

INVENTARIO DE CANTERAS EN EL DISTRITO MINERO DE GUANAJUATO

Archila Medina, Nidia Amparo (1), Puy Y Alquiza, María Jesús (2)

1 [Geología, Universidad Industrial de Santander] | [nidiarchila@gmail.com]

2 [Departamento de Minas, Metalurgia y Geología, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | [yosune.puy155@gmail.com]

Resumen

Las construcciones monumentales de la Ciudad Histórica de Guanajuato y Minas Adyacentes, declaradas Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 1988, tienen un elemento en común: la roca extraída de sus canteras adyacentes. El objetivo de la investigación consiste en realizar un Inventario de Canteras en el Distrito Minero de Guanajuato que registre información sobre la ubicación de dichas canteras, actividad de extracción, tipo de material, caracterización macroscópica y microscópica de sus componentes y los usos sugeridos para proyectos de restauración arquitectónica. Para tal fin se localizaron veintitrés canteras y se recolectaron muestras de cada una de ellas en seis localidades del Distrito Minero de Guanajuato; se efectuó etiquetado, cortes cúbicos, láminas delgadas y difracción de rayos-x. Se generó una base de datos que incluye: Mapa de localización, análisis petrográfico y mineralógico, (fases mineralógicas), estado actual, usos y catálogo fotográfico. Con los resultados obtenidos del inventario, se realizó un estudio de caso para determinar la compatibilidad entre los materiales de cantera y los materiales de un edificio de la Ciudad de Guanajuato, identificando así, la fuente del material utilizado en los exteriores de esta edificación.

Abstract

The monumental constructions in the historic city of Guanajuato and adjacent mines (UNESCO World Heritage Site, 1988) have one element in common: the rock extracted from its adjacent quarries. The objective of this research is to perform an inventory of quarries in the mining district of Guanajuato to record information about the location of quarries, extraction activity, type of material, macroscopic and microscopic characterization of its components and for this purpose, twenty-three quarries were located and samples were collected from each one in six localities of the mining district of Guanajuato; labeling, cubic cuts, thin films and x-ray diffraction were performed. A database was generated that includes: map of location, petrographic and mineralogical analysis (mineralogical phases), current state, uses and photographic catalog. With the results obtained from the inventory, a case study was carried out to determine the compatibility between the quarry materials and the materials of a building in the city of Guanajuato, in order to identify the source of the material used in the exteriors of this building.

Palabras Clave

Georecursos; Difracción de rayos-x; Restauración Arquitectónica; Base de datos.

INTRODUCCIÓN

La historia geológica de Guanajuato, reconstruida a partir de sus rocas, ha podido interpretarse hasta 208 Ma atrás, con base en la división de provincias fisiográficas del INEGI (1991). [1] Particularmente, La sierra de Guanajuato, se encuentra dotada de diversos georecursos, lo que le ha dado a la Ciudad una vocación por naturaleza minera. Minerales metálicos como la plata y el oro, pero también minerales no metálicos como la Cantera han sido históricamente promotores de la economía y de la configuración de los elementos urbanos de la ciudad, los cuales por factores ambientales se encuentran sujetos al deterioro progresivo.

Cantera

Cantera debe considerarse como un yacimiento mineral no metálico, ya que su composición química demuestra estar constituido casi en su totalidad por elementos y minerales no metálicos y tan sólo insignificantes trazas de algunos elementos metálicos no económicamente explotables. El producto de su extracción, corresponde a un agregado natural de minerales (roca) de igual o diferente composición química; unidos por fuerzas fuertes y permanentes (material consolidado), lo cual le otorga suficiente consistencia para presentarse como una masa compacta de semiduros a duros. El campo de aplicación del material de cantera dentro de la industria de la construcción, comprende su utilización como delantal protector en diques, cortinas y demás obras hidráulicas, para mampostería, recubrimientos de fachadas, de edificios y residencias, en la fabricación de pisos y adoquines, para fabricar grava, arena, etc.[2]

Aspectos geológicos

La Sierra de Guanajuato se localiza a lo largo del límite sur de la Mesa Central y forma parte del Terreno Compuesto Guerrero (Centeno-García et al., 2008). Sus rocas han sido divididas en dos grupos litológicos de acuerdo con Aranda-Gómez, et al. (2003): (1) El complejo basal del Jurásico Superior-Cretácico Inferior y (2) la cubierta

vulcano-sedimentaria del Cenozoico. [3] La litoestratigrafía que aflora en el DMG y que se encuentra asociada a los depósitos de cantera, corresponden a la Formación Losero [4], Formación Conglomerado de Guanajuato [5], Rolitas de Campuzano, Areniscas de Calderones y Tobas de La Bufa.

Arquitectura de Guanajuato

La arquitectura y los elementos ornamentales de los edificios barrocos y neoclásicos de la ciudad, tales como La Universidad de Guanajuato, El Teatro Juárez, Museo Regional de Guanajuato Alhóndiga de Granaditas, Monumento El Pípila, Mercado Hidalgo, Templo de Belén [6], Templo de la Compañía de Jesús, Templo de San Diego, Templo de Mineral de Cata, Templo de San Cayetano Confesor o de La Valenciana, , Iglesia de San Francisco, Basílica de Nuestra señora de Guanajuato entre otros, construidos a raíz de la prosperidad de las minas, ejercieron una influencia considerable en las construcciones de una gran parte del centro de México. [7] La abundancia de excelente material, obtenido desde los cerros propios de la ciudad favoreció el estilo arquitectónico. Efectos como la corrosión, descamación, exfoliación, líquenes y formación de grietas, corresponde a una patología del deterioro progresivo de diferentes edificaciones de corte colonial de la ciudad de Guanajuato. [8] Se requieren por consiguiente procesos oportunos de conservación y restauración del patrimonio cultural para salvaguardar tanto los valores culturales, así como los materiales físicos que los conforman. [9]

Teniendo en cuenta que los bancos de materiales que se encuentran actualmente en la Sierra de Guanajuato representan la fuente principal de materia prima para la realización de intervenciones relacionadas con la restauración y conservación del Patrimonio Arquitectónico de la Ciudad y aprovechando la existencia tanto del Laboratorio de Petrología-UG así como del Laboratorio de Investigación y Caracterización de Minerales y Materiales LICAMM -UG, el presente trabajo está orientado, a falta de su existencia, a la realización de un Inventario de Canteras en el Distrito Minero de Guanajuato (DMG) constituido por una base de datos con el registro de la información sobre la localización, tipo de material, estado actual y

determinación de las fases mineralógicas de sus materiales aplicando el método DRX-Difracción de rayos-x y, su aplicabilidad, realizando una prueba piloto con materiales de un elemento arquitectónico del Templo Belén, a fin de buscar la compatibilidad o no, del registro del material de cantera con el material del monumento.

MATERIALES Y MÉTODOS

ETAPA 1: Localización y muestreo de canteras.

Se realiza una serie de salidas a campo recorriendo el área de referencia para localizar las canteras, su estado (activo e inactivo), es decir, aquellas que muestren o no, evidencia de actividad de extracción y/o explotación. Una vez identificados los bancos de materiales se efectúa el registro las coordenadas en el sistema UTM (Universal Transverse Mercator) con GPS (Global Position System) marca GARMIN eTerx y se procede a tomar las respectivas muestras *in situ* del material lítico.

ETAPA 2: Preparación y análisis de muestras.

Se elaboran láminas delgadas de las 23 muestras con el fin de ser analizadas en microscopio petrográfico-minerográfico OLYMPUS BX5. La clasificación de las rocas se indica bajo criterios de Folk et al., 1970 para rocas sedimentarias-areniscas, Diagrama QAPF de Streckeisen, 1979 para las rocas ígneas volcánicas. [10]

Se ejecuta corte en cubos empleando la cortadora TARGET y se procede a etiquetar cada una de las muestras con un código asociado a su localidad.

Se realiza pulverizado de las muestras en mortero de ágata hasta malla 230 (polvo microcristalino) para aplicar la técnica de Difracción de rayos-x (DRX) en Difractómetro Rigaku-ULTIMA IV empleando el software JADE y base de datos ICDD.

ETAPA 3: Integración de la información.

Elaboración de los formatos y registro de la información en hojas de cálculo utilizando la aplicación Microsoft Excel.

ETAPA 4: Caso de Estudio: Templo Belén.

Como prueba piloto, se realiza un análisis comparativo de fases mineralógicas, entre El inventario de canteras del DMG y el material

constituyente de la pared de la entrada al atrio anterior a la fachada principal del Templo Belén

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se localizaron un total de 23 canteras y se tomaron muestras de cada una de ellas, en 6 diferentes localidades del DMG. (IMAGEN 1) La muestra M-1, corresponde a la localidad La Cantera; CAM-1, CAM-6, CAM-7, CAM-8 de Campuzano; CAL-1, CAL-2, CAL-3, CAL-6, CAL-7 de Calderones; B-1, B-1L, B-2, B-3 de La Bufa; CON-GTO de Fm. Conglomerado de Guanajuato; Los morados, La veta, Coletto, Blanquito, Mojeyón, El Verde, La Perla, La Cema (nombres informales, denominados así por los canteros locales [9]) del Fm. Losero

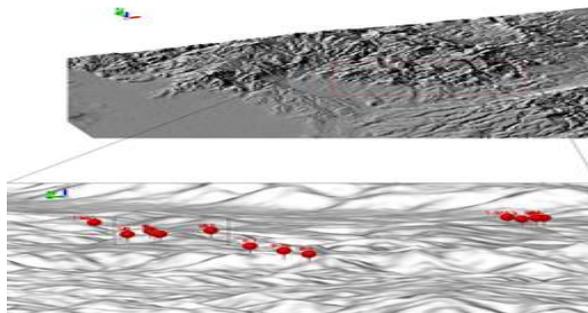


IMAGEN 1: Mapa de localización de Canteras en el DMG

El análisis petrográfico indica que las rocas sedimentarias de la localidad Calderones corresponde a litarenitas y para la localidad Losero son arcosas líticas, litarenitas feldespáticas y litarenitas. Las rocas ígneas-volcánicas tanto de la localidad Campuzano, así como la de La Cantera corresponden a riolitas. Las rocas ígneas piroclásticas de la localidad La Bufa indican una Riolita tobácea. (IMAGEN 2)

Análisis petrográfico (Microscopía óptica)						
Localidad	Código de muestra	Color	Composición Mineralógica	Tipo de Roca	Clasificación	Diagrama ternario
Calderones	CAL-1	Verde	PLAGIOCLASA, FELDESPATOS, Qz, LITICOS VOLCANICOS, CLORITA(?)	Sedimentaria	Litarenita	

IMAGEN 2: Análisis petrográfico del material de cantera en el DMG-CAL-1/Localidad Calderones

Se genera un Banco de 23 láminas delgadas para futuras interpretaciones petrográficas y un banco de cubos, este último de dimensiones 3cmx3cmx3cm, 4cmx4cmx4cm y 5cmx5cmx5cm de cada una de las muestras para posteriores estudios de aplicabilidad de test físicos (Capilaridad de absorción de agua, Densidad real y aparente y, porosidad total) y test mecánicos (resistencia a la compresión uniaxial y test de durabilidad) (IMAGEN 3)



IMAGEN 3: Banco de láminas del material de Canteras (arriba). Banco de Cubos del material de Canteras (abajo).

El análisis mineralógico (IMAGEN 4) indica las fases mineralógicas reflejadas en los difractogramas y los usos arquitectónicos sugeridos para 23 muestras de cada una de las canteras las ubicadas en las 6 localidades de estudio en el DMG.

Según las fases mineralógicas reflejadas en los difractogramas sugieren los siguientes usos arquitectónicos: localidad Losero, Calderones, La Bufa y Conglomerado de Guanajuato usos interiores debido a la presencia de arcillas y material semiduro; Campuzano y La Cantera, usos exteriores ya que corresponde a un material bien consolidado.

Análisis Mineralógico (DRX)					
Localidad	Código de muestra		Fases mineralógicas	Usos arquitectónicos	Difractograma
	CAMPO	DRX			
La Bufa	B-3	M3-BUFA	Cuarzo, Mordenita, Sanidina, Moscovita	Interiores Decorativos	

IMAGEN 4: Análisis mineralógico del material de cantera en el DMG-B-3/Localidad La Bufa

La caracterización del material y la información de cada una de las canteras del DMG, se encuentra registrada en una base de datos [*] que contempla las siguientes variables: Localidad, código de muestra, coordenadas, estado actual, unidad geológica, el análisis petrográfico (color, tipo de roca, clasificación, diagrama ternario) y el análisis mineralógico y, un catalogo fotográfico a escala que incluye afloramiento, muestra de mano, corte de cubo, lámina delgada, imagen de nicoles cruzados y nicoles paralelos. (IMAGEN 6)

Los patrones DRX Qz: Cuarzo, Ab: Albita (Na-Ca) y Ms: Moscovita de la muestra TB-1 correspondiente a la entrada del Templo Belén; comparados con la base de datos del Inventario de Canteras en el DMG, presenta una afinidad con las fases mineralógicas de las muestras de canteras CAL-2, CAL-3 y CAL-7 de la localidad Calderones. (IMAGEN 8)

LOCALIDAD	Campuzano		CODIGO DE MUESTRA	CAM-8		
COORDENADAS	Latitud	14Q0276477	Longitud	2310922	Altitud	2003
ESTADO ACTUAL	Activa		UNIDAD GEOLOGICA	Fm. La Bufa(?)		
ANALISIS PETROGRAFICO (Microscopia óptica)			ANALISIS MINERALOGICO (DRX)			
Color	Rosa		Fases mineralógicas	Difractograma		
Tipo de roca	Igneas Volcánicas		Cuarzo, Albita, Aegirina, Sanidina-K, Microclina, Anortita, Anortoclasa			
Clase de roca	Riolita					
Composición mineralógica	Diagrama ternario		Plagioclasa, QZ normal, QZ volcánico, Líticos volcánicos	Usos arquitectónicos		
				Exteriores		
AFLORAMIENTO		MUESTRA DE MANO		CORTE DE CUBO		
LAMINA DELGADA			NICOLES			

IMAGEN 6: Fragmento del Inventario de Canteras en el DMG-CAM-8/Localidad Campuzano

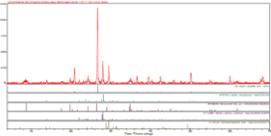
Material lítico en Monumentos Históricos de Guanajuato y Minas Adyacentes				
MONUMENTO	CODIGO DE MUESTRA	ELEMENTO ARQUITECTONICO DE LA MUESTRA	UBICACIÓN /DIRECCION	METODO DE ANALISIS
TEMPLO DEL INMACULADO CORAZON DE MARIA: BELEN	TB-1	PARED DE LA ENTRADA AL ATRIO, ANTERIOR A LA FACHADA PRINCIPAL	AVENIDA JUAREZ	DRX
FASES MINERALOGICAS		DIFRACTOGRAMA		CANTERA COMPATIBLE
CUARZO, ALBITA,- Na, MOSCOVITA-1M, ALBITA-Ca,				CAL-2 CAL-3 CAL-7
FOTO DEL MONUMENTO				
				
Corte longitudinal (izq) y Fachada principal (der). Tomado de De la Cruz, 2010				

IMAGEN 8: Muestreo de material lítico en Monumentos Históricos de Guanajuato y Minas Adyacentes/Templo Belén

CONCLUSIONES

El método DRX posibilita establecer o no, tanto la afinidad litológica entre las fases mineralógicas del material de las canteras del DMG y el material de las edificaciones, así como la vocación del material para uso específico ya sea en interiores o exteriores de los monumentos del Patrimonio Histórico de Guanajuato, en procura también de que las inversiones económicas para ello sean más rentables y efectivas.

El uso de la información obtenida y registrada en la base de datos, sobre los materiales de las Canteras en el DMG, sirve como patrón para la adquisición de materias primas en obras de restauración, permitiendo mantener una fidelidad en la reposición del material deteriorado en concordancia con el material original y por tanto, con las pautas estilísticas de la arquitectura colonial de la Ciudad de Guanajuato

Los materiales de las canteras inventariadas en el DMG utilizados en procesos de restauración en aras de menguar el deterioro al cual se ven expuestas las piezas de los monumentos históricos de la Ciudad de Guanajuato sugiere el aprovechamiento de la oferta de los georecursos locales.

AGRADECIMIENTOS

A la Doctora PhD. María Jesús Puy Y Alquiza, por su enseñanza, amor a la ciencia y calidez humana. A Rene Báez y Daniela Moncada por su colaboración técnica en los Laboratorios. A la Dirección de Apoyo a la Investigación y al Posgrado-UG y a la Universidad de Guanajuato por la oportunidad y apoyo al interés científico.

REFERENCIAS

- [1] Miranda Avilés, R. (2012). Geología histórica y geodiversidad en Guanajuato. En Puy Y Alquiza, M. J. & Miranda Avilés, R. (Ed.1), Patrimonio geológico del Estado de Guanajuato (pp. 23). Guanajuato, Gto: Programa Editorial de la Universidad de Guanajuato
 - [2] Geología y usos de los yacimientos de Roca-Cantera, Gravas. Arenas y arcillas. p.7-16. Recuperado de <http://www.tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/5955/Capitulo4.pdf>
 - [3] Miranda Avilés, R. *et al.* (2016). Los depósitos clásticos pos-Laramide de la Sierra de Guanajuato: Implicaciones de su composición en la evolución tectono-sedimentaria y paleogeográfica. *Estudios Geológicos* 72(2), 2-3.
 - [4] Puy Y Alquiza, M. J. *et al.* (2014). Geochemistry and depositional environment of the Losero Formation in the Mesa Central, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 66(3), 413-414.
 - [5] Puy Y Alquiza, M. J. *et al.* (2017). Facies analysis, stratigraphic architecture and depositional environments of the Guanajuato conglomerate in the Sierra de Guanajuato, Mexico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 69(2), 385-408
 - [6] *Hacia una Historia de la Arquitectura en México*, 2010. Templo de el Inmaculado Corazón de María: Belén. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/317549048_TEMPLO_DEL_INMACULADO_CORAZON_DE_MARIA_DE_BELEN_GUANAJUATO_GTO
 - [7] Ciudad Histórica de Guanajuato y Minas Adyacentes. UNESCO (1987). Recuperado de <http://whc.unesco.org/es/list/482>
 - [8] Puy Y Alquiza, M. J. *et al.* (2013). Characterization Petrophysical of the Losero Formation in the Historical Architecture of the Guanajuato city, Mexico. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 14(2)
 - [9] Zarraga anaúñez, R. *et al.* (2006). La Investigación Científica en la Conservación de Monumentos de Cantera. *Acta Universitaria*, 16(2), 38-50
 - [10] Mantilla Figueroa, L.C. (2003). Guía de laboratorios de petrología ígnea. Universidad Industrial de Santander
- Notas del autor:
*Elaboración propia. Anexos completos disponibles bajo custodia de PhD. Maria Jesus Puy y Alquiza