

# GEOQUÍMICA DE TIERRAS RARAS EN PIEZAS ARQUEOLÓGICAS DE TRAVERTINO Y SU RESPUESTA POR RESONANCIA ELECTRO-PARAMAGNÉTICA (EPR)

Jasinto ROBLES-CAMACHO<sup>1</sup>, Ricardo SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ<sup>1</sup> y Roberto SCOTTI<sup>2</sup>

*1 Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2 Università degli Studi di Milano-Bicocca.*

[jasinto\\_robles@yahoo.com](mailto:jasinto_robles@yahoo.com), [jadeita@hotmail.com](mailto:jadeita@hotmail.com), [roberto.scotti@mater.unimib.it](mailto:roberto.scotti@mater.unimib.it)

## RESUMEN

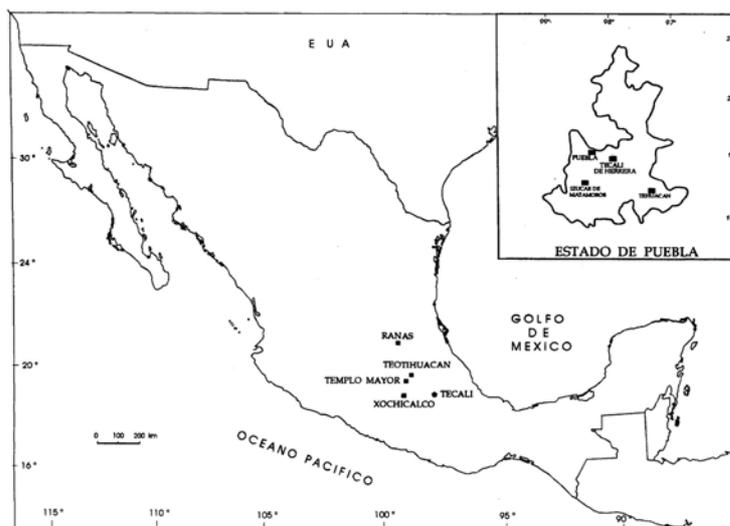
La integración de los resultados geoquímicos de tierras raras (REE) y espectroscopía por resonancia electro-paramagnética (EPR) aplicados al estudio de piezas arqueológicas de travertino (tecali), ha permitido identificar características que son de utilidad para determinar las fuentes geológicas del travertino de piezas procedentes de los sitios arqueológicos: Teotihuacan (Edo. de México), Templo Mayor (México D. F.), Xochicalco (Morelos) y Ranas (Querétaro), analizadas en la presente investigación. Los patrones obtenidos fueron comparados con muestras de travertino de diferentes yacimientos localizados en los estados de Puebla y Oaxaca, entre ellos el de Tecali de Herrera, Puebla, considerado como la fuente de materia prima más importante durante la época prehispánica. Los resultados indican que los yacimientos de Tecali de Herrera no fueron la única fuente de materia prima de travertino, pero sí fue de importancia por la distribución regional que alcanzó en Mesoamérica.

**Palabras clave:** *travertino, tecali, tierras raras, resonancia electro-paramagnética*

## INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de una metodología que permita hacer la caracterización mineral y química de diferentes materiales geológicos encontrados en contextos arqueológicos, se han estudiado rocas y minerales de diferente origen (ígneo, sedimentario y metamórfico). Para los estudios mineralógicos se

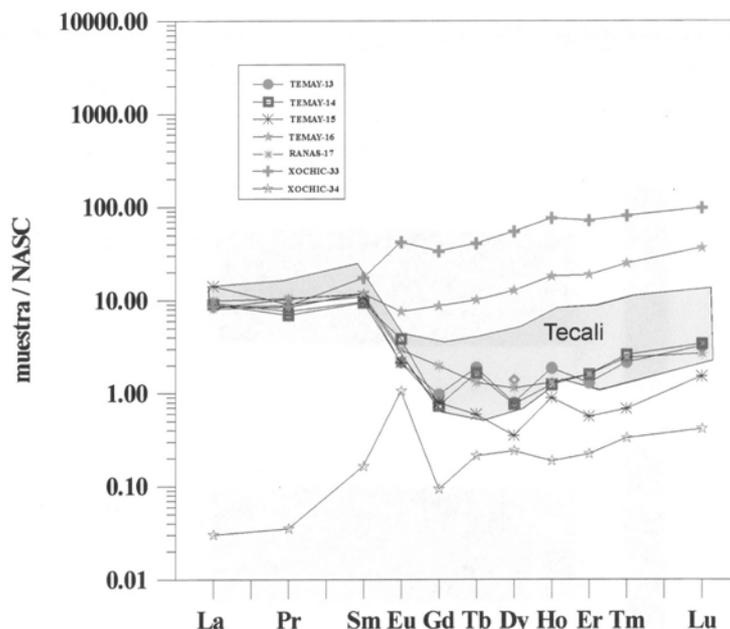
han aplicado: petrografía (PTG), minerografía (MNG), difracción de rayos-X (DRX), espectroscopia infrarroja de reflexión (EIRR) (Robles-Camacho y Sánchez-Hernández, 2004) y para análisis geoquímico e isotópico, fluorescencia de rayos-X (FRX), espectrometría de masas por emisión de un plasma (ICP-MS), así como espectrometría de masas por ionización térmica (Robles *et al.*, 2000; Robles-Camacho *et al.*, 2002; Robles-Camacho, 2006). Específicamente en el caso del travertino prehispánico, denominado “tecali” entre los estudiosos de las culturas mesoamericanas, se ha reconocido su importancia por su carácter de material precioso (iztacchalchihuitl) utilizado en la elaboración de objetos de estatus o prestigio y de carácter ritual que se han encontrado en sitios ocupados por las principales culturas, como son la mixteca, maya, teotihuacana, purépecha y las que se asentaron en región costera del Golfo de México, y su uso se mantuvo durante la época de la Colonia (De la Maza, 1966; Humboldt, 1973; Clavijero, 1982; Sahagún, 1985) hasta la actualidad. Las piezas arqueológicas de travertino incluidas en esta investigación provienen de un número limitado de sitios (Teotihuacan, Xochicalco, Ranas y Templo Mayor de Tenochtitlan), ubicados en el centro de México (Figura 1), pero que cronológicamente abarcan desde el Preclásico Tardío (400 a.C a 200 d.C.) hasta el Posclásico Tardío (1200 a 1521 d.C.), lo que da idea de la permanencia en el uso de este material por parte de diferentes grupos culturales mesoamericanos.



**Figura 1.** Localización del yacimiento de travertino de Tecali de Herrera, Puebla y de los sitios arqueológicos de donde se obtuvieron muestras de travertino para los análisis (Robles-Camacho *et al.*, 2004).

## ANÁLISIS Y RESULTADOS

En un primer intento la caracterización textural y mineral de los travertinos arqueológicos se hizo por medio de técnicas empleadas tradicionalmente en el campo de la petrología (Jiménez-Salas *et al.*, 2000), cuyas limitantes llevaron a la utilización de otras técnicas, nuevas en el campo de la arqueometría, como la espectrometría de masas por emisión de un plasma (ICP-MS), por medio de la cual se midieron series de los lantánidos en travertinos. Los valores obtenidos fueron normalizados con el estándar NASC-*North American Shale Composite* para su graficado e interpretación. Los diagramas obtenidos permitieron agrupar muestras de yacimiento específicos y compararlos con las respuestas geoquímicas de las piezas arqueológicas (Figura 2). Este intento permitió hacer una primera aproximación acerca de las fuentes de materia prima, basada en el uso de los lantánidos, por su estabilidad mostrada ante eventos hidrotermales (Robles-Camacho *et al.*, 2004; Robles-Camacho *et al.*, 2006, en prensa). Aunque es evidente que las tierras raras conservan concentraciones y tendencias de las rocas madre (calizas), lo cual complica la interpretación de los resultados debido a la gran cantidad de rocas de este tipo presentes en el territorio nacional, sin embargo para que la comparación fuera práctica y útil, el trabajo se ha enfocado a la exploración de sitios referidos históricamente como fuente de materia prima prehispánica o colonial de travertino. Finalmente, con la idea de lograr la certificación de los resultados obtenidos, se realizaron pruebas de resonancia electro-paramagnética en las mismas muestras y se encontró que los espectros de las piezas arqueológicas presentan tendencias que pueden ser comparables con las de los lantánidos. Hasta este punto de la investigación, se ha visto que la integración de ambas técnicas puede considerarse adecuada para la certificación de fuentes de materia prima de travertinos arqueológicos en Mesoamérica.



**Figura 2.** Configuración de las tierras raras (REE) de piezas arqueológicas de los sitios Templo Mayor (TEMAY), Xochicalco (XOCHI) y Ranas. Normalización de REE a NASC, comparadas con el dominio del travertino de los yacimientos de Tecali de Herrera, Puebla (Robles-Camacho *et al.*, 2006).

## CONCLUSIONES

Las concentraciones de tierras raras en los travertinos pueden ser normalizadas para obtener configuraciones representativas de diferentes yacimientos e igualmente de piezas arqueológicas. La respuesta por EPR da espectros que pueden ser comparados sistemáticamente con las respuestas de REE, por lo cual es posible considerar estas técnicas como complementarias y de utilidad y aplicación confiable con fines arqueométricos.

## BIBLIOGRAFÍA

Clavijero, F. J., 1982. Historia de México, Porrúa, S. A.

De la Maza, F., 1966. El alabastro en el arte colonial de México. Departamento de Monumentos Coloniales, INAH. México.

Humboldt, A. Von, 1973. Ensayo político sobre el Reino de La Nueva España. México, Porrúa, S. A.

Jiménez-Salas, O. H., Sánchez-Hernández, R. y Robles-Camacho, J., 2000. El Tecali, un tipo de travertino: petrografía y uso arqueológico. *Arqueología*, Vol. 24, julio-diciembre (2000) 129-143.

Robles, J., Köhler, H. y Schaaf, P., 2000. Sr- und Nd- Isotopen signaturen archaeologischer serpentinite der mesoamerikanischen Olmekenkultur. *Resúmenes 17. Geowissenschaftliches Lateinamerika-Kolloquium*, 11-13 de octubre 2000 (Stuttgart, Alemania) pp. 57.

Robles-Camacho J., 2006. Uso de técnicas petrológicas para identificar la procedencia de la materia prima de piezas arqueológicas del sitio olmeca de La Merced, elaboradas con serpentinita. Tesis Doctoral. Instituto de Geofísica-UNAM, 187 p.

Robles-Camacho, J. y Sánchez-Hernández, R., 2004. Mineralogical characterization and raw materials provenance of some archaeological masks from Mexico. *Applied Mineralogy. Development in Science and Technology. International Council for Applied Mineralogy do Brasil, ICAM-BR, Vol. 1 (2004), pp. 371-37.*

Robles-Camacho, J., Sánchez-Hernández, R., Jiménez-Salas, O.H. y Morton-Bermea, O., 2006. Caracterización geoquímica de travertino y su comparación con la respuesta química de tecali arqueológico. *Coordinación Nacional de Arqueología (en prensa).*

Robles-Camacho, J., Köhler, H., Schaaf, P. y Sánchez-Hernández, R., 2002. Referencias isotópicas y patrones geoquímicos de un lote de serpentinitas arqueológicas del sitio olmeca de La Merced, Veracruz, México. *III Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra*, noviembre (Puerto Vallarta, Jal.).

Robles-Camacho, J., Sánchez-Hernández, R. y Jiménez-Salas, O. H., 2004. Geochemical characterization of Mesoamerican travertine (tecali) and approach to their material provenance. *32<sup>th</sup> International Geological Congress*. Florencia, Italia (20-28 August).

Sahagún, F. B., 1985. *Historia general de las cosas de La Nueva España*. México, Porrúa, S. A.