

REVISIÓN DE ALGUNOS GRAPTOLITOS ORDOVÍCICOS DE LA FORMACIÓN SAN JOSÉ PROCEDENTES DE HUAYNA (DISTRITO DE PHARA, DEPARTAMENTO DE PUNO), CORDILLERA ORIENTAL DEL PERÚ

Juan Carlos GUTIÉRREZ-MARCO¹, Charles E. MITCHELL² & César A. CHACALTANA³

INTRODUCCIÓN

La exploración temprana de yacimientos auríferos en los extensos afloramientos paleozoicos de la Cordillera de Carabaya, en especial en las regiones de Santo Domingo, Santa Bárbara y San Juan del Oro, brindó el descubrimiento de diversas localidades con graptolitos ordovícicos entre finales del siglo XIX y principios del siglo XX (Balta, 1897, 1898; Newton, 1901). Parte del material original de estos trabajos fue revisado por Bulman (1931), quien sumó los graptolitos procedentes de cuatro localidades nuevas, encontradas en 1904 y 1905 por la expedición del sueco Erland Nordenskiöld. A su vez, el material estudiado por Bulman (1931) fue revisado por Turner (1960) y, en una mínima parte, también por Brussa *et al.* (2007).

Una segunda etapa de estudios se inicia con la realización de tesis de geología regional y el desarrollo de la Carta Geológica del Perú a escala 1:100.000. Además de definir las formaciones ordovícicas en la Cordillera Oriental y el Altiplano, Laubacher (1974, 1978) señala yacimientos de graptolitos en las regiones de Santo Domingo, Sandia y San Juan del Oro, así como tres puntos con graptolitos del «Llanvirniense superior» al norte y noreste de Limbani. Los trabajos cartográficos de los geólogos peruanos, aportaron numerosos yacimientos nuevos de graptolitos, ilustrados en parte para los cuadrángulos de Limbani (Monge Miguel & Zedano Cornejo, 1996), Sandia (De la Cruz & Carpio Ronquillo, 1996) y Esquena (Monge Miguel *et al.*, 1997), así como en el trabajo de Martínez Valladares (1998).

Las localidades descubiertas por De la Cruz & Carpio Ronquillo (1996) y Martínez Valladares (1998) en el cauce de los ríos Sandia, Huari-Huari y Tambopata, así como en sus quebradas confluyentes, sirvió de base para el estudio paleontológico de Maletz *et al.* (2010), que determinó la presencia de cuatro biozonas

sucesivas de graptolitos darriwillienses en la Formación San José. Adicionalmente, Gutiérrez-Marco *et al.* (2012) revisaron los graptolitos de la misma edad encontrados por Laubacher (1974) en el abra de Yanacocha, entre Sandia y San Juan del Oro. Estos estudios recientes ilustraron graptolitos en un variable estado de preservación, pero no lograron recopilar toda la biodiversidad potencial que tienen estos fósiles en el área, descontándose una mayor proporción de formas biserials y la referencia a ciertos dichograptidos como los que aparecen fotografiados, pero incorrectamente identificados, en las memorias acompañantes a la cartografía geológica oficial. Es por ello que en la presente nota sumamos la revisión de unas interesantes muestras obtenidas durante la confección del cuadrángulo de Limbani (Monge Miguel & Zedano Cornejo, 1996), y cuyos originales se conservan en la colección paleontológica de la Carta Geológica Nacional, en el servicio geológico peruano (INGEMMET, Lima).

CONTEXTO GEOLÓGICO

Las muestras estudiadas fueron recogidas por Robert Monge, entonces geólogo de INGEMMET, cerca del caserío de Huayna, situado 19 km al noreste de Phara (provincia de Sandia, Departamento de Puno, sureste del Perú). La posición del lugar, de camino al caserío de Ccosillocunca (coordenadas aproximadas: 14° 02' 08" S; 69° 30' 23" O) viene anotada en el sector nororiental del cuadrángulo 29-x (Limbani) a escala 1:100.000 (Monge Miguel & Zedano Cornejo, 1996), y se sitúa dentro de un área montañosa y de difícil acceso, carente de base topográfica. Desde el punto de vista estratigráfico, en la localidad afloran lutitas graptolíticas de la parte media-baja de la Formación San José (Ordovícico Inferior-Superior), que forman un pequeño sinclinal ubicado en el flanco sur de un gran antiforme de orientación NO-SE, donde dicha unidad aparece delimitada por extensos afloramientos de la

¹ Instituto de Geociencias (CSIC, UCM) y Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, José Antonio Nováis 12, 28040 Madrid, España.

² Department of Geology, The University at Buffalo, State University of New York, Buffalo, New York 14260-3050, USA.

³ INGEMMET-Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Av. Canadá 1470 San Borja, Lima, Perú.
Emails: jcgrypto@ucm.es; cem@buffalo.edu; cchacaltana@ingemmet.gob.pe

Formación Sandía (Ordovícico Superior), como los que se reconocen al norte (Santo Domingo) y sureste (Sandía) del sector estudiado. Por comparación con el mapa y corte de Laubacher (1974, figs. 2, 3b) es posible que el yacimiento coincida con uno de los que este autor marca al norte o al este de la Hacienda Quitún, conteniendo supuestamente *Didymograptus murchisoni geminus*, *Glyptograptus dentatus*, *Phyllograptus angustifolius elongatus* y *Glossograptus* sp., de «edad Llanvirniense superior».

La asociación de graptolitos representada en la localidad de Huayna fue primeramente identificada por Manuel Aldana (en Monge Miguel & Zedano Cornejo, 1996), quien la atribuyó al «Llanvirniense» o al «Llanvirniense inferior» y reconoció las formas [sic]: *Didymograptus bifidus* (Hall), *D.* cf. *D. spinulosus* Perner, *D.* cf. *D. pluto* Jenkins, *D.* cf. *D. sagitticaulis* Gurley, *Loganograptus* cf. *L. logani* (Hall), *Climacograptus tubuliferus* Lapworth, *Diplograptus* cf. *D. foliaceus* (Murchison), *Glyptograptus* cf. *G. euglyphus pygmaeus* n. sp. y *Glossograptus ciliatus* Emmons. Obviamente, tales identificaciones suponen una mezcla de especies del Ordovícico Inferior, Medio y Superior, que de por sí hacen interesante su revisión.

RESULTADOS

Las muestras estudiadas se corresponden con el material ilustrado por Monge Miguel & Zedano Cornejo (1996, fotos n° 5–11), en el que abundan los *Didymograptus* pendientes, *Aulograptus* y algunas formas biserials, siendo más raros los *glossograptidos* y ciertos *dichograptoides* (*Acrograptus?* sp.; no se ha logrado confirmar la presencia de *Loganograptus*). Todos los ejemplares se conservan comprimidos y bastante tectonizados, lo que dificulta enormemente su identificación específica. Adicionalmente, algunas placas se hallan algo meteorizadas. Con el fin de restituir la morfología original del rabdosoma en asociaciones planares de dos o más especies pertenecientes a géneros con magnitudes angulares conocidas, se tomaron fotografías que fueron retrodeformadas por el método de Wellman y utilizando Adobe Illustrator®, hasta llegar a determinar las magnitudes del elipsoide de deformación. Ello fue aplicado más tarde al cálculo de las dimensiones de la colonia, en formas preferentemente biserials.

Los grandes didymograptidos pendientes constituyen los graptolitos más destacados en la asociación, si bien su preservación insuficiente impide apreciar los detalles del desarrollo inicial del rabdosoma y, en consecuencia, discernir al menos si corresponden al género *Didymograptus* Beck s. str. o a *Jenkinsograptus* Gutiérrez-Marco. Entre otros autores, Bulman (1931), Lemon & Cranswick (1956) o Turner (1960) describieron diversas especies de *Didymograptus* en

el Ordovícico Medio de Sudamérica, pero todas ellas se hallan pendientes de revisión, al igual que parte de las formas clásicas definidas en Europa. Es por ello que los modernos estudios referidos al Perú o Bolivia (Mitchell et al., 2008; Maletz et al., 2010; Gutiérrez-Marco et al., 2012; Toro & Maletz, 2018) relegan la identificación específica de este grupo de graptolitos, tratándolo en nomenclatura abierta por su semejanza con ciertos taxones, o bien de un modo colectivo como *Didymograptus* sp. El material estudiado resulta completamente indeterminable por su elevado grado de distorsión tectónica y la ausencia de elementos morfológicos distintivos, por lo que se atribuye tentativamente a *Didymograptus* sp., del que se registran colonias juveniles y adultas de al menos una especie.

Otro didymograptido abundante y con forma de diapasón es *Aulograptus climacograptoides* (Bulman, 1931) [= *Didymograptus* cf. *pluto* según Aldana (in Monge Miguel & Zedano Cornejo, 1996, foto 6)], que se distingue por su rabdosoma pendiente, pequeño y de estipes estrechos con tendencia subparalela; la sícula larga y afilada con origen metasicular bajo de la teca 1²; y tecas geniculadas, con una pared supragenicular paralela al margen dorsal del estipe y abertura ligeramente evertida, si bien en el material comprimido las aberturas tecales suelen presentarse muy degradadas y no conservan el reborde genicular (Fig. 1A–G). La especie *A. climacograptoides* fue descrita originalmente por Bulman (1931) en el «Llanvirniense» de Korpa (Bolivia), un yacimiento contiguo a la frontera peruana, con un material fuertemente tectonizado. En tiempos más recientes Maletz (1997) considera a *Aulograptus cucullus* (Bulman, 1932) como un sinónimo posterior de la misma, una opinión que no es unánime (por ejemplo, Cooper et al., 2014), pero que ha sido adoptada en el *Treatise* (Maletz et al. 2018). En función de ello, la especie *A. climacograptoides* se halla representada en el Darriwiliense inferior y medio de Baltica (Suecia, Noruega, Lituania), Avalonia (Inglaterra, Gales, Bélgica, Terranova central), área perigondwánica europea (España, Portugal, Bohemia) y sur de China. En Sudamérica, se distribuye en el Darriwiliense inferior de la Puna argentina y en el Darriwiliense medio de la Cordillera Oriental de Bolivia y Perú. Pese a ser un elemento característico de las faunas de tipo atlántico, se conoce un ejemplar único de la especie en Laurentia (provincia pacífica), concretamente en la Cordillera Canadiense (referencias en Maletz, 1997).

Las formas de rabdosoma biserial registradas en la localidad de Huayna se hallan dominadas numéricamente por un *climacograptido* de reducidas dimensiones (menos de 10 mm de longitud y aproximadamente 1 mm de anchura), identificado como *Proclimacograptus angustatus* (Ekström, 1937). En la especie se reconocen tecas típicamente

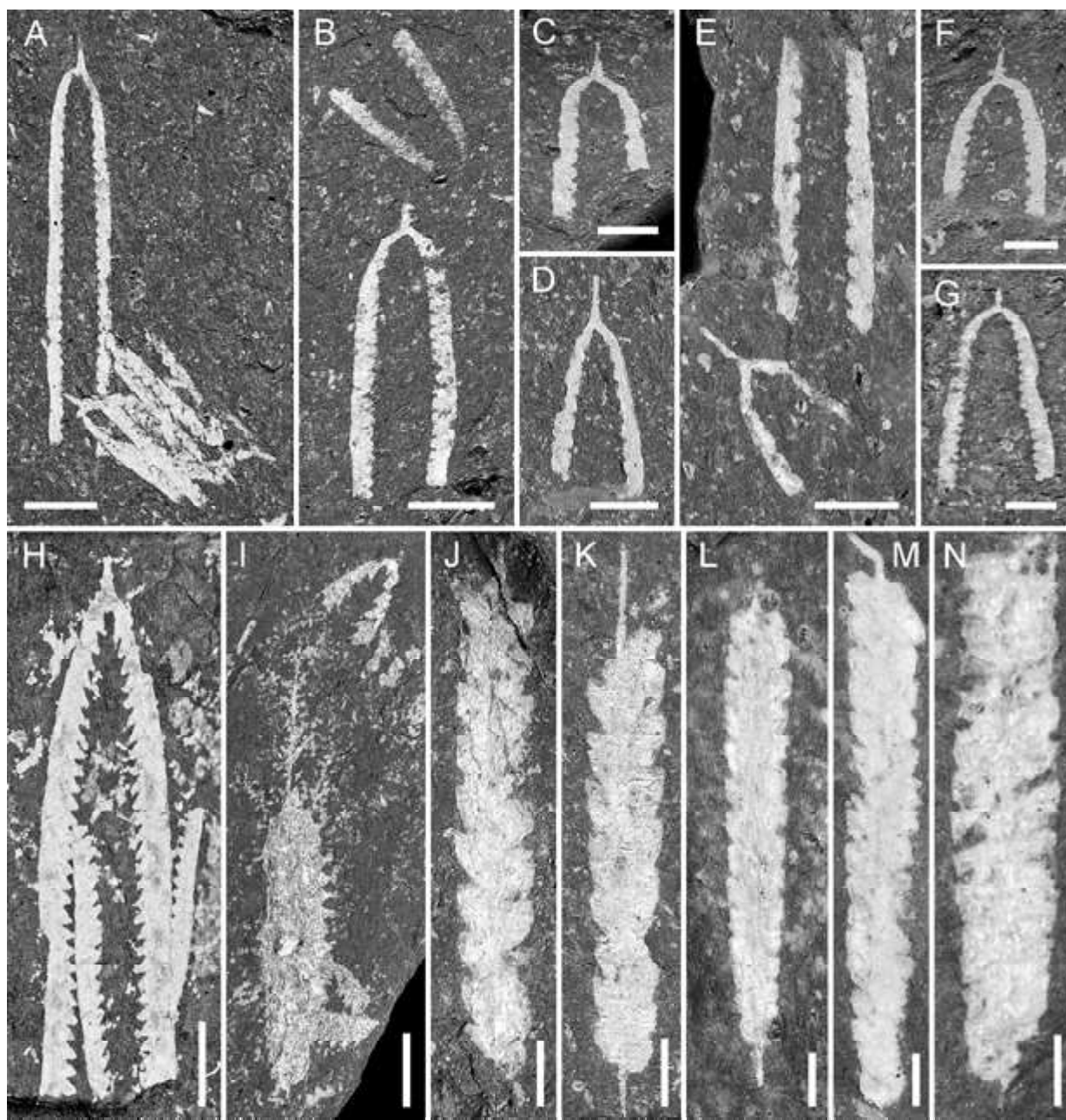


Figura 1 Graptolitos darriwilienses del yacimiento de Huayna (distrito de Phara, Puno). A–G, *Aulograptus climacograptoides* (Bulman), diversos radosomas deformados, mostrando la morfología general de la colonia y las excavaciones tecales. En la parte inferior de A se observan varios radosomas juveniles entrelazados durante el transporte; H, *Didymograptus* sp., dos radosomas deformados; I, colonia juvenil de *Didymograptus* sp. (arriba derecha) y radosoma biserial monopleural de *Glossograptus* sp. (debajo izquierda); J–K, *Proclimacograptus angustatus* (Ekström), ejemplares retrodeformados gráficamente; L–N, radosomas de *Oelandograptus?* sp.: las imágenes M–N han sido retrodeformadas. Escalas gráficas: A–B y H–I, 3 mm; resto, 1 mm. Originales en el Centro de Interpretación Paleontológica del INGEMMET (muestras del cuadrángulo 29-x).

climacograptidas, de aberturas horizontales y paredes supragenicales rectas y paralelas; las tecas basales carecen de espinas. La retrodeformación gráfica ha permitido estimar las dimensiones del rabdosoma, que parte de una anchura inicial de 0,9 mm a la altura del primer par de tecas, para el ejemplar de la Fig. 1K, incrementada distalmente a 1,2 mm. Este último valor se repite en el ejemplar de la Fig. 1J, carente del extremo proximal y de caras paralelas, con 2TRD uniforme de 1,5. En el ejemplar precedente, el valor de la densidad tecal aumentaba rápidamente de 1,2 (TRD-2) a 1,5. *Proclimacograptus angustatus* es una especie cosmopolita y de amplio rango bioestratigráfico (Darriwiliense medio a Sandbiense inferior: Maletz, 1997; Chen et al., 2016), en ocasiones citada por sus sinónimos posteriores «*Climacograptus*» *paradoxus* Bouček y «*C.*» *pauperatus* Bulman.

Una segunda forma biserial se caracteriza por la mayor robustez del rabdosoma y densidad tecal, que se corresponde con tecas de pared supragenical corta, casi vertical (Fig. 1 L–N). Su aspecto resulta próximo al del género *Oelandograptus* Mitchell, pero las aberturas tecales son muy estrechas (long.) y no se conservan indicios de los septos intertecales largos y undulados, con doble curvatura sigmoide. Es por ello que el material se asigna provisionalmente, en nomenclatura abierta, a *Oelandograptus?* sp.

Además de las formas mencionadas, hay escasos rabdosomas biserials monopleurales que corresponden a dos glossograptidos distintos. Por un lado, las colonias robustas de tecas con rutella prominentes y espinas laterales se asimilan con claridad a *Glossograptus* sp. (Fig. 1I; ver también Monge Miguel & Zedano Cornejo, 1996, foto 5); en tanto que los rabdosomas delgados con espinas siculares y tecas de perfil lateral muy típico –no ilustrados– corresponden a *Cryptograptus* cf. *schaeferi* Lapworth, 1880.

CONCLUSIONES

La revisión de la localidad paleontológica de Huayna, encontrada por Monge Miguel & Zedano Cornejo (1996), confirma importantes registros de graptolitos en el Ordovícico peruano, con una especie (*P. angustatus*) aún no reportada en las publicaciones más recientes. La asociación está formada por *Didymograptus?* spp., *Aulograptus climacograptoides* (Bulman), *Acrograptus?* sp., *Proclimacograptus angustatus* (Ekström), *Oelandograptus?* sp., *Glossograptus* sp. y *Cryptograptus* cf. *schaeferi* Lapworth. Dado que *Aulograptus climacograptoides* se distribuye entre la base de la Biozona de *Levisograptus austrodentatus* y el techo de la Biozona de *Nicholsonograptus fasciculatus*, y que

Proclimacograptus angustatus inicia su registro en la Biozona de *N. fasciculatus*, la edad de estos niveles de la Formación San José es Darriwiliense medio. La Biozona de *N. fasciculatus* viene siendo correlacionada también con la biozona de *Didymograptus artus* de Europa y otras localidades asiáticas. Entre los restantes graptolitos, *Oelandograptus* es un género representado en el Darriwiliense medio (biozonas de *Holmograptus spinosus* y *N. fasciculatus*), mientras que el rango de *Cryptograptus schaeferi* abarca al menos el Darriwiliense medio y superior (biozonas de *N. fasciculatus* a *Jiangxiograptus vagus*): Maletz et al. (2011).

AGRADECIMIENTOS

A Carlos Alonso (Universidad Complutense de Madrid) por su ayuda con las ilustraciones. Este trabajo es una contribución a los proyectos CGL2017-87631-P del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (España), PICG 652 y 653 (IUGS-UNESCO), así como una contribución al Programa de Paleontología de la Dirección de Geología Regional del INGEMMET.

REFERENCIAS

- Balta J. (1897). Fósiles de Carabaya. *Boletín de Minas, Industria y Construcciones*, 13 (9), 69-70.
- Balta J. (1898). Más fósiles de Carabaya. *Boletín de Minas, Industria y Construcciones*, 14 (3), 19-21.
- Brussa E., Maletz J., Mitchell C.E. & Goldman D. (2007). *Nemagraptus gracilis* (J. Hall) from Bolivia and Peru. *Acta Palaeontologica Sinica*, 46 (suppl.), 57-63.
- Bulman O.M.B. (1931). South American graptolites with special reference to the Nordenskjöld Collection. *Arkiv för Zoologi*, 22A (3), 1, 111.
- Bulman O.M.B. (1932). On the graptolites prepared by Holm. 4. New species of *Didymograptus* and *Dicellograptus* from Öland, with remarks on the development of *Dicellograptus*. *Arkiv för Zoologi*, 24A (8), 15-19.
- Ekström G. (1937). Upper Didymograptus shale in Scania. *Sveriges Geologiska Undersökning [C]*, 403 (30/10), 1-53.
- Chen X., Zhang Y., Goldman D., Bergström S.M., Fan Y., Wang Z., Finney S.C., Chen Q. & Ma X. (2016). *Darriwilian to Katian (Ordovician) graptolites from Northwest China*. Zhejiang University Press-Elsevier, 354 p.
- Cooper A.H., Fortey N.J., Hughes R.A., Molyneux S.G., Moore R.M., Rushton A.W.A. & Stone P. (2004). *The Skiddaw Group of the English Lake District*. British Geological Survey, Keyworth, 147 pág.
- De La Cruz B. N. & Carpio Ronquillo M. (1996). Geología de los Cuadrángulos de Sandía y San

- Ignacio. Carta Geológica nacional, Hoja 29-y, 29-z. *Boletín del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Serie A (Carta Geológica Nacional)*, 82, 1-125.
- Gutiérrez-Marco J.C., Chacaltana C., Carlotto V. & Sarmiento G.N. (2012). Revisión de los graptolitos ordovícicos del yacimiento del abra de Yanacocha, Cordillera de Carabaya, sureste del Perú. In: XVI Congreso Peruano de Geología, Resúmenes Extendidos GPSEG313, 4 pág.
- Lapworth C. (1880). On new British graptolites. *Annals and Magazine of Natural History*, 5 (5), 149-177.
- Laubacher G. (1974). Le Paléozoïque inférieur de la Cordillère orientale du sud-est du Pérou. *Cahiers ORSTOM, série Géologique*, 6 (1), 29-40.
- Laubacher G. (1978). *Estudio Geológico preliminar de la Cordillera Oriental, III. Estudio Geológico del Bloque C, Dpto. Puno*. Informe Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre Mer (ORSTOM) & Servicio de Geología y Minería, Lima, 89 pág.
- Lemon R.R.H. & Cranswick J.S. (1956). Graptolites from Huacar, Peru. *Publicaciones del Museo de Historia Natural Javier Prado [C]*, 5, 1-32.
- Maletz J. (1997). Graptolites from the *Nicholsonograptus fasciculatus* and *Pterograptus elegans* Zones (Aberiddian, Ordovician) of the Oslo region, Norway. *Greifswalder Geowissenschaftliche Beiträge*, 4, 5-98.
- Maletz J., Reimann C., Spiske M., Bahlburg H. & Brussa E.D. (2010). Darriwilian (Middle Ordovician) graptolite faunas of the Sandia Region, Southern Peru. *Geological Magazine*, 45, 397-411.
- Maletz J., Egenhoff S., Böhme M., Asch R., Borowski K., Höntzsch S., Kirsch M. & Werner M. (2011). A tale of both sides of the Iapetus – Upper Darriwilian (Ordovician) graptolite faunal dynamics on the edges of two continents. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 48, 841-859.
- Maletz J., Toro B.A., Zhang Y. & VandenBerg H.M. (2018). Part V, Second Revision, Chapter 20: Suborder Dichograptina: Introduction, morphology and systematic descriptions. *Treatise Online*, 108, 1-28.
- Martínez Valladares W. (1998). *El Paleozoico Inferior en el sur del Perú: estratigrafía, cronoestratigrafía, petrografía y aspectos sedimentológicos—región de Sandia*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Mayor de San Marcos, Lima, 232 pág.
- Mitchell C.E., Brussa E.D. & Maletz J. (2008). A mixed isograptid-didymograptid graptolite assemblage from the Middle Ordovician of west Gondwana (NW Bolivia): implications for graptolite paleoecology. *Journal of Paleontology*, 82 (6), 1114-1126.
- Monge Miguel R.W. & Zedano Cornejo J. (1996). Geología del cuadrángulo de Limbani. Hojas: 29-x. *Boletín del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Serie A (Carta Geológica Nacional)*, 84, 1-179.
- Monge Miguel R., López Avilés J.C., Boulanger R., E. & Carpio Ronquillo M. (1997). Geología de los cuadrángulos de Esquena, Santa Bárbara y Azata. Hojas: 28-x, 28-y, 28-z. *Boletín del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Serie A (Carta Geológica Nacional)*, 91, 1-124.
- Newton E.T. (1901). Note on graptolites from Peru. *Geological Magazine [4]*, 8 (5), 195-197.
- Toro B.A. & Maletz J. (2018). Up-to-date overview of the Ordovician and Silurian graptolites from Bolivia. In: Suárez-Riglos, M., Dalenz Farjat, A. & Pérez Leyton, M.A. (Eds.), *Fósiles y Facies de Bolivia*. Santa Cruz de la Sierra, 59-81.
- Turner J.C.M. (1960). Faunas graptolíticas de América del Sur. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 14 (1 2), 5 180.