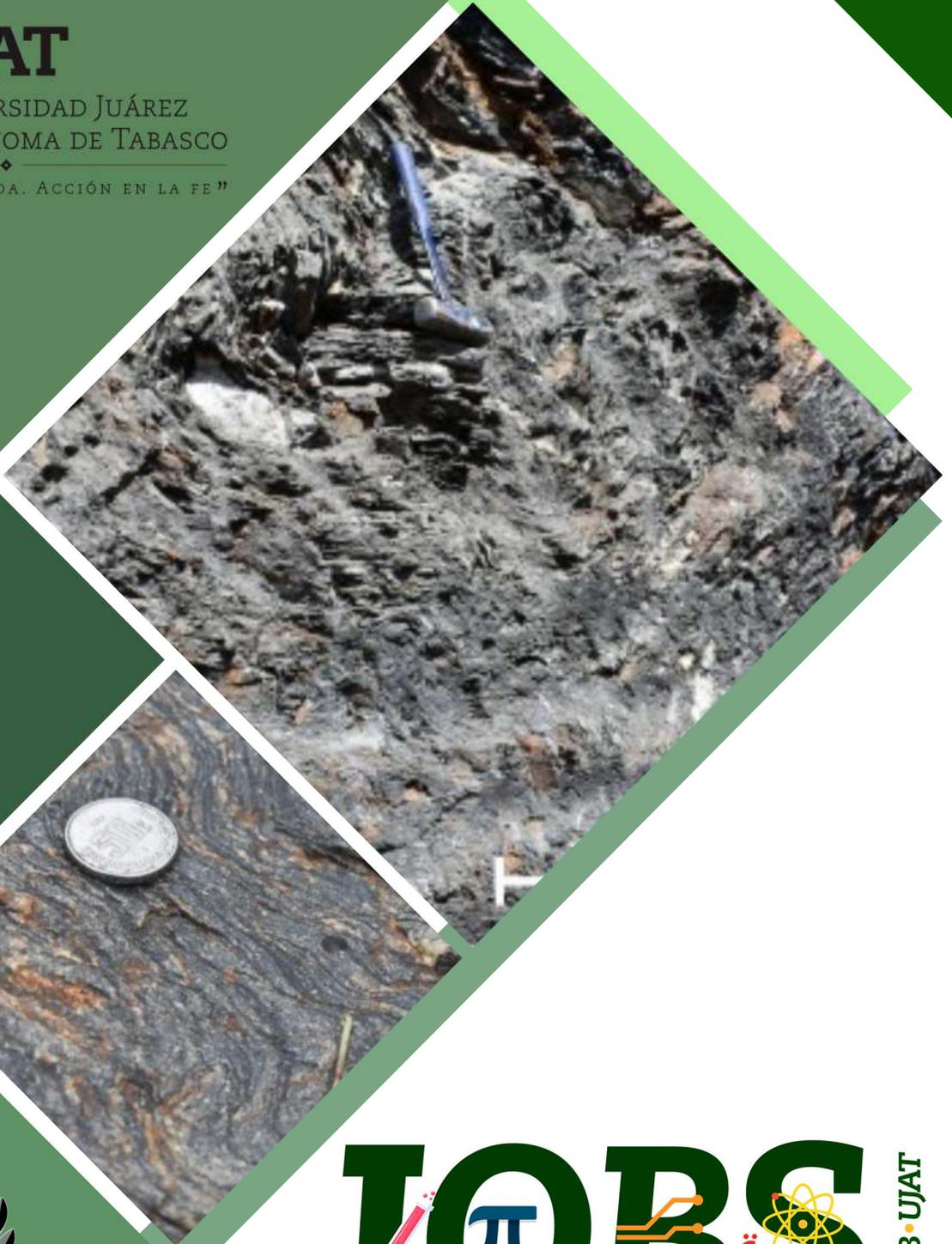




**UJAT**

UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”



# JOB $\pi$ BS

DACB • UJAT

## Journal of Basic Sciences

Volumen 10 • número 27 • enero-abril 2024

ISSN:2448-4997

<https://revistas.ujat.mx/index.php/jobs>

OPEN  ACCESS



La revista **Journal of Basic Sciences** (antes Revista de Ciencias Básicas UJAT) es una revista electrónica multidisciplinaria que es editada por la División Académica de Ciencias Básicas (DACB) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) desde el 2002. Desde su nacimiento hasta el año 2014, se editaba semestralmente y de manera impresa, pero durante un proceso de reestructuración y relanzamiento, sufrió algunos cambios. A partir del 2015 cambió de título a su nombre actual, migró al modo solo electrónico y además pasó a ser editada cuatrimestralmente. La revista publica artículos con resultados de investigaciones científicas originales en los campos de la Física, Química, Matemáticas, Ciencias Computacionales y áreas afines. Sitio web: <http://revistas.ujat.mx/index.php/jobs>. Editor responsable: **Carlos Ernesto Lobato García**. Informes: [jobs@ujat.mx](mailto:jobs@ujat.mx). Es una revista de **Revista de acceso libre!**

## Directorio Institucional

### Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

- Lic. Guillermo Narváez Osorio. Rector
- Dr. Luis Manuel Hernández Govea. Secretario de Servicios Académicos
- Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez. Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación
- Dr. Pablo Marín Olán. Director de Difusión, Divulgación Científica y Tecnológica

## Directorio Divisional

### División Académica de Ciencias Básicas

- Dra. Hemicenda Pérez Vidal. Directora
- Dr. Luis Manuel Martínez González. Coordinador de Investigación
- M.C. Abel Cortazar May. Coordinador de Docencia
- Mtro. Santiago Antonio Méndez Pérez. Coordinador de Difusión Cultural y Extensión
- L.Q. Esmeralda León Ramos. Jefa de Investigación

## Comité Editorial

- Dr. Carlos Ernesto Lobato García. Editor en Jefe
- Dr. Adib Abiu Silahua Pavón. Gestor Editorial
- Mtra. Claudia Gisela Vázquez Cruz. Editora Asociada. Actuaría
- Mtra. María Hortensia Almaguer Cantú. Editora Asociada. Ciencias de la Computación
- Dr. José Arnold González Garrido. Editor Asociado. Ciencias Farmacéuticas
- Dr. José Luis Benítez Benítez. Editor Asociado. Física
- Mtro. Guillermo Chávez Hernández. Editor Asociado. Geofísica
- Dra. Addy Margarita Bolívar Cimé. Editora Asociada. Matemáticas
- Dra. Nancy Romero Ceronio. Editora Asociada. Química
- Dr. Carlos Mario Morales Bautista (Editor Invitado)

## Contenido

	Pag.
<b>Análisis estructural y modelamiento molecular de los receptores de odorante Or4 de mosquitos <i>Aedes aegypti</i></b>	1-17
<b>Regulación de la angiogénesis por antioxidantes en el cáncer de mama triple negativo</b>	18-34
<b>Principales alimentos funcionales con efecto hipoglucemiante en Diabetes mellitus</b>	35-45
<b>Bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre provenientes de diferentes rizosferas de mangles</b>	46-57
<b>Contaminación y deficiencia de la calidad por uso de suelos agrícolas: una revisión cualitativa</b>	58-64
<b>Síntesis de Ugi de tres componentes (U-3CR) en presencia de metales de transición. Obtención de N-bencil-2-fenil-2-(fenilamino)acetamida</b>	65-74
<b>Condiciones metamórficas del grafito en el Complejo Metamórfico Paleozoico Esquistos Granjeno</b>	75-81
<b>Determinación del parámetro Vs30 en el Municipio de Teapa, Tabasco</b>	82-86
<b>Problema de control para el modelo básico de la hepatitis C con tratamiento</b>	87-105



## Condiciones metamórficas del grafito en el Complejo Metamórfico Paleozoico Esquisto Granjeno

Torres-Sánchez, Sonia A.<sup>1,\*</sup>, Augustsson, Carita<sup>2</sup>, Jenchen, Uwe<sup>3</sup>, Barboza-Gudiño, Rafael<sup>4</sup>, Morales-Bautista, Carlos M.<sup>5</sup>, García-Zaleta, David S.<sup>5</sup>, Hernández-Martínez, Karla R.<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 78290, San Luis Potosí, S.L.P, México

<sup>2</sup>Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad de Stavanger, 4021, Stavanger, Noruega

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León, 67700, Nuevo León, México

<sup>4</sup>Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 78290, San Luis Potosí, S.L.P, México

<sup>5</sup>División Académica de Ciencias Básicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 86690, Tabasco, México. <sup>6</sup>Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, 78216, San Luis Potosí, S.L.P, México.

\*sonia.torres@uaslp.mx

---

### Resumen

El Complejo Metamórfico Paleozoico Esquisto Granjeno se compone por rocas con eductos sedimentarios e ígneos. El énfasis de este trabajo radica en la una unidad grafitica, de la cual no se ha entendido completamente su origen y evolución. Durante el metamorfismo las condiciones de grafitización corresponden a un proceso irreversible. Por lo cual el proceso de grafitización se considera un indicador confiable para estimar las condiciones térmicas máximas durante el metamorfismo. Se realizaron análisis geoquímicos en roca total y mineral con la finalidad de estimar las condiciones de grafitización y la mineralogía formada durante este proceso. Se estima que el proceso de grafitización ocurrió en dos rangos de temperatura de 318–339°C y 426–432°C. Por lo tanto, los sedimentos ricos en materia orgánica depositados en una cuenca oceánica localizada en la periferia del NW Gondwana fueron afectados por alto grado de metamorfismo regional durante el cierre de Pangea.

**Palabras claves:** Grafito, geoquímica, metamorfismo, Complejo Metamórfico Paleozoico Esquisto Granjeno

### Abstract

The Granjeno Schist Paleozoic Metamorphic Complex consists of rocks with sedimentary and igneous protoliths. The emphasis of this work is focused on the graphitic unit, which its origin and evolution has not been completely understood. During metamorphism, graphitization is an irreversible process. Therefore, the graphitization process is considered a reliable indicator to estimate the maximum thermal conditions during metamorphism. Geochemical analyzes were carried out on total rock and minerals to estimate the graphitization conditions and the mineralogy formed during this process. It is estimated that the graphitization process occurred in two temperature ranges of 318–339°C and 426–432°C. Therefore, organic-rich sediments deposited in an oceanic basin located on the periphery of NW Gondwana were affected by a high degree of regional metamorphism during the closure of Pangea.

**Keywords:** Graphite, geochemistry, metamorphism, Granjeno Schist Paleozoic Metamorphic Complex

Recibido: 01 de diciembre de 2023. Aceptado: 22 de diciembre de 2023. Publicado: 30 de abril de 2024.



## 1. Introducción

El mineral grafito es bastante conocido por ser el componente principal de los lápices y puntillas que usamos para escribir, se encuentra presente en diversas rocas de origen metamórfico. Antes de continuar habrá que entender que es el metamorfismo, el cual corresponde a un proceso geológico que da lugar a un cambio en la mineralogía, estructura, microestructura y/o la composición de una roca original conocida como protolito, bajo el efecto de variaciones de temperatura y presión para formar así una nueva roca llamada roca metamórfica [1]. Continuando con el grafito, éste corresponde a la forma estable del carbono elemental en la superficie y en la corteza de la Tierra. El proceso de grafitización consiste en la transformación progresiva e irreversible de manera natural de material rico en carbono a grafito cristalino [2].

Una localidad muy particular en donde se ha formado grafito de manera natural la podemos encontrar en el Complejo Metamórfico Paleozoico Esquisto Granjeno (CMPEG) el cual aflora en los cañones Novillo, Peregrina y Caballeros del núcleo del anticlinorio Huizachal-Peregrina en Tamaulipas, México formando parte de uno de una de las unidades litológicas del basamento geológico de la Sierra Madre Oriental (Fig. 1). Además de esta unidad en el anticlinorio Huizachal-Peregrina se encuentran aflorando rocas mesoproterozoicas y neoproterozoicas como el Gneis Novillo, un cuerpo ígneo de tonalita y una secuencia paleozoica sedimentaria [3].

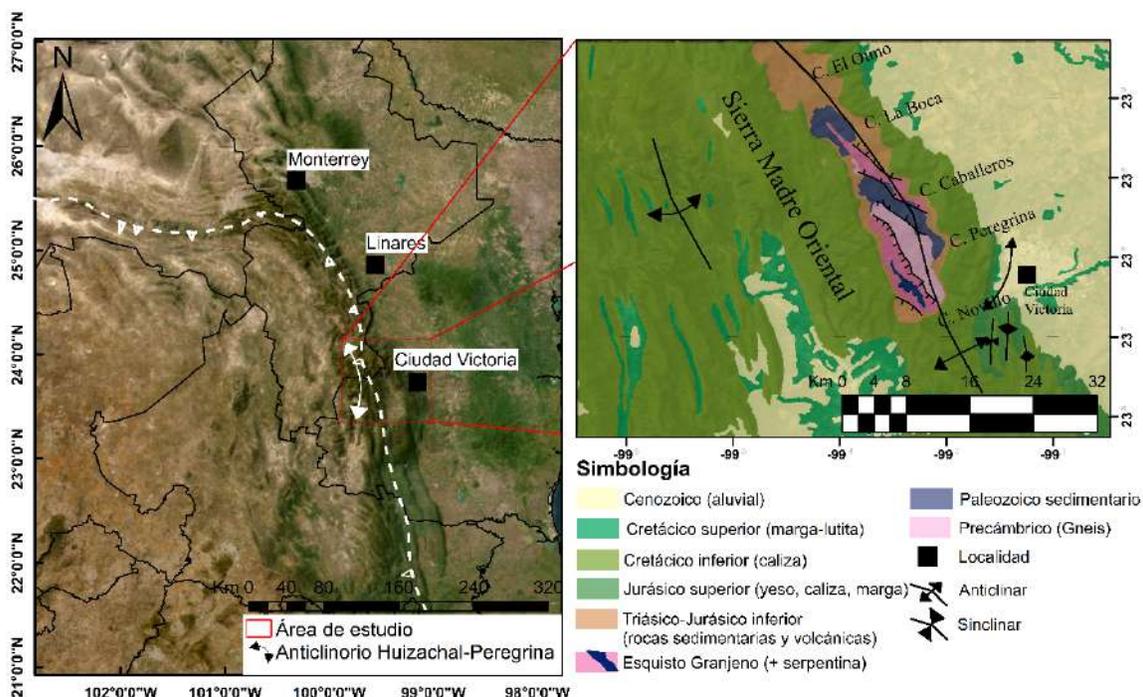


Figura 1. Mapa de localización.



El CMPEG se conforma por rocas con protolitos sedimentarios (psammita, pelita, turbidita, conglomerado, grafito) e ígneos (toba, flujos de lava, lava almohadillada y cuerpos de rocas ultramáficas) [3]. Se conoce que las rocas de tipo metasedimentarias pueden contener en su composición material carbonoso derivado de la evolución de la materia orgánica originalmente presente en el protolito [4,5]. Para poder llevar a cabo el proceso de grafitización se requiere que una roca haya sido afectada por metamorfismo, esta es una razón por la cual el carbono grafitico se encuentra principalmente en rocas formadas en cinturones orogénicos. Una oportunidad para utilizar la geotermometría y cuantificar las temperaturas metamórficas desde el metamorfismo de bajo grado (~330 °C) hasta el metamorfismo de alto grado (~650 °C) [4], la ofrece el estudio del carbono grafitico. Es posible reconocer una unidad litológica enriquecida en grafito y material carbonoso finamente disperso, plegado y con el desarrollo de estructuras de crenulación en el CMPEG.

Es de importancia entender y establecer las condiciones de metamorfismo del CMPEG debido a que sus unidades litológicas representan la última fase del cierre del supercontinente Pangea, siendo así el objetivo de este estudio la caracterización de las rocas que contienen grafito a través de estudios petrológicos y geoquímicos, ya que con los resultados obtenidos se podrá generar una interpretación geodinámica acerca del de estas rocas, aportando conocimientos a la evolución geológica del noreste de México, en el marco de los sistemas orogénicos paleozoicos mundiales.

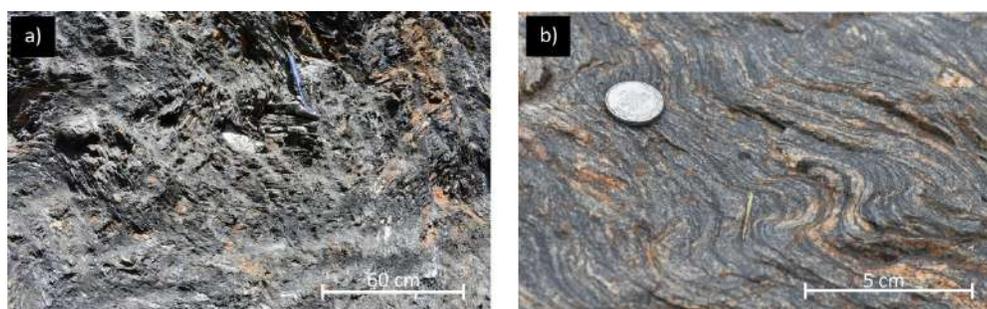
## 2. Metodología

Se realizaron campañas de campo, con el fin de obtener el muestreo representativo de las diversas litologías. A partir de las muestras rocosas se elaboraron láminas delgadas según los procedimientos estandarizados por los laboratorios de preparación de la Facultad de Ciencias de la Tierra (UANL) y la Universidad Friedrich-Schiller en Jena, Alemania. El análisis petrográfico de las láminas delgadas se efectuó con el uso de microscopios de luz polarizada marca Leica, DMLSP y Carl Zeiss Axioplan 2, para estudiar las texturas de las rocas y las propiedades de cada mineral. El análisis de química mineral se realizó con un equipo de microsonda electrónica (EMPA), modelo CAMECA SX50, en la Universidad de Arizona, utilizando los estándares de silicatos y óxidos con condiciones de voltaje de excitación de 15.0 kV, un haz de corriente de 15 nA y de diámetro de 2.3  $\mu\text{m}$  (10  $\mu\text{m}$  para análisis de albita). Para el análisis de espectroscopía Ramán se manejó un equipo modelo Thermo Scientific DXR, con un diodo láser con longitud de onda de 532 nm, en el Instituto de Geociencias de la Universidad Friedrich-Schiller Jena, Alemania. El proceso de análisis es automatizado y se ejecuta por medio del software OMNIC y para cada espectro se calculó la relación de áreas ( $R_2 = A_{D1}/(A_G + A_{D1} + A_{D2})$ ), donde A es el área del pico, la banda G es la principal banda de alta frecuencia del grafito, y las bandas D1 y D2 son bandas de defectos observadas en el espectro Raman de primer orden del grafito) [2,6].

### 3. Resultados

#### 3.1 Esquisto Grafítico

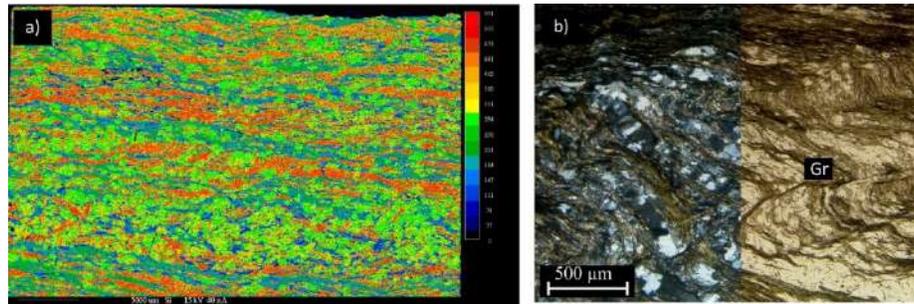
El esquisto grafitico se caracteriza por tener una tonalidad gris oscura a negra, así como brillo lustroso (Fig. 2a), se presenta en afloramientos que varían desde los 10 cm hasta los 5m en espesor con estructuras de crenulación (Fig. 2b). Debido a sus espesor y presencia en todas las localidades indica una distribución de una cuenca que comparten ambientes de depositación similares y que de acuerdo con sus características y estructuras fue afectado por al menos 3 episodios de diverso grado de metamorfismo durante el proceso geológico regional.



**Figura 2.** Fotografías de campo del esquisto grafitico, a) afloramiento masivo con tonalidad oscura, b) estructura de crenulación en el esquisto grafitico.

#### 3.2 Petrografía y análisis de microsonda

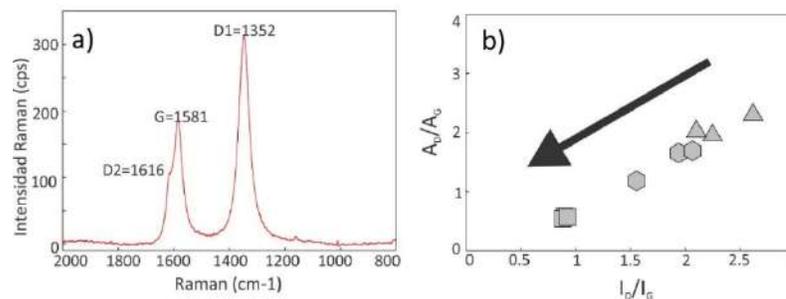
Las asociaciones minerales que componen a las rocas ricas en grafito consisten principalmente de los minerales metamórficos cuarzo (Qz), muscovita (Mu), fengita (Fen), clorita rica en Mg (Cl), grafito (Gr) y feldespato del tipo albita (Ab) (Fig. 3a). De acuerdo con la composición y la presencia de los minerales de clorita y fengita se estiman valores aproximados de 2.5 kbar [cf. 1]. Es además posible reconocer fases accesorias como turmalina (Tur) y circón (Zr) lo cual indican un transporte de sedimentos cercanos a una cuenca de tipo continental [7]. El esquisto grafitico presenta en lámina delgada textura lepidoblástica y microestructuras de crenulación de tipo asimétrica (Fig. 3b), así como bandeamiento de los minerales de muscovita, grafito y clorita que a su vez bordean a porfidoblastos de albita y cuarzo, típico de rocas metamórficas que han sido afectadas por varios episodios de metamorfismo durante su formación.



**Figura 3.** a) Mapa composicional para Si, en rojo destaca el cuarzo, en verde la albita, en azul mica y clorita. b) Microfotografía del esquisto de grafito con textura lepidoblástica y crenulación asimétrica.

### 3.3 Espectroscopía Ramán

Los espectros Ramán presentan intensidades típicas de  $G=1580\text{ cm}^{-1}$ ,  $D1=1350\text{ cm}^{-1}$  and  $D2=1620\text{ cm}^{-1}$  (Fig. 4a), los cuales corresponde a procesos de grafitización que pueden ocurrir en rangos de térmicos de  $300^{\circ}\text{C}$  y  $600^{\circ}\text{C}$  [cf. 2], que concuerdan con las facies de esquistos verdes hasta esquistos azules [cf. 1], revelando condiciones térmicas más altas que las propuestas previamente por otros autores. Mientras que los valores de la relación  $ID/IG$  son de 0.54 a 2.30 (Fig. 4b) los cuales corresponden y concuerdan con el metamorfismo inicial de bajo grado [cf. 8].



**Figura 4.** Resultados de la espectrometría Ramán. a) Espectro Ramán, b) comparación de las relaciones de las intensidades Raman de  $ID/IG$  vs  $AD/AG$  basado en [8]. El cuadro representa a muestras de las lolcaides del Cañón Peregrina, el hexágono al Cañón Caballeros y el triángulo al Cañón Novillo.

### 4. Conclusiones

Las rocas gráficas del CMPEG se encuentran presentes en todas las localidades donde este complejo metamórfico aflora, lo que podría indicar que durante la formación de estas rocas existía un ambiente de depósito rico en carbono en el cual se conservó un material orgánico significativo antes del proceso de metamorfismo regional que afectó a todas las subunidades. Este entorno podría estar relacionado a la periferia del suroeste de Gondwana que se vio afectada por el metamorfismo prógrado de tipo regional con condiciones metamórficas de  $300\text{-}600^{\circ}\text{C}$  a 2.5 kbar durante el cierre del supercontinente Pangea (Fig. 5).

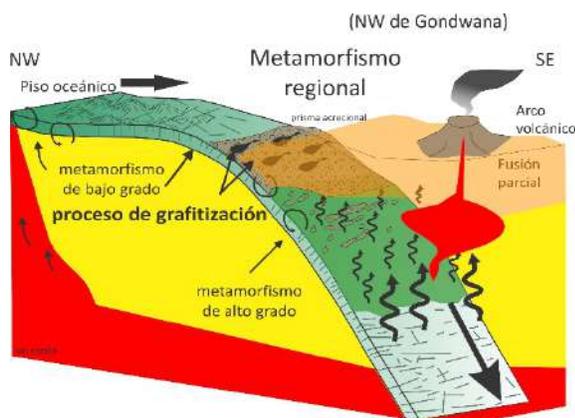


Figura 5. Modelo para el metamorfismo del CMPEG a los 300 Ma (modificado de [7,9])

## 5. Agradecimientos

Los autores le agradecen CONAHCYT por la estancia de investigación en el Instituto de Geociencias, Universidad Friedrich-Schiller Jena, Alemania, “Becas Mixtas 2012- 2013 Movilidad en el extranjero” (beca número 239341) y al DAAD por la “Beca de Investigación para Doctorado Candidatos y Jóvenes Académicos y Científicos 2013-2015” (número de beca 57076385). Este trabajo fue parcialmente apoyado por el proyecto PRODEP 511-6/17/1930.

## 6. Referencias

- [1] Bucher, K., (2023). “Petrogenesis of metamorphic rocks”, Springer Nature, Freiburg Germany.
- [2] Buseck, P. R., & Beyssac, O., (2014), “From organic matter to graphite: Graphitization”, *Elements*, 10(6), 421-426.
- [3] Torres Sánchez, S.A., (2015), “Implicaciones Geodinámicas Del Complejo Metamórfico Paleozoico de La Sierra Madre Oriental en El Noreste De México”, Tesis Doctoral, UANL, FCT, 300p., México.
- [4] Beyssac, O., Rouzaud, J. N., Goffe, B., Brunet, F., & Chopin, C., (2002), “Graphitization in a high-pressure, low-temperature metamorphic gradient: a Raman microspectroscopy and HRTEM study”. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 143(1), 19-31.
- [5] Rumble, D., (2014), “Hydrothermal graphitic carbon”, *Elements*, 10(6), 427-433.
- [6] Wopenka, B., & Pasteris, J. D, (1993), “Structural characterization of kerogens to granulite-facies graphite: applicability of Raman microprobe spectroscopy”, *American mineralogist*, 78(5-6), 533-557.
- [7] Torres Sanchez, S. A., Augustsson, C., Jenchen, U., Barboza Gudino, J. R., Gärtner, A., Hofmann, M., & Linnemann, U., (2021), “Geochemistry and detrital zircon geochronology of metasedimentary rocks in the Sierra Madre Terrane, Mexico: Implications of deposition along the western margin of Pangea”. *Geological Journal*, 56(6), 3342-3377.



- [8] Marshall, A. O., Emry, J. R., & Marshall, C. P., (2012), "Multiple generations of carbon in the Apex chert and implications for preservation of microfossils, *Astrobiology*, 12(2), 160-166.
- [9] Deschamps, F., Godard, M., Guillot, S., & Hattori, K., (2013), "Geochemistry of subduction zone serpentinites: A review". *Lithos*, 178, 96-127.