

## OCURRENCIA DE YUGAWARALITA (ZEOLITA) EN COPEY DE DOTA, COSTA RICA

### YUGAWARALITE (ZEOLITE) OCCURRENCE IN COPEY DE DOTA, COSTA RICA

Luis G. Obando-Acuña<sup>1</sup> y Stephanie Murillo-Maikut<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Consultor independiente, San José, Costa Rica

<sup>2</sup>Universidad de Costa Rica, Escuela Centroamericana de Geología,  
San José, Costa Rica

\*Autor para contacto: [geol.lobando@gmail.com](mailto:geol.lobando@gmail.com)

(Recibido: 24/4/2019; aceptado: 16/9/2019)

**RESUMEN:** Se reporta por primera vez la presencia de la Yugawaralita ( $\text{Ca}[\text{A}_{12}\text{Si}_6]\text{O}_{16} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) en la zona de Copey de Dota, Costa Rica. La Yugawaralita es un mineral del grupo de las zeolitas, propio de fuentes termales, campos geotérmicos, complejos volcánicos básicos muy alterados, tanto piroclásticos como lavas, también se ha reportado como de origen metamórfico de contacto. El método de trabajo fue la geología de campo, petrografía microscópica y macroscópica, así como difracción de rayos X (XRD), dos de las muestras mostraron zeolitas, en los afloramientos CO89A y CO89C. El afloramiento CO89A, es una arenisca media, gris clara, muy deleznable, con detritos volcánoclasticos bien redondeados y con moderada a buena selección. Aquí la Yugawaralita se presenta como cemento englobando por completo los clastos. El afloramiento CO89C es una lava andesítica-basáltica alterada, con abundante zeolitización, que en ocasiones rellena vesículas. La paragénesis observada es Yugawaralita, Laumontita, Montmorillonita y Calcita. Esta mineralización es blanca masiva, pulverulenta y muy frágil. Debido a la paragénesis Yugawaralita + Laumontita, la ausencia de fuentes termales y la presencia de rocas altamente silicificadas producto del metamorfismo de las intrusiones con tendencia máfica entre Copey y Santa María de Dota, se infiere que las zeolitas son producto del metamorfismo de contacto asociado a la Facies de Zeolitas.

**Palabras clave:** Fuentes termales, complejos volcánicos básicos, metamorfismo de contacto, facies de zeolitas, Difracción de rayos X.

**ABSTRACT:** Yugawaralite ( $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16} \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ ) is reported for the first time in Costa Rica in the area of Copey de Dota. Yugawaralite belongs to the zeolite group, and can be found in hot springs, geothermal fields, strongly altered basic volcanic complexes (including pyroclasts and lavas), it has also been reported to be found in contact metamorphism settings. The work method included petrographic microscopy and macroscopy and X-ray diffractometry (XRD), two of the samples collected have zeolites, from the outcrops CO89A and CO89C. The CO89A outcrop has a light gray, well rounded, medium to well sorted, brittle, non-calcareous medium grained sandstones, with volcanoclastic fragments, in this outcrop the Yugawaralite occurs as cement surrounding the clasts. In the outcrop CO89C there is a severely weathered basaltic-andesitic lava, with abundant zeolites, which fill vesicles. The observed paragenesis is Yugawaralite, Laumontite, Montmorillonite and Calcite, all these minerals are mixed in white massive and brittle aggregates. The Yugawaralite + Laumontite paragenesis, the absence of thermal springs in the area, the presence of silicified rocks nearby due to contact metamorphism caused by mafic intrusions between Copey and Santa María de Dota, suggests a contact metamorphism origin for the zeolites, corresponding to the Zeolite Facies.

**Keywords:** Hot springs, basaltic volcanic complex, contact metamorphism, zeolite facies, X-ray diffraction.

## INTRODUCCIÓN

La Yugawaralita ( $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16} \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ ) en un mineral del Grupo de la Zeolitas (Coombs et al., 1997; Passaglia y Sheppard, 2001), descrito por primera vez por Sakurai y Hayashi (1952), en las fuentes termales de la localidad de Yugawara, Japón. La Yugawaralita, es un mineral del sistema monoclinico, incoloro, blanco o coloreado por impurezas, transparente a semitransparente, de lustre vítreo a perlado, raya blanca, iridiscente en la cara (010), con exfoliación imperfecta, fractura concooidal, de dureza 4,5-5, muy frágil, con densidad de 2,3, piezoeléctrica y piroeléctrica (Sakurai y Hayashi, 1952; Harada, Nagashima y Sakurai, 1969; Eberlein, Weber y Beatty, 1971). Microscópicamente es incolora, transparente, no pleocroica, biáxica (+ o -), su 2V está entre 48°-89°, con un ángulo de extinción entre 6° a 9°, tabular, secciones generalmente rectangulares, relieve negativo índice de refracción entre 1,492-1,504 (Anthony, Bideaux, Bladh, y Nichols, 2001; Eberlein et al., 1971; Harada et al., 1969).

## Ocurrencia

La Yugawaralita se encuentra en cavidades y vetillas, típica de áreas con actividad de fluidos hidrotermales ó campos geotérmicos (Kralj, 1997; Liou, De-Capitani y Frey, 1991; Sakurai y Hayashi, 1952), coexistiendo con Laumontita, Analcima, Wairakita, Estilbita y Albita (Sakurai y Hayashi, 1952). Reportada en complejos volcánicos muy alterados, tanto piroclásticos como lavas (Kralj, 1997; Passaglia y Sheppard, 2001), en Harzburgitas serpentinizadas (Duraiswami et al., 2014), y reportada como de origen metamórfico en la Facies de Zeolitas (Zeng y Liou, 1982; Houghton 1982; Liou *et al.*, 1991; Vattuone, Latorre y Leal, 2001; Vattuone, et al., 2006).

La Yugawaralita, se forma a temperaturas entre 150°-230°C, con una presión máxima de 0,5 Kbar (Liou et al., 1991; Leal, Vattuone y Latorre, 2011). Algunas zeolitas tales como Yugawaralita, Estilbita y Laumontita son restringidas a rocas altas en Ca/Na (Liou et al., 1991).

## Paragénesis

La Yugawaralita, típicamente se asocia con Laumontita, Calcita y Cuarzo, otras asociaciones reportadas comprenden la Estilbita, Heulandita, Stellerita, Wairakita y raramente con Modenita (Passaglia y Sheppard, 2001). Kol'tsova (2007), reporta la asociación Gyrolita, Okenita, Prehnita, Cuarzo, Calcita. A bajas presiones y con incremento de la temperatura, la Yugawaralita, Laumontita y Wairakita, reemplazan a la Estilbita (Liou et al., 1991). La ocurrencia de Yugawaralita, sugiere fluidos hidrotermales y metamorfismo de bajo grado (Zeng y Liou, 1982).

## Ocurrencia en Costa Rica

Zeledón (2004), indica que la presencia de yugawaralita no está confirmada en Costa Rica, reportándola en Guatíl de Acosta, específicamente en los basaltos de la Formación La Cruz (Zeledón (2004); aparece en geodas y vetillas, con la siguiente paragénesis: Cuarzo(cristobalita)+Estilbita+Yugawaralita(?), sugiere análisis de difracción de rayos X para su confirmación (Zeledón, 2004).

## METODOLOGÍA

Se realizó el trabajo de campo que involucra: cartografía geológica, recolección de muestras para análisis de petrografía (macro y microscopía) y análisis de difracción de rayos X (DRX ó XRD). La petrografía microscópica se preparó en la Escuela de Geología, siguiendo los métodos convencionales en la preparación de secciones delgadas. La preparación de las muestras para XRD, requirió secado de muestras, chancado, molienda y posterior tamizado a la malla 100

ASTM (diámetro 0,1490 mm), el análisis se realizó en la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica.

En lo que respecta a las zeolitas, la primera aproximación se realizó por microscopía óptica, este método es bueno para identificar texturas y en términos generales zeolitas pero no la especie mineral, esto debido a las limitantes propias del microscopio óptico, como son límites de aumentos, tamaño de los granos, variaciones del índice de refracción y mezclas minerales fuera de los límites ópticos (Eyde y Holmes, 2006). Una vez identificado el mineral se procedió a utilizar la técnica XRD, la cual tiene un alto grado de confiabilidad y de exactitud (Eyde y Holmes, 2006). Con este método se identifica la especie mineral y puede ser utilizado tanto para cristales individuales (monocristales) como para mezclas de otros minerales no zeolíticos (Eyde y Holmes, 2006; Klein y Hurlbut, 1997), los resultados se presentan en forma gráfica de intensidad vs ángulo de incidencia 2-theta (difractograma), siendo un método semicuantitativo. Este análisis difractométrico se realizó en un equipo para muestras policristalinas pulverizadas marca Bruker D8 Advance con fuente de cobre y la base de datos Power Diffraction File (PDF-2 2007), del International Centre for Diffraction Data (ICDD). Las fichas de referencia usadas son: 01-072-6835(I): Yugawaralita, 01-078-2287(N): Laumontita, 00-005-0586 (\*): Calcita, 00-003-0015(D): Montmorillonita (bentonita).

## UBICACIÓN DE AFLORAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS

La mineralización estudiada se localiza al este del poblado de Copey de Dota a lo largo de los caminos que conducen a fincas privadas y quebradas (Fig.1, afloramientos CO89C y CO89A, hoja topográfica Vueltas 1:50 000 IGNCR).

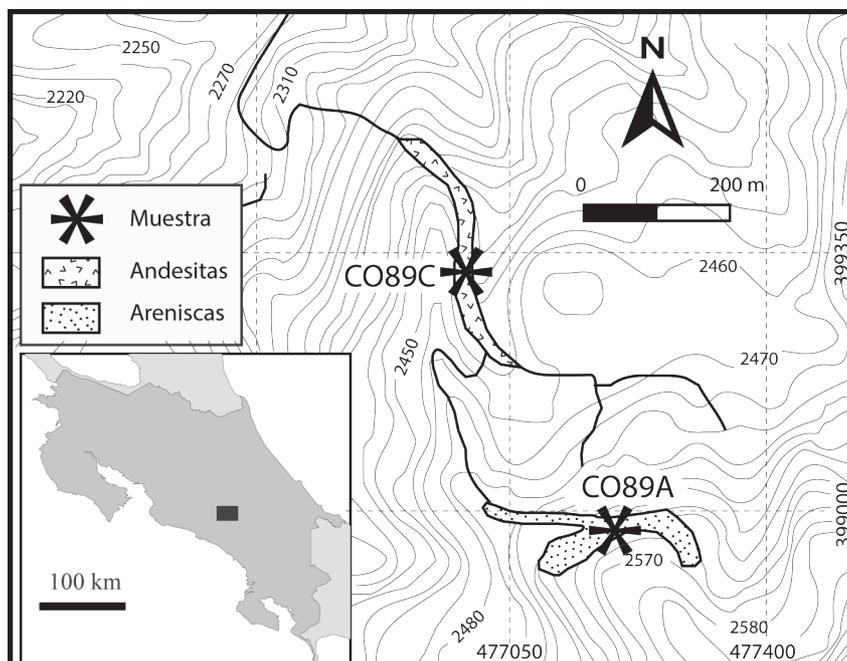


Fig. 1: Mapa de ubicación de las muestras recolectadas, la Yugawaralita se presenta en CO89A en areniscas con cemento ceolítico y en CO89C en lavas alteradas, aquí asociada a Laumontita + Calcita + Arcilla, rocas plutónicas se encuentran fuera del área aquí representada. Coordenadas Lambert norte, parte de la Hoja Vueltas, 1:50 000 IGNCR.

## CARACTERÍSTICAS DE LA MINERALIZACIÓN

### Muestra: CO89A

Coordenadas: 477190,16 / 398976,73, Lambert Norte, Hoja Vueltas (IGNCR).

Afloramiento a lo largo del camino y en parte de las laderas (Figs. 1 y 2: a y b), compuesto por: areniscas medias no calcáreas, gris claras, muy deleznales, volcanoclásticas, con granos bien redondeados, elongados y con moderada a buena selección (Fig.2: d y Fig.3: a y b), localmente presenta colores verdosos. El afloramiento se observa alterado con parches varicolores sin alteración visible, presenta laminación paralela

milimétrica planar y vetillas milimétricas de zeolitas (Fig. 2: a y b). Las areniscas se inclinan al N30°W con 40°. No es claro a que unidad geológica pertenecen, sin embargo por sus características, probablemente son parte de facies someras marinas de la Formación Coris, de edad Mioceno Medio-Superior.

La Yugawaralita es blanca, microscópicamente es incolora, de aspecto turbio, con formas elongadas y de tendencia rectangular hipidiomórfica hasta xenomórfica (Fig. 3: c y d). La zeolitización ocurre como cemento (Fig. 3: c,d,e y f) rodeando clastos de augita y detritos volcánicos, bien redondeados en su mayoría, de formas elongadas y discoidales (Fig. 3: a,b y e). El patrón de difracción de rayos X de la Yugawaralita se muestra en la figura 4.

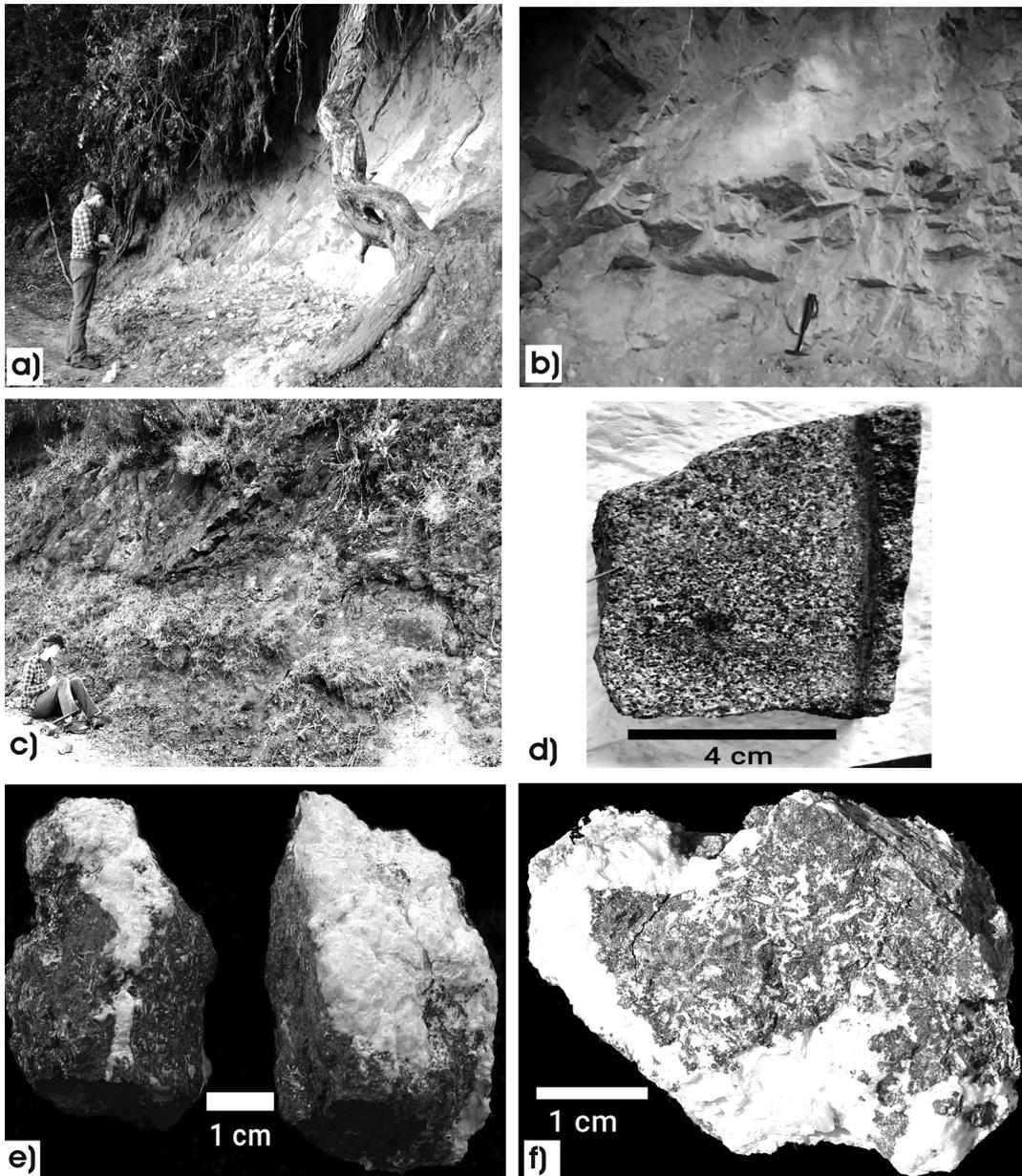


Fig. 2: Afloramientos de zeolitas. a y b) Afloramiento CO89A, areniscas de aspecto pulverulento y deleznales, c) Afloramiento CO89C, lavas andesitas porfíricas alteradas, d) arenisca con cemento ceolítico (puntos blanquecinos), afloramiento CO89A, e y f) zeolitización del afloramiento CO89C.

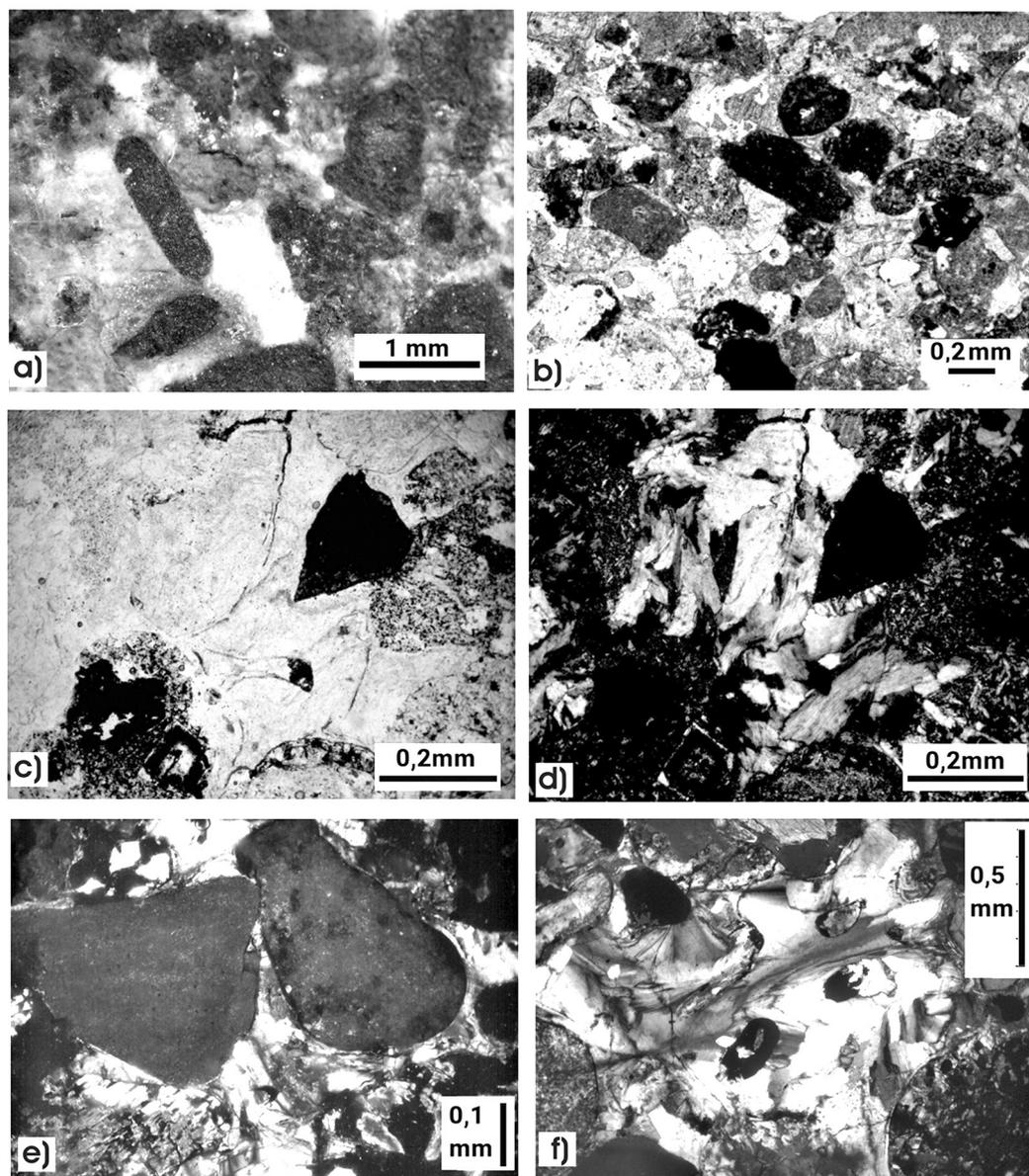


Fig. 3: Muestra CO-89A . Arenisca con cemento ceolítico, a y b) granos bien redondeados y elongados por lo general englobados en yugawaralita, c) Yugawaralita al microscopio petrográfico, nótese el aspecto turbio, (nícoles paralelos), d) Yugawaralita al microscopio petrográfico, nótese los granos, con tendencia alargada rectangular hipidiomórfica (nícoles cruzados), e) Yugawaralita como cemento, rodeando clastos volcánicoclásticos alterados y bien redondeados, f) Aspecto del cemento de Yugawaralita xenomórfica.

**Muestra: CO89C**

Coordenadas: 476985,98/399320,59, Lambert Norte, Hoja Vueltas (IGNCR).

Afloramiento continuo a lo largo del camino en ascenso (Figs. 1 y 2c), compuesto por lavas andesita-basálticas porfíricas, alteradas. Se observan fenocristales de plagioclasa arcillitizados, arcillas verdosas y óxidos de hierro con abundante zeolitización, las cuales pueden rellenar vesículas. Este afloramiento se correlaciona con la Formación Aguacate, de edad Plio-Pleistoceno.

La Yugawaralita y Laumontita, se encuentran mezcladas, son blancas masivas, pulverulentas y muy frágiles (Fig. 2: e y f). La difracción mostró la paragénesis Yugawaralita, Laumontita, Montmorillonita y Calcita (Fig. 5).

**DISCUSIÓN**

La literatura reporta a la Yugawaralita como originaria de fuentes termales (*hot springs*) (Sakurai y Hayashi, 1952; entre otros), así como en depósitos volcánicos tipo piroclastos y lavas intermedias (Kralj, 1997; entre otros) y harzburgitas serpentinizadas que quizás tengan una influencia hidrotermal (Duraiswami et al., 2014), pero también se asocia a las facies de Zeolitas correspondiente al metamorfismo de muy bajo grado (Zeng y Liou, 1982, Houghton, 1982, entre otros).

Como se observa en la petrografía óptica (Figs. 2 y 3) y los análisis de difracción de rayos-X (Figs. 4 y 5), las zeolitas son abundantes y la yugawaralita tiene un buen marcador en los difractogramas (intensidades en los valores

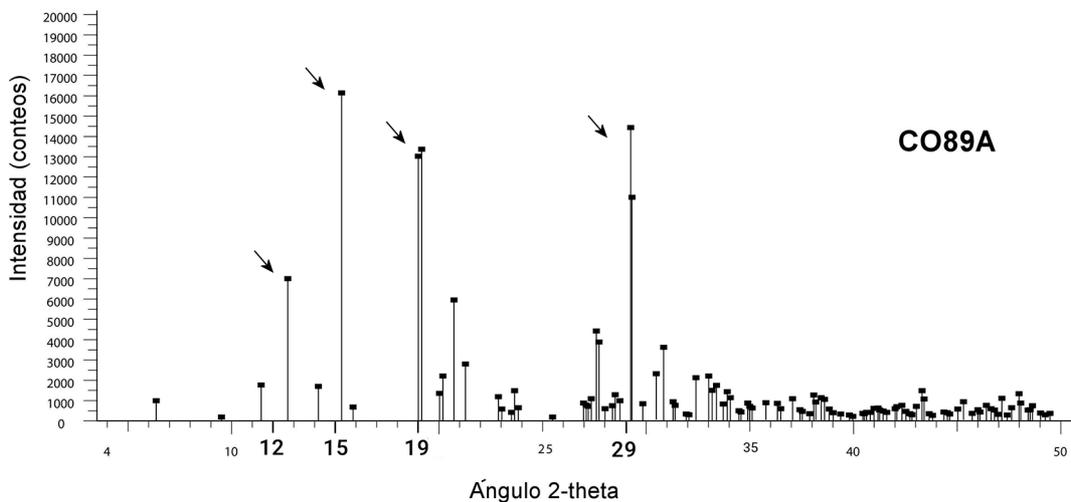


Fig. 4: Patrón de difracción de rayos X (XRD), muestra CO89A. Patrón de la yugawaralita sin el fondo. Los picos de intensidades importantes se localizan alrededor de los 12°, 15°, 19° y 29°.

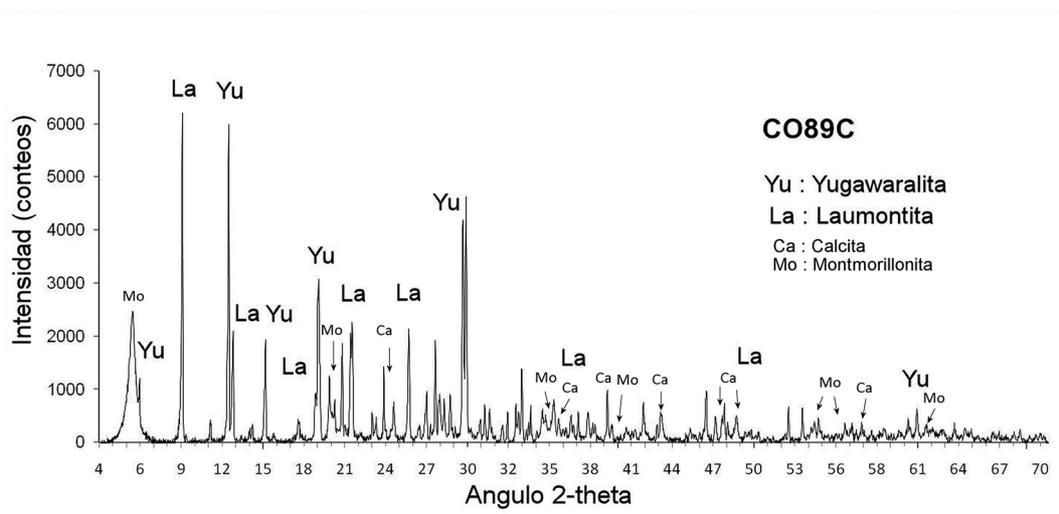


Fig. 5: Patrón de difracción de rayos X (XRD), muestra CO89C. Patrón general de la Yugawaralita, Laumontita asociada a Calcita y Montmorillonita y el fondo.

$2\theta$  alrededor de los  $12^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $19^\circ$ ,  $29^\circ$ ). Respecto a la paragénesis, en la muestra CO89C se presenta Yugawaralita + Laumontita + Montmorillonita + Calcita, en donde la asociación Yugawaralita + Laumontita (Fig. 5) puede ser explicada cuando, en presencia de sílice, la laumontita produce Yugawaralita (Houghton, 1982:16). Ahora bien, para el área de Copey de Dota, no se han reportado fuentes termales recientes, pero el trabajo de campo ha mostrado rocas altamente silicificadas producto del metamorfismo de las intrusiones con tendencia máfica (monzogabros) entre Copey y Santa María de Dota (Obando, 2011), estas últimas fuera del área estudiada, aproximadamente a 7 km al oeste, el metamorfismo de contacto explicaría la asociación Yugawaralita + Laumontita.

## CONCLUSIÓN

Se reporta por primera vez, afloramientos de zeolitas con la asociación Yugawaralita, Laumontita, Montmorillonita, Calcita, en Copey

de Dota, Costa Rica. Para el caso específico de Copey de Dota, se considera que la paragénesis Yugawaralita y Laumontita, se asocia a la facies de Zeolitas, siendo esta paragénesis producto del metamorfismo de contacto.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Vicerrectoría de Investigación por la financiación del Proyecto 113-B3-114. Asimismo a M.Sc. Geraldine Conejo por los análisis de XRD y sus valiosas discusiones al respecto. A todas aquellas personas que de un modo o de otro ayudaron con la realización de este trabajo.

## REFERENCIAS

Anthony, J., Bideaux, R., Bladh, K. y Monte, C. (eds.). (2001). *Yugawaralite* (Handbook of Mineralogy). Recuperado de <http://>

- www.handbookofmineralogy.org/pdfs/yugawaralite.pdf
- Geology and Geophysics, 25(1), 1-19. doi: 10.1080/00288306.1982.10422502
- Coombs, D., Alberti, A., Armbruster, T., Artioli, G., Colella, C., Galli, E., Grice, J., ... Vezzalini, G. (1997). Recommended nomenclature for zeolite minerals: report of the Subcommittee on Zeolites of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names. *The Canadian Mineralogist*, 35, 1571-1606.
- Duraiswami R., Karmalkar, N., Kale, M., Sarkar, P., Shaikh, T. y Jonnalagadda, M. (2014). Pumpellyite-Yugawaralite aggregates in serpentinitised harzburgite near Hanle, Nidar Ophiolite Belt, Ladakh Trans-Himalaya, India and their significance. *Himalayan Geology*, 35(1), 22-30.
- Eberlein, G., Weber, F. y Beatty, L. (1971). New occurrence of Yugawaralite from the Chena hot springs area, Alaska. *The American Mineralogist*, 56, 1599-1717.
- Eyde T., Holmes, D. (2006). Zeolites. En J. E. Kogel, N. C. Trivedi, J. M. Barker y S. T. Krukowski (eds), *Industrial mineral & rocks: commodities, markets and uses* (7a ed., pp. 1039-1064). Colorado: Society for Mining, Metallurgy and Exploration Inc., 1548 págs.
- Harada, K., Nagashima, K. y Sakurai, K. (1969). Chemical composition and optical properties of yugawaralite from the type locality. *American Mineralogist*, 54, 306-309.
- Houghton, B. (1982). Low-grade metamorphism of the Takitimu Group, western Southland, New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 25(1), 1-19. doi: 10.1080/00288306.1982.10422502
- Klein, C. y Hurlbut, C. (1997). *Manual de Mineralogía* (4ta ed.). Barcelona: Reverté.
- Obando, L. G. (2011). Estratigrafía y tectónica de la parte noreste de la hoja Dota (1:50 000), Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, 44, 71-82. doi: 10.15517/rigac.v0i44.3446
- Passaglia, E. y Sheppard, R. (2001). The Crystal Chemistry of Zeolites. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 45(1), 69-116. doi:10.2138/rmg.2001.45.2
- Kralj, P. (1997). Zeolites in the Smrekovec volcanoclastic rocks, northern Slovenia. *Geologija*, 40, 247-281. doi:10.5474/geologija.1997.012
- Kol'tsova, T. (2007). Crystal Structures of Zeolites with the General Formula  $\text{CaAl}_2\text{Si}_6\text{O}_{16} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . *Inorganic Materials*, 43(6), 651-659.
- Leal, P., Vattuone, M. y Latorre, C. (2011). Zeolite assemblages from northern Patagonian Andes, Argentina: A review. *Revista Mexicana de Ciencia Geológicas*, 28(2), 212-225.
- Liou, J., de-Capitani, C. y Martin, F. (1991). Zeolite equilibria in the system  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\text{SiO}_2\text{H}_2\text{O}$ . *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 34(3), 293-301. doi: 10.1080/00288306.1991.9514467
- Sakurai, K. y Hayashi, A. (1952). "Yugawaralite", a new zeolite. *Science Reports of the Yokohama National University*, 1, 69-77.

- Vattuone, M., Latorre, C. y Leal, P. (2006). Mineralogía y paragénesis de dachiardita cálcica en rocas volcánicas cretácicas ceolitizadas. Esquel, Chubut, Patagonia Argentina. *Revista Geológica de Chile*, 33(1), 161-176. doi:<http://dx.doi.org/10.5027/andgeoV33n1-a07>
- Vattuone, M., Latorre, C. y Leal, P. (2001). Procesos de formación de paragénesis ceolíticas en el metamorfismo de muy bajo grado en las volcanitas paleógenas al sur de Confluencia, Neuquén, República Argentina. *Revista Geológica de Chile*, 28(2), 209-228.
- Zeledón, L. (2004.) Zeolitas del Valle Central de Costa Rica y sus alrededores. *Revista Geológica de América Central*, 31, 67-80. doi: 10.15517/rgac.v0i31.7247
- Zeng, Y. y Liou, J. (1982). Experimental investigation of yugawaralite-wairakite equilibrium. *American Mineralogist*, 67, 937-943.

