

## SESIÓN BIOGEOQUÍMICA / 16.10.2015

[BG01]

### ANÁLISIS GEOQUÍMICO PRELIMINAR DEL PEDERNAL DE HUEPAC

**Elizabeth Chacón B.<sup>1</sup>, Augusto A. Rodríguez-Díaz<sup>2</sup>, Ricardo Rodríguez-Ramírez<sup>1</sup>, Patricia Girón<sup>3</sup>,  
Edith Cienfuegos<sup>3</sup>, Pedro Morales-Puente<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Exhacienda de Guadalupe, Carretera Cerro Prieto Km 8, Linares, Nuevo León 67700 México*  
E-mail: [baicala2012@gmail.com](mailto:baicala2012@gmail.com)

<sup>2</sup>*Instituto de Geofísica, Circuito de la Investigación Científica, UNAM, México D.F. 04510 México*

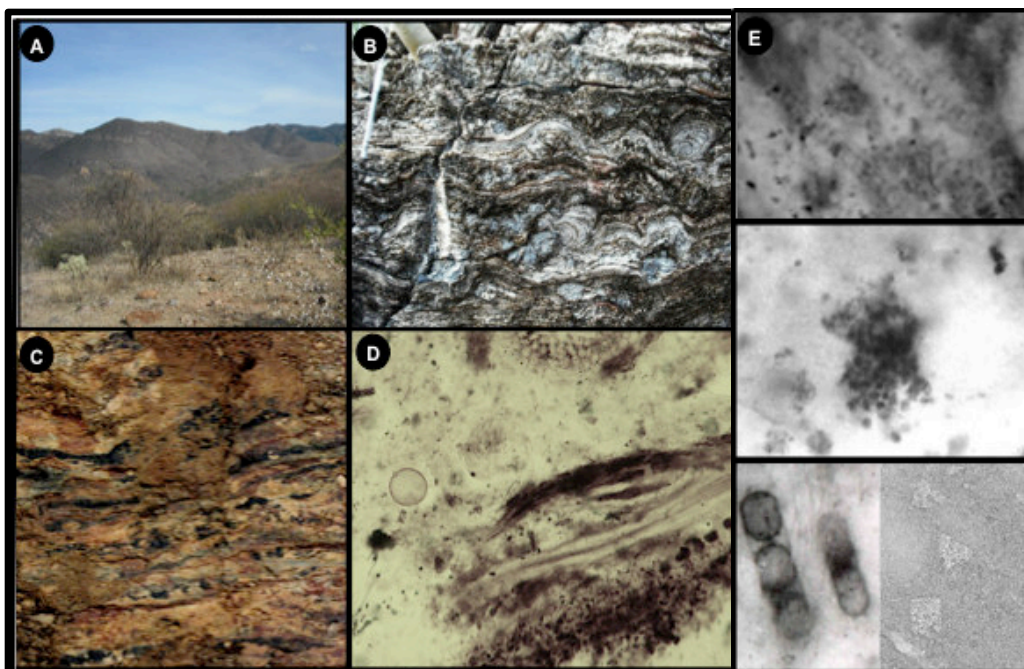
<sup>3</sup>*Instituto de Geología, Circuito de la Investigación Científica, UNAM, México D. F. 04510 México*

El pedernal es una roca sedimentaria no porosa de SiO<sub>2</sub> que generalmente tiene una textura de grano fino (sílice amorfo y/o cuarzo microcristalino presumiblemente derivado de la recristalización de sílice amorfo). Los pedernales tienen una amplia distribución en el registro sedimentario y se distribuyen espacial y temporalmente bajo diversas condiciones ambientales. Una variedad de sílice es el sílice opalino, que puede derivar de la precipitación de cenizas volcánicas, de la precipitación de manantiales hidrotermales y mucho más comúnmente a partir de microorganismos protistas como diatomeas, radiolarios y silicoflagelados. Los pedernales pueden encontrarse en forma de estratos o en nódulos y lentes en secuencias diversas. En general, el pedernal en nódulos es mucho más frecuente en secuencias fanerozoicas, mientras que el estratificado es característico de formaciones precámbricas. Entre los pedernales, aquéllos asociados a estromatolitos tienen una gran relevancia paleontológica porque generalmente preservan los microorganismos constructores de estromatolitos. El pedernal que reemplaza ciertas zonas de carbonatos microbianos generalmente preserva información detallada de la estructura tridimensional de diversos microfósiles, por lo que representa una gran ventaja para la interpretación paleoambiental. Sin embargo, no siempre es fácil determinar el origen del pedernal, por lo que además del análisis petrográfico, el análisis o la caracterización geoquímica es de gran utilidad para investigar el origen del pedernal. De hecho hay trabajos que pueden ayudar a revelar la compleja historia diagenética del origen del pedernal (Böstrom *et al.*, 1983; Adachi *et al.*, 1986; Yamamoto, 1987; Murray, 1992; Jun *et al.*, 2000) que son de gran ayuda en la discriminación de pedernales, especialmente para aquéllos casos en los que existe un probable origen abiótico paralelamente con cierta de sílice de origen biológico. Tal es el caso del pedernal cretácico de la localidad de Huepac.

El área de estudio comprende la secuencia vulcanosedimentaria de la Formación Tarahumara que tiene una edad Cretácica (70 Ma) y corresponde a un ambiente somero de origen continental, según los estudios previos (Chacón, 2002), aunque siempre la fuente de sílice ha permanecido como una pregunta abierta. En esta localidad se han observado que algunos estromatolitos domales han sido reemplazados de forma muy puntual por pedernal sinsedimentario con una gran variedad de microfósiles, especialmente diatomeas y cianobacterias preservados en 3ª dimensión por silicificación. La formación Tarahumara está compuesta de una sucesión heterogénea de rocas incluyendo derrames andesíticos, brechas volcánicas, tufas, areniscas y calizas, muchas de ellas son estromatolitos entre los cuales alternan en horizontes con pedernal negro (Figura 1). Estudios recientes sobre la composición química de muestras de pedernales también sugieren un origen abiótico para el pedernal de Huepac (Rodríguez-Ramírez, 2011). Este trabajo presenta una caracterización más detallada del pedernal de Huepac asociado a los

estromatolitos cretácicos, incluyendo los sus valores de isótopos estables de carbono y oxígeno así como sus implicaciones paleoambientales.

La metodología llevada a cabo en este trabajo incluye el análisis petrográfico de más de 40 láminas delgadas bajo luz polarizada y luz normal utilizando un Microscopio Olympus Olympus BH-2. Adicionalmente las láminas petrográficas de muestras seleccionadas se examinaron utilizando un SEM-Hitachi 4700-II con condiciones de operación de voltaje de 5-15 kV y con una corriente de 20nA y un rayo de 1  $\mu$ m de diámetro. Otro grupo de muestras representativas de pedernal se analizó para determinar los isótopos estables de carbono y oxígeno siguiendo los protocolos estándares del laboratorio de Geoquímica del Instituto de Geología, UNAM publicados en trabajos previos.



**Figura 1.** (A) Localidad de Huepac. (B) Estromatolitos domales y (C) el pedernal asociado. (D-E) Diferentes tipos de microfósiles preservados en el pedernal de Huepac.

Los resultados del análisis de éste pedernal indican que en Huepac hay dos tipos de pedernal: hay horizontes de pedernal estratificado y otro tipo de pedernal asociado a los estromatolitos domales que ocurre en forma de nódulos que es lateralmente discontinuo estratos en por lo menos dos estratos. El pedernal estratificado tiene un grosor promedio que varía de 65 cm a más de 1 m, a diferencia de pedernal nodular que ocurre puntualmente en la calizas estromatolíticas y que varía en diámetro entre unos cuantos centímetros hasta cerca de 10 cm. Los lentes de pedernal son irregulares y en láminas petrográficamente exhiben texturas finas caracterizada por peloides y materia orgánica particulada que forma agregados esféricos frecuentemente asociada a calcedonia fibrosa. En lámina delgada el pedernal presenta una coloración variable que varía de oscura y negra a café, café claro, ámbar y hasta tonalidades amarillas y texturas que varían entre una matriz criptocristalina hasta pedernal altamente alterado con texturas muy heterogéneas entre las que destacan parches heterogéneos de materia orgánica; las áreas más fosilíferas se correlacionan con la presencia de materia orgánica y calcedonia.

En este análisis preliminar se han seguido algunos de los criterios delineados por Peng *et al.* (2000) para la caracterización geoquímica. El pedernal de Huepac exhibe un amplio rango de contenido de SiO<sub>2</sub>, que varían desde 12.78 hasta 93 (Tabla I). En general, los pedernales analizados ostentan bajos contenidos de TiO<sub>2</sub> (0 hasta 0.04), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (de 0.27 a 2.66), Na<sub>2</sub>O (de 0.01 a 0.25), y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (de 0 a 0.26).

**Tabla 1.** Composición química (%wt.) de estromatolitos silicificados y su pedernal asociado de la localidad de la Formación Tarahumara. LOI: Loss on ignition.

Muestra	Descripción	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>+</sup>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOI	Total
R23-1	pedernal	70.01	0.04	1.16	0.33	0.09	0.15	16.19	0.03	0.32	0.06	12.40	100.78
R23	pedernal	66.80	0.03	2.26	1.06	0.11	0.32	15.81	0.06	0.33	0.07	13.79	100.63
R24	pedernal	73.54	0.03	1.65	1.08	0.13	4.61	7.75	0.00	0.14	0.09	11.43	100.44
R25	pedernal	93.55	0.00	1.13	1.28	0.02	0.55	2.19	0.03	0.03	0.00	2.61	101.38
R26	pedernal	93.13	0.00	1.12	1.24	0.02	0.64	2.52	0.03	0.04	0.00	2.03	100.78
R50A	pedernal	75.84	0.01	0.27	1.40	0.20	4.13	8.19	0.01	0.07	0.03	10.70	100.86
R50B	pedernal	82.81	0.02	0.63	0.95	0.13	1.91	6.72	0.03	0.12	0.02	7.20	100.54
R25A	Pedernal fosilífero	32.29	0.04	1.26	1.90	0.21	12.56	20.38	0.03	0.39	0.26	30.60	99.91
R25B	Pedernal fosilífero	37.12	0.03	1.41	1.83	0.27	11.42	17.43	0.01	0.19	0.20	28.90	98.80
R3	Estromatolito silicificado (CaCO <sub>3</sub> )	15.30	0.04	2.34	0.63	0.08	6.97	38.47	0.25	0.37	0.03	36.21	100.68
R8	Estromatolito silicificado (CaCO <sub>3</sub> )	17.86	0.07	2.64	1.10	0.06	16.25	24.44	0.24	0.45	0.06	37.49	100.64
R10	Estromatolito silicificado (CaCO <sub>3</sub> )	12.78	0.03	1.78	0.80	0.08	17.35	27.71	0.03	0.04	0.03	39.61	100.23
WSC22 <sup>(a)</sup>	Metachert	88.98	0.06	1.63	3.15	0.54	1.23	1.25	0.67	0.48	0.37	0.78	99.14
WSC32 <sup>(a)</sup>	Metachert	92.78	0.04	1.78	2.65	0.42	0.87	0.34	0.42	0.24	0.23	0.54	100.31
WSC20 <sup>(a)</sup>	Metachert	90.34	0.08	1.72	2.98	0.45	1.10	1.34	0.56	0.49	0.26	0.63	99.95
BTC10 <sup>(a)</sup>	Metachert	91.67	0.05	1.73	2.84	0.46	0.98	0.67	0.48	0.39	0.23	0.63	100.13
BTC15 <sup>(a)</sup>	Metachert	85.78	0.10	1.48	3.47	0.59	1.78	1.89	1.23	0.89	0.44	0.82	98.47
BTC21 <sup>(a)</sup>	Metachert	93.67	0.03	1.82	2.52	0.41	0.62	0.47	0.06	0.04	0.24	0.34	100.22
Jasperite <sup>(b)</sup>	Jasperita	92.20	0.00	0.13	4.00	0.29	0.02	1.80	0.03	0.07	0.02	-	98.56
Tokoro <sup>(c)</sup>	Pedernal	93.67	0.08	1.77	2.52	0.41	0.62	0.47	0.06	0.04	0.44	-	100.08
DSDP Leg 32 <sup>(d)</sup>	Pedernal	94.08	0.05	0.52	2.53	0.43	0.33	0.35	0.51	0.28	0.15	-	99.23
Monterrey Fm1 <sup>(e)</sup>	Cuarzo del pedernal	95.60	0.07	0.54	0.46	-	0.88	1.32	0.91	0.15	0.11	-	100.04
Monterrey Fm2 <sup>(e)</sup>	Cuarzo del pedernal	99.40	0.03	0.04	-	-	-	0.18	0.31	0.03	0.03	-	100.02

La deficiencia relativa en TiO<sub>2</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> son importantes indicadores de pedernales hidrotermales, ya que reflejan que el sílice deriva de aguas submarinas hidrotermales. En la Tabla 1 también se enlistan la composición química de pedernales de otras localidades para comparación: pedernales hidrotermales de la localidad de terreno Franciscano en California, U. S. A. , la localidad de Shimanto en Japón ( Yamamoto, 1987) , DSDP Leg 32 (Deep Sea Drilling Program) (Adachi *et al.*, 1986) y la Cuenca Danchi del noroeste de Guangxi, China (Zhou Yongzhang, 1990). Adicionalmente, el contenido de MnO (0.02 hasta 0.27 en el pedernal fosilífero de Huepac) es inversamente proporcional al contenido de sílice y por tanto, es obvio que su contenido sea mayor en los carbonatos estromatolíticos. Bostrom *et al.*, (1983) estableció que los pedernales de origen hidrotermal están obviamente enriquecidos en Si, Fe, Mn pero que están especialmente empobrecidos en Al, Ti, K, y Na. Estas características geoquímicas también ocurren o se cumplen en el pedernal de Huepac. Al mismo tiempo las proporciones Fe/ Ti, Al/ (Al + Fe + Mn) (Fe + Mn)/Ti son útiles para distinguir pedernales hidrotermales de depósitos marinos considerando el hecho de que los sedimentos marinos de origen hidrotermal contienen

concentraciones altas de Fe y Mn, lo cual contrasta con los valores de Fe y Mn en sedimentos normales no hidrotermales. Por otra parte también se analizaron los isótopos de algunos pedernales de Huepac, tanto del pedernal con un gran contenido en materia orgánica como de pedernales no fosilíferos (Tabla 2).

**Tabla 2.** Composición isotópica de pedernales de la Formación Tarahumara.

No. Muestra	Composición	Color y Textura	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{std}}$	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{std}}$
R-450	SiO <sub>2</sub>	Negro no fosilífero	0.40	0.016	-5.39	0.012
R-350	SiO <sub>2</sub>	Negro no fosilífero	0.70	0.019	-5.01	0.032
R-200	SiO <sub>2</sub>	Negro	0.14	0.010	-5.44	0.020
R-140	SiO <sub>2</sub>	Negro lustroso	0.39	0.021	-5.27	0.023
		Muy negro	0.39	0.010	-5.27	0.021
R-estrom1	CaCO <sub>3</sub>	Café laminado	-0.59	0.041	-7.49	0.040
R-estrom2	CaCO <sub>3</sub>	Café laminado	-0.51	0.014	-3.69	0.021

La intrusión de sílice en los laminación estromatolítica aunque puede haber reemplazado la microfábrica original reemplazando al carbonato en algunos puntos. Los valores y el análisis cuantitativo de estrocaracterización geoquímica muestran que dichos elementos se suplieron no dentro de la solución hidrotermal sino en la fracción detrítica derivada de rocas volcánicas (Murray, 1994). Además de microfósiles de cianobacterias el pedernal muestra la preservación de espículas y de diatomeas embebidas en una matriz de cuarzo microcristalino. El examen por SEM reveló relictos de carbonato como roca huésped además de un rico contenido en arcillas en forma de placas pequeñas tabulares de Si, Al, Mg y  $\pm\text{Fe}$ , por lo que pueden interpretarse como esmectitas.

Los análisis geoquímicos de este trabajo son congruentes con los demás estudios previos de cartografía, petrografía y biosedimentológicos que sugieren un origen no biológico para el pedernal de Huepac, aunque si hay cierta influencia biogénica y algunos valores isotópicos se sobrelapan.

## REFERENCIAS

- Adachi, M., Yamamoto, K., Sugisaki, R. 1986. Hydrothermal Chert and Associated and Siliceous Rocks from the Northern Pacific: Their Geological Significance as Indication of Ocean Ridge Activity. *Sedimentary Geology* 47, 125-148.
- Böstrom, K. 1983. Genesis of ferromanganese deposits-diagnostic criteria for recent and old deposits. En: Rona, P.A. *et al.* (eds), Hydrothermal processes at seafloor spreading centers: New York, Plenum Press, p. 473-483.
- Canet, C., Prol-Ledesma, R.M., Torres-Alvarado, I., Gilg, H.A., Villanueva, R.E., Lozano-Santa Cruz, R. 2005b. Silica-carbonate stromatolites related to coastal hydrothermal venting in Bahía Concepción, Baja California Sur, Mexico. *Sedimentary Geology* 174, 97-113.
- Chacón et al., 2002. 70 Ma nonmarine diatoms from northern Mexico. *Geology* 185, 279-281.
- Haas, J.L. Jr. 1971. The effect of salinity on the maximum thermal gradient of a hydrothermal systems at hydrostatic pressure. *Economic Geology* 66, 940-946.
- Jach, R., Dudek, T. 2005. Origin of a Toarcian manganese carbonate/silicate deposit from the Krá na unit, Tatra Mountains, Poland. *Chemical Geology* 224, 136-152.
- Jun, P., Haisheng, Y., Wenjie, X. 2000. Geochemical Criteria of the Upper Sinian Cherts Hydrothermal Origin on the Southeast Continental Margin of the Yangtze Plate. *Chinese Journal of Geochemistry* 19, 217-226.
- Murray, R.W., Jones, D.L., Buchholtz ten Brink, M.R. 1992. Diagenetic formation of bedded chert: Evidence from chemistry of the chert-shale couplet. *Geology* 20, 271-274.
- Peng, J., Haisheng, Y., Wenjie, X. 2000. Geochemical criteria of the Upper Sinian cherts of hydrothermal origin on the southeast continental margin on the Yangtze plate. *Chinese Journal of Geochemistry* 19(3), 217-226.

- Rodríguez-Ramírez, R. 2011. Estromatolitos de la Formación Tarahumara del Cretácico Superior en Sonora, México., Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL., 124 pp.
- Roedder, E. 1984. Fluid inclusions, in Ribbe, P.H. (ed.) Fluid Inclusion. Mineralogical Society of America. *Reviews in Mineralogy* 12, 644 p.
- Yamamoto, K. 1987. Geochemical characteristics and depositional environments of cherts and associated rocks In the Franciscan and Shimanto terranes. *Sedimentary Geology* 52, 65-108.