

91

LITOESTRATIGRAFIA DEL CARBONIFERO
DEL ALTIPLANO DE BOLIVIA

ENRIQUE DIAZ MARTINEZ

Department of Geology, University of Idaho, Moscow, ID83843, EE.UU.

RESUMEN

Se presenta aquí una nueva subdivisión de las unidades litoestratigráficas formales del Carbonífero del Altiplano de Bolivia, de acuerdo con la información reciente disponible sobre la sedimentología, estratigrafía secuencial, correlación bioestratigráfica (palinología y conodontos) y revisión de sus límites. El Grupo Ambo (Fameniano Superior a Viseano) incluye las siguientes unidades: Formación Diamictitas de Cumaná, Formación Areniscas y Lutitas de Kasa y Formación Lutitas y Areniscas con Carbones de Siripaca. Una discontinuidad cartográfica de carácter erosivo del Carbonífero Medio separa este Grupo de las siguientes unidades del Carbonífero Superior del Grupo Titikaka: Formación Areniscas de Yaurichambi y Formación Calizas, Areniscas y Margas de Copacabana.

ABSTRACT

A new formal lithostratigraphic subdivision is presented for the Carboniferous units of the Bolivian Altiplano which takes into account recent information on their sedimentology, sequence stratigraphy, biostratigraphic correlation (palinology and conodonts), and revised boundaries. The Ambo Group (Late Famenian to Visean) includes the Cumaná, Kasa and Siripaca Formations. A Mid-carboniferous disconformity separates this group from the Late Carboniferous units of the Titikaka Group, represented by the Yaurichambi and Copacabana Formations.

INTRODUCCION

Desde hace más de un siglo, el sistema Carbonífero de Bolivia ha sido objeto de estudio por numerosos investigadores, resultando en una considerable cantidad de publicaciones e informes. En otro trabajo más extenso que este, actualmente en preparación para su publicación en esta misma revista, presentamos un estudio estratigráfico y paleogeográfico del Carbonífero del Altiplano de Bolivia que es una traducción y ampliación del que presentamos en el XII Congreso Internacional sobre Carbonífero y Pérmico recientemente celebrado en Buenos Aires. En él tuvimos en cuenta gran parte de los trabajos previos disponibles en la bibliografía boliviana a nuestro alcance. Pudimos comprobar, tanto leyendo estos trabajos como sobre el terreno, las observaciones que realizaron Helwig (1972), Rodrigo y Castaños (1978) y otros autores sobre la complejidad de los depósitos carboníferos de Bolivia, y hemos tratado de seguir sus recomendaciones sobre la necesidad de un estudio más detallado de estas unidades. En concreto, este trabajo forma parte del estudio de la evolución de la cuenca carbonífera del Altiplano de Bolivia que estoy realizando como tesis doctoral (Fig. 1).

Durante la revisión de la bibliografía existente, observé algunos errores de forma, tanto en la descripción y definición de las unidades

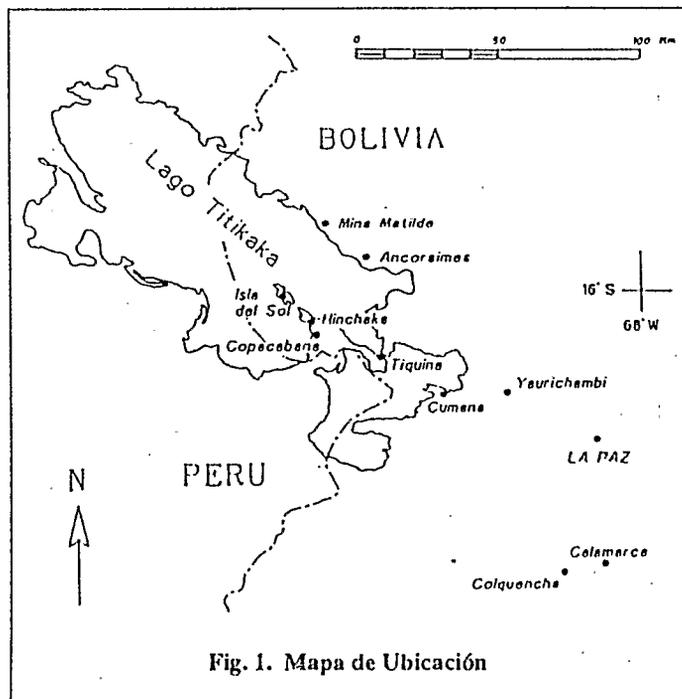


Fig. 1. Mapa de Ubicación



Fonds Documentaire IRD

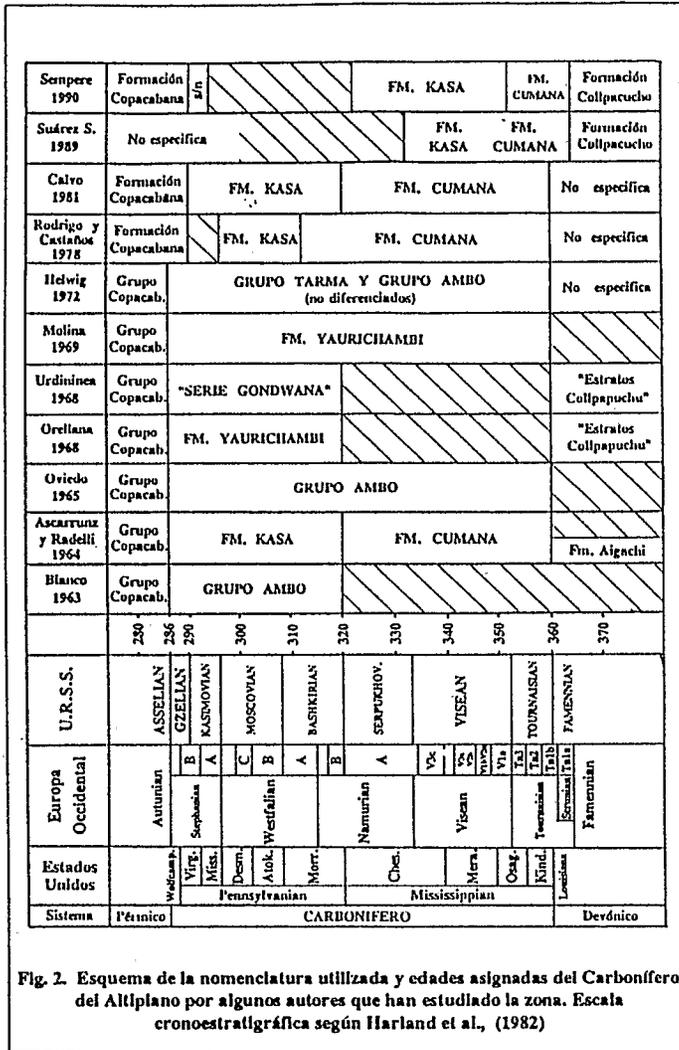
Cote: Bx23207 Ex: unique

en este cuadro han sido seleccionadas con objeto de resaltar los siguientes puntos:

1. Las unidades del Carbonífero del Altiplano fueron originalmente asignadas al Grupo Ambo, definido por Newell *et al.* (1953) para las unidades del Carbonífero Inferior del Perú, y utilizado por estos mismos autores para referirse a las areniscas y lutitas con carbones de la zona del Lago Titikaka situados bajo lo que entonces se llamaba Grupo Copacabana, y que hoy conocemos como Grupo Titikaka tras la revisión realizada por Chamot (1965). El término de Grupo Ambo se utilizó esporádicamente desde entonces (Blanco, 1963; Oviedo, 1965; Helwig, 1972; y otros). En este trabajo propongo que se mantenga el uso de este término para referirse a las unidades del Carbonífero Inferior del Altiplano (Figura 3), especialmente para aquellos lugares donde no se haya alcanzado un conocimiento suficiente para permitir un mayor refinanciamiento en la subdivisión. Si este Grupo Ambo es reconocible hasta el Norte del Lago Titikaka, en el Sureste del Perú, no hay ninguna razón para suponer que no pueda extenderse al otro lado de la frontera administrativa, sobre todo si se tiene en cuenta que las discontinuidades que lo limitan del Devónico y del Carbonífero Superior son igualmente reconocibles en ambos países.

2. Desde que se publicó el trabajo de Azcarrunz y Radelli (1964) hasta que se afianzó el uso de las unidades por ellos propuestas (Formaciones Cumaná y Kasa) pasaron unos 10 años. Durante este tiempo algunos autores utilizaron el término Formación Yaurichambi para referirse a las unidades siliciclásticas del Carbonífero situadas por debajo de la Formación Copacabana, tal como afloran en la sección estratigráfica en las proximidades de Yaurichambi. Los análisis de facies y secuenciales realizados en esta y otras secciones en los últimos años (Calvo, 1981; Sempere *et al.*, 1986, 1990; Barrios y Beccar, 1987a y 1987b; Marocco *et al.*, 1987; Díaz *et al.*, 1991; y otros) ha demostrado que las areniscas rojas y blancas con cherts de la sección de Yaurichambi constituyen la parte inferior del ciclo transgresivo del Carbonífero Superior. Consecuentemente, algunos de estos autores las incluyeron como miembro o subunidad inferior de la Formación Copacabana. En el mismo cuadro de la Figura 1 se observa como Sempere (1990), en su propuesta de cuadros estratigráficos de Bolivia, considera esta unidad como una entidad diferente de la Formación Copacabana, aunque no le asigna ningún nombre. Esta unidad siliciclástica de la base del ciclo transgresivo inicial (Carbonífero Superior) del Grupo Titikaka presenta un espesor similar (10 a 20 m) en otras localidades (por ejemplo en las proximidades de Ancoraimes), pero el espesor es mucho mayor (más de 100 m) en otras localidades del Altiplano, como por ejemplo al este del Carabuco y en el sinclinal de Colquencha. En este trabajo propongo que se mantenga el nombre de Formación Yaurichambi para esta unidad en todo el Altiplano (Figura 3). Aunque esta localidad tipo no presenta los mayores espesores, las facies y ambientes sedimentarios sí son representativos, y el carácter histórico da prioridad a este término.

3. La distribución de edades atribuidas a las unidades del Carbonífero del Altiplano ha sufrido bastantes variaciones, tal como se muestra en este cuadro (Fig. 2). Las dataciones relativas realizadas en la Formación Copacabana en las últimas décadas, y sobre todo a raíz de la bioestratigrafía de conodontos realizada



litoestratigráficas formales del Carbonífero del Altiplano, como en el uso que posteriormente se les ha dado. Como marco de trabajo, decidí adoptar una terminología y subdivisión más fieles con los estudios y definiciones originales (Oviedo, 1962, 1965; Azcarrunz y Radelli, 1964, etc.) y más fieles con las características de las unidades y discontinuidades estratigráficas que las limitan, tal como han puesto en evidencia los estudios lito y bioestratigráficos realizados durante estos últimos años (Barrios y Beccar, 1987a y 1987b; Sempere *et al.*, 1986, 1990; etc.). En consecuencia, en este trabajo presento una revisión de la nomenclatura formal de las unidades litoestratigráficas del Carbonífero del Altiplano de Bolivia, y realizo una propuesta que trata de corregir las imprecisiones de anteriores definiciones y establecer un marco de trabajo más acorde con el actual nivel de conocimientos que existe sobre la geología del Paleozoico Superior del Altiplano.

REVISION DE LOS ANTECEDENTES

En la Figura 2 se muestran de forma esquemática los nombres y distribución de edades que algunos autores han asignado a las unidades del Carbonífero del Altiplano. Las publicaciones utilizadas

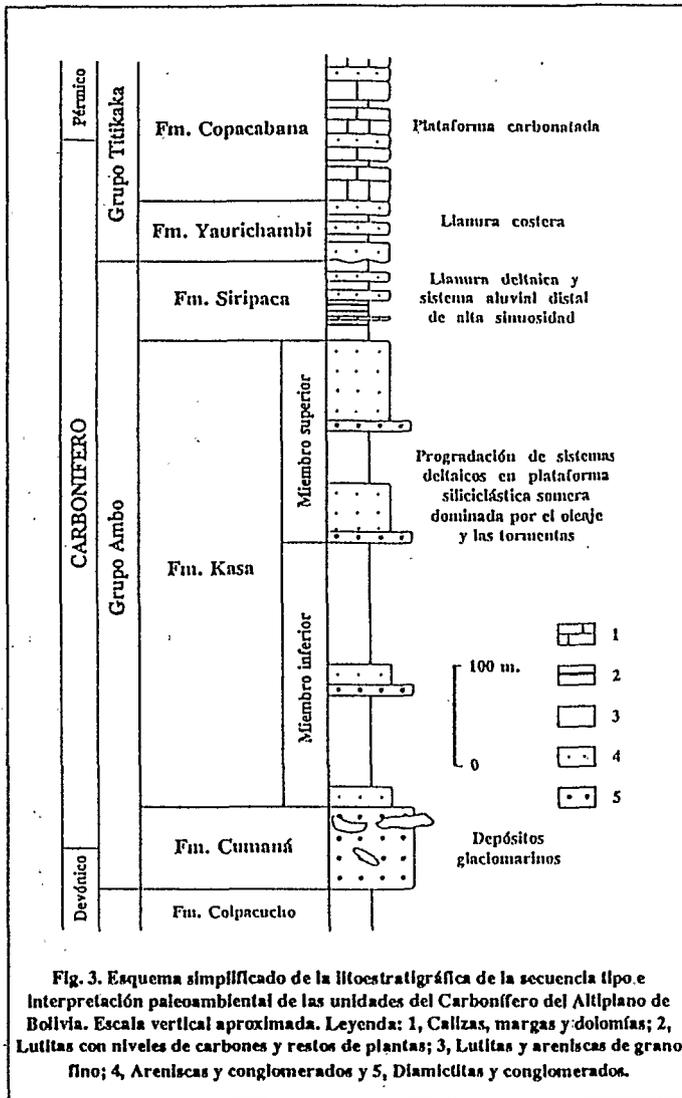


Fig. 3. Esquema simplificado de la litoestratigráfica de la secuencia tipo e interpretación paleoambiental de las unidades del Carbonífero del Altiplano de Bolivia. Escala vertical aproximada. Leyenda: 1, Calizas, margas y dolomías; 2, Lutitas con niveles de carbones y restos de plantas; 3, Lutitas y areniscas de grano fino; 4, Areniscas y conglomerados y 5, Diamictitas y conglomerados.

durante los últimos años por Suárez Riglos (1984), Merino (1987) y Suárez Riglos *et al.* (1987), determinan que el ciclo transgresivo con que se inicia el Grupo Titikaka tuvo lugar a partir del Kasimoviano, o posiblemente Moscoviano o incluso Bashkiriano en algunos lugares (D. Merino, com. pers.). Este ciclo del Carbonífero Superior está separado del ciclo inferior del Carbonífero por una discontinuidad cartográfica de variable importancia según las localidades, no evidente a escala local pero sí a escala regional. Durante la campaña de investigación que realicé en 1990 en colaboración con GEOBOL, encontré varios restos de tentaculítidos en las areniscas finas y lutitas que se encuentran por debajo del Grupo Titikaka en el cerro Jacha Katawi (Yaurichambi). Este hallazgo imposibilita su asignación al Carbonífero y confirma la ausencia del ciclo inferior del Carbonífero (Grupo Ambo) en esta localidad. Esto mismo parece ocurrir también en otras secciones del Altiplano, como por ejemplo en las proximidades de Ancoraimes y de Colquencha. Por lo tanto, esta sección de Yaurichambi constituye también una buena localidad tipo para la discontinuidad (hiato y laguna estratigráfica) que limita la base del Grupo Titikaka en el Altiplano Fig. 1.

4. El límite entre las unidades del Carbonífero y las del Devónico también ha sufrido numerosos cambios, según los criterios que se hayan utilizado en su definición, y según las localidades en que se haya basado esta definición. En los últimos años, las dataciones relativas realizadas por palinología han permitido atribuir la base de las diamictitas de la Formación Cumaná al Fameniano Superior (Suárez-Soruco, 1989; Sempere 1990; Vavrdová *et al.*, 1991; y otros), aunque todavía queda pendiente la datación de su límite superior, que se supone Tournaisiano. En las localidades donde esta unidad no está presente dentro de la serie, como ocurre al Este y Norte de Carabuco (Díaz e Isaacson, 1991; Díaz *et al.*, 1991), el límite cronobioestratigráfico entre el Devónico y el Carbonífero tiene lugar dentro de una unidad lutítica que podría corresponder tanto con la parte superior de la Formación Colpacucho, como con el miembro inferior de la Formación Kasa (tal como está definido más adelante).

5. En cuanto al límite superior del ciclo inferior del Carbonífero (Grupo Ambo), la unidad de lutitas y areniscas con carbones establece una edad Viseano Superior según los restos de plantas que se han encontrado en ella (Azcuy y Suárez Soruco, 1984; Archangelsky *et al.*, 1987; O. Rösler, com. pers.), aunque Sempere (1990) establece el límite en el Serpukhoviano. Las características litológicas y paleoambientales de esta unidad permiten diferenciarla claramente del resto de la Formación Kasa (Díaz *et al.*, 1991). Anteriormente algunos autores habían reconocido estas diferencias (tramos 6 a 8 de la Formación Kasa definida por Ascarrunz y Radelli, 1964; tramo 8 del cuadro estratigráfico de Oviedo, 1965; Urdininea, 1968; Helwig, 1972; Calvo, 1981; y otros). El espesor que alcanza (más de 100 m en los alrededores de Siripaca y Belén, en la Península de Copacabana) sugiere que se puede caracterizar como una unidad litoestratigráfica diferente. En este trabajo propongo que se denomine Formación Siripaca a esta unidad (Figura 3).

Teniendo en cuenta las observaciones y propuestas realizadas más arriba, el ciclo inferior del Carbonífero (Grupo Ambo) quedaría compuesto por las siguientes unidades, de más antigua a más moderna: Fm. Cumaná, Fm. Kasa y Fm. Siripaca (Figura 3), que coinciden con los tres tramos definidos originalmente por Oviedo (1965) para el Grupo Ambo y numerados 6 a 8 en su cuadro estratigráfico.

La definición original de las Formaciones Cumaná y Kasa se debe a Ascarrunz y Radelli (1964). Este trabajo se publicó en Italia en las Actas de la Sociedad Italiana de Ciencias Naturales y del Museo Cívico de Historia Natural de Milán. Quizás por esta razón la nueva nomenclatura no obtuvo la inmediata difusión y apoyo de la comunidad boliviana, sino hasta algunos años más tarde. En el trabajo se exponían los resultados de la investigación y observaciones realizadas por los autores durante los años de 1963 y 1964 en la Península de Copacabana e islas del sector sur del Lago Titikaka. Por entonces ya se habían realizado varias tesis de grado sobre la geología de la zona por estudiantes de la Universidad Mayor de San Andrés (Oviedo, 1962; Sanjinés, 1962; Blanco, 1963), que atribuían las unidades al Devónico (Grupo Cabanillas), siguiendo a Newell (1949), o al Carbonífero (Grupo Ambo), siguiendo a Newell *et al.* (1953). Lo restringido del área del estudio de Ascarrunz y Radelli (1964), limitado precisamente a la zona del Altiplano con mayores espesores de la serie carbonífera, hizo que estas mismas unidades no fueran directamente aplicables a otras secciones del

Altiplano, donde estudios recientes han demostrado que estas unidades no están presentes o no presentan las mismas características ni el mismo desarrollo de espesores. En consecuencia, algunos de los estudios posteriores trataron de identificar estas mismas unidades en todas las secciones del Altiplano, a veces llegando incluso a forzar las circunstancias, sin que en realidad hubiera hecho falta de ello.

Analizando el uso que se ha hecho de los dos nombres (Fm. Cumaná y Fm. Kasa) durante estos casi 30 años, se observa que ha existido una disparidad de criterios entre los diferentes autores, e incluso respecto a los que originalmente las definieron. Por eso he creído conveniente incluir en este trabajo un apéndice con una traducción lo más fiel y detallada posible del texto original en las partes que nos conciernen, que sirve para poner en evidencia las causas de la dificultad en la aplicación de los términos. La lectura detenida del texto original de Ascarrunz y Radelli (1964), y su comparación con las unidades que los autores representan en el mapa geológico que incluyen en el mismo trabajo, demuestran los siguientes hechos:

a) Los autores no identifican la Formación Cumaná en la Península de Copacabana ni en la Isla del Sol, sino que en estos lugares sólo le atribuyen "pequeños niveles discontinuos de conglomerados" de "algunos metros" de espesor. Este hecho indica que, en su estudio de estos dos lugares, no localizaron las diamictitas basales del Carbonífero, tal como se deduce del mapa geológico que presentan de la zona. En su lugar, establecieron el límite Devónico-Carbonífero más arriba en la serie, en la base de uno de los pequeños niveles de conglomerados y/o diamictitas con los que se inician algunas de las secuencias deltaicas del Carbonífero Inferior.

b) Los autores no asignaron espesores a los tramos que definieron en la Formación Cumaná. Pero, si se compara la secuencia de tramos que describen, con la secuencia estratigráfica que se observa en las proximidades de Cumaná, se deduce que los dos tramos inferiores (areniscas hematíticas y lutitas claras) corresponden a lo que hoy conocemos como la parte superior del Devónico (Formación Colpacucho), mientras que los dos tramos superiores coinciden bastante bien con la descripción de las diamictitas de la base del Carbonífero, tal como pueden observarse también en la Península de Copacabana e Isla del Sol. Estas diamictitas se han demostrado como de origen glaciomarino y asociadas a un régimen de inestabilidad probablemente debido, tanto a las características intrínsecas del medio de sedimentación glaciomarino (alta tasa de sedimentación, elevadas pendientes deposicionales, movimientos en masa y resedimentación de depósitos, desarrollo de cañones submarinos), como a movimientos sísmicos relacionados con la deformación eohercínica (Sempere, 1990; Díaz y Lema, 1991; Díaz *et al.*, 1991). Algunos estudios de la Península de Cumaná no encontraron esta unidad de diamictitas glaciomarinas (Orellana, 1968; Molina, 1969; Helwig, 1972; Calvo, 1981; Díaz *et al.*, 1991) o, si encontraron diamictitas, se trataba de las que están asociadas a la progradación de los sistemas deltaicos dentro de la Formación Kasa, y no las del límite con el Devónico. Recientemente, durante una visita a la Península de Cumaná en compañía de L. Barrios y R. Mocobono, de YPF, pudimos comprobar que este hecho se debía a una estructura erosiva (cañón submarino) rellena por los depósitos glaciomarineros y sedimentos redepositados, que lateralmente llegan a desaparecer, existiendo continuidad con el resto de la serie. Es probable que estas

estructuras erosivas sean frecuentes en el límite Devónico-Carbonífero en algunas de las partes del Altiplano, tal como se ha demostrado también en algunas partes de las cuencas del Subandino Sur (Sempere, 1990; Starck *et al.*, 1991), y que estén ausentes del Noroeste de Bolivia. De esta forma se explicaría también la ausencia de esta marcada discontinuidad sedimentaria en el Subandino Norte (entre las Formaciones Tomachi y Toregua) y algunas localidades del Subandino Centro y Sur (Sempere, 1990), y en el mismo Altiplano, al Norte del Lago Titikaka, como se puede observar en las secciones de Villa Molino (carretera de Choguaya a Mina Matilde) y Quebrada Kankani, al Este y Norte del Carabuco, respectivamente (Díaz e Isaacson, 1991; Díaz *et al.*, 1991).

A la vista de todos estos hechos, no es de extrañar que resultara difícil la aplicación de los términos Cumaná y Kasa, y que cada autor posterior utilizara criterios diferentes, ya que no coincidía la descripción dada por Ascarrunz y Radelli (1964), con el mapa que presentaban, ni con lo que en posteriores estudios más detallados se ha podido reconocer sobre el terreno. Por estas razones, si queremos ser estrictos con la definición del texto original (ver Apéndice), y teniendo en cuenta que los dos tramos inferiores por ellos descritos corresponden al Devónico (Formación Colpacucho o inferiores), entonces el nombre de Formación Cumaná queda restringido a los dos tramos superiores, es decir, a las diamictitas basales de la serie del Carbonífero (y tope de la serie Devónica) del Altiplano, que coinciden con el primer tramo de los tres definidos por Oviedo (1965) para el Grupo Ambo en esta zona.

c) Como consecuencia de lo mencionado en el apartado anterior, la Formación Kasa incluiría desde el techo de estas diamictitas hasta la base de la Formación Siripaca. La Formación Kasa resulta entonces con un espesor de hasta un kilómetro en algunas secciones, y con una compleja composición interna que incluye discontinuidades menores y variaciones laterales de facies de considerable importancia que obligan a reconocer unidades litoestratigráficas de menor rango dentro de ella. Los sistemas deltaicos que se han reconocido en esta formación (Díaz *et al.*, 1991), podrían constituir unidades con rango de miembro, dentro de una misma unidad con carácter general progradante. En este trabajo propongo que se mantenga el nombre de Formación Kasa para todo el conjunto, que coincide con el segundo de los tres tramos definidos por Oviedo (1965) para el Grupo Ambo. En él se reconocen dos miembros informales: uno inferior lutítico, con intercalaciones de areniscas, y otro superior con predominio de areniscas feldespáticas (lo que comúnmente se tomaba como Kasa por algunos autores). En este último miembro estarían incluidos los tramos 1 a 5 de la definición original de Ascarrunz y Radelli (ver Apéndice).

d) Los tramos que los autores definieron para la parte superior de la Formación Kasa (tramos 6 a 8, y puede que también parte del tramo 5) equivaldrían a lo que anteriormente en el apartado 5 he llamado Formación Siripaca, que a su vez coincide con el tercer tramo de los tres definidos por Oviedo (1965) para el Grupo Ambo.

CONCLUSION

De acuerdo con todas las observaciones realizadas en los apartados anteriores, la estructuración de las unidades litoestratigráficas

formales del Carbonífero del Altiplano de Bolivia queda como sigue (de más antiguo a más moderno):

Grupo Ambo (Newell et al., 1953)

Formación Diamictitas de Cumaná
(Ascarrunz y Radelli, 1964).

- Litología: Diamictitas, con algunas intercalaciones de areniscas y/o conglomerados subordinadas. Son frecuentes los bloques de sedimentos alóctonos resedimentados, y los clastos de tamaño y composición variados con evidencias de abrasión glaciaria.

- Sección tipo: Inmediatamente al Norte del pueblo de Cumaná, en la Península homónima, en el extremo Sureste del Lago Titikaka. Otros lugares donde se observan bien las estructuras, bloques y clastos, facies y geometría de la unidad es en las secciones de Isla del Sol, Quebrada de Chamacani (Pen. de Copacabana) y Calamarca.

- Subunidades: Un miembro inferior más lutítico y laminado, con "dropstones", y un miembro superior generalmente masivo con presencia de grandes bloques deslizados y redepositados. El miembro inferior sólo es reconocible hacia el Noroeste.

- Edad, límites y espesor: Limita en la base con la Fm. Colpacucho por medio de un contacto neto, a veces erosivo, de edad Fameniano Superior. El límite superior es con la Formación Kasa, en concordancia y continuidad estratigráfica. No existen dataciones de este límite superior, que se supone es Tournaisiano Inferior o Medio. El espesor es variable entre 0 y 100 m según las localidades.

Formación Areniscas y Lutitas de Kasa
(Ascarrunz y Radelli, 1964).

- Litología: Areniscas y lutitas, con intercalaciones de conglomerados y/o diamictitas subordinadas.

- Sección tipo: En la Isla del Sol, inmediatamente al Oeste y Sur de la hacienda Kasa. Otros lugares donde se observan bien las estructuras, facies y geometría de la unidad es en las secciones de Belén (Pen. de Copacabana) y Península de Cumaná.

- Subunidades: Un miembro inferior con predominio de las lutitas y un miembro superior con predominio de las areniscas. Ambos permiten un mayor refinamiento.

- Edad, límite y espesor: Limita en la base con las diamictitas de la Formación Cumaná y en el tope con las lutitas de la Formación Siripaca, en ambos casos en concordancia y continuidad estratigráfica. La edad se supone Tournaisiano a Viseano, aunque no existen dataciones precisas. El espesor varía entre 600 y 1000 m. según las localidades.

Formación Lutitas y Areniscas con Carbones de Siripaca
(nueva unidad)

- Litología: Lutitas y areniscas de colores variados, predominantemente rojo, con frecuentes intercalaciones de carbones y niveles con restos de plantas.

- Sección tipo: Inmediatamente al Oeste del pueblo de Siripaca, y entre éste y Belén, en la Península de Copacabana.

- Subunidades: Un miembro inferior más lutítico y con mayor cantidad de restos vegetales, y un miembro superior con mayor

contenido en areniscas y paleosuelos.

- Edad, límites y espesor: Los restos de plantas dan una edad Viseano a esta unidad, aunque actualmente siguen en estudio. El límite inferior con la Formación Kasa es neto y concordante, en continuidad estratigráfica. El límite con la Formación Yaurichambi es una discordancia cartográfica de carácter erosivo. El espesor de la unidad alcanza los 120 m, aunque generalmente está total o parcialmente erosionada.

GRUPO TITIKAKA (Chamot, 1965)

Formación Areniscas de Yaurichambi
(Orellana, 1968)

- Litología: Areniscas de colores variados, con algunas intercalaciones de lutitas y conglomerados subordinadas, y pequeños niveles de calcedonia (chert) y carbonatos.

- Sección tipo: En el Cerro Jacha Khatawi, en las proximidades de Yaurichambi (carretera La Paz-Tiquina). Otras localidades donde se observan bien las facies y estructuras son las secciones de Villa Molino (carretera de Choguaya y Mina Matilde) y flancos del sinclinal de Colquencha.

- Subunidades: No se han reconocido, aunque posteriores estudios pueden permitir un mayor refinamiento.

- Edad, límites y espesor: Las dataciones relativas realizadas en la Formación Copacabana establecen un límite superior Gzeliano, aunque puede ser bastante más antiguo (Kasimoviano o Moscoviano) y variable de unas zonas a otras (diacrónico), pero siempre en continuidad estratigráfica. La base es una discordancia cartográfica de carácter erosivo sobre cualquiera de las unidades del Grupo Ambo, e incluso sobre unidades del Devónico (Ancoraimas, Yaurichambi, Colquencha). El espesor es variable entre 15 y más de 100 m, según las localidades.

Formación Calizas, Areniscas y Margas de Copacabana
(Newell, 1943)

- Litología: Unidad heterolítica compuesta de calizas, dolomías, areniscas, margas y lutitas, con algunas intercalaciones de niveles de calcedonia (chert).

- Sección tipo: Presenta buenos afloramientos por toda la franja noreste de la Península de Copacabana, especialmente en las proximidades del Estrecho de Tiquina.

- Subunidades: No se han reconocido, aunque posteriores estudios pueden permitir un mayor refinamiento. Las secuencias de facies reconocidas por algunos autores en esta unidad no siempre corresponden a subunidades litoestratigráficas, ya que generalmente no son de litología homogénea.

- Edad, límites y espesor: Las dataciones relativas basadas en bioestratigrafía de conodontos otorgan una edad Gzeliano (Carbonífero Superior) a Artinskiano (Pérmico Medio), aunque el límite inferior puede ser más antiguo (Kasimoviano o Moscoviano, actualmente en estudio). Tanto la Formación Yaurichambi subyacente, como la Formación Collasuyo (o Formación Chutani, según Sempere (1990) suprayacente, están en continuidad estratigráfica con esta unidad.

REFERENCIAS

- ARCHANGELSKY, S., C.L. AZCUY, C.R. GONZALES y N. SABATTINI, 1987. Correlación general y edad de biozonas. En: S. Archangelsky (Ed.), *El Sistema Carbonífero en la República Argentina, Academia Nacional de Ciencias, Córdoba*, pp. 281-302.
- ASCARRUNZ, R. y L. RADELLI, 1964. Geología della Penisola di Copacabana e delle Isole del settore sud del Lago Titikaka. *Atti della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale in Milano*, 103 (3): 273-284.
- AZCUY, C.L. y R. SUAREZ SORUCO, 1984. El género *Nothorhacopteris* en el Paleozoico Superior de la Península de Copacabana, Bolivia. *1st Annual meeting, IGCP no. 211 "Late Paleozoic of South America"*, San Carlos de Bariloche, pp. 45-46.
- BARRIOS, L. y G. BECCAR, 1987a. Estratigrafía de detalle, área sur del Lago Titikaka. *Informe interno YPF, Santa Cruz*.
- BARRIOS, L. y G. BECCAR, 1987b. Estratigrafía de detalle en la región NE (Nor-Este) del Lago Titikaka. *Informe Interno YPF, Santa Cruz*.
- BLANCO, F., 1963. Estudio geológico de la región sudoriental del Lago Titicaca (Provincia Manco Kapac, Departamento de La Paz). *Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz*.
- CALVO, J.C., 1981. Estudio estratigráfico y sedimentológico de las unidades litoestratigráficas del Paleozoico Superior en el área comprendida entre las poblaciones de Tiquina, Cumaná y Yaurichambi, Departamento de La Paz. *Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz*.
- CHAMOT, G.A., 1965. Permian section at Apillapampa, Bolivia, and its fossil content. *Journal of Paleontology*, 39 (6): 1112-1124.
- DIAZ, E. y P.E. ISAACSON, 1991. Late Devonian sediment mass-movement and gravity flow in the Altiplano of Bolivia: evidence for eohercynian tectonic instability?. *Geological Society of America, Annual Meeting (San Diego), Abstracts with Programs*, 23 (5): A69.
- DIAZ, E. y J. C. LEMA, 1991. Diamictitas glaciomarinas en el Carbonífero del Altiplano Norte de Bolivia: Sedimentología e interpretación de ambientes sedimentarios. *6º Congreso Geológico de Chile Viña del Mar*, Actas, 1: 268-271.
- DIAZ, E., B. A. PALMER y J. C. LEMA, 1991. The Carboniferous sequence of the northern Altiplano of Bolivia: from glacial-marine to carbonate deposition. *XII International Congress on Carboniferous and Permian Geology and Stratigraphy (Buenos Aires)*, *Compte Rendu*, en prensa.
- HARLAND, W. B., A. V. COX, P. G. LLEWELLYN, C. A. G. PICKTON, A. G. SMITH y R. WALTERS, 1982. A geologic time scale. *Cambridge University Press*, 131 p.
- HELWIG, J., 1972. Stratigraphy, sedimentation, paleogeography, and paleoclimates of Carboniferous ("Gondwana") and Permian of Bolivia. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 56 (6): 1008-1033.
- MAROCCO, R., T. SEMPERE, D. MERINO, J. OLLER, M. PEREZ y E. SORIA, 1987. Le Permo-Carbonifère du Lac Titikaka (nord de la Bolivie): un exemple d'inversion de polarité dans un bassin. *Séminaire "Géodynamique des Andes Centrales", Résumés des Communications, ORSTOM, Paris*, pp. 48-51.
- MERINO, D., 1987. Los conodontos Permocarboníferos de la Formación Copacabana en Yaurichambi, Departamento de La Paz. *Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz*, 127 pp.
- MOLINA, C., 1969. Estudio geológico de la Península de Cumaná y contribución al conocimiento de los foraminíferos Pérmicos de Yaurichambi, Colquencha y Apillapampa (Provincia Los Andes, Departamento La Paz). *Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz*.
- NEWELL, N. D., 1949. Geology of the Lake Titikaka region, Peru and Bolivia. *Geological Society of America Memoir*, 36, 111 pp.
- NEWELL, N. D., J. CHRONIC y T. G. ROBERTS, 1953. Upper Paleozoic of Perú. *Geological Society of America Memoir*, 58, 272 pp.
- ORELLANA, N., 1968. Estudio sedimentológico y petrográfico de la Península de Cumaná (Provincia Los Andes, Departamento La Paz). *Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz*.
- OVIDO, C., 1962. Estudio estratigráfico de la península de Copacabana (Departamento La Paz). *Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz*.
- OVIDO, C., 1965. Estratigrafía de la Península de Copacabana, Lago Titikaka, Departamento de La Paz. *Boletín IBP*, 5 (1-2): 5-15.
- RODRIGO, L. A. y A. CASTAÑOS, 1978. Sinopsis estratigráfica de Bolivia (1): Paleozoico. *Academia Nacional de las Ciencias de Bolivia, La Paz*, 146 pp.
- SAJINES, R., 1962. Estudio geológico de la Región Ancoraimas, Provincia Omasuyos y Camacho, Departamento La Paz. *Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz*.
- SEMPERE, T., 1990. Cuadros estratigráficos de Bolivia: propuestas nuevas. *Revista Técnica de YPF*, 11 (2-3): 215-227.
- SEMPERE, T., R. MAROCCO, D. MERINO, J. OLLER, M. PEREZ y E. SORIA, 1986. Los caracteres geodinámicos generales de la sedimentación permo-carbónica al Sur del Lago Titicaca. *8vo. Congreso Geológico de Bolivia, La Paz*, p. 44.
- SEMPERE, T., J. OLLER, E. AGUILERA, J. LOBO, D. MERINO, R. MAROCCO y R. GARCIA, 1990. Elementos para una estratigrafía secuencial del Paleozoico Superior de Bolivia. *9no. Congreso Geológico de Bolivia, Cochabamba*.
- STARCK, D., E. GALLARDO y A. SCHULZ, 1991. The pre-Carboniferous unconformity in the Argentine sector of the Tarija basin. *XII International Congress on Carboniferous and Permian Geology and Stratigraphy (Buenos Aires)*, *Compte Rendu*, en prensa.
- SUAREZ RIGLOS, M., 1984. Introducción a los conodontes del Permocarbonífero de Bolivia. *Memorias del 3er. Congreso Latinoamericano de Paleontología, México*, pp. 125-129.
- SUAREZ RIGLOS, M., M. A. HÜNICKEN, y D. MERINO, 1987. Conodont biostratigraphy of the Upper Carboniferous-Lower Permian rocks of Bolivia. In: R. L. Austin (Editor), *Conodonts: Investigative Techniques and Applications*, pp. 316-325.
- SUAREZ SORUCO, R., 1989. El ciclo Cordillerano (Silúrico-Carbonífero Inferior) en Bolivia y su relación con países limítrofes. *Revista Técnica YPF*, 10 (3-4): 233-243.
- URDINIÑA, M., 1968. Estudio geológico y paleontológico de la región de la Isla del Sol. *Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz*.
- VAVRDOVA, M., P. E. ISAACSON, E. DIAZ y J. BECK, 1991. Palinología del límite Devónico-Carbonífero en torno al Lago Titikaka, Bolivia: Resultados preliminares, *Revista Técnica de YPF*, este volumen.

APENDICE

Traducción al español de una parte del texto original en italiano del trabajo de Ascarrunz y Radelli (1964) sobre la geología de la Península de Copacabana y de las islas del sector Sur del Lago Titikaka.

"[...] II.

1 - El conocimiento geológico de la región se debe principalmente a N. D. Newell, quien estuvo allí durante su trabajo que tenía como objeto principal el estudio del sector peruano del Titikaka; a la labor esencialmente explorativa de F. Ahlfeld, pionero de la geología boliviana; y las tesis depositadas en la Universidad Mayor de San Andrés en La Paz y no publicadas.

2 - Las rocas observadas por nosotros se reparten de la siguiente forma [...]

- (e) Grupo Copacabana, calizas y areniscas pérmicas;
- (d) Formación Kasa, areniscas feldespáticas continentales carboníferas;
- (c) Formación Cumaná, areniscas, lutitas y conglomerados carboníferos;
- (b) Formación Aigachi, areniscas cuarcíticas blancas devónicas;
- (a) Formación Yampupata, esquistos y areniscas devónicas.

(a) **Formación Yampupata.** Con este nombre agrupamos los esquistos arcillosos y cuarcíticos alternando con bancos de arenisca masiva. Los fósiles que contiene la formación son: [...]. Estos indican el Devónico Medio (serie Sicasica). El ambiente de sedimentación parece ser de tipo nerítico. El nombre de la formación se tomó de una aldea que se encuentra en la extremidad Norte de la Península de Copacabana. Lamentablemente, faltan en el área estudiada por nosotros hasta la Cordillera Real sedimentos coetáneos con certeza, como para permitir la correlación litológica y poder hablar sobre el desarrollo de la cuenca.

(b) **Formación Aigachi.** Los afloramientos típicos de esta formación se encuentran en las cercanías del pueblo de Aigachi, del cual toma su nombre. Se trata de una serie monótona de arenisca cuarcítica blanca, bien estratificada, en bancos de unos metros. Su posición cronoestratigráfica no está bien determinada: el único fósil encontrado en ella, aunque afuera del área estudiada por nosotros, es una Cruziana de aspecto devónico (A. Saavedra, comunicación personal). En nuestra zona, la base no es visible, mientras que el techo lo constituye la Formación Cumaná carbonífera. En el momento de establecer el mapa geológico pensamos que pudiera tratarse de una formación del Devónico Superior, pero muy recientes investigaciones indican una edad silúrica para las rocas paleozoicas del valle de La Paz, pudiendo sugerir el Devónico Inferior para la formación en cuestión.

(c) **Formación Cumaná.** Llamamos con este nombre a un conjunto de rocas detríticas que en la isla Cumaná (o península Cumaná) se encuentran entre la Formación Aigachi y las areniscas feldespáticas de la Formación Kasa carbonífera. En la isla Cumaná esta formación comprende, de base a techo:

- estratos de areniscas hematíticas gradadas;
- lutitas claras;

- una masa no estratificada de rocas color rojo vino, que se componen de una matriz arcillosa en la cual flotan cantos de variado tipo y tamaño;

- estratos de arenisca y areniscas arcillosas de color gris en las cuales se encuentra bloques aislados de diámetro fino a 50 cm e intercalaciones de conglomerados.

Algunos clastos estriados presentes en los conglomerados parecerían indicar para esta formación un origen glaciario. Nosotros pensamos esto aunque, debido también a la presencia de las areniscas gradadas, tal hipótesis debe ser posteriormente probada, ya que también podría tratarse de una formación deltaica y en gran parte gravitativa.

Típicamente la formación está desarrollada en la isla Cumaná: en la isla Paco, que hemos representado en el mapa adjunto como constituida por rocas pertenecientes a esa formación, se encuentran solamente unas areniscas con estratificación cruzada con niveles conglomerádicos locales; y en la península de Copacabana (donde falta la formación Aigachi) se encuentra sólo localmente en pequeños niveles discontinuos de conglomerados entre las formaciones Yampupata y kasa, no reproducidos en el mapa por razones de escala. Por su posición entre la Formación Aigachi y la Formación Kasa pensilvaniana, referimos la Formación Cumaná al Carbonífero Inferior.

(d) **Formación Kasa.** Proponemos este nombre, según la hacienda homónima que se encuentra cerca de la sección tipo en la Isla del Sol, para los estratos carboníferos netamente continentales del Lago Titikaka. La formación Kasa consiste, de base a techo, de:

- Miembro 1 - areniscas arcólicas con estratificación cruzada, claras y masivas (83,5 m);
- Miembro 2 - Areniscas finamente estratificadas con matriz arcillosa (69,5 m);
- Miembro 3 - como el miembro 1 (31 m);
- Miembro 4 - como el miembro 2 (24,5 m);
- Miembro 5 - como el miembro 1 pero de color rojo intenso (45m);
- Miembro 6 - areniscas finas color crema con plantas (25 m);
- Miembro 7 - un estrato de carbón (2 m);
- Miembro 8 - areniscas finísimas rojas y multicolores (30 m).

Los miembros 7 y 8 no son continuos. Por encima de estos, o del precedente cuando estos faltan, se encuentra un estrato continuo de areniscas cloríticas verdes (51 m) que nosotros consideramos como perteneciente al Gr. Copacabana. La formación contiene los siguientes restos vegetales [...] que hacen que se considere pensilvaniana.

(e) **Grupo Copacabana.** El Grupo Copacabana definido por N. D. Newell (1949) representa el Pérmico Inferior (Wolfcampiano). Consiste en una alternancia de calizas fértidas con nódulos de sílice, areniscas cloríticas verdes, a veces finísimas, y areniscas rojas marinas bastante gruesas. Exceptuando las rocas cloríticas (y no glauconíticas, como se ha indicado en la literatura), todas las otras rocas de la formación son muy ricas en micro y macrofósiles, una lista de los cuales se encuentra en F. Ahlfeld y L. Branisa (1960), que se recomienda al lector interesado. El espesor total de la Fm.

Copacabana en el área estudiada es de unos 750 metros. [...]"

Dentro del mismo trabajo, en el apartado de conclusiones, los autores añaden:

"[...] III.

Concluída esta pequeña reseña, queda subrayar algunos hechos de cierto interés:

1 - Ya hemos mencionado que la primera formación carbonífera, la Formación Cumaná, está limitada a las islas Cumaná y Paco, y que ésta formación yace en concordancia sobre la Formación Aigachi, considerada, hasta que se pruebe lo contrario, como correspondiente el Devónico Superior. En cambio, la segunda

formación carbonífera, la Formación Kasa, continental fuera de cualquier duda, reposa tanto sobre la Formación Cumaná como, a veces, sobre algunos metros de conglomerados de origen glaciario (?). Es posible entonces adelantar tal hipótesis de que la deposición de la Formación Kasa ha estado precedida de una fase de erosión.

2 - Los estratos de carbón y las areniscas finas rojizas con que acaba la Formación Kasa no son constantes en el área estudiada sino que muchas veces faltan entre las areniscas feldespáticas y el primer banco pérmico, que nosotros consideramos a las areniscas cloríticas. ¿Hubo una débil erosión entre la deposición de la Formación Kasa y la de la Formación Copacabana, o los estratos rojos y carbones fueron depositados solamente en pequeñas depresiones existentes sobre la superficie de la Formación Kasa? No disponemos de elementos suficientes a favor de una u otra de estas hipótesis. [...]"