

LA GLACIACIÓN DEL DEVÓNICO SUPERIOR EN SUDAMÉRICA: ESTADO DEL CONOCIMIENTO Y PERSPECTIVAS

Enrique Díaz-Martínez

Instituto Geológico y Minero de España, Calera 1, 28760 Tres Cantos, Madrid, España <e.diaz@igme.es>
Contribución al IGCP 471 sobre "Evolución del margen occidental de Gondwana durante el Paleozoico superior"

ABSTRACT

Late Devonian glacial marine deposits in South America record an important regional glaciation related with the positioning of western Gondwana at mid-to-high latitudes. Glacigenic deposits of similar age also occur in African basins, demonstrating that a large part of Gondwana was affected by late Devonian glaciation events. Sedimentation took place in shallow-marine siliciclastic environments within two different geodynamic and palaeogeographic settings. To the west, Peruvian and Bolivian sequences were deposited in a retroarc foreland basin along the active margin of western Gondwana, with local tectonic instability and locally high sedimentation rates. Uplift along this orogen favored local glaciation and the development of icefields with valley glaciers that reached the marginal basin during a single event of late Famennian age. In contrast, Brazilian sequences were deposited in intracratonic basins, with more widespread glaciation and development of icecaps, and ice tongues reaching the interior basins during several events from late Frasnian to Tournaisian.

INTRODUCCIÓN

Hace tiempo que se conoce la presencia de depósitos glaciomarineros en Sudamérica en una posición estratigráfica próxima al límite Devónico-Carbonífero (Caputo, 1985). Estos materiales han sido interpretados como resultado del progresivo desplazamiento latitudinal del supercontinente Gondwana (Caputo y Crowell, 1985). El continente sudamericano ha mantenido un progresivo desplazamiento desde latitudes próximas al polo hacia latitudes ecuatoriales durante el Fanerozoico, aunque la mayor parte de este desplazamiento latitudinal tuvo lugar en el Paleozoico superior y Triásico (Golonka, 2002). Durante este intervalo, el margen protoandino, ya activo desde el Paleozoico inferior (Jaillard et al., 2000), pasó de una posición perpendicular a los meridianos, a otra similar a la disposición actual perpendicular a los paralelos. Posteriormente, después de la ruptura de Pangea en el Mesozoico, y hasta la actualidad, el desplazamiento latitudinal de Sudamérica ha sido relativamente escaso (Golonka, 2002). Como consecuencia de este desplazamiento, el registro de las glaciaciones del Paleozoico superior en Sudamérica muestra una migración gradual hacia el sur, según el continente se iba desplazando hacia el norte (Caputo y Crowell, 1985; Díaz Martínez et al., 1999). El objetivo de este trabajo es resumir el estado del conocimiento sobre las evidencias de la glaciación del Devónico superior en Sudamérica, los últimos avances, y las perspectivas de investigación para el futuro.

EVIDENCIAS DE LA GLACIACIÓN

La Figura 1 resume las principales áreas en las que se han identificado evidencias de la glaciación del Devónico superior en Gondwana. Como puede comprobarse, la mayoría de ellas se encuentran en Sudamérica, unas en la cuenca marginal de Perú-Bolivia (1 a 4), y otras en las cuencas intracratónicas de Solimões (5), Amazonas (6) y Parnaíba (7). Las otras dos zonas son: (8) en la Rep. Centrafricana, los depósitos glaciolacustres de la Formación Mambéré (Censier et al., 1995), y (9) al oeste del Macizo del Aïr, en Níger, los depósitos glaciomarineros de la Formación Farazekat (Lang et al., 1991). En Bolivia las evidencias han sido descritas por Díaz Martínez (1994, 1999), Díaz Martínez e Isaacson (1994), Sempere (1995), Isaacson et al. (1995, 1999) y Díaz Martínez et al. (1999), y en Perú recientemente se han descubierto nuevas evidencias descritas preliminarmente por Carlotto et al. (2003) y Cerpa et al. (2004). En el Altiplano y Cordillera Oriental (zonas 1, 2 y 4 en las figuras) los depósitos son de tipo glaciomarino medio a distal, con espesores que llegan a sobrepasar los 100 m,

con frecuentes clastos estriados y facetados, y una edad Fameniano terminal (palinozona LE), caracterizada en especial por la presencia de la miospora *Retispora lepidophyta* y el acritarco *Umbellasphaeridium saharicum*. En estas zonas el área fuente se situaba hacia el sur y oeste, que unido a la abundante evidencia de resedimentación (bloques deslizados, flujos de detrito, etc.) y a la elevada tasa de sedimentación, corroboran su relación directa con el margen tectónicamente activo de Gondwana. No se han descrito depósitos proximales, exceptuando la posibilidad de que los pavimentos estriados descritos por Starck et al. (1993) en las secciones del Cerro Piedras y Pluma Verde (localidad a en la Figura 1) fueran de edad Devónico superior. La sedimentación más distal está representada en la región subandina y los llanos del antepaís andino (zonas 3 y 4 en las figuras), con menores tasas de sedimentación, diamictitas con espesores y clastos más pequeños, y menos evidencias de resedimentación. En las zonas distales, la presencia de clastos estriados, pulidos y/o facetados por la acción del hielo puede ser rara, o incluso puede que no se encuentren fácilmente, por lo que no es fácil confirmar el carácter glaciomarino de las diamictitas (por ejemplo, Pongo de Coñec en Perú, o Río Bermejo en Bolivia).

En las cuencas de Brasil (zonas 5 a 7 en la Figura 1) se han identificado dos episodios en el Fameniano, además de un posible tercero al final del Frasniano, y un cuarto en el Tournaisiano (Caputo, 1985; Caputo y Crowell, 1985; Crowell, 1999; Loboziak et al., 1992). En las cuencas de Acre y Solimões (5) la mayor parte del conocimiento procede de información de pozos de exploración de hidrocarburos, y corresponde a las diamictitas de la Formación Jaraqui, con algo más de 50 m de espesor y clastos de hasta 5 cm. En la cuenca del Amazonas (6), las formaciones Curiri y Oriximiná inferior llegan a alcanzar un espesor total de varios cientos de metros de lutitas, diamictitas y areniscas en pozo y superficie. En las diamictitas, los clastos estriados pueden superar los 10 cm, y se han descrito posibles evidencias de deformación glaciotectónica (Caputo, 1985). En la cuenca de Parnaíba (7), la Formación Cabeças llega a superar los 300 m, y presenta buenos afloramientos de pavimentos estriados y bloques aislados también estriados (Crowell, 1999). En la cuenca de Parnaíba se encuentran las evidencias del episodio glaciar del Tournaisiano (Loboziak et al., 1992), que faltan en las otras cuencas de la mitad norte de Sudamérica, excepto en la parte sur de la cuenca de Perú-Bolivia (Sempere, 1995; Díaz Martínez, 1999, 2002). En conjunto, las evidencias indican la presencia de grandes masas de hielo que afectaron los márgenes de todas estas cuencas interiores brasileñas durante varios episodios desde el Frasniano al Tournaisiano, y principalmente en el Fameniano terminal. También en Brasil, pero más al sur, el registro de las glaciaciones en la cuenca de Paraná se inicia ya en el Carbonífero.

INTERPRETACIÓN Y CONCLUSIONES

La presencia de depósitos glaciogénicos de edad Devónico superior en Sudamérica y África registra una importante glaciación de carácter regional relacionada con el posicionamiento de la parte occidental de Gondwana en latitudes medias a altas. La sedimentación tuvo lugar en medios marinos siliciclásticos someros dentro de dos marcos geodinámicos y paleogeográficos diferentes. Al oeste, las secuencias de

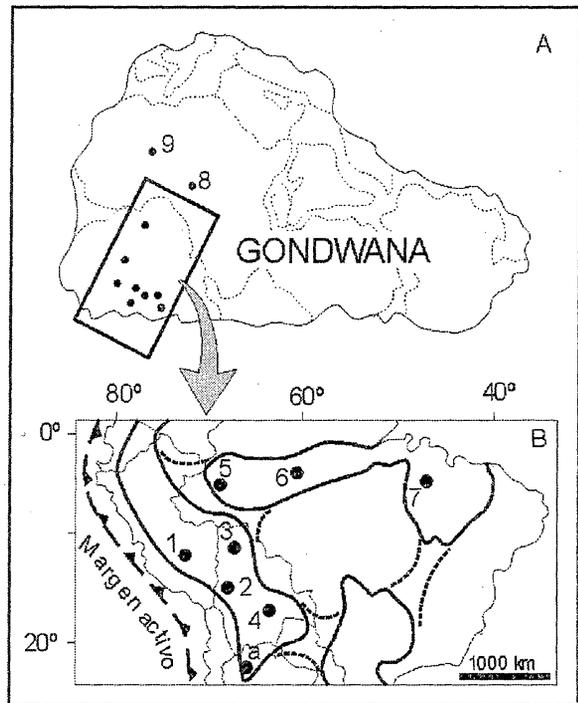


Figura 1: Esquema del supercontinente Gondwana, con indicación de las zonas en las que hay evidencias de la glaciación del Devónico superior (A), y la numeración de las subcuencas con evidencias explicadas en el texto (B).

		PERU		BOLIVIA					
		Sur (1)		Oeste (2)		Norte (3)		Sur (4)	
EDAD		Altiplano y Cordillera Oriental				Subandino norte y Madre de Dios		Subandino sur, Chaco y sur de la Cord. Oriental	
MISSISSIPPIANO	Viseano	↑		↑		↑		↑	
	Tournais.	Grupo Ambo		Grupo Ambo		Grupo Retama		Grupo Machareti	
		Fm. Kasa		Fm. Kaka		Fm. Tarija		Fm. Tumpambi	
		Fm. Toregua		Fm. Itacua					
DEVÓNICO SUP.	FAMENIANO	▲ Fm. Ccatcca	▲ Fm. Cumaná	▲	▲	▲	▲	▲	▲
		Formaciones Ananea y Lampa	Formación Colpacucho	Formación Tomachi	Formación Iquiri				
		↓		↓		↓		↓	

Figura 2: Esquema de la nomenclatura, edad y correlación de las unidades del Devónico superior de Perú y Bolivia con evidencia de sedimentación glaciomarina (en gris con triángulos). Los números hacen referencia a las zonas indicadas en la Figura 1. Las flechas indican que las unidades tienen un rango de edad mayor en esa dirección. Basado en Sempere (1995), Díaz Martínez et al. (1999, 2000), Suárez Soruco (2000) y Díaz Martínez (2002), incluyendo los nuevos datos de Carlotto et al. (2003) y Cerpa et al. (2004).

Perú y Bolivia se depositaron en una cuenca de antepaís de retroarco a lo largo del margen activo de Gondwana occidental, con inestabilidad tectónica y tasas de sedimentación localmente altas. En esta zona, la orogenia favoreció la glaciación local y el desarrollo de campos de hielo con glaciares de valle que alcanzaron la cuenca marginal aparentemente durante un único evento de edad Fameniense superior. En cambio, las secuencias de Brasil se depositaron en cuencas intracratónicas con una glaciación más extensa que dio lugar a la formación de casquetes de hielo, con lenguas glaciares que alcanzaron las cuencas interiores durante varios eventos desde el Frasniano superior al Tournaisiano. Aparentemente, el registro de otros episodios glaciares más modernos (Carbonífero inferior) falta en las zonas actualmente situadas más al noroeste (zonas 2 a 6), y se encuentra en las situadas más al sureste (zonas 1 y 7). En otras cuencas del sur de Sudamérica, el registro de estos episodios glaciares del Carbonífero es más abundante, pero falta el del Devónico superior, evidenciando la migración de los centros de glaciación durante el desplazamiento latitudinal de Sudamérica junto con el resto de Gondwana.

A partir de este patrón general de distribución del registro de la glaciación del Devónico superior en Sudamérica se infiere la posibilidad de que éste también se encuentre en la continuación hacia el norte de la cuenca de Perú-Bolivia, particularmente en el subsuelo del antepaís andino al norte de Perú y sur de Colombia. Asimismo, se destaca la importancia de las secciones del sur de Bolivia y norte de Argentina, con un registro bastante completo de los episodios glaciares del Devónico superior y Carbonífero inferior, pues sirven de enlace con las cuencas del sur de Sudamérica en las que los episodios del Devónico superior no quedaron registrados.

AGRADECIMIENTOS

Investigación financiada por el Programa Ramón y Cajal del Ministerio de Educación y Ciencia de España.

REFERENCIAS

- CAPUTO, M.V., 1985. Late Devonian glaciation in South America. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 51: 291-317.
- CAPUTO, M.V. Y CROWELL, J.C., 1985. Migration of glacial centers across Gondwana during Paleozoic Era. *Geological Society of America Bulletin*, 96: 1020-1036.
- CARLOTTO, V., CERPA, L., CÁRDENAS, J., DÍAZ MARTÍNEZ, Y BERMÚDEZ, O., 2003. Puesta en evidencia de depósitos Glaciomarinós Y Resedimentados de posible edad Devónico Superior-Carbonífero Basal en la Cordillera Oriental del Sur del Perú: Región de Cusco. III Simposio Argentino del Paleozoico Superior (Setiembre, 2003). Resúmenes (1p). La Plata, Argentina.
- CENSIER, C., HENRY, B., HOREN, H. Y LANG, J., 1985. Age dévono-carbonifère de la formation glaciaire de la Mambère (Republique Centrafricaine): arguments paléomagnétiques et géologiques. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 166: 23-35.
- CERPA, L., CARLOTTO, V., ARISPE, O., DÍAZ MARTÍNEZ, E., CÁRDENAS, J., VALDERRAMA, P. Y BERMÚDEZ, O., 2004. Formación Ccatcca (Devónico superior): sedimentación glaciomarina en la Cordillera Oriental de la región de Cusco. En: XII Congreso Peruano de Geología, Lima, Resúmenes Expandidos. Sociedad Geológica del Perú, este volumen.
- CROWELL, J.C., 1999. Pre-Mesozoic ice ages: their bearing on understanding the climate system. *GSA Memoir*, 192: 1-106.
- DÍAZ MARTÍNEZ, E., 1994. La Formación Cumaná del Altiplano de Bolivia: un modelo de sedimentación glaciomarina del Devónico superior. *Revista Técnica de YPF*, 15: 357-372.
- DÍAZ MARTÍNEZ, E., 1999. Estratigrafía y paleogeografía del Paleozoico superior del norte de los Andes Centrales (Bolivia y sur del Perú). En: J. Macharé, V. Benavides & S. Rosas (eds.), 75 Aniversario Sociedad Geológica del Perú, Volumen Jubilar nº 5, p. 19-26.
- DÍAZ MARTÍNEZ, E., 2002. Revised older age of Late Paleozoic glaciations in South America (western Gondwana). En: 3rd European Meeting on Palaeontology and Stratigraphy of Latin America, Toulouse. Expanded abstracts, p. 40-43.
- DÍAZ MARTÍNEZ, E. E ISAACSON, P.E., 1994. Late Devonian glacially-influenced marine sedimentation in western Gondwana: the Cumaná Formation, Altiplano, Bolivia. *Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir*, 17: 511-522.
- DÍAZ MARTÍNEZ, E., VAVRDOVÁ, M., BEK, J. E ISAACSON, P.E., 1999. Late Devonian (Famennian) glaciation in western Gondwana: evidence from the Central Andes. En: R. Feist, J.A. Talent & A. Daurer (eds.), "North Gondwana: Mid-Paleozoic Terranes, Stratigraphy and Biota", *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, 54: 213-237.
- DÍAZ MARTÍNEZ, E., CARLOTTO, V., CÁRDENAS, J., HERMOZA, W., CERPA, L., PALOMINO, F., ACOSTA, H., CANO, V. Y ESCALANTE, J., 2000. Litoestratigrafía del Paleozoico del Altiplano, Cordillera Oriental y Subandino del sur de Perú. En: X Congreso Peruano de Geología, Lima, Resúmenes. Sociedad Geológica del Perú, Publicación Especial, 2: 19.
- GOLONKA, J., 2002. Plate-tectonic maps of the Phanerozoic. *SEPM Special Publication*, 72: 21-75.
- ISAACSON, P.E., PALMER, B.A., MAMET, B.L., COOKE, J.C., Y SANDERS, D.E., 1995. Devonian-Carboniferous stratigraphy in the Madre de Dios Basin, Bolivia: Pando X-1 and Manuripi X-1 wells. *AAPG Memoir*, 62: 501-509.
- ISAACSON, P.E., HLADIL, J., SHEN, J.W., KALVODA, J., DÍAZ MARTÍNEZ, E. Y GRADER, G., 1999. Late Devonian glaciation in Gondwana: setting the stage for Carboniferous eustasy. *Subcommission on Devonian Stratigraphy Newsletter*, 16: 37-46.
- JAILLARD, E., HÉRAIL, G., MONFRET, T., DÍAZ MARTÍNEZ, E., BABY, P., LAVENU, A., Y DUMONT, J.F. 2000. Tectonic evolution of the Andes of Ecuador, Peru, Bolivia and northernmost Chile. En: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A. y Campos, D.A. (eds.), *Tectonic Evolution of South America*, p. 481-559. Rio de Janeiro.
- LANG, J., YAHAVA, M., HUMET, O.E., BESOMBES, J.C. Y CAZOULAT, M., 1991. Dépôts glaciaires du Carbonifère inférieur a l'ouest de l'Air (Niger). *Geologische Rundschau*, 80: 611-622.
- LOBOZIAK, S., STREEL, M., CAPUTO, M.V., Y DE MELO, J.H.G., 1992. Middle Devonian to lower Carboniferous miospore stratigraphy in the central Parnaíba Basin. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 115: 215-226.
- SEMPERE, T., 1995. Phanerozoic evolution of Bolivia and adjacent regions. *AAPG Memoir*, 62: 207-230.
- STARCK, D., GALLARDO, E. Y SCHULZ, A., 1993. Neopaleozoic stratigraphy of the Sierras Subandinas Occidentales and Cordillera Oriental Argentina, with comments on the southern borders of the Tarija Basin. En: XII International Congress on the Carboniferous and Permian, Buenos Aires, 1991. *Comptes Rendus*, 2: 353-372.
- SUÁREZ SORUCO, R., 2000. Compendio de Geología de Bolivia. *Revista Técnica de YPF*. 18: 1-144.