

Historia de los estudios petrográficos de la Región Central de Panamá: una revisión literaria

History of petrographic studies in the Central Region of Panama: a literary review

Yinela Y. Solís M.¹, Rita D. Rodríguez¹, Eric Gutierréz¹, Francisco Grajales-Saavedra², Ernesto Martínez^{1*}

¹Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería Civil, Grupo de Investigación Propuesta de Geoparque Puente de las Américas, Panamá

²Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería Civil, Grupo de Investigación en Geotecnia Aplicada, Panamá

Fecha de recepción: 30 de septiembre de 2024. **Fecha de aceptación:** 28 de diciembre de 2024.

***Autor de correspondencia:** ernesto.martinez@utp.ac.pa

Resumen. La petrografía es la disciplina que describe y clasifica las rocas. En Panamá su utilización inició con la construcción del canal interoceánico y actualmente el desarrollo del geoturismo ha permitido el crecimiento de investigaciones de carácter petrográfico. Por tanto, se buscó resumir y analizar la literatura disponible sobre los estudios de petrografía en la Región Central de Panamá identificando tendencias y vacíos de conocimiento. La metodología fue cualitativa y se ejecutó mediante revisión literaria por medio de búsquedas en internet y en bibliotecas científicas. Se identificaron y seleccionaron las fuentes con una metodología petrográfica para sintetizar los contenidos. Los documentos analizados se categorizaron como artículos científicos, informes técnicos, tesis de grado, artículos de periódicos, sitios web y otros. Una de las dificultades identificadas es la falta de un enfoque sistemático, lo cual limita la aplicación de la información en el desarrollo de estrategias de conservación geológica, educación, turismo científico e investigación. Se concluye que la petrografía ha sido determinante para conocer los procesos ocurridos en el pasado geológico y se perfila como una herramienta clave para atender temas prioritarios.

Palabras clave. Geología, geoturismo, investigación, petrografía, rocas, turismo científico.

Abstract. Petrography is the discipline that describes and classifies rocks. In Panama, its use began with the construction of the interoceanic canal and currently the development of geotourism has allowed the growth of petrographic research. Therefore, the aim was to summarize and analyze the available literature on petrographic studies in the Central Region of Panama, identifying trends and gaps in knowledge. The methodology was qualitative and was carried out through a literary review by means of searches on the Internet and in scientific libraries. Sources were identified and selected using a petrographic methodology to synthesize the content. The documents analyzed were categorized as scientific articles, technical reports, degree theses, newspaper articles, websites, and others. One of the limitations identified is the lack of a systematic approach, which limits the application of information in the development of strategies for geological conservation, education, scientific tourism, and research. It is concluded that petrography has been decisive in understanding the processes that occurred in the geological past and is emerging as a key tool to address priority issues.

Keywords. Geology, geotourism, research, petrography, rocks, scientific tourism.

1. Introducción

La petrografía es la disciplina geológica que describe y clasifica las rocas según la correspondencia entre los cristales o granos, texturas, microestructuras y composición modal mineralógica [1]. Cualquier tipo de estudio en ciencias de la Tierra implica el contacto o relación con estos materiales accesibles en superficie [2]. Las rocas son el objeto formal de

la petrografía, pero en la investigación geológica son un concepto más abstracto que permite vincular los procesos y sistemas tectónicos, sedimentológicos, de fluidos, geofísicos, geotécnicos, geoquímicos y otros.

Esta disciplina se desarrolla mediante relaciones entre las características mesoscópicas, macroscópicas y microscópicas de las rocas. La labor petrográfica inicia en campo y evoluciona desde la utilización de cartografía, lupas de mano hasta la observación en un microscopio de luz polarizada [2].

Desde el comienzo de la petrografía alrededor de 1827 a 1833 con la fabricación de los primeros microscopios petrográficos se inician las investigaciones de carácter geológico-mineras a nivel mundial [3]. En Panamá, los primeros registros formales de la aplicación de la petrografía inician en 1845 con la descripción geológica de los terrenos que atravesaría el canal interoceánico [4].

Actualmente, la petrografía en Panamá no se limita al estudio de las rocas, sino que se ha expandido a áreas como la paleontología, paleobotánica, arqueología, agricultura y el geoturismo.

El desarrollo del geoturismo en Panamá ha permitido el crecimiento de investigaciones geológicas de carácter petrográfico como el proyecto Descripción Petrográfica de la Región Central de Panamá, ver figura 1, que involucra la utilización de las descripciones de las rocas para relatar la historia de los lugares turísticos dentro del límite de las provincias de Veraguas, Los Santos, Coclé y parte de Panamá Oeste, apoyando a complementar las actividades turísticas tradicionales con turismo científico [5].

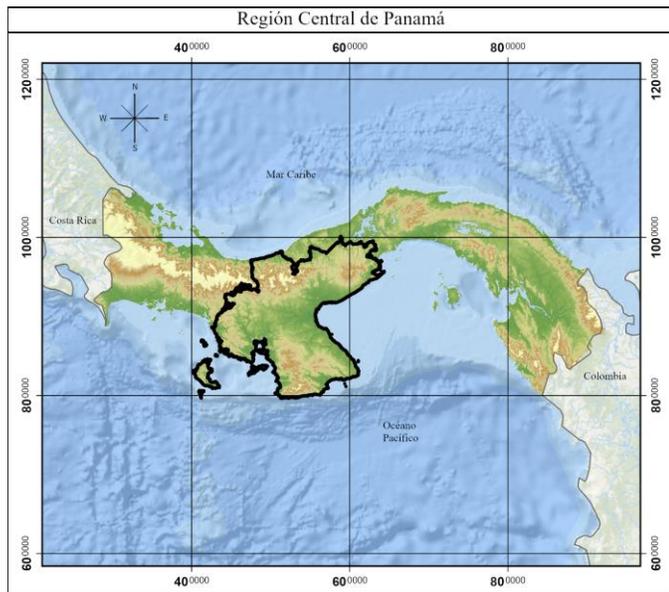


Figura 1. Localización de la Región Central de Panamá.

El objetivo de esta revisión literaria es resumir y analizar la literatura sobre petrografía disponible en la Región Central de Panamá identificando tendencias y vacíos de conocimiento.

El contenido recopilado se ha ordenado cronológicamente según las perspectivas históricas. Esta revisión literaria presenta estudios anteriores que incluyen temáticas geológicas, mineras, geoquímicas, geotécnicas, hidrogeológicas, arqueológicas y geoturísticas, que otorgan conocimientos de la investigación en ciencias de la tierra y afines; para contrastar los aportes, vacíos y tendencias científicas en el área de este estudio.

2. Metodología

El estudio estuvo enmarcado en una metodología cualitativa. La literatura presentada es el resultado de la revisión literaria que fue ejecutada por medio de búsquedas en internet basándose en las siguientes palabras claves: “Petrografía”, “petrografía de Panamá”, “geología de Panamá”, “rocas de Panamá”, “litología de Panamá” y búsquedas en bibliotecas científicas.

Se localizaron 237 trabajos en la búsqueda de esos términos, generando 67 documentos duplicados, quedando 170 para lectura rápida, ver figura 2. Luego se identificaron y seleccionaron los documentos que cumplían con una metodología de descripción petrográfica para lectura completa 43 y finalmente se sintetizan y analizan los contenidos con según sus resultados más relevantes en cuanto a la investigación petrográfica y sitio de estudio.

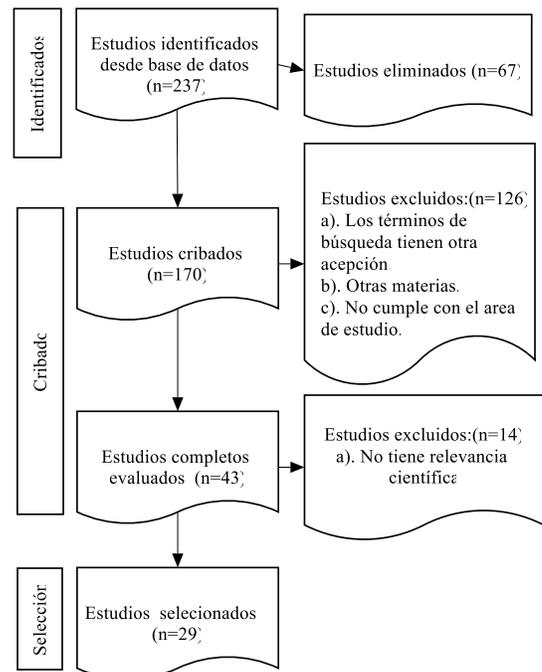


Figura 2. Identificación de estudios a través de base de datos.

Los motores de búsqueda y bibliotecas virtuales consultadas fueron: Google Académico, Sistema de información Científica Redalyc, portales web especializados tales como la Revista Geológica de América Central; repositorios institucionales de universidades americanas tales como: Séneca repositorio institucional Universidad de los Andes (Colombia), Kérwá repositorio institucional Universidad de Costa Rica (Costa Rica), repositorio institucional de la UNAM (México), UTP-Ridda2 repositorio institucional de la Universidad Tecnológica de Panamá (Panamá), biblioteca institucional del Laboratorio de Análisis Minerales del Ministerio de Comercio e Industrias de Panamá.

3. Resultados

La sección se encuentra dividida en tres partes: análisis de referencias literarias, síntesis de la literatura y discusión.

3.1. Análisis de las referencias literarias

Los 43 documentos analizados se categorizaron como artículos científicos, informes técnicos, tesis de grado, artículos de periódicos, sitios web y otros (notas), ver tabla 1.

Tabla 1. Tipología de fuentes de lectura completa

Categoría	Lectura completa	Porcentaje (%)
Artículos científicos	22	51.16
Informe técnico	10	23.26
Tesis de grado	6	13.95
Artículo de periódico	3	6.98
Sitio web	1	2.33
Otros	1	2.33
Total	43	100.0

En este escrito se han sintetizado 29 de las 43 referencias literarias lo que representa un 67.44 % de los documentos analizados

La figura 3. muestra las referencias según la distribución temporal del siglo XIX, XX, XXI; donde la mayor actividad se desarrolló durante el siglo XX, destacando la exploración minera y la cartografía geológica.

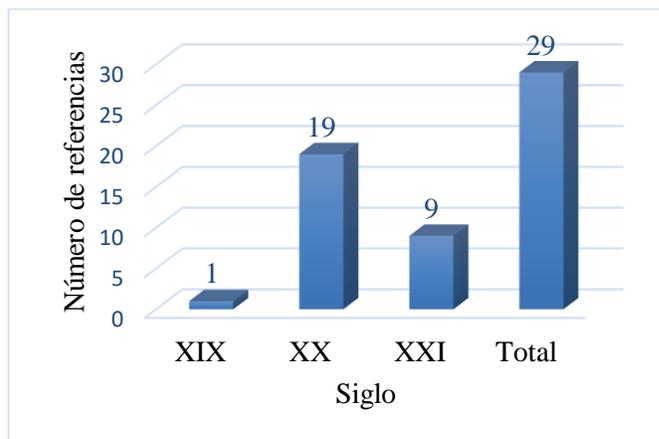


Figura 3. Distribución temporal vs número de referencias.

3.2. Síntesis de la literatura

Breve descripción de los hallazgos de los estudios seleccionados:

- Garella (1845): investigó los terrenos que atravesaría el canal interoceánico, aportando las primeras ideas sobre la composición geológica de Cerro Trinidad en Panamá Oeste [4].
- Hersey (1901): clasificó las rocas de las formaciones Mariato, Montijo, Torio, Santiago, Cañazas, Aguadulce y otras [6].
- Villarreal (1904): Comprobó la riqueza carbonífera de Tonosí [7].
- MacDonald (1937): estudió el Altiplano Central de la provincia de Los Santos, refiriéndose al Macizo de Canajagua como un complejo de rocas ígneas de ácidas a básicas [8].
- Rubio (1949): presentó el estado del conocimiento sobre la geología del Istmo de Panamá, incluyendo aspectos de petrografía y evolución geológica [9].
- Stewart (1963): en colaboración con el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI), realizó una expedición al sur de Azuero, recolectando muestras de madera petrificada y calizas fosilíferas [10].
- Comisión de Reforma Agraria de Panamá (1965-1968): con la campaña “Catastro rural de Tierras y Aguas”, identificó depósitos útiles para materiales de construcción, fertilizantes y minerales no metálicos [11].
- Dirección General de Recursos Minerales del Ministerio de Comercio e Industrias de Panamá (DGRM) (1965-1972): el proyecto minero condujo al descubrimiento del cobre porfídico en la formación Petaquilla y recomendó estudios al intrusivo Guarumal [12].

- DGRM (1975-1977): la cartografía geológica de las calizas de Tonosí identificó calizas bioquímicas eocénicas [12].
- DGRM (1978-1981): el Proyecto Aurífero destacó la identificación de una mineralización aurífera explotable en Remance [12].
- DGRM (1981-1983): en el sur de la península de Azuero se identificó wolframio en rocas metamórficas de contacto [12]. Paralelamente, en El Valle de Antón se detectó una anomalía de wolframio en vulcanitas [13].
- Ramírez (1988): realizó un estudio complementario para el Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE), abordando geoquímica, geovulcanología, hidrología y geología [14].
- DGRM (1983-1984): el Proyecto de Minerales Radioactivos detectó zonas auríferas y anomalías de elementos químicos como Cu, Zn, Au y Mo [12].
- Destro (1986): estableció una relación geológica entre el plutón de Cerro Azul y la península de Azuero, sugiriendo que el basamento antiguo se dividió en dos bloques [15].
- DGRM (1988-1990): “Inventario Minero”, incluyó análisis petrográficos y proporcionó el estudio más completo sobre las formaciones geológicas de Panamá [16].
- DGRM, Corral y otros (1990-actualidad): han investigado los yacimientos de oro en Cerro Quema, confirmando su vínculo con fluidos magmáticos hidrotermales relacionados con el batolito de Valle Rico y la falla Soná-Azuero [17], [18], [19], [20], [21].
- Tournon, Triboulet y Azema (1989): concluyeron que el metamorfismo en los basamentos de Azuero y Soná tiene orígenes distintos [22].
- DGRM y otros (1981-1999): en la Franja Aurífera de Veraguas, se identificó mineralización en rocas desde basaltos hasta riolitas, con diferencias notables entre depósitos [12], [16], [23], [24].
- DGRM (1996): estudió las arenas continentales tobáceas del Complejo Volcánico de El Valle de Antón, identificando actividad puzolánica de origen volcánico con composición silico-aluminosa [12] [25].
- Escuela Centroamericana de Geología (1999): correlacionó la geología y la estratigrafía de la región, observando depósitos cuaternarios volcánicos y fluvio-volcánicos en la Playa Rio Mar, lodolitas en Pesé, andesitas de textura hialopíltica y basaltos e ignimbritas en Veraguas [26].
- Ruiz (2005-2007): estudió el Sistema Mineralizado Bejucosa, identificando cuerpos mineralizados de dacitas con alteración arcillosa argilítica pertenecientes la formación Ocú como parte del Cinturón mineralizado de Azuero [27].
- Mayo y otros (2007 - actualidad): analizaron áreas de explotación minera prehispánicas de los ríos Grande y Coclé Sur, describiendo patrones geológicos y su papel en el comercio de la época [28] [29].
- Caballero (2009): evaluó las aguas subterráneas en el Arco Seco de Panamá, considerando las subcuencas compuestas por rocas volcánicas, intrusivas y sedimentarias pertenecientes a las formaciones Playa Venado, Valle Riquito y Macaracas [30].
- Molero, Corral y Cardellach (2014): estudiaron La Pitaloza identificando un depósito epitermal de alta sulfuración asociado con la intrusión del Montuoso y metamorfismo de contacto [31].
- Martínez & Rodríguez (2017): Diseñaron un modelo de Geoparque para el Valle de Antón. Recomendaron estudios sobre la “Piedra Jabón” [32].
- David Buchs (2008 - actualidad): Lidera investigaciones que integran la geología y la paleogeografía del Istmo de Panamá, documentando procesos geológicos desde hace 125 millones de años [33], [34], [35], [36], [37].
- Sandoval (2022): analizó la “Piedra Jabón de Pajonal”, explicando su origen hidrotermal y volcánico [38] [39].
- Ortiz-Guerrero y otros (2023): identificaron dos franjas falladas y plegadas de corteza oceánica en la Península de Azuero, reconstruyendo la colisión de un monte submarino y la acreción de ofiolitas [40].
- Domínguez (2025): utilizó petrografía y geoquímica para analizar los riesgos de elementos tóxicos en los acueductos rurales de Coclé [41].

3.3. Discusión

La distribución temática de los estudios petrográficos puede categorizarse en geología general, exploración minera y composición geológica. Entendiendo que la geología general abarca estudios amplios sobre la evolución geológica del istmo, la exploración minera centra su objetivo en proyectos de exploración y cartografía liderados por la DGRM, con énfasis en el oro y otros minerales estratégicos y la composición geológica trata las investigaciones iniciales enfocadas en caracterizar las formaciones básicas del terreno.

Durante la revisión literaria se estudió la distribución temporal constando que, en el siglo XIX, hay pocos registros de la utilización de estudios petrográficos aplicados en el territorio panameño, esto debido a la poca madurez de la disciplina.

En el siglo XX, la petrografía toma auge y es una herramienta esencial para el desarrollo de proyectos de ingeniería e investigaciones geológico-mineras. En esta época los principales promotores de estos estudios son los gobiernos a través de diferentes estamentos y organismos financieros.

La tendencia cambia en el siglo XXI, las investigaciones han evolucionado a estudios más avanzados sobre las fallas, las ofiolitas, y evaluación de riesgos; diversificando los temas hacia conceptos como geoparques, geoquímica ambiental, evolución geológica y geología médica. Las investigaciones se desarrollan por profesionales e investigadores independientes, respaldados por universidades e instituciones de reconocimiento mundial.

Los investigadores panameños que realizan estudios sobre geología y ciencias a fines implementando métodos petrográficos han obtenido financiamiento por medio de universidades, empresas mineras, el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI) y la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT).

A través de esta revisión literaria se demuestra que la petrografía se ha utilizado como disciplina de estudio apoyando al desarrollo de investigaciones geológicas en el área de estudio. Sin embargo, los pertinentes resultados de la mayoría de los estudios no se han publicado abiertamente, quedando archivados en los informes de los distintos proyectos, lo que impide la estandarización y el acceso a la información necesaria para establecer la composición, estructura y origen de las unidades litológicas de las formaciones geológicas del territorio.

Una de las limitaciones identificadas en los estudios revisados es la falta de un enfoque sistemático, lo cual limita la aplicación de la información en el desarrollo de estrategias de conservación geológica, educación, turismo científico e investigación.

El objetivo minero de la mayoría de los estudios en el área destaca las zonas con alto potencial explotable de la Franja Aurífera de Veraguas, Cerro Quema y los complejos mineralizados de La Pitaloza y Bejucosa. A diferencia con los últimos 15 años donde los estudios se han dirigido hacia la investigación científica como método de salvaguarda y protección de la historia de la Tierra.

A pesar de los avances en la investigación geológica en la región, los rasgos metamórficos siguen siendo insuficientemente explorados. Aunque algunos estudios tempranos, como los de Tournon, Triboulet, y Azema en 1989, han proporcionado información valiosa sobre el metamorfismo en áreas específicas como las penínsulas de Azuero y Soná, la región central aún carece de investigaciones detalladas que aborden de manera integral sus características metamórficas. Hecho que limita la comprensión de los procesos que han moldeado la geología.

Actualmente, el estudio de la petrografía de la Región Central de Panamá se centra en esclarecer el origen y evolución del istmo centroamericano con fines multidisciplinarios.

4. Conclusiones

Este estudio ha examinado la historia de la petrografía en la Región Central de Panamá durante 180 años. En este tiempo la mayor cantidad de estudios se ha concentrado en la Península de Azuero.

Los estudios petrográficos en el siglo XXI se han dirigido hacia un enfoque multidisciplinar integrando la petrografía a estudios de arqueología, geoquímica, hidrogeología y geología médica.

La petrografía ha sido determinante para conocer los procesos ocurridos en el pasado geológico de la Región Central de Panamá y se perfila como una herramienta clave para atender temas prioritarios como los de riesgos geológicos, geoingeniería, restauración y mantenimiento de obras civiles, entre otros aspectos que están ganando relevancia en el futuro cercano, así como para el geoturismo.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por SENACYT bajo el proyecto “Descripción Petrográfica de la Región Central de Panamá APY-NI-2023A-12”. Al Laboratorio de Análisis de Minerales de Panamá por abrir espacio a la investigación y permitir la consulta de libros e informes de su biblioteca institucional.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener algún conflicto de interés.

REFERENCIAS

- [1] C. Dorado, *Petrografía Básica*, Madrid: Paraninfo S.A., 1989.
- [2] A. Castro Dorado, *Petrografía de rocas Ígneas y Metamórficas*, Madrid: Paraninfo S.A., 2015.
- [3] R. J. Cucchi y N. E. Pezzutti, «Historia de la Geología Argentina I: Breve historia de la Petrografía y de la Mineralogía de menas metalíferas en el SEGEMAR,» Serie Correlación Geológica, vol. 24, pp. 151-164, 2008.

- [4] N. Garella, «Esbozo geológico sobre la composición de los terrenos del istmo,» Carilian-Goeury et Von Dalmont, Paris, 1845.
- [5] «Sistema de Información Científica de la Universidad Tecnológica de Panamá,» 2023. [En línea]. Available: <http://www.investigadores.utp.ac.pa/proyectos/1347>.
- [6] O. Hershey, «The geology of the central portion of the Isthmus of Panama,» University of California, 1901.
- [7] A. Burgos, «Progreso,» El Heraldo del Istmo, pp. 10-13, 12 Julio 1904.
- [8] McDonald, «Aportes a la Geología de Panamá,» The Journal of Geology, 1937.
- [9] Á. Rubio, Notas sobre geología de Panamá, 1949.
- [10] S. Heckadon-Moreno, «El geólogo Robert Stewart en Ocu y Tonosí, 1963,» Epcas, pp. 2-3, febrero 2013.
- [11] Comisión de Reforma Agraria de la República de Panamá, «Catastro Rural de Tierras y Aguas,» 1965-1968.
- [12] DGRM; Ministerio de Comercio e Industrias, República de Panamá, «Promoción para el desarrollo del sector minero en Panamá,» Panamá, 1996.
- [13] IRHE; BID; OLADE, «Estudio Vulcanológico-Minero de El Valle de Antón,» Panamá, 1987.
- [14] A. H. Ramirez, «Present Status of Geothermal Reconnaissance studies in the Republic of Panama,» Geothermics, vol. 17, n° 2/3, pp. 355-367, 1988.
- [15] Destro y Tisla, «El plutón de cerro azul y su relación con los orígenes del Istmo de Panamá,» I+D Tecnológico, vol. 3, n° 1, pp. 33-40, 4 Julio 2016.
- [16] Swedish Geological International, «Geología y ocurrencias minerales en tres sectores de Panamá,» 1990.
- [17] I. C. E. C. M. C. À. G. D. G. A. C. M. Corral, «Cerro Quema, (Península de Azuero, Panamá): Geología, Alteración, Mineralización y geocronología de un depósito de Au-Cu de alta sulfuración alojado en un domo volcánico: Geología económica,» Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 2021.
- [18] I. Corral, M. Corbella, A. Griera, D. Gómez-Gras, M. A. Cosca y E. Cardellach, «Age of the Cerro Quema Au-Cu deposit (Azuero Peninsula, Panama): Insights,» Geotemas (Madrid), vol. 13, pp. 1340-1343, Enero 2012.
- [19] I. Corral, A. Griera, D. Gómez-Gras, M. Corbella, Á. Canales, M. Pineda-Falconett y E. Cardellach, «Geología del depósito Cerro Quema Au-Cu (Península de Azuero, Panamá,» Geológica Acta, vol. 9, n° 3-4, pp. 481-498, 2011.
- [20] I. Corral, «Comentario a “Mineralización de alta sulfuración relacionada con pórfido temprano en el desarrollo del Arco Centroamericano: depósito de Cerro Quema, Península de Azuero, Panamá” por Perelló et al., (2020),» Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 2020.
- [21] I. Corral, E. Cardellach, M. Corbella, Á. Canals, A. Griera, D. Gómez-Gras y C. Johnson, «Origin and evolution of mineralizing fluids and exploration of the Cerro Quema Au-Cu deposit (Azuero Peninsula, Panama) from a fluid inclusion and stable isotope perspective,» Ore Geology Reviews, pp. 947-960, 2017.
- [22] J. Tournon, C. Triboulet y J. Azema, «Amphibolites from Panama: anticlockwise P-T paths from a Pre-upper Cretaceous metamorphic basement in Isthmian Central America,» Metamorphic Geology, pp. 539-546, 1989.
- [23] DGRM; Ministerio de Comercio e Industrias de Panamá, «Informe final de prefactibilidad del Programa de estudios y exploraciones auríferas (Fase I),» 1981.
- [24] C. E. Nelson y j. Ganoza, «Mineralización de oro en la Franja Aurífera de Veraguas, Panamá,» Revista Geológica de América Central, n° 22, pp. 87-100, 1999.
- [25] DGRM, Ministerio de Comercio e Industrias de Panamá, «Estudio de las Arenas Continentales Tobas Incoherentes del Complejo Volcánico de El Valle de Antón,» Panamá, 1996.
- [26] E. Badilla, P. Denyer, L. Linkimer y H. Zúñiga, «Bitácora: gira de estudio y correlación geológica-estratigráfica Panamá-99,» Revista Geológica de América Central, vol. 22, pp. 113-115, 1999.
- [27] A. Ruiz, «El Sistema Mineralizado Bejucosa-Panamá,» 2007.
- [28] J. Mayo, A. Mojica, A. Ruiz, E. Moreno, C. Mayo y G. I. De Gracia, «Estructuras arquitectónicas incipientes y áreas de explotación minera prehispánica de las cuencas de los ríos Grande y Ccolé del Sur, Panamá,» Revista española de antropología americana, vol. 37, n° 1, pp. 93-110, 2007.
- [29] J. Mayo Torné, C. Mayo-Torné, D. Hernández, A. Zamora, E. Gutiérrez, J. Ceballos, J. A. Jaén, M. Denvers y E. Melgar Tísoc, «Pyrite tesserae mosaics from El Caño (750-1100 CE), Panamá: Evidence of interactions between the Coclé and Maya regions,» Journal of Archaeological Science, vol. 175, 2025.
- [30] A. Caballero, «Exploración de Aguas Subterráneas en el Arco Seco de Panamá,» Barcelona, 2009.
- [31] M. Medina Molero, I. Corral y E. Cardellach, «Estudio mineralógico del depósito de Au de Pitaloza (Península de Azuero, Panamá,» Revista de la sociedad española de mineralogía, 2014.
- [32] E. Martínez y R. Rodríguez, Diseño de un modelo para crear un Geoparque en el Valle de Antón, Panamá, 2017.
- [33] C. Baumgartner-Mora, P. O. Baumgartner, D. Buchs, A. Bandini y K. Flores, «Palaeocene to Oligocene Foraminifera from the Azuero Peninsula (Panama): The timing of seamount formation, accretion and forearc overlap, along the Mid-American Margin,» pp. 116-117, 2008.
- [34] D. Buchs, J. Brims, H. Coombs, A. Kerr, J. C. D. Wang, R. Miranda, D. Irving, R. Coronado, A. Tapia, E. Chichaco, S. Redwood, D. Kukoc y P. Baumgartner, «Geological Research on the Isthmus of Panama (GRIP),» de AAPG HEDBERG CONFERENCE, Sigüenza, 2018.
- [35] D. Buchs, Geología del Cretácico tardío al Eoceno del área del antearco de América Central Sur (sur de Costa Rica y oeste de Panamá): iniciación y evolución de un margen convergente intraoceánico, 2008.
- [36] D. Buchs, P. o. Baumgartner, C. Baumgartner-Mora, K. Flores y A. Bandini, «Upper Cretaceous to Miocene tectonostratigraphy of the Azuero area (Panama) and the discontinuous accretion and subduction erosion along the Middle American margin,» Tectonophysics, 20 Noviembre 2011.

- [37] S. M. Molendijk, D. M. Buchs, P. R. Mason y J. D. Blundy, «Clinopyroxene diversity and magma plumbing system processes in an accreted Pacific ocean island, Panama,» *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 2022.
- [38] H. Sandoval, *Elaboración del mapa geológico de un polígono establecido en los corregimientos de Pajonal y San Juan de Dios, en Coclé donde ubica y clasifica el yacimiento de la Piedra Jabón de Pajonal y análisis preliminar de las aguas superficiales en el entorno, Panamá*, 2022.
- [39] H. Sandoval, T. Destro, R. Rodríguez, E. Martínez, E. Gutierréz y Y. Solís, «Study and description of the Soap Stone of Pajonal,» de 2022 8th International Engineering, Sciences and Technology Conference (IESTEC), 2022.
- [40] C. Ortiz-Guerrero, C. Montes, D. W. Farris, C. Agudelo, M. Ariza Acero y J. Ayala, «Crustal structure of the Western Azuero Peninsula, Panama: Insights into the structure of accretionary complexes and forearc ophiolites.,» *International Geology Review*, vol. 66, n° 1, pp. 172-195, 2023.
- [41] A. Domínguez, F. Segundo, J. Arrocha, L. Miranda, T. Chong, H. Sandoval, E. Martínez, E. Gutierréz, R. Rodríguez, C. Nieto, C. Franco, L. Aponte-Gonzalez, C. Vergara-Chen, J. Olmos, M. Vargas-Lombardo, J. Moreno-Chavez , S. Jimenez-Oyola y A. C. Gonzalez-Valoys, «Geochemical Insights into Health Risks from Potentially Toxic Elements in Rural Aqueducts of Cocle, Panama: Unveiling Links to Local Geology,» *Water*, vol. 17, n° 1, 2025.