

SIGNIFICADO ESTRATIGRAFICO Y TECTONICO DE LOS COMPLEJOS DE BLOQUES RESEDIMENTADOS CAMBRO-ORDOVICICOS DE LA PRECORDILLERA OCCIDENTAL, ARGENTINA

J. L. Benedetto * y N. E. Vaccari *

RESUMEN

En el flanco oriental de la Sierra de Yerba Loca, sobre el corte del río Jáchal, aflora una secuencia de edad paleozoica temprana correspondiente a los afloramientos más septentrionales de la Formación Los Sombreros. Esta unidad se compone de lutitas negras y turbiditas que contienen cerca de su base y hacia el techo horizontes de bloques calcáreos, algunos de enormes dimensiones —cerca de 30 m de espesor por más de 200 m de longitud— cuya fauna de trilobites y conodontos indica una edad Cámbrica y Ordovícica temprana. Hacia el techo de la sección está expuesta una potente secuencia de calcipelitas y calizas oscuras que contienen una fauna de trilobites del Cámbrico Medio basal, que es cubierta por brechas calcáreas y calciturbiditas portadoras de conodontos y graptolitos de edad llanvirniana temprana. Esta secuencia mesocámbrica es interpretada también como un bloque olistolítico. Sobre la base de las evidencias paleontológicas y sedimentológicas se interpreta que la Formación Los Sombreros se habría originado a partir de una serie de deslizamientos gravitacionales submarinos dentro de una secuencia predominantemente turbidítica. La plataforma cámbrica y eo-ordovícica precordillerana fue la fuente de la mayor parte de los sedimentos que fueron redepositados sobre el talud. La sedimentación de la Formación Los Sombreros sería el resultado de la flexura y erosión del borde de la plataforma carbonática asociado a un brusco aumento de la pendiente del talud durante el Arenigiano tardío-Llanvirniano temprano.

Palabras clave: *Ordovícico, Precordillera, Argentina, Trilobites, Estratigrafía.*

ABSTRACT

Rocks belonging to the Early Paleozoic Los Sombreros Formation crop out on the eastern flank of the Sierra de Yerba Loca, along the Río Jáchal section. This Formation consists of black shales and turbidites with interbedded limestone boulders near the base of the section, one of them up to 200 m long and 30 m thick. Boulders yield both early Cambrian trilobites and early Ordovician conodonts. Near the top, a thick sequence of dark gray marls and limestones contains an early Middle Cambrian trilobite fauna which is overlain by limestones and calcareous turbidites containing early Llanvirn graptolites and conodonts. On the basis of paleontological and sedimentological evidences this sequence can be interpreted as a series of submarine gravity slides interbedded within a dominantly turbiditic sequence. The Cambrian-early Ordovician precordilleran carbonate platform served as the source for much of the sediment which was redeposited on the slope. Then, deposition of the early Ordovician Los Sombreros Formation could be related to uplift and erosion of the platform margin and steepening of the slope during the late Arenig-early Llanvirn.

Key words: *Cambrian, Ordovician, Precordillera, Argentina, Trilobites, Stratigraphy.*

* CONICET. Cátedra de Estratigrafía y Geología Histórica, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Avda. Vélez Sarsfield 299, 5000 Córdoba, Argentina.

Introducción

Los hallazgos recientes de rocas cámbricas fosilíferas en el sector norte de la Precordillera argentina han permitido ampliar el conocimiento paleogeográfico de esta cuenca e incrementar el inventario de taxones presentes en este sector de Sudamérica. La fauna cámbrica de los cuerpos calcáreos expuestos en la Sierra de Yerba Loca, en el corte del río Jáchal, fue descrita originalmente por uno de los autores (Vaccari, 1987, inéd.) y su hallazgo fue anticipado por Benedetto, Vaccari y Herrera (1986). Con posterioridad, esta fauna fue citada por Cabaleri (1989a) en base a información inédita suministrada por uno de los autores de este trabajo. El estudio sistemático de los principales taxones ha sido realizado por Vaccari y Bordonaro (en prensa).

También en fecha reciente se reconoció la presencia de rocas cámbricas fosilíferas al oeste de la localidad de Guandacol (Vaccari, 1988), siendo éste el registro más septentrional conocido dentro del ámbito de la Precordillera. Allí se han identificado calizas del Cámbrico temprano con faunas de olenélidos (Vaccari, 1988) y del Cámbrico tardío (Vaccari, 1989, inéd.), estas últimas correspondientes a la Formación Los Sapitos.

El objeto de este trabajo es presentar una descripción e interpretación del perfil estratigráfico estructuralmente complejo donde yacen los cuerpos calcáreos cámbricos fosilíferos, expuestos en el perfil del río Jáchal. Esta interpretación está basada en la integración de las evidencias paleontológicas, sedimentológicas y estructurales de este sector. La clarificación de las relaciones estratigráficas entre las unidades cámbricas y eo-ordovícicas en la Sierra de Yerba Loca, dentro del ámbito de la Precordillera Occidental, tiene particular interés por cuanto: 1) contribuye a reconstruir la historia deposicional de un sector de la cuenca eopaleozoica localizado al oeste de las típicas secuencias carbonáticas y clásticas de la Precordillera Oriental, estructuralmente menos complejas y acerca de las cuales existe una mayor información (ver síntesis en Baldis *et al.*, 1982); y 2) aporta nuevos elementos para reconstruir la historia de deformación de la extensa plataforma carbonática cambro-ordovícica.

Con el fin de obtener un panorama regional de estos eventos, se intenta aquí una comparación de la sección estudiada con otras secciones de la Formación Los Sombreros expuestas en la Sierra del Tontal, al sur de la Precordillera, analizadas por Cuerda *et al.* (1983, 1985, 1986a, b y c, y 1987a y b), Fernández *et al.* (1987) y, más recientemente, por Banchig *et al.* (1990).

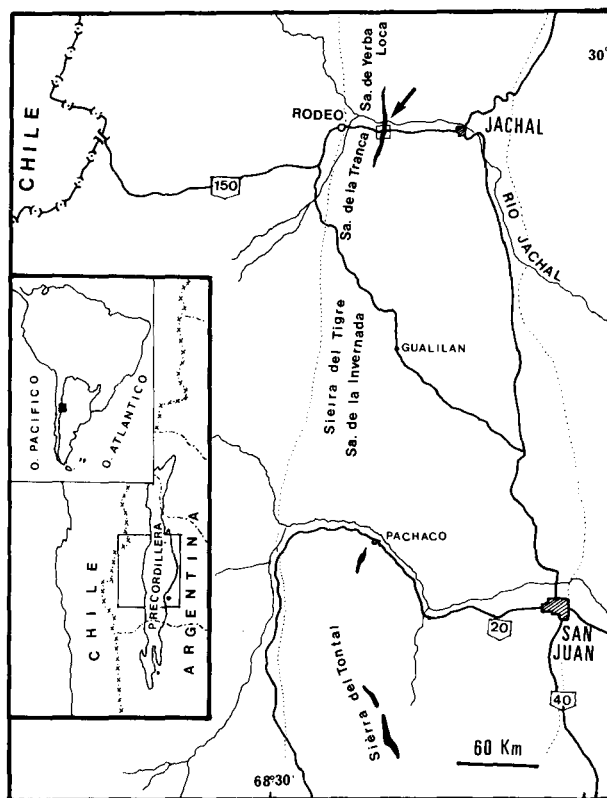


Fig. 1.—Ubicación geográfica del área estudiada y distribución de los afloramientos de la Formación Los Sombreros (en negro).

Descripción de la Formación Los Sombreros en el perfil del río Jáchal

El perfil geológico fue realizado en el corte de la Ruta Nacional n.º 150 que, bordeando el río Jáchal, une las localidades de Jáchal y Rodeo. La unidad descrita está bien expuesta a la altura de los túneles viales, actualmente en demolición, situados entre los kilómetros 21 y 22 de la mencionada ruta. El punto de inicio del perfil corresponde aproximadamente a la intersección de la ruta con la Quebrada Caracol, que desemboca en el río Jáchal desde el sur, cerca del contacto tectónico entre las areniscas eólicas permotriásicas y las rocas eopaleozoicas (fig. 2).

El corte corresponde al sector oriental de la Sierra de Yerba Loca. En esta serranía y en el cordón situado al oeste de la misma (Sierra de la Tranca) aflora extensamente una unidad litoestratigráfica predominantemente clástica de edad ordovícica, denominada Formación Yerba Loca (Furque, 1963). Esta unidad, con un espesor estimado superior a los 1.000 m, está constituida por una sucesión de pelitas, areniscas y algunos conglomerados, fuertemente deformada y afectada por metamorfismo de bajo grado. En el sector más occidental, se asocia con rocas ofiolíticas, siendo frecuente la intrusión de diques y filones-capas básicos (Borrello, 1969; Ramos *et al.*, 1984).

La unidad estudiada se encuentra en contacto tectónico con la Formación Yerba Loca, de la cual se diferencia desde el punto de vista litofacial por la presencia de olistostromas y por carecer de intercalaciones ofiolíticas (Ortega *et al.*, 1991). Por estas razones, se la refiere aquí a la Formación Los Sombreros, definida por Cuerda *et al.* (1983) en la Sierra del Tontal, con la que guarda es-

trechas semejanzas litoestratigráficas y además posee una edad comparable. Con este registro se amplía la distribución areal de esta formación, que se extiende en forma discontinua a lo largo de una franja de rumbo meridional por una distancia de casi 200 km a lo largo de la Precordillera Occidental (fig. 1).

La sucesión estratigráfica es tectónicamente compleja dado que presenta plegamiento intenso y algunas fallas inversas que la segmentan en al menos dos bloques. Escapa a los objetivos de este trabajo el análisis estructural detallado de la misma, por lo que nos limitaremos a una descripción general de las relaciones tectónicas mayores a fin de ubicar adecuadamente la secuencia de facies y los intervalos fosilíferos (fig. 3).

La unidad está limitada al este por una falla inversa de gran salto con vergencia al este (f1) que la pone en contacto con las areniscas permo-triásicas cartografiadas por Furque (1979) como Formación Ojo de Agua; al oeste está en contacto mediante falla inversa (f3) con la Formación Yerba Loca. Internamente presenta al menos una falla importante (f2), también inversa y con vergencia al este (figs. 2 y 3).

El primer bloque fallado, localizado entre f1 y f2, se inicia con alrededor de 120 m de pelitas gris oscuro a moradas, finamente laminadas a masivas, con evidencias de bioturbación y frecuentes concreciones de pirita en las que no se han encontrado fósiles. Las estructuras sedimentarias son poco evidentes por el fuerte clivaje de plano axial. Localmente se intercalan en esta sucesión capas delgadas de areniscas finas y hacia el techo se observa un incremento de la granulometría, desarrollándose cuerpos de areniscas masivas, lenticulares, que pueden alcanzar cerca de un metro de espesor.

En concordancia sobre la litofacies precedente, se desarrolla un intervalo de aproximadamente 100 m caracterizado por la presencia de bloques exóticos de diferente forma, tamaño y litología, contenidos en una matriz pelítica muy deformada. Se destaca por su magnitud un bloque de caliza de geometría tabular, de alrededor de 30 m de espesor por más de 200 m de longitud (bloque C-1 de la fig. 3). Este cuerpo está compuesto principalmente por una alternancia de calizas oscuras limosas y calcipelitas con estratificación fina; las capas calcáreas son portadoras de restos en general fragmentados y retrabajados de trilobites, hyolithidos y braquiópodos. En general, la mayoría de los bloques son angulosos a subangulosos, con dimensiones que oscilan entre 30-50 cm hasta 5 m de diámetro, y son de composición calcárea (p. ej. bloque C2, fig. 3). Menos frecuentemente hay bloques subredondeados de areniscas de color pardo. Este horizonte de bloques está bien desarrollado por encima del cuerpo calcáreo inferior. Desde el punto de vista sedimentológico, corresponde a depósitos caóticos de tipo F1, según la clasificación facial de Pickering *et al.* (1986).

Hacia arriba, los bloques se tornan mucho menos frecuentes y se desarrolla una secuencia de alrededor de 100 m de espesor constituida por pelitas laminadas y capas delgadas de areniscas finas, conteniendo las primeras abundantes clastos de chert bien redondeados, de 2 a 5 cm de diámetro que localmente forman capas conglomeráticas lenticulares. La parte superior de este intervalo, de carácter turbidítico, fue analizada en detalle por Astini (1988), quien diferenció dos asociaciones de facies que totalizan un espesor cercano a 60 m y que constituyen una secuencia estrato-creciente. La primera de ellas se compone de una alternancia de arenitas gruesas de color gris verdoso en capas tabulares de 10 a 100 cm de espesor y base neta, frecuentemente amalgamadas, que pasan hacia arriba a turbiditas finas con ciclos de Bouma truncados por el techo o la base. Este conjunto está constituido por ciclos menores estrato-decrecientes. Este autor reconoce además, una segunda asociación de facies que se intercala a distintos niveles de este intervalo, constituida por areniscas de poca continuidad lateral con laminación paralela, y areniscas tabulares con estratificación cruzada.

El segundo bloque fallado está limitado en su base por la falla inversa f2 que produce intensa deformación en las turbiditas arriba descritas. Está constituido por una secuencia predominantemente carbonática, de aproximadamente 250 m de potencia (intervalo C3, fig. 3). La sucesión se inicia con pelitas carbonosas finamente laminadas, con un espesor visible no superior a los 6 m. Luego continúan alrededor de 150 m de capas delgadas de mudstones de

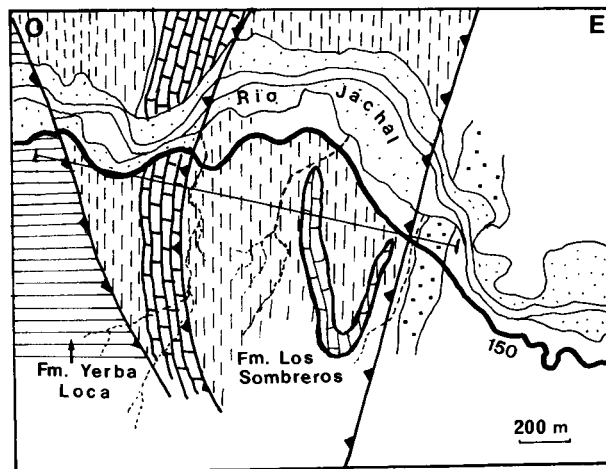


Fig. 2.—Mapa geológico esquemático del área estudiada y ubicación del perfil geológico de la figura 3.

color gris oscuro, alternantes con pelitas negras cuyo espesor no sobrepasa los 15 mm. Este tramo contiene una rica fauna de trilobites, algunos formando delgadas coquinas. El análisis facial y microfacial de esta sucesión calcáreo-pelítica fue realizado por Cabaleri (1989b). En forma transicional se pasa a una sucesión homogénea de calcipelitas de color oscuro, finamente laminadas, en capas de 5 a 20 cm de espesor, que contienen *Pentagnostus praecurrens* (Vaccari y Bordonaro, en prensa). La potencia de esta litofacies es cercana a los 100 m.

Por arriba continúa una secuencia de calizas de color gris claro, masivas, fuertemente fracturadas y diaclasadas, que están en contacto con las calcipelitas arriba descritas. Petrográficamente es un grainstone de selección moderada, con intraclastos micríticos redondeados, escasos ooides y fragmentos angulosos de cuarzo y niveles de brechas calcáreas. Estas son sucedidas por una alternancia de calizas oscuras y pelitas negras en bancos delgados y algunas capas de brechas calcáreas. La secuencia culmina con una alternancia de areniscas calcáreas, calcarenitas y calcilimolitas gradadas y laminadas, interpretadas como turbiditas delgadas mixtas (clástico-carbonáticas) por Ortega *et al.* (1991). De aquí proviene la rica graptofauna del Llanvirniano temprano descrita por estos autores.

La Formación Los Sombreros está limitada al oeste por una falla inversa que la pone en contacto con las leptometamorfitas de la Formación Yerba Loca (*sensu stricto*). En esta unidad los fósiles son escasos y mal preservados. Algunos kilómetros hacia el oeste, en el paraje Cuesta del Viento, Blasto y Ramos (1976) hallaron una graptofauna correspondiente a la Zona de *Nemagraptus gracilis*, del Llandeiliano tardío-Caradociano.

Contenido paleontológico y edad

En el perfil estudiado se han identificado diversas rocas fosilíferas localizadas entre la base y el techo del mismo. En esta reseña se analizará por separado el contenido paleontológico y las edades obtenidas para cada uno de los tramos de la sección limitados por fallas. El significado de estos datos será analizado en el punto siguiente.

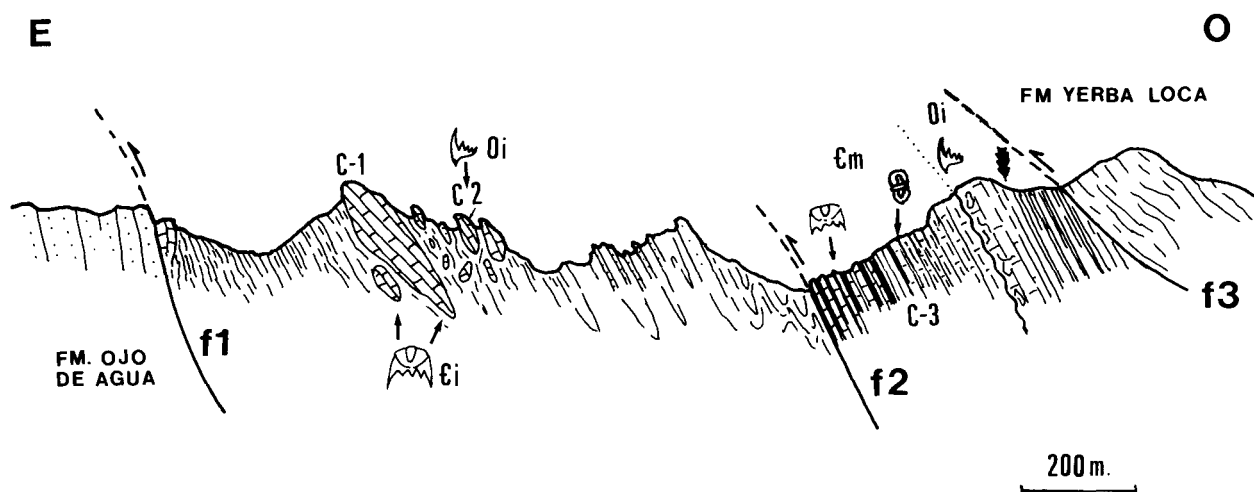


Fig. 3.—Perfil estratigráfico-estructural de la Formación Los Sombreros sobre el corte de la Ruta Nacional-150, visto hacia el sur, y localización de los niveles fosilíferos mencionados en el texto.

Fauna del complejo olistostrómico

El bloque de mayores dimensiones localizado cerca de la base de este complejo de bloques exóticos (Bloques C1 del perfil estratigráfico, fig. 3) contiene numerosos niveles de acumulaciones esqueléticas constituidos en general por fragmentos de valvas de braquiópodos articulados e inarticulados, trilobites e hyolítidos. También se encuentran cranioides y pigidios aislados, en general con buena preservación. Las formas identificadas son las siguientes (datos de Vaccari, 1987, ined.; Benedetto *et al.*, 1986 y Vaccari y Bordonaro, en prensa). Trilobites: *Olenellus?* sp., *Prozacanthoides* n.sp., *Prozacanthoides?* sp., *Sombrerella argentina* Vaccari y Bordonaro y *Zacanthoidae* indet. Braquiópodos: *Wimmanella catulus* Walcott y *Bicia?* sp. La asociación de trilobites puede ser referida con certeza al Cámbrico inferior tardío, ya que es típica de la Zona de *Olenellus* de Norteamérica.

Algunos metros por encima de este bloque se localizaron bloques de dimensiones más reducidas, también carbonáticos, litológicamente diferentes de las calizas cámbricas. En uno de ellos (C2) se obtuvo una conodontofauna en la que Sarmiento (*com. verb.*) identificó las siguientes formas: *Periodon flabellum* (Lindström), *Protopanderodus* sp., *Oistodus pseudoramis* Serpagli, *Drepanoistodus* sp. y *Cornodus* sp. Esta asociación es indicativa de una edad Ordovícica temprana (Arenigiano).

Fauna del bloque fallado occidental

Este intervalo de calizas y calcipelitas (C3) contiene cerca de su base una fauna constituida por *Olenoides* sp., Ptychopáridos indeterminados y algunos braquiópodos inarticulados. Aproximadamente 100 m por encima del nivel anterior se determinó una segunda fauna compuesta de *Zacanthoides* sp., *Kootenia* sp., *Chilometopus? tunelensis* Vaccari y Bordonaro y Ptychopáridos indet. Estos taxones permiten fijar una edad cámbrica media basal, aunque no es posible precisar la biozona correspondiente. El tercer horizonte fosilífero dentro de este intervalo se localiza en la facies de calcipelitas negras laminadas, cerca del techo del bloque y alrededor de 50 m por encima del nivel precedente. Aquí la fauna se compone exclusivamente de agnóstidos y pequeños braquiópodos inarticulados. Entre los primeros se ha identificado con certeza la especie *Pentagnostus praecurrens* (Westergard) (Vaccari y Bordonaro, en prensa). Su presencia permite asignar estos niveles al Cámbrico Medio temprano, correspondiente a la Zona de *Bathyriscus-Elrathina* del esquema bioestratigráfico norteamericano. Esto posibilita correlacionar este intervalo con los niveles superiores de la Formación La Laja, en la Sierra de Zonda, donde esta zona fue reconocida por Borrello (1964) y Bordonaro (1980). Es importante señalar además que estos niveles tienen la misma edad que las calizas portadoras de *Tonkinella stephensis* Kobayashi conteni-

das en la Formación Los Sombreros del flanco oriental de la Sierra del Tontal (Bordonaro y Baldis, 1987; Bordonaro y Banchig, 1990).

Las calizas y brechas calcáreas suprayacentes han proporcionado una fauna de conodontos que, de acuerdo a la identificación de Albanesi (*com. verb.*) está integrada por *Pteracontiodus cryptodens* (Mound), *Paroistodus originalis* (Sergeeva), *Drepanodus arcuatus* Pander, *Cornodus longibasalis* (Lindström) y *Lenodus* sp. Esta asociación es indicadora de una edad arenigiana tardía a llanvirniana temprana. Las turbiditas mixtas suprayacentes contienen algunos microfósiles redepositados (*Nuia* sp.) y una rica fauna de graptolitos estudiada recientemente por Ortega *et al.* (1991). Los taxones reconocidos por estos autores son: *Cryptograptus* cf. *antennarius* (Hall), *Isograptus caduceus* cf. *caduceus* (Salter), *Isograptus* sp. y *Oelandograptus austrodentatus americanus* (Bulman). Esta asociación indica la Zona de *Paraglossograptus tentaculatus*, de edad arenigiana tardía a llanvirniana temprana. Los autores citados, dada la presencia en la asociación de isograptidos, sinograptidos y abundantes ejemplares de *O. a. americanus*, sugieren una edad llanvirniana temprana para estos niveles.

Interpretación de la sección estratigráfica y de la secuencia de facies

De la descripción precedente se advierte que la secuencia estudiada es tectónicamente compleja y que participan de ella cuerpos de rocas carbonáticas de diferentes características litofaciales y edades, además de intervalos de turbiditas. Esto ha llevado a la elaboración de sucesivas interpretaciones de este perfil geológico. La primera de ellas se debe a Heim (1952) quien realizó un perfil a lo largo del río Jáchal y consideró a las rocas aquí descritas como una «morrena tectónica» de edad silúrica, sobre la cual, por medio de una falla inversa, cabalgan calizas ordovícicas; en discordancia sobre éstas ubica las rocas de la «Formación de Grauvaca» (=Formación Yerba Loca *sensu stricto*), considerada en esa época como de edad devónica.

Borrello (1969) reinterpreto la «morrena tectónica» de Heim como una secuencia de flysch psefítico tipo apenínico («wild flysch»). Furque (1979), en su descripción de la hoja geológica Jáchal, consideró a los cuerpos calcáreos expuestos en los túneles viales como escamas tectónicas de la Formación San Juan (Ordovícico temprano) emplazadas dentro de la Formación Yerba Loca. Finalmente García y Rosello (1984) postularon que los intervalos de caliza (que refieren a la Formación San Juan) se depositaron sincrónicamente con las sedimentitas de la Formación

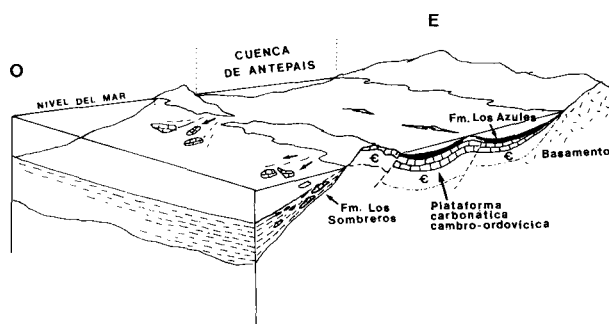


Fig. 4.—Modelo paleogeográfico para la Precordillera a la latitud de Jáchal durante el Llanvirniano temprano. En la plataforma carbonática se incluyen la formación San Juan (con trama) y las unidades carbonáticas infrayacentes (en blanco).

Yerba Loca, haciendo notar la aparente incongruencia entre las edades asignadas a ambas formaciones.

A partir de las evidencias paleontológicas obtenidas por los autores en los cuerpos carbonáticos y por Ortega *et al.* (1991) en los niveles turbidíticos superiores, se propone una nueva interpretación de las relaciones estratigráficas entre las calizas y las rocas clásticas interpuestas.

Tomada en su conjunto, la Formación Los Sombreros en el área del río Jáchal puede ser interpretada como una secuencia en su mayor parte turbidítica, generada durante el Arenigiano tardío-Llanvirniano temprano, en la que intermitentemente se sedimentaron bloques y megabrechas de variado tamaño y geometría. Esta interpretación se fundamenta principalmente en las características sedimentológicas del sector más oriental (entre las fallas f1 y f2) donde bloques de edad cámbrica temprana, con características de olistolitos, coexisten con bloques de distinta litología y edad, incluyendo bloques del Ordovícico temprano.

La interpretación de las relaciones estratigráficas del potente intervalo calcáreo C3 (fig. 3), localizado al oeste de la falla f2, merece un análisis particular, pues por su envergadura podría ser considerado como una escama tectónica interpuesta en la secuencia (*cf.* Furque, 1979). Como se estableció precedentemente, las calizas oscuras y calcipelitas son de edad cámbrica, mientras que las brechas calcáreas y calciruditas que las sobreyacen en contacto neto contienen conodontos del Arenigiano tardío-Llanvirniano temprano. Dado que en ningún sector de la cuenca se evidencia una discontinuidad estratigráfica semejante entre las rocas cámbricas y ordovícicas, se favorece aquí la hipótesis de que las calizas cámbricas fueron emplazadas por gravedad en el talud del Ordovícico temprano, y posteriormente fueron recu-

biertas por las brechas y turbiditas calcáreas propias de ese ambiente sedimentario. Estas representan también, aunque a menor escala, un aporte de materiales carbonáticos en la cuenca profunda. El contacto abrupto entre la base del bloque calcáreo y las turbiditas infrayacentes, habría actuado como superficie de despegue de la falla f2; no se descarta, sin embargo, que parte de la deformación intensa de las pelitas infrayacentes pueda ser de carácter sinsedimentario, debida a la cizalla producida durante el emplazamiento del bloque.

El emplazamiento de este bloque (al igual que los del olistostroma oriental) es obviamente sincrónico con las turbiditas y se produjo durante el Llanvirniano temprano. Esto es coherente con la interpretación de Astini (1988), quien estableció que la tendencia estratocreciente de la sucesión turbidítica que sobreyace el complejo de bloques inferior (C1, C2), puede ser explicada como una progradación del sistema en respuesta al efecto combinado del aumento de volumen de materiales clásticos aportados a la cuenca profunda y un descenso relativo del nivel del mar. Ambos factores, según este autor, estarían vinculados a la Orogenia Guandacólica.

Comparación con otras secuencias similares

En el flanco oriental de la Sierra del Tontal, aproximadamente a 170 km al sur del perfil estudiado, Cuérda *et al.* (1983) reconocieron una sucesión clástico-carbonática que constituye el estrato-tipo de la Formación Los Sombreros. En su localidad tipo (Quebrada Seca) y áreas adyacentes, esta unidad está constituida por calizas negras, calizas grises laminadas, brechas calcáreas, conglomerados e intervalos pelíticos, con un espesor cercano a los 1.000 m. Sus relaciones stratigráficas son tectónicas, estando la base en contacto con rocas devónicas y el techo con rocas ordovícicas de la Formación Portezuelo del Tontal. Originalmente esta secuencia fue referida al intervalo Tremadociano-Arenigiano en base a las graptofaunas contenidas en su tercio inferior (Cuerda *et al.*, 1985) pero el descubrimiento del trilobite *Tonkinella stephensis* en los niveles basales de la unidad (Bordonaro y Baldi, 1987) reveló la presencia de capas del Cámbrico medio. Recientemente, Bordonaro y Banchig (1990) reconocieron una unidad de 480 m de espesor que refieren a la Formación Los Sombreros. La misma está expuesta alrededor de 50 km al norte de la sección tipo, en la Quebrada Ojo de Agua, al sur de Pachaco (fig. 1). De acuerdo al análisis litofacial realizado por Banchig *et al.* (1990) la parte inferior de esta secuencia se compone de conglomerados resedimentados clasto-soportados, en general bien redondeados, en capas frecuen-

temente amalgamadas y con bases erosivas. Intercaladas entre los conglomerados, o suprayaciendo a éstos, también se presentan capas arenosas que incluyen areniscas resedimentadas con gradación normal, inversa-normal, entrecruzada o masivas (Banchig *et al.*, 1990). Hacia arriba dominan facies más finas, pelítico arenosas y calcáreas. Desde el punto de vista paleontológico, esta secuencia contiene numerosos trilobites de edad mesocámbrica (Bordonaro y Banchig, 1990), tales como *Tonkinella stephensis*, *Bathyriscus* aff. *rotundatus* (Rominger), *Glossopleura* aff. *leona* Lochman y *Kootenia* sp.

Un análisis de las facies de esta unidad y de su contenido paleontológico revela importantes semejanzas con la sección expuesta en el río Jáchal:

1. Por una parte, participan de la secuencia brechas y conglomerados con bloques resedimentados interpuestos entre capas turbidíticas. Estas facies están presentes en la sección de Quebrada del Salto (Fernández *et al.*, 1987) y la de Quebrada Ojo de Agua (Banchig *et al.*, 1990). En esta última se describen clastos de hasta 30 cm de diámetro de cuarzo, metacuarcita, rocas cristalinas de grano grueso, gneises, esquistos y caliza, y algunas capas están constituidas por conglomerados de bloques calcáreos de hasta 3 m de diámetro. Además de las evidencias sedimentológicas, la existencia de bloques de diferente edad está corroborada por los datos paleontológicos. El nivel 5 de la sección de Ojo de Agua, por ejemplo, es una caliza que contiene *Glossopleura* aff. *leona*, de edad más antigua que las trilobitofaunas de los niveles infrayacentes, por lo que Bordonaro y Banchig (1990: 35) interpretaron a este cuerpo calcáreo como un bloque alóctono deslizado desde el frente de la plataforma en estado semiconsolidado.

2. En los perfiles de la Sierra del Tontal (Quebrada del Salto) los niveles calcáreos cámbricos con *Tonkinella stephensis* son sucedidos concordantemente por limolitas calcáreas que en su base llevan un conglomerado de clastos de caliza de 8 m de espesor. El interés de este intervalo radica en que contiene una graptofauna ordovícica que incluye formas que indican edades comprendidas entre el Arenigiano y el Caradociano temprano (Cuerda *et al.*, 1986). En la sección tipo (Quebrada Seca), calizas de supuesta edad cámbrica son sucedidas por niveles de brechas calcáreas y pelitas que contienen graptolitos del Ordovícico temprano (Cuerda *et al.*, 1986).

3. Por último, cabe hacer notar que las litofacies de calcarenitas gradadas y de brechas calcáreas, que en la sección tipo de la Formación Los Sombreros infrayacen a las calizas con *Tonkinella*, contienen abundantes ejemplares de *Nuia* en la población de bioclastos (Fernández *et al.*, 1987). Este microfósil también está presente en las areniscas híbridas del techo

de la Formación Los Sombreros, y es un componente muy frecuente de la Formación San Juan, de edad eo-ordovícica (Ortega *et al.*, 1991).

En síntesis, existen diversas evidencias que indican que la unidad expuesta en la Sierra de Yerba Loca es genéticamente similar a la Formación Los Sombreros en la Sierra del Tontal y, en ambos casos, los cuerpos calcáreos cámbricos participan, junto con otros bloques exóticos, como bloques resedimentados dentro de una secuencia turbidítica ordovícica.

Significado de los complejos de bloques resedimentados

Los depósitos de la Formación Los Sombreros en el área del río Jáchal fueron interpretados originalmente como depósitos de abanicos turbidíticos en los que participan secuencias de lóbulos de abanico submarino progradantes y complejos olistostrómicos (Vaccari, 1987, inéd.). Los bloques exóticos cámbricos y ordovícicos contenidos en estos últimos se habrían emplazado a partir de flujos de gravedad generados durante un descenso relativo del nivel del mar (*op. cit.*: 13). En un trabajo más reciente (Astini, 1988), referido en particular a las turbiditas del bloque oriental, se estableció que esta secuencia puede corresponder a un apilamiento de lóbulos asociado con facies tractivas de ciclos de compensación, en un ambiente de abanico externo. Este autor precisa asimismo que la procedencia de los sedimentos fue desde el Este. Una dirección de paleocorrientes similar (desde el E-NE) fue determinada por Banchig *et al.* (1990) en las areniscas entrecruzadas de la base de la sección de la Formación Los Sombreros.

Dada la naturaleza polimíctica del olistostroma y la edad más joven de las rocas que contienen los bloques, no es posible interpretar a esta secuencia únicamente como deslizamientos gravitacionales de materiales parcialmente litificados, desprendidos del talud o del borde de la plataforma. Esto posiblemente sólo es válido para los bloques de calizas ordovícicas que participan del olistostroma y para las calcarenitas y la fracción carbonática de las areniscas híbridas de los términos superiores de la Formación (Ortega *et al.*, 1991). Por el contrario, la presencia de bloques de areniscas (o metacuarcitas) revela la redeposición en la cuenca profunda de elementos extracuencales. Esto es particularmente evidente en la sección de la Formación Los Sombreros en la Quebrada Ojo de Agua, donde hay un porcentaje elevado de clastos de basamento, cuya presencia indujo a Banchig *et al.* (1990: 30) a postular como alternativa, que en una época de mar bajo, el nivel de erosión alcanzó un sustrato no calcáreo. La presencia de bloques gigantes de calizas cámbricas en la sucesión eo-or-

dovícica, reafirma esta conclusión y revela que localmente las rocas de esta edad constituyeron la principal fuente de materiales.

Sobre la base de estas evidencias se postula que el emplazamiento de las brechas calcáreas (bien desarrolladas en los afloramientos de la Quebrada Caracol) y bloques alóctonos de basamento, de calizas cámbricas y calizas ordovícicas, es el resultado del arqueamiento y erosión del borde de la plataforma, asociado con un brusco aumento de la pendiente del talud sobre la cual se deslizaron los bloques. Esta flexura se habría iniciado en el Ordovícico temprano (Arenigiano-Llanvirniano) y habría sido determinada primariamente por una tectónica compresiva que expuso a la erosión elementos del basamento y su cobertura de calizas cámbricas. Este proceso, que presentaría el inicio de la destrucción del margen pasivo, debió iniciarse en la periferia de la plataforma por cuanto no hay evidencias de paleovalles encajados («incised valleys») en el sector oriental de la plataforma carbonática ordovícica, que actuaran como canales alimentadores de la cuenca turbidítica. El desarrollo de un arqueamiento periférico («peripheral bulge or swell») en el borde de la plataforma (Read, 1982, 1984; Robertson, 1987; Patton y O'Connor, 1988; Watts y Blome, 1990) implicó un cambio importante en la paleogeografía y direcciones de aporte de los sedimentos. Por un lado, un volumen importante de materiales preordovícicos fue erosionado y redepositado hacia el oeste en dirección de la cuenca profunda. Por el otro, en sectores próximos al arqueamiento, pero no expuestos a la erosión, pudo continuar en forma ininterrumpida la producción de carbonatos.

Un hecho significativo surge de la correlación de las calciturbiditas del Llanvirniano temprano (Zona de *P. tentaculatus*) del área estudiada y las secuencias de la Precordillera Oriental (Ortega, 1987, inéd.; Benedetto *et al.*, 1991). En éstas, la base del Llanvirniano coincide aproximadamente con la finalización de la sedimentación carbonática (Formación San Juan) y el tránsito rápido a facies de pelitas negras (Formaciones Los Azules y Gualcamayo). A la luz de nuestra interpretación, este fenómeno estaría vinculado directamente con la emergencia de gran parte de la periferia de la plataforma, que habría tenido el efecto de restringir la circulación marina y de producir el ingreso a la cuenca de un importante volumen de materiales clásticos desde el oeste. De este modo, a partir del Llanvirniano temprano se habría comenzado a definir una cuenca de antepaís hacia el este de la flexura periférica (fig. 4) que evolucionó progresivamente durante el resto del Ordovícico, Silúrico y Devónico. Hacia el oeste de la misma, la sedimentación habría continuado hasta fines del Ordo-

vítico con la potente secuencia turbidítica de la Formación Yerba Loca (*sensu stricto*).

Referencias

- Astini, R. A. (1988). Consideraciones sedimentológicas de la Formación Yerba Loca, Ordovícico de la Precordillera Argentina. *II Reunión Argentina de Sedimentología*, Actas 11-15.
- Baldis, B. A., Beresi, M., Bordonaro, O. y Vaca, A. (1982). Síntesis evolutiva de la Precordillera Argentina. *V Congreso Latinoamericano de Geología*, 4, 399-445, Buenos Aires.
- Banchig, A. L., Milana, J. P. y Bordonaro, O. L. (1990). Litofacias clásicas de la Formación Los Sombreros (Cámbrico medio) en la Quebrada Ojo de Agua, Sa. del Tontal, San Juan. *III Reunión Argentina de Sedimentología*, Actas, 25-30.
- Benedetto, J. L., Vaccari, N. E. y Herrera, Z. (1986). El hallazgo de rocas cámbricas fosilíferas al oeste de Jáchal, provincia de San Juan. *IV Congreso Argentino Paleontología y Bioestratigrafía*, Actas, I, 29-30.
- Benedetto, J. L., Herrera, Z. y Ortega, G. (1991). Bioestratigrafía del Ordovícico en el flanco occidental del Cerro Potrerillo, provincia de San Juan. *Revista Asociación Geológica Argentina*, 46, 60-68.
- Blasco, G. y Ramos, V. (1976). Graptolitos caradocianos de la Formación Yerba Loca y del Cerro La Chilca, Dpto. Jáchal, provincia de San Juan. *Ameghiniana*, 13, 312-322.
- Bordonaro, O. (1980). El Cámbrico en la Quebrada de Zonda, provincia de San Juan. *Revista Asociación Geológica Argentina*, 35, 26-40.
- Bordonaro, O. y Baldis, B. A. (1987). *Tonkinella stephensis* (Trilobita) en el Cámbrico medio de la Sierra del Tontal, San Juan, Argentina. *IV Congreso Latinoamer. Paleontología*, I, 5-15.
- Bordonaro, O. y Banchig, A. L. (1990). Nuevos trilobites del Cámbrico medio en la Quebrada Ojos de Agua, Sierra de Tontal, San Juan (Argentina). *V Congreso Argentino Paleontología y Bioestrat.*, I, 31-37.
- Borrello, A. (1964). Sobre la presencia del Cámbrico inferior olenellidiano en la Sierra de Zonda, Precordillera de San Juan. *Ameghiniana*, 3, 313-318.
- Borrello, A. (1969). Los geosinclinales de la Argentina. *Anales Dirección Nacional de Geología y Minería*, 14, 1-188.
- Cabaleri, N. G. (1989a). Asociación faunística de la secuencia carbonato-clástica de la localidad de Los Túneles (Jáchal, provincia de San Juan, Argentina). *I. Reunión Intern. Proyecto 270, Instituto Superior de Correlación Geológica*, Ser. 5, 137-143.
- Cabaleri, N. G. (1989b). Fluctuaciones paleoambientales como microeventos dentro del Cámbrico de la Precordillera Central de Jáchal. *Ibid.*, 145-162.
- Cuerda, A., Cingolani, C. y Varela, R. (1983). Las graptofaunas de la Formación Los Sombreros, Ordovícico inferior de la Sierra de Tontal, Precordillera de San Juan. *Ameghiniana*, 30, 239-260.
- Cuerda, A., Cingolani, C., Varela, R., Schauer, O., Baldis, B. y Bordonaro, O. (1985). Hallazgo de sedimentitas cámbricas fosilíferas en la Sierra de Tontal (Precordillera de San Juan). *Ameghiniana*, 22, 281-282.
- Cuerda, A., Cingolani, C., Varela, R., Schauer, O., Baldis, B. y Bordonaro, O. (1986a). Presencia del Cámbrico en el flanco oriental de la Sierra de Tontal, río de Los Sombreros, San Juan. *I Jornadas Geología de la Precordillera*, 18-23.
- Cuerda, A., Cingolani, C., Varela, R. y Schauer, O. (1986b). Cámbrico y Ordovícico en la Precordillera de San Juan: Formación Los Sombreros. Ampliación de su conocimiento bioestratigráfico. *IV Congreso Argentino Paleontología y Bioestrat.*, I, 5-17.
- Cuerda, A., Cingolani, C., Schauer, O. y Varela, R. (1986c). Bioestratigrafía del Ordovícico (Llanvirniano-Llandeiliano) de la Sierra del Tontal, Precordillera de San Juan. Descripción de su fauna graptolítica. *Ameghiniana*, 23, 3-33.
- Cuerda, A., Cingolani, C., Varela, R. y Schauer, O. (1987). Graptolitos ordovícicos del «Grupo Villavicencio» flanco sudoriental de la Sierra del Tontal en el área de Santa Clara, Precordillera de San Juan-Mendoza, República Argentina. *IV Congreso Latinoamericano de Paleontología*, I, 111-118.
- Fernández, A. E., Bercowski, F. y Cuerda, A. (1987). Litofacias y paleoambiente del Cámbrico medio de la Formación Los Sombreros, Sierra del Tontal, Precordillera de San Juan, Argentina. *X Congreso Geológico Argentino*, II, 111-118.
- Furque, G. (1963). Descripción geológica de la Hoja 17B Guandacol (provincia de La Rioja, provincia de San Juan). *Dir. Nacional de Geología y Minería*, Bol. 92.
- Furque, G. (1979). Descripción geológica de la Hoja 18C Jáchal, Provincia de San Juan. *Bol. Servicio Geológico Nacional*, 164, 1-79.
- Furque, G. y Cuerda, A. (1979). Precordillera de La Rioja, San Juan y Mendoza. En: *II Simp. Geología Regional Argentina*, Acad. Nacional de Ciencias, 455-522, Córdoba.
- García, H. y Rosello, E. (1984). Dos observaciones en el Ordovícico de la Precordillera Sanjuanina. *Revista Asociación Geológica Argentina*, 39, 174-177.
- Heim, A. (1952). Estudio tectónico en la Precordillera de San Juan, Jáchal y Huaco. *Revista Asociación Geológica Argentina*, 7, 11-70.
- Ortega, G. (1987). *Las graptofaunas y los conodontes de la Formación Los Azules, Cerro Viejo, Zona de Huaco, Departamento Jáchal, San Juan*. Univ. Nac. Córdoba, Tesis Doctoral, 209 págs. (inéd.).
- Ortega, G., Brussa, E. y Astini, R. (1991). Nuevos hallazgos de graptolitos en la Formación Yerba Loca y su implicancia estratigráfica (Precordillera de San Juan, Argentina). *Ameghiniana*, 28: 163-178.
- Patton, T. L. y O'Connor, S. J. (1988). Cretaceous flexural history of northern Oman Mountains foredeep, United Arab Emirates. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 72, 797-808.
- Pickering, K., Stow, D., Watson, M. y Hiscott, R. (1986). Deep-water facies, processes and models: A review and classification scheme for modern and ancient sediments. *Earth-Science Rev.*, 23, 75-174.
- Ramos, V., Jordan, T. E., Allmendinger, R., Kay, S., Cortés, J. M. y Palma, M. (1984). Chileña: Un terreno alóctono en la evolución paleozoica de los Andes Centrales. *IX Congreso Geológico Argentino*, II, 84-106.
- Read, J. F. (1982). Carbonate platforms of passive (extensionally) continental margins: types, characteristics and evolution. *Tectonophysics*, 81, 195-212.

- Read, J. F. (1984). Carbonate platform facies models. *Amer. Asoc. Petrol. Geol. Bull.*, 69, 1-21.
- Vaccari, N. E. (1987). *Perfil geológico a lo largo del río Jáchal al oeste de la Quebrada Caracol (Sierra de Los Túneles), Departamento Jáchal, provincia de San Juan.* Univ. Nac. Córdoba, Trabajo final de Grado (inéd.).
- Vaccari, N. E. (1988). Primer hallazgo de trilobites del Cámbrico inferior en la Provincia de La Rioja (Precordillera Septentrional). *Revista Asociación Geológica Argentina*, 43, 558-561.
- Vaccari, N. E. (1989). *Trilobitofaunas Cambro-Ordovícicas de las facies calcáreas del norte de la Precordillera (provincias de San Juan y La Rioja).* CONICET, Informe inédito, 48 págs.
- Vaccari, N. E. y Bordonaro, O. (en prensa). Trilobites en los olistolitos cámbricos de la Formación Los Sombros (Ordovícico), Precordillera de San Juan, Argentina. *Ameghiniana*.
- Watts, K. F. y Blome, C. D. (1990). Evolution of the Arabian carbonate platform margin slope and its response to orogenic closing of a Cretaceous ocean basin, Oman. *Internat. Assoc. Sediment., Special Publ.*, 9, 291-323.

Recibido el 30 de junio de 1992
Aceptado el 12 de enero de 1993