

Georrecursos en el sector norte de la Sierra Madre Oriental: serpentina, talco y cuarcita del complejo Esquisto Granjeno

JUAN A. RAMÍREZ FERNÁNDEZ*, EDUARDO A. ALEMÁN GALLARDO*, ESTHER M. CRUZ GÁMEZ*

En la Sierra Madre Oriental, en el núcleo de grandes estructuras plegadas, como el Anticlinorio Huizachal-Peregrina y el Alto de Aramberri (figura 1) existen extensos afloramientos del complejo metamórfico Esquisto Granjeno que contienen minerales industriales como serpentina, talco y cuarzo. Tales sustancias forman yacimientos no metálicos que son de suma importancia para el desarrollo económico de la sociedad.

El Esquisto Granjeno, en el sentido de Carrillo-Bravo,¹ consta de un conjunto de rocas metamorizadas en facies de esquistos verdes, que ocurren en dos grandes bloques delimitados por fallas y que incluyen rocas serpentínicas. Los esquistos se integran por rocas metavolcánicas y metasedimentarias.² Barboza *et al.*³ fechan los protolitos sedimentarios como del Paleozoico inferior.

Este ensamble litológico se considera como un prisma oceánico de acreción, asociado al océano Rético (Ordovícico-Silúrico).^{4,5} También se asocia a un evento de subducción en el margen noroeste de Gondwana, formando el denominado Cinturón Granjeno-Acatlán, que integra la subsecuente Pangea.³ Finalmente, su exhumación ha sido asociada a la Orogenia Laramide, del Cretácico superior al Paleógeno.

Asociaciones con estas características y edades tienen una distribución muy limitada en México; se han reportado en los estados de Puebla y Sinaloa^{6,7} y las correspondientes al presente trabajo en los estados de Tamaulipas (Huizachal-Peregrina) y Nuevo León (Aramberri). Además, existen afloramientos muy restringidos en Miquihuana y Bustamante (Tamps.).

El objetivo de este trabajo es puntualizar el origen de los recursos serpentina, talco y cuarcita que alberga el Esquisto Granjeno, justificado con la integración de la información petrográfica, mineralógica y geoquímica y el análisis de diferentes afloramientos y obras mineras en las localidades del Anticlinorio Huizachal-Peregrina y Aramberri, ya que este aspecto es poco tratado en los trabajos que se han realizado sobre este conjunto litológico.

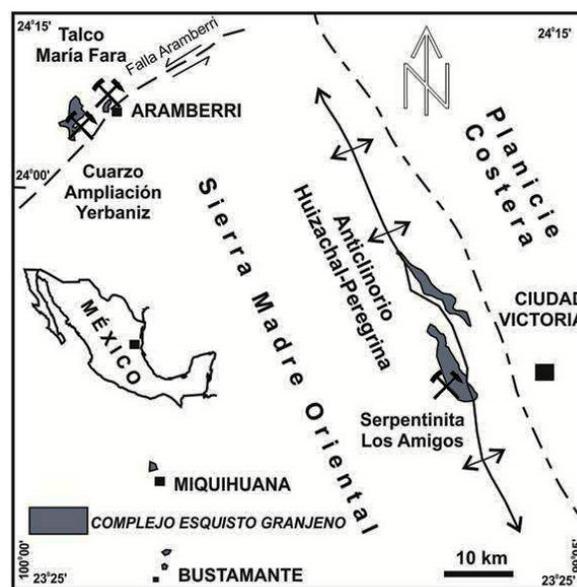


Fig. 1. Distribución del Esquisto Granjeno en la Sierra Madre Oriental (modificado de Barboza *et al.*)³ y con ubicación de los recursos industriales.

METODOLOGÍA

Se describieron las rocas objeto de estudio en: a) Cañón de Peregrina, cuyo acceso es en el kilómetro 4 de la carretera interejidal Ciudad Victoria-Santa Engracia, en el ejido La Libertad. Dentro del cañón se recorren aproximadamente 15 km de terracería; b) Cañón del Novillo, ubicado aproximadamente a 17 km al WSW de Cd. Victoria; la entrada se encuentra en el kilómetro 1 de la Carretera Federal 101 en dirección a Jaumave. Dentro del cañón se transitan cerca de 12 km; c) Aramberri. Los lotes mineros se localizan a 6.5 km al W de este poblado y por el arroyo Contadero hasta el cerro La Cohetería, a 2.5 km al NE de la cabecera municipal.

* Universidad Autónoma de Nuevo León.
Contacto: alonso_fct@hotmail.com

Se revisaron secciones delgadas representativas de serpentinita de los cañones Peregrina y Novillo y de esquisto, cuarcita y las rocas encajonantes a la mineralización del talco en el área de Aramberri. Dichas láminas fueron preparadas en la Facultad de Ciencias de la Tierra (UANL). Se contó además con análisis químicos (elementos mayores y traza) de las serpentinitas (tabla I) realizados en ACME Analytical Laboratories LTD (Canadá) por la técnica analítica ICP-AAS.

Marco geológico del Esquisto Granjeno

En el Anticlinorio Huizachal Peregrina se presentan importantes afloramientos de gneises precámbricos (Gneis Novillo ~1.0 Ga)⁸ y de rocas sedimentarias paleozoicas no metamorfizadas, que incluyen capas del Silúrico con fauna de afinidad a Gondwana, del Carbonífero y del Pérmico inferior⁹ de afinidad de Laurentia, cuya edad de depósito es por lo menos, en parte, equivalente a la del metamorfismo del Esquisto Granjeno. De acuerdo a las edades máximas de depósito, que arroja la geocronología de circones detríticos en los metasedimentos, el protolito volcanosedimentario se ubica en el Paleozoico inferior.³ Por otra parte, al evento metamórfico se le ha asignada una edad del Carbonífero tardío.¹⁰

La existencia de un cuerpo granítico no afectado por el metamorfismo, pero sí por posteriores eventos cataclásticos en el Cañón del Novillo, permite plantear¹¹ las fases deformacionales del conjunto rocoso que se relacionan con el Esquisto Granjeno: D1 directamente relacionada a una fase temprana del cierre oceánico y obducción ofiolítica, previos al emplazamiento del plagiogranito, mientras que D2 se asociaría a movimientos dextrales con orientación NNW-SSE y D3 se generaría por el mecanismo de exhumación regional.

La relación entre sus componentes litológicos: el esquisto, las serpentinitas y todas estas rocas precámbricas y paleozoicas es tectónica. Dicha relación se estableció posteriormente al evento metamórfico,³ también es posterior al depósito de turbiditas del Carbonífero-Pérmico, contenidas en la parte superior de la secuencia paleozoica no metamorfizada (Fm. Guacamaya). La relación por fallas normales y posiblemente con desplazamiento lateral que se observa entre los esquistos y gneises, así como entre los esquistos y los sedimentos paleozoicos no metamorfizados, es el resultado del *fallamiento* posterior, probablemente asociado a un pulso de deformación en conexión con la última etapa de formación de Pangea en el Paleozoico superior.

En el área de Aramberri, la unidad de esquistos conforma el basamento que subyace a lechos rojos, evaporitas y carbona-

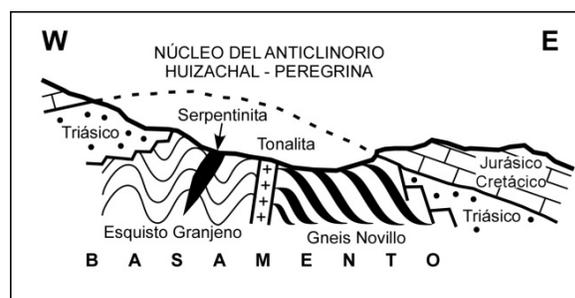


Fig. 2. Relación del complejo Esquisto Granjeno con otras estructuras del basamento de la Sierra Madre Oriental (modificado de Ramírez-Ramírez).¹³

tos de la secuencia del Mesozoico de la Sierra Madre Oriental. La geometría del contacto entre la serpentinita y los esquistos indica que la primera subyace al segundo y localmente lo penetra (figura 2).¹²

Composición del complejo Esquisto Granjeno

Como se indicó, este complejo está integrado por dos conjuntos litológicos fundamentales, relacionados por contacto tectónico: serpentinitas y esquistos *sensu lato*.

Serpentinitas: afloran ampliamente en el Anticlinorio Huizachal-Peregrina, mientras que en Aramberri su exposición es limitada. La composición modal está dada principalmente por minerales del grupo de la serpentina: lizardita y crisotilo (asbesto) y talco en menor medida; además contiene bastita generada por la serpentización de piroxeno y olivino, parcialmente conservados. Se observan también accesorios como magnetita (figura 3, derecha), brucita, clorita y magnesita.

Las texturas son de tipo pseudomórfico, de las cuales destaca la mallada (figura 3) y la presencia de rocas con un grado de serpentización muy bajo en el que aún se reconoce la textura cumúlítica del protolito. Las rocas con texturas no pseudomórficas muestran formas esqueletales, columnares y de relleno en vetas (figura 3, izquierda). La presencia predominante de lizardita con textura mallada, generada a partir de cristales de olivino y abundante bastita, constituidas del mismo mineral, pero a partir de piroxenos, indican petrográficamente que el protolito de las serpentinitas se encuentra en la zona de transición entre la parte superior del manto, dada posiblemente por lherzolitas o una harzburgitas, y la zona de cumulatogabríficos de la corteza oceánica.

Utilizando muestras de serpentinitas de los cañones Novillo y Peregrina, con base en el patrón de REE y multielementos, se indica que los protolitos de las serpentinitas son dunita y harzburgita, con mayor probabilidad la primera,¹⁴ provenientes de antigua corteza oceánica.

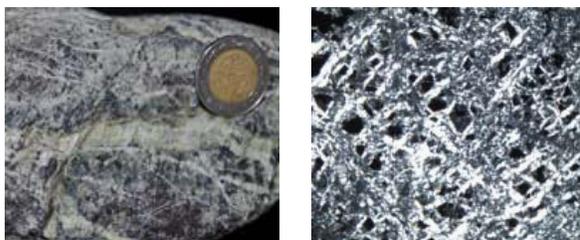


Fig. 3. Aspecto típico de las serpentinitas, Cañón Novillo, Cd. Victoria. Izquierda, roca serpentinizada de la mina Los Amigos, prospecto de serpentina. Masa de lizardita atravesada por crisotilo (asbesto) y fractura de cizalla. Derecha, microfotografía de lámina delgada (muestra CNL1, Nx, canto inferior 4 mm), Lizardita con centros de magnetita (negra) y textura en malla.

Esquistos: en el basamento de Aramberri predominan los esquistos cuarzosos y cuarcitas, en los que abundan el cuarzo (figura 4, izquierda), muscovita, clorita y albita, al corresponder a protolitos pelíticos y psammiticos, mientras que los de procedencia metavolcánica (asociación de clorita-epidota-actinolita y metacarbonatos con tremolita) son escasos.²

En los afloramientos y muestras en lámina delgada provenientes de Aramberri se constataron las tres fases deformacionales planteadas en la literatura para estas rocas representadas por superficies:¹¹⁻³ a) S1 afectada por plegamiento isoclinal y raras veces también con microplegamiento interno (figura 4, izquierda), b) S2 subparalela a S₀ y orientación mineral bien desarrollada y c) S₃ expresada sobre S₂ con lineaciones de crenulación, mejor observada en las escamas de micas y clorita. Lo más notorio son las bandas de cuarzo (figura 4, izquierda) paralelas a los planos de foliación y pliegues isoclinales subparalelos a la estratificación. Además, el cuarzo tiene fracturamiento interno que evidencia una fase posmetamórfica en un ambiente semifrágil.

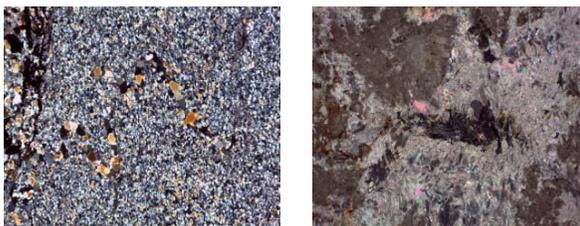


Fig. 4. Rocas de interés económico para cuarzo y talco, Aramberri, N.L. Izquierda, roca cuarzosa de la mina Ampliación Yerbániz, con vetilla plegada (muestra A6, Nx, canto inferior 10 mm). Derecha, mineralización de talco de la mina María Fara (sección Ca1, Nx, canto inferior 10 mm) con relictos de minerales serpentiniticos (centro) y magnesita (borde izquierdo y superior).

Metamorfismo vs. minerales industriales

La historia geológica de estas rocas involucra varios procesos metamórficos frecuentes en la naturaleza, por medio de los

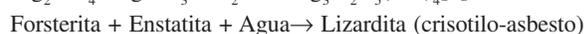
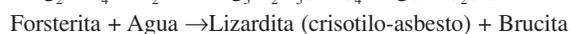
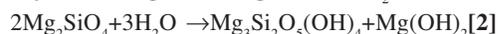
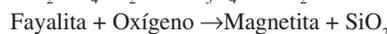
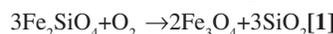
cuales se han originado los minerales de serpentina (ricos en magnesio), talco y la cuarcita (cuarzo).

Serpentina: las dunitas son rocas provenientes del manto terrestre con abundante olivino (rico en forsterita), mientras que las harzburgitas contienen ortopiroxenos (enstatita), todos minerales anhidros ricos en Mg. En un proceso de metamorfismo hidrotermal, como es común en un ambiente de dorsal oceánica, se producen reacciones en presencia de H₂O y en ocasiones CO₂, O₂ y SiO₂ (acuoso), dando lugar a minerales hidratados como los observados en las serpentinitas estudiadas, ocurriendo una removilización del Mg. Las reacciones pueden ser varias, se presuponen algunas (reacciones [1] a [3]), a partir de las asociaciones minerales observadas: lizardita-crisotilo-talco-magnetita-brucita-estichtita. La estichtita¹⁵ es considerada como producto de la alteración de espinelas ricas en Cr y Fe⁺³ formada en condiciones reductoras.

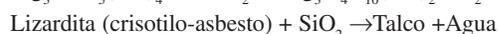
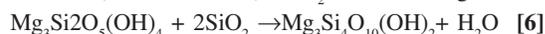
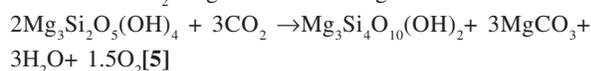
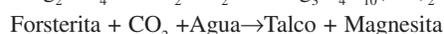
Las reacciones corresponden a un proceso metamórfico tipo hidrotermal retrógrado, donde se forman las serpentinitas, a partir de dunitas y harzburgitas.

Reacciones involucradas en la formación de los minerales industriales a partir de dunita, harzburgitas, metapelitas y metapsammitas: magnesio, talco, cuarzo, durante los procesos metamórficos (basada en John *et al.*¹⁶):

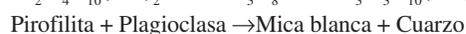
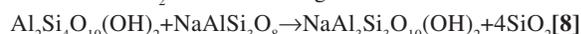
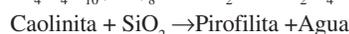
Para los minerales serpentiniticos



Para el talco



Para el cuarzo



Al comparar la composición química de las serpentinitas con sus protolitos (dunita y harzburgita) similares de los macizos de Moa-Baracoa y Cristal-Mayarí en Cuba Oriental, rocas menos afectadas por el proceso de serpentización, con valores de MgO entre 35-38%, y SiO₂ entre 37-41%, se observa que el MgO no tiene variación significativa (tabla I) y se encuentra en los intervalos 36-38%. Sin embargo, los de SiO₂ manifiestan un ligero incremento al poseer valores entre 37-43%, atestiguando sobre la removilización del Mg y la participación del SiO₂ en las reacciones establecidas.

Tabla I. Composición química (wt%) de las serpentinitas de los cañones Novillo y Peregrina (Tamaulipas)¹⁴ y rocas ultramáficas no serpentinizadas de las ofiolitas Moa-Baracoa y Cristal-Mayarí en Cuba Oriental. Procedencia de las muestras: CN y CP cañones Novillo y Peregrina; H-M y D-M, harzburgitas y dunitas Moa-Baracoa, Cuba; H-C y D-C, harzburgitas y dunitas Cristal-Mayarí, Cuba,¹⁷ n-muestras promediadas.

Muestras	CN n=4	CP n=2	H-M n=4	D-M n=3	H-C n=5	D-C n=2
SiO ₂	42.5 3	37.8	39.08	37.92	40.83	39.47
Fe ₂ O ₃	5.07	8.87	7.75	9.01	8.30	8.32
MgO	36.7	37.4	37.67	36.88	36.57	35.19
CaO	0.1	0.13	0.36	0.60	0.07	0.01

En los afloramientos del Cañón del Novillo se explota esta roca para obtener magnesio en la mina Los Amigos. Decenas de denuncios se registran en el Servicio Geológico Mexicano (SGM, <http://www.sgm.gob.mx/>) por este recurso en los cañones Novillo y Peregrina, Cd. Victoria, Tamaulipas.

La serpentinita se utiliza en altos hornos en forma de ladrillos refractarios junto con magnesita. Además, se puede utilizar como roca ornamental por su textura intrincada y atractivos colores verdes.

Talco: este mineral se presenta en cantidades de interés industrial formando pequeños cuerpos irregulares. En la mina María Fara (Aramberri) está vinculada a una zona de contacto tectónico entre el esquisto y serpentinita. También en los cañones Novillo y Peregrina⁸ se encuentran alrededor de los márgenes del contacto del cuerpo principal de serpentinita con el metasedimentario, rocas descritas por el mineral principal con clorita-nefríta, talco y talco-carbonato (figura 2). El SGM registra varios lotes mineros de talco al poniente del rancho El Novillo (Ciudad Victoria) y en los alrededores del cerro La Cohetería (Aramberri) con íntima relación esquisto-serpentinita.

Uno de los orígenes del talco es a partir de los minerales serpentínicos (lizardita-crisotilo), según reacciones que tienen

lugar bajo presiones dirigidas y abundante sílice.¹⁸ Tales presiones se desarrollaron durante la obducción de este depósito al ensamblarse Pangea. Se presupone que el talco se forma bajo algunas reacciones metamórficas dentro de las que se muestran en [4], [5], [6]. En la figura 4 (derecha) se observan relictos de minerales serpentínicos en la masa de talco y además hay magnesita, confirmando la procedencia de este mineral.

El talco es un mineral industrial apreciado por su baja dureza por ser inerte, su alta absorción y hábito escamoso. Se le puede utilizar como material de carga en la cerámica y como absorbente en la cosmética.

Cuarzo: mineral esencial en cuarcitas y esquistos cuarzosos. Únicamente en la mina Ampliación Yerbaniz (Aramberri) a través de tajos en cuarcita hay explotación de este recurso. Estas manifiestan esquistosidad y varias fases deformacionales. Como ya se indicó, los esquistos estudiados se asocian a la subducción de la margen noroeste de Gondwana. Los minerales observados en las metapsammitas y metapelitas (rocas más abundantes en este depósito) son: cuarzo, mica blanca, albita, clorita (figura 4, izquierda). Corresponden originalmente a sedimentos arenosos y arcillosos, respectivamente. Las reacciones [7] y [8] corresponden al metamorfismo (facies de esquistos verdes) de acuerdo a los minerales presentes en las cuarcitas y esquistos de interés industrial, en particular la formación de cuarzo (SiO₂), fuente de sílice.

El cuarzo proveniente de estas rocas se puede utilizar por su dureza como abrasivo. Los cristales aislados se pueden utilizar como semiconductores, material de carga, en la cerámica, en los procesos de fracturamiento hidráulico (*fracking*).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Rocas ultramáficas (con más de 90% de minerales máficos) dunitas y harzburgitas son los protolitos de las serpentinitas originadas en el piso del océano Rhéico durante el Ordovícico-Silúrico, estableciéndose metamorfismo en presencia de H₂O, CO₂ y SiO₂ causando la removilización del Mg en las fases anhidras (olivinos y piroxenos) y la formación de minerales hidratados (lizardita y crisotilo-asbesto). Esto de acuerdo a reacciones como las representadas del [1] al [3]. Los minerales de serpentina se originaron por el metamorfismo hidrotermal retrógrado de bajo grado en la facies de Esquistos Verdes, previo al proceso de subducción oceánica bajo Gondwana.

El talco es un mineral que requiere condiciones de mayor presión para su formación. En el área de estudio se propone asociarlo a determinadas zonas de fallas presentes entre la masa de serpentinitas o con los esquistos, cuando el conjunto

obduce para integrarse a Pangea. Por tal motivo, su distribución es más restringida, permitiendo relacionar su formación con un metamorfismo orogénico progrado (reacciones [4] a [6]) con la necesaria presencia de presiones dirigidas y abundante SiO_2 , condiciones que se pueden relacionar con el fallamiento subhorizontal asociado a la obducción y formación del cinturón Granjeno-Acatlán durante el Paleozoico superior.

Las cuarcitas y esquistos cuarzosos pertenecen a las rocas más abundantes en la parte metasedimentaria del complejo metamórfico Esquisto Granjeno, derivadas de las reacciones [7] y [8], durante su participación en el proceso de subducción del margen noroeste de Gondwana.³ Así, la clasificación es de un metamorfismo orogénico progrado de bajo grado en la facies de los esquistos verdes.

Todo conduce a relacionar la formación de minerales de serpentina, talco y cuarzo (en cuarcitas) a procesos de polimetamorfismo y en condiciones anorogénicas de piso oceánico los primeros (lizardita, crisotilo-asbesto), y orogénicas los segundos (el cuarzo acumulado ante una zona subducción y talco por obducción).

Las serpentinitas contienen otros cuerpos rocosos como cuñas en su masa principal, que corresponden a relictos de su protolito y metagabros. Éstos constituyen lentes rocosos muy competentes y que afectan la extracción del recurso por lo que deben ser bien identificados durante la explotación. De igual forma las intercalaciones de metapelitas, metavulcanitas y metacarbonatos en los cortes de los esquistos afectan los contenidos de sílice y su posible uso en la industria.

Numerosas obras mineras de serpentinita (Los Amigos, Los Amigos II y III, Chocolate, La Asunción en Cd. Victoria), talco (San Román, Sarita, Buenaventura, María Fara en Cd. Victoria y Aramberri) y cuarcita (Ampliación Yerbaniz en Aramberri) se reportan en los yacimientos estudiados.

Si se considera la distribución de estas rocas en la SMO (figura 1), la serpentinita, el cuarzo y más limitadamente el talco son prospectables únicamente en el Complejo del Esquisto Granjeno. Se recomienda la exploración en las zonas de contacto entre serpentinitas y esquistos o bien a lo largo de planos de antiguas fallas, asimismo en las zonas donde aflora la variedad psammítica del esquisto.

RESUMEN

El Esquisto Granjeno contiene importantes reservas industriales de serpentinita, talco y cuarcita, minerales no metálicos, generados en procesos de metamorfismo, en condiciones anorogénicas hidrotermales (presubducción) y orogénicas (sub-

ducción). Éstas forman parte del basamento geológico de la Sierra Madre Oriental, en extensos afloramientos del Anticlinorio Huizachal-Peregrina, Tamaulipas y del Alto de Aramberri, Nuevo León.

La serpentinita se asocia al desarrollo del océano Rhéico (Ordovícico-Silúrico), el talco posiblemente fue originado cuando estas rocas obducen para integrarse a Pangea y el cuarzo formando parte original de cuarcitas y esquistos cuarzosos, acumulados durante la subducción del margen noroeste de Gondwana y posteriormente metamorfizados.

Palabras claves: Esquisto Granjeno, Serpentina, Talco, Cuarzo, Minerales industriales, Sierra Madre Oriental.

ABSTRACT

Granjeno Schist metamorphic complex belongs to the heterogeneous geological basement of the Sierra Madre Oriental, cropping out along the Huizachal-Peregrina Anticlinorium (Tamaulipas) and the Aramberri Uplift (Nuevo León). It encloses important industrial mineral reserves: serpentinite, talc and quartz. Their petrogenesis is related to a complex metamorphic history: hydrothermal anorogenic (pre-subduction) and orogenic conditions (subduction) during the assemblage of Pangea. Serpentinites are associated to the Rheic Ocean floor (Ordovician-Silurian), while the talc deposits were originated when those rocks obducted during the Pangea assemblage. Quartz represents a relict in the quartzite and quartz schists from the sedimentary prism along the Northwestern margin of Gondwana.

Keywords: Granjeno Schist, Serpentine, Talc, Quartz, Industrial minerals, Sierra Madre Oriental.

REFERENCIAS

1. Carrillo-Bravo, J. Geología del Anticlinorio Huizachal-Peregrina al NW de Ciudad Victoria, Tamaulipas: Bol. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros, 13, 1961, p. 1-98.
2. Torres-Sánchez, S.A. Petrología e Interpretación Geodinámica del Esquisto Granjeno en el Cañón de Caballeros, Anticlinorio Huizachal-Peregrina, NE de México: Linares, Nuevo León, México. UANL, Tesis de Licenciatura, 2009, 186p.
3. Barboza-Gudiño, J.R., Ramírez-Fernández, J.A., Torres-Sánchez, S.A., Valencia, V.A. Geocronología de circones detríticos de diferentes localidades del Esquisto Granjeno en el noreste de México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 66, 2, 2001, p. 201-216.
4. Dowe, D. Deformational history of the Granjeno Schist near Ciudad Victoria, Mexico: Department of Geological Sciences and the College of Arts and Sciences of Ohio University, M.Sc. Thesis, 2004, 108p.

5. Nance, R.D., Fernández-Suárez, J., Keppie, J.D., Storey, C., and Jeffries, T.E. Provenance of the Granjeno Schist, Ciudad Victoria, Mexico: Detrital zircon U-Pb age constraints and implications for the Paleozoic paleogeography of the Rheic Ocean, in Linneman, U., Nance, R.D., Kraft, P., Zulauf, eds., *The evolution of the Rheic Ocean: From Avalonian-Cadomian active margin to Alleghenian-Variscan collision*: Geological Society of America Special, 2007, p. 453-464.
6. Proenza, J.A., Ortega-Gutiérrez, F., Camprubí, A., Trittlac, J., Elías-Herrera, M., Reyes-Salas, M. Paleozoic serpentinite-enclosed chromitites from Tehuiztzingo (Acatlán Complex, southern Mexico): a petrological and mineralogical study. *Journal of South American Earth Sciences* 16, 2004, p. 649-666.
7. Ortiz-Hernández, L.E., Escamilla-Casas, J.C., Flores-Castro, K. Características geológicas y potencial metalogénico de los principales complejos ultramáficos-máficos de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. LVII (4), 2006, p. 161-181.
8. Ortega-Gutiérrez, F. El Gneis Novillo y rocas metamórficas asociadas en los cañones del Novillo y de la Peregrina, área de Ciudad Victoria, Tamaulipas: Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, 2, 1978b, p. 19-30.
9. Stewart, J.H., Blodgett, R.B., Boucot, A.J., Carter, J.L., Lopez, R. Exotic Paleozoic strata of Gondwanan provenance near Ciudad Victoria, Tamaulipas, Mexico, in Ramos, V.A., Keppie, J.D., (eds.), *Laurentia-Gondwana connections before Pangea*: Geological Society of America Special Paper, 336, 1999, 227-252.
10. Torres-Sánchez, S.A., Augustsson, C., Barboza-Gudiño J.R., Jenchen, U., Ramírez-Fernández, J.A., Abratis, M., Scherstén, A. Magmatic source and metamorphic grade of metavolcanic rocks from the Granjeno Schist: was northeastern Mexico a part of Pangaea? *Geol. J.*, 2015, Published online in Wiley Online Library, (wileyonlinelibrary.com). DOI: 10.1002/gj.2702.
11. Dowe, D. Deformational history of the Granjeno Schist, Ciudad Victoria, Mexico: Constrains of the Rheic Ocean? *International Geology Review*, 47, 2005, p. 920-230.
12. De Cserna, Z., Ortega-Gutiérrez, F. Alóctono del Paleozoico inferior en la región de Ciudad Victoria, estado de Tamaulipas. *Revista del Instituto de Geología de la Universidad Autónoma Nacional de México*, 1, 1977, p. 33-43.
13. Ramírez-Ramírez, C. Pre-Mesozoic geology of Huizachal-Peregrina Anticlinorium, Cd. Victoria, Tamaulipas, and adjacent parts of eastern Mexico: Unpubl. Ph.D. Thesis, University of Texas at Austin, 1992, 317p.
14. Alemán-Gallardo, E.A. Remanentes del piso oceánico en la secuencia paleozoica metamorfozada de la margen NW de Gondwana en el estado de Tamaulipas, NE de México: *Serpentinitas Victoria*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL, 2013, 125p.
15. Ehrlicke, C. Mafische und ultramafische Gesteine des Novillo-Canyons, Sierra Madre Oriental, Mexiko: Diplom Arbeit, Institut für Mineralogie, Petrologie und Geochemie der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Alemania, 1998, 93p.
16. John, T., Scambelluri, M., Frische, M., Barnes, H.D., Bach, W. Dehydration of subducting serpentinite: Implications for halogen mobility in subduction zones and the deep halogen cycle. *Earth and Planetary Science Letters* 308, 2011, p. 65-76.
17. Marchesi, C., Garrido, C.J., Godard, M., Proenza, J.A., Gervilla, F., Blanco-Moreno, J. Petrogenesis of highly depleted peridotites and gabbroic rocks from the Mayarí-Baracoa Ophiolitic Belt (eastern Cuba): *Contrib. Mineral. Petrol.*, 151, 2006, p. 717-736.
18. Spear, F.S., 1993. *Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature-Time Paths*: Mineralogical Society of America, Monograph, 1993, p.781.

Recibido: 11-09-15

Aceptado: 03-12-15