

ANÁLISIS DE PALEODIRECCIONES EN LAS BRECHAS CARBONÁTICAS Y CONGLOMERADOS DEL TALUD CONTINENTAL ORDOVICÍCO. PRECORDILLERA OCCIDENTAL, SAN JUAN

UBICACIÓN *Isfania CONGRESO*

Aldo Luis Banchig * Pablo Andrés Ormeño ** Claudio Guillermo Lucero **

(*) UNSJ - CONICET

(**) UNSJ: Fac.Cs.Exac., Fís. y Nat., Cereseto y Meglioli, 5401 Rivadavia, San Juan.

ABSTRACT. Western Precordillera, facies of slope paleoenvironments distributed in San Juan Province have been studied in the Invernada Range, Quebrada de los Ratones, Quebrada de Ojos de Agua and Los Sombreros place. Orientation of major axes (a) have been determined in pebbles and boulders of breccias and conglomerates.

The analysis of the data indicate a paleoslope direction from East to West. This is confirmed by the composition of clasts of breccias and conglomerates coming from a carbonatic shelf and cratogenic metamorphic areas (Eastern Precordillera and Pampeanas Ranges). Wavy form originated in the breccia by a sinsedimentary process and a analysis of conglomerate fabric, which indicate the mechanism of the depositional agent, have given origin in to the bimodal distribution of paleodirections, opposite to the general slope direction. All these processes are related to a descent of sea level which could not be dated due to the lack of enough paleontologic data.

ESTRATIGRAFIA

Introducción: Este trabajo presenta la primera fase del estudio de paleodirecciones a través de la medición de clastos de brechas carbonáticas y conglomerados correspondientes a sedimentos de edad Ordovícico inferior y medio, que afloran en el borde oriental de la Precordillera Occidental y de Norte a Sur constituyen las Formaciones: La Invernada-Qa. de Los Ratones-Los Sombreros. Tectónicamente obliterados en la base y techo, forman afloramientos aislados acunados en el sentido del rumbo. Ver Fig. 1

Características litoestratigráficas

Formación Sierra de La Invernada (Localidad Sa. de La Invernada) Fig. 1

Instituida por Furque, (1983), está formada por una sucesión de sedimentos silicoclásticos que constituyen ritmos turbidíticos y capas alternantes de pelitas, wackes y calizas. Areniscas cuarzosas medianas a gruesas asociadas a niveles conglomerádicos granosostenidos, constituyen paquetes de estratos de espesores grandes (mayor de 50 cm), amalgamados la mayoría de las veces, con pocas estructuras

sedimentarias internas visibles destacándose en la columna estratigráfica como potentes bancos bien cementados. En la distribución de las litofacies que componen la columna de la Formación Sa. de La Invernada se destaca una alóctona: brechas carbonáticas, constituidas básicamente por clastos y bloques de composición carbonática y clastos de origen metamórfico en menor proporción.

El contenido fosilífero de la Formación La Invernada es básicamente graptolítico y permite establecer un rango de edades que va desde el Llanvirniano al Caradociano, (Caballé, et.al. 1992).

Formación Los Ratones (Localidad Qa. de Los Ratones), Fig. 1

Nombre formacional propuesto por Banchig, (1992,a) a los afloramientos en la Qa. homónima y están constituidos por una serie de sedimentos autóctonos y alóctonos con características paleoambientales de cañón submarino. Se han distinguido las siguientes facies: A) Conglomerados; B) Areniscas; C) Lutitas; D) Bloques y olistolitos. La secuencia de Los Ratones se caracteriza por poseer niveles conglomerádicos lenticulares aislados con espesores que no sobrepasan la decena de metros, y están totalmente rodeados por sedimentos pelíticos y areniscosos deformados en su mayoría. Del mismo modo se detectaron bloques y olistolitos de arenisca cementada y olistolitos calcáreos. Las facies de areniscas están restringidas a la parte superior de la secuencia constituyendo intercalaciones monótonas con areniscas finas y lutitas formando ritmos turbidíticos (Banchig, (1992,a).

Esta secuencia forma parte de la franja de afloramientos con características paleoambientales de talud continental. En ella no se han hallado fósiles (a excepción de los encontrados en los bloques carbonáticos), pero se establece una correlación litológica y se consideran arbitrariamente coetáneos con los demás afloramientos estudiados.

Formación Los Sombreros (Localidad Qa. Ojos de Agua), Fig. 1

Se asignó este nombre formacional a estos afloramientos por correlación cronológica y litológica con los sedimentos de

la localidad de Los Sombreros (Banchig y Bordonaro, 1990; Banchig 1992,b). Está constituida por litofacies alóctonas de carbonatos y lutitas negras intercaladas y ocasionalmente niveles de arenisca fina cuarzosa.

Las facies autóctonas están formadas por grandes espesores de conglomerados grano sostenidos (aprox. 100m), formados por clastos y bloques de origen metamórfico, presentan bases erosivas y techos irregulares, forman paquetes sedimentarios amalgamados, y están asociados transicionalmente a facies arenosas y de grainstones carbonáticos. Un brusco cambio entre las facies carbonáticas y arenosas está marcado por la aparición de niveles de brechas carbonáticas de 2 a 5m de espesor. Las facies calcáreas presentan un notable contenido paleontológico básicamente de trilobites de edad Cámbrico medio, (Bordonaro y Banchig, 1990) los que ahora son considerados como alóctonos. Recientemente se ha encontrado en lutitas negras, una fauna de graptolites de edad Arenigiano-basal. Según estudios expeditivos de los autores se han clasificado las siguientes especies: *Tetragraptus approximatus*, *Tetragraptus quadribrachiatus*, *Araneograptus murray*, *Tetragraptus sp.*, *Didymograptus sp.* cuya fauna no puede establecerse con certeza respecto a su autoctonía o aloctonía.

Formación Los Sombreros (Localidad de Los Sombreros), Fig. 1

Nombre formacional instituido por Cuerda *et al.* (1983) para designar una secuencia sedimentaria constituida por carbonatos con características paleoambientales de talud. La columna estratigráfica de base a techo está representada por carbonatos micríticos con intercalaciones lutíticas negras fósiles en las cuales los autores han encontrado graptolites en la base de la secuencia en pobre estado de conservación (en estudio), esto permite considerar de edad ordovícica a toda la secuencia. Los packstones fosilíferos con faunas de trilobites de edad Cámbrico medio (Cuerda *et al.*, 1985), pueden ser reinterpretados como sedimentos alóctonos. Hacia la mitad de la columna estratigráfica las intercalaciones de lutitas y calizas son notablemente regulares alternando a veces con bancos de microbrechas que aumentan su frecuencia y espesor para concluir en un nivel de brecha carbonática de aproximadamente 10m de espesor, al que se superpone otro nivel de brecha carbonática de unos 5m de espesor y bloques de caliza en sedimentos lutíticos con graptolites de edad llanvirniano-llandeiliano. La secuencia concluye con intercalaciones de calizas oolíticas y lutitas; el techo está cortado por falla inversa que repite la secuencia.

Metodología y fundamentos

En las localidades anteriormente enunciadas se procedió a realizar mediciones de paleocorrientes para obtener las direcciones de aporte y flujo sobre el talud, datos que aportan una valiosa herramienta para la interpretación de la paleogeografía. Se ha observado en todos los afloramientos la existencia destacada de brechas carbonáticas, éstas presentan como característica fundamental una gran extensión areal y se consideran como niveles aproximadamente sincrónicas.

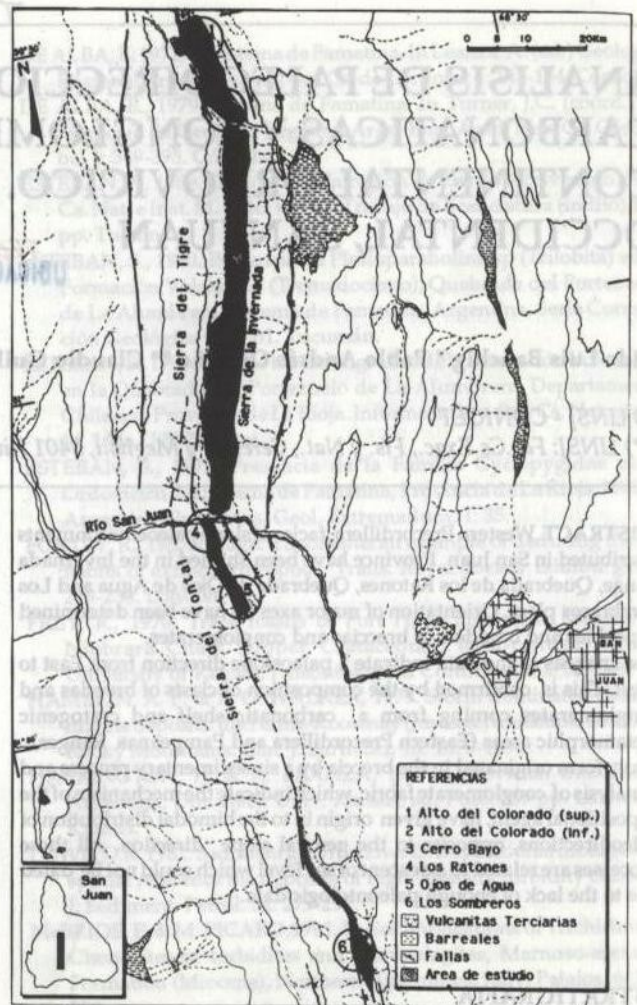


Figura 1: Mapa de ubicación y distribución de afloramientos.

Por ello, la determinación de paleocorrientes de este tipo de sedimentos permite interpretar la paleogeografía de una extensa zona del talud en un período cronológico determinado.

Del mismo modo se eligieron principalmente depósitos sedimentarios cuyas características sedimentarias evidencian procesos de sedimentación rápidos representados por depósitos conglomerádicos, caracterizados por direcciones de aporte y corrientes lineales.

En todos los depósitos referidos, se han tomado 10 a 20 datos de inclinación y dirección de inclinación de los ejes mayores de clastos y bloques en cada nivel considerado. En cada uno de ellos se eligieron los clastos mejor expuestos y conservados ya que es común hallar clastos cortados por superficies de erosión o diaclasamiento, que ocasionaría errores en la toma de datos.

Una vez obtenidos los valores de inclinación y dirección de inclinación, se procesaron los datos a través de un programa simple de qbasic (Milana y Cevallos, 1992), para restituirlos a su posición original. Estos fueron representados en redes polares, ponderando los valores de azimut y determinando la distribución de cada moda en forma gráfica. (Fig. 2-3-4.)

ALTO DEL COLORADO

Co. MOLLE NORTE

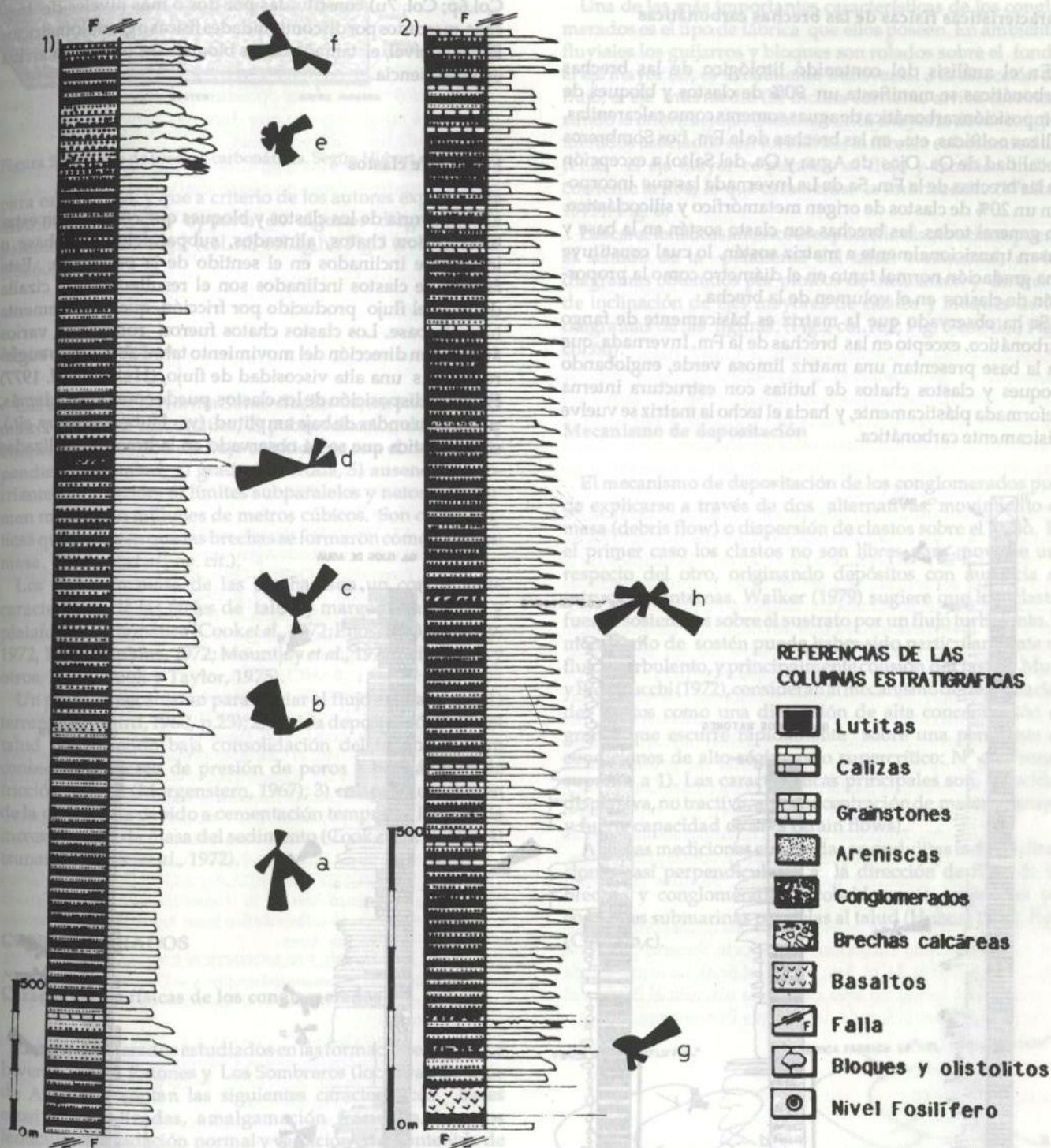


Figura 2: Col.1) Perfil columnar Alto del Colorado. (a, b, c, d, e, f)
Col. 2:) Perfil columnar Co. Molle Norte. (g, h)

BRECHAS CARBONÁTICAS

Características físicas de las brechas carbonáticas

En el análisis del contenido litológico de las brechas carbonáticas se manifiesta un 90% de clastos y bloques de composición carbonática de aguas someras como calcarenitas, calizas oolíticas, etc., en las brechas de la Fm. Los Sombreros (localidad de Qa. Ojos de Agua y Qa. del Salto) a excepción de las brechas de la Fm. Sa. de La Invernada las que incorporan un 20% de clastos de origen metamórfico y silicoclástico. En general todas las brechas son clasto sostén en la base y pasan transicionalmente a matriz sostén, lo cual constituye una gradación normal tanto en el diámetro como la proporción de clastos en el volumen de la brecha.

Se ha observado que la matriz es básicamente de fango carbonático, excepto en las brechas de la Fm. Invernada, que en la base presentan una matriz limosa verde, englobando bloques y clastos chatos de lutitas con estructura interna deformada plásticamente, y hacia el techo la matriz se vuelve básicamente carbonática.

En algunos intervalos de 3 ó 4 m de espesor se detectaron secuencias compuestas gradadas, amalgamadas, (Col. 3i; Col. 6p; Col. 7u) constituidas por dos o más niveles de brechas, marcados por discontinuidades físicas o granulométricas. En cada nivel, el tamaño de los bloques decrece hacia arriba en la secuencia.

Fábrica de clastos

La mayoría de los clastos y bloques que constituyen estas brechas son chatos, alineados, subparalelos a la base o levemente inclinados en el sentido de la pendiente. Esta fábrica de clastos inclinados son el resultado de la cizalla dentro del flujo producido por fricción, que se incrementa hacia la base. Los clastos chatos fueron rotados en varios ángulos en dirección del movimiento talud abajo. Esto sugiere además una alta viscosidad de flujo, (Hubert *et al.* 1977) Fig. 5. La disposición de los clastos puede constituir, además, pliegues u ondas de baja amplitud, (ver Hubert *et al.*, *op. cit.*), característica que se ha observado en la brechas analizadas

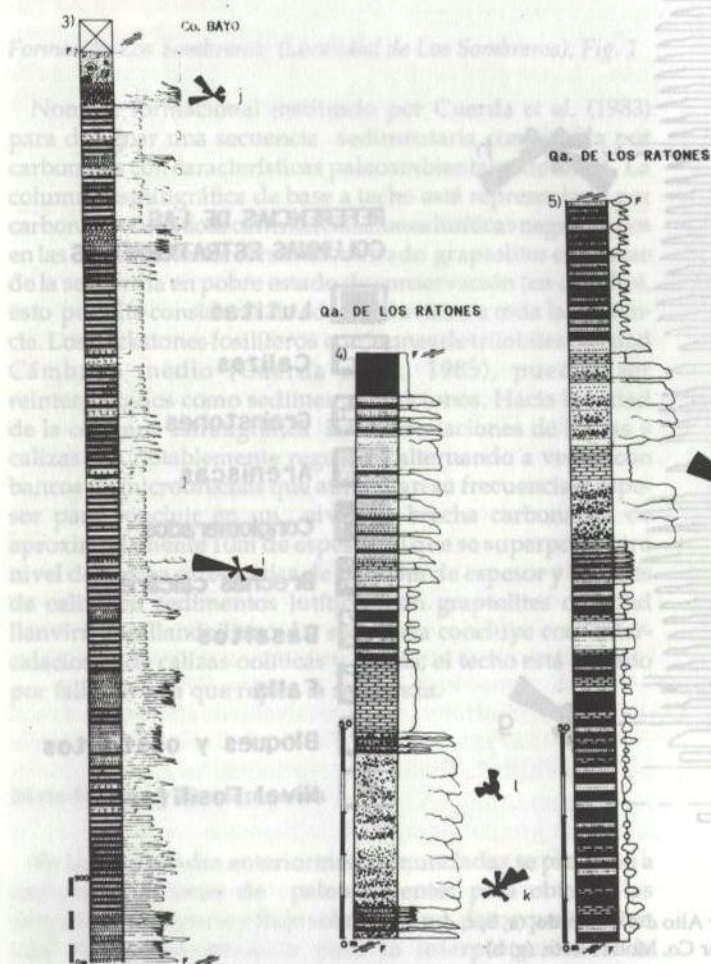


Figura 3: Col.3) Perfil columnar Co. Bayo. (i, j)
Col. 4) - 5) Perfil columnar Qa. de los Ratones (k, l, m)

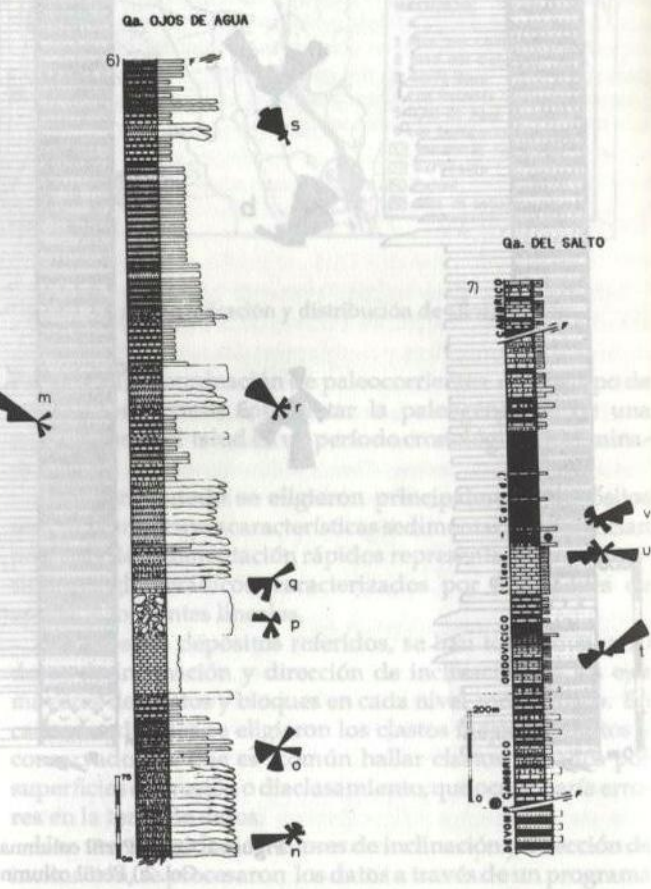


Figura 4: Col.6) Perfil columnar Ojos de Agua. (n, o, p, q, r, s) Col. 7) Perfil columnar Qa. del Salto (Los Sombreros). (t, u, v) Según Cuerda et al. (1986)

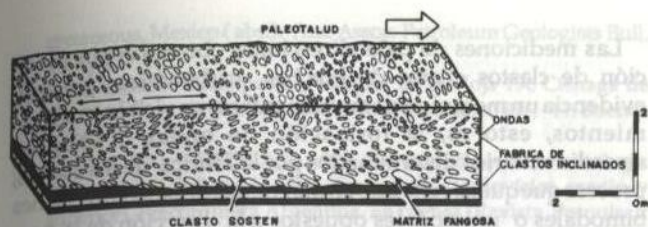


Figura 5: Fábricas de brechas carbonáticas. Según Hubert et al. (1977)

para este trabajo, y que a criterio de los autores explicaría la distribución bipolar opuesta de algunos diagramas de paleodirecciones. Fig.2 (col.1d; col.2g,h), Fig.3 (col.3i), Fig.4 (col.6o; 7t,u,v).

Mecanismo de Flujo

Las brechas de las formaciones citadas tienen en común: 1) matriz terrígena-carbonática, 2) pobre selección de clastos y bloques, 3) dirección de flujo coincidente con el sentido de pendiente del talud, 4) gradación cruda, 5) ausencia de corrientes de tracción, 6) límites subparalelos y netos, 7) volumen medido en millones de metros cúbicos. Son características que sugieren que las brechas se formaron como flujos en masa. (Hubert et al., op. cit.).

Los flujos en masa de las brechas son un componente característico de las facies de talud y margen continental y plataforma carbonática (Cook et al., 1972; Enos, 1973; Hendry, 1972, 1973; Hopkins, 1972; Mountjoy et al., 1972; Srivastava y otros, 1972; Cook y Taylor, 1975).

Un posible mecanismo para iniciar el flujo en masa son: 1) terremotos (Baird, 1960, p.23); 2) rápida deposición sobre el talud produciendo baja consolidación del fango con un consecuente exceso de presión de poros y bajo ángulo de fricción interna (Morgenstern, 1967); 3) colapso del margen de la plataforma debido a cementación temprana localizada incrementando la masa del sedimento (Cook et al., 1972) y 4) tsunamis (Cook et al., 1972).

CONGLOMERADOS

Características físicas de los conglomerados

Los conglomerados estudiados en las formaciones Sa. de La Invernada, Los Ratones y Los Sombreros (localidad de Ojos de Agua), presentan las siguientes características: bases erosivas canalizadas, amalgamación frecuente, cuerpos lenticulares, gradación normal y variación en el contenido de matriz, observándose un pasaje desde conglomerados clasto sosten con un 10% de matriz arenosa en la base de las canalizaciones, a conglomerados grano sosten con un 30-49% de matriz arenosa hacia la parte superior del nivel conglomerádico. Composicionalmente los conglomerados están constituidos en un 90% por clastos y bloques de origen metamórfico (esquistos, gneis, metacuarcitas etc.).

Fábrica

Una de las más importantes características de los conglomerados es el tipo de fábrica que ellos poseen. En ambientes fluviales los guijarros y bloques son rodados sobre el fondo, el eje mayor (a), es usualmente transversal a la dirección del flujo, el eje intermedio (b) inclina corriente arriba caracterizando la imbricación. Asimismo en la mayoría de los conglomerados asociados con turbiditas, la fábrica es bastante diferente, el eje mayor es paralelo al flujo y también inclina corriente arriba, lo que caracteriza la imbricación. (Walker, 1979). Fig. 6.

Las características anteriores explican la distribución opuesta al sentido de la pendiente del talud continental, en los diagramas obtenidos por ploteos de inclinación y dirección de inclinación de ejes mayores de clastos y bloques de los diagramas de las figuras: (Fig.2 col.1e,f; Fig. 3 col.4k,l; Fig.4 col.6q).

Mecanismo de depositación

El mecanismo de depositación de los conglomerados puede explicarse a través de dos alternativas: movimiento en masa (debris flow) o dispersión de clastos sobre el lecho. En el primer caso los clastos no son libres para moverse uno respecto del otro, originando depósitos con ausencia de estructuras internas. Walker (1979) sugiere que los clastos fueron sostenidos sobre el sustrato por un flujo turbulento. El mecanismo de sostén puede haber sido particularmente un fluido turbulento, y principalmente colisión de clastos. Mutti y Ricci Lucchi (1972), consideran al mecanismo de depositación de clastos como una dispersión de alta concentración de granos que escurre rápidamente sobre una pendiente en condiciones de alto régimen (o supercrítico: N^* de Froude superior a 1). Las características principales son, velocidad dispersiva, no tractiva, alta concentración de material grueso y fuerte capacidad erosiva (grain flows).

Algunas mediciones efectuadas en ondulitas indican direcciones casi perpendiculares a la dirección de flujo de las brechas y conglomerados, probablemente originadas por corrientes submarinas paralelas al talud (Hubert 1977), Fig.2 (Col.1a,b,c).

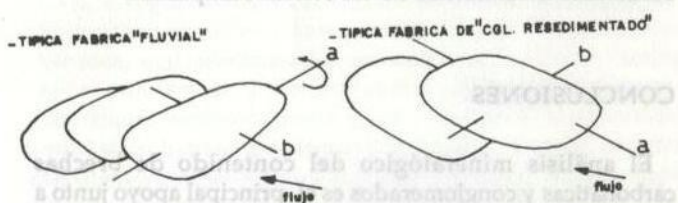


Figura 6: Fábrica de conglomerados. Según Walter (1979).

CONSIDERACIONES PALEOAMBIENTALES Y PALEOGEOGRAFICAS

Un análisis del rango cronológico en el que se desarrollaron las brechas carbonáticas en la Formación La Invernada está comprendida entre el Llanvirniano y Caradociano (Caballé, *et al.*, 1992).

Continuando hacia el Sur en la Formación Los Sombreros de la localidad de Ojos de Agua, niveles graptolíticos del Arenigiano, limitan la depositación de conglomerados y brechas a dicha edad, aunque cabe la posibilidad de que estos sedimentos portadores de graptolites sean alóctonos como sucede en la Formación Empozada, ver Bordonaro (1992). En la Formación Los Sombreros, (en la localidad homónima), la sedimentación de las brechas carbonáticas está distribuida en el Tremadociano-Caradociano, (Cuerda, *et al.*, 1986).

Respecto a la sedimentación de la Formación Empozada, se comprueba que se desarrolló entre el Llanvirniano hasta el Caradociano (Bordonaro *et al.* en este Congreso). En este último caso, la secuencia sedimentaria de la Formación Empozada ha sido interpretada por Gallardo y Heredia (en prensa) de acuerdo al análisis estratigráfico secuencial, como una parasecuencia de abanico submarino relacionado a un descenso del nivel del mar.

Del mismo modo, si se considera el contexto general de los afloramientos, todos tienen relación con eventos turbidíticos. Al realizar una interpretación de acuerdo a principios de la estratigrafía secuencial, se pueden obtener interpretaciones similares a las de la Formación Empozada, pero esto constituiría una aproximación, ya que se considera insuficiente el detalle en la distribución de edades de las secuencias sedimentarias de la Precordillera sanjuanina, para ajustar con mayor precisión las variaciones eustáticas determinadas para el Ordovícico (Ross, 1985). El análisis de las paleodirecciones determinadas sobre las brechas carbonáticas, indica que el aporte y flujo del material se produjo en el sentido de la pendiente del talud Ordovícico Este-Oeste (Fig.2 Col. 1d; Fig.3 Col. 3i; Fig.4 Col. 7t,u,v). La composición manifiesta un área de aporte con características sedimentarias de margen de plataforma o plataforma (clastos de grainstones, packtones con trilobites pandémicos, bloques de hemipelagites, lutitas, areniscas, etc).

Respecto al análisis de paleodirecciones de los conglomerados se aprecia una dirección de aporte Sureste-Noroeste (Fig.2 Col. 1b,f; Fig.3 Col. 5m; Fig.4 Col. 6r,s). La mineralogía de sus clastos revela un área de aporte ubicada al Este en el basamento metamórfico de las Sierras Pampeanas.

CONCLUSIONES

El análisis mineralógico del contenido de brechas carbonáticas y conglomerados es el principal apoyo junto a los datos de paleocorrientes, para obtener evidencias directas del área de aporte y dirección de corriente (esto es, la paleopendiente), que en el caso de las brechas carbonáticas resulta ser casi Este-Oeste (Fig.2 col.1d; col.2g,h; Fig.3. col.3i; Fig.4 col.6o,q; col.7t,u,v), mientras que para los conglomerados Sureste- Noroeste (Fig.2 col.1b,e,f; Fig.3 col.3j; col.4i; col.5m; Fig.4 col.6r,s).

Las mediciones de paleodirecciones obtenidas por medición de clastos chatos de brechas carbonáticas pone en evidencia un mecanismo sinsedimentario no visible en afloramientos, esto es, la formación de ondas o pliegues sinsedimentarios determinados por la fábrica de los clastos, proceso que queda reflejado en diagramas de paleodirecciones bimodales o unimodales opuestos a la dirección de la pendiente del talud, aspecto que debe ser tenido en cuenta al realizar este tipo de mediciones.

Del mismo modo las mediciones de los ejes de clastos de conglomerados reflejan un efecto similar, dando direcciones bimodales con sentidos opuestos pero en la misma dirección de flujo, el cual está relacionado con la fábrica de los mismos y que aportan una característica distintiva sobre el mecanismo de flujo que los depositó.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- BAIRD, D.M., 1960. Observation on the origin of the Cow Head Breccias of New Foundland: Canada Geological Survey, Paper 60-3, 26p.
- BANCHIG, A.L., 1992, a. Secuencia clástica-carbonática en paleoambiente de cañón submarino de Qa. de los Ratones, Precordillera Occidental, San Juan. IV Reunión Argentina de Sedimentología. T. II, p.25-31. La Plata.
- BANCHIG, A.L., 1992, b. Estratigrafía y paleontología de una secuencia cámbrica en la Qa. Ojos de Agua, en el faldeo oriental de la Sa. del Tontal, Precordillera Central, Dpto. de Zonda, San Juan. Revista Ciencias (U.N.S.J.). Año 1 N°1, p. 15-27. San Juan.
- BANCHIG, A.L. y BORDONARO, L.O., 1990. Nuevos afloramientos del talud continental cámbrico, en la Sa. del Tontal, San Juan. XI Congreso Geológico Argentino. Acta. I, p.49-52. San Juan.
- BORDONARO, O.L., BANCHIG, A.L., 1990. Nuevos trilobites del cámbrico medio en la Qa. de Ojos de Agua, Sa. del Tontal, San Juan, Argentina. V Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Acta I:31-37. Tucumán.
- BORDONARO, O.L. 1992. El Cámbrico de Sudamérica. J.G. Gutiérrez Marco, J. Saavedra & I. Rábano (Eds.). Paleozoico inferior de Ibero América. Universidad de Extremadura. p.69-84. España.
- BORDONARO, O.L. y PERALTA, S., 1987. El Arenigiano Inf. de la Fm. Empozada en la localidad de San Isidro, Mendoza, Argentina. X Congr. Geol. Arg., Actas III: p.81-84. Tucumán.
- CABALLE, M., FURQUE, G., CUERDA, A. y ALFARO, M., 1992. Nuevos hallazgos de graptolites en la formación Sa. de la Invernada (Ordovícico), Precordillera de San Juan, Argentina. Ameghiniana 29 (1): 9-26. Buenos Aires.
- COOK, H.E., MCDANIEL, P.N., MOUNTJOY, E.W. and PRAY, L.C., 1972. Allochthonous carbonate debris flows at Devonian bank ("reef") margins, Alberta, Canada: Bull. Canadian Petroleum Geology, v. 20. p.439-497.
- CUERDA, A., CINGOLANI, C. y VARELA, R., 1983. Las graptofaunas de la Formación Los Sombreros, Ordovícico inferior, de la vertiente oriental de la Sa. del Tontal, Precordillera de San Juan. Ameghiniana 20 (3-4): 239 - 260.
- CUERDA, A., CINGOLANI, C., VARELA, R., SCHA-UER, O., BALDIS, B. y BORDONARO, O., 1985. Hallazgo de sedimentitas cámbricas fosilíferas de la Sa. del Tontal (Precordillera de San Juan). Ameghiniana, 22, 281-282.
- CUERDA, A., CINGOLANI, C., VARELA, R., y SCHAUER, O., 1986. Cámbrico y Ordovícico en la Precordillera de San Juan: Fm. Los Sombreros. Ampliación de su conocimiento bioestratigráfico. Simposio Bioestrat. del Paleozoico inf., IV Congr. Arg. de Paleont. y Bioestrat. Actas I, p.5-17. Mendoza.
- ENOS, P., 1973. Channelized submarine carbonate debris flows,

- cretaceous, Mexico (abs.): Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v.57, p.777.
- FURQUE G., 1983. Descripción geológica de la Hoja 19c Ciénaga de Guailán, Prov. de San Juan. Serv. Geol. Nac., Bol.193:1-11. Buenos Aires.
- GALLARDO, G. y HEREDIA, S., 1992. Estratigrafía y sedimentología del miembro inf. de la Fm. Empozada (Ordovícico medio y superior), Precordillera Argentina. En prensa (Revista Pesquisas, Brasil).
- HENDRY, H.E., 1972. Breccias deposited by mass flow in the breccia Nappe of the french pre-Alps. Sedimentology, v. 18, p.277-292.
- HOPKINS, J.C., 1972. Petrography, distribution and diagenesis of foreslope, nearslope and basin sediments, Miette and Ancient Wall carbonate complexes (Devonian), Alberta: Ph.D. Dissert., McGill Univ., Montreal, Quebec, 234p.
- HUBERT, J.F., 1964. Textural evidence for deposition of many western North Atlantic deep-sea sands by ocean bottom currents rather than turbidity currents: Journal Geology, v.72, p.757-785.
- HUBERT, J.F., SUCHECKY, R.K. and CALLAHAN, R.K.M., 1977. The Cow Head Breccia: Sedimentology of the Cambro-Ordovician continental margin, Newfoundland. SEPM Special Publication No. 25, p.125-154.
- MILANA, P., CEVALLOS, M., 1992. Método numérico programado en