

# VARIACIÓN MINERALÓGICA Y GEOQUÍMICA EN FACIES CARBONATADAS DE LA CUENCA ARPEROS-SIERRA DE GUANAJUATO

Godínez Mireles Alfonso (1), Miranda Avilés Raúl (2), Rodríguez huerta Víctor Hugo (3)

1 [Licenciatura de Ingeniero Geólogo, Universidad de Guanajuato] | [Alfonnik@hotmail.com](mailto:Alfonnik@hotmail.com)

2 [Departamento de Minas, Metalurgia y Geología, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | [miranda@ugto.mx](mailto:miranda@ugto.mx)

3 [Licenciatura de Ingeniero Geólogo, Universidad de Guanajuato] | [vichug100@gmail.com](mailto:vichug100@gmail.com)

## Resumen

En la Sierra de Guanajuato (Cuenca Arperos), existe una secuencia volcánico-sedimentaria del jurásico inferior – Cretácico superior, que aflora al NNE de la ciudad de Guanajuato y que ha sido dividida en la Formación Esperanza y Formación Valenciana. Esta última está constituida por roca caliza y pizarra micrítica. En el presente trabajo medimos y muestreamos una columna estratigráfica de la Formación Valenciana. Se realizaron láminas delgadas para observar en microscopio electrónico de barrido y en microscopio óptico. La mineralogía también se determinó con difracción de rayos X, así mismo la química se determinó por medio de fluorescencia de rayos X. Con la geoquímica, mineralogía y estructuras sedimentarias, se pudo determinar un paleoambiente marino reductor; así como también se hizo la comparación, para entender si dicha roca puede ser usada para la fabricación del cemento portland o de cal.

## Abstract

In the Sierra de Guanajuato (Arperos Basin), there is a volcano-sedimentary sequence of Lower Jurassic -Cretaceous, outcropping NNE of the Guanajuato city and has been divided into Esperanza Formation and Valenciana Formation. The Valenciana Formation consists of micritic limestone and shale. In this paper we measure and sample a stratigraphic column of the Valencian Formation. The samples were observed in scanning electron microscopy and optical microscopy. Mineralogy also determined with XRD, likewise chemistry was determined by X-ray fluorescence. With the geochemistry, and mineralogy and sedimentary structures, could be determined a reducing marine palaeoenvironment; as well as the comparison was made to understand if the rock can be used for the manufacture of portland cement or lime.

## Palabras Clave

1; Geología, 2;Calizas, 3;Geoquímica, 4;Mineralogía, 5;Sierra de Guanajuato

## INTRODUCCIÓN

La Sierra de Guanajuato está localizada en la parte central de México (Imagen 1). Hay varios estudios en cuanto a la estratigrafía y geoquímica del lugar, (Lapierre *et al.* 1992 [1]; Ortiz-Hernandez *et al.* 1992 [2]; Freydier *et al.* 1996 [3] Ortiz-Hernández *et al.* 2003 [4]; Martini *et al.* 2012 [5]). La Sierra de Guanajuato está constituida por rocas volcano-sedimentaria del Jurásico Superior-Cretácico Inferior, depositadas en la Cuenca Aarperos. La estratigrafía de la Cuenca Aarperos en la Sierra de Guanajuato fue estudiada por Martini *et al.* (2011) [6] y muestra una asimetría marcada en términos de procedencia.

En el lado este de la cuenca está compuesto de secuencias turbidíticas y félsicas volcánicas de Formación Esperanza del Titoniano, que gradúan hacia arriba al Cretácico Inferior con calizas micríticas de la Formación Valenciana (Martini *et al.* 2011). La procedencia de la roca arenisca de la Formación Esperanza indica que fueron alimentados por fuentes de la parte continental de México (Martini *et al.* 2011). La Formación Valenciana objeto del presente estudio; consta de una base finamente laminada, roca caliza y pizarra micrítica, estratificación hummocky y con laminación que conserva localmente una deformación suave y recrystalizada.

En el presente trabajo se analiza la variación geoquímica y mineralógica en muestras de una columna estratigráfica de la Formación Valenciana en la Sierra de Guanajuato. Se contribuye con una interpretación para la evolución geológica y paleo geográfica de la Mesa Central durante el Cretácico basado en la variación geoquímica y sus posibles aplicaciones.

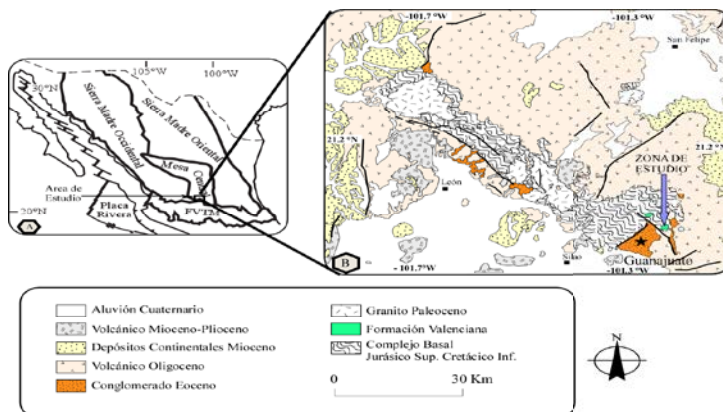


Imagen 1 Mapa geológico esquemático que ilustra la subdivisión de las provincias fisiográficas, la ubicación de la cuenca Arperos entre la mesa central y cinturón volcánico transversal mexicano. b. Mapa geológico esquemático de la Sierra de Guanajuato que muestra la distribución de las principales litologías expuestas en la región.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Estudio de Campo

Se levantó una columna estratigráfica sobre los puntos (264448.18mE, 2330278.67 m N), y (264483.50 m E, 2330332.23 m N) donde se describe el espesor, estructura sedimentaria, color, así como si existe alguna alteración o alguna característica particular de cada estrato. Se tomaron una muestra por estrato.

### Análisis de muestras

Las 11 muestras tomadas en campo, se prepararon en el laboratorio de petrografía; se cortaron para realizar láminas delgadas, así mismo se pulverizaron con un martillo seguido a ello se pasó a un mortero de porcelana y finalmente para llegar al fino deseado en mortero de ágata.

Las láminas delgadas se observaron en el microscopio óptico tratando de buscar minerales así como de posibles fósiles. Seguido a ello en el Laboratorio de Investigación y Caracterización de Minerales y Materiales (LICAMM), las muestras pulverizadas se analizaron en el difractómetro de rayos X marca Rigaku Ultima IV, para el estudio se utilizó un ángulo  $2\theta$  de  $1^\circ$  a  $80^\circ$ , permitiendo así la interpretación de los difractogramas con el Software Jade 6.

Otra parte de las muestras pulverizadas, se analizaron por fluorescencia de rayos X, con un Espectrómetro de Fluorescencia de rayos X, Nex CG Rigaku, para determinar elementos mayores y menores de 11Na a 92U.

Finalmente las muestras de las láminas delgadas se montaron sobre el Microscopio Electrónico de Barrido, para corroborar el tipo de arcilla que hay, usando aumento hasta de 300,000x

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Columna Estratigráfica

Se hizo un levantamiento de 13 estratos sobre las calizas de la formación Valenciana, con espesores de 7 a 20 centímetros, en el que se encontraron intercalaciones de capas masivas así como laminares, con materia orgánica y zonas arcillosas. También se observó la estructura sedimentaria tipo Hummocky en todas las calizas (Imagen.2). Se hizo evidente el plegamiento con el cual se encontraban las calizas como el vetilleo que existía sobre la roca.



Imagen.2 A. Se puede apreciar las estructuras tipo Hummocky entre los estratos de las calizas. B. Se aprecia el plegamiento que sufrieron las calizas en dicha zona

### Microscopio Óptico

En el microscopio se esperaba observar evidencia de fósiles, pero no se encontraron. Solo trazas de cuarzo, calcita, arcillas, así como esferas de calcita producto del cizallamiento que se produjo; así como vetilleo de calcita.

### Difracción de rayos X

Con la difracción de rayos x, se encontró presencia dolomita, calcita, Cuarzo, arcillas (Montmorillonita, kaolinita).

### Fluorescencia de rayos X

Al aplicar la fluorescencia se tuvieron como elementos con mayor contenido el Mg, Al, Si, P, K, Ca, Ti, Fe, Na, Zr, para elementos traza se puede destacar V, Cr, Cu, Zn, Pb, As y Ni por contenidos considerables dentro de las muestras. Por lo que hace a los óxidos los mayores son CaO con promedio de 66% y del SiO<sub>2</sub> de 24% y menores fueron Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO.

### Microscopio Electrónico de Barrido (MEB)

Con el uso del MEB se pudo constatar la existencia de varios minerales, entre ellos la presencia de la dolomita, la cual se encontró en la muestra número V3 (Imagen. 3)

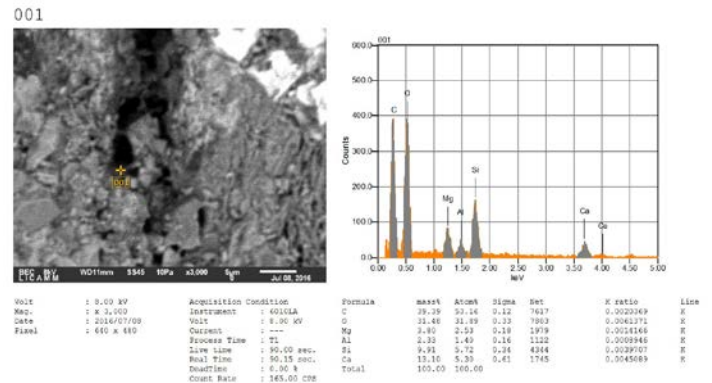


Imagen.3 Muestra analizada en el MEB la muestra V3 contiene dolomita

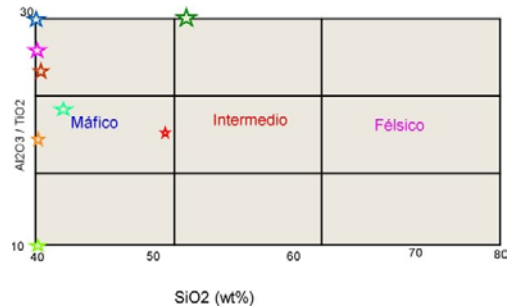


Imagen.4 Naturaleza del sedimento de (Le Bas et al., 1986) Calculado por SiO<sub>2</sub>

## DISCUSIÓN

Para determinar la naturaleza del material detrítico contenido en las muestras se utilizaron los valores

de Le Bas et al.(1986) [7]. A lo que se puede observar que son de origen máfico (Imagen. 4).

Comparación de los elementos de las calizas con la composición química promedio de rocas sedimentarias. Modificado de Marshall y Fairbridge (eds.), 1999[8], podemos decir que los elementos anómalos son P, Mn, Zr. Además de que Cu – Zn se encuentran estables, no hay una migración de los elementos, esto puede sugerir que la roca no cuenta con un metamorfismo considerable. (Imagen. 5)

El contenido de Al se utiliza como indicador de flujo detrítico. Se puede apreciar que haciendo una relación de  $Al / (Al + Fe + Mn)$  se observa que todas las muestras son  $>0.2$ , el enriquecimiento de estos elementos se atribuyen a componentes terrígeno-pelágicos y no al aporte hidrotermal (Boström, 1973) [9]. Así mismo para confirmar lo anterior se puede hacer la relación  $Y / P_2O_5 > 100$  (Marchig et al., 1982) [10] Teniendo en cuenta estas dos observaciones ante eso, se concluye que las muestras no han sido afectadas por hidrotermalismo.

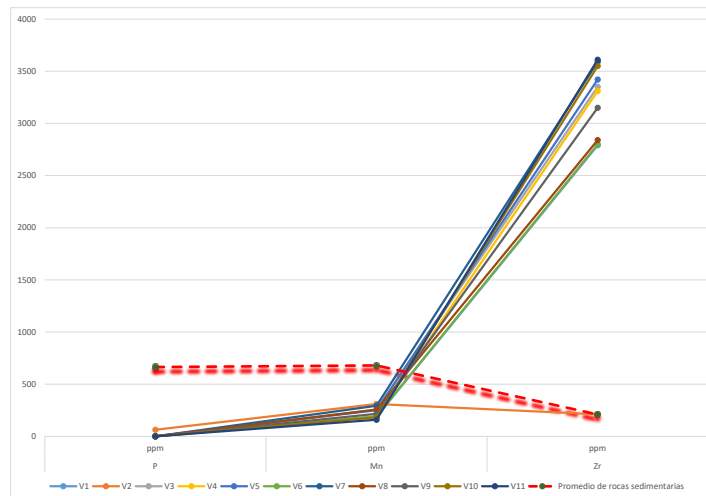
Ahora bien, los sedimentos se depositaron en condiciones de oxígeno bajas, considerando que el  $P_2O_5$ , aparece muy bajo en todas las muestras. Se ha demostrado que la deposición de fósforo, cuando actúa como nutriente, es menos eficiente cuando la disponibilidad de oxígeno es limitada en la base de la columna de agua (Van Cappellen e Ingall, 1996) [11]. Además, la relaciones Mn/Al es menor que 0.07 (Lazar, 2003)[12] y V/Rb es mayor a 0.54 (Hallberg, 1976) [13]. Lo anterior se considera un indicativo de condiciones reductoras en el ambiente de depósito.

La relación de  $K_2O / Al_2O_3$  se puede utilizar como un indicador de la composición original de lutitas antiguas. Relaciones de  $K_2O / Al_2O_3$  para minerales de arcilla (0.0 a 0.3) son marcadamente diferentes de las de los feldspatos (0,3 a 0,9; Cox et al, 1995) [14]. Por lo que todas las muestras señalan minerales de arcilla.

En relación a las posibles aplicaciones de las rocas estudiadas podemos decir que, para la fabricación del Clinker, que es la base fundamental del cemento portland, así como para hacer la cal hidráulica (según la norma mexicana N-CMT-4-03-001/02) [15], debe de contener un mínimo de Oxido de Calcio de 60% y 50% respectivo de su

masa total de la roca caliza. Al analizar las muestras, se advierte que solo nueve muestras cumplen con estas especificaciones, sacando un promedio a ello, se sugiere que la roca cumple con las especificaciones necesarias para su uso industrial de las calizas de la Formación Valenciana.

Imagen 5. Variación anómala del P, Mn y Zr con respecto al promedio de rocas sedimentarias.



## CONCLUSIONES

Las calizas de la formación Valenciana son de origen marino con contenido de material detrítico de origen máfico; se depositó en condiciones bajas de oxígeno y reductoras, así como también su ambiente propone que fue en la zona nerítica y calmada cerca a la playa tomando en cuenta las estructuras sedimentarias (hummocky). Estas rocas son propicias para la fabricación del cemento así como de cal hidráulica.

## AGRADECIMIENTOS

Al Laboratorio de Investigación y Caracterización de Minerales y Materiales (LICAMM) por el habernos permitido realizar el ensaye a las muestras; así como a la Lic. Cristina Daniela Moncada Sánchez por su ayuda y orientación. Al Laboratorio de Petrología así como al Técnico

Rene Báez del Departamento de Ingenierías en Minas, Metalurgia y Geología. Finalmente a la Universidad de Guanajuato por el haber permitido realizar el verano de investigación 2016.

## REFERENCIAS

- [1] Martini, M., Mori, L., Solari, L., & Centeno-García, E. (2011). Sandstone provenance of the Arperos Basin (Sierra de Guanajuato, central Mexico): Late Jurassic–Early Cretaceous back-arc spreading as the foundation of the Guerrero terrane. *The Journal of Geology*, 119(6), 597-617.
- [2] Martini, M., Solari, L., & Camprubí, A. (2013). Kinematics of the Guerrero terrane accretion in the Sierra de Guanajuato, central Mexico: new insights for the structural evolution of arc–continent collisional zones. *International Geology Review*, 55(5), 574-589.
- [3] Lapierre, H., Ortiz, L.E., Abouchami, W., Monod, O., Coulon, C., and Zimmermann, J.L., 1992, A crustal section of an intra-oceanic island arc: The Late Jurassic–Early Cretaceous Guanajuato magmatic sequence, central Mexico: *Earth and Planetary Science Letters*, v. 108, p. 61–77.
- [4] Ortiz-Hernandez, E.L., Chiodi, M., Lapierre, H., Monod, O., and Calvet, P., 1992, El arco intraoceánico alóctono (Cretácico Inferior) de Guanajuato-características petrográficas, geoquímicas, estructurales e isotópicas del complejo filoniano y de las lavas basálticas asociadas, implicaciones geodinámicas: *Revista del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México*, v. 9, no. 2, p. 126–145.
- [5] Freydier, C., Martínez, J. R., Lapierre, H., Tardy, M., & Coulon, C. (1996). The Early Cretaceous Arperos oceanic basin (western Mexico). Geochemical evidence for an aseismic ridge formed near a spreading center. *Tectonophysics*, 259(4), 343-367.
- [6] Ortiz-Hernández, L.E., Acevedo-Sandoval, O.A., and Flores-Castro, K., 2003, Early Cretaceous intraplate seamounts from Guanajuato, central Mexico: Geochemical and mineralogical data: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 30, p. 27–40.
- [7] Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A., & Zanettin, B. (1986). A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of petrology*, 27(3), 745-750.
- [8] Fairbridge, R. W., & Marshall, C. P. (Eds.). (1999). *Encyclopedia of geochemistry*. Kluwer Academic Publishers.
- [9] Boström, K. (1973). The origin and fate of ferromanganoan active ridge sediments: *Stockholm Contributions to Geology*, v. 27.
- [10] Marchig, V., Gundlach, H., Möller, P., & Schley, F. (1982). Some geochemical indicators for discrimination between diagenetic and hydrothermal metalliferous sediments. *Marine Geology*, 50(3), 241-256.
- [11] Van Cappellen, P., & Ingall, E. D. (1996). Redox stabilization of the atmosphere and oceans by phosphorus-limited marine productivity. *Science*, 271(5248), 493.
- [12] Lazar, O. R. (2003). The influence of sedimentary processes on element distribution in the devonian new alban shale of the illionis Basin. Seattle: Geological Society of America Abstract with Programs, 83.
- [13] Hallberg, R. O., & Халлберг, P. O. (1976). A Geochemical Method for Investigation of Paleoredox Conditions in Sediments/Геохимический метод исследований условий палеоредокса в осадках. *Ambio Special Report*, 139-147.
- [14] Cox, S. F., Sun, S. S., Etheridge, M. A., Wall, V. J., & Potter, T. F. (1995). Structural and geochemical controls on the development of turbidite-hosted gold quartz vein deposits, Wattle Gully mine, central Victoria, Australia. *Economic Geology*, 90(6), 1722-1746.
- [15] CONTENIDO, A., & CLASIFICACIÓN, B. D. Y. LIBRO: CMT. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.