

LAS ZEOLITAS NATURALES EN OTROS PAÍSES DE IBEROAMÉRICA

INTRODUCCIÓN

Jorge Luis Costafreda Mustelier
Fundación Gómez Pardo
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía
Universidad Politécnica de Madrid (España)

Domingo Alfonso Martín Sánchez
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía
Departamento de Ingeniería Geológica y Minera
Universidad Politécnica de Madrid (España)

Jorge Luis Costafreda Velázquez
Universidad de Holguín
Departamento de Construcciones
(Cuba)

Es voluntad expresa de los autores presentar este capítulo adicional para hacer mención a los países que no han aportado información, a pesar de las repetidas solicitudes formuladas, ya que existe en ellos una serie de indicios geológicos indirectos muy valiosos para la posible planificación de trabajos de prospección encaminados a la detección de yacimientos de zeolitas naturales.

Impera la certeza de que los breves detalles que se brindan aquí servirán de modesta ayuda a los geólogos, o cuanto menos serán el medio para sensibilizar a las autoridades de los servicios geológicos y mineros de estos países; siendo el principal fin para fomentar los proyectos dirigidos al descubrimiento, estudio detallado y aprovechamiento de los yacimientos e indicios de rocas zeolitizadas. La difusión de esos trabajos, mediante programas de ofertas razonables y bien dirigidas por parte de las administraciones, será

de un valor insustituible a la hora de conocer las inmensas posibilidades de uso que ofrecen estos recursos naturales.

Hay dos grandes razones para insistir en ello. La primera de ellas es la semejanza que presenta la geología de la región central y suramericana, influenciada en su totalidad por los procesos volcánicos y sísmicos que caracterizan el llamado *cinturón de fuego* del Océano Pacífico, con una extensión aproximada de 40.000 kilómetros, que afecta también a Norteamérica. Prácticamente todos los países de estos continentes están marcados por esos procesos, mencionándose entre ellos a Chile, Argentina, Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, El Salvador, Honduras, Guatemala, México, Estados Unidos y Canadá; sin contar los territorios más orientales, como Rusia, Japón, Taiwán, Filipinas, Indonesia, Papúa Nueva Guinea y Nueva Zelanda.

Los materiales aportados por las erupciones volcánicas, fundamentalmente las cenizas, lapilli, cineritas, tobas vítreas, ignimbritas, vidrios volcánicos, ciertos tipos de piroclastos, incluso los flujos de lavas que se solidifican rápidamente al entrar en contacto con las aguas frías de los ecosistemas lacustres, fluviales y marinos, constituyen las principales fuentes primarias de formación de yacimientos de zeolitas; según se establece en los diferentes modelos descritos en los capítulos precedentes de esta obra. Estos criterios merecen ser revisados y comprobados, pues cabe la posibilidad de encontrar manifestaciones e indicios de distintas variedades y naturaleza genética. Los modelos de yacimientos establecidos a nivel mundial se adaptan bastante bien a los escenarios geológicos de esta parte del planeta.

La segunda razón tiene que ver con la profunda implicación que estos países tuvieron durante más de una década en los trabajos propuestos por la Red del Programa CYTED, mediante la cual se fortalecieron las relaciones entre investigadores del campo de los Minerales y Rocas Industriales. Los detalles sobre las actividades de esta Red han sido descritos en la introducción de esta obra.

Las zeolitas naturales, como materia prima de singular importancia, tuvo tal protagonismo en esta Red que su difusión llamó la atención de muchos países europeos, como Bélgica, Hungría y Alemania. Cuba, España y Ecuador fueron, a partir de entonces, los pioneros en utilizar la zeolita natural en la fabricación de cementos puzolánicos. Los investigadores españoles se especializaron en la sustitución de porciones significativas de cemento pórtland por zeolita en las mezclas de morteros y hormigones (Costafreda, J.L., 2008) y establecieron la eficacia de las tobas vítreas de composición dacítica en estas sustituciones (Calvo, B. *et al.* 2005; Costafreda, J.L., 2008). Hace relativamente poco propusieron la sustitución del yeso, como regulador del proceso de fraguado, por zeolita en el clínker del cemento pórtland (Aranzazu, M. *et al.* 2011).

Apelando a ese despliegue de conocimientos, los autores de este capítulo hacen un llamado a los geólogos, ingenieros, tecnólogos, geofísicos y funcionarios de las empresas públicas y privadas de estos países para que brinden su apoyo a las investigaciones relacionadas con estos recursos tan versátiles y abundantes en la corteza terrestre.

PERSPECTIVAS POR PAÍSES

BOLIVIA:

Las condiciones geológicas de Bolivia le confieren una indudable perspectiva para realizar investigaciones encaminadas al descubrimiento de yacimientos e indicios de zeolitas naturales (Montes de Oca, I. *et al.* 1997). La actividad de un gran número de estratovolcanes, como el Nevado Sajama, el Licancabur, Acotango y el Ollagüe, aportaron durante el Paleógeno y el Neógeno grandes volúmenes de lavas, tobas, ignimbritas y cineritas que se depositaron e interdigitaron con conglomerados, areniscas y arcillas continentales en la llamada Fosa Altiplánica, alcanzando potencias de más de diez mil metros.

En las cordilleras Oriental y Occidental existen litologías volcánicas cuya erosión facilita el aporte de sedimentos a las innumerables cuencas intramontañas de este país, como las del altiplano y las llanuras Chaco-Benianas (Montes de Oca, I. *et al.* 1997).

El gran espesor de sedimentos acumulados en estos depocentros puede inferir el desencadenamiento de procesos diagenéticos formadores de zeolitas naturales. No se tiene noticia alguna sobre el desarrollo de proyectos de investigación recientes que describan posibles yacimientos de estos recursos.

COSTA RICA:

En el ambiente geológico de Costa Rica predominan las rocas volcánicas que componen el llamado Orógeno Sur, las cuales tienen asignada una edad Cretácico Superior, y suelen estar asociadas espacialmente con sedimentos del Terciario. La erosión de los edificios volcánicos y regiones elevadas, como las mesetas de Santa Rosa, que se extienden desde Cañas hasta la frontera con Nicaragua, ha producido ingentes volúmenes de materiales de composición dacítica que se han depositado ininterrumpidamente en las llamadas depresiones internas, como las de El Arenal, Volcánica Central, El General y Coto Brus. Las grandes llanuras y valles intramontanos también desempeñan un gran papel como cuencas receptoras o depocentros (Alvarado, F., 2007).

A pesar de su naturaleza geológica, apropiada en apariencia para la formación de yacimientos de zeolitas naturales, este país no cuenta con estudios sistemáticos ni informes sobre sus usos y sus reservas. No obstante, cerca de la frontera con Panamá, en los enclaves geológicos donde afloran las tobas terciarias en el corte del río Chiriquí, se ha descrito puntualmente la presencia de zeolitas de variedad clinoptilolita (Alvarado, F., 1997).

EL SALVADOR:

Desde el punto de vista geológico, El Salvador es un país donde pueden darse las condiciones naturales necesarias para localizar indicios de zeolitas naturales. La formación del orógeno volcánico salvadoreño se inició en el Pleistoceno y se mantiene activo en la actualidad, y está caracterizado por una alternancia de erupciones explosivas y tranquilas (Rose, W.I., 2004).

En contraste con las zonas morfológicamente elevadas, compuestas por estratovolcanes, existen fosas tectónicas o grabens que actúan como receptores de sedimentos procedentes del orógeno, que consisten principalmente en lavas, piroclastos, aglomerados y productos finos re TRABAJADOS de naturaleza riolítica, dacítica, andesítica, basáltica y tobácea (Rose, W.I., 2004).

Cerca del 95% del territorio de El Salvador está constituido por rocas de naturaleza volcánica, con potencias superiores a los 1.500 metros. Sin embargo, no se conoce información alguna que describa la existencia de yacimientos, indicios o manifestaciones de zeolitas en este territorio.

GUATEMALA:

Una notable orografía volcánica, compuesta por cerca de doscientos ochenta y ocho estratovolcanes, perfila el territorio guatemalteco, aunque la denominada Federación Nacional de Andinismo, coincidiendo con el Instituto Geográfico Nacional, sólo reconoce como tales a una treintena (Quiñonez, F.J., *et al.* 2013).

Además de las formaciones litológicas compuestas por rocas cristalinas y sedimentarias de edad Paleozoico y Mesozoico, existen secuencias de rocas volcánicas que se formaron en el Terciario, y continúan haciéndolo gracias a la actividad ígnea contemporánea. La presencia de cuencas importantes como El Petén, de cincuenta kilómetros de anchura, facilita la recepción de sedimentos volcánicos en pleno proceso de diagénesis y transformación en niveles de zeolitas naturales (Quiñonez, F.J., *et al.* 2013).

A pesar de la realización de algunos trabajos puntuales, encaminados a la evaluación de materiales de naturaleza volcánica para la producción de cementos puzolánicos (Quiñonez, F.J., *et al.* 2013), Guatemala no ofrece actualmente ningún dato oficial sobre la existencia de yacimientos de zeolitas naturales.

Se recomienda un reconocimiento geológico a gran escala con campañas de laboratorio que garanticen la correcta localización y caracterización de estos materiales.

HONDURAS:

Las manifestaciones de rocas zeolitizadas en Honduras se reducen a unos pocos indicios detectados por la Dirección Ejecutiva de Fomento a la Minería (DEFOMIN), registrados en el Inventario Minero Nacional. Sin embargo, no existe aún un registro definitivo que compile los detalles sobre la composición química, mineralógica, morfológica y sus posibles aplicaciones.

Los primeros pasos dados para satisfacer estas carencias tuvieron lugar en febrero de 2007, a través de los trabajos desarrollados por la ingeniera Gisella Cardona en el Departamento de La Paz, Municipio de Mercedes de Oriente, en la Comunidad de Aguas Calientes (Hoja Cartográfica N° 26574) (Cardona, G., 2007).

Los primeros trabajos de campo se realizaron en los afloramientos del Río Venado (397015 E, 1537492 N), donde se reconocieron manifestaciones e indicios de zeolitización en aglomerados de composición andesítica y traquiandesítica, de textura porfídica a criptocristalina; también en tobas y materiales clásticos heterogranulares de diámetros variables, con buzamientos suaves hacia el sureste (Cardona, G., 2007).

El objetivo fundamental de esta campaña de campo fue ratificar la existencia de mineralización zeolítica in situ, que sentaría las bases para la elaboración de guías de prospección que posteriormente se aplicarían en zonas aledañas con similar litología.

Un segundo objetivo fue la puesta a punto de los valores cualitativos de las menas de zeolitas en aplicaciones específicas, como el tratamiento de agua, en la agricultura, la mejora de cementos, morteros y hormigones, entre otras.

Los ensayos de laboratorio fueron realizados en España, pero desafortunadamente ninguna de las muestras, analizadas con fluorescencia de rayos X y difracción de rayos X, aportó resultados positivos en cuanto a contenidos de zeolitas, lo que demuestra una planificación insuficiente de los trabajos de campo y de muestreos.

NICARAGUA:

En los terrenos del territorio nicaragüense yacen materiales paleozoicos y cuaternarios, estos últimos producidos a partir de la actividad volcánica intensa que caracteriza Centroamérica. El Terciario fue escenario de un volcanismo cuyos productos cubrieron prácticamente todo el territorio. El gran volumen de rocas volcánicas formadas a cuenta de este proceso está agrupado dentro de las *formaciones Coyol, Matagalpa y Pre-Matagalpa* (Rizo, F., 2015).

Dentro de las litologías volcánicas están las ignimbritas de la *Formación Tamarindo* y otros materiales piroclásticos de la *Formación La Sierra*, que representan la culminación del volcanismo del Terciario tardío (Rizo, F., 2015).

Es posible inferir que el territorio de Nicaragua ofrece posibilidades desde el punto de vista geológico, geomorfológico y tectónico para llevar a cabo estudios de reconocimiento y prospección encaminados al hallazgo de yacimientos y manifestaciones de zeolitas naturales. La existencia de varias cuencas de sedimentación, como las que se agrupan dentro de las llamadas Provincias Geológicas del Pacífico, la Fosa Tectónica de Nicaragua y la Cuenca de Sedimentación de la Costa Oriental, son sin duda los mejores ejemplos de depocentros de los productos volcánicos procedentes de la Provincia Volcánica del centro de Nicaragua.

Yacimientos de tipo diagenéticos y de geoautoclasivos podrían haberse formado en estos escenarios geológicos.

PANAMÁ:

En la parte oriental de Panamá se encuentra un complejo de rocas volcánicas compuestas por lavas, tobas y aglomerados de edad Cretácico Superior, Terciario Inferior y Cuaternario (MICI, 1990). La mayoría de estas rocas volcánicas se emplazaron en el Cretácico Superior, pero actualmente sigue activo un magmatismo cuyas lavas se interdigitan con secuencias sedimentarias, compuestas por lutitas, areniscas y calizas de edad Cuaternario. El quimismo de las lavas es andesítico y basáltico, y sus emisiones se manifiestan ocasionalmente como eventos explosivos, dando lugar a las ignimbritas de la parte central del país (MICI, 1990).

En el territorio de Panamá, como se ha visto en otros países aledaños, se ha desarrollado un complejo de fallas a través de cuyos planos han tenido lugar movimientos verticales de bloques independientes, formando grabens, como el de Bayano, el de Chucunaque y el de Tuira; y pilares tectónicos bien diferenciados, entre los que descuellan el de San Blas, al este, y el Jaqué-Pirre, al oeste. Los grabens han servido como puntos de recepción de materiales volcanosedimentarios procedentes de los macizos con estructura de horst y de los orógenos vecinos (MICI, 1990).

La presencia de estas grandes cuencas y del complejo disyuntivo activo que caracteriza la geología de Panamá, debe tenerse en cuenta a la hora de planificar las campañas geológicas y el muestreo, ya que estos rasgos pueden indicar la existencia de yacimientos de zeolitas naturales de génesis variadas. Por ejemplo, es factible localizar yacimientos e indicios relacionados con los procesos diagenéticos, metamórficos de enterramiento, metamorfismo de contacto, hidrotermales y de geoautoclave (Gottardi, G., 1989).

Sin embargo, no se tiene conocimiento sobre posibles trabajos de investigación ni inventarios realizados por la Administración del Estado o compañías privadas.

PARAGUAY:

En la geología de Paraguay no se destacan zonas con grandes perspectivas para la prospección y estudio de las zeolitas naturales (MICI, 1990). Sólo podrían considerarse los grandes derrames y coladas basálticas que ascendieron a través de fisuras profundas hasta alcanzar la superficie terrestre durante el Mesozoico Medio y Superior, formando lo que se conoce con el nombre de Trapp del Paraná (Palmieri, J., *et al.* 1982; Palmieri, J., 1982-b).

No se menciona la existencia de zeolitas en este escenario, aunque de haberlas tal vez podrían estar asociadas a un proceso de neoformación secundaria de poca importancia industrial, circunscrito a los niveles brechosos y a las vacuolas y amígdulas propias de las formaciones basálticas. Otro mecanismo de formación de zeolitas a escala global, en esta litología, sería mediante los procesos de zeolitización, albitización y esmectización de las plagioclasas, que pueden producir cantidades anómalas de sodio y magnesio, cuya presencia da lugar, simultáneamente, a las zeolitas y a las esmectitas (Costafreda, J.L., 2008).

De forma diferente, también podría formarse zeolita, como la analcima, a partir de la saussuritización y la albitización de las plagioclasas cálcicas, fundamentalmente labradorita y bitownita, que entran en la composición mineralógica del gabro alcalino (Costafreda, J.L., 2008), como el que yace en los cerros Corá, Sarambí y Guazú, en Sapucaí, Caballero, Acahay, entre otros (Palmieri, J., *et al.* 1982; Palmieri, J., 1982-b).

PERÚ:

En Perú no se conocen yacimientos de rocas zeolitizadas dignos de mención. El descubrimiento de zeolitas más reciente tuvo lugar en el año 2006 por investigadores de la Universidad Nacional de Salta, durante la prospección de boratos en Jancuyo, Departamento de Puno, al sureste de Perú (Alonso, R. *et al.* 2006).

El ambiente geológico es de tipo sedimentario lacustre, que al desecarse formó niveles de evaporitas en el Neógeno, originando cristales de zeolitas en paragénesis con yeso en una sección estratigráfica de lo que se conoce como *Formación Maure*, una unidad volcanoclástica de edad Mioceno (Alonso, R. *et al.* 2006).

La litología restante está compuesta por tobas, conglomerados de origen volcánico, cenizas, arcillas y areniscas, todas ellas interestratificadas con finas capas de ignimbritas.

La variedad de zeolita detectada es heulandita, la cual aparece en forma de agregados cristalinos incoloros, de brillo vítreo y textura idiomórfica, con hábito tabular de hasta 130 μm ; están relacionados con calcita en pequeñas geodas (Alonso, R. *et al.* 2006).

La formación de la zeolita puede estar relacionada con procesos diagenéticos y de geoautoclave.

Algunos países como México y Turquía, han empleado las zeolitas como índices de prospección de los yacimientos e indicios de boratos (Alonso, R. *et al.* 2006).

No se tiene otra referencia acerca de actividades relacionadas con la prospección y explotación de zeolitas naturales en Perú.

PORTUGAL:

En Portugal no se cuenta con registros de manifestaciones e indicios prometedores de zeolitas naturales. Escasos informes (Vidinha, J. M. *et al.* 1987) hacen mención esporádica sobre la presencia de zeolita asociada con halita en la fracción fina de los sedimentos de playa y duna, estudiados entre las localidades de Espinho y Torreira. La composición mineralógica de dicha fracción consiste en feldespato K, plagioclasa e illita como las fases principales o mayoritarias; mientras que las fases secundarias están constituidas por anhídrita, ópalo C/T, caolinita y dolomita. Así, parece ser que la asociación mineralógica establecida en estos sedimentos es $\text{An} + \text{Do} + \text{Qz/H} + \text{Ze} + \text{K} + \text{I} + \text{Cl}$.

REPÚBLICA DOMINICANA:

En el escenario geológico de la República Dominicana conviene mencionar las variedades volcánicas y volcanosedimentarias representadas por basaltos efusivos submarinos de la plataforma de Neiba-Baoruco y del valle de San Juan, junto a las lavas, piroclásticas, aglomerados y tobas de edad Cretácico (MGRD, 2004); los cuales son petrológicamente muy parecidos a los agrupados en la *Formación Iberia* (Ib K_1^a - K_2^{cp}), en Holguín, Cuba (Pentelényi, L. *et al.* 1988), y a los litotipos de la *Formación El Cobre* (K_2 - P_2^2), en la Provincia de Santiago de Cuba (Zamorano, J. *et al.* 2000). También son equivalentes a las formaciones basálticas del sur de Haití (MGRD, 2004). La serie sedimentaria está constituida por calizas, margas y calcarenitas.

La presencia de rocas procedentes de la actividad volcánica del arco de isla antillano, puede significar un índice veraz a la hora de considerar la existencia de indicios y manifestaciones de zeolitas naturales en este territorio. Su naturaleza geológica es muy parecida a la del vecino archipiélago cubano, famoso por sus grandes y variados yacimientos de este recurso.

En base a este último argumento, los autores recomiendan dirigir los estudios de reconocimientos geológicos y campañas de prospección al hallazgo de yacimientos de zeolitas naturales según el modelo empleado por los geólogos cubanos.

URUGUAY:

En la parte noroeste del territorio de Uruguay existen afloramientos de lavas basálticas solidificadas, con potencia cercana a los mil metros, que llegaron a la superficie a través de fisuras profundas, y se hallan intercaladas con secuencias de areniscas de génesis eólica. Los basaltos cubren la cuarta parte del país (Fernando, P. *et al.* 1985).

En la *Formación Dolores*, de edad Pleistoceno, yacen lodolitas y areniscas arcillosas asociadas a procesos eólicos. En la *Formación Arequita*, datada como Cretácico Inferior, afloran riolitas y dacitas, mientras que en la *Formación Valle Chico*, de la misma edad, hay sienitas, microsienitas y pórfidos traquíticos. En la *Formación Arapey* afloran coladas de lavas de composición basáltica, intercaladas con areniscas de origen eólico (Fernando, P. *et al.* 1985).

Es posible que los hallazgos de zeolitas naturales en Uruguay no estén del todo descartados ni limitados, si sus rasgos petrológicos son comparados con los de la *Formación Corda*, en la *Cuenca de Parnaíba*, al noreste de Brasil, donde yacen areniscas de génesis sedimentaria y eólica, datadas con edad Mesozoico, que ocupan un área de más de mil kilómetros cuadrados, y con espesores superiores a los treinta metros (Rezende, N., 1997). En este depósito se han formado dos variedades de zeolitas, la estilbita y la laumontita, que cementan a las areniscas.

Se recomienda orientar los posibles estudios futuros según el modelo brasileño.

VENEZUELA:

En Venezuela no son comunes los yacimientos de zeolitas naturales, tampoco su uso es tan popular como sucede con otros países del área del Mar Caribe, como Cuba, que representa uno de los primeros iconos en la investigación tecnológica y aplicada de estos recursos.

A pesar de que la geología de la República Bolivariana de Venezuela promete hasta cierto punto la existencia de estos yacimientos, lo cierto es que hasta la fecha no se ha publicado ningún registro, informe o base de datos que lo consigne. Es posible que no se cuente aún con el conocimiento y se ignore los volúmenes de las posibles reservas.

Si se centra la atención solamente en las rocas de origen volcánico, incluyendo los volcanosedimentos, se deduce que los sitios más adecuados se localizan en el *Estado de Zulia*, específicamente en *El Totumo* y en el flanco oriental de la Sierra de Perijá. Su edad comprende desde el Paleozoico tardío al Triásico (González de Juana, C., 1951-b; González de Juana, *et al.* 1980) (Hackley, P. *et al.* 2006), y consisten en traquitas, riolitas, dacitas, basaltos, tobas brechosas y aglomerados, que ocasionalmente se hallan interdigitados con arcosas de origen volcánico. En las rocas que yacen en la periferia de *El Totumo*, hay evidencias de procesos metasomáticos y de actividad hidrotermal, responsables de la formación de productos secundarios como zeolitas, calcedonia, calcita y clorita, generalmente rellenando vesículas y amígdulas (Hackley, P. *et al.* 2006).

Se debe prestar especial atención a estos terrenos volcánicos, siguiendo el modelo de yacimiento hidrotermal, donde suelen formarse muchas variedades de zeolitas con valor tecnológico, como la mordenita.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, R.; Ruiz, T. y Quiroga, A. (2006). Hallazgo de zeolitas durante la prospección de boratos en Jancuyo, Departamento de Puno, Perú. *VIII Congreso de Mineralogía y Metalogenia*. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA). Pp. 17-20.
- Alvarado, F. (1997). Zeolitas: aplicaciones industriales y potencial en Costa Rica. Departamento de Ingeniería Geológica, ICE. Págs. 21.
- Aranzazu, M., Costafreda, J.L., Parra, J.L. y Martín, D.A. (2011). Aplicabilidad de las zeolitas como regulador de fraguado. *IX Jornadas Iberoamericanas de Materiales de Construcción*. Quito, Ecuador. Págs. 12.
- Cardona, G. (2007). Evaluación e inventario de indicios de zeolitas en Honduras. Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC) (Honduras) Pp. 17.
- Costafreda, J.L. (2008). Geología, caracterización y aplicaciones de las rocas zeolíticas del Complejo Volcánico de Cabo de Gata (Almería). *Tesis Doctoral*. Universidad Politécnica de Madrid. 515 pp.
- Denver, P. y Alvarado, F. (2007). Geological map of Costa Rica.
- Fernando, P., Spoturno, J., Heinzen, W. y Rossi, P. (1985). Memoria Explicativa de la Carta Geológica del Uruguay. Escala 1:500.000. Programa Cartografía Geológica del Uruguay. Ministerio de Industria y Energía. Dirección Nacional de Minería y Geología. 97 pp.
- González de Juana, C. (1951-b). Introducción al estudio de la geología en Venezuela. Capítulo III: las formaciones mesozoicas en Los Andes venezolanos y en la subcuenca del Lago de Maracaibo. Capítulo IV: El paleoceno en la subcuenca del Lago de Maracaibo. *Bol. Geol., Caracas*, 1(2): 195-216.
- González de Juana, C., Prurralde, J.M. y Picard, X. (1980). Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas. Ediciones Poninves. 1001 pp.
- Hackley, P., Urbani, F., Karlsen, W. y Garrity, C. (2006). Mapa Geológico de Venezuela a Escala 1:750.000. Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Universidad Central de Venezuela; Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas; U.S. Geological Survey.
- Mapa geológico de la República de Panamá (MICI) (1990). Ministerio de Comercio e Industrias.

- MGRD- Mapa geológico de la República Dominicana (2004). Consorcio IGME-BRGM-INYPSA. Cartografía Geotemática. Proyecto L-SO Julio 2002-Octubre 2004. 126 pp.
- Montes de Oca, I. y Carasco, R. (1997). Geografía y recursos naturales de Bolivia. 3^{ra}. Edición. La Paz. Bolivia. Edobol, 1997. Physical description. 614 pp.
- Núñez, Y. (2009). Estudio de una zeolita natural del tipo clinoptilolita activada y no activada y su actividad en la deshidratación de alcoholes. Universidad de Oriente. Núcleo de Sucre. Escuela de Ciencias. Departamento de Química. Venezuela. Pp. 73
- Palmieri, J. (1982-b). Mapa geológico del Paraguay. Texto explicativo. Programa de Naciones Unidas para el el Desarrollo. 86 pp.
- Palmieri, J. y Velázquez, J., (1982). Geología del Paraguay. Colección Apoyo a Cátedra. Serie Ciencias Naturales. 67 pp.
- Pentelényi, L. y Garcés, E. (1988). Informe del Levantamiento Geológico Complejo de la Región Noroeste de la Provincia Holguín, Cuba. Polígono IV CAME-Holguín. Ministerio de Industria Básica. 550 pp.
- Quiñónez, F. J. y Rosales, V. R. (2013). Evaluación física de muestras de materiales volcánicos de Guatemala para uso en la producción de aglomerantes. Eleventh LACCEL Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEL'2013) "Innovation in Engineering, Technology and Education for Competitiveness and Prosperity". August 14 - 16, 2013, Cancun, México. 2 pp.
- Rezende, N. (1997). Argilas nobres e zeolitas na bacia do Paranaíba. CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Série Diversos, N° 02. 53 pp.
- Rizo, F. (2015). Geografía de Nicaragua. *Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua*. Facultad Multidisciplinaria Regional de Matagalpa. 192 pp.
- Rose. W.I. (2004). Natural Hazards In El Salvador. The Geological Society Of America. Pp. 216 – 236.
- Vidinha, J.M., Rocha, F., Andrade, C. y Gomes, C. (1987). Mineralogical characterization of the fine fraction of the beach and dune sediments situated between Espinho and Torreira (Portugal). *A geostatistical approach. Cuaternario y Geomorfología*, 12 (3-4), pp. 49-56. ISSN: 0214-1744.
- Zamorano, J., Ramírez, T., Ortiz, M. y Hernández, J. (2000). Meseta de Boniato y graben de Santiago de Cuba: un enfoque geomorfológico de su desarrollo morfoestructural. *Invest. Geog.* N° 41, México, abr. 2000. ISSN 0188-4611.