NUEVOS DATOS PALINOLÓGICOS DE LA FORMACIÓN KAKA (EOSERPUKHOVIANO) EN LA ENCAÑADA DE BEU, SUBANDINO NORTE DE BOLIVIA

ZULEMA FASOLO

Fundación Miguel Lillo, Inst. Paleontología, Área Geología, Miguel Lillo 251 (4000), San Miguel de Tucumán,
Argentina. fasolo@csnat.unt.edu.ar

MARÍA DEL MILAGRO VERGEL

CONICET, Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e I.M.L., Miguel Lillo 205 (4000),
San Miguel de Tucumán, Argentina. vergelmar@tucbbs.com.ar

JAIME OLLER

PETROBRAS BOLIVIA, Av. San Martin 1700, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. joller@petrobras.com.bo

CARLOS AZCUY

CONICET, Universidad Nacional de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Ciudad Universitaria,
Pabellón 2 (1428), Buenos Aires, Argentina. azcuy@ciudad.com.ar

RESUMO – São apresentadas novas informações sobre o conteúdo palinológico do topo da Formação Kaka, unidade superior do Grupo Retama, na Encañada de Beu, Subandino Norte da Bolívia. Identificaram-se 80 espécies de palinóforos autóctones junto a outros espécimes do Devoniano, considerados como redepositados. A associação autóctone é basicamente composta por esporos triletes, uma espécie de pólen precolpado, duas espécies de grãos de pólen sacado e algas verdes (*Botryococcus*). Esta associação é tentativamente assinalada ao Serpukhoviano e correlacionada, apenas em parte, com a palinozona *Cordylosporites magnidictyus*, definida para o Viséano tardio da Bacia do Amazonas, no Brasil. É também sugerida uma correlação com a Formação Ambo, no Peru. As afinidades botânicas da maioria dos elementos constituintes da palinoflora indicam condições úmidas em um clima temperado.

Palavras-chave: Palinologia, Eocarbonífero, Formação Kaka, Bolívia.

ABSTRACT – NEW PALYNOLOGICAL RECORD IN THE KAKA FORMATION (EARLY SERPUKHOVIAN) AT ENCAÑADA DE BEU, SUBANDINO NORTE, BOLIVIA. New palynological information recovered from a well-preserved and diverse assemblage from the upper part of the Kaka Formation, upper unit of the Retama Group, at the Encañada de Beu, Northern Subandean Bolivia, is presented. Eighty autochthonous palynomorph species were identified together with reworked specimens from the Devonian *s.l.* The autochthonous assemblage is principally composed of trilete miospores, one praecolpate pollen species, two saccate pollen species, and green algae (*Botryococcus*). It is tentatively assigned to the Serpukhovian, and partly correlated with the *Cordylosporites magnidictyus* palynozone, defined in the Amazon basin (Brazil) and dated-late Viséan. The Bolivian assemblage is also correlated with the Ambo Formation assemblage from Peru. The major botanical affinities of the palynoflora suggest humid conditions in a temperate climate.

Key words: Palynology, Early Carboniferous, Kaka Formation, Bolivia.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de palinofloras carboníferas en América del Sur tuvo un sustancial avance en los últimos años, principalmente con los registros en secuencias de Brasil (Playford & Dino, 2000; Melo & Loboziak, 2000, 2003; di Pasquo *et al.*, 2003a,b), Perú (Azcuy *et al.*, 2002; Azcuy & di Pasquo, 2005), y Argentina (di Pasquo *et al.*, 2001; Rodríguez

Amenábar *et al.*, 2003). En Bolivia sin embargo, sólo se han dado a conocer listas taxonómicas de palinóforos obtenidas de informes inéditos de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (Suárez-Soruco & Lobo-Boneta, 1983; Suárez-Soruco, 1989), y otros de mayor alcance como los llevados a cabo en el Norte del país, en la Encañada de Beu (Azcuy & Ottone, 1987) y en el Noroeste, área del Lago Titicaca, Cuenca Madre de Dios (Vardová *et al.*, 1993, 1996). Estos dos últimos,

corresponden a datos sobre la palinología de secciones estratigráficas en las cuales se presenta información referida al límite Devónico-Carbonífero.

La microfloreza dada a conocer por Azcuy & Ottone (1987), a pesar de su carácter preliminar, brindó importantes datos sobre la antigüedad del nivel portador y permitió diferenciar materiales continentales y paleomicroplancton marino. El paleomicroplancton marino (acritarcos y prasinofíceas) además de varias esporas, fue interpretado como material redepositado del Devónico Tardío, mientras que la mayoría de sus especies continentales (esporas) fueron consideradas autóctonas con la depositación de las sedimentitas del Grupo Retama e interpretadas como del Carbonífero Temprano indiferenciado, aunque asignadas con dudas al Viséano.

En estos mismos niveles, Azcuy & Suarez Soruco (1993) registraron megafloreza con escasos especímenes de *Nothorhacopteris kellybelenensis*, integrante principal de la Fitozona *Nothorhacopteris kellybelenensis* - *Triphyllopteris boliviana* (Iannuzzi *et al.*, 2003) cuya antigüedad se determina como Viséano tardío-Serpukhoviano temprano.

Dada la abundancia, diversidad y excelente preservación del material de la Encañada de Beu, se efectúa en este trabajo la revisión del material estudiado por Azcuy & Ottone (1987) con el fin de actualizar y ampliar el registro taxonómico, correlacionar asociaciones semejantes descriptas recientemente para América del Sur, y eventualmente, ajustar los esquemas bioestratigráficos y paleogeográficos.

MARCO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO

El área de estudio se halla ubicada en el departamento La Paz, en la unidad morfoestructural Subandino Norte de Bolivia (Figura 1). En la Llanura Beniana, la Encañada de Beu consiste en un área donde el río Beni corta una importante secuencia silicoclástica descubriendo una excelente exposición de Paleozoico que incluye el Grupo Retama (López-Murillo, 1967). Este grupo que representa parte del Ciclo Cordillerano (Ashgilliano superior-Serpukhoviano, *sensu* Suárez-Soruco, 2000), consiste en una unidad litoestratigráfica integrada por dos conjuntos sedimentarios asignados al Devónico más tardío y al Carbonífero Temprano respectivamente (Suárez-Soruco, 2000). Diferentes autores hacen referencia a estos conjuntos sedimentarios con terminologías litoestratigráficas de distinta categoría. Algunos lo consideran una única formación integrada por dos miembros (Dávila *et al.*, 1964), mientras que otros lo designan como un grupo con dos formaciones (Suárez-Soruco & Díaz-Martínez, 1996). En este trabajo seguimos el criterio adoptado por los últimos autores mencionados que designan la secuencia como Grupo Retama, integrado por las Formaciones Toregua y Kaka (Figura 1).

La unidad inferior, Formación Toregua (López-Murillo, 1967), se dispone sobre areniscas del Devónico Superior de la Formación Tomachi y está mayormente constituida por areniscas cuarcíticas de grano fino a muy fino, bien estratificadas, en bancos de hasta 4 m de espesor, con delgadas intercalaciones de lutitas gris oscuras. Becar-

Montaño & Toledo (1990) la interpretan como una sucesión de cuatro secuencias de progradación deltaica que suceden a la secuencia regresiva de línea de costa con la que culmina la serie devónica (Formaciones Tequeje y Tomachi), configurando un paleoambiente costero deltaico. La unidad superior, Formación Kaka (López-Murillo, 1967), se inicia en la base de la primera diamictita que registra la unidad, en una matriz areno-limosa, intercalada con niveles de pelitas y areniscas estratificadas; la sucesión se continúa con areniscas, limolitas y arcilitas en una secuencia grano y estrato decreciente. Según Suárez-Soruco (2000) representa una secuencia marina de plataforma somera, con marcada influencia glacimarina y evidentes rasgos de resedimentación. De los niveles pelíticos superiores de la Formación Kaka se obtuvo el material palinológico que analizamos en este trabajo, el cual corresponde además al nivel portador de *Nothorhacopteris kellybelenensis*, asignada al Carbonífero Temprano (Figura 1).

MATERIALES Y MÉTODOS

El material aquí analizado corresponde al tramo superior del Grupo Retama, en los niveles pelíticos superiores de la Formación Kaka (Figura 1). La extracción de los palinomorfos se realizó en el Laboratorio de Palinología del Departamento de Ciencias Geológicas de la Universidad de Buenos Aires, siguiendo métodos convencionales. Los materiales estudiados e ilustrados se hallan depositados en la Palinoteca del Laboratorio de Palinología con la sigla y número BAFC. PI 506 (1-30).

Figura 1. A, ubicación del área estudiada; **B,** columna estratigráfica del Grupo Retama y ubicación del nivel fosilífero.

Figure 1. A, location of the study area; **B,** stratigraphic column of Retama Group and location of the fossiliferous horizon.

CARACTERÍSTICAS DE LA ASOCIACIÓN

El análisis taxonómico permitió identificar una microflora muy diversificada con 120 formas, mayormente definidas a nivel específico. Entre ellas, de igual modo que fuera señalado por Azcuy & Ottone (1987) se diferenciaron 2 grupos de palinomorfos, separados luego de su análisis taxonómico sobre la base de registros estratigráficos previos: a) un grupo de formas autóctonas compuesto de esporas y muy escasos granos de polen subordinados (ca. al 8 %); y b) un grupo alóctono integrado mayormente por formas marinas (acritarcas y prasinoficeas) y esporas continentales tales como *Retispora lepidophyta*, *Samarisporites triangulatus*, *Emphanisporites rotatus*, *E. spinaeformis*, *Grandispora* spp. de antigüedad devónica *s.l.* Esta asociación ocurre con una frecuencia de hasta un 40 % y confirma los datos de retrabajo obtenidos de la sedimentología de la sección por Suarez Soruco (2000).

En el presente estudio analizamos exclusivamente el grupo de formas determinadas como autóctonas cuyos 80 taxa se listan en la Tabla 1; la misma incluye la cita previa de las especies encontradas nesta y en otras localidades de América del Sur. Algunos taxa se ilustran en las Figuras 2 a 4. La lista completa de los *taxa* constituye el Apéndice 1.

EDAD DE LA PALINOFLORA AUTÓCTONA

El significado estratigráfico de los taxa de la asociación autóctona, evaluado de acuerdo con su registro previo en otras asociaciones neopaleozoicas (Figura 5), indicaría para la microflora de Beni una antigüedad Carbonífero Temprano (Viseano tardío-Serpukhoviano). La asignación a esta edad se fundamenta en la presencia de formas comunes con asociaciones del Carbonífero Temprano mundial, como muestran los taxa seleccionados en la Figura 5. En ella se reconocen tres grupos de especies. El primero corresponde a especies con registro inicial en el Tournaisiano o Struniano pero que no sobrepasan el Viseano, *e.g.*, *Knoxisporites literatus*, *Cristatisporites echinatus*, *Kraeuselisporites mitratus*, *Retusotriletes cassus*, *Bascaudiaspora submarginata*, *Verrucosisporites nitidus*, *Leiotriletes ornatus*, *Apiculiretusispora semisenta*, *Verrucosisporites congestus* y *V. depressus*. El segundo grupo corresponde a especies con registro sólo en el Viseano, *e.g.*, *Verrucosisporites morulatus*, *Convolutispora insulosa*, *Grandispora debilis*, las cuales sugieren una antigüedad viseana. Sin embargo, el tercer grupo corresponde a especies que si bien aparecen en el Viseano-Serpukhoviano y aún Tournaisiano, alcanzan la base del Carbonífero Tardío y aún un poco más, *e.g.*, *Cordylosporites magnidictyus*, *Waltzisporea polita*, *Densosporites annulatus*, *Schopfiipollenites ellipsoides*, *Cristatisporites indignabundus*, *Crassisporea kosankei*, *Potonieisporites* sp. y *Limitisporites* sp. Si bien la primera aparición de granos de polen monosacados es objeto de continuo debate, una vez que aparecen a nivel mundial con algunas variaciones diacrónicas. Al respecto, varios autores (Clayton *et al.*, 1990;

Zhu, 1993; Clayton, 1995, 1996; Ouyang, 1996) concluyen que la ocurrencia esporádica de especies de granos de polen monosacados y bisacados, generalmente ocurren en el Namuriano Temprano o Serpukhoviano. Por lo arriba expuesto se asigna a la microflora una antigüedad Eoserpukhoviano. No obstante, la esporádica ocurrencia de *Crassisporea kosankei* y algunos granos de polen en esta asociación deja abierta la posibilidad a futuras revisiones de los niveles, y a nuevas colecciones en el área.

CORRELACIÓN CON ASOCIACIONES NEOPALEOZOICAS TEMPRANAS DE AMÉRICA DEL SUR

La presencia de taxa del Carbonífero Tardío y/o del límite entre los subsistemas (Carbonífero Temprano y Tardío) reforzarían la asignación de esta asociación a una antigüedad Eoserpukhoviano. Por otra parte, la asociación de Beni estudiada por Azcuy & Ottone (1987), fue originalmente comparada con la Palynozona *Verrucosisporites* sp. 85 (= *V. nitidus*) - *Reticulatisporites magnidictyus* (= *Cordylosporites magnidictyus*) Suárez-Soruco & Lobo Boneta (1983) y atribuida al Viseano *s.l.*, que posteriormente fue reasignada al Viseano tardío-Serpukhoviano por su asociación con la Fitozona *Nothorhacopteris kellybelenensis* - *Triphyllopteris boliviana* (Iannuzzi *et al.*, 2003).

De los datos mostrados en la Tabla 1, surge claramente que la asociación con mayor número de especies comunes (25) con la asociación aquí estudiada, es la del Pongo de Mainique, Perú (Formación Ambo), Cuenca Madre de Dios. La asociación de la Formación Ambo fue asignada al Viseano tardío, cabe resaltar la ausencia de granos de polen monosacados, y correlacionada con la palinozona *Cordylosporites magnidictyus* (Melo & Loboziak, 2003) de la Cuenca Amazonas, Brazil (Azcuy & di Pasquo, 2005).

Melo & Loboziak (2003) proponen en la Cuenca Amazonas

Especies seleccionadas	Carbonífero				
	Inferior			Superior	
	Tournais.	Viseano	Serpukh.	Bashk.	Moscov.
<i>Knoxisporites literatus</i>	←				
<i>Cristatisporites echinatus</i>	←				
<i>Kraeuselisporites mitratus</i>	←				
<i>Retusotriletes cassus</i>	←				
<i>Bascaudiaspora submarginata</i>	←				
<i>Verrucosisporites nitidus</i>	←				
<i>Leiotriletes ornatus</i>	←				
<i>Apiculiretusispora semisenta</i>	←				
<i>Verrucosisporites congestus</i>					
<i>V. depressus</i>					
<i>Verrucosisporites morulatus</i>					
<i>Convolutispora insulosa</i>					
<i>Grandispora debilis</i>					
<i>Cordylosporites magnidictyus</i>					
<i>Waltzisporea polita</i>					
<i>Densosporites annulatus</i>					
<i>Schopfiipollenites ellipsoides</i>					
<i>Cristatisporites indignabundus</i>					
<i>Crassisporea kosankei</i>					
<i>Potonieisporites</i> sp.					
<i>Limitisporites</i> sp.					
<i>Botryococcus braunii</i>					

Figura 2. Distribución estratigráfica de especies seleccionadas.
Figura 2. Stratigraphic distribution of selected species.

Figura 3. Asociación de esporas de la Formación Kaka (en paréntesis están el número de los preparadros y la coordenada England Finder): **A**, *Aneurospora greggii* (506/15, M35/2); **B**, *Cristatisporites echinatus* (506/28, 47/1); **C**, *Verrucosisporites congestus* (506/21, M56/4-N56/2); **D**, *Cristatisporites indignabundus* (506/18, G60/1); **E**, *Verrucosisporites depressus* (506/15, L54/2); **F**, *Verrucosisporites morulatus* (506/26, O32/1); **G**, *Verrucosisporites nitidus* (506/11, F65/1); **H**, *Apiculiretusispora semisenta* (506/15, M35/2); **I**, *Convolutispora insulosa* (506/17, M25/4); **J**, *Bascaudaspora submarginata* (506/28, D46/1); **L**, *Retusotriletes crassus* (506/18, S48/1). Todas x750, salvo las con barra de escala (=7,5 μ m).

Figure 3. Spores from Kaka Formation (in parenthesis are the slide number and the England Finder coordinates). All x750, excepting those with scale bar (= 7.5 μ m).

Figure 4. Asociación de esporas y granos de pollen de la Formación Kaka (en paréntesis están el número de los preparados y la coordenada England Finder): **A**, *Leiotriletes ornatus* (506/19, L54/2); **B**, *noxisporites literatus* (506/1, V21/4); **C**, *Crassispora kosankei* (506/18, Y28/2); **D**, *Waltzispota polita* (506/27, B39/3); **E**, *Densosporites anulatus* (506/11, L37/3-M37/1); **F**, *Schopfipollenites ellipsoides* (506/1, H20/2); **G**, *Potonieisporites* sp. (506/18, O47/3); **H**, *Limitisporites* sp. (506/12, R61/1-3); **I**, *Botryococcus braunii* (506/16, V53/1); **J**, *Cordylsporites magnidictyus* (506/1, Y23/2); **L**, *Grandispora debilis* (506/21, T34/4). Todas x750, salvo A, D, E, I, J y L x1000 y las con barra de escala (= 10 µm).

Figure 4. Miospores and pollen grains from Kaka Formation (in parenthesis are the slide number and the England Finder coordinates). All x750, excepting A, D, E, I, J and L x1000 and those with scale bar (= 10 µm).

Figura 5. Asociación de esporas de la Formación Kaka (en paréntesis están el número de los preparadros y la coordenada England Finder): **A**, *Velamispores* sp. (506/12, W43/1); **B**, *Granulatisporites parvus* (506/18, U43); **C**, *Cyclogranisporites pisticus* (506/16, T57/3); **D**, *Cyclogranisporites australis* (506/19, R40/3); **E**, *Grumosporites rufus* (506/24, Z33); **F**, *Grumosporites varioreticulatus* (506/15, Y50/3); **G**, *Grumosporites verrucosus* (506/15, R53); **H**, *Endoculeospora gradzinskii* (506/1, F25); **I**, *Foveosporites hortonensis* (506/18, P43/3-Q43/1); **J**, *Foveosporites pellucidus* (506/19, G59); **L**, *Granaspores medius* (506/3, X27); **M**, *Spelaeotrilletes arenaceus* (506/7, P48/4). Todas x750, salvo B, C y I x1000 y las con barra de escala (= 10 μ m).

Figure 5. Spores from Kaka Formation (in parenthesis are the slide number and the England Finder coordinates). All x750, excepting B, C and I x1000 and those with scale bar (= 10 μ m).

Table 1. Autochthonous palynomorph species from the Kaka Formation (this paper) and their geographic distribution in South America: Retama Formation, at the same locality (Azcuy & Ottone, 1987); Saipurú Formation (Suárez-Soruco & Lobo Boneta, 1983); Faro Formation (Melo & Loboziak, 2003); Poti Formation (Melo & Loboziak, 2000); Ambo Formation (Azcuy & di Pasquo, 2004); Cortaderas Formation: Río Blanco Basin, Argentina (Césari & Limarino, 1992); Malimán Formation (Césari & Limarino, 1995, Rodríguez Amenábar *et al.* 2003); Del Ratón Formation (Sessarego & Césari, 1989); Tupambi Formation (di Pasquo, 2002).

Formaciones	Retama	Saipurú	Faro	Poti	Ambo	Cortaderas	Malimán	Del Ratón	Tupambi
Taxones identificados									
<i>Leiotriletes microgranulatus</i>									
<i>L. tumidus</i>									
<i>L. ornatus</i>					X				
<i>L. sphaerotriangulus</i>									
<i>L. tenuis</i>									
<i>Waltzispora polita</i>			X	X	X				X
<i>Punctatisporites genuinus</i>									
<i>P. glaber</i>									X
<i>P. humilis</i>									
<i>P. nitidus</i>		X							
<i>P. perfrugalis</i>									
<i>P.cf. resolutus</i>							X		
<i>P. trivialis</i>									
<i>Foveosporites hortonensis</i>			X						
<i>Foveosportes sp.</i>			X						
<i>F. pellucidus</i>									
<i>Calamospora hartungiana</i>					X				X
<i>C. microrugosa</i>									
<i>C. cf. C. pallida</i>									
<i>C. parva</i>									
<i>Retusotriletes simplex</i>									
<i>R. crassus</i>					X				
<i>R. incohatus</i>					X				
<i>Cyclogranisporites aureus</i>									
<i>C. australis</i>					X				
<i>C. cf. C firmus</i>									
<i>C. cf. C. pisticus</i>									
<i>Apiculiretusispora semisenta</i>				X	X		X		
<i>Aneurospora gregsii</i>					X				
<i>Granasporites medius</i>					X				X
<i>Anapiculatisporites semisentus</i>	X								
<i>Granulatisporites adnatoides</i>									
<i>G. crenulatus</i>	X								
<i>G. frustulentus</i>	X								
<i>G. parvus</i>									X
<i>Verrucosisporites congestus</i>				X	X	X	X	X	
<i>V. depressus</i>				X	X				
<i>V. nitidus</i>	X	X	X	X	X				
<i>V. gobbettii</i>				X					
<i>V. minutus</i>									
<i>V. donarii</i>									
<i>V. morulatus</i>					X				
<i>Convolutispora ampla</i>									
<i>C. insulosa</i>					X		X		
<i>Raistrickia clavata</i>	X		X						
<i>Pustulatisporites sp.</i>	X						X		
<i>Densosporites anulatus</i>				X	X				
<i>D. pseudoanulatus</i>									
<i>D. stellatus</i>									
<i>D. variomarginatus</i>	X								
<i>Densosporites sp.</i>					X				
<i>Grumosisporites rufus</i>									
<i>G. verrucosus</i>									
<i>G. varioreticulatus</i>									
<i>Cordylisporites magnidictyus</i>		X	X	X	X				
<i>Reticulatisporites reticulatus</i>									
<i>Dictyotriletes sp.</i>									
<i>Crassispora kosankei</i>					X				X
<i>C. maculosa</i>									
<i>Velamisporites sp.</i>			?	?	?				
<i>Knoxisporites literatus</i>									
<i>Cadiospora sp.</i>									
<i>Spelaeotriletes triangulus</i>			X	X					
<i>S. arenaceus</i>	X		X	X					
<i>Krauselisporites mitratus</i>			X		X				
<i>Vallatisporites ciliaris</i>			X	X					
<i>Vallatisporites sp.</i>									
<i>Cristatisporites indignabundus</i>					X				
<i>C. echinatus</i>				X	X				
<i>C. inordinatus</i>									
<i>Grandispora daemonii</i>			X						
<i>G. debilis</i>					X			X	
<i>G. pseudoreticulata</i>									
<i>Bascaudiospora submarginata</i>				X	X				
<i>Endoculeospora gradzinskii</i>					X				
<i>Laevigatosporites sp.</i>					X				
<i>Schopfipollenites ellipsoides</i>			?		X				X
<i>Potonieisporites sp.</i>									X
<i>Limitisporites sp.</i>									
<i>Botryococcus braunii</i>									X

un esquema bioestratigráfico palinológico para el Devónico-Carbonífero Temprano. Para el post-Tournaisiano dichos autores establecieron la Palinozona *Cordylsporites magnidictyus* (Mag) entre cuyas formas 11 son comunes con la asociación de Beni, conforme Tabla 1, además de formas de rango más extenso que si bien persisten desde el Struniano, no proliferan más allá de la zona Mag. En tanto que otros componentes de la asociación como *Waltzispota polita*, *Spelaeotriletes triangulus*, *S. arenaceus*, *Granulatisporites* spp., están también presentes en la Cuenca Amazonas en asociaciones más jóvenes (Palinozona *Spelaeotriletes triangulus*, Tri) de probable edad Namuriano tardío-Westfaliano temprano. Así, el contar con varias especies en común, incluyendo las formas restringidas a la zona, se sugiere la correlación parcial de la asociación de Beni con la Palinozona *Cordylsporites magnidictyus* asignada al Viséano tardío.

Con respecto a la palinozona *Spelaeotriletes triangulus* (Tri) ciertos taxa son comunes con la asociación de Beni (*Waltzispota polita*, *Spelaeotriletes triangulus*, *Potonieisporites* sp., *Limitisporites* sp.) no obstante, la presencia de un alto predominio de granos de polen (monosacados, bisacados y estriados) en esa biozona aleja su correlación. También puede correlacionarse la microflora proveniente de la Formación Poti de la Cuenca Parnaíba (Melo & Loboziak, 2000). Tienen 13 especies en común (Tabla 1), asignada al más tardío Viséano.

En Argentina las microfloras carboníferas tempranas fueron registradas en Cuencas del Oeste (Calingasta-Uspallata y Río Blanco) en afloramientos de las Formaciones Del Ratón, Malimán y Cortaderas. Estas microfloras son incluidas por Césari & Gutiérrez (2000) en la biozona *Cordylsporites - Verrucosisporites* propuesta por dichos autores para la región centro oeste de Argentina y asignadas al Tournaisiano tardío-Viséano temprano. La correspondencia con la microflora de Beni es mínima con escasas especies en común como *Verrucosisporites congestus* citada para la Formación Cortaderas de la Cuenca Río Blanco (Césari & Limarino, 1992) y *Apiculiretusispora semiseta*, *Convolutispora insulosa* en la Formación Malimán de la misma cuenca (Césari & Limarino, 1995). Por otra parte, la revisión de la asociación palinológica de la Formación Malimán comenzada por Rodríguez Amenábar *et al.* (2003), permitió reconocer en niveles basales y medios de esa unidad *Apiculiretusispora multiseta*, *A. semiseta*, *Convolutispora insulosa* y *Grandispora debilis*. Para la Cuenca Calingasta-Uspallata, *Verrucosisporites congestus* y *Grandispora debilis*, registradas por Sessarego & Césari (1989) en la Formación Del Ratón, completan las formas comunes con Bolivia. Tal vez la mínima correspondencia entre las asociaciones de Bolivia y Argentina pueda obedecer a las distintas posiciones paleolatitudinales entre ambas regiones durante la deposición de sus microfloras (Azcuy & di Pasquo, 2004).

Al Norte de Argentina, muestras de superficie y subsuelo de la sección media a superior de la Formación Tupambi han brindado una microflora compuesta principalmente por esporas triletes y granos de polen monosacados que

permitieron proponer la palinozona *Crassispota kosankei - Cystoptychus azcuyi* (di Pasquo, 2002), asignada al Namuriano tardío. Esta palinozona registra algunos elementos comunes con la microflora de Beni como *Schopfipollenites ellipsoides*, *Waltzispota polita*, *Punctatisporites glaber*, *Granaspotes medius*, *Crassispota kosankei*, *Calamospora hartungiana* y *Botryococcus braunii*. Estos elementos se asignan a una edad cercana al límite Carbonífero Temprano-Tardío. No obstante, existe una clara diferencia entre ambas microfloras por la ausencia, en la asociación de Beni, de los marcadores de la palinozona del norte argentino. La ausencia en la asociación de Bolivia de las especies características de la biozona, la falta de abundancia relativa de granos de polen monosacados y de otras especies características de palinofloras más modernas justifican su separación en el tiempo.

SIGNIFICADO PALEOAMBIENTAL

La palinoflora autóctona de la Formación Kaka (Tabla 1) está mayoritariamente compuesta de esporas cuya afinidad botánica muestra un fuerte dominio (68 %) de especies relacionadas a diferentes grupos de Pteridofitas conforme Balme (1995) (Figuras 2-4). Las Filicofitas (Zygopteridales, Botryopteridales, Cladoxylales, Marattiales, Filicales) que corresponden al 34%, están representadas por géneros como: *Leiotriletes*, *Punctatisporites*, *Cyclogranisporites*, *Granulatisporites*, *Verrucosisporites*, *Convolutispora*, *Raistrickia*, *Grumosisporites*, *Reticulatisporites*, *Dictyotriletes*, *Knoxisporites*, *Grandispora*. También hay alta frecuencia de Licofitas (28 %) representados por: *Foveosporites*, *Retusotriletes*, *Aneurospora*, *Granaspotes*, *Anapiculatisporites*, *Densosporites*, *Crassispota*, *Kraeuselisporites*, *Vallatisporites* y *Cristatisporites*. Esporas atribuidas a Esfenofitas como *Calamospora*, *Auroraspora*, *Laevigatisporites* se hallan subordinadas (6 %).

Los granos de polen precolpados de *Schopfipollenites* cuya afinidad botánica se indica como perteneciente a las Pteridospermatofitas Medullosaceae en las palinofloras del Hemisferio Norte, y los esporádicos granos de polen *Potonieisporites* y *Limitisporites* atribuidos a Cordaitales y/o Coniferales ocurren en una frecuencia de aproximadamente un 8 %. Esto podría indicar que además de las plantas Pteridofitas, crecían en zonas no muy alejadas de la cuenca especies pertenecientes a grupos gimnospermas.

Las afinidades botánicas sugieren condiciones ambientales húmedas debido al dominio de elementos vinculados a grupos de plantas con requerimientos higro-hidrófilos. La presencia de algas verdes Botryococcaceae se interpreta mayormente como vinculada a cuerpos de agua dulce de ambiente continental (Batten & Grenfell, 1996).

Por otro lado, la megaflore de *Nothorhacopteris* asociada, fue considerada en Bolivia integrante del Cinturón Florístico Intra-Gondwana o Reino Paraca (Alleman & Pfefferkorn, 1988; Iannuzzi *et al.*, 2003) cuyas floras de climas templados y húmedos se desarrollaron en una amplia franja que se extendió

desde el Oeste de América del Sur hasta el Este de Australia durante el Carbonífero Temprano (Viseano tardío-Serpukhoviano) (Iannuzzi & Pfefferkorn, 2002)

CONCLUSIONES

Se amplía a 80 el número de especies palinológicas autóctonas en la Formación Kaka, en la Encañada de Beu, Bolivia, o que hay permitido asignar una antigüedad Eoserpukhoviano a la asociación. Además, se correlaciona esa microflora con la Palinozona *Cordylosporites magnidictyus* (en parte) propuesta en la Formación Faro, Cuenca Amazonas, Brasil y con las asociaciones de la Formación Ambo, Cuenca Madre de Dios, Perú y con la de la Formación Poti, Cuenca Parnaíba, Brasil, hallándose una amplia correspondencia entre ellas. Por otro lado, la correlación con microfloras del Carbonífero Temprano de Argentina es por ahora pobre, posiblemente a causa de una posición paleolatitudinal diferente durante el período de vida de las plantas productoras de las microfloras. Por fin, se infieren, sobre la base de los requerimientos de sus plantas parentales, condiciones húmedas durante el depósito de la microflora y, posiblemente clima templado por la posición paleolatitudinal que habría alcanzado esa región durante el Carbonífero Temprano.

BIBLIOGRAFÍA

- Alleman, V. & Pfefferkorn, H., 1988. Licópodos de Paracas: Significación geológica y paleo-climatológica. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, **78**:131-136.
- Azcuy, C.L. & di Pasquo, M.M. 2004. Palinología de las formaciones Ambo y Tarma (Carbonífero) de Perú y su comparación con otras microfloras coetáneas. In: REUNIÃO DE PALEOBOTÂNICOS E PALINÓLOGOS, 11, 2004. *Boletim de Resumos*, Gramado, p. 14.
- Azcuy, C.L. & di Pasquo, M.M. 2005. Early Carboniferous palynomorphs from the Ambo Formation, Pongo de Mainique, Peru. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **134**:153-184.
- Azcuy, C.L. & Ottone, G. 1987. Datos palinológicos de la Formación Retama en la Encañada de Beu, Río Alto Beni (Bolivia). In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGÍA, 4, 1987. *Actas*, Santa Cruz de la Sierra, 1:235-249.
- Azcuy, C.L. & Suárez Soruco, R. 1993. *Nothorhacopteris kellybelenensis*, una nueva especie del Carbonífero inferior de Bolivia. *Revista Técnica de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos*, **13-14**:173-179.
- Azcuy, C.L.; di Pasquo, M.M. & Valdivia Ampuero, H. 2002. Late Carboniferous miospores from the Tarma Formation, Pongo de Mainique, Perú. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **118**:1-28.
- Balme, B.E., 1995. Fossil in situ spores and pollen grains: an annotated catalogue. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **87**:81-323.
- Batten, D.J. & Grenfell, H.R. 1996. *Botryococcus*. In: J. Jansonius & D.C. Mc Gregor (eds.) *Palynology: principles and applications*, American Association Stratigraphic and Palynologists Foundation, v. 1, p. 205-214.
- Becar-Montaño, G. & Toledo, H., 1990. *Estratigrafía de detalle. Área septentrional del Subandino Norte*. Santa Cruz de la Sierra, 45 p. (Informe interno YPFB - GXG-3294).
- Césari, S.N. & Gutiérrez, P.R. 2000. Palynostratigraphy of Upper Paleozoic sequences in central-western Argentina. *Palynology*, **24**:113-146.
- Césari, S.N. & Limarino, C.O. 1992. Palinomorfos Eocarboníferos en la Formación Cortaderas, provincia de San Juan, Argentina. In: SIMPOSIO ARGENTINO DE PALEOBOTÁNICA Y PALINOLOGÍA, 8, 1992. *Publicación Especial*, Buenos Aires, APA, 2:45-48.
- Césari, S.N. & Limarino, C.O., 1995. Primer registro palinológico de la Formación Malimán (Carbonífero Inferior), Cuenca Río Blanco, Argentina. In: CONGRESO ARGENTINO DE PALEONTOLOGÍA Y BIOESTRATIGRAFÍA, 6, 1994. *Actas*, Trelew, p. 77-83.
- Clayton, G., 1995. Carboniferous miospore and pollen assemblages from the Kingdom of Saudi Arabia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **89**:115-123.
- Clayton, G. 1996. Mississippian miospores. In: J. Jansonius & D.C. McGregor (eds.) *Palynology: principles and applications*, American Association Stratigraphic and Palynologists Foundation, v. 2, p. 589-596.
- Clayton, G.; Loboziak, S.; Streel, M.; Turnau, E. & Utting, J. 1990. Palynological events in the Mississippian (Lower Carboniferous) of Europe, North Africa and North America. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, **130**:79-84.
- Dávila, J.; Vargas, C. & Ponce de León, V. 1964. *Informe sobre la geología del bloque andino noroccidental y la faja subandina del norte*, La Paz, 45 p. (Informe interno YPFB - GXG-1000).
- di Pasquo, M.M., 2002. The *Crassispora kosankei* - *Cystoptychus azcuyi* palynozone of the Upper Carboniferous Tupambi Formation, Tarija Basin, northern Argentina. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **118**:47-76.
- di Pasquo, M.M.; Azcuy, C.L. & Starck, D. 2001. Palinología de la Formación San Telmo en la sierra San Antonio, provincia de Salta, Argentina. *Ameghiniana*, **38**:85-98.
- di Pasquo, M.M.; Azcuy C.L. & Souza, P. 2003a. Palinología del Carbonífero Superior del Subgrupo Itararé en Itaporanga, Cuenca Paraná, Estado de San Pablo, Brasil. Parte 1: sistemática de esporas y paleofitoplancton. *Ameghiniana*, **40**:277-296.
- di Pasquo, M.M.; Azcuy C.L. & Souza, P. 2003b. Palinología del Carbonífero Superior del Subgrupo Itararé en Itaporanga, Cuenca Paraná, Estado de San Pablo, Brasil. Parte 2: sistemática de polen y significado estratigráfico. *Ameghiniana*, **40**:297-313.
- Iannuzzi, R. & Pfefferkorn, H. 2002. A Pre-Glacial, Warm-Temperate Floral Belt in Gondwana (Late Viséan, Early Carboniferous). *Palaio*, **17**:571-590.
- Iannuzzi, R.; Azcuy, C.L. & Suárez-Soruco, R. 2003. Fitozona *Nothorhacopteris kellybelenensis*-*Triphyllopteris boliviana*, una nueva unidad bioestratigráfica para el Carbonífero Temprano de Bolivia. *Revista Técnica de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos*, **21**:125-131.
- López-Murillo, H. 1967. Acerca de la geología de las sierras subandinas del norte. *Boletín del Instituto Boliviano del Petróleo*, **7**(2):14-27.
- Melo, J.H.G, Loboziak, S. 2000. Viséan miospore biostratigraphy and correlation of the Poti Formation (Parnaíba Basin, northern Brazil). *Review of Palaeobotany and Palynology*, **112**:147-165.
- Melo, J.H.G, Loboziak, S. 2003. Devonian-Early Carboniferous miospore biostratigraphy of the Amazon Basin, Northern Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **124**:131-202.
- Ouyang, S. 1996. On the first appearance of some gymnospermous pollen and GSPD assemblages in the sub-Angara, Euramerian and Cathaysia provinces. *The Palaeobotanist*, **45**:20-32.
- Playford, G. & Dino, R. 2000. Palynostratigraphy of Upper

- Paleozoic strata (Tapajós Group), Amazonas Basin, Brazil: Part Two. *Palaeontographica*, Abt. B, **255**:87-145.
- Rodríguez Amenábar, C.; di Pasquo, M.M. & Carrizo, H.A. 2003. Datos palinológicos del límite Devónico-Carbonífero en la quebrada Cortaderas, provincia de San Juan, Argentina. *Ameghiniana*, Supl., **40**(4):36-37.
- Sessarego, H.L. & Césari, S.N. 1989. An early Carboniferous flora from Argentina. Biostratigraphic implications. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **57**:247-264.
- Suárez-Soruco, R. 1989. El ciclo Cordillerano (Silúrico-Carbonífero Inferior) en Bolivia y su relación con países limítrofes. *Revista Técnica de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos*, **10**(3-4):233-243.
- Suárez-Soruco, R. 2000. Compendio de Geología de Bolivia. *Revista Técnica de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos*, **18**(1-2):1-213.
- Suárez-Soruco, R. & Díaz-Martínez, E. 1996. Léxico Estratigráfico de Bolivia. *Revista Técnica de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos*, **17**(1-2):3-227.
- Suárez-Soruco, R. & Lobo-Boneta, J. 1983. La fase compresiva Eohercínica en el sector oriental de la Cuenca Cordillerana de Bolivia. *Revista Técnica de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos*, **9**(1-4):189-202.
- Vavrdová, M.; Isaacson, P.E.; Díaz-Martínez, E. & Bek, J. 1993. Devonian-Carboniferous boundary at Lake Titikaka, Bolivia: preliminary palynological results. In: CONGRÈS INTERNATIONAL DE LA STRATIGRAPHIE ET GEOLOGIE DU CARBONIFÈRE ET PERMIEN, 12, 1991. *Comptes Rendus*, Buenos Aires, 1:187-200.
- Vavrdová, M.; Bek, J.; Dufka, P. & Isaacson, P.E. 1996. Palynology of the Devonian (Lochkovian to Tournaisian) sequence, Madre de Dios, northern Bolivia. *Věstník Českého geologického ústavu*, **71**(4):333-349.
- Zhu, H.G. 1993. A revised palynological sub-division of the Namurian of Jing-yuan, northwest China. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **77**:273-300.
- Cyclogranisporites pisticus* Playford 1978
- Densosporites anulatus* (Loose) Schopf, Wilson & Bentall 1944
- Densosporites pseudoanulatus* Butterworth & Williams 1958
- Densosporites stellatus* Azcuy 1975
- Densosporites variomarginatus* Playford 1962
- Densosporites* sp.
- Dictyotriteles* sp.
- Endoculeospora gradzinskii* Turnau 1975
- Foveosporites hortonensis* (Playford) Azcuy 1975
- Foveosporites pellucidus* Playford & Helby 1968
- Foveosporites* sp.
- Granasporites medius* (Dybová & Jachovicz) Ravn, Butterworth, Phillips & Peppers 1986
- Grandispora daemonii* Loboziak *et al.* 1988
- Grandispora debilis* Playford 1971
- Granulatisporites adnatoides* (Potonié & Kremp) Smith & Butterworth 1967
- Granulatisporites crenulatus* Playford 1964
- Granulatisporites frustulentus* (Balme & Hasell) Playford 1971
- Granulatisporites parvus* (Ibrahim) Schopf, Wilson & Bentall 1944
- Grumosisorites rufus* (Butterworth & Williams) Smith & Butterworth 1967
- Grumosisorites verrucosus* (Butterworth & Williams) Smith & Butterworth 1967
- Grumosisorites varioreticulatus* (Neves) Smith & Butterworth 1967
- Knoxisorites literatus* (Waltz) Playford 1963
- Kraeuselisporites mitratus* Higgs 1975
- Laevigatosporites* sp.
- Leiotriteles microgranulatus* Playford 1962
- Leiotriteles ornatus* Ischenko 1956
- Leiotriteles sphaerotriangulus* (Loose) Potonié & Kremp 1954
- Leiotriteles tenuis* Azcuy 1975
- Leiotriteles tumidus* Butterworth & Williams 1958
- Limitisporites* sp.
- Potoniopsisporites* sp.
- Punctatisporites genuinus* Azcuy 1975
- Punctatisporites glaber* (Naumova) Playford 1962
- Punctatisporites humilis* Azcuy 1975
- Punctatisporites nitidus* Hoffmeister, Staplin & Malloy 1955
- Punctatisporites perfrugalis* Playford 1978
- Punctatisporites cf. resolutus* Playford 1971
- Punctatisporites trivialis* Azcuy 1975
- Pustulatisporites* sp.
- Raistrickia clavata* (Hacquebard) Playford 1964
- Retusotriteles crassus* Clayton *in* Clayton, Johnston, Sevestopulo & Smith 1980
- Retusotriteles incohatus* Sullivan 1964
- Retusotriteles simplex* Naumova 1953
- Reticulatisporites reticulatus* (Ibrahim) Ibrahim 1932
- Schopfipollenites ellipsoides* (Ibrahim) Potonié & Kremp 1954
- Spelaetriteles arenaceus* Neves & Owens 1966
- Spelaetriteles triangulus* Neves & Owens 1966
- Vallatisporites ciliaris* (Luber) Sullivan 1964
- Vallatisporites* sp.
- Velamisporites* sp.
- Verrucosisorites congestus* Playford 1964
- Verrucosisorites depressus* Winslow 1962
- Verrucosisorites gobbettii* Playford 1962
- Verrucosisorites donarii* Potonié & Kremp 1955
- Verrucosisorites minutus* Menéndez & Azcuy 1971
- Verrucosisorites morulatus* (Knox) Potonié & Kremp 1955 emend. Smith & Butterworth 1967
- Verrucosisorites nitidus* Playford 1964
- Waltzisporea polita* (Hoffmeister *et al.*) Smith & Butterworth 1967

Received in January, 2006; accepted in March 2006.

Apéndice 1. Lista alfabética de taxa identificados.

Appendix 1. Alphabetic list of identified taxa.

- Anapiculatisporites semisentus* Playford 1971
- Aneurospora greggii* (McGregor) Strel in Becker, Bless, Strel & Thorez 1974
- Apiculiretusispora semisenta* (Playford) Massa, Coquel, Loboziak & Tagourdeau-Lantz 1980
- Bascaudaspora submarginata* (Playford) Higgs, Clayton & Keagan 1988
- Botryococcus braunii* Kützing 1849
- Cadiospora* sp.
- Calamospora hartungiana* Schopf, Wilson & Bentall 1944
- Calamospora microrugosa* (Ibrahim) Schopf, Wilson & Brentall 1944
- Calamospora pallida* (Loose) Schopf, Wilson & Bentall 1944
- Calamospora parva* Guennel 1958
- Convolutispora ampla* Hoffmeister, Staplin & Malloy 1955
- Convolutispora insulosa* Playford 1978
- Cordylosporites magnidictus* (Playford & Helby) Melo & Loboziak 2000
- Crassisporea maculosa* (Knox) Sullivan 1964
- C. kosankei* (Potonié & Kremp) Bharadwaj 1957 emend. Smith & Butterworth 1967
- Cristatisporites indignabundus* (Potonié & Kremp) Staplin & Jansonius 1964
- Cristatisporites echinatus* Playford 1962
- Cristatisporites inordinatus* (Menéndez & Azcuy) Playford 1978
- Cyclogranisporites aureus* (Loose) Potonié & Kremp 1955
- Cyclogranisporites australis* Azcuy 1975
- Cyclogranisporites firmus* Jones & Truswell 1992