

Terreno Falconia: bloque alóctono neoproterozoico en el NO de Suramérica

Sebastián Grande, Universidad Central de Venezuela, Fac. Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica.

sgrande52@gmail.com

Resumen

Hallazgos recientes de rocas de alto-medio grado metamórfico en el NO de Venezuela, con edades U-Pb en circón entre 1230-260 Ma, permiten proponer la existencia de un basamento continental neoproterozoico-paleozoico, como un terreno tectonoestratigráfico alóctono, definido como Falconia, en el margen NO de Suramérica. Como nombre es apropiado, ya que este bloque conforma el basamento de la cuenca de Falcón y la península de Paraguaná, como lo atestiguan xenolitos granulíticos hallados en la brecha volcánica del cerro Aislado (intrusivo en el eje de dicha Cuenca) y en la Metagranodiorita de El Amparo, núcleos LVC extraídos en la plataforma de La Vela y afloramientos de granofiro en la mesa de Cocodite. Falconia se prolonga en el subsuelo hasta el NE de Yaracuy, donde la acción transpresiva del sistema de fallas Oca-Ancón lo exhumó durante el Neógeno, exponiendo limitadamente los macizos granulíticos del Complejo de Yumare. El Terreno ha sido disecado por la falla de Boconó y aparece al sur de ésta como un cerro de relevo transpresivo, el Complejo de El Guayabo, constituido por una asociación metamórfica bastante similar a la de la plataforma de La Vela, y como gneis sillimanítico en la unidad Gneis de Cabriales, en el SE de Carabobo y otras localidades de la cordillera de la Costa.

Palabras clave: orógeno Grenvilliano, Rodinia, Pangea, metamorfismo de alto grado.

Introducción

Recientes hallazgos de rocas metamórficas de medio-alto grado realizados por Grande (2005, 2007, 2009, 2011 a,b), Grande & Urbani (2009) y Mendi *et al.* (2005) han revelado la existencia de un basamento continental neoproterozoico en el NO de Venezuela. Con nuevos datos geocronológicos por el método U-Pb LA-ICP-MS en circón (Fig. 3) estas rocas pueden ser efectivamente correlacionadas con litologías y ensamblajes metamórficos característicos de la Provincia de Grenville (Chiarenzelli *et al.*, 2010) y de otros bloques continentales de Centro y Suramérica, como el Macizo de Oaxaca (México), los bloques Chortis y Maya, (Dostal *et al.*, 2008) y similares terrenos en Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Brasil y Argentina (Ordoñez *et al.*, 2002 y Cardona *et al.*, 2005). Las vicisitudes de los desplazamientos de la placas tectónicas durante los últimos 3 Ga han sido descritas por Rogers (1996), donde este autor concluye que la presente configuración de bloques continentales ha sido el resultado de la amalgamación de una serie de supercontinentes pasados

que experimentaron megaciclos de Wilson cada 500-600 Ma aproximadamente. El último de estos supercontinentes es la conocida Pangea pérmica, que fue precedida por Rodinia, que se formó hace unos 900 Ma en el Neoproterozoico, unos 600 Ma antes.

Tal como la amalgamación de Pangea involucró la colisión y sutura terminal de casi todas las masas continentales presentes en el Paleozoico, el ensamblaje de Rodinia involucró fenómenos similares de colisión y sutura durante el Neoproterozoico. La sutura terminal de Rodinia generó el orógeno Grenvilliano, la de Pangea, el Tacónico-Acadiano-Allegheniano o Caledoniano-Varisco-Hercínico. Todos estos procesos de apertura y cierre de cuencas oceánicas fueron ciclos de Wilson completos donde fueron creados y destruidos océanos enteros, como el Grenville, el Iapetus y el Reico, a partir de la generación de *riffts*, márgenes pasivos y activos, arcos migratorios y orógenos colisionales, dejando atrás o aglutinando numerosos terrenos alóctonos menores (Hildebrand & Easton, 1995; Keppie *et al.*, 2008), entre ellos el terreno Falconia definido en el NO de Venezuela (Fig. 1).

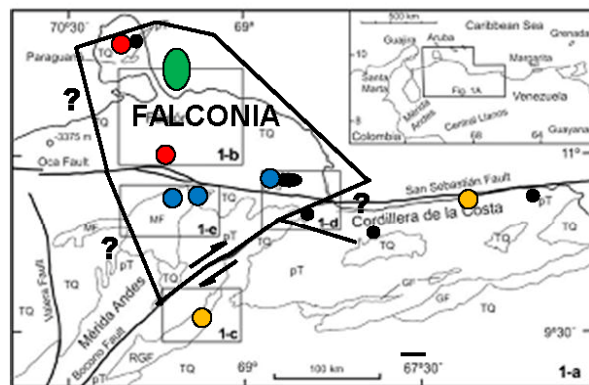


Fig. 1. Límites tentativos del terreno Falconia en base a la información disponible por los momentos (en trazo grueso), el bloque está constituido por un basamento neoproterozoico de alto-medio grado, de afinidad grenvilliana, intrusionado por granitoides pérmicos. Puntos y óvalos negros: afloramientos conocidos; puntos rojos: xenolitos en rocas ígneas; óvalo verde: núcleos del basamento del golfo de La Vela; puntos azules: peñones en conglomerados de formaciones terciarias; puntos naranjas: cantos rodados en los cauces fluviales de los ríos Bocoy-Riecito y Naiguatá. Mapa base tomado de HACKLEY *et al.* (2006).

Asociación metamórfica distintiva de Falconia

La inusual asociación metamórfica de medio-alto grado hallada en Falconia comprende litologías nunca antes descritas en Venezuela, excepto por las granulitas y anortositas presentes en el Complejo de Yumare, en el NE de Yaracuy (Urbani *et al.* 2001b) y gneis sillimanítico del Gneis de Cabriales, en el SE de Carabobo (Aguilera y Vellenilla, 1985). En los núcleos de la plataforma de La Vela (norte de Falcón) y en Complejo de El Guayabo (NE de Yaracuy) Mendi *et al.*, 2005; Grande & Urbani, 2009; y Grande 2011c) reconocen: mármol silíceo y roca calcosilicatada, que incluyen mármoles condrotítico, serpentínico-diópsido-flogopítico y diópsido-escapolítico-yesífero, granofels félsico, máfico y ultramáfico, gneis hornblendo-cordierítico-clinopiroxénico ± granatífero, cuarcita feldespático-granatífera, anortosita y charnockita máfica. Grande (2011b) describe con detalle la inusual petrología, mineralogía y petrogénesis de estas rocas, que comprenden variados protolitos ígneos y sedimentarios, asociados a una posible cuenca extensional intracontinental (retro-arco o *riff*) con un basamento conformado por una asociación ígnea ACMG neoproterozoica.

Grande & Urbani (2009) propusieron que estas rocas eran de afinidad grenvilliana y que posiblemente tenían edad neoproterozoica, en base a las asociaciones litológicas descritas, similares a las halladas en otros terrenos grenvillianos de Norteamérica (Provincia de Grenville, Montes Adirondack, Blue Mountains, Llano Uplift), Centroamérica (Oaxaca, Chortis y Yucatán-Maya) y Suramérica (Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Brasil y Argentina). La correlación más evidente es con la zona granulítica al oeste de la sierra nevada de Santa Marta, el Macizo de Garzón, en Colombia (Cardona *et al.* (2005), y sobre todo con el Macizo de Oaxaca, en el sur de México (Dostal *et al.* (2008), donde afloran asociaciones litológicas del todo similares a las halladas en los núcleos de La Vela y el cerro El Guayabo.

Otras evidencias de rocas similares han sido halladas como cantos en los conglomerados de formaciones terciarias, como Matatere (Martínez y Valletta, 2008) y Casupal (Urbani *et al.* 2011B) y han sido correlacionadas con porciones aflorantes durante el Paleógeno del terreno Falconia, que fungieron de fuente de sedimentos de los conglomerados y areniscas conglomeráticas basales de estas unidades. Sin embargo los primeros indicios de estas rocas fueron hallados por Skerlec (1976) quien describió cantos rodados métricos de mármol serpentínico-diópsido-flogopítico en los cauces de los ríos Boco y Riecito, en el NO de Portuguesa, atribuyéndolos a olistolitos dentro de la Formación Nuezalito, ubicada en la parte superior de dichos cauces. Rocas con sillimanita han sido descritas en varias localidades de la cordillera de la Costa, pero se carece de información geocronológica confiable que permita determinar su afinidad.

Recientemente, Baquero *et al.* (2011) han realizado muy confiables dataciones por el método U-Pb por LA-ICP-MS en circones de algunos núcleos de los pozos 23-MIRANDA y han

hallado edades del orden de 1320-858 Ma, que corroboran la edad grenvilliana de estas rocas (Fig. 2). Estos circones, además, muestran una típica morfología de pelota de fútbol (*soccer ball*), indicativa de un metamorfismo de alto grado, en la facies de la granulita (Fig. 2), correlacionable con el evento Elzeviriano de la orogénesis Grenville (Fig. 3). Edades neoproterozoicas por el método de *plateau* de ⁴⁰Ar-³⁹Ar han sido determinadas por Fournier *et al.* (2010) en la flogopita de un mármol del cauce del río Boco. Igualmente, una edad U-Pb en circón de 950 Ma ha sido determinada por Urbani *et al.* (2011b) en una roca gneísica del Complejo de Yumare.

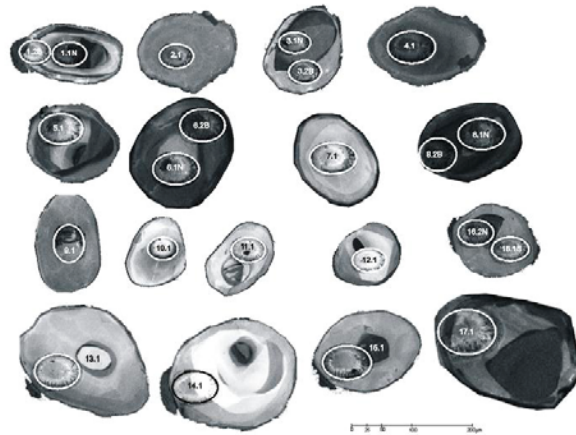


Fig. 2. Circones con morfología de pelota de fútbol (*soccer ball*) extraídos de gneis cordierítico-clinopiroxénico del núcleo del pozo 23-MIRANDA-22X (fracción 3) de la ensenada de La Vela. Las elipses muestran sitios de impacto del microláser utilizado para la espectrometría de masas (técnica LA-ICP-MS). Tomado de Baquero *et al.* (2011).

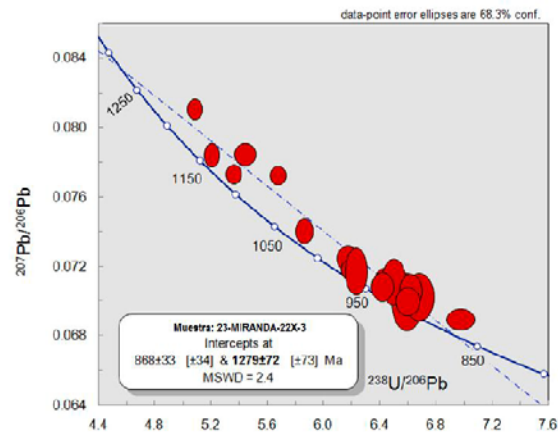


Fig. 3. Diagrama de concordia Tera-Wasserburg de los circones mostrados en la figura 2, mostrando una discordia con un intercepto superior de 1279±72 Ma, interpretado como la edad de cristalización del mineral, y un intercepto inferior de 868±33 Ma correspondiente a un metamorfismo de alto grado, correlacionable con el evento Elzeviriano de la orogénesis Grenvilliana. Tomado de Baquero *et al.* (2011).

Durante el Pérmico, Falconia fue intrusiónada por plutones graníticos, como la Metagranodirita de El Amparo, donde L. Camposano y J. Pinto (com. personal) hallaron en julio de 2011 xenolitos de granofel clinopiroxénico-epidótico, con circones tipo “soccer ball”, que probablemente provienen del basamento neoproterozoico de alto grado que subyace a la península de Paraguaná.

Según Baquero *et al.* (2011) en el Paleoceno-Eoceno, durante su acreción a Suramérica, por debajo del terreno Falconia fue subducida una porción de placa oceánica (posiblemente del proto-Caribe) aladaña al margen NO de Suramérica. La subducción fue de ángulo bajo y ocasionó probablemente una ruptura inicial de la placa (*slab break-off*) con una posible ruptura definitiva (*slab foundering*) durante el Mioceno medio, lo que permitió el ascenso diapírico de material astenosférico por debajo de este bloque continental, que sufrió adelgazamiento cortical y litosférico generando dos cuencas extensionales sucesivas: la de Yaracuybare, en el Eoceno tardío, y la cuenca central de Falcón, durante el Oligo-Mioceno, siendo ambas intrusiónadas por un modesto volumen de magma máfico intraplaca de series alcalinas a transicionales-toleíticas (Grande, 2011c; Urbani *et al.*, 2011a).

Proveniencia del Terreno Falconia

Modelos recientes de Ortega-Obregón *et al.* (2008), Cardona *et al.* (2005) y Ibañez-Mejía *et al.* (2011) proponen la existencia de márgenes continentales activos o arcos volcánicos con sus respectivas cuencas retro-arco, ubicados en el margen norte de Amazonia durante el Neoproterozoico. La colisión de Amazonia con Báltica generó un orógeno colisional de grandes proporciones, el orógeno Grenville, ocurriendo el cierre final de todas las cuencas oceánicas y retro-arco durante el evento Elzeviriano, hace unos 900±50 Ma, generándose el supercontinente de Rodinia.

Posteriormente, en el Neoproterozoico tardío, Rodinia se disgregó y sus fragmentos a la deriva se separaron generando nueva corteza oceánica, y los océanos Reico y Iapetus. Estos océanos fueron subducidos debajo de varios márgenes activos y arcos volcánicos, hasta colisionar de modo sucesivo y diacrónico durante varios eventos orogénicos paleozoicos, desde el Cambro-Orodovícico (orogénesis Tacónica-Caledoniana), al Devónico (orogénesis Acadiana) al Pérmico (orogénesis Allegheniana-Hercínica). La sutura terminal del Pérmico tardío dio origen al supercontinente de Pangea y en el orógeno generado quedaron tectónicamente emplazados varios bloques de basamento grenvilliano, que en los montes Apalaches reciben el nombre de *inliers* (Hatcher, 1987), que fueron intrusiónados en varios lugares (Oaxaca, Garzón, Paraguaná, Goajira) por batolitos graníticos anatócticos.

Pangea, como todo supercontinente, comenzó a disgregarse durante el Jurásico, generando nuevas cuencas oceánicas, como el océano Atlántico, el golfo de México y el proto-Caribe. Al separarse Pangea se disgregó también el orógeno Allegheniano y el basamento grenvilliano subyacente,

quedando una cantidad de microcontinentes y terrenos alóctonos dispersa entre los nuevos bloques continentales formados: Laurentia y Gondwana. Los bloques formaban un complejo mosaico adosado al margen NO y norte de Gondwana, pero fueron desplazados, desmembrados, deformados, y sometidos a metamorfismo retrógrado de bajo grado y cataclasis, cuando el sistema arco-trinchera de la placa del Caribe entró en colisión transpresiva primero con el margen oeste, durante el Cretácico tardío y luego con el margen NO de Suramérica, durante el Paleógeno. De este modo el terreno Falconia quedó adosado durante el Paleoceno-Eoceno al margen NO de Suramérica, donde se encuentra actualmente severamente tectonizado.

La reconstrucción del orógeno Grenville ha sido difícil, algunos autores consideran que el cierre oceánico se produjo por la colisión directa o transpresiva entre el margen este de Norteamérica con el margen oeste de Amazonia. Sin embargo, en un trabajo reciente, Ibañez-Mejía *et al.* (2011) proponen más bien una colisión entre el margen norte de Amazonia y Báltica, ocurriendo el cierre oceánico con la colisión de un arco volcánico aladaña al margen norte de Amazonia, separado de ésta por una cuenca retro-arco similar al actual mar del Japón. El cierre final invirtió la cuenca extensional y ocasionó la colisión terminal entre Báltica y Amazonia, que generó una parte del orógeno Grenvilliano que estos autores denominan orógeno Putumayo, evidenciado en los extensos afloramientos del Macizo de Garzón (cordillera Oriental de Colombia) y varios pozos en la cuenca de los Llanos orientales de Colombia. Estos mismos autores proponen una posible prolongación de este Orógeno por debajo de los Llanos Altos occidentales de Venezuela, y consideran todos los terrenos situados al norte de Colombia y NO de Venezuela como bloques alóctonos adosados al continente. El aquí definido terreno Falconia sería tan solo uno de estos bloques, ubicado en el NO de Suramérica.

Conclusiones

En base a sólidas evidencias litológicas, petrológicas y geocronológicas se propone la existencia de un bloque alóctono o terreno tectono-estratigráfico adosado al margen NO de Suramérica, el terreno Falconia, que constituye el basamento metamórfico neoproterozoico-paleozoico de la cuenca de Falcón, que se prolonga hacia el SE, hasta Yaracuy, donde la acción transpresiva de los sistemas de fallas de Oca-Ancón y Boconó ha exhumado modestos macizos granulíticos que constituyen las unidades del Complejo de Yumare y el Complejo de El Guayabo. Las rocas del terreno Falconia afloran también, aunque muy limitadamente en la península de Paraguaná.

Falconia fue fuente de sedimentos durante el Paleógeno, lo que se evidencia por el hallazgo de cantos rodados de alto-medio grado en los conglomerados basales de las formaciones Matatere y Casupal, en Venezuela, y en la Formación Soebi Blanco, en la isla de Bonaire.

Durante el Eoceno la subducción de una porción del proto-Caribe aledaña a Suramérica ocurrió un *slab break-off* inicial, posiblemente seguido por el hundimiento de la parte rota de la placa dentro del manto superior (*slab foundering*). Estos eventos permitieron el ascenso de material astenosférico, que al sufrir fusión parcial fue intruísonado en dos cuencas extensionales formadas sucesivamente en el basamento de Falconia: la cuenca de Yaracuybare, durante el Eoceno tardío, y la cuenca central de Falcón, durante el Oligo-Mioceno.

Agradecimientos

Al grupo de trabajo geológico del Dr. Franco Urbani, al que pertenezco, y que incluye a los profesores David Mendi, Ruthman Hurtado y Enzo Caraballo, a Marvin Baquero de Intevp, Herbert Fournier de la Queens University (Toronto, Canadá), al Ing. Eduardo Rivadeneyra, a los proyectos Geodinos y LOCTI (Investigaciones geológicas del norte de Venezuela) de Funvisis y a la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la U.C.V.

Referencias

- Baquero M., S. Grande, F. Urbani, U. Cordani, K. Satou, P. Shaaf, C. Hall, D. Mendi & M. Azancot (2011). New LA-ICP-MSU-Pb zircon dating, ^{40}Ar - ^{39}Ar and Sm-Nd model ages: Evidence of remnants of the Grenvillian Event in the basement of the Falcon and Maracaibo Basins, northwestern Venezuela. *XIII Cong. Colombiano de Geología, XIV Cong. Latinoamericano de Geología*, in press.
- Cardona A., U. Cordani & W. McDonald. 2005. Tectonic correlations of pre-Mesozoic crust from the northern termination of the Colombia Andes, Caribbean region. *Journal of South American Earth Sciences* 21: 357-354.
- CHIARENZELLI J, M. LUPULESCU, E. THERN & B. COUSENS. 2010. Tectonic implications of the discovery of a Shawinigan ophiolite (Pyrites complex) in the Adirondack Lowlands. Downloaded from geosphere.gsapubs.org on April 21, 2011. *Geosphere* 2011;7: 333-356, doi: 10.1130/GES00608.1.
- Dostal J., J. D. Keppie, H. McDonald & F. Ortega-Gutiérrez. (2008). Sedimentary Origin of the Calcareous Intrusions in the ca. 1 Ga Oaxacan Complex, Southern Mexico. Tectonic Implications, in *Middle American Terranes, Potential Correlatives, and Orogenic Processes*. International Geological Correlation Program Project N° 453: Comparison of Modern and Ancient Orogens-Uniformitarianism Revisited, J. D. Keppie, J. Brendan-Murphy, F. Ortega-Gutiérrez, and W. G. Ernst eds. CRC Press: 397 p.
- Fournier H, J. K. W. Lee & U. Franco. 2010. Thermochronology Ar-Ar of samples of the Miguelena River, Vargas State and the Grenvillian-related rocks in the Bocoy River, Portuguesa State, Venezuela. *Geos*, UCV, Caracas, 41: 15-18.
- Grande S. (2005). Rocas volcánicas de Falcón central: caracterización geoquímica y tectónica, modelos propuestos. *I Jornadas venezolanas de geología de rocas ígneas y metamórficas* UCV, Caracas, nov. 2005, en CD. [Reproducido en *Geos* 38 (2005): 25-27 + 25 láminas en carpeta 12 de CD, 2006]
- Grande S. (2007). Xenolitos en las lavas del cerro Atravesado, cuenca de Falcón central. *Memorias IX Congreso Geológico Venezolano*, UCV, Caracas, nov. 2007, en CD. [Reproducido en *Geos* 39 (2007): 89 + 10 p. en carpeta 154 del DVD, 2008].
- Grande S. (2009). Estudio petrográfico de los xenolitos corticales y mantelares presentes en las lavas del Cerro Atravesado, Falcón central, Venezuela. *Rev. Fac. Ingeniería*, UCV, Caracas, 24 (1): 11-30.
- Grande S. 2011b. Petrología de las rocas de alto grado metamórfico del terreno Falconia. *I Congreso Venezolano de Geociencias*, Caracas, diciembre, en prensa.
- Grande S., F. Urbani & D. Mendi. (2007). Presencia de un basamento Grenvilliano de alto grado en el noroeste de Venezuela. *Memorias IX Congreso Geológico Venezolano*, Caracas, nov. 2007, en CD. [Reproducido en *Geos* 39 (2007): 90 + 16 p. y 43 láminas en carpeta 155 de DVD, 2008].
- Grande S. & F. Urbani. (2009). Presence of high-grade rocks in NW Venezuela of possible Grenvillian affinity. En: K. H. James, M. A. Lorente & J. L. Pindell (eds). *The Origin and Evolution of the Caribbean Plate*. Geological Society, London, Special Publications, 328: 533-548.
- Hackley P., F. Urbani & C. Garrity. 2005. *Geological shaded relief map of Venezuela 1:750000*. United States Geological Service Open File Report 2005-1038. <http://pubs.usgs.gov/of/2005/1038>.
- Hatcher R. D. Jr. 1987. Tectonics of the Southern and Central Appalachian Internides. *Annual Rev. in Earth and Planetary Sciences*: 337-362.
- Hildebrand R. S. & R. M. Easton. 1995. An 1161 Ma suture in the Frontenac terrane, Ontario segment of the Grenville Orogen. *Geology*, 23: 917-920
- Ibañez-Mejía M., J. Ruíz, V. A. Valencia, A. Cardona, G. Gehrels & A. Mora (2011). The Putumayo Orogen of Amazonia and its implications for Rodinia reconstructions: New U-Pb geochronological insights into the Proterozoic tectonic evolution of northwestern South America. *Precambrian Research* (2010), doi: 10.1016/j.precamres.2011.09.005.
- Martínez & Valletta (2008). Petrografía de las facies gruesas de la Formación Matatere y otras unidades del centro-occidente de Venezuela. *Geos*, UCV, Caracas, 40: +298 p. en DVD.
- Mendi D., L. Camposano, F. Urbani & M. Baquero (2005). Petrografía de rocas del basamento del norte del estado Falcón. *Geos*, Caracas, 38 (2005): 32-33 + presentación de 42 láminas en CD, carpeta 15].
- Ordóñez O., M. Pimentel & R. Moraes. 2002. Granulitas de Los Mangos, un fragmento grenvilliano en la parte oriental de la Sierra Nevada de Santa Marta. *Revista Acad. Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 26: 169-179.
- Ortega-Obregón C., J. D. Keppie, L. A. Solari, F. Ortega-Gutiérrez, J. Dostal, R. López, A. Ortega-Rivera & J. W. K. Lee (2008). Geochronology and Geochemistry of the ca. 917 Ma, Calc-alkaline Etlá Granitoid Pluton (Oaxaca, Southern Mexico): Evidence of Post-Grenvillian Subduction along the Northern Margin of Amazonia, in *Middle American Terranes, Potential Correlatives, and Orogenic Processes*, International Geological Correlation Program Project N° 453: Comparison of Modern and Ancient Orogens-Uniformitarianism Revisited, J. D. Keppie, J. Brendan-Murphy, F. Ortega-Gutiérrez, & W. G. Ernst eds. CRC Press: 397 p.
- Rogers, J. 1996. A History of the Continents in the Past Three Billion Years. *Journal of Geology* 104, 91-107.
- Urbani F., F. Lozano, A. Mussari, S. Grande, D. Mendi & J. E. Wright. (2011a). Geología de la región norte de Yumare, estados Yaracuy y Falcón. *I Congreso Venezolano de Geociencias*, Caracas, dic., en prensa.
- Urbani F., M. Baquero, S. Grande, A. Alemán, D. Mendi, L. Camposano, H. Fournier & I. Baritto (2011b). Notas sobre los diques de basalto de la quebrada Yaracuybare, municipio Silva, estado Falcón. *I Congreso Venezolano de Geociencias*, Caracas, diciembre, en prensa.