

PALEOGEOGRAFÍA Y BIOESTRATIGRAFÍA DEL CARBONÍFERO DE LOS ANDES CENTRALES: CONFLICTOS Y PERSPECTIVAS DE RESOLUCIÓN

Enrique Díaz-Martínez

Instituto Geológico y Minero de España

Calera 1, 28760 Tres Cantos, Madrid, España, e-mail: e.diaz@igme.es

INTRODUCCIÓN

Según numerosos artículos de revistas y libros, la zona centro y sur de Sudamérica estuvo afectada por glaciación en el Carbonífero tardío (véanse, por ejemplo, las síntesis de Veevers y Powell, 1987, França *et al.*, 1995, y de Torsvik y Cock, 2004). Esta idea, ampliamente generalizada y asumida como válida por muchos investigadores, se puede considerar como el paradigma científico actual. Sin embargo, asumir que los principales eventos de la glaciación del Paleozoico tardío en Sudamérica tuvieron lugar en el Carbonífero tardío obliga a establecer un modelo paleogeográfico incoherente y con gradientes paleoclimáticos exagerados. Esto se debe a la integración a escala de Sudamérica de datos muy dispares pero que se suponen de la misma edad. La razón de esta falta de acuerdo es la correlación entre cuencas basándose en zonas bioestratigráficas que utilizan diferentes grupos taxonómicos (pandémicos cosmopolitas versus endémicos de Gondwana) y cuya edad, sobre todo de estos últimos, está pobremente calibrada. El paradigma científico está hoy tan arraigado y profundamente asumido que muchos investigadores llegan a ignorar evidencias estratigráficas y paleogeográficas básicas que apuntan a una edad más antigua para esta glaciación del Paleozoico tardío en Sudamérica. Todo ello, a pesar de que estas evidencias se conocen desde hace más de una década (Sempere, 1993, 1995; Díaz-Martínez, 1996, 2002; Díaz-Martínez *et al.*, 1999, 2000a, 2000b; Jaillard *et al.*, 2000). El objetivo de este trabajo es resumir las evidencias que indican (1) una edad más antigua para la principal glaciación del Paleozoico tardío en Sudamérica, (2) una edad más antigua para algunos de los taxones y/o biozonas utilizados en las correlaciones bioestratigráficas, y especialmente (3) una edad más antigua para los grupos Macharetí y Mandiyutí en el sur de Bolivia y norte de Argentina, como ya propusieron los autores mencionados. Como en cualquier estrategia de resolución de conflictos, lo primero es reconocer que el problema existe, identificar los aspectos conflictivos, y proponer acciones que faciliten su resolución.

PROBLEMAS CON LA BIOESTRATIGRAFÍA

Las cuencas del Paleozoico tardío del norte de Sudamérica (CCN: cuencas del norte) incluyen las de Parnaíba, Amazonas, Solimões, Acre y Perú-Bolivia (Figura 1). En estas cuencas, las correlaciones bioestratigráficas más fiables utilizan microfósiles de organismos marinos cosmopolitas (conodontos, foraminíferos, algas calcáreas, etc.) procedentes de las unidades carbonáticas del Carbonífero tardío y Pérmico temprano, las cuales permiten asignar edades relativas coherentes con biozonas bien calibradas globalmente. Las cuencas del Paleozoico tardío del sur de Sudamérica (CCS: cuencas del sur) incluyen las de Paraná y Chaco, así como la parte sur de la cuenca de Perú-Bolivia, a la que los geólogos argentinos suelen llamar "cuenca de Tarija" (Figura 1). En estas cuencas las correlaciones bioestratigráficas se basan fundamentalmente en asociaciones palinológicas (en su mayor parte taxones continentales), así como en plantas e invertebrados de unidades siliciclásticas supuestamente con la misma edad Carbonífero tardío-Pérmico temprano. El esquema bioestratigráfico que se aplica a las CCS utiliza palinomorfos endémicos gondwánicos asociados a la vegetación local, y por lo tanto sólo es válido para correlaciones regionales, siempre sometidas a los efectos de migraciones y diacronismos. Tradicionalmente, las edades del Paleozoico tardío en las CCS se basan en correlaciones con el centro y este de Gondwana (principalmente Sudáfrica, India y Australia), donde se le ha asignado una edad Carbonífero tardío y/o Pérmico temprano al principal evento de glaciación. Sin embargo, estudios paleofitogeográficos recientes indican que las comunidades vegetales migraron a través de Gondwana occidental durante el desplazamiento latitudinal de este megacontinente en el

Paleozoico tardío (Iannuzzi y Rösler, 2000; Iannuzzi y Pfefferkorn, 2002; Figura 2). Como resultado de estas migraciones, las asociaciones palinológicas del registro geológico también migraron a la par que su correspondiente comunidad de plantas que le da origen. Este desplazamiento de las comunidades de plantas y sus asociaciones palinológicas correspondientes durante el Carbonífero indica que asociaciones palinológicas similares pueden tener edades diferentes de un lugar a otro (diacrónicas). Por lo tanto, el uso de las asociaciones palinológicas por sí solo no es suficiente para poder asignar edades fiables en las CCS, y hace falta utilizar otros grupos taxonómicos, preferiblemente de organismos marinos cosmopolitas. Durante la última década, los estudios micropaleontológicos de detalle y la bioestratigrafía de conodontos, algas calcáreas y foraminíferos pequeños (endotíridos, nodosáridos, etc.) en rocas carbonáticas situadas estratigráficamente por encima del registro de glaciares del Paleozoico tardío en Sudamérica han establecido un límite de edad mínima para las glaciaciones en esta parte de Gondwana (Merino y Blanco, 1990; Mamet, 1995, 1996; Altiner y Savini, 1995; Mamet e Isaacson, 1997). Estos estudios muestran cómo la sedimentación de carbonatos y evaporitas en las CCN (incluyendo también la cuenca de Perú-Bolivia; número 1 en la Figura 1) empezó al comienzo del Carbonífero tardío (comienzo del Bashkiriano), tal como indica la Figura 1. Todas las evidencias de sedimentación glacial en las CCN se encuentran por debajo de estos carbonatos y evaporitas, luego es obvio que la edad de la glaciación debe ser anterior al Carbonífero tardío, y por lo tanto Carbonífero temprano, como se muestra en las figuras 1 y 3. Esta conclusión (edad Carbonífero temprano de la glaciación en todas las CCN) es importante porque también implica que algunos taxones tienen edad de aparición (FAD) y/o biozona correspondiente con una edad más antigua en el oeste que en el este de Gondwana, tanto flora y fauna como palinomorfos. Este es el caso para la biozona de *L. levis*, tradicionalmente asignada al Namuriano-Westfaliano, y a veces incluso más joven. La revisión de la edad de esta biozona en Australia indica un rango de tiempo menor y más antiguo dentro del Namuriano (Serpukhoviano y Bashkiriano temprano), basado en la datación absoluta de tobas volcánicas intercaladas (Roberts *et al.*, 1995). Brunton (1985) mencionó la sorprendente similitud y limitada distribución paleobiogeográfica de la biozona de *L. levis* a lo largo de ambos extremos del Proto-Pacífico meridional (margen oriental de Australia y margen occidental de Sudamérica). Aparentemente, esta distribución sólo indica que ambas áreas coincidieron en una latitud similar en el Carbonífero medio durante su desplazamiento latitudinal con el resto de Gondwana, una (Sudamérica) hacia latitudes tropicales, y la otra (Australia) hacia latitudes subpolares.

PROBLEMAS CON LA PALEOGEOGRAFÍA

En Bolivia hay numerosas secciones estratigráficas en las que las areniscas fluvio-eólicas, carbonatos y evaporitas del Grupo Titicaca (Carbonífero tardío-Pérmico temprano) sobreyacen a las areniscas de los grupos Retama, Macharetí y Mandiyutí, depositados en su mayor parte en ambientes marinos con importante resedimentación en el Carbonífero temprano (Sempere, 1995; Díaz-Martínez, 1996) (Figuras 1 y 3). Un dato paleogeográfico muy importante es que las paleopendientes de los canales correspondientes a los grupos Macharetí y Mandiyutí en el Subandino sur y Chaco bolivianos son hacia el noroeste (França *et al.*, 1995; Sempere, 1995; Tankard *et al.*, 1995), dirigiéndose hacia la parte más profunda y distal de la cuenca situada en la zona del Subandino norte de Bolivia y Madre de Dios (Figura 1), precisamente donde la base del Grupo Titicaca suprayacente está bien datada como Bashkiriano temprano (Mamet e Isaacson, 1997) (Figura 3). Cualquier reconstrucción paleogeográfica del Carbonífero de esta región necesita tener en cuenta esta relación estratigráfica básica, incluyendo además otro hecho fundamental: tanto la discontinuidad erosiva del Carbonífero medio como el cambio drástico en paleoambientes y paleorrelieves que tuvo lugar requieren un tiempo suficientemente largo. Sin embargo, y a pesar de todo lo mencionado, la edad más antigua (Carbonífero temprano) de las unidades con evidencia de la glaciaciones del Paleozoico tardío en Gondwana occidental sigue siendo sistemáticamente ignorada por muchos de los que estudian el Carbonífero de Sudamérica (véase, por ejemplo, González, 1990; López-Gamundí *et al.*, 1992; Limarino *et al.*, 1996; López-Gamundí, 1997; López-Gamundí y Breitskreuz, 1997; Di Pasquo, 2002). En consecuencia, no es de extrañar que las compilaciones globales para las reconstrucciones paleogeográficas y paleoclimáticas tampoco las consideren (Veevers y Powell, 1987; Francis, 1994; Torsvik y Cock, 2004).

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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altiner, D. y Savini R. (1995). Pennsylvanian foraminifera and biostratigraphy of the Amazonas and Solimões basins (North Brazil). *Revue de Paléobiologie*, Vol. 14, No. 2, pp. 417-453.
- Brunton, C.H.C. (1985). Some Carboniferous brachiopod distributions, en *Compte Rendu, 10th Int. Congr. on Carboniferous Stratigraphy and Geology*, Madrid (1983), Vol. 4, pp. 75-81.
- Di Pasquo, M. (2002). The *Crassispora kosankei-Cystoptychus azcuyi* palynozone of the Upper Carboniferous Tupambi Formation, Tarija Basin, northern Argentina. *Review of Palaeobotany and Palynology*, Vol. 118, pp. 47-76.
- Díaz-Martínez, E., 1996. Síntesis estratigráfica y geodinámica del Carbonífero de Bolivia, en *Memorias XII Congreso Geológico de Bolivia*, Tarija, Vol. 1, pp. 355-367.
- Díaz-Martínez, E., Vavrdová, M., Bek, J. e Isaacson, P.E. (1999). Late Devonian (Famennian) glaciation in western Gondwana: evidence from the Central Andes. *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, Vol. 54, pp. 213-237.
- Díaz-Martínez, E., Sempere, T., Isaacson, P.E. y Grader, G.W. (2000a). Paleozoic of western Gondwana active margin (Bolivian Andes), en *Pre-Congress Fieldtrip Bft 27, 31st Int. Geological Congress*, Brazil, 31 p.
- Díaz-Martínez, E., Mamet, B., Isaacson, P.E. y Grader, G.W. (2000b). Permian marine sedimentation in northern Chile: new paleontological evidence from the Juan de Morales Formation and regional paleogeographic implications. *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 13, pp. 511-525.
- Francis, J.E. (1994). Paleoclimates of Pangea - Geological evidence. *Canadian Society of Petroleum Geologists*, Memoir 17, pp. 265-274.
- França, A.B. y otros 15 autores (1995). Phanerozoic correlation in southern South America. *American Association of Petroleum Geologists*, Memoir 62, pp. 129-161.
- González, C.R. (1990). Development of the late paleozoic glaciations of the South American Gondwana in western Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol. 79, pp. 275-287.
- Iannuzzi, R. y Rösler, O. (2000). Floristic migration in South America during the Carboniferous: phytogeographical and biostratigraphic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol. 161, pp. 71-94.
- Iannuzzi, R. y Pfefferkorn, H.W. (2002). A pre-glacial warm-temperate floral belt in Gondwana (late Viséan, Early Carboniferous). *Palaios*, Vol. 17, pp. 571-590.
- Iannuzzi, R., Azcuy, C.L. y Suárez-Soruco, R. (2003). Fitozona *Nothorhacopteris kellybelenensis-Triphyllopteris boliviana*, una nueva unidad bioestratigráfica para el Carbonífero temprano de Bolivia. *Revista Técnica de YPF*, Vol. 21, pp. 125-130.
- Jaillard, E., Héral, G., Monfret, T., Díaz-Martínez, E., Baby, P., Lavenue, A. y Dumont, J.F. (2000). Tectonic evolution of the Andes of Ecuador, Peru, Bolivia and northernmost Chile, en Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A. y Campos, D.A. (eds.), *Tectonic Evolution of South America*. SBG, Rio de Janeiro, pp. 481-559.
- Limarino, C.O., Césari, S.N. y López-Gamundí, O.R. (1996). Las fases climáticas del Paleozoico superior del oeste argentino: su expresión estratigráfica y valor como herramienta de correlación, en *Actas XIII Congreso Geológico Argentino*, Buenos Aires, Vol. 1, pp. 495-509.
- López-Gamundí, O.R. (1997). Glacial-postglacial transition in the Late Paleozoic basins of southern South America, en I.P. Martini (ed.), *Late Glacial and Post-Glacial Environmental Changes - Quaternary, Carboniferous-Permian and Proterozoic*, Oxford University Press, pp. 147-168.
- López-Gamundí, O.R. y Breitenkreuz, C. (1997). Carboniferous-to-Triassic evolution of the Panthalassan margin in southern South America, en J.M. Dickins, Yang Zunyi, Yin Hongfu, S.G. Lucas y S. Acharyya (eds.), *Late Paleozoic and Early Mesozoic Circum-Pacific Events and their Global Correlation*, Cambridge University Press, World and Regional Series, Vol. 10, pp. 8-19.
- López-Gamundí, O.R., Limarino, C.O. y Césari, S.N. (1992). Late Paleozoic paleoclimatology of central west Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol. 91, pp. 305-329.
- Mamet, B. (1995). Algues calcaires marines du Paléozoïque supérieur (Equateur, Bolivie). *Annales de la Soc. Géol. de Belgique*, Vol. 117, pp. 155-167.
- Mamet, B. (1996). Late Paleozoic small foraminifers (endothyrids) from South America (Ecuador and Bolivia). *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 33, pp. 452-459.
- Mamet, B. e Isaacson, P.E. (1997). Bashkirian (Early Pennsylvanian) small foraminifers from Bolivia. *Prace Panstwowego Instytutu Geologicznego*, Vol. 157, pp. 319-326.

Merino, D. y Blanco, J. (1990). Conodontos de la Formación Copacabana (Carbonífero superior-Pérmico inferior) en la sección de Huarachani-Pacobamba, Departamento de La Paz, Bolivia. *Revista Técnica de YPFB*, Vol. 11, pp. 105-116.

Roberts, J., Claoué-Long, J., Jones, P.J. y Foster, C.B. (1995). SHRIMP zircon age control of Gondwanan sequences in Late Carboniferous and Early Permian Australia. *Geological Society of London, Special Publication 89*, pp. 145-174.

Sempere, T. (1993). Paleozoico to Jurassic evolution of Bolivia, en *Extended Abstracts 2nd International Symposium on Andean Geodynamics*, Oxford, pp. 547-550.

Sempere, T. (1995). Phanerozoic evolution of Bolivia and adjacent regions. *American Association of Petroleum Geologists, Memoir 62*, pp. 207-230.

Tankard, A.J. y otros 17 autores (1995). Structural and tectonic controls of basin evolution in southwestern Gondwana during the Phanerozoic. *American Association of Petroleum Geologists, Memoir 62*, pp. 5-52.

Torsvik, T.H., y Cock, L.R.M. (2004). Earth geography from 400 to 250 Ma: a palaeomagnetic, faunal and facies review. *Journal of the Geological Society of London*, Vol. 161, pp. 555-572.

Veevers, J.J. y Powell, C.McA. (1987). Late Paleozoic glacial episodes in Gondwanaland reflected in transgressive-regressive depositional sequences in Euroamerica. *Geological Society of America, Bulletin 98*, pp. 475-487.

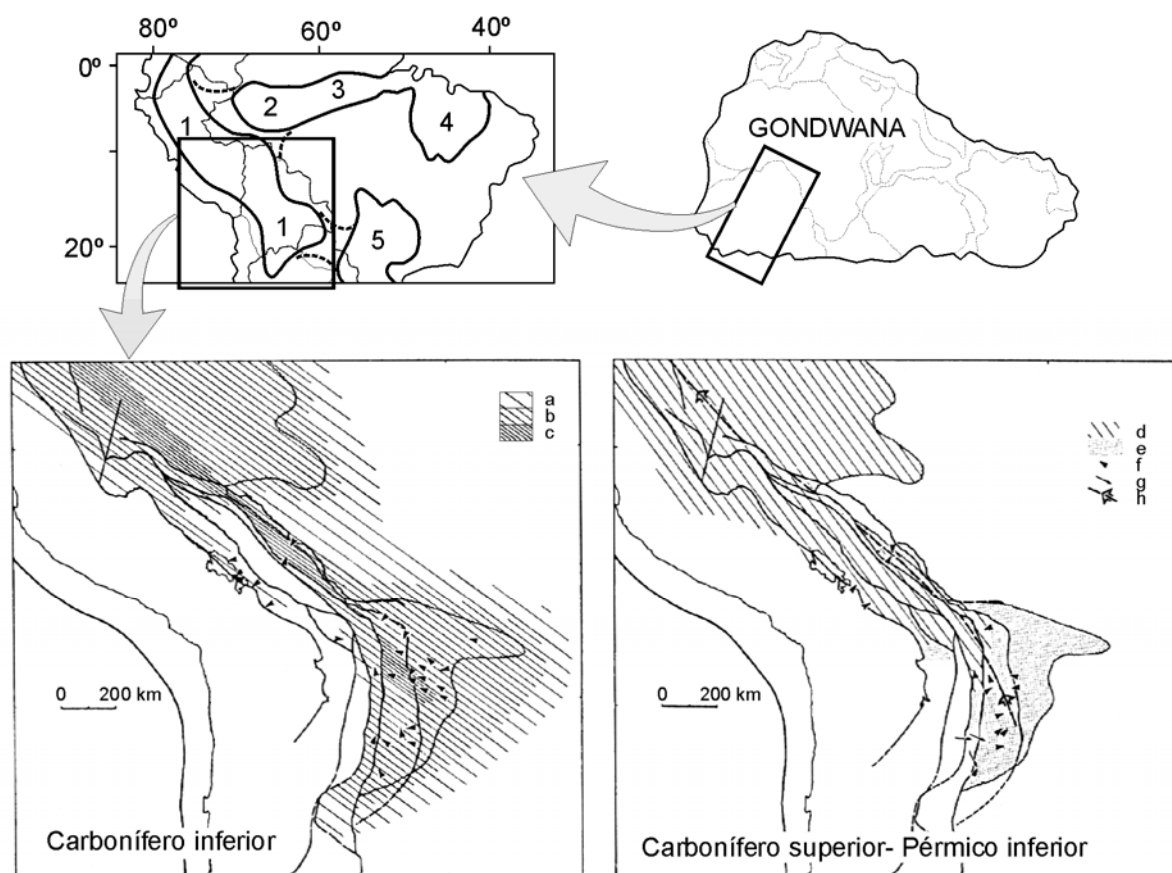


Figura 1: Arriba: Esquema de las cuencas del Paleozoico tardío en la zona central de Sudamérica (Gondwana occidental): 1, Perú-Bolivia; 2, Solimões; 3, Amazonas; 4, Parnaíba; 5, Paraná. Abajo: Paleogeografía del Neopaleozoico indicando los diferentes ambientes sedimentarios (según Sempere, 1995). a, depósitos continentales y marinos someros; b, depósitos marinos resedimentados de talud y fondo de cuenca; c, depósitos distales profundos; d, carbonatos y evaporitas de ambientes marinos someros y costeros; e, depósitos fluvioeólicos; f, paleocorrientes marinas o fluviales; g, progradación de dunas; h, eje y sentido general de paleopendiente en la cuenca.

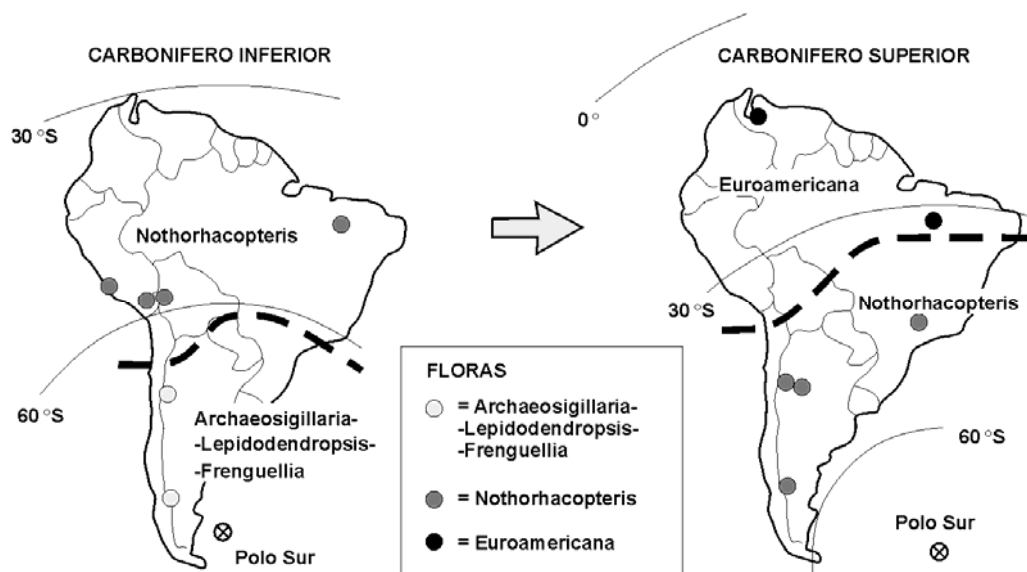


Figura 2: Esquema de migración de las floras gondwánicas en el Carbonífero, durante el desplazamiento latitudinal de Gondwana (Iannuzzi y Rösler, 2000).

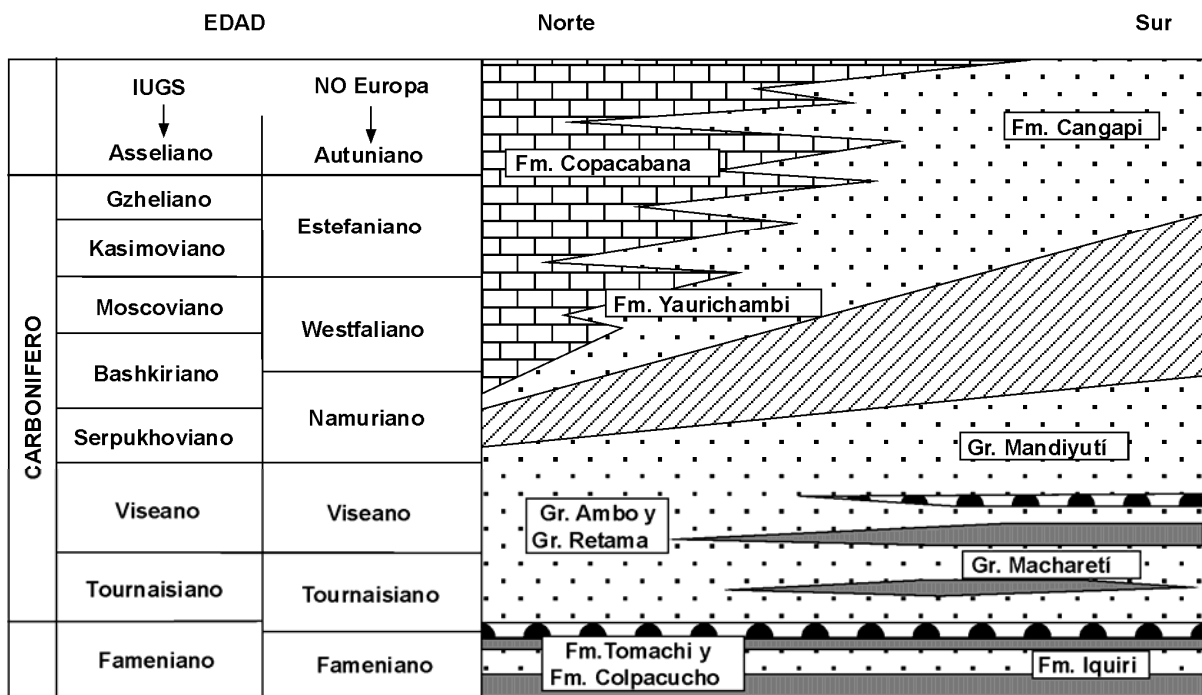


Figura 3: Esquema simplificado de correlación y edades propuestas para las unidades del Neopaleozoico del sur de la cuenca de Perú-Bolivia. Aunque es posible que la sedimentación de la Fm. Yaurichambi y de la parte superior del Gr. Mandiyutí (Fm. San Telmo) haya podido coincidir en el tiempo, el marco tectónico y paleoclimático del resto de las unidades son incompatibles como para que puedan haberse depositado al mismo tiempo. Exceptuando algunos datos de palinología de los grupos Machareti y Mandiyutí, que son irreconciliables con la bioestratigrafía de conodontos y foraminíferos de la Fm. Copacabana, el esquema es válido para el resto de los grupos fósiles encontrados (palinoflora y plantas de los grupos Ambo y Retama, e invertebrados de las formaciones Copacabana y Taiguatí) (modificado de Díaz-Martínez, 1996).