

Los diques de basalto de la quebrada Yaracuybare, municipio Silva, estado Falcón

Franco URBANI^{1,2}, Sebastián GRANDE¹, Marvin BAQUERO^{3,4}, Herbert FOURNIER^{1,5}, David MENDI¹, Luis CAMPOSANO^{1,4}, Antenor ALEMAN³ & Iván BARITTO^{1,4,1} *Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Laboratorio 330. ²Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, El Llanito. Correo-e.: furbani@funvisis.gob.ve. ³PDVSA, Exploración, Puerto La Cruz. ⁴Ahora en PDVSA – INTEVEP, Los Teques. ⁵Ahora en Queen's University. Dept. Geol. Sci. & Geol. Eng. Kingston, Ontario, Canadá.*

Resumen

En el centro de la cuenca falcóniana son muy conocidos los cuerpos de basalto de edad Oligo-Mioceno que penetran las formaciones El Paraíso y Pecaya. En estas notas se describe otra zona de actividad magmática intraplaca, que comprende varios diques que intrusionan a la Formación Cerro Misión del Eoceno medio-tardío, ubicados en la quebrada Yaracuybare, a unos 20 km al ONO de Tucacas. La roca corresponde a basalto alcalino, con minerales primarios como plagioclasa, olivino y clinopiroxeno, todos muy alterados, de manera que gran parte de la roca esta carbonatizada y cloritizada. Estas rocas ígneas terciarias son las más orientales del estado Falcón. Al igual que en el caso de Falcón central, se interpreta que estas rocas fueron intrusionadas durante un corto y relativamente rápido evento extensional, que produjo un notable adelgazamiento cortical que permitió la penetración del magma de origen mantelar posiblemente debido a un fenómeno de *slab break-off* ocurrido en una porción remanente de la placa del proto-Caribe adosada al margen continental de Suramérica, formado en esta región por un bloque alóctono, que comprende a un basamento de afinidad grenvilliana, cubierto por napas mesozoicas y sedimentos terciarios.

Palabras claves: Formación Cerro Misión, geoquímica, petrografía, basalto alcalino.

Introducción

Desde los años 1920s, los geólogos petroleros reconocieron en la parte central de la cuenca de Falcón, la presencia de cuerpos ígneos intrusivos en las hoy denominadas formaciones El Paraíso y Pecaya (Oligoceno medio a Mioceno temprano) (e.g.: KUGLER 1929, BRUEREN 1949). En décadas más recientes éstos son estudiados más detalladamente para conocer su naturaleza y encontrar una explicación geodinámica de su presencia (MUESSIG 1978, 1984, McMAHON 2000, ESCORIHUELA & RONDÓN 2002, GRANDE 2009, BAQUERO 2012). Hoy día se conoce que los intrusivos fueron originados entre 23 a 15,4 Ma (McMAHON 2000), cuando la región estuvo sometida a un evento extensivo que originó un adelgazamiento cortical (MUESSIG 1978, 1984).

En una situación parcialmente semejante, se encuentran algunos diques de basalto intrusivos en la Formación Cerro Misión del Eoceno medio-tardío, que afloran en la quebrada

Yaracuybare, localizada a 5,5 km al oeste del pueblo de Sanare, a su vez situado a una decena de kilómetros al oeste de Tucacas y de Chichiriviche, en el estado Falcón (Fig. 1). Estos cuerpos fueron reconocidos por NATERA (1957) y GONZÁLEZ (1979). Posteriormente FOURNIER *et al.* (2002) y CAMPOSANO *et al.* (2005) estudian los diques petrográficamente. Adicionalmente, se conoce que entre 4.081,3 a 4.090,4 m de profundidad en el pozo exploratorio EGT-3, hay una lava intrusiva en la Formación Cerro Misión. Este pozo está ubicado a unos 14 km costa afuera, al ESE de la población de Chichiriviche.

El objetivo del presente trabajo es integrar todo lo conocido de los diques de Yaracuybare, en cuanto a sus aspectos de campo, petrográficos y químicos, comparados con los cuerpos intrusivos de Falcón central y la Ofiolita de Siquisique, para finalmente presentar interpretaciones sobre su origen.

Los diques basálticos de Yaracuybare

La quebrada Yaracuybare tiene sus cabeceras dentro de la Formación Capadare del Mioceno medio, generando un valle profundo donde se expone una ventana geológica, aflorando las rocas infrayacentes de la Formación Cerro Misión del Eoceno medio-tardío. La lutita de esta unidad aparece intrusionada por al menos cinco diques. Son cuerpos tabulares, de hasta 3 m de altura y con variaciones de 0,7 a 2 m de espesor, con buzamiento subvertical. La lutita en su contacto con la ígnea aparece de grano más fino, de color negro y de aspecto y con consistencia filítica y astillosa.

Resultados

Las cinco muestras estudiadas (Tabla 1) corresponden a basalto alcalino originalmente olivinífero, con textura amigdaloides, que han sufrido una fuerte carbonatación que ha afectado notablemente a la matriz de los mismos y a los numerosos cristales euhedrales de olivino que estuvieron embebidos en ella. La matriz, originalmente hipocristalina y con textura intersticial, muestra microlitos de plagioclasa de hábito listoneado, bastante preservados, que dejan parches cloríticos provenientes de vidrio máfico desvitrificado con geometría bastante poligonal a triangular. También se observa en la matriz abundantes microlitos posiblemente de clinopiroxeno ya cloritizados y algunos de titanita/leucóxeno asociados a ellos. Las amígdalas muestran una estructura a veces concéntrica, con núcleos ricos en carbonato, rodeados

por zonas periféricas con cristales de epidoto embebidos en carbonato. Los fenocristales de olivino ahora alterados son los más abundantes en todas las muestras. A menudo se observa una zonación reliquia en el olivino carbonatizado, siendo el carbonato de las zonas más externas probablemente más rico en Fe dado su color parduzco, mientras que el de las zonas internas pobre en Fe es casi incoloro. Otros fenocristales alterados, fuertemente cloritizados pudieran ser de clinopiroxeno, en ellos se observa zonación reliquia con numerosos cristallitos periféricos apiñados y trenecillos de titanita en su interior que evidencian que ese clinopiroxeno era rico en Ti vista la presencia de titanita y leucoxeno, como corresponde a los clinopiroxenos de rocas alcalinas. En una sección que abarca el contacto entre un dique basáltico con la roca pelítica, ésta aparece con una parte de una capa de lutita negra y otra de limolita cuarzosa, estando cortada por el dique basáltico en un ángulo de casi 80°. El efecto de contacto que produjo este dique de tan poco espesor (1,2 m), se limita a una zona cloritizada de color verde claro, cruzada por vetillas de carbonato en el contacto, seguida por una zona un poco más oscura hacia adentro, ambas zonas abarcan apenas 1 mm de espesor, y al finalizar la zona oscurecida se halla la roca basáltica sin mayores cambios.

Los resultados geoquímicos en roca total de los diques al ser representados en diversos diagramas de discriminación de ambientes tectónicos, muestran que corresponden a basalto alcalino continental.

En el mapa de anomalías de Bouguer de Venezuela noroccidental basado en datos satelitales publicado por ORHUELA *et al.* (2011), para Falcón centro-oriental se visualiza una zona con valores entre 10 y 53 miligales, con forma de dos lóbulos que coinciden con la ubicación de los cuerpos ígneos, tanto de Falcón Central como de Yaracuybare. Estas zonas representan la configuración cortical actual de al menos dos adelgazamientos ocurridos entre el Eoceno medio y el Mioceno temprano.

Conclusiones

Según las dataciones Ar-Ar de McMAHON (2000) el vulcanismo intraplaca de la cuenca de Falcón Central tuvo una duración de unos 8 Ma, entre 22,5 y 14,5 Ma, aproximadamente. La gran cantidad de fenocristales euhedrales de olivino en los basaltos de Yaracuybare excluye que estas lavas pueden pertenecer a los primeros eventos volcánicos, pudiendo probablemente ser anteriores a 22,5 Ma pues son más subsaturadas en sílice. De este modo se propone que el evento extensional abortado en la cuenca de Falcón probablemente comenzó con las lavas de Yaracuybare, y luego seguida por un conjunto de cuerpos subvolcánicos de cerros Atravesado-Garrapata a Redondo, que a su vez prosiguió con series transicionales, seguidos por intrusiones más grandes de lavas toleíticas en el extremo NE. La profunda alteración carbonática que se observa en Yaracuybare se debió probablemente al hecho de que estas lavas y su roca caja, la Formación Cerro Misión, fueron cubiertas discordantemente por la extensa plataforma carbonática

miocena de la Formación Capadare (URBANI & MENDI 2011). En vez en el centro de la cuenca de Falcón, la roca caja de los cuerpos volcánicos es siliciclástica, de modo que la alteración es más bien cloritica (GRANDE 2009).

Las interpretaciones basadas en los datos geoquímicos de Yaracuybare indican un origen intraplaca, concordando con lo reportado por varios autores para Falcón Central. En consecuencia, para ambos casos se interpreta que el magma se generó en el manto superior, controlado por un proceso de adelgazamiento cortical entre 24 y 27 km (BEZADA *et al.* 2008), en condiciones de cuenca de *rift* continental que no llegó a la separación continental, debido a la inversión que sufrió la cuenca a partir del Mioceno medio (AUDEMARD 1993). Estas consideraciones nos permiten interpretar que las rocas volcánicas de Falcón suroriental sean relativamente más antiguas que las encontradas en Falcón Central. Con la información disponible y las ideas ya esbozadas, se ha elaborado un modelo geodinámico en dos etapas, a saber:

Primera Etapa: (Paleoceno - Eoceno Medio). El empuje hacia el SE del arco de las Antillas de Sotavento contra el borde noroccidental del continente suramericano, generó el apilamiento de las denominadas Napas de Lara. Este margen continental constituye en la parte centro-oriental de Falcón y el NE de Yaracuy un bloque alóctono denominado Terreno Falconia (GRANDE 2011), constituido mayormente por un basamento continental de grado medio-alto de afinidad Grenvilliana de edad Neoproterozoico-Mesoproterozoico (BAQUERO 2012), cubierto por napas de rocas metamórficas, unidades sedimentarias del margen pasivo mesozoico y de unidades turbidíticas del Eoceno.

En este período de tiempo, en la región comprendida entre el arco de las Antillas de Sotavento y el margen norte de Suramérica, se generó una primera cuenca extensional en el Eoceno tardío-Oligoceno temprano en la zona de Sanare, donde la Formación Cerro Misión fue depositada anteriormente, y luego intrusionada poco después por los diques de Yaracuybare, de afinidad intraplaca. Un posible fenómeno de fracturamiento (*slab break-off*) de un remanente de la placa del proto-Caribe aleña a Suramérica y subducida parcialmente por debajo del Terreno Falconia pudo abrir una fractura por donde diapiros astenosféricos se infiltraron y ubicaron por debajo de la litósfera continental del terreno Falconia, adelgazándola parcialmente y sufriendo un moderado porcentaje de fusión parcial.

Segunda etapa (Oligoceno medio - Mioceno temprano). Se abre otra cuenca extensional, pero de mayor magnitud que la anterior, ocasionando un colapso orogénico que genera en la parte centro-oriental de Falcón una amplia zona de adelgazamiento cortical: la cuenca de Falcón o Canal Falconiano, donde ocurrirá la sedimentación de las formaciones Pecaya y Paraíso, que luego serán intrusionadas por los cuerpos basálticos (toleíticos y alcalinos) de Falcón central, con edades Ar-Ar entre 22,5 a 14,5 Ma. La extensión de esta Cuenca cesó hace 14 Ma aproximadamente, debido a los movimientos compresivos ocurridos a partir del Mioceno medio, que causaron su inversión generando el Anticlinorio de Falcón (BAQUERO *et al.* 2009).

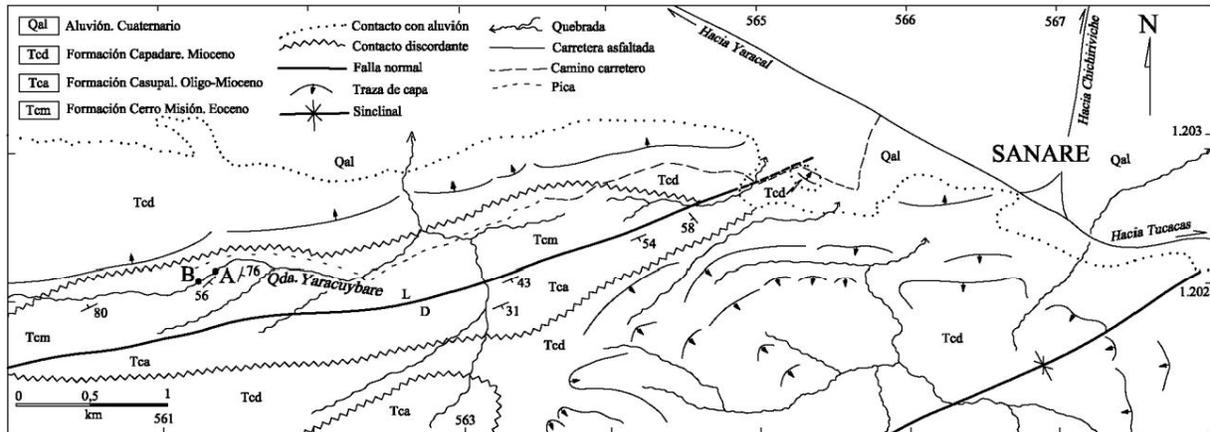


Fig. 1. Mapa geológico de la zona de Sanare - Yaracuybare, municipio Silva, estado Falcón. Coordenadas UTM (Huso 19, La Canoa). A y B localizan los diques. Geología simplificada de NATERA (1957).

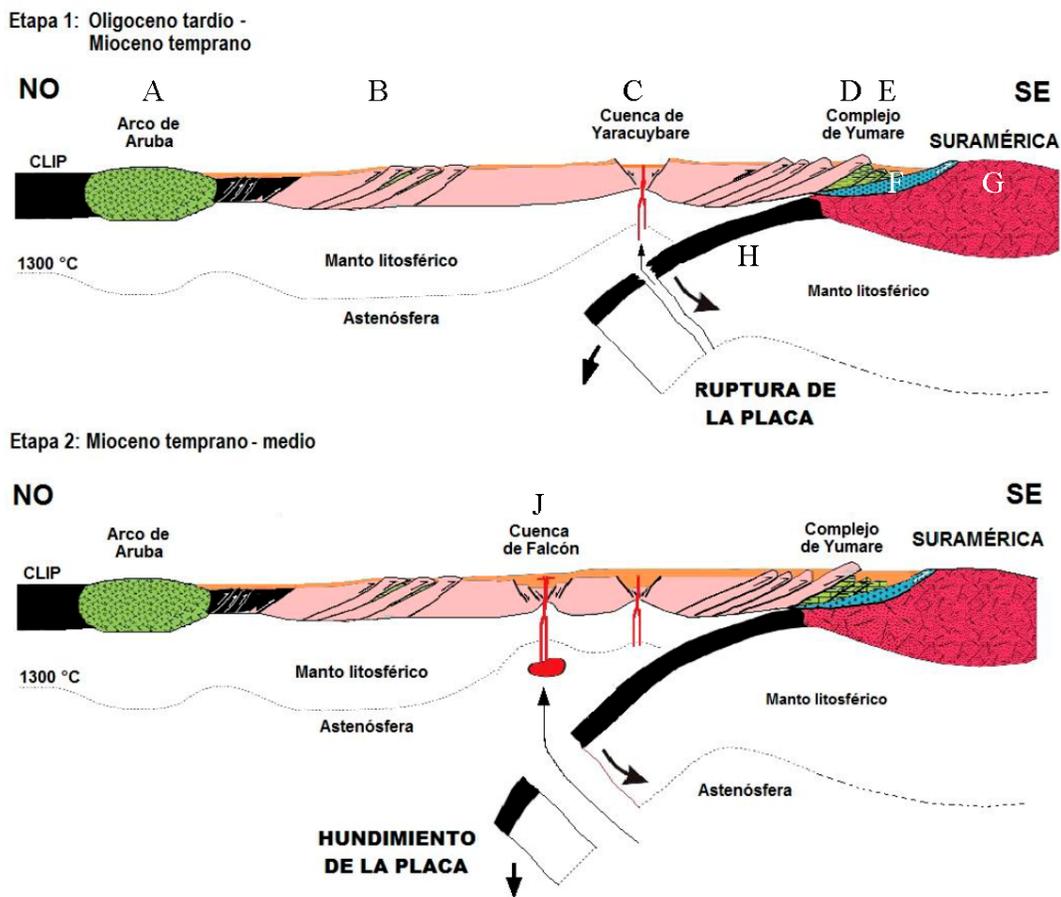


Fig. 2. Modelo geodinámico para el Oligoceno tardío al Mioceno temprano en Falcón oriental. **Etapa 1:** Oligoceno tardío-Mioceno temprano: A) Arco de las Antillas de Sotavento (89 Ma). B) Ensenada de La Vela, Terreno Falconia, alóctono, con presencia de rocas metamórficas de grado medio-alto de edad Mesoproterozoico, Pérmico, Cretácico Tardío (facies "La Luna"). C) Cuenca de Yaracuybare, magmatismo alcalino posiblemente anterior a 22,5 Ma. D) Complejo Yumare, presencia de rocas metamórficas de alto grado de edad Mesoproterozoico, Terreno Falconia. E) Cretácico Tardío, facies "La Luna"

sobrecorrida durante el emplazamiento de las Napas de Lara. F) Complejo Nirgua, alóctono, de edad Mesozoica - pre-Mesozoico. G) Corteza continental de edad Mesozoico-Precámbrico. H) Corteza oceánica, Cretácico Tardío. **Etapas 2:** Mioceno temprano. J) Cuenca de Falcón, desarrollo de magmatismo de edad 22,5-14,5 Ma.
Modelo adaptado de BAQUERO 2012 y GRANDE 2011.

Agradecimientos

Este trabajo es una contribución parcial de los proyectos GEODINOS (coordinado por el Dr. Michael Schmitz) y LOCTI (Investigaciones geológicas en la región norte de Venezuela, coordinado por FU).

Bibliografía

- AUDEMARD F. A. 1993. *Néotectonique, Sismotectonique et Aléa Sismique du Nord-ouest du Venezuela (Système de Failles d'Oca-Ancón)*. Univ. Montpellier II, Francia. Tesis Doctoral. (Reproducido en *Geos* 40(2009):76 + 355 p. en DVD, 2011).
- BAQUERO M. 2012. *Evolución geodinámica de la cuenca de Falcón y su basamento: Basados en nuevos datos de geocronología, geoquímica e isótopos*. UCV, Fac. Ingeniería, Tesis del Doctorado Individualizado en Ciencias de la Ingeniería, en progreso.
- BAQUERO M., J. ACOSTA, E. KASSABII, J. ZAMORA, J. C. SOUSA, J. RODRÍGUEZ, J. GROBAS, L. MELO & F. SCHNEIDER. 2009. *Polyphase development of the Falcón Basin in northwestern Venezuela: Implications for oil generation*. 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: 587-612.
- BAQUERO M., S. GRANDE, F. URBANI, U. CORDANI, K. SATO, P. SCHAFF, C. HALL, D. MENDI & M. AZANCOT. 2011a. New LA-ICP-MS U-Pb zircon dating, ^{40}Ar - ^{39}Ar and Sm-Nd model ages: Evidence of the Grenvillian event in the basement of the Falcón and Maracaibo basins, northwestern Venezuela. *14th Latin American Geological Congress, Symposium Tectonic evolution of Western Gondwana: Linking Precambrian basement architecture with terrane processes*, Medellín, Colombia, Abstracts, 1: 320-321.
- BEZADA M., M. SCHMITZ, M. I. JÁCOME, J. RODRÍGUEZ, F. AUDEMARD, C. IZARRA & BOLIVAR ACTIVE SEISMIC WORKING GROUP. 2008. Crustal structure in the Falcón Basin area, northwestern Venezuela, from seismic and gravimetric evidence. *Journal of Geodynamics*, 45(4-5): 191-200.
- BRUEREN J. 1949. *Geological Report CPMS-310. Paraiso-Manaure (Center Falcon)*. Cia. Shell de Venezuela. Informe inédito. (Reproducido en *Geos* 40(2009):105-106 + 64 p. en DVD, 2010).
- CAMPOSANO L., F. URBANI, P. VISCARRET, H. FOURNIER & I. BARITTO. 2005. Rocas volcánicas de la zona de Sanare, estado Falcón (Resumen). *I Jornadas Venezolanas de Geología de Rocas Ígneas y Metamórficas*, UCV, noviembre, en CD. (Reproducido en *Geos*, Caracas, 38(2005):15-17 + cartel en CD, 2006).
- ESCORIHUELA N. & J. RONDÓN. 2002. *Estudio de las rocas ígneas presentes en el centro de la Cuenca de Falcón*. UCV, Escuela de Geología, Trabajo Especial de Grado. (Reproducido en *Geos* 37: 58-59 + 247 p. en CD, 2004).
- FOURNIER H., I. ARIAS, I. BARITTO, L. CAMPOSANO, N. MARTÍNEZ & F. URBANI. 2002. Las rocas ígneas de la quebrada Yaracuybare, estado Falcón (Resumen). *Jornadas 65 Aniversario de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, JIFFI-2002*, UCV, noviembre, en CD. (Reproducido en *Geos* 36(2003):37-39, 2004).
- GONZÁLEZ E. 1979. Rocas volcánicas en Falcón Suroriental, Venezuela. *Transactions Fourth Latin American Geological Congress*, Trinidad & Tobago, p. 459-461.
- 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. 2011. *Petrología de las rocas de alto grado metamórfico presentes en el noroccidente de Venezuela*. UCV, Fac. Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Tesis de Maestría.
- 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.
- KUGLER H. G. 1929. *Geological sketch map of central and eastern Falcon*. (Reproducido en *Geos* 41, en prensa, 2011).
- MCMAHON C. E. 2000. *Evaluation of the effects of oblique collision between the Caribbean and South American plates using geochemistry from igneous and metamorphic bodies of Northern Venezuela*. Univ. Notre Dame, Indiana, Tesis doctoral. 227 p. (Reproducido en *Geos* 39(2007): 195-196 + 250 p. en carpeta 258 de DVD, 2008).
- MUESSIG K. W. 1978. The central Falcon igneous suite, Venezuela: Alkaline basaltic intrusions of Oligocene-Miocene age. *Geol. en Mijn.*, 57(2): p. 261-266.
- MUESSIG K. W. 1984. Structure and Cenozoic tectonics of the Falcon Basin, Venezuela, and adjacent areas. En: W. E. BONINI, R. B. HARGRAVES & R. SHAGAM (eds.) *The Caribbean-South American plate boundary and regional tectonics*. Memoir Geological Society of America, 162: 217-230.
- NATERA B. R. 1957. *Geology of the lower Rio Tocuyo basin*. Creole petroleum Corporation, Informe 4330.11-42. (Reproducido en *Geos* 40(2009):105-106 + 64 p. en DVD, 2010).
- ORIHUELA N., A. GARCÍA & T. TABARE. 2011. Mapas de anomalía de Bourger y gravedad absoluta de Venezuela, derivados de datos satelitales. *Revista Fac. de Ingeniería*, UCV, en prensa.
- URBANI F. & D. MENDI. 2011. Notas sobre la discordancia del margen sur de la cuenca oligo-miocena de Falcón, estados Lara, Falcón y Yaracuy, Venezuela. *Bol. Acad. Cienc. Fis., Matem. y Nat.*, Caracas, 70(2010)(4): 9-25.