



FÁBRICA MAGNÉTICA E IMPLICACIONES DE EMPLAZAMIENTO DEL GRANITO DE COMANJA, CENTRO DE MÉXICO.

Johana Ortiz-Gómez^{1*}, Roberto Molina-Garza¹

¹ Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Querétaro, México.

*e-mail: ortizg.johana@gmail.com

ABSTRACT

Magnetic fabric studies supported by field and microscopic work were applied to identify the internal structure and possible emplacement processes of the ~51 Ma Comanja Granite in the Guanajuato Sierra, Central Mexico. The pluton is elongated in the NW-SE direction, and is about 160 km² with two lobules ~25 km long. Its emplacement mechanism is of regional tectonic importance because it records a change in tectonic regime from the compressional Laramide event to extension or gravitational collapse. AMS results for 34 sites present mean susceptibility of 2.7×10^{-4} SI units. AMS ellipsoids are dominantly weak oblate fabrics; the degree of anisotropy is low (average 1.028). The magnetic foliations in the borders are mostly steep and oriented subparallel with either the margins of the pluton. The northern lobule presents steep foliation crudely developed, whilst for the southern lobule, sites present shallow to moderate foliations parallel to the regional Bajío fault (NW-SE). The lineation is mostly shallow and, again, oriented either the NW, normal to Laramide contraction, or ENE. This supports the hypothesis that preexisting regional structures controlled emplacement, but the observed AMS foliation and lineation are also interpreted as the result of syn-emplacement deformation, in a dominantly compressive regimen (NE-SW). This result, combined with low temperature (77 K) susceptibility measurements and AARM analysis suggests that the fabric resides in a paramagnetic component, identified as biotite. A fraction of the susceptibility signal is carried by multidomain magnetite inclusions in biotite, and has the same magnetic fabric than the paramagnetic fraction.

Keywords: Magnetic fabric, Anisotropy of magnetic susceptibility (AMS), Anisotropy of anhysteretic remanence (AARM), Emplacement, Granites.

RESUMEN

En este trabajo reportamos medidas de fábrica magnética, análisis microscópicos y de campo del Granito Comanja (~51 Ma), Sierra de Guanajuato, Centro de México; con el objetivo de identificar la estructura interna y los posibles procesos de emplazamiento del cuerpo, el cual tiene una dirección NW-SE, y mide aproximadamente 160 km², dividido en dos lóbulos de ~25 km de largo. Su emplazamiento es de importancia regional porque registra un cambio de régimen tectónico, desde un evento compresivo (Laramide) a uno extensivo o de colapso gravitacional. Los resultados de AMS para 34 sitios tienen susceptibilidad promedio de 2.7×10^{-4} SI, el elipsoide de AMS es oblado y bajo grado de anisotropía (promedio 1.028). Las foliaciones magnéticas en los bordes tienden a ser subverticales y paralelas a los márgenes. El lóbulo norte presenta foliación vertical poco desarrollada, mientras que, para el lóbulo sur, las foliaciones son subhorizontales a moderadas, paralelas a la falla regional del Bajío (NW-SE). Las lineaciones tienen echados moderados, orientados al NW o ENE. Estos datos apoyan la hipótesis de que las estructuras regionales preexistentes controlaron el emplazamiento, de igual forma los datos de AMS del granito se interpretan como el resultado de deformación sin-tectónica, en un régimen compresivo (NE-SW). Estos resultados combinados con mediciones de susceptibilidad a baja temperatura (77 K) y AARM sugieren que la fábrica reside en un componente paramagnético, identificado como biotita. Además, hay un pequeño aporte ferromagnético (magnetita multidominio) que se encuentra como inclusión en la biotita y presenta la misma fábrica magnética.

Palabras Clave: Fábrica magnética, Anisotropía de susceptibilidad magnética, Anisotropía de la remanencia magnética, emplazamiento, granitos.



1. Introducción

El Granito de Comanja localizado en la Sierra de Guanajuato en el Centro de México es un cuerpo ampliamente estudiado desde el punto de vista de su petrogénesis, edad, exhumación y estructura; los datos reportados estructurales y de geocronología indican que es un cuerpo post-orogénico de ~51 Ma, emplazado en un rápido pulso durante una transición de régimen tectónico de compresivo a extensivo (Botero-Santa *et al.*, 2011; Ángeles-Moreno *et al.*, 2017). La información conocida y su excelente exposición constituye una oportunidad para el estudio de emplazamiento de granitos eocénicos en la corteza superior en el centro de México a partir del análisis de fábrica magnética.

El plutón es alargado; tiene una longitud de 60 km y un ancho variable (hasta 8 km), con una dirección preferencial NW-SE paralelo a estructuras regionales (Figura 1). El granito intruye una secuencia vulcanosedimentaria deformada y plegada que abarca desde el Jurásico Superior hasta el Cretácico Inferior. El plutón altera una pequeña franja de la roca caja, donde se observa una pequeña aureola de contacto y foliaciones alrededor del cuerpo con un patrón centrípeto.

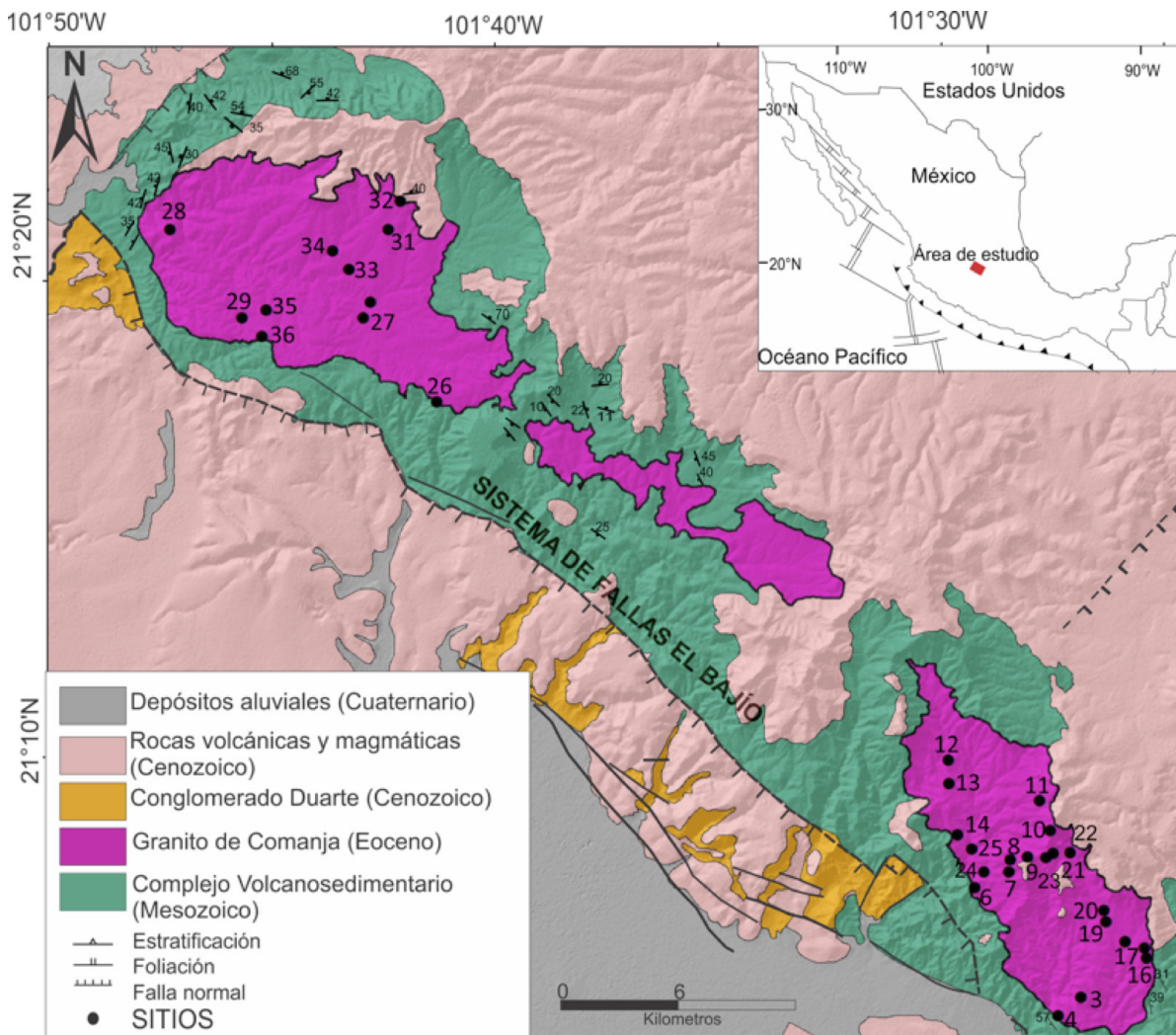
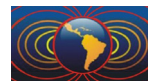


Figura 1. Localización del Granito de Comanja en el centro de México. Los puntos corresponden a los sitios de muestro para fábrica magnética. Modificado de Botero-Santa *et al.* (2011), Ángeles-Moreno *et al.* (2017).



En campo, la roca aparece principalmente isotrópica, con una textura porfídica y disposición aleatoria de fenocristales de feldespato potásico (hasta 4 cm en su eje largo) y una matriz fina compuesta de plagioclasa > cuarzo >> biotita, minerales accesorios apatito y circón. Respecto a presencia de estructuras, tiene enclaves máficos redondeados, y presencia local y escasa de estructura schlieren y bandeamientos máficos. Adicionalmente hay abundantes diques aplíticos que también intruyen la roca caja y vetas subhorizontales de turmalina.

El objetivo de este trabajo es determinar el modelo de emplazamiento del Granito de Comanja a partir de las direcciones de fábrica magnética, usando Anisotropía de Susceptibilidad Magnética y otras técnicas de magnetismo de rocas. Los resultados paleomagnéticos fueron reportados con anterioridad (Ortiz-Gómez y Molina-Garza, 2019). Los estudios de fábrica y paleomagnetismo se integran para una interpretación final del mecanismo de emplazamiento

2. Metodología

Un total de 34 sitios fueron muestreados a lo largo del Granito de Comanja con el uso de una perforadora portátil en campo, obteniendo al menos 6 cilindros por sitio que luego fueron cortados ($h = 2.2$ cm, $d = 2.5$ cm) para un total de 404 especímenes. Análisis de fábrica magnética se desarrollaron en el Laboratorio de Paleomagnetismo del Centro de Geociencias de la UNAM. Se midió Anisotropía de la Susceptibilidad Magnética AMS con un suceptibilímetro Kappabridge KLY-3 (Geofyzika Brno) con un campo de inducción 300 A/m y una frecuencia de 875 Hz, siguiendo las técnicas descritas en la literatura (Tarling & Hrouda, 1993). Adicionalmente se hicieron pruebas para la separación de la fábrica magnética como mediciones de Anisotropía de la Remanencia Anhistérica AARM de acuerdo con lo establecido por Jackson (1991), cálculos de susceptibilidad paramagnética, medidas de susceptibilidad a baja temperatura y a alto campo, y análisis petrográfico de 7 secciones delgadas.

3. Resultados

La susceptibilidad magnética media para todo el plutón es de 2.7×10^{-4} SI; sin embargo, la mayoría de los sitios tiene valores entre 1×10^{-4} SI y 2×10^{-4} SI. Las menores magnitudes de susceptibilidad corresponden a diques aplíticos del granito. Aunque es difícil identificar una relación espacial de los valores de susceptibilidad, los valores más altos tienden a localizarse cerca al borde occidental. El elipsoide de AMS presenta grado de anisotropía bajo (promedio 1.028) y fábrica predominantemente oblada.

La orientación de la foliación y lineación magnética se presenta después de la corrección por basculamiento regional del plutón, de acuerdo con la evolución regional obtenida por datos paleomagnéticos y estructurales (Ortiz-Gómez y Molina-Garza, 2019), los cuales muestran 30° de basculamiento hacia el NE. La foliación magnética es en general de subhorizontal a moderada (Figura 2a) con dirección preferencial NW-SE; mientras que en los bordes del plutón los echados tienden a ser verticales y paralelos a los contactos; los cuales son corcondantes con la foliación y estratificación de la roca caja. La lineación magnética está menos desarrollada y definida, los echados son subhorizontales a moderados. Dos sets de strikes de lineaciones se reconocen una NW-SE y otra NE-SW (Figura 2b).

El portador de la susceptibilidad magnética es principalmente paramagnético (biotita) y a veces incluye una fracción ferromagnética (magnetita), como se observó con los resultados obtenidos en medidas de susceptibilidad a baja temperatura y a alto campo. Se observó a través de AARM que la fábrica de la remanencia es consistente con los resultados de AMS (Figura 3), por lo tanto, la magnetita que se encuentra como inclusiones dentro de la biotita y a veces sigue el clivaje de la misma, refuerza la orientación del componente paramagnético. Solamente en un caso se identificó una fábrica inversa definida por una fase ferrimagnética.

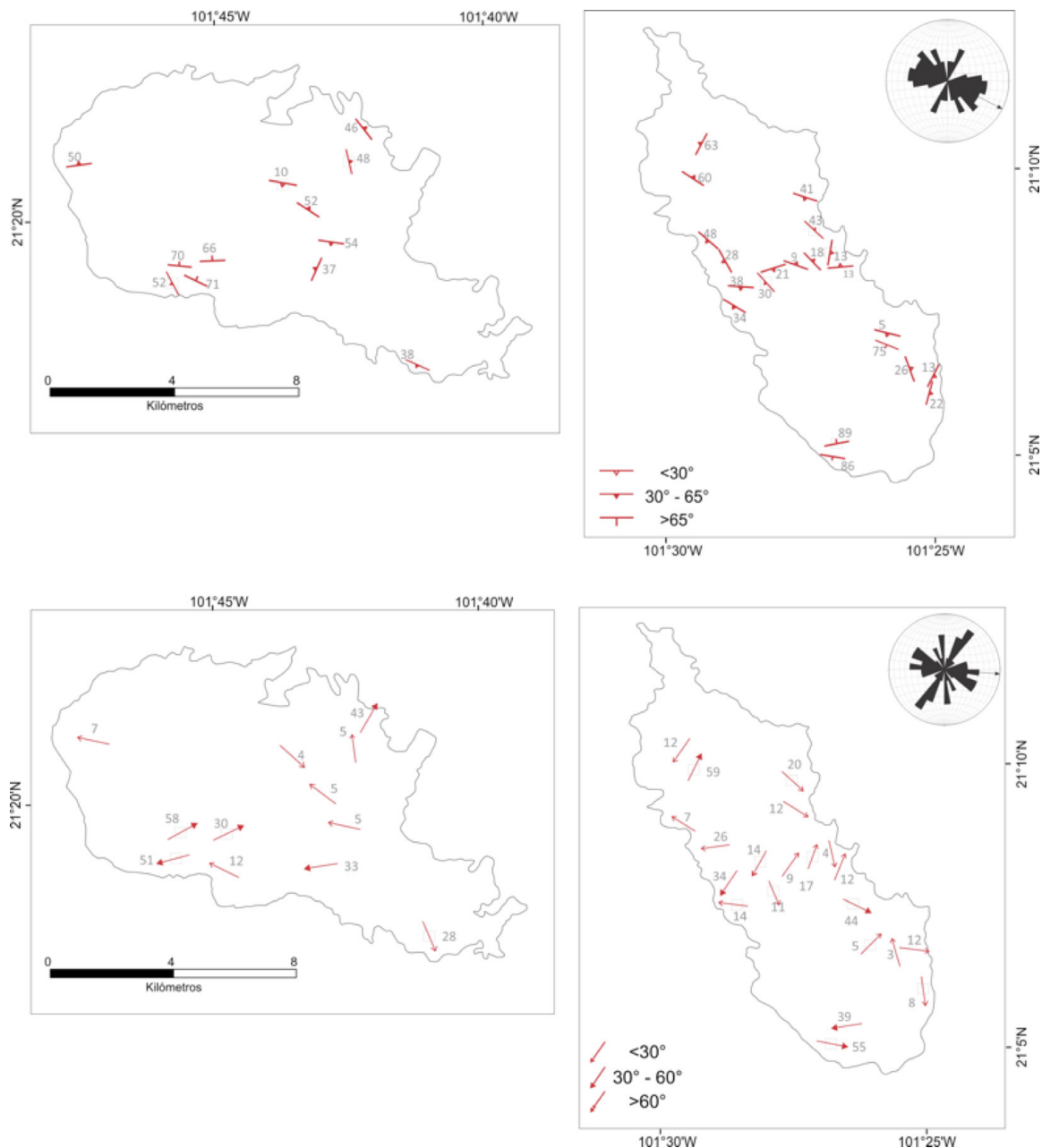
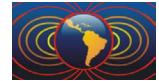


Figura 2. Resultados de AMS del Granito de Comanja. **a.** Tendencia de la foliación magnética. **b.** Tendencia de la lineación magnética. En el recuadro se observa diagrama de rosas para el strike de las foliaciones y de las lineaciones. Los cuadros punteados indican los sitios que tienen ángulos de confianza menores de 25.

A escala microscópica no se observa deformación penetrativa o foliaciones, tampoco se conservan texturas magmáticas de flujo, por lo tanto, consideramos que la deformación es en estado sub-sólido. El mineral más deformado es el cuarzo que presenta recrystalización, extinción ondulatoria y en patrón tablero de ajedrez. Los feldespatos presentan texturas de exsolución como pertitas, además de maclas de carlsband. Cabe mencionar que hay evidencia de deformación frágil a baja temperatura como fracturas, pero estas se relacionan con los últimos eventos extensivos en la zona de estudio.

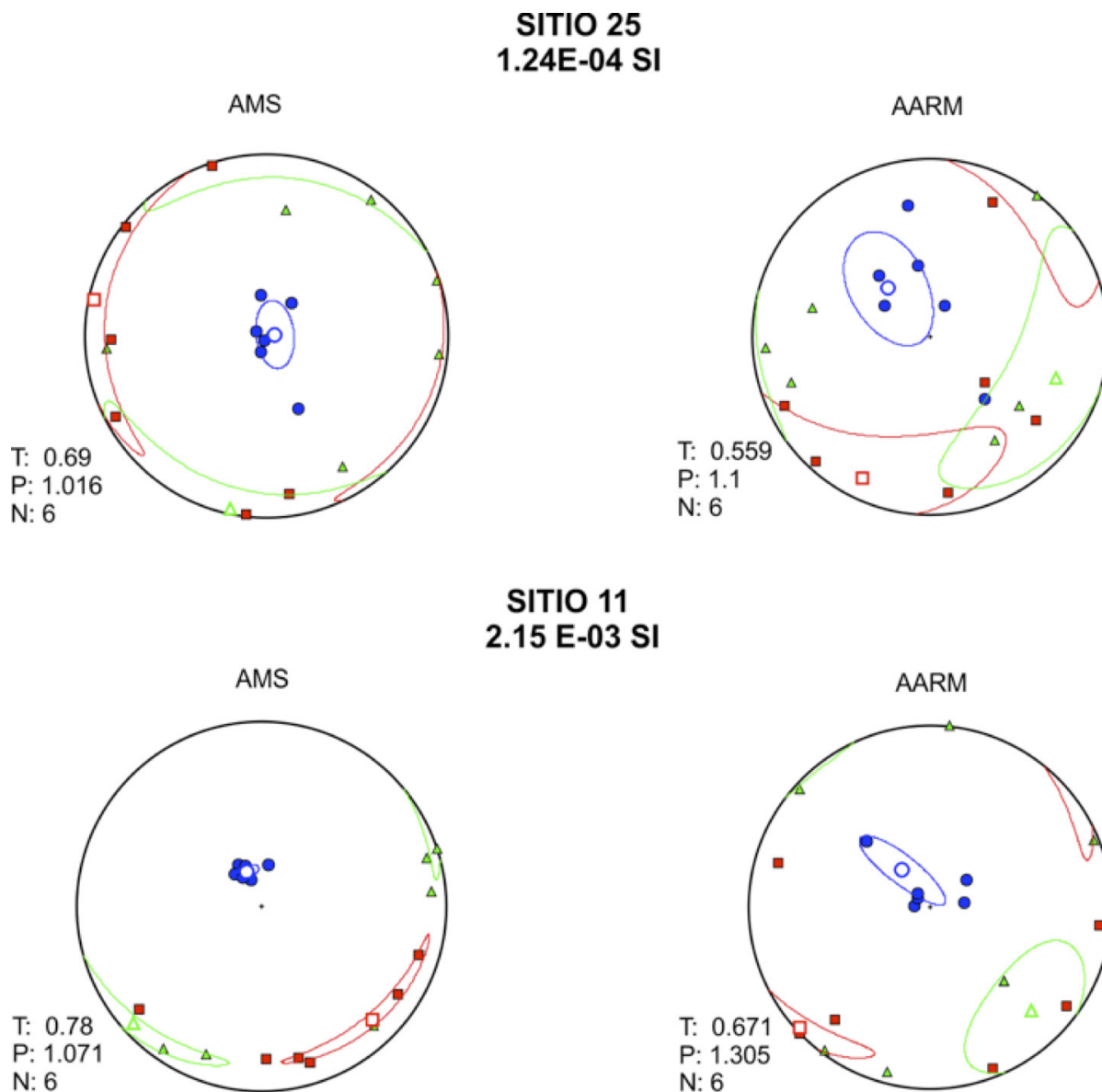
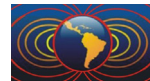
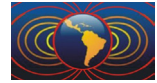


Figura 3. Estereogramas (hemisferio inferior) de las direcciones principales de AMS y AARM para algunos sitios seleccionados, observar la similitud entre los sitios.

4. Conclusiones

La concordancia de los datos con las estructuras regionales se puede explicar en parte porque el flujo del magma fue direccionado a través de las direcciones predominantes NW-SE, que es la dirección de máximo alargamiento desarrolladas en un régimen compresivo. Por otra parte, la foliación magnética está definida por la orientación planar preferida de la biotita, la cual por su forma y orientación preferencial de sus latices sigue la deformación sufrida por el granito, que teniendo en cuenta las microestructuras revelan deformación subsólida. Ante esto, sugerimos que las últimas fases del régimen compresivo regional estuvieron presentes durante el emplazamiento del granito desarrollando una fábrica magnética con tendencia NW-SE, lo cual podría sugerir que el granito es en realidad un cuerpo sin-tectónico.



Los datos de fábrica y paleomagnéticos sugieren que el lóbulo norte del Granito Comanja pudo haberse emplazado por diapirismo y ballooning por evidencias como i) la forma circular del cuerpo, ii) la dirección de los echados en la roca caja paralela a los contactos, iii) ausencia de xenolitos. Por su parte, el cuerpo sur presenta valores mayores de susceptibilidad y grado de anisotropía hacia el este y lineación con tendencia NE-SW, lo cual interpretamos como expansión del cuerpo en esta dirección.

Referencias

- Ángeles-Moreno, E., Nieto-Samaniego, A.F., F.J., Ruiz-González, Levresse, G., Alaniz-Alvarez, S.A., Olmos-Moya, P., Shunshan Xu, Miranda-Avilés, R., 2017. The transition between shortening and extensional regimes in central Mexico recorded in the tourmaline veins of the Comanja Granite, In *Journal of South American Earth Sciences*, Volume 73, 2017, Pages 65-77, ISSN 0895-9811.
- Botero-Santa, P.A., Alaniz-Alvarez, S.A., Nieto-Samaniego, A.F., Lopez Martínez, M., Levresse, G., Xu, S.-S., Ortega-Obregon, C., 2015. Origen y desarrollo de la cuenca El Bajío en el sector central de la Faja Volcanica Transmexicana. *Rev. Mex. Ciencias Geol.* 32, 84-98.
- Ortiz-Gómez, L. J. y Molina-Garza R. S, 2019. Paleomagnetism and magnetic fabric of the Comanja Granite, Central México: Emplacement mechanism and tectonic implications. Poster. EGU General Assembly. Viena, Austria.
- Jackson, M. J. 1991, Anisotropy of magnetic remanence: A brief review of mineralogical sources, physical origins, and geological applications, and comparison with susceptibility anisotropy, *Pure Appl. Geophys.*, 136, 1 –28.
- Tarling, D.H., Hrouda, F. The magnetic anisotropy of rocks. Chapman & Hall, London. 217 p. 1993.