

Recibido: 05.06.2017 | Aceptado: 29.09.2017

Palabras clave: Pangea, paleozoico tardío, metamorfismo de bajo grado, esquistos y NE de México.

Procedencia del basamento paleozoico de la Sierra Madre Oriental

SONIA ALEJANDRA TORRES SÁNCHEZ

soniatorressan@hotmail.com

FACULTAD DE INGENIERÍA, UASLP

UWE JENCHEN

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

CARITA AUGUSTSSON

UNIVERSITETET I STAVANGER, NORUEGA

El paleocontinente Pangea se formó por la colisión de los megacontinentes Gondwana y Laurasia hace aproximadamente 300 millones de años (Ma) (Cawood, 2009). Durante el periodo de acercamiento y colisión de los continentes, Gondwana se fragmentó en diversos bloques que fueron acrecionados, es decir, se adicionaron a Laurasia durante la evolución de Pangea (Ziegler, 1990; Stampfli *et al.*, 2002; Blackey, 2007). Vestigios de la colisión entre estos dos mega continentes son escasos en México, pero hay algunas rocas que pueden interpretarse como remanentes de esta actividad geológica y se encuentran dispersas en el noreste, centro y sur del país.



En relación con la tectónica de placas, la duración, existencia de eventos geológicos y procedencia de los bloques en movimiento siguen siendo controversiales para el noreste de México, aun cuando diversos estudios se han realizado en las rocas del basamento de esta región como los de Carrillo Bravo (1961), De Cserna y Ortega Gutiérrez (1977), Ramírez Ramírez (1978 y 1992), Cossío Torres (1988), Castillo Rodríguez (1988), Orozco Esquivel (1991), Ortega Gutiérrez *et al.*, (1995), Ehrlicke (1998), Koppie y Ramos (1999), Mickus y Montana (1999), Dowe *et al.*, (2005), Nance *et al.*, (2007, 2009, 2010), Nance y Linnemann (2008), Torres Sánchez (2010), Barboza Gudiño *et al.* (2011) y Torres Sánchez, *et al.* (2015); a pesar de las anteriores investigaciones, sigue existiendo incertidumbre acerca del origen de algunas unidades geológicas que forman parte del basamento en el noreste del país.

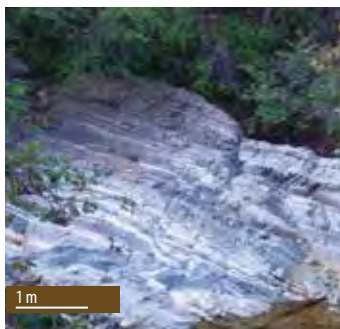
El basamento de la Sierra Madre Oriental consiste en cuatro unidades conformadas por: *a)* rocas precámbricas (entre los 4600 y 541 Ma de edad) correspondientes a la unidad del Gneis Novillo, que aflora en un cañón ubicado

al poniente de Ciudad Victoria, Tamaulipas; *b)* rocas metamórficas, formadas por la modificación de otras rocas preexistentes en estado sólido mediante calor, presión y/o fluidos químicamente activos) de edad paleozoica denominadas Esquisto Granjeno; *c)* secuencia clástico-pelítico-carbonatada (secuencia de rocas formadas por fragmentos de rocas, minerales arcillosos y carbonatos) deformada del Silúrico al Pérmico; y *d)* un cuerpo tonalítico (roca plutónica que se caracteriza por la abundancia de cuarzo y plagioclasa como minerales claros y biotita y anfíbol como minerales oscuros) de edad paleozoica (figura 1) (Zhou *et al.*, 2006).

Las rocas que conforman al Esquisto Granjeno representan el último estadio de la amalgamación de Pangea. Esta unidad litológica consiste en intercalaciones de rocas metamórficas de protolitos sedimentarios, es decir preexistentes de origen sedimentario (psamitas, pelitas, turbiditas, conglomerado, lutita negra), e ígneos, rocas preexistentes formadas por la cristalización del magma (toba, flujos de lava, lavas almohadilladas y cuerpos ultramáficos) (Carrillo Bra-

Figura 1.

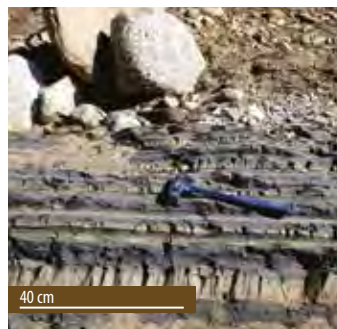
Unidades de basamento



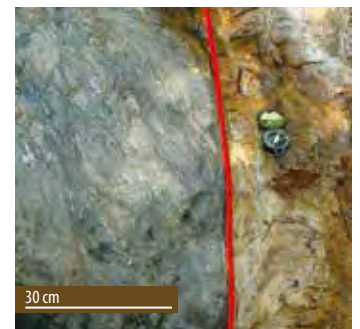
a) Gneis Novillo



b) Esquisto Granjeno



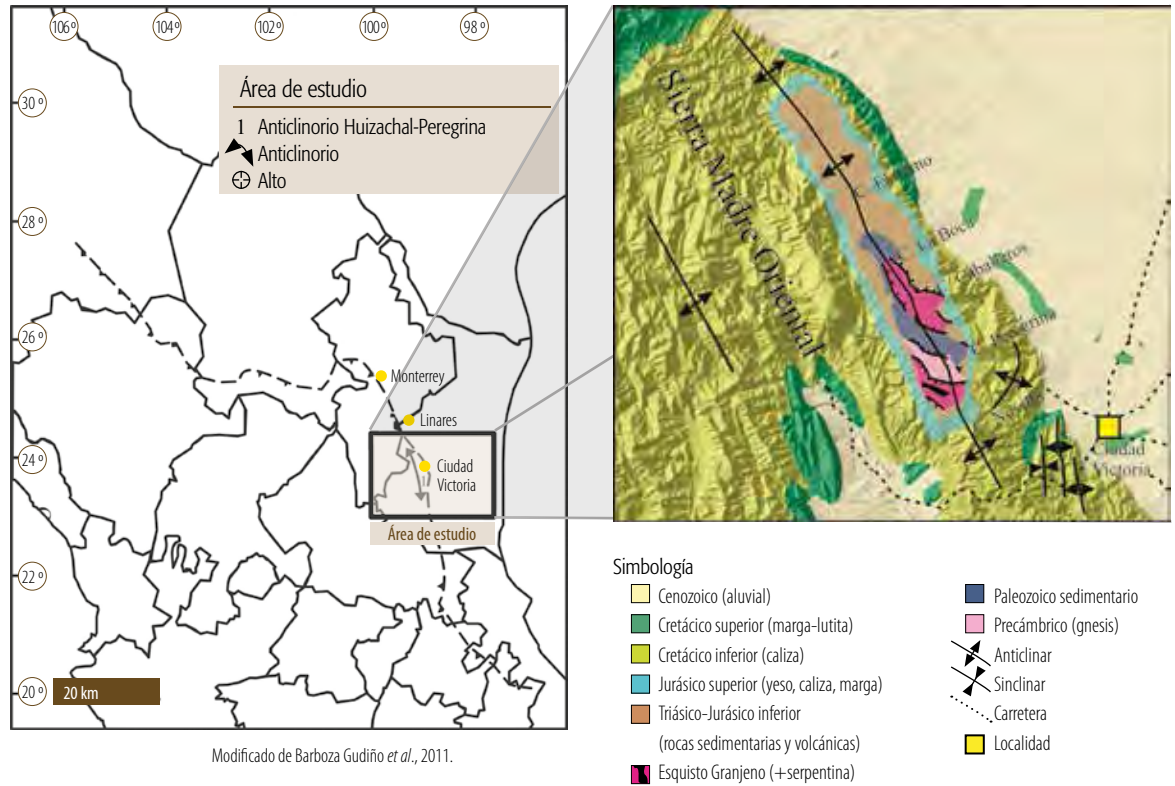
c) Secuencia sedimentaria paleozoica



d) Tonalita

Figura 2.

Localización y mapa geológico del área de estudio.



Modificado de Barboza Gudiño *et al.*, 2011.

vo, 1961; De Cserna y Ortega Gutiérrez, 1977; Ramírez Ramírez, 1978; Ortega Gutiérrez *et al.*, 1995; Dowe, 2004; Torres Sánchez, 2010; Torres Sánchez *et al.*, 2015). Las rocas metamórficas del Esquisto Granjeno afloran en dos bloques delimitados por fallas en los cañones del Novillo, Peregrina y Caballeros del anticlinorio Huizachal-Peregrina, en el estado de Tamaulipas (figura 2).

El objetivo de este estudio consiste en caracterizar el área fuente de las subunidades metasedimentarias (rocas formadas por el metamorfismo de rocas de origen sedimentario) del Esquisto Granjeno por medio del análisis de minerales pesados.

¿Cómo se realizaron los análisis?

Se llevaron a cabo campañas de campo con el fin de revisar la delimitación de

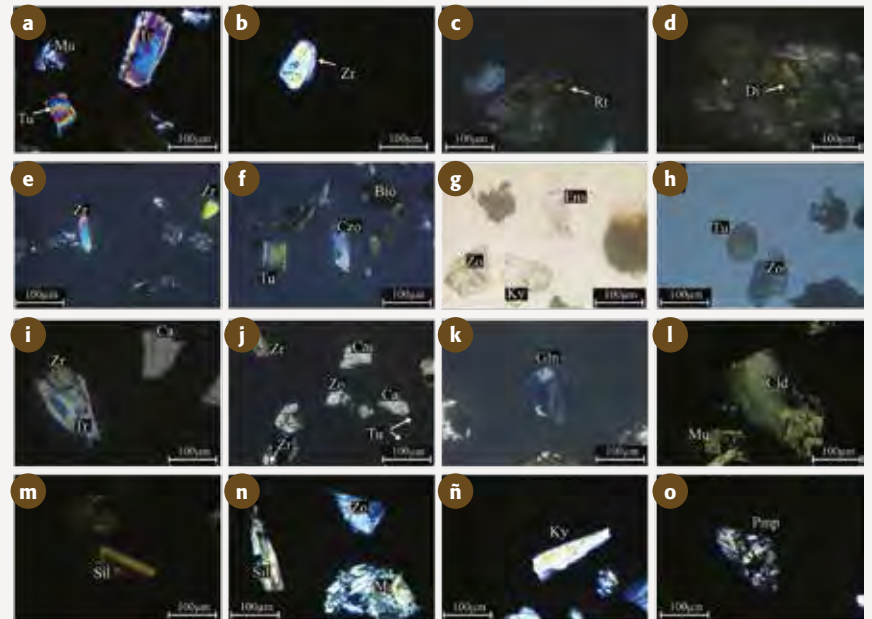
las unidades y subunidades efectuándose muestreos representativos. Para esto se consideró la carta geológica del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi), Ciudad Victoria F14-2 a escala 1:250 000. El análisis petrográfico de los concentrados minerales y secciones delgadas se efectuó con un microscopio de luz polarizada marca Carl Zeiss Axio-plan 2, con la finalidad de caracterizar las propiedades de cada mineral para su identificación. El análisis de química mineral se realizó con un equipo de Microsonda Electrónica (EMPA) modelo JEOL JXA 8230 en el Instituto de Mineralogía de la Universidad Friedrich-Schiller en Jena, Alemania. Se utilizaron estándares de silicatos y óxidos con condiciones de voltaje de excitación de 15.0 kilovoltios (kV), un haz de corriente de 15 nanoamperes (nA) y de diámetro de 2.3 micrómetros (µm). Para los análisis

de catodoluminiscencia (emisión de luz visible cuando se le incide a un material con un haz de electrones) en cuarzo, se analizaron secciones delgadas con un microscopio de luminiscencia que cuenta con un cátodo al que se le acopló un detector de señal ANDORE-CCD. El área analizada fue de un diámetro de observación de 40 milímetros (mm). El sistema opera a 13 kv con una corriente de 5 nA. La calibración de las longitudes de onda se efectuó con lámparas de mercurio (Hg) y argón (Ar).

¿Qué se puede decir sobre los análisis?

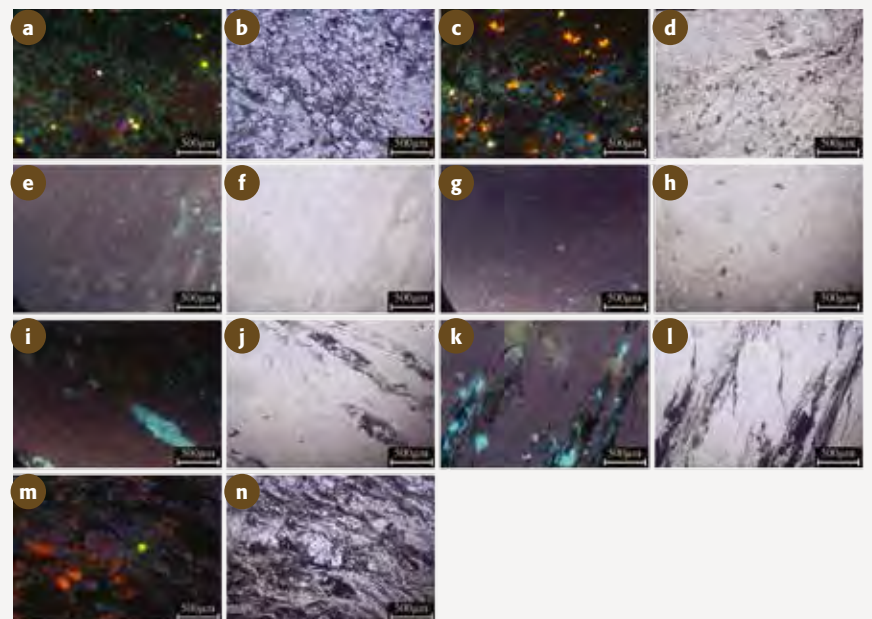
Las fases de minerales pesados en las rocas metasedimentarias del Esquisto Granjeno consisten en cristales tabulares, redondeados y fracturados de distintas especies, el más abundante es el arreglo de minerales ultraestables como circón, turmalina y rutilo. Además de los anteriores, se reconocen minerales *a)* relativamente estables como clinzoisita y zoisita, *b)* de bajo grado metamórfico como cloritoide y pumpellita, *c)* de alto grado metamórfico como cianita, sillimanita, glaucofana, *d)* del grupo del anfíbol, grupo mineral caracterizado por una doble cadena de grupos tetraédricos SiO_4 como la tremolita y *e)* del grupo del piroxeno, grupo mineral con una estructura en cadena, cuyos eslabones son tetraedros de SiO_4 como enstantita y diallagena (figura 3).

Los cristales de turmalina en las rocas metasedimentarias del Esquisto Granjeno consisten en cristales principalmente subredondeados a euhedrales (forma definida); presentan colores de absorción máxima azul, verde, amarillo, rosa y café. Tienen composición inter-



Microfotografías de los arreglos de minerales pesados en las rocas metasedimentarias.

Figura 3.



Microfotografías de los cuarzos observados bajo luz polarizada con cátodo acoplado.

Figura 4.



media entre chorlo-buergerita y dravita, minerales con un alto contenido de hierro (Fe) y magnesio (Mg) y un bajo contenido de calcio (Ca). De acuerdo con las relaciones moleculares de $Al = 6.6$, de $Fe = 1.7$ y de $Mg = 1.6$.

El espectro de color en los cuarzos de las rocas metasiliclásticas (formadas por el metamorfismo de rocas clásticas) se ha interpretado de acuerdo con el esquema de colores propuestos por Zinkenagel (1978); Augustsson y Bahl-

burg (2003) y Götze *et al.* (2001). El análisis revela que en las muestras analizadas los cuarzos son de color café y azul cielo (figura 4).

Fuente del Esquisto Granjeno

De acuerdo con los resultados de la petrografía (clasificación de las rocas) de minerales pesados, la fuente principal que aportó las proporciones más abundantes de minerales pesados como el circón, rutilo, sillimanita, cianita, anfíbol, crossita y diallagena indican haber teni-

do un origen ígneo/metaígneo de alta temperatura que pueden ser relacionadas con la unidad de basamento de alto grado metamórfico del Gneis Novillo.

El contenido de turmalina en todas las muestras analizadas indica que este mineral se formó en rocas con cuarzo-turmalina ricas en ion férrico (Fe³⁺), rocas calco-silicatadas y/o metapelíticas, que pueden relacionarse con una de las subunidades, en este caso con la de rocas calco-silicatadas del Gneis Novillo.


Según los patrones de colores obtenidos por el análisis de catodoluminiscencia en cuarzo, es posible caracterizar el área fuente que dio origen a las rocas meta-siliciclásticas. Gracias a los diferentes espectros de color en las rocas metamórficas, es posible determinar si este mineral es detrítico, magmático o metamórfico (Zinkernagel, 1978; Götze *et al.*, 2001; Augustsson y Bahlburg, 2003; y Ocampo Díaz, 2011) los resultados obtenidos indican que el contenido de cuarzo de tonalidad café fue afectado por metamorfismo de bajo grado, mientras que aquellos cristales de cuarzo con tonalidades azul claro cristalizaron a altas temperaturas.

Barboza Gudiño *et al.* (2011) reconocen procedencias principalmente de edades grenvillianas por medio del análisis de circones detríticos (1250-920 Ma) y edades panafricanas (730-530 Ma). Estos resultados sustentan que los protolitos del Esquisto Granjeno están ligados a la porción noroccidental de Gondwana.

Conclusiones

La fuente principal de las rocas del Esquisto Granjeno corresponde a las pre-

cámbricas del Gneis Novillo y a las panafricanas del Terreno Maya, lo que indica que se tienen dos fuentes principales para esta unidad paleozoica. De acuerdo con los datos geocronológicos se propone un periodo de deposición de los sedimentos que dieron origen a las rocas metasiliciclásticas del Esquisto Granjeno desde el Cámbrico hasta el Devónico.

Este trabajo de investigación brinda la oportunidad de conocer la evolución de los terrenos tectonoestratigráficos (fragmentos de antiguas placas tectónicas o bloques nuevos que se formaron y evolucionaron en el borde de una placa o continente) paleozoicos del NE de México, basándose en técnicas novedosas y de amplio alcance. 

Agradecimiento

Agradecemos al doctor Rafael Barboza Gudiño, director del Instituto de Geología de la UASLP, por el apoyo en la redacción de este artículo.

Referencias bibliográficas:

- Augustsson, C. y Bahlburg, H., (2003). Cathodoluminescence spectra of detrital quartz as provenance indicators for Paleozoic metasediments in southern Andean Patagonia. *Journal of South American Earth Sciences*, 16 (1), pp. 15-26.
- Barboza Gudiño, J. R., Ramírez Fernández, J. A., Torres Sánchez, S. A. Valencia, V. A. (2011). Geocronología de circones detríticos de diferentes localidades del Esquisto Granjeno en el noreste de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 63 (2), pp. 201-216.
- Carrillo Bravo, J. (1961). Geología del Anticlinorio Huizachal-Peregrina al NW de Ciudad Victoria, Tamaulipas. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, 13 (1-2), pp. 1-98.
- Cawood, P. A., Kröner, A., Collins, W. J., Kusky, T. M., Mooney, W. D. y Windley, B. F. (2009). *Accretionary orogens through Earth history*. Geological Society, London, Special Publications, 318 (1), pp. 1-36.
- Mickus, K. y Montana, C. (1999). Crustal structure of northeastern Mexico revealed through the analysis of gravity data. En C. Bartolini, J. Wilson y T. Lawton, (Eds.). *Mesozoic sedimentary and tectonic history of north-central Mexico*, Geological Society of America, Special Paper, 340, pp. 357-372



**SONIA
ALEJANDRA
TORRES SÁNCHEZ**

Realizó el Doctorado en Ciencias con Orientación en Geociencias en la Facultad de Ciencias de la Tierra en la Universidad Autónoma de Nuevo León. Es profesora investigadora en el Área de Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ingeniería de la UASLP en donde desarrolla el proyecto "Procesos de grafitización del Esquisto Granjeno, Petrología del Arco Volcánico Chiapaneco".

