en el sector subandino occidental (Cuerda y Baldis 1971, Mingramm *et al.* 1979). La Formación Mendieta es, según Mingramm *et al.* (1979), el equivalente de la Formación Arroyo Colorado en la sierra de Zapla y posee tonalidades preferentemente rojizas

y moradas como las de la unidad aflorante en la región de Los Colorados. Según Andreis *et al.* (1982) la diferencia entre las Formaciones Mendieta y Arroyo Colorado es fundamentalmente cromática. En este trabajo y para evitar la proliferación de nombres se prefiere el empleo de Formación Arroyo Colorado que tiene mayor significado regional. Recientemente, Grahn y Gutierrez (2001) aportan datos micropaleontológicos que permiten certificar una edad próxima al límite Silúrico-Devónico para la Formación Arroyo Colorado en las Sierras Subandinas, la que contendría en su tramo superior la transición entre el Pridoliano y el Lochkoviano. Asimismo, los autores correlacionan esta unidad con las Formaciones Tarabuco y Catavi en Bolivia, donde se ubica el límite Silúrico-Devónico (Rachebaeuf *et al.* 1993). De acuerdo con las relaciones estratigráficas analizadas en la región de Los Colorados la edad de esta unidad no puede ser más antigua que Pridoliana.

### Estratigrafía de secuencias

En este apartado se realiza un análisis del significado secuencial de la estratigrafía paleozoica inferior y media de la comarca de Los Colorados. Si bien la estratigrafía analizada aparenta ser bastante completa, la mayoría de las unidades descriptas están separadas por discontinuidades estratigráficas, tales como superficies de caída relativa y exposición subaérea, superficies transgresivas o superficies coplanares. Estas superficies no siempre tienen una expresión evidente, desde el punto de vista estratigráfico y frecuentemente se desarrollan en tiempos inferiores a los de la resolución bioestratigráfica de los grupos de macrofaunas y microfaunas más comunes. Por lo tanto, no siempre quedan expresados como un hiato faunístico.

Dado que la estratigrafía expuesta en la región de Los Colorados posee extensión areal en el noroeste argentino, puede ser dividida a gran escala en varias supersecuencias regresivas siguiendo el esquema propuesto por Starck (1995). Desde un punto de vista cronoestratigráfico, estas subdivisiones representan ciclos de 2<sup>do</sup> o 3<sup>er</sup> orden en el sentido de Vail *et al.* (1977). Los contactos entre supersecuencias involucran discontinuidades más prolongadas que separan paquetes relativamente heterogéneos, con patrones recurrentes, dependientes de la dinámica paleoambiental y de fluctuaciones o procesos de menor jerarquía temporal. Generalmente, en estos límites se amalgama una superposición compleja de eventos, no correspondiendo a límites discretos como los típicamente asignados a límites de secuencias depositacionales en el sentido de la escuela de Exxon (véase revisión en Posamentier y Allen 1999). Asimismo, por su escala, en subsuelo deberían reconocerse como sismosecuencias diferenciables. En este sentido, la porción superior de la estratigrafía descrita (Silúrico-Devónico inf.?) correspondería a la Supersecuencia Cinco Picachos (Fig. 4), siendo correlacionable con el paquete de sedimentitas mejor representado en las Sierras Subandinas (Starck



**Figura 4:** Columna general de la región y subdivisión en supersecuencias. A la izquierda, se incluye una curva de fluctuaciones relativas del nivel del mar construida en base al registro paleozoico de esta localidad. DC: discontinuidad de caída, ST: superficie transgresiva, SC: superficie coplanar.

1995). A su vez, las unidades ordovícicas, clásicamente comprendidas en el Grupo Santa Victoria (Tremadociano-Arenigiano, *e.g.* Formaciones Santa Rosita, Acoite y equivalentes), quedarían incluidas dentro de la Supersecuencia Acoite, la Formación Alto del Cóndor constituiría el registro de la Supersecuencia Los Colorados (*nom. nov.*), la Formación Sepulturas representaría la expresión local de la Supersecuencia Capillas y la Formación Zapla (y sus equivalentes) quedaría involucrada en la Supersecuencia Ocloya (*nom. nov.*) (Fig. 4). Esta división permite sugerir una curva tentativa de fluctuaciones relativas del nivel del mar basada en el registro de esta región (Fig. 4).

Si bien la Supersecuencia Acoite es bastante hetero-

génea, involucrando una alternancia de cuerpos predominantemente arenosos con otros fundamentalmente pelíticos, no existen aún estudios de detalle que permitan sustentar una subdivisión aceptable en unidades menores de carácter regional (*cf.* Moya 1998, 1999). Se utiliza el término genérico propuesto por Aceñolaza (1992, Piso Acoiteano) aunque con significado estratigráfico secuencial y no cronoestratigráfico como fuera propuesto por el autor (véase Astini 2003). La Supersecuencia Capillas toma su nombre del río homónimo, en las Sierras Subandinas, pues es allí donde sus límites se observan con mayor claridad. Ésta puede, a su vez, subdividirse en tres unidades limitadas por discontinuidades (aloformaciones) que con características propias pueden parcialmente seguirse en Cordillera Oriental, Sierras Subandinas y en el Sistema de Santa Barbara: Aloformación Lagunillas (Llanvirniano *lato sensu*), Aloformación Sepulturas (Llanvirniano tardío-Caradociano temprano?) y Aloformación Centinela (Caradociano *lato sensu*), tomando los principales nombres de las unidades que las caracterizan. Tanto Lagunillas como Centinela (Marengo y Astini 2002) afloran en el ámbito más oriental de la cuenca y seguramente tienen buena expresión en el subsuelo del Chaco salteño, acunándose hacia el ámbito de la Cordillera Oriental. Sin embargo, la capa arenosa con *Skolithos* que cubre a la Formación Sepulturas, bien expuesta en el perfil de la margen sur de la quebrada de Chamarra (Fig. 2) constituiría un posible equivalente de Centinela en esta región.

En todo el noroeste argentino, una superficie erosiva representa la instalación del ambiente glaciogénico (glaciación hirnantiana) (Astini 2002). Esta discordancia regional, es localmente responsable de la eliminación completa de las supersecuencias Los Colorados y Capillas (*e.g.* perfil del río Mecoyita, en el límite con Bolivia) y, en el sector más interno del antepaís, elimina incluso a la Supersecuencia Acoite (véase Moya *et al.* 1993). Esta discordancia es posiblemente la única donde se cuenta con evidencias directas de una vinculación glacieustática independiente del marco tectónico.

### Consideraciones regionales y marco tectónico

La estratigrafía descrita en esta región del oeste de la Cordillera Oriental obliga a replantear algunos presupuestos clásicos como el de la existencia de un elemento positivo estructurado a partir del Ordovícico Temprano involucrando el alzamiento de la Cordillera Oriental a través del frente púnico (Turner 1972, Salfity *et al.* 1975) y el frente oclóyico oriental (Moya y Salfity 1993). A pesar del truncamiento erosivo con que culmina la secuencia paleozoica es evidente que unidades correlativas a las aflorantes en las Sierras Subandinas y en el Sistema de Santa Bárbara se depositaron en esta región, aunque con algunas variaciones litofaciales y de espesor. Esto puede explicarse sencillamente empleando modelos de deposición en cuencas de antepaís con subsidencia diferencial tanto en sentido longitudinal como transversal.

Es también evidente que la estructuración de los depocentros extensionales donde se depositó el Grupo Salta y, fundamentalmente, la morfotectónica andina han contribuido a desvirtuar la continuidad estratigráfica que el Paleozoico inferior tuvo en el noroeste argentino. En relación con lo ocurrido durante el Paleozoico temprano, la estructuración chánica (devónico-carbonífera) (Starck *et al.* 1993, Bahlburg y Breitzkreuz 1993, López Gamundi y Rosello 1993, Kley y Reinhart 1994), habría tenido un mayor impacto en el desarrollo protoandino de la región, al desconocerse depósitos carbonífero-pérmicos en la Cordillera Oriental. La estructuración chánica (sumada a los efectos de la glaciación gondwánica del Carbonífero-Pérmico) sería la responsable del intenso modelado glacial observado en Sierras Subandinas (*e.g.* Starck *et al.* 1992, 1993), contrastando con el patrón arquitectural y de litofacias de los depósitos de la glaciación hirnantina (Formación Zapla-Mecoyita), de mayor difusión en todo el noroeste argentino (Astini 1993, 2001, 2002). A diferencia de Bolivia, donde la Formación Cancañiri presenta notables variaciones de espesor (Crowell *et al.* 1981, Fernández Seveso *et al.* 2000), en la Argentina la unidad de clara filiación glacial posee una remarcable continuidad lateral y similares espesores. La tabularidad de los depósitos glaciogénicos del Ordovícico tardío al igual que de los correlativos con la Formación Sepulturas indica una pobre estructuración del margen occidental de Gondwana, al menos en gran parte de la región del noroeste argentino, que se habría comportado como una extensa cuenca de antepaís. Tampoco existen evidencias de campo que permitan diferenciar, entre las unidades paleozoicas de la región, distintos pisos estructurales o grados diagenéticos contrastados. Esto implica que no habría existido plegamiento diferencial entre las unidades ordovícicas, silúricas y devónicas y que toda la región se habría comportado desde el Cámbrico (luego de la orogenia tilcárica) como una gran cuenca receptora de sedimentos, relativamente alejada de una tectónica contraccional (*e.g.* región externa de una cuenca de antepaís), con tasas de subsidencia bastante similares.

Estas razones permiten justamente realizar el seguimiento lateral de las megasecuencias definidas y contradicen la existencia de un alto estructural perdurable en el tiempo que fuera denominado umbral o alto de Lipán (Moya 1988, 1998) y del postulado frente oclóyico oriental (Moya y Salfity 1993). Durante el Paleozoico temprano la cuenca pudo episódicamente haber sufrido efectos de domamiento y emersión (vinculados con la mecánica flexural del antepaís) responsables de la estratigrafía cíclica y de los paquetes arenosos regresivos. No obstante, las discontinuidades observadas como las características sedimentológicas indican la ausencia de altos estructurales significativos en la cuenca y un relleno sedimentario interrumpido periódicamente por fluctuaciones de signatura más posiblemente eustática que puramente tectónica. Por su magnitud regional, la discordancia oclóyica (con estratotipo en las Sierras Subandinas) ha sido considerada como resultante de un evento tectónico regional (*e.g.* La orogenia oclóyica: Ramos 1986). Sin embargo, las evi-

dencias sedimentológicas y estratigráficas a ambos lados de dicha discontinuidad indican que ésta comprende una combinación de caída eustática (fase de crecimiento rápido del casquete polar gondwánico) y tectónica subordinada (Astini 2002). Los efectos directos de la tectónica oclóyica sólo pueden ser demostrados en el borde occidental de la Puna, donde los depósitos equivalentes de la Formación Zapla suprayacen en discordancia angular (Moya *et al.* 1993) a niveles correlativos con la Formación Santa Rosita (Tremadociano), permitiendo así reconstruir el sector más interno del antepaís ordovícico del noroeste argentino.

## Conclusiones

Se sintetiza y actualiza la estratigrafía paleozoica de la comarca de Los Colorados, en el borde occidental de la Cordillera Oriental jujeña. Se reconoce un gran espesor de la Formación Acoite que sucede a niveles tremadocianos mejor expuestos hacia el sur y registra edades comprobadas no más jóvenes que Arenigiano medio. Por encima le sucede la Formación Alto del Cóndor, definida en este trabajo. Esta representa el relleno de sistemas estuarinos empobrecidos en fauna que podrían alcanzar el Llanvirniano. Le sucede la Formación Sepulturas, enmendada siguiendo la definición original de Harrington (1957), que constituye un intervalo transgresivo-regresivo con buen registro paleontológico que permite asignarle una edad llanvirniana tardía (ex Llandeiliano) y posiblemente hasta caradociana basal. Este intervalo tiene muy buena expresión regional y constituye un horizonte guía en casi todo el noroeste argentino, extensivo al sur de Bolivia. Le sigue la Formación Zapla (Mecoyita) que tiene un registro litofacial variado y para la que se infiere, por correlación, una edad ordovícica tardía. La sucesión del Ordovícico es cubierta en paraconcordancia por la Formación Lipeón y la Formación Arroyo Colorado, reconocida por primera vez en esta región. Ambas están separadas, del Ordovícico y entre ellas, por sendos horizontes ferruginosos.

Las unidades descriptas se agrupan en cinco supersecuencias a saber: Supersecuencia Acoite (Tremadoc-Arenig), Supersecuencia Los Colorados (Arenig superior-Llanvirn inferior?), Supersecuencia Capillas (Llanvirn tardío (Llandeilo)-Caradociano) y Supersecuencia Ocloya (Ashgilliano), todas ellas dentro del Ordovícico, y Supersecuencia Cinco Pichachos (Silúrico-Devónico temprano?). Estas unidades representan intervalos limitados por discontinuidades regionales de origen complejo que involucran hiatos considerables.

La distribución de las discontinuidades principales, como las características sedimentológicas indican la ausencia de altos estructurales significativos en la cuenca y un relleno sedimentario interrumpido periódicamente por fluctuaciones de signatura más posiblemente eustática que puramente tectónica. La única discordancia con comprobada vinculación glacieustática, independiente del marco tectónico, es la que se ubica por debajo de la Supersecuencia Ocloya.

Durante el Paleozoico temprano las cuencas del noroeste argentino pudieron, episódicamente, haber sufrido efectos de domamiento y emersión responsables de la estratigrafía cíclica y de los paquetes arenosos regresivos, vinculados con la mecánica flexural de una amplia cuenca de antepaís que sólo fue afectada por deformación plegante en la región más interna, ubicada en el borde occidental de la Puna.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a CONICET y FONCYT (PICT 2000 N° 07-08920) el apoyo económico sostenido que ha permitido realizar numerosas campañas a la región de estudio durante los últimos 12 años. Nuestro agradecimiento se hace extensivo a estudiantes de la Universidad Nacional de Córdoba y pobladores de Los Colorados y, en particular, a los maestros de la escuela de dicha localidad, quienes cálidamente siempre nos han recibido. Las oportunas sugerencias de los árbitros N.E. Vaccari y F.G. Aceñolaza contribuyeron a mejorar el trabajo

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Aceñolaza, F.G., 1968. Geología Estratigráfica de la región de la Sierra de Cajas (Dpto. Humahuaca (Provincia de Jujuy). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 23(3): 207-222.
- Aceñolaza, F.G., 1992. El Sistema Ordovícico en Latinoamérica. En: Gutiérrez Marco, J.C., Saavedra, J. y Rábano, I. (Eds.), *El Paleozoico Inferior de Ibero-América*. Universidad de Extremadura, 85-118. Madrid.
- Aceñolaza, F.G., Gutiérrez Marco, J.C., Rábano, I. y Díaz Martínez, E., 1999a. Las lumaquelas de la Formación Sella (Ordovícico de la Cordillera Oriental boliviana) y su interés paleobiogeográfico. *Actas 14° Congreso Geológico Argentino*, 1: 355-358.
- Aceñolaza, F.G., Buatois, L.A., Mángano, M.G., Esteban, S.B., Tortello, M.F., y Aceñolaza, G.F., 1999b. Cámbrico y Ordovícico del noroeste argentino. En: Caminos, R., (Ed.), *Geología Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales. *Anales* 29 (7): 169-187. Buenos Aires.
- Aceñolaza, G.F. y Aceñolaza, F.G., 2002. Icnología de la Formación Sepulturas (Ordovícico) en el Espinazo del Diablo, Cordillera Oriental de Jujuy, Argentina. *Ameghiniana*, 39: 491-499.
- Albanesi, G. y Rao, R.A., 1996. Conodont fauna from the Santa Gertrudis Formation (Middle-Late Ordovician), Eastern Cordillera, northwestern Argentina. *Sixth International Conodont Symposium (ECOS 4)*, Abstracts: 3. Warszawa.
- Albanesi, G. y Astini, R.A., 2000. New conodont fauna from Suri Formation (Early-middle Ordovician), Famatina System, western Argentina. *Resúmenes Reunión Anual de Comunicaciones Asociación Paleontológica Argentina*, *Ameghiniana* 37(4) Suplemento: 68R.
- Albanesi, G. y Astini, R.A., 2002. Faunas de conodontes y *Sacabambaspis janvieri* (Vertebrata) en el Ordovícico Medio de la Cordillera Oriental argentina: implicancias estratigráficas y paleobiogeográficas. *Resúmenes Reunión Anual de Comunicaciones Asociación Paleontológica Argentina*, *Ameghiniana*. Resúmenes, p. 17. Diamante.
- Amengual, R., Méndez, V., Navarini, A., Viera, O. y Zanettini, J.C., 1979. Geología de la Región Noroeste, Republica Argentina, Provincia de Salta y Jujuy. 1:400.000. Dirección General de Fabricaciones Militares, Buenos Aires.

- Andreis, R.R., Buttcher, G.M., Frigerio, M.L., Hinterwimmer, G.A., Samosiuk, N.B., 1982. Interpretación paleoambiental de la secuencia Paleozoica aflorante en el río Grande, Sierra de Zapla, Jujuy, Argentina, y consideraciones sobre su edad. Actas, 5° Congreso Latinoamericano de Geología, 2: 457-459.
- Angelelli, V., 1946. La geología y génesis del yacimiento ferrífero de Zapla, "Mina 9 de Octubre" (Departamento de la Capital, provincia de Jujuy). Revista de la Asociación Geológica Argentina, 1(2): 117-147.
- Antelo, B., 1987. Las formaciones de edad silúrica en el noroeste argentino (provincias de Jujuy y Salta). Revista de la Asociación Geológica Argentina, 33(1): 1-16.
- Astini, R.A., 1993. Facies glaciogénicas del Ordovícico tardío (Hirnantense) de la Precordillera Argentina. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, 88(1-4): 137-149.
- Astini, R.A., 1994. Interpretación estratigráfica de la Formación Sepulturas (Ordovícico inferior) y unidades análogas del Noroeste Argentino: La Aloformación Sepulturas. Actas 5° Reunión Argentina de Sedimentología, 9-14. San Miguel de Tucumán.
- Astini, R.A., 2001. Pavimentos estriados en la Formación Don Braulio y naturaleza de la Glaciación Hirnantiana (Ordovícico tardío) en la región andina. Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología, 8 (1): 1-25. La Plata.
- Astini, R.A., 2002. El «horizonte glacial» ordovícico tardío en la Cordillera Oriental y Sierras Subandinas: paleoambiente sedimentario e implicancias en el análisis de la cuenca del Noroeste argentino. 9° Reunión Argentina de Sedimentología. Resúmenes: 47. Córdoba.
- Astini, R.A., 2003. The Ordovician Proto-Andean basins. En: Benedetto, J.L. (ed.), Ordovician fossils of Argentina. Secretaría de Ciencias y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba. 1-74.
- Astini, R.A. y Waisfeld, B.G., 1993. Análisis estratigráfico y paleoambiental del Ordovícico medio (Formación Acoite y Sepulturas) en el borde occidental de la Cordillera Oriental jujeña. Actas 12° Congreso Geológico Argentino y II° de Exploraciones de Hidrocarburos, I: 96-106. Mendoza.
- Astini, R.A. y Waisfeld, B.G., 1995. Estructuras de corte y relleno en secuencias de plataforma: su significado paleoecológico y tafonómico (Ordovícico de la Cordillera Oriental, Argentina). Ameghiniana, 32(1): 41-55.
- Astini, R.A., Marengo, L. y Rubinstein, C.V., 2003. The Ordovician stratigraphy of the Sierras Subandinas (Subandean Ranges) in northwest Argentina and its bearing on an integrated foreland basin model for the Ordovician of the Central Andean region. En: Albanesi, G.L., Beresi, M.S. and Peralta, S.H. (eds.), Ordovician from the Argentina, Serie Correlación Geológica, 17: 381-386. San Miguel de Tucumán. Subcomisión de Publicaciones Asociación Geológica Argentina.
- Bahlburg, H. y Breitzkreuz, C., 1993. Differential response of a Devonian-Carboniferous platform-deeper basin system to sea-level change and tectonics, N.Chilean Andes. Basin Research, 5: 21-40.
- Baldis, B.A., Benedetto, J.L., Blasco, G. y Martel, M.E., 1976. Trilobites Silúrico-Devónicos de la Sierra de Zapla. Ameghiniana, 13(3-4): 185-225.
- Benedetto, J.L., 1994. Braquiópodos ordovícicos (Arenigiano) de la Formación Suri en la región del río Chaschuil, Sistema del Famatina, Argentina. Ameghiniana, 31: 221-238.
- Benedetto, J.L., 1998. Early Ordovician (Arenig) brachiopods from the Acoite and Sepulturas Formations, Cordillera Oriental, northwestern Argentina. Geologica et Paleontologica, 32: 7-27.
- Benedetto, J.L., 2003. Early Ordovician (Arenig) brachiopods from volcanoclastic rocks of the Famatina Range, northwest Argentina. Journal of Paleontology, 77: 212-242.
- Benedetto, J.L. y Malanca, S., 1975. Los trilobites ordovícicos de Los Colorados (Departamento de Tumbaya, Provincia de Jujuy). Actas I Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, 1: 149-173, San Miguel de Tucumán.
- Benedetto, J.L. y Toro, B.A., 1996. Hallazgo de braquiópodos del Ordovícico Tardío y Silúrico en la Cordillera Oriental de Jujuy, Argentina. Ameghiniana, 33(2): 228.
- Bottjer, D.J. y Droser, M.L., 1991. Ichnofabric and basin analysis. Palaios, 6: 199-205.
- CAE, 1992. Código Argentino de Estratigrafía. Asociación Geológica Argentina, Serie B (Didáctica y Complementaria) 20, 64 pgs.
- Cecioni, J., 1953. Contribución al conocimiento de los nautiloideos eopaleozoicos argentinos, part 1: *Protocycloceratidae* y *Cyclostomiceratidae*. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, 26(2): 57-109. Chile.
- Cladouhos, T.T., Allmendinger, R.W., Coira, W. y Farrar, E., 1994. Late Cenozoic deformation in the Central Andes: fault kinematics from the northern Puna, northwestern Argentina and southwestern Bolivia. Journal of South American Earth Sciences, 7: 209-228.
- Courtessole, R., Vizcaino, D. y Eschard, R., 1985. Étude biostratigraphique et sedimentologique des Formations arenacées de l'Arenigien du Saint Chinianais oriental (Hérault) versant sud de la Montagne Noire (France méridionale). Memoir Societe Études Scientifique Aude, 99p.
- Crowell, J.C., Suárez Soruco, R. y Rocha Campos, A.C., 1981. The Silurian Cancañiri (Zapla) Formation of Bolivia, Argentina and Perú. En: Hambrey, M.J. y Harlland, W.B. (Eds.), Earth's Pre-Pleistocene glacial record. Cambridge University Press, 902-907. Cambridge.
- Cuerda, A.J. y Baldis, B.A. 1971. Silúrico-Devónico de la Argentina. Ameghiniana, 8(2): 128-164.
- Droser, M.L. y Bottjer, D.J., 1989. Ichnofabric of sandstones deposited in high-energy nearshore environments: Measurement and utilization. Palaios, 4: 598-604.
- Fernández Seveso, F., Vistalli, M.C. y Viñes, R.F., 2000. Correlación de reservorios en la cuenca silúrica-devónica del Chaco: Una revisión integrada previa a la adquisición de bloques exploratorios en Bolivia. Boletín de Informaciones Petroleras, REPSOL-YPF, marzo, 152-166. Buenos Aires.
- Fortey, R.A. y Morris, S.F., 1982. The Ordovician trilobite *Neseuretus* from Saudi Arabia, and the palaeogeography of the *Neseuretus* fauna related to Gondwanaland in the earlier Ordovician. Bulletin of the British Museum (Natural History) Geology, 36: 63-75.
- Fortey, R.A. y Owens, R.M. 1978. Early Ordovician (Arenig) stratigraphy and faunas of the Carmarthen district, south-west Wales. Bulletin of the British Museum (Natural History) Geology, 30: 226-294.
- Fortey, R. A., y Owens, R.M. 1987. The Arenig Series in South Wales: Stratigraphy and paleontology. Bulletin of the British Museum (Natural History) Geology, 41: 69-307.
- Frey, R.W. y Seilacher, A., 1980. Uniformity in marine invertebrate ichnology. Lethaia, 13: 183-207.
- Gagnier, P.-Y., Blicek, A.R.M. y Rodrigo, G., 1986. First Ordovician vertebrate from South America. Geobios 19: 629-634.
- Grahn, Y. y Gutierrez, P.R., 2001. Silurian and Middle Devonian Chitinozoa from the Zapla and Santa Barbara Ranges, Tarija Basin, northwestern Argentina. Ameghiniana, 38: 35-50.
- Harrington, H.J., 1957. Ordovician Formations of Argentina. En: Harrington, H. J. y Leanza, A. F. 1957. Ordovician trilobites of Argentina. 1-22. University of Kansas Press, Lawrence.
- Harrington, H. J. y Leanza, A. F. 1957. Ordovician trilobites of Argentina. University of Kansas Press, Lawrence, 276p.
- Havlicek, V. y Branisa, L., 1980. Ordovician brachiopods of Bolivia (succession of assemblages, climate control, affinity to Anglo-France and Bohemian provinces). Rozprawy Cezkoslovenske Akademie ved, 90: 1-54.
- Kley, J. y Reinhart, M., 1994. Geothermal and tectonic evolution of the Eastern Cordillera and the Subandean Ranges of Southern Bolivia. En: Reutter, K.-J., Scheuber, E. y Wigger, P.J., (Eds.), Tectonics of the Southern Central Andes. Springer-Verlag. 155-170.
- López Gamundí O.R. y Rosello, E.A., 1993. Devonian-Carboniferous unconformity in Argentina and its relation to the Eo-Hercynian orogeny in southern South America. Geologische Rundschau, v. 82, pp. 136-147
- MacEachern, J.A. y Bruton, J.A., 2000. Firmground *Zoophycos* in the Lower Cretaceous Viking Formation, Alberta: a distal expression of the *Glossifungites* Ichnofacies. Palaios, 15: 387-398.

- Maletz, J., Kley, J. y Reinhardt, M., 1995. New data on the palaeontology and biostratigraphy of the Ordovician in southern Bolivia. Newsletter in Stratigraphy, 32(3): 163-173.
- Mángano, M.G., Buatois, L.A., y Moya, M.C., 2001. Trazas fósiles de trilobites de la Formación Mojotoro (Ordovícico Inferior-Medio de Salta, Argentina): implicancias paleoecológicas, paleobiológicas y bioestratigráficas. Revista Española de Paleontología, 16: 9-28.
- Marengo, L. y Astini, R.A., 2002. Sedimentología de complejos estuarinos en sectores proximales (sierra de Zapla) de la cuenca ordovícica del noroeste argentino. 9º Reunión Argentina de Sedimentología. Resúmenes: 31. Córdoba.
- Mergl, M., 1988. *Incorthis* (Orthis, Brachiopoda) from the Lower Ordovician (Arenig) of Morocco. Casopis pro Mineralogii a Geologii, 33: 199-202.
- Mingramm, A., Russo, A., Pozzo, A., y Cazau L., 1979. Sierras Subandinas. Segundo Simposio de Geología Regional Argentina. 2da Edición. Academia Nacional de Ciencias, 95-137. Córdoba
- Mon, R. y Drozdowski, G., 1999. Cinturones doble vergentes en los Andes del norte argentino. Hipótesis sobre su origen. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 54 (1): 3-8.
- Moya, M.C., 1988. Lower Ordovician in the southern part of the Argentine Eastern Cordillera. Lecture Notes in Earth Sciences, 17: 55-66.
- Moya, M.C. 1997. La fase Tumbaya (Ordovícico Inferior) en los Andes del norte argentino. Actas 8º Congreso Geológico Chileno, 1: 185-189
- Moya, M.C., 1998. El Paleozoico inferior en la sierra de Mojotoro, Salta-Jujuy. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 53(2): 219-238.
- Moya, M.C., 1999. El Ordovícico en los Andes del Norte Argentino. En: González Bonorino, G., Omarini, R y Viramonte, J. (Eds.), Geología del Noroeste Argentino. Relatorio del 14º Congreso Geológico Argentino. 134-152. Salta.
- Moya, M.C. y Monteros, J.C., 1999. El Ordovícico tardío y el Silúrico en el borde occidental de la Cordillera Oriental argentina. Actas 14º Congreso Geológico Argentino, 1: 401-404. Salta.
- Moya, M.C. y Salfity, J.A., 1993. Herencia de estructuras Eopaleozoicas en la evolución de las cuencas cretácicas y terciarias de la Cordillera Oriental argentina. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Geología), 88: 125-137.
- Moya, M.C., Malanca, S., Hongn, F.D. y Bahlburg, H., 1993. El Tremadociano temprano en de la Puna occidental argentina. Actas 12º Congreso Geológico Argentino y 2º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 2: 20-30.
- Ottone, E.G., Toro, B.A. y Waisfled, B.G., 1992. Lower Ordovician palynomorphs from the Acoite Formation, northwestern Argentina. Palynology, 16: 93-116.
- Padula, E.L., Rolleri, E.O., Mingramm, A.R.G., Criado Roque, P., Flores, M.A. y Baldis, B.A., 1967. Devonian of Argentina. Proceedings International Symposium on Devonian System, II: 165-199.
- Pemberton, S.G., MacEachern, J.A. y Frey, R.W., 1992. Trace fossil facies models: Environmental and Allostratigraphic significance. En: Walker R.G. & James, N.P. (Eds.), Facies Models: response to sea-level change. Geological Association of Canada, 47-72. St. John's, Newfoundland.
- Posamentier, H.W. y Allen, G.P., 1999. Siliciclastic sequence stratigraphy – Concepts and applications. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Concepts in Sedimentology and Paleontology, 7, 210 pgs.
- Pribyl, A. y Vanek, J. 1980. Ordovician trilobites of Bolivia. Rozprawy Československé Akademie Ved. Rada Matematických a Příroděch Ved, 90: 1-90.
- Rachebaeuf, P.R., Le Herisse, Paris, A., Babi, C., Guillocheau, Truyls Massoni, M., y Suárez-Soruco, R., 1993. Le Dévonien de Bolivie: Biostratigraphie et chronostratigraphie. Comptes Rendus, Académie des Sciences de Paris, 317, Série II: 795-802.
- Ramos, V.A., 1986. El Diastrofismo Oclóyico: Un ejemplo de Tectónica de colisión durante el Eopaleozoico en le Noroeste Argentino. Revista del Instituto de Geología y Minería, 6: 13-28. San Salvador de Jujuy.
- Rao, I. R., Hunicken, M. A. y Ortega, G. 1991. Conodontes y graptolitos ordovícicos en la quebrada de Los Colorados (Departamento de Tumbaya), Cordillera Oriental, Provincia de Jujuy, Argentina. Anales de la Academia Brasileira de Ciencias 63:185-192.
- Salfity, J.A., Malanca, S., Brandán, E.M., Monaldi, C.R. y Moya, M.C., 1984. La fase Guandacol (Ordovícico) en el norte de la Argentina. Actas 9º Congreso Geológico Argentino, 1: 555-567. San Carlos Bariloche.
- Sánchez, T.M., 1986. Una fauna de bivalvos en la Formación Santa Gertrudis (Ordovícico) de la Provincia de Salta (Argentina). Ameghiniana, 23(2-3): 131-139.
- Sánchez, T.M. 1995. Un nuevo género de Tironuculidae (Bivalvia, Palaeotaxodonta) en el Arenigiano del noroeste argentino. Geobios 28: 683-690.
- Sánchez, T.M., Marengo, L. y Astini, R.A., 2003. Late Ordovician Bivalvia Heteroconchia (*Cycloconchidae* and *Glyptarcidae*) from western Argentina. Ameghiniana, 40: 433-440.
- Schlagintweit, O. 1943. La posición estratigráfica del yacimiento de hierro de Zapla y la difusión del horizonte glacial de Zapla en la Argentina y Bolivia. Revista Minera, Sociedad Argentina de Mineralogía y Geología, 13: 115-127.
- Seilacher, A., 1992. An update *Cruziana* stratigraphy of Gonswanan Paleozoic sandstones. En: Salem, M.J. et al. (Eds.), The Geology of Lybia, v. 4-7: 1565-1580.
- Seilacher, A., 1994. How valid is *Cruziana* stratigraphy? Geologische Rundschau, 83: 752-758.
- Starck, D., 1995. Silurian-Jurassic stratigraphy and basin evolution of northwestern Argentina. En: Tankard, A.J., Suárez Soruco, R. y Welsink, H.J. (Eds.), Petroleum Basins of South America, American Association of Petroleum Geology Memoir 62: 251-267.
- Starck, D., Gallardo, E. y Schultz, A., 1992. La discordancia precarbónica en la porción argentina de la cuenca de Tarija. *Boletín de Informaciones Petroleras*, Marzo: 2-11.
- Starck, D., Gallardo, E. y Schultz, A., 1993. The pre-Carboniferous unconformity in the Argentine portion of the Tarija basin. Comptes Rendus, XII International Congress on Carboniferous & Permian, 2: 373-384. Buenos Aires.
- Suarez Soruco, R., 1992. El Paleozoico inferior de Bolivia y Perú. En: J.C. Gutiérrez Marco, J. Saavedra y I. Rábano (Eds.): Paleozoico inferior de Ibero-América. p. Universidad de Extremadura, 225-239. Mérida.
- Toro, B.A., 1994. Las Zonas de *Didymograptus* (*Didymograptellus bifidus* (Arenigiano medio) y *Dydymograptus* (*Corymbograptus*) *deflexus* (Arenigiano inferior) en la Formación Acoite, Cordillera Oriental, Argentina. Ameghiniana, 31(3): 209-220.
- Toro, B.A., 1995. Primer hallazgo de graptolitos del Silúrico (Llandoveryano) en la Cordillera Oriental, Provincia de Jujuy, Argentina. Ameghiniana, 32(2): 375-384.
- Toro, B.A., 1996. Implicancias paleobiogeográficas del hallazgo de *Baltograptus turgidus* (Lee) y *Baltograptus Hunmingensis* (Ni) (Graptolithina) en el Arenigiano Temprano del noroeste de Argentina. Actas 13º Congreso Geológico Argentino y 3º Congreso de Exploraciones de Hidrocarburos. Actas 5: 27-38. Buenos Aires.
- Toro, B.A., 1997. La fauna de graptolitos de la Formación Acoite, en el borde occidental de la Cordillera Oriental argentina. Análisis bioestratigráfico. Ameghiniana, 34(4): 393-412.
- Toro, B.A., 1999. Early Ordovician (Arenig) graptolites of Northwest Argentina (Cordillera Oriental) and Famatina): Paleogeographic remarks. Acta Universitatis Carolinae, Geologica, 43: 437-440.
- Toro, B.A., 2001. Review of *Didymograptellus bifidus* (Graptolithina) of northwestern Argentina. Paleontological, biostratigraphical and paleogeographical implications. Reunión Anual de Comunicaciones, Asociación Paleontológica Argentina, Resúmenes, Ameghiniana, 38 (4) Suplemento-Resúmenes: 42R.
- Turner, J.M., 1960. Estratigrafía de la sierra de Santa Victoria y adyacencias. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, 41(2): 163-196. Córdoba.
- Turner, J.C.M., 1970. The Andes of Northwestern Argentina. Geologische Rundschau, 54: 1028-1063.

- Turner, J.C.M., 1972. Cordillera Oriental. En Leanza, A.F. (Ed.), Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias, 117-142. Córdoba.
- Turner, J.C.M. y Mon, R., 1979. Cordillera Oriental. Segundo Simposio de Geología Regional Argentina. 2da Edición. Academia Nacional de Ciencias, 57-94. Córdoba.
- Vail, P.T., Mitchum, R.M., Jr. y Thompson, S., III, 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part 3. Relative changes of sea level from coastal onlap. En: Payton, C.E. (Ed.), Seismic stratigraphy-applications to hydrocarbon exploration. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 26: 63-81.
- Waisfeld, B.G. 1995. Early Ordovician trilobite biofacies in the Argentine Cordillera Oriental, Southwestern Gondwana: paleoecologic and paleobiogeographic significance. En: Cooper, J.D., Droser, M.L. and Finney, S.C. (eds.) Ordovician Odyssey, The Pacific section Society for Sedimentary Geology, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 449-452. Fullerton, California.
- Waisfeld, B.G., 1996. Revisión de la Zona de "Hoekaspis schlagintweiti" Harrington & Lenaza, Ordovícico del Noroeste de Argentino. Memorias del 12° Congreso Geológico de Bolivia, 3: 915-921. Tarija.
- Waisfeld, B.G., 1997a. Concentraciones fosilíferas ordovícicas en las formaciones Acoite y Sepulturas, Cordillera Oriental jujueña. Significado tafonómico y paleoecológico. Ameghiniana, 34: 317-332.
- Waisfeld, B.G., 1997b. Trilobites calymenáceos de la Formación Acoite (Arenigiano) en el contrafuerte occidental de la Cordillera Oriental argentina. Ameghiniana, 34: 333-343.
- Waisfeld, B.G., 1998. Paleobiogeography and trilobite assemblages in the Arenig of the Central Andean Basin. 7° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Resúmenes, p.85. Bahía Blanca.
- Waisfeld, B.G., 2001. Trilobites de la Familia Olenidae en el Ordovícico Temprano (Arenigiano) de la Cordillera Oriental argentina. Ameghiniana, 38: 195-211.
- Waisfeld, B.G. y Sánchez, T.M., 1996. «Fauna Cámbrica» versus «Fauna Paleozoica» en el Ordovícico temprano del Oeste de Argentina. Interacción entre provincialismo y ambiente. Geobios, 9: 401-416.
- Waisfeld, B.G. y Henry, J. L., 2003. Huemacaspis (Trilobita, Kerfornellinae) from the Late Ordovician of the Argentine Cordillera Oriental. Geobios 36: 491-499.
- Waisfeld, B.G., Sánchez, T.M. y Carrera, M.G., 1999. Biodiversification patterns in the Early Ordovician of western Argentina. Palaios, 14: 198-214.
- Zhou Zhiyi, Dean W., y Luo Huilin, 1998. Early Ordovician trilobites from Dali, west Yunnan, China, and their palaeogeographical significance. Palaeontology, 41: 429-460

**Recibido:** 7 de septiembre, 2002

**Aceptado:** 16 marzo, 2004