

Procedencia y edad de las diamictitas del Paleozoico inferior de la cuenca de Perú-Bolivia (Gondwana occidental)

Provenance and age of diamictites in the lower Palaeozoic of the Peru-Bolivia basin (western Gondwana)

E. Díaz-Martínez

Instituto Geológico y Minero de España, Calera 1, E-28760 Tres Cantos, Madrid
e.diaz@igme.es

Contribution to IGCP Project 503.

ABSTRACT

An extensive diamictite-bearing unit is present within the lower Palaeozoic siliciclastic sequence of the Central Andes. A review of its lithostratigraphy, sedimentology and biostratigraphy allows to differentiate two subunits according to their provenance and age. The correlative San Gabán Formation (Perú), Cancañiri Formation (Bolivia) and Zapla Formation (NW Argentina), of Hirnantian(?)–Llandovery age, presents evidence for resedimentation from a glaciated tectonically-active source area located to the west and south. It includes granitoid boulders, and large olistoliths of late Ordovician units. In central Bolivia, the lowermost Kirusillas Formation (early Wenlock) presents evidence for resedimentation of shallow shelf deposits from a nearby source located to the east and north. It includes olistoliths of the Sacta Limestone Member (earliest Wenlock). Only careful sedimentology and biostratigraphy may discern between the two units when both are present in the same section.

Key words: *Ordovician, Silurian, diamictite, Bolivia, Gondwana.*

*Geogaceta, 38 (2005), 235-238
ISSN: 0213683X*

Introducción

El registro sedimentario de la transición Ordovícico-Silúrico en el sur de la cuenca paleozoica de Perú-Bolivia (Andes Centrales) se caracteriza por la presencia de una unidad con diamictitas que sobreyace a diferentes unidades del Ordovícico, y subyace a lutitas del Silúrico medio. Esta unidad se ha utilizado tradicionalmente como un nivel guía estratigráfico dentro de la potente y monótona serie siliciclástica del Paleozoico inferior. Las diamictitas suelen estar intercaladas con areniscas y lutitas, y se conocen como Formación San Gabán en Perú, Formación Cancañiri en Bolivia, y Formación Zapla en el norte de Argentina, extendiéndose por un área que sobrepasa los 400 km de ancho y los 1600 km de largo (Fig. 1). Todos estos nombres hacen referencia a la misma unidad, que aquí se denominará SGCZ para simplificar. Además de la SGCZ, en el área de Cochabamba (zona central de Bolivia) se encuentra una delgada unidad de caliza (Miembro Sacta), ya sea resedimentada como olistolitos dentro de diamictitas, o bien *in situ* e interestratificada con lutitas y areniscas. Esta unidad se considera en

este trabajo como un miembro inferior basal de la Formación Lutitas de Kirusillas, en contraposición con otros autores que la consideran equivalente a la Formación Cancañiri. El carácter variable del límite inferior (transicional o discontinuo), y los fósiles reelaborados encontrados en las diamictitas, han originado discusiones sobre su edad (Suárez-Soruco, 1995; Boso, 1999). El objetivo de este trabajo es proponer la diferenciación de por lo menos dos unidades de diamictitas, cada una de ellas con una edad, área fuente (procedencia) y distribución paleogeográfica diferente (Fig. 1).

Ambientes sedimentarios y procedencia

La revisión a escala regional de la litoestratigrafía y la sedimentología de la SGCZ plantea la necesidad de redefinir las relaciones estratigráficas (espaciales y temporales) propuestas en otros trabajos. El análisis de facies permite reinterpretar los procesos y ambientes sedimentarios involucrados. Las diamictitas de la zona axial occidental (ZAO) presentan intercalaciones de turbiditas y lutitas con palinomorfos marinos, indicando un am-

biente marino profundo. En esta zona son frecuentes los flujos de lodo, flujos de detrito, *slumps*, deslizamientos y olistolitos, evidenciando una importante inestabilidad y resedimentación de materiales previos, lo cual explica los fósiles ordovícicos descritos por algunos autores y que serían retrabajados de unidades más antiguas. Entre los materiales resedimentados de la zona axial se encuentran también clastos con facetas y estrías de origen glaciar, así como grandes bloques de granitoide (1-3 m), los cuales evidencian la glaciación de los relieves en el área fuente occidental, y se interpretan como reciclados de depósitos glaciogénicos previos. La edad de la glaciación en esta zona de Gondwana no se puede confirmar debido a que no se han encontrado verdaderas tillitas, pero indudablemente fue anterior al Telychiense (Díaz-Martínez y Grahn, en revisión). Tanto el límite superior como el inferior de la SGCZ puede ser transicional o neto, demostrando que la unidad es resultado de varios grandes eventos de resedimentación por gravedad, cada uno con diferente espesor, geometría y procedencia según los lugares. En la ZAO, no sólo están facetados y

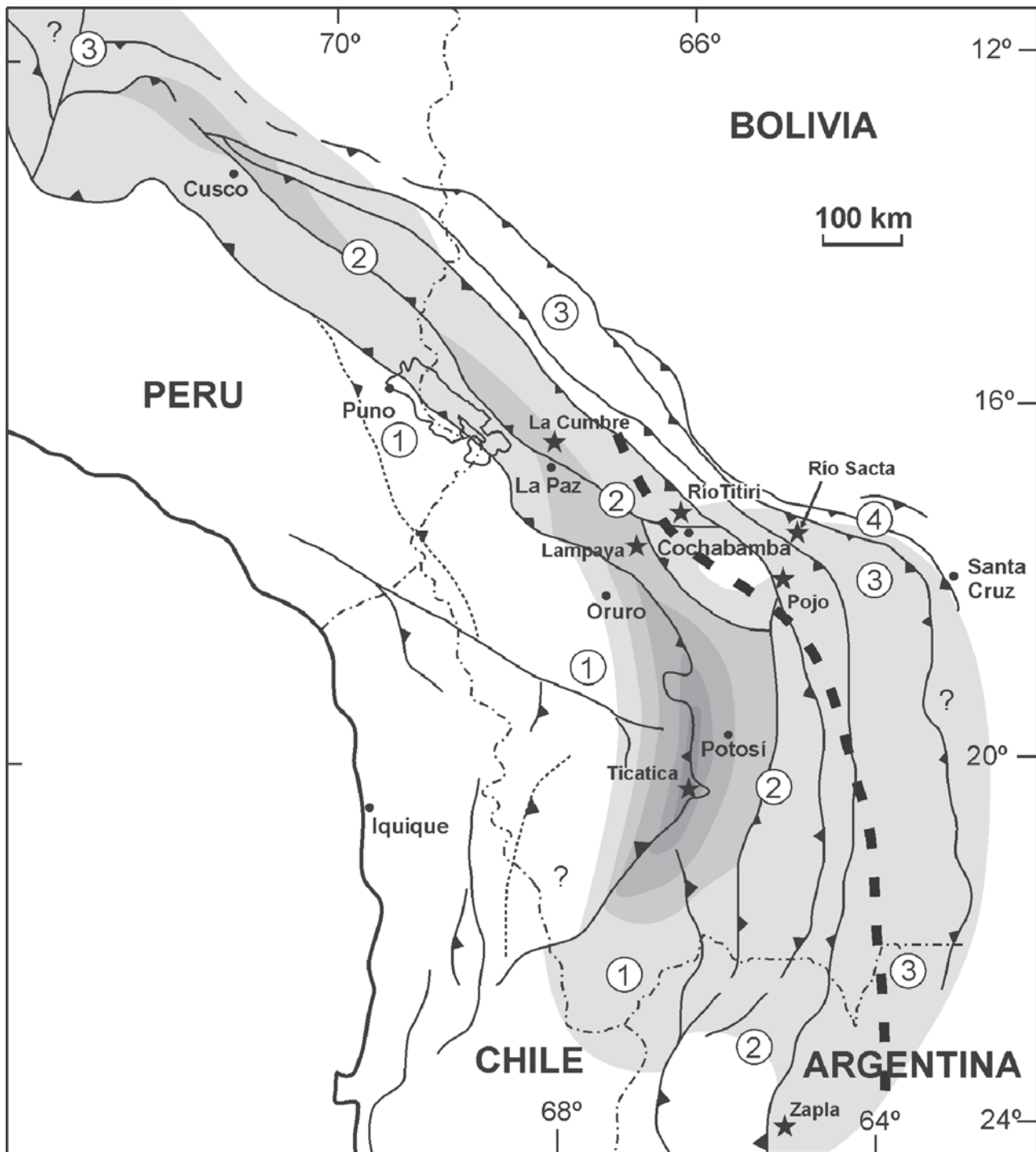


Fig. 1.- Distribución de las diamictitas del Silúrico de las formaciones San Gabán (Perú), Cancañiri y Kirusillas basal (Bolivia) y Zapla (Argentina) entre los 12 y 24°S. Basado en Sempere (1995), Suárez-Soruco (1995), González *et al.* (1996) y Díaz-Martínez (1998). El sombreado indica las isopacas de 0, 200, 600, 1000 y 1400 m. Los números indican los principales dominios tectonoestratigráficos dentro de un mapa tectónico simplificado de los Andes Centrales modificado de Sempere *et al.* (1988) y Sempere (1995): 1, Altiplano y Puna; 2, Cordillera Oriental; 3, Subandino; 4, Chapare y Boomerang. Las estrellas indican la situación de las secciones estratigráficas mencionadas en el texto. La banda negra discontinua indica el límite entre las diamictitas (a) de la zona axial occidental (fosa de antepaís), con procedencia del oeste y sur, y edad Hirnantense(?)-Llandovery, y (b) del margen oriental estable de la cuenca de antepaís, con procedencia del este y norte, y edad Llandovery terminal-Wenlock inferior, incluyendo el Miembro Caliza Sacta.

Fig. 1.- Distribution of the Early Silurian diamictites of the San Gabán Formation (Perú), Cancañiri Formation and basal Kirusillas Formation (Bolivia) and Zapla Formation (Argentina) between 12 and 24°S. Based on Sempere (1995), Suárez-Soruco (1995), González *et al.* (1996) and Díaz-Martínez (1998). Shades indicate isopachs for 0, 200, 600, 1000 and 1400 m. Numbers indicate main tectonostratigraphic domains within a simplified tectonic map of the Central Andes after Sempere *et al.* (1988) and Sempere (1995): 1, Altiplano and Puna; 2, Eastern Cordillera; 3, Subandean; 4, Chapare and Boomerang Hills. Stars indicate the location of stratigraphic sections mentioned in the text. Black dashed line indicates boundary zone between (a) the western axial depocenter (foredeep) zone, with western-sourced Cancañiri Diamictite Formation (Hirnantian(?)-Llandovery), and (b) the eastern stable margin of the foreland basin, with eastern-sourced basal diamictites of the Kirusillas Formation (late Llandovery-early Wenlock) including the Sacta Limestone Member.

estriados los clastos blandos (lutita, limolita y arenisca), sino también los más duros (cuarcita, cuarzo y granito), indicando que proceden de un área que estuvo glaciada, y también que no se deben a esfuerzos de cizalla internos durante el flujo del sedimento por gravedad. La deformación tectónica y los relieves resultantes son respectivamente el origen de la inestabilidad del sedimento y de la glaciación local a lo largo del margen activo de Gondwana occidental durante el Ordovícico y Silúrico inferior (Sempere, 1995; Díaz-Martínez, 1997, 1998).

En contraposición a la ZAO, en la Cordillera del Tunari, al norte de Cochabamba (Fig. 1), las diamictitas se caracterizan por su escaso espesor (0-20 m), por los importantes cambios laterales en poca distancia (decenas de metros), por la ausencia de clastos con evidencia de abrasión glaciaria, y por la presencia de clastos de caliza y ausencia de granitoides. Estas características, junto con la edad Sheinwoodiense de los olistolitos de caliza resedimentados que se encuentran entre las diamictitas, sugieren que no corresponden a la Formación Cancañiri, sino que se trata de flujos del sedimento por gravedad ubicados hacia la base de la Formación Kirusillas. La capa de caliza del Miembro Sacta se encuentra *in situ* en el río Sacta y en las zonas del Chapare y Boomerang (número 4 en la figura 1), indicando que estas diamictitas proceden de una zona situada al norte y/o este.

Sempere (1995) y González *et al.* (1996) describieron la serie del Ordovícico superior y Silúrico inferior de la ZAO entre La Paz, Oruro, Potosí y Ticatica (Fig. 1), la cual consiste en: 0 a 350 m de la Formación Lutitas de Tokochi, 0 a 1500 m de la Formación Diamictitas de Cancañiri, y 0 a 1900 m de la Formación Areniscas de Llalagua. La cuña siliciclástica resultante para este intervalo de tiempo sobrepasa un espesor total acumulado de 3,5 km en la ZAO, con facies características de ambientes profundos que implican una elevada subsidencia (fosa de antepaís). En cambio, hacia el borde oriental de la cuenca, las diamictitas se adelgazan y muestran facies más someras, incluyendo la Caliza Sacta, en lo que sería el margen distal relativamente estable de la cuenca de antepaís (Fig. 1).

Bioestratigrafía y edad

La edad de las diamictitas de la SGCZ ha sido difícil de determinar con precisión debido a la aparente ausencia de fósiles diagnósticos (de rango

de rango cronoestratigráfico restringido), y a que dentro de esta gran unidad se incluían varias unidades de diferente significado. Recientemente, los estudios palinológicos han contribuido a resolver el problema. Antelo (1973) describió una asociación de fósiles de invertebrados de edad Llandovery recolectados en las secciones de Pojo y Lampaya de Bolivia (Fig. 1), precisamente dentro de lutitas que según los criterios establecidos más arriba formarían parte de la Formación Kirusillas basal. La revisión realizada por Branisa *et al.* (1972), Laubacher *et al.* (1982) y Suárez-Soruco (1992) sugiere que la parte inferior de la Formación Kirusillas tiene una edad Llandovery terminal-Wenlock, y que por lo tanto se depositó en parte al mismo tiempo que la Formación Llalagua en la ZAO, y que el Miembro Caliza Sacta en la zona oriental. Los últimos datos de bioestratigrafía de quitinozoos en secciones de la SGCZ en el noroeste de Argentina y al norte de La Paz indican una edad Llandovery para los depósitos de los depocentros y ZAO (Grahn y Gutiérrez, 2001; Díaz-Martínez y Grahn, en revisión). Las propuestas de que la SGCZ es de edad Hirnantense se basaban en especies de trilobites endémicos que todavía requieren una calibración de su significado cronoestratigráfico. Por ejemplo, uno de ellos (*D. milluniensis*) se encontró dentro del Miembro Caliza Sacta, datado por conodontos como Wenlock inferior (Sheinwoodiense), y que aquí se considera como parte basal de la Formación Kirusillas, en lugar de ser parte de la Formación Cancañiri. Evidentemente, todavía hacen falta más trabajos y estudios de detalle antes de que se considere el valor cronoestratigráfico de los invertebrados fósiles que se encuentran en las diamictitas. Grahn y Gutiérrez (2001) mencionaron que las unidades silúricas que sobreyacen a la Formación Zapla (las formaciones Lipeón y Cachipunco) empezaron su sedimentación en el Telychiense superior, y continuaron en el Wenlock inferior (Sheinwoodiense), al igual que ocurre en Bolivia con la parte inferior de la Formación Kirusillas.

Conclusiones

La bioestratigrafía, edad, ambientes sedimentarios y correlaciones de la Formación Diamictitas de Cancañiri (SGCZ en Bolivia) son más coherentes si el Miembro Caliza Sacta se excluye de su definición y se considera como la parte inferior de la Formación Lutitas de

Kirusillas. La posibilidad de que las diamictitas representen diferentes eventos de resedimentación ya fue sugerida por González *et al.* (1996, p. 121). Dentro del nuevo modelo paleogeográfico propuesto, las diamictitas de la Formación Cancañiri de la ZAO serían más antiguas (Hirnantense(?)-Llandovery) y con su área fuente situada hacia el oeste y sur, y las diamictitas de la parte basal de la Formación Kirusillas en la zona oriental de la cuenca serían más jóvenes (Wenlock inferior) y con su área fuente situada hacia el norte y/o este. La Figura 1 muestra una banda de límite hipotético entre las diamictitas de la Formación Cancañiri y las diamictitas de la base de la Formación Kirusillas. Este nuevo modelo paleogeográfico resuelve algunos de los problemas que surgían de las diferentes edades obtenidas para las diamictitas en ciertos lugares. El modelo también implica que puede haber secciones estratigráficas, en o cerca de la banda límite que se muestra en la Figura 1, en las que concurren ambas unidades: por un lado, las diamictitas glaciomarinas de edad Llandovery correspondientes a la SGCZ en la ZAO, resedimentadas de relieves glaciados y tectónicamente activos situados hacia el oeste y sur (flujos del sedimento por gravedad que reciclan depósitos glaciogénicos anteriores) y, por otro lado, las diamictitas de edad Wenlock inferior correspondientes a la parte basal de la Formación Kirusillas y resedimentadas de una plataforma estable situada hacia el este y norte (flujos del sedimento por gravedad que reciclan carbonatos litificados y depósitos siliciclásticos no consolidados de una plataforma somera). En el caso de las secciones que recibieron material resedimentado procedente de ambas áreas fuente, el límite entre las dos unidades de diamictitas sólo se puede determinar mediante el estudio sedimentológico (análisis de facies y de procedencia) y micropaleontológico de detalle.

Agradecimientos

Trabajo realizado con financiación del Programa Ramón y Cajal del Ministerio de Educación y Ciencia de España, dentro de la línea «Geoindicadores y registros paleoclimáticos» del IGME.

Referencias

- Antelo, B. (1973). *Revista del Museo de La Plata (nueva serie)*, Sección Paleontología, 7, 267-277.
Boso, M.A. (1999). En: *Geología del No-*

- roeste Argentino (G. González Bonorino, R. Omarini y J. Viramonte, Eds.). Relatorio del XIV Congreso Geológico Argentino, Salta, 1, 159-168.
- Branisa, L., Chamot, G.A., Berry, W.B.N. y Boucot, A.J. (1972). *Geological Society of America Special Paper*, 133, 21-31.
- Díaz-Martínez, E. (1997). En: *Actas de la V Reunión Internacional del Proyecto 351 del PICG* (A. Grandal d'Anglade, J.C. Gutiérrez Marco y L. Santos Fidalgo, Eds.), La Coruña, 51-53.
- Díaz-Martínez, E. (1998). *Temas Geológico-Mineros del Instituto Tecnológico Geominero de España*, 23, 69-75.
- Díaz-Martínez, E. y Grahn, Y. (en revisión). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*.
- González, M., Díaz Martínez, E. y Ticlla, L. (1996). *Anais do Simpósio Sul Americano do Siluro-Devoniano*, Ponta Grossa, 117-130.
- Grahn, Y. y Gutiérrez, P. (2001). *Ameghiniana*, 38, 35-50.
- Laubacher, G., Boucot, A.J. y Gray, J. (1982). *Journal of Paleontology*, 56, 1138-1170.
- Sempere, T. (1995). *American Association of Petroleum Geologists, Memoir*, 65, 207-230.
- Sempere, T., Hérail, G. y Oller, J. (1988). *Actas del V Congreso Geológico Chileno*, Santiago, 1, 127-142.
- Suárez-Soruco, R. (1992). En: *Paleozoico Inferior de Iberoamérica* (J.C. Gutiérrez-Marco, J. Saavedra y I. Rábano, Eds.). Universidad de Extremadura, 225-239.
- Suárez-Soruco, R. (1995). *Revista Técnica de YPFB*, 16, 51-54.