

Petrogénesis del monzogranito de Pueblo Hondo y su correlación con otros cuerpos ígneos de Los Andes Venezolanos.

Petrogenesis of the Pueblo Hondo monzogranite and its correlation with other igneous bodies of the Venezuelan Andes.

Rosales, Rafael^{1*}; Andara, Ángel¹; Uzcátegui, Francyrret²; Aguilar, Luis²; Ángulo, Marianne²; Parra, Mario².

¹Grupo de Investigaciones TERRA. Escuela de Ingeniería Geológica. Universidad de Los Andes. Venezuela.

²Escuela de Ingeniería Geológica - Universidad de los Andes-Venezuela.

[*rafaeljrosales@ula.ve](mailto:rafaeljrosales@ula.ve)

Resumen

El monzogranito de Pueblo Hondo está ubicado en la parte centro - oriental del Estado Táchira, cerca al límite con el Estado Mérida en Cordillera de los Andes venezolanos, zona de varios cuerpos graníticos en el occidente del país, lo que nos lleva a examinar, profundizar y establecer relaciones de algunos procesos geológicos vinculados a las intrusiones ígneas en la región. La investigación se centra en el análisis petrográfico de secciones finas para caracterizar y clasificar el granito y en la aplicación de diversas metodologías centradas en la geoquímica para la discriminación geodinámica. Por lo que se pudo inferir que el monzogranito de Pueblo Hondo se formó durante un proceso tectónico singular, donde la interacción entre las placas que fue muy escasa o nula, es decir, no hubo el suficiente empuje geodinámico para que ocurriera la subducción. Además, se correlacionó con otros cuerpos graníticos en la región, los cuales presentan una composición predominantemente félsica, de ambiente peraluminico y asociado con procesos tectónicos de choque de placas con posterior evolución de arcos magmáticos en condiciones compresionales. Se identificaron diferencias sutiles entre los cuerpos graníticos en términos de ambientes tectónicos derivados de valores geoquímicos, lo que sugiere una evolución regional coherente, pero con variaciones locales en el contexto geológico y tectónico.

Palabras clave: Monzogranito, Pueblo Hondo, Cordillera de los Andes, geoquímica, tectónica.

Abstract

The monzogranite of Pueblo Hondo is located in the central-eastern part of Táchira State, near the border with Mérida State in the Venezuelan Andes mountain range, an area known for several granite bodies in the western region of the country. This leads us to examine, delve into, and establish relationships between geological processes related to igneous intrusions in the region. The research focuses on petrographic analysis of thin sections to characterize and classify the granite, as well as the application of various methodologies centered around geochemistry for geodynamic discrimination. It can be inferred that the monzogranite of Pueblo Hondo was formed during a distinct tectonic process, where plate interaction was very limited or nonexistent, meaning there was not enough geodynamic force for subduction to occur. Furthermore, it was correlated with other granite bodies in the region, which predominantly exhibit a felsic composition, peraluminous environment, and association with tectonic processes involving plate collisions and subsequent evolution of magmatic arcs under compressional conditions. Subtle differences were identified among the granite bodies in terms of tectonic environments derived from geochemical values, suggesting a coherent regional evolution but with local variations in the geological and tectonic context.

Keywords: Monzogranite, Pueblo Hondo, Andes Cordillera, geochemistry, tectonics.

1. Introducción

La región de Pueblo Hondo del municipio Jauregui, estado

Táchira, ubicada en la Cordillera de los Andes venezolanos, alberga un extenso cuerpo granítico de aproximadamente 210 km², convirtiéndolo en una de las masas ígneas más grandes

de la zona. La datación mediante el método U/Pb ha asignado a este cuerpo granítico una edad silúrica de 429,8 Ma. y según Van der Leij (2013) tiene 434 Ma $\pm$ 4.4. Se ha identificado como un "stock" intrusivo que penetra las rocas de las Asociaciones Sierra Nevada (Precámbrico Superior) y Tostós (Paleozoico Superior), presentando una discordancia con las rocas Cretácicas y Terciarias hacia el Norte, mientras que al Sur se encuentra limitado por la falla del Escalante (Shagam y col., 1984).

A pesar de los avances en la comprensión de este cuerpo granítico, aún persisten interrogantes de importancia científica. Específicamente, existe un interés creciente en comprender las causas y la relación de esta intrusión granítica con otros procesos geológicos similares en la región de los Andes venezolanos.

En este estudio se llevará a cabo una revisión de la literatura existente, con el objetivo de profundizar en el conocimiento de los granitoides de Pueblo Hondo y su relación con los procesos tectónicos y geodinámicos asociados. Se emplearán técnicas analíticas, como el estudio de secciones finas y geoquímica, para caracterizar en detalle la composición mineralógica y la firma geoquímica de este granitoide; la ubicación de las muestras tomadas para el estudio de las secciones finas se encuentra en Latitud N 8°17'53" y Longitud W 71°53'58". A través de este enfoque se busca contribuir al entendimiento de la petrogénesis y evolución de los magmas que dieron origen a los granitoides y rocas volcánicas en los Andes venezolanos, estableciendo comparaciones y correlaciones con otras localidades cercanas, como el granito de Tovar, las riolitas de Bailadores y el granito de Timotes.

2. Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Laboratorio de Mineralogía Óptica y Petrografía de la Universidad de los Andes. Se prepararon secciones finas del granito, siguiendo los procedimientos estándar de corte y pulido (MacKenzie y col., 1997). Estas secciones fueron observadas y analizadas bajo un microscopio de luz polarizada para identificar y describir los minerales presentes.

La clasificación de la roca se llevó a cabo utilizando los triángulos de Le Bas y col., (1991). Se calcularon los porcentajes modales normativos y relativos de los minerales principales presentes en las secciones finas, y estos valores se ubicaron en el diagrama para determinar la nomenclatura correspondiente.

Para realizar la clasificación y análisis por geoquímica de los granitoides, se emplearon diversas herramientas y diagramas ampliamente aceptados en la literatura científica. Se utilizó la tabla de datos geoquímicos de los Andes Venezolanos de acuerdo a Van der Leij (2013) y se aplicaron gráficos

propuestos por Winter (2001), específicamente, el diagrama TAS (Total Alkali Silica) de Le Maitre (1982), el diagrama AFM ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-FeO-MgO}$) y los diagramas de alcalinidad y aluminosidad de Maniar, P. D., Piccoli, P. M. (1989). Además, se emplearon el diagrama propuesto por Pearce (1976) y el Diagrama R1-R2 propuesto por De la Roche (1980) y Batchelor y col., (1984). Se evaluaron las relaciones de Th-Ta-Hf/3 según Wood (1980), para obtener información sobre la evolución y el ambiente geodinámico de formación.

3. Resultados y discusión

3.1 Petrografía del monzogranito de Pueblo Hondo

A partir de la observación de las secciones finas de las muestras del granito en Pueblo Hondo, se ha determinado que todas ellas contienen cuarzo, plagioclasas y ortosa, como ligeras variaciones en sus porcentajes modales, como se muestra en la Tabla 1. El índice de color (IC) promedio se estima en 16,15%. Por lo tanto, siguiendo la clasificación de Le Bas y col., (1991), las muestras GPH-1, GPH-2 y GPH-3 son clasificadas como monzogranito (Fig. 1), mientras que la muestra GPH-4 es clasificada como un granito rico en cuarzo. Estas clasificaciones indican la variación mineral en el mismo cuerpo granítico.

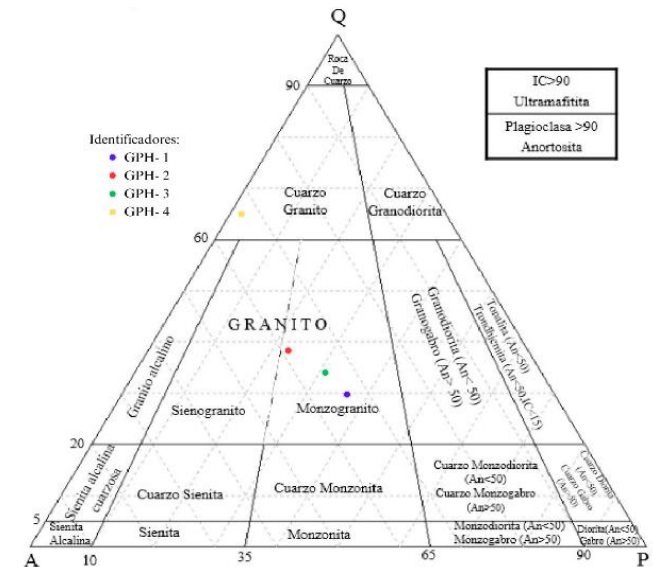


Figura 1. Diagrama ternario de clasificación modal APQ para rocas plutónicas (Le Bas y col., 1991).

La presencia de estas variaciones modales sugiere que el monzogranito exhibe heterogeneidades mineralógicas y probablemente químicas a diferentes escalas espaciales dentro de su emplazamiento. Estas diferencias podrían ser atribuidas a cambios locales en las condiciones de cristalización, como la temperatura, presión y composición química del magma, así como a procesos subsiguientes de interacción con fluidos y diferenciación magmática.

Tabla 1. Porcentajes Modales de las cuatro secciones finas tomadas en el granito de Pueblo Hondo.

Muestra	GPH-1	GPH-2	GPH-3	GPH-4
Cuarzo (Qtz)	21,36	33,78	25	50
Ortosa (Or)	25,24	32,43	26	25
Microclino (Mc)	0	2,7	0	0
Plagioclasa (Pl)	26,21	32,43	23	1,2
Moscovita (Ms)	0	1,35	5	15
Biotita (Bt)	13,59	4,05	12	0,2
Granate (Grt)	0	0	0	0,5
Clorita (Chl)	5,83	2,7	5	3,5
Titanita (Ti)	1,94	0	1	0
Epidoto (Ep)	3,88	1,35	2	0
Opacos (Op)	1,95	1,37	1	4,7

En cuanto a las texturas observadas, se han identificado las pertitas (figura 2a.), características de las rocas plutónicas como el granito. Estas texturas indican una cristalización simultánea de cristales equidimensionales que se entrelazan mientras compiten por el espacio disponible. Además, se ha observado la textura mirmequítica (figura 2b.), una textura de reacción post-magmática. Las mirmequitas están frecuentemente asociadas con las deformaciones en los granitos. Esta textura sugiere que el monzogranito seguramente se formó en un ambiente de alta deformación o alteración, lo cual quedó en evidencia gracias a la marcada orientación de micas (moscovitas) en la sección fina GPH-4.

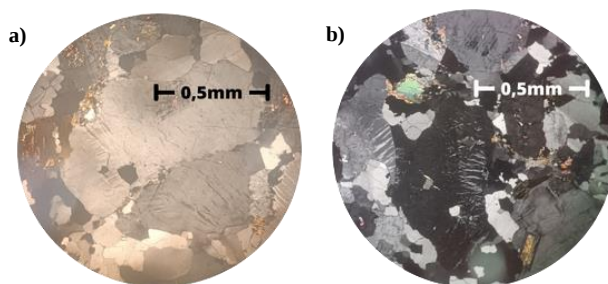


Figura 2. Microfotografías del monzogranito de Pueblo Hondo. a) Muestra GPH-1. Textura pertíticas, producto del enfriamiento por debajo de la curva del solvus. b) Muestra GPH-3. Textura mirmequítica, generada por el intercrecimiento del cuarzo y las plagioclasas, asociados con deformación en granitos.

3.2 Geoquímica del monzogranito de Pueblo Hondo

A partir de los datos de geoquímica del granito de Pueblo Hondo de los Andes venezolanos según Van der Leij (2013), se puede notar que el alto contenido de SiO₂ (74,42 wt%) sugiere que el granito es composicionalmente ácido y, por ende, bajo en minerales máficos, lo que se corresponde con su apariencia general en muestra de mano.

La presencia de elementos traza como el Ba, Rb, Ce, La y Sr, indican una fuente mantélica o submantélica para el magma parental, mientras que la relación K₂O/Na₂O (1,8), sugiere una fuente mantélica más profunda. Gracias a estos

resultados se puede inferir que el magma que dio origen al granito de Pueblo Hondo se originó en un ambiente de tipo continental en condiciones syn-colisionales, esto según lo arrojado en el diagrama R1 y R2 de Batchelor y col., (1984), sin embargo, otros análisis de discriminación geodinámica como el de Wood (1980), nos indica que el magma fue generado por la influencia de algún arco volcánico.

Aunado a estos dos análisis geoquímicos se debe destacar la presencia de ciertos minerales traza que fueron vistos en los análisis petrográficos y que sugieren que el monzogranito de Pueblo Hondo se formó durante un proceso tectónico activo donde el accionante principal provino desde el manto superior, lo cual explica la presencia de granates en pequeñas proporciones en algunas de las secciones finas estudiadas, y que no tendrían relación con un ambiente geodinámico del tipo subducción de placas propiamente dicho, como lo sugiere el diagrama de Wood (1980), sino que, es el resultado de un proceso de subducción no completo o incipiente, y donde la fusión de la corteza continental produjo un magma peralumínico, es decir, un magma mucho más evolucionado, de composición félsica (ácida) como se mencionó inicialmente. La presencia de texturas específicas en el granito sugiere que se formó a partir de un magma de cristalización lenta y en profundidad.

3.3 Correlación entre diversos cuerpos plutónicos y volcánicos

Los análisis geoquímicos de Van der Leij (2013) de los granitos de Tovar (08VDL03), Pueblo Hondo (08VDL04), las riolitas de Bailadores (08VDL15) y el granito de Timotes (08VDL50), fueron analizados a través de diagramas de caracterización de cuerpos ígneos, diagramas de clasificación geoquímica y diagramas de discriminación geotectónica, los cuales indican que, todos los cuerpos ígneos presentan una composición predominantemente félsica, pudiendo clasificarse como granitoides según De la Roche (1980), figura 3.

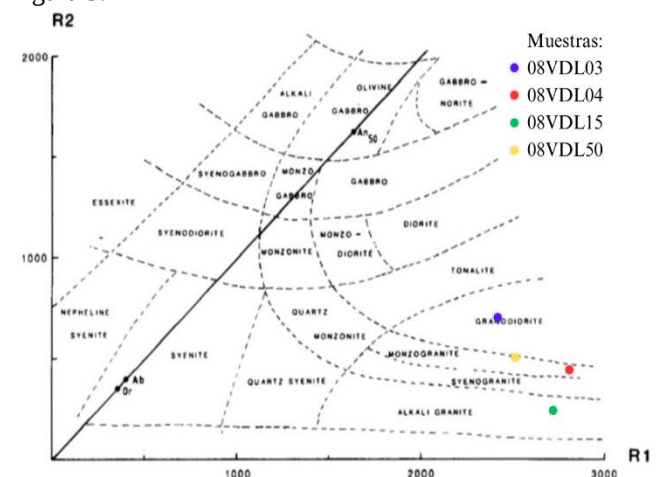


Figura 3. Diagrama R1 - R2 (De La Roche y col, 1980). Fuente de las muestras: Van der Leij (2013).

Son rocas con una relación de tendencia calcoalcalina de acuerdo al diagrama AFM propuesto por Irving y col., (1971), figura 4, y con influencia de arcos volcánicos según Wood (1980), en su diagrama de clasificación tectonomagmática, figura 5, lo cual sugiere que pueden provenir de un ambiente de zonas de subducción pero que, junto a la evolución tectónica pudieron haber desactivado dicha subducción, bien sea porque la placa que iba a ser subducida creó cierta resistencia por sus características reológicas, o por el inicio de un proceso de rift continental que fue activado desde una fuente mantélica bastante profunda.

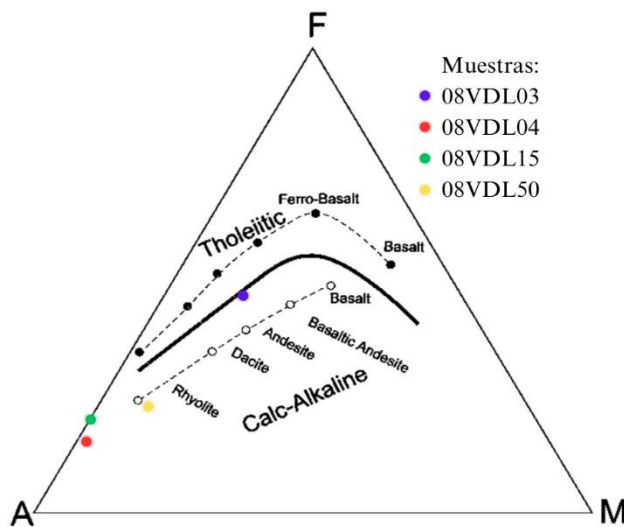


Figura 4. Diagrama AFM, línea que separa los campos toleíticos y calcoalcalinos (Irving y col., 1971). Fuente de las muestras: Van der Leij (2013).

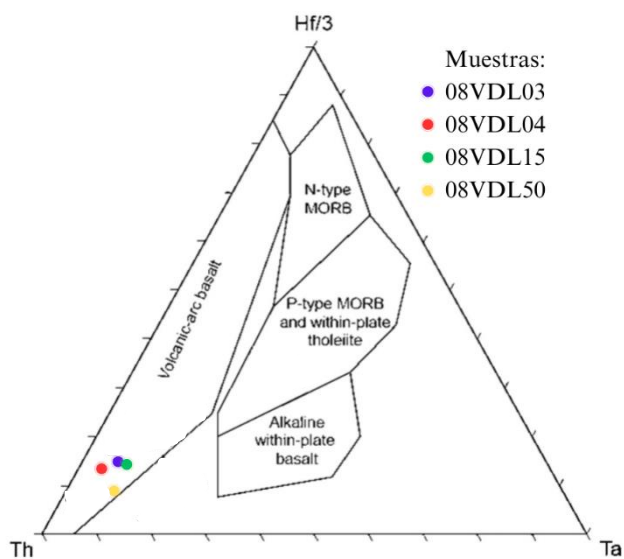


Figura 5. Diagrama ternario Th-Hf/3-Ta de clasificación tectonomagmática (Wood, D. A., 1980). Fuente de las muestras: Van der Leij (2013).

El diagrama de alcalinidad (TAS), figura 6, propuesto por Le Maitre, R. W. (2002) y el índice de saturación de alúmina de Shand versus el índice de saturación de álcalis, figura 7, propuesto por Maniar y col. (1989), denota que estos cuerpos ígneos se formaron en un ambiente peraluminico, asociado con procesos tectónicos como la colisión de placas y la evolución de arcos magmáticos en condiciones compresionales de acuerdo con Van der Leij y col., (2019); lo que proporciona evidencia de la complejidad de los procesos magmáticos y tectónicos que operaron en la región de los Andes venezolanos, además estas rocas pudieron haberse originado a partir de la fusión parcial de rocas ricas en aluminosilicatos, como pelitas y grauvacas.

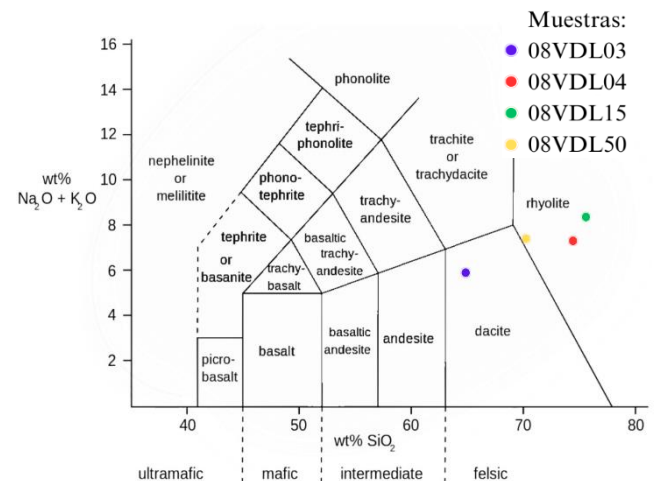


Figura 6. Diagramas TAS (Le Maitre, R. W., 2002). Fuente de las muestras: Van der Leij (2013).

La discriminación tectónica según R1 y R2 de Batchelor y col., (1984) figura 8, indica que, dos de los cuerpos granitoides se formaron en un ambiente syn-colisional (granito de Pueblo Hondo y el granito de Timotes), sugiriendo que estos granitoides se generaron en un contexto tectónico caracterizado por procesos de extensión y deformación cortical. Estos granitoides “syn-colisional” podrían haberse formado durante una etapa temprana de extensión de la corteza continental en los Andes venezolanos.

Por otro lado, se identificó que uno de los cuerpos granitoides se formó en un ambiente precolisión (granito de Tovar), esta observación indica que este granitoide se originó antes de la colisión de placas en la región. En este caso, es posible que el proceso de intento de subducción haya generado magmas que ascendieron y se emplazaron en la corteza, formando este granitoide precolisión.

Además, se determinó de acuerdo a la composición química que, las riolitas de Bailadores se formaron en un ambiente post-orogénico, esto implica que estas rocas volcánicas se originaron después de una colisión de placas y de eventos tectónicos intensos asociados con la orogénesis.

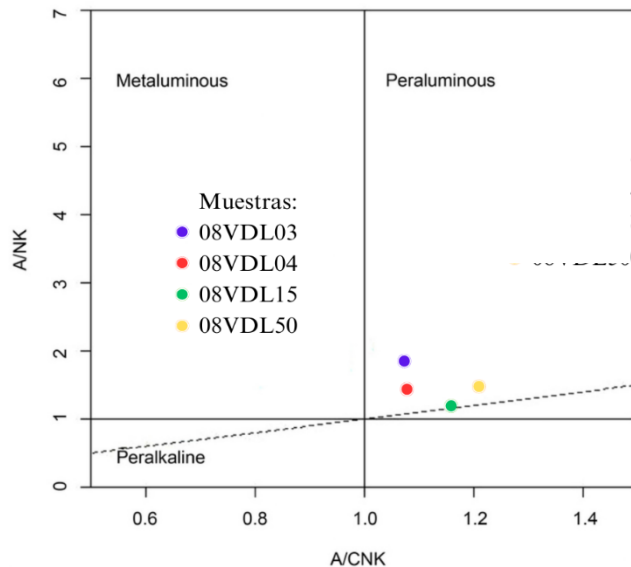


Figura 7. A/CNK-A/NK. Índice de Saturación de Alúmina de Shand ($Al/(Ca+Na+K)$ molecular) versus el Índice de Saturación de Álcals ($Al/(Na+K)$ molecular) (Maniar P. D., y col., 1989). Fuente de muestras: Van der Leijj (2013).

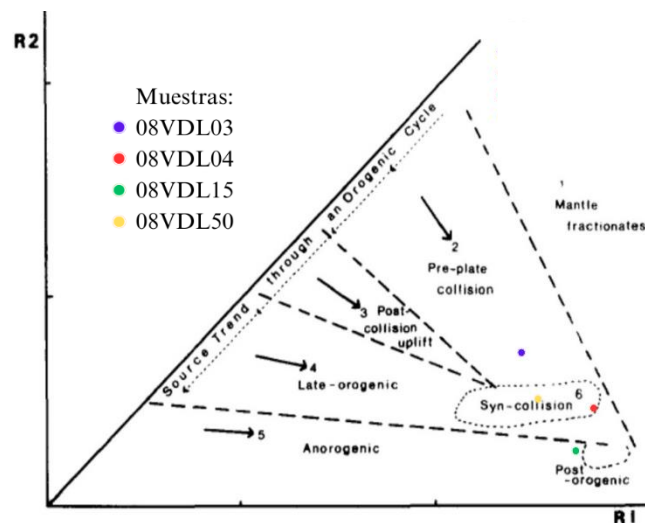


Figura 8. Diagrama para discriminación de ambiente tectónico (Batchelor y col., 1984). Fuente de muestras: Van der Leijj (2013).

En este sentido, el proceso de emplazamiento de estas rocas volcánicas post-orogénicas puede estar relacionadas con la relajación tectónica y la exhumación de la corteza durante la etapa final de la evolución tectónica de la región. Las rocas volcánicas con firma geoquímica post-orogénicas suelen ser el resultado de la fusión parcial de rocas de la corteza continental que han sido afectadas por eventos tectónicos anteriores.

En cuanto a la correlación entre los cuerpos granitoides y las rocas volcánicas, se observa que comparten un mismo origen tectónico, es decir, un arco volcánico. Sin embargo, es

importante destacar que pueden existir diferencias sutiles en cuanto a su génesis y emplazamiento específico debido a las variaciones locales en el contexto geológico y tectónico. Estas diferencias pueden estar relacionadas con la composición original de los magmas, los procesos de emplazamiento y las interacciones posteriores con las rocas de la corteza circundante, es decir, procesos de asimilación cortical.

Aunque existen diferencias sutiles entre los cuerpos granitoides en términos de ambientes y geoquímica, su formación en un contexto tectónico común puede sugerir una evolución regional coherente.

4. Conclusiones

4.1 Petrogénesis y contexto tectónico del monzogranito de Pueblo Hondo

El análisis del monzogranito de Pueblo Hondo en los Andes venezolanos ha proporcionado valiosas ideas sobre su petrogénesis y contexto tectónico. La formación del granito no fue el resultado directo de una colisión entre placas, sino que ocurrió durante un proceso de subducción abortada, aunada a otros procesos geodinámicos complejos con una fuente mantelar profunda, como lo sugiere la presencia de granates, y quien pudo ser el detonante de la fusión parcial del manto superior, lo que dio origen al magma que formó al monzogranito de Pueblo Hondo.

La presencia de deformación tectónica activa en el área respalda aún más la asociación de la formación de los cuerpos granitoides con procesos tectónicos en curso en los Andes venezolanos. Estos hallazgos destacan la importancia de considerar mecanismos tectónicos alternativos en la formación de los granitos en esta zona.

4.2 Composición y evolución magmática del monzogranito de Pueblo Hondo en un contexto regional

El monzogranito de Pueblo Hondo y de otros cuerpos graníticos y rocas volcánicas en los Andes venezolanos exhiben predominantemente una composición félsica y comparten características geoquímicas y petrográficas similares. Estas rocas ígneas se originaron en un ambiente peraluminoso, asociado con procesos magmáticos y tectónicos complejos, y posiblemente simultáneos, como la colisión de placas y la evolución de arcos magmáticos bajo condiciones especiales de compresión y subducción incipiente o nula.

Si bien, muestran una evolución regional coherente, las diferencias sutiles en el contexto geológico y tectónico sugieren variaciones locales importantes. Estas variaciones pueden atribuirse a condiciones de cristalización fraccionada, cambios de temperatura, interacciones de fluidos

hidrotermales y diferenciación magmática. El estudio enfatiza la importancia de considerar tanto la coherencia tectónica regional, así como las variaciones geodinámicas locales producto de la composición geoquímica de las rocas.

4.3 Procesos de cristalización fraccionada y deformación en el granito de Pueblo Hondo

El análisis petrográfico del granito de Pueblo Hondo ha revelado texturas peritíticas y mirmequíticas, que indican una cristalización simultánea en cristales equidimensionales y la presencia de alineaciones en cristales minerales de micas, producto de la respuesta del granito a grandes y constantes deformaciones al momento de su emplazamiento. Estas observaciones sugieren variaciones locales en las condiciones de cristalización y en los procesos posteriores de deformación y alteración. Las heterogeneidades en las composiciones químicas y mineralógicas dentro del granito implican variaciones en temperatura, presión, composición del magma, interacciones de fluidos hidrotermales y diferenciación magmática a diferentes escalas espaciales. Es por ello que, llegar a comprender los procesos petrogenéticos y evolutivos del granito de Pueblo Hondo proporciona ideas claras y bastantes precisas sobre la compleja interacción entre procesos magmáticos y tectónicos que dieron origen a las rocas ígneas en los Andes venezolanos.

Referencias

- Audemard, F.E., Audemard F.A. (2002). Structure of the Mérida Andes, Venezuela: relations with the South America-Caribbean geodynamic interaction. *Tectonophysics*, 345,1-4, 299-327.
- Bailey, J.C., (1981). Geochemical criteria for a refined tectonic discrimination of orogenic andesites. *Chemical Geology*, 32, 139-154.
- Barrilla C., Vielma E. (2011). *La Granodiorita de Pueblo Hondo: Elementos Petrogenéticos Sectores San Simón - Pueblo Hondo, Estado Táchira*. Trabajo Final de Grado para optar por el título de: Ingeniero Geólogo, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- Bass M., Shagam R. (1959). *Edades Rb-Sr de las rocas cristalinas de Los Andes merideños, Venezuela*. En III Congreso Geológico Venezolano, Caracas, 1, 377-381.
- Batchelor, R., Bowden, P. (1984). Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. *Chemical Geology*, 48, 43-55.
- Bellizzia A., Pimentel N. (1994). *Terreno Mérida: Un cinturón alóctono herciniano en la Cordillera de Los Andes de Venezuela*. En V Simposio Bolivariano Exploración Petrolera, Caracas, 5, 271-290.
- De la Roche H., (1964). Sur l'expression graphique des relations entre la composition chimique et la composition minéralogique quantitative des roches cristallines. Présentation d'un diagramme destiné à l'étude chimico-minéralogique des massifs granitiques ou granodioritiques. Application aux Vosges cristallines. *Sciences de la Terre*, 9(3), 293-337.
- De la Roche H. (1976). Sur la contribution des données chimiques à une systématique générale des roches ignées, avec, en appendice, "A diagram for a chemical classification of igneous rocks referred to their mineral contents". *Sciences de la Terre*, 23, 17-35.
- De la Roche H. (1978). La chimie des roches présentée et interprétée d'après la structure de leur faciès minéral dans l'espace des variables chimiques. Fonctions spécifiques et diagrammes qui s'en déduisent. Application aux roches ignée. *Chemical Geology*, 21, 63-87.
- De La Roche H., Grandclaude P., Marchal M. (1980). A Classification of Volcanic and Plutonic Rocks Using R1-R2 Diagram and Major Element Analyses Its Relationships with Current Nomenclature. *Chemical Geology*, 29, 183-210.
- González de J. C. (1980). *Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas*. Caracas: Foninves.
- Grauch R. L. (1972). Preliminary report of a Late (?) Paleozoic metamorphic event in the Venezuelan Andes. *Geological Society of America*, 132, 465-473.
- Irving, T. N. y Baragar, W. R. (1971). A guide to the Chemical classification of the common volcanic rocks. *Earth Science*, 8, 523-548.
- Le Bas M.J., Streckeisen A. (1991). The IUGS Systematic of Igneous Rocks. *Geological Society London*, 148, 825-833.
- Le Maitre R. W. (2002). *Igneous rocks a classification and glossary of terms. Recommendations of the IUGS subcommission on the Systematics of Igneous Rocks*. Cambridge: Cambridge University Press.
- MacKenzie, W. S., y Adams, A. E. (1997). *Atlas en color de minerales y rocas en lamina delgada*. Barcelona: Masson.
- Maniar, P. D., Piccoli, P. M. (1989). Tectonic discrimination of granitoids. *Geological Society of America*, 101, 635-643.
- Pearce J. A. (1976). Statistical analysis of major element patterns in basalts. *Mineral Petrology*, 17, 15-43.
- Pearce J. A., Norry M. J. (1979). Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks. *Mineral Petrology*, 69, 33-47.
- Pearce J. A., Harris N. B. W., Tindle A. G. (1984). Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Petrology*, 25, 956-983.
- Polat A., Kerrich R. (2006). Reading the Geochemical

- Fingerprints of Archean Hot Subduction Volcanic Rocks: Evidence for Accretion and Crustal Recycling in a Mobile Tectonic Regime. *American Geophysical Union Monograph Series*, 164, 189-213.
- Schubert C. (1969). Geologic structure of a part of the Barinas mountain front, Venezuelan Andes. *Geological Society of America*, 80, 3, 443-548.
- Shagam R., Kohn B., Banks P., Dasch L., Vargas, R., Rodriguez G.I. y Pimentel, N. (1984). Tectonic implications of Cretaceous-Pliocene fission-track ages from rocks of the circum-Maracaibo Basin region of western Venezuela and eastern Colombia. *Geological Society of America*, 162, 385-412.
- Streckeisen A. (1967). Classification and nomenclature of igneous rocks. Final report of an inquiry. *Mineral*, 107, 144-240.
- Streckeisen, A. (1976). Classification of the common igneous rocks by means of their chemical composition. *Mineral*, 1, 1-15.
- Streckeisen A., Le Maître R.W. (1979). A chemical approximation to the modal QAPF classification of the igneous rocks. *Mineral, Abh.*, 136, 169-206.
- Van der Lelij R., Spikings R., Ulianov A. (2011). From the Rheic Ocean to the Proto-Caribbean Sea in Venezuela: 300 Ma of Magmatism in the Northern Andes. *Geophysical Research*, 13.
- Van der Lelij, R., Spikings, R.A., Gerdes, A., Chiaradia, M., Vennemann T., Mora, A. (2019). Multi-proxy isotopic tracing of magmatic sources and crustal recycling in the Palaeozoic to early Jurassic active margin of NorthWestern Gondwana. *Gondwana Research*, 66, 227-245.
- Van der Lelij, R., Spikings, R.A., Ulianov, A., Chiaradia, M., Mora, A. (2016). Palaeozoic to Early Jurassic history of the northwestern corner of Gondwana, and implications for the evolution of the Iapetus, Rheic and Pacific Oceans. *Gondwana Research*, 31, 271-294.
- Van Der Lelij, R., (2013). *Reconstructing north-western Gondwana with implications for the evolution of the Iapetus and Rheic Oceans: a geochronological, thermochronological and geochemical study*. Tesis de Doctorado para la obtención del título de Doctor en Ciencias, mención Ciencias de la Tierra, Faculté des sciences de l'Université de Geneve, Ginebra, Suiza.
- Van der Lelij R. Spikings R.A. Kerr A.C., Kounov A., Cosca M., Chew D., Villagómez D. (2010). Thermochronology and tectonics of the Leeward Antilles: Evolution of the southern Caribbean Plate boundary zone. *Tectonics*, 29, 6, 1-30.
- Winter J. D. (2001). *Igneous and Metamorphic Petrology*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Wood D. A. (1980). The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary Volcanic Province. *Earth Planet Sci*, 50, 11-30.
- Recibido:** 12 de febrero de 2023
- Aceptado:** 15 de mayo de 2023
- Rosales, Rafael:** Profesor Instructor Escuela de Ingeniería Geológica de la Universidad de Los Andes. Ingeniero Geólogo. Profesor en el área de Petrología y Petrografía ígnea-metamórfica, Yacimientos Minerales y colaborador en Análisis de Cuencas y Geología de Campo en la Escuela de Ingeniería Geológica de la ULA-Mérida.
 <https://orcid.org/0009-0007-5988-9421>
- Andara, Ángel:** Profesor Titular de la Universidad de Los Andes (ULA). Doctor en Geología en la Universidad de Oviedo, España. Líneas de investigación: Crecimiento cristalino, termodinámica de sistemas solución sólida-solución acuosa, análisis y caracterización de materiales cristalinos, sorción de metales contaminantes en superficies minerales. Miembro colaborador del grupo de Crecimiento de Cristales y Geoquímica Experimental del Agua del departamento de Geología de la Universidad de Oviedo, España. Correo electrónico: angel.andara@gmail.com
 <https://orcid.org/0009-0009-2302-6274>
- Uzcátegui, Francyyret:** Estudiante de Petrografía del ciclo profesional de la Escuela de Ingeniería Geológica de la Universidad de Los Andes. Correo electrónico: francyret@gmail.com
 <https://orcid.org/0009-0002-2438-2560>
- Aguilar, Luis:** Estudiante de Petrografía del ciclo profesional de la Escuela de Ingeniería Geológica de la Universidad de Los Andes. Correo electrónico: luifer.aguilars@gmail.com
 <https://orcid.org/0009-0002-5278-5404>
- Ángulo, Marianne:** Estudiante de Petrografía del ciclo profesional de la Escuela de Ingeniería Geológica de la Universidad de Los Andes. Correo electrónico: mariannedalt@gmail.com
 <https://orcid.org/0009-0004-1265-8034>
- Parra, Mario:** Estudiante de Petrografía del ciclo profesional de la Escuela de Ingeniería Geológica de la Universidad de Los Andes. Correo electrónico: loading2mario@gmail.com
 <https://orcid.org/0009-0005-3453-7978>

