

PALEOZOICO INFERIOR DEL ALTIPLANO NORTE DE BOLIVIA

ENRIQUE DIAZ MARTINEZ
ORSTOM, Casilla Postal 9214, La Paz-Bolivia



ABSTRACT

Several outcrops of pre-Cretaceous low-metamorphic-grade sedimentary and extrusive (volcanic and subvolcanic) rocks present in the northern Altiplano of Bolivia are herein interpreted as having a probable late Vendian(?) - Early Paleozoic age. These rocks are present at three different localities: (a) Serranía Chilla (with Cerro Chilla rising to 4825 m), south of Tiwanaku, (b) Sewenkani and other creeks, north of Jesús de Machaca, and (c) several hills NW and N of Caquiaviri. The two first series of outcrops present a complex sedimentary sequence consisting of deep water, dark laminated shales and siltstones, interbedded with thin sandstone beds displaying typical Bouma sequences, and thicker beds of coarser sand, conglomerates and diamictites. This sequence is here interpreted as part of a deep-sea fan system, although marine fauna and/or ichnofossils are yet to be found (palynological analyses gave no positive results). Thick (up to 50 m) beds of basic volcanic and subvolcanic rocks are also included in the sequence. These are identified by relics of pillow-lavas and flow structures, columnar jointing, differential core-to-contact crystallization degrees, and synsedimentary interaction with the soft sediment. The third series of outcrops does not present interbedded igneous rocks, nor the coarser clastic beds. Previous interpretations of these series of outcrops as an ophiolite or blastomylonitic belt are inconsistent with field evidence and should be disregarded. Instead, these rocks are herein correlated with other deep-sea fan sequences also including interbedded volcanic and/or subvolcanic rocks, which are found (a) in the late Vendian(?) - Early Cambrian Puncoviscana Fm. of NW Argentina (San Cristobal Fm. of S Bolivia) and in the Ollantaytambo Series of southern Perú, and (b) in the Late Cambrian-Ordovician sequence of the Eastern Cordillera of the Central Andes (southern Perú, Bolivia and northern Argentina).

INTRODUCCION

En el Altiplano norte de Bolivia existe un conjunto de afloramientos que demuestran la presencia de unidades del Paleozoico inferior en esta zona, en posición estratigráfica por encima del basamento cristalino proterozoico, y por debajo de la serie sedimentaria cretácica y cenozoica. Estos afloramientos son conocidos y han sido descritos desde los años 60 en la literatura geológica boliviana, aunque todavía faltan estudios detallados que permitan una interpretación fiable. En los últimos años se ha propuesto la interpretación geodinámica de estos afloramientos como una ofiolita o cinturón blastomilonítico (Witschard, 1994; Zapata, 1994). Esta interpretación necesita una revisión y replanteamiento, pues puede conducir a conclusiones erróneas sobre la evolución geotectónica del margen sudoccidental de Gondwana. En este trabajo se presenta un resumen de las observaciones realizadas en estas rocas, y se propone una interpretación paleogeográfica y geodinámica más acorde con las evidencias observadas en el terreno.

SERRANIA DE TIWANAKU

Los afloramientos del Cerro Chilla (4825 m) y de Jesús de Machaca, en la Serranía de Tiwanaku, al sur del lago Titicaca (Figura 1), han sido estudiados por varios autores. Saavedra (1964) describe estas rocas como "Paleozoico metamorfozadas" en el mapa geológico de la región de Tiwanaku, y como "Paleozoico (no diferenciado metamórfico)" en el perfil geológico. Aunque no menciona estas rocas en el capítulo de estratigrafía, ni las incluye en la columna estratigráfica, sí describe varias muestras del Cerro Chilla en el capítulo de petrografía (véase la Tabla 1), donde comenta que el Cerro Chilla "está casi enteramente constituido por sedimentos metamórficos con pequeños afloramientos de rocas básicas" (p. 22). Ascarrunz & Coronel (1965) describieron estas rocas (a) como "cuarcitas, pizarras y cornubianitas" de edad "Devónico no diferenciado" para los afloramientos de las quebradas al norte de Jesús de Machaca, y (b) como "metasedimentos con intercalaciones de mantos de rocas básicas" de edad "Paleozoico?" para los afloramientos del Cerro Chilla. Cherroni (1974) describe esta misma serie en fuerte discordancia angular bajo el Cretácico superior, y compuesta de areniscas cuarcíticas, separadas, por un conglomerado, de un conjunto de

MEMORIAS DEL XII CONGRESO GEOLOGICO DE BOLIVIA - TARIJA, BOLIVIA: 131 - 135. (1996)

vol. 1



Fonds Documentaire IRD
Cote: Bx 23220 Ex: *cuarcitas*

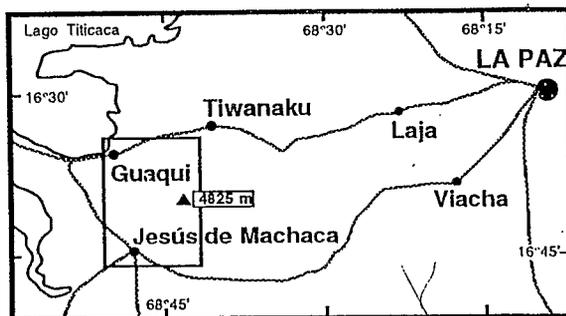
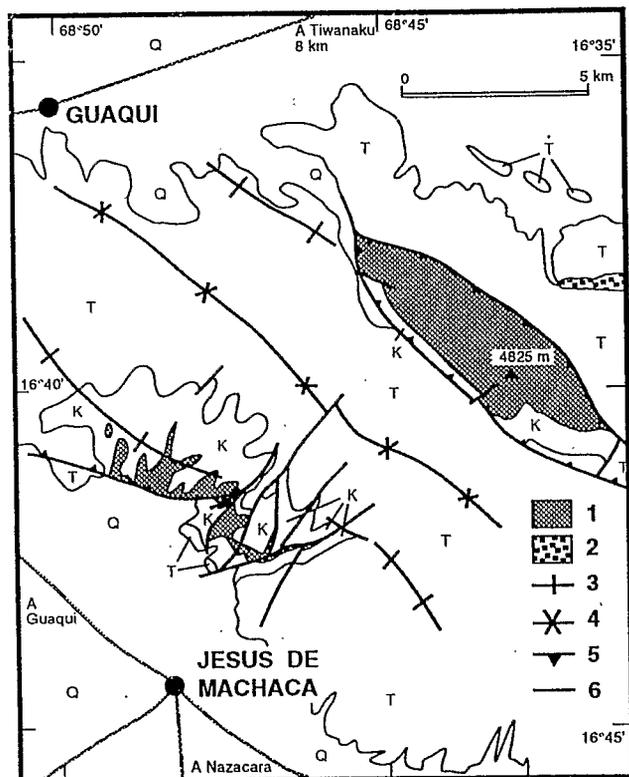


Fig. 1.- Ubicación y mapa geológico simplificado de los principales afloramientos de Paleozoico inferior (y Vendiano?) del Altiplano norte de Bolivia (modificado de Cherroni, 1966). 1. Paleozoico inferior (y Vendiano?); K, Cretácico superior; T, Paleógeno; 2, Intrusivo subvolcánico mioceno; Q, Cuaternario; 3, Eje de anticlinal; 4, Eje de sinclinal; 5, Cabalgamiento; 6, Falla.

lavas basálticas almohadilladas intercaladas con rocas sedimentarias de color verde y gris oscuro a las que atribuye un origen marino. El conglomerado que separa las areniscas de la alternancia volcanosedimentaria lo describe como brechoso, duro y con clastos de granito rojo y gris, y de gneis, entre otros. Al conjunto le asigna una edad "Triásico-Jurásico?", aunque asegura que "el interrogante en cuanto a la edad de estas rocas queda planteado", ya que no encontró fósiles, ni obtuvo ningún resultado positivo del análisis palinológico de las lutitas intercaladas con las lavas. Como justificante de la asignación de esta edad, este autor

asegura que no existe ninguna unidad similar con la que correlacionar estas rocas dentro de la columna estratigráfica del Paleozoico que aflora al oriente de la falla Coniri, es decir, en el dominio tectonoestratigráfico de la Cordillera Oriental.

Las observaciones realizadas por el autor en la Serranía de Tiwanaku indican que tanto los afloramientos del macizo del Cerro Chilla como los de las quebradas al norte de Jesús de Machaca están constituidos por una serie sedimentaria compleja depositada en un ambiente turbidítico (sistema de abanicos subácuos). Esta serie consiste en una alternancia de lutitas oscuras y limolitas

Muestra número:	1	5	6
Clasificación:	Pizarra	Roca subvolcánica gabroide	Roca ígnea gabroide
Color:	Verdoso	Verdoso	Gris
Textura:	Bandeada laminar	Óptica	No se observa.
Minerales:	Clorita, cuarzo y ópacos (magnetita y hematita)	Piroxeno, clorita, plagioclasa y opacos (magnetita)	Fenocristales de 2-3 mm de biotita, clorita, piroxeno, hematita y cuarzo. Matriz de plagioclasa, arcilla y cuarzo.

Tabla 1: Descripción de 3 muestras del Cerro Chilla (tomado de Saavedra, 1964).

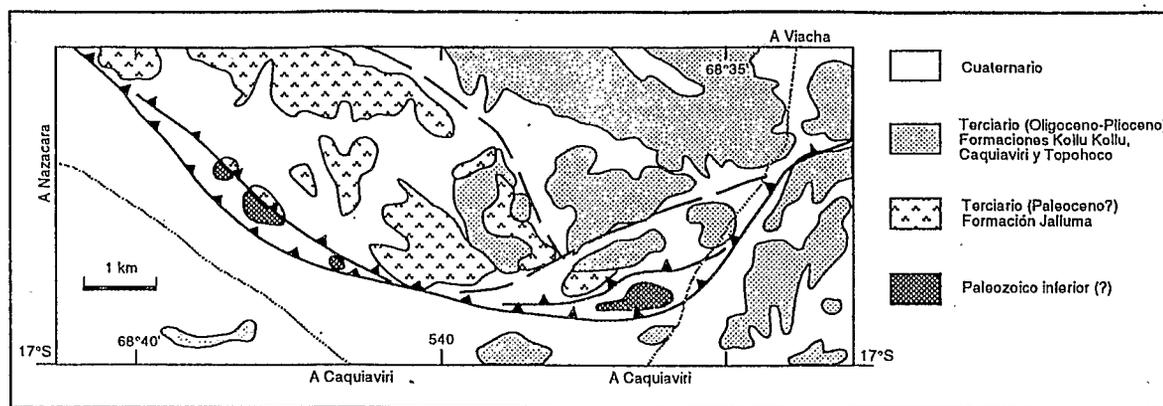


Fig. 2.- Mapa geológico de la zona inmediatamente al norte de Caquiaviri (Altiplano norte de Bolivia), con indicación de los afloramientos de cuarcitas y lutitas de probable edad Paleozoico inferior (modificado del mapa de GEOBOL, Hoja Jesús de Machaca (N° 5843), por García & García, 1995).

verdosas laminadas, a veces con desarrollo de pizarrosidad, intercaladas con capas delgadas (hasta 1 m) de arenisca con típicas secuencias de Bouma, y capas más potentes (hasta 10 m) de arenisca gruesa, conglomerado y diamictita. Los clastos en estos últimos están bien redondeados y son de granito, cuarzo, cuarcita y pizarra, principalmente. Aunque todavía no se ha encontrado fauna ni icnofósiles en estas rocas sedimentarias, y los resultados de análisis palinológicos en las lutitas han sido negativos (M. Pérez, com.pers.; varios informes internos del CTP de YPF), se asume un ambiente submarino de sedimentación. Dentro de esta serie sedimentaria se encuentran también intercalaciones esporádicas, a veces voluminosas, de rocas volcánicas y subvolcánicas básicas, en las que se reconocen estructuras en almohadilla, estructuras de flujo, interacción sinsedimentaria con el sedimento blando, disyunción columnar, y aumento de la cristalinidad desde el borde hacia el núcleo de los mantos interestratificados. En la quebrada más occidental al N de Jesús de Machaca se observa una de estas capas con un espesor de más de 50 m, así como niveles delgados de depósitos piroclásticos gruesos de composición intermedia, intercalados entre las lutitas oscuras. Todavía no se cuenta con resultados de análisis petrográficos ni geoquímicos de las muestras de obtenidas de todas estas rocas.

ZONA DE CAQUIAVIRI

Al SE de Jesús de Machaca, en las proximidades de Caquiaviri, se encuentra un conjunto de afloramientos de rocas siliciclásticas en forma de pequeños cerros alineados a lo largo de una zona de falla (Figura 2). Esta zona de falla constituye el límite sudoccidental de los afloramientos de las arcillas y yesos de la Formación Jalluma, y posiblemente está relacionada con el diapirismo de esta unidad. De igual forma que para los afloramientos de la Serranía de Tiwanaku, existen algunos estudios previos de esta zona. Ascarrunz & Coronel (1965) describen estas rocas como cuarcitas metamorizadas y les asignan una edad Terciario inferior, aunque con duda, situándolas en la columna

estratigráfica de la leyenda del mapa por encima de la Formación Santa Lucía (en el mapa llamada formación Candelaria y con edad Cretácico superior), y por debajo de las formaciones Tiwanaku y Jalluma del Terciario inferior (en el mapa escritas como Tihuanaku y Jalloma). Cherroni (1974), en su estudio de la geología de la zona norte del Altiplano (región de Corocoro), no menciona estos afloramientos, posiblemente por considerarlos como Terciario.

Las observaciones realizadas por el autor en los dos cerros principales (Cerro Huaraka, junto a la comunidad Ejra, y Cerro Sisunka, junto a la carretera de Caquiaviri a Viacha) indican que en ambos casos los afloramientos están constituidos por una alternancia de areniscas de grano fino, limolitas, y lutitas oscuras laminadas. Se observan estructuras sedimentarias tales como ondulitas de corriente y de oleaje en el tope de las areniscas, y trazas fósiles (huellas de bioturbación) en la base. Estas rocas pueden ser atribuidas tentativamente al Paleozoico inferior. Como están asociadas a una zona de falla, y han sufrido una intensa alteración diagenética y epigenética que ha perturbado su aspecto original, es difícil confirmar su correlación. Se plantea aquí la posibilidad de que se trate de pequeñas escamas del Paleozoico inferior, arrastradas hacia la superficie por el diapirismo de la Formación Jalluma durante la inversión de las fallas que originaron la cuenca terciaria. El reciente hallazgo de rocas del Ordovícico en el pozo Santa Lucía de YPF confirma la presencia de rocas del Paleozoico inferior en la zona centro occidental del Altiplano, preservadas bajo la cubierta cenozoica, y refuerza la posibilidad de que los afloramientos de Caquiaviri sean también de rocas del Paleozoico inferior.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

En la zona sur de la Cordillera Oriental de Perú, entre Cuzco y Machu Picchu (72°22'W - 13°11'S), Marocco & Zabaleta (1974) y Marocco (1977) describieron una serie volcanosedimentaria más o menos bien estratificada, de color predominantemente verdoso, a la

que denominaron "Serie de Ollantaytambo". El afloramiento tiene unos 80 km² de extensión y se sitúa en discordancia por debajo del conglomerado basal de la serie del Ordovícico inferior. La serie está constituida por unos 1000 m de materiales volcánicos y sedimentarios. En la parte inferior afloran areniscas cuarcíticas muy duras, marrones en superficie alterada y grises en fractura fresca. Sobre éstas se sitúan 150 a 200 m de rocas volcánicas de color oscuro y muy duras, que los autores interpretan como ignimbritas, y por encima un conjunto de rocas sedimentarias siliciclásticas ligeramente metamorfozadas. En el último mapa geológico del Perú, esta serie es atribuida al Cámbrico y correlacionada en edad con la Formación Marcona de la zona costera de este país (INGEMMET, 1994).

En el N de Argentina, la Formación Puncoviscana ha sido estudiada por numerosos autores. Su edad se considera actualmente como Vendiano terminal a Cámbrico inferior, según los icnofósiles encontrados, y por estar intruida por granitoides de edad Cámbrico medio (Aceñolaza *et al.*, 1988; Durand, 1994). Esta unidad consta de una secuencia compleja que se ha interpretado como depositada en un sistema de abanicos submarinos con predominio de sedimentación turbidítica (Jezek & Miller, 1987; Aceñolaza *et al.*, 1988). Dentro de la secuencia también se han descrito otras facies (flujos de detrito, carbonatos de plataforma, etc.), así como intercalaciones volcánicas y subvolcánicas. Aunque por el momento no se han realizado estudios detallados en su equivalente en Bolivia (Formación San Cristobal), es muy probable que se mantengan las mismas características hacia el norte.

Por último, aunque igualmente poco estudiados, existen numerosos ejemplos de series marinas turbidíticas con intercalaciones de rocas volcánicas y subvolcánicas en el Cámbrico superior y Ordovícico de la Cordillera Oriental de Bolivia (Avila, 1991, 1992a, 1992b), así como en la Cordillera Oriental de Perú, y en el norte de Chile y NW de Argentina.

En conclusión, los afloramientos del Cerro Chilla y de Jesús de Machaca, están constituidos por una serie sedimentaria siliciclástica marina turbidítica profunda con intercalaciones de rocas volcánicas y subvolcánicas de carácter intermedio a básico. Esta serie se encuentra plegada, fallada y afectada por un metamorfismo regional de grado muy bajo. Las anteriores interpretaciones de los afloramientos del Cerro Chilla como un complejo ofiolítico (Witschard, 1992; Zapata, 1992) deben ser descartadas, ya que no se encuentran todas las litologías ni los espesores característicos de este tipo complejos, sobre todo en lo que respecta a los niveles basales constituyentes de la corteza oceánica (gabros y rocas ultramáficas, complejos de diques basálticos, etc.). Tampoco se trata de un cinturón blastomilonítico (Zapata, 1992), aunque las sucesivas fases de deformación, metamorfismo de grado muy bajo, y fracturación, hayan dejado su impronta. Existen buenos ejemplos, en el registro sedimentario del Paleozoico inferior de los Andes Centrales, de secuencias sedimentarias marinas con intercalaciones volcánicas, con las que se pueden correlacionar los materiales aflorantes en la Serranía de Tiwanaku y en Caquiaviri. Por un lado, la Fm. Puncoviscana del

NW de Argentina y la Fm San Cristobal del S de Bolivia, de edad Vendiano terminal-Cámbrico inferior, con equivalentes en el sur de Perú (serie de Ollantaytambo). Por otro lado, la secuencia del Cámbrico superior y Ordovícico, no sólo en Bolivia (Avila, 1991, 1992a, 1992b), sino en todos los Andes Centrales (Perú, Bolivia y norte de Chile y Argentina), presenta también secuencias sedimentarias marinas turbidíticas similares, que en muchos casos incluyen intercalaciones volcánicas y subvolcánicas. Cualquiera de estas dos alternativas puede servir como equivalente correlacionable con los afloramientos del Altiplano norte. Sería recomendable un estudio petrográfico, geoquímico, sedimentológico y paleontológico detallado de estas rocas, con objeto de esclarecer su significado geodinámico dentro del marco de la evolución del SW de Gondwana.

REFERENCIAS

- ACEÑOLAZA, F.G., H. MILLER & A.J. TOSELLI, 1988. The Puncoviscana Formation (Late Precambrian - Early Cambrian) - Sedimentology, tectonometamorphic history and age of the oldest rocks of NW Argentina.- *Lecture Notes in Earth Sciences*, 17 : 25-37.
- ASCARRUNZ, R. & J. CORONEL, 1965. Mapa Geológico Jesús de Machaca, Hoja 5843. Carta Geológica de Bolivia, Escala 1:100.000, *Servicio Geológico de Bolivia*.
- AVILA, W.A., 1991. Eventos tectonomagmáticos y orogénicos de Bolivia en el lapso Proterozoico inferior a reciente.- *Revista Técnica de YPFB*, 12 (1) : 27-56.
- AVILA, W.A., 1992a. El magmatismo Cámbrico-Ordovícico en Bolivia. En J.C. Gutiérrez, J. Saavedra & I. Rábano (eds.), "Paleozoico Inferior de Ibero-América", Univ. de Extremadura : 241-253.
- AVILA, W.A., 1992b. Volcanismo ordovícico de los Andes orientales de Bolivia. X Congreso Geológico Boliviano, La Paz, Resúmenes y Programas.- *Boletín de la Soc. Geológica Boliviana*, 27 : 14-17.
- CHERRONI, C., 1967. Informe geológico sobre la Serranía de Tiahuanacu, sector comprendido entre Desaguadero-Guaqui-Tiahuanacu y Tambillo por el norte, y Jesús de Machaca por el sud. *Informe interno YPFB-GXG*, No. 1093.
- CHERRONI, C., 1974. Geología de la región de Corocoro. *Revista Técnica de YPFB*, 3 (2) : 125-153.
- DURAND, F.R., 1994. La colonización del fondo marino durante el Precámbrico superior y Cámbrico inferior en el noroeste argentino.- *7º Congreso Geológico Chileno*, Concepción. Actas, 1 : 443-447.
- GARCIA, R. & H. GARCIA, 1995. Mapa Geológico Jesús de Machaca, Hoja 5843. Carta Geológica de Bolivia, Escala 1:100.000, *GEOBOL-SGAB*, serie 1-CGB-33.
- INGEMMET, 1994. Mapa Geológico del Perú, Escala 1:4.000.000. *Dirección de Información y Promoción, Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico*, Lima.
- JEZEK, P. & H. MILLER, 1987. Petrology and facies analysis of turbiditic sedimentary rocks of the Puncoviscana trough (Upper Precambrian-Lower Cambrian) in the basement of the NW Argentine Andes. *AGU Geophysical Monograph*, 40 : 287-293.

MAROCCO, R., 1977. Un segment E-W de la chaîne des Andes Péruviennes: la déflexion d'Ábancay - Etude géologique de la Cordillère Orientale et des Hauts Plateaux entre Cuzco et San Miguel (sud du Perou, 12°30' a 14°S). *Tesis doctoral, Université des Sciences et Techniques du Languedoc*, Montpellier, 141 p.

MAROCCO, R. & G.F. ZABALETA, 1974. Estudio geológico de la región entre Cuzco y Machu Picchu. *Bulletin IFEA*, 3 (2) : 1-27.

SAAVEDRA, A., 1964. Mapeo regional de la zona de Tiahuanacu. *Tesis de grado, UMSA*, 53 p.

WITSCHARD, F., 1992. Chilla - A probable ophiolitic complex in a major suture zone. X Congreso Geológico Boliviano, La Paz, Resúmenes y Programas. *Boletín de la Soc. Geol. Boliviana*, 27 : 206.

ZAPATA, H., 1992. Una ventana geológica en el Altiplano norte - Precámbrico (?) en la Serranía de Chilla-Tihuanacu. X Congreso Geológico Boliviano, La Paz, Resúmenes y Programas. *Boletín de la Soc. Geol. Boliviana*, 27 : 207-209.

