

Control estructural de las vetas de cuarzo en la formación Arroyo Cangre, río Guamá

Structural control of quartz veins in the Arroyo Cangre formation, Guamá river

Dayrelis Díaz-Cruz^{1*}, Elmidio Estévez-Cruz¹, Dámaso Cáceres-Govea¹

¹Universidad de Pinar del Río "Hermandades Saiz Montes de Oca", Cuba

*Autor para la correspondencia: dayrelisdiaz94@gmail.com

Resumen

En la Fm. Arroyo Cangre ubicada en la Faja Cangre, al norte de la falla Pinar en el occidente de Cuba, están ampliamente desarrolladas las vetas de cuarzo, principalmente en metaareniscas. El objetivo de este trabajo fue caracterizar las vetas, para lo cual se consideró principalmente la medición de estructuras (vetas, planos de estratificación y foliaciones). Se caracterizaron cualitativa y cuantitativamente 84 vetas, evaluando: estructura interna, relación con la estratificación (longitudinal, oblicua y transversal), mineralogía, espesor, tipo de deformación a la que se asocian, estilo geométrico, elementos de yacencia, litología de caja, relación de corte, halos de alteración y elementos de yacencia. El análisis cualitativo de las vetas en su relación geométrica-cinemática y sus relaciones con los diferentes períodos de deformación que afectaron el área, apunta a que las vetas longitudinales pueden estar asociadas con el transporte tectónico del segundo período de deformación (P2) bajo condiciones distensivas, al igual que las vetas transversales y una parte de las oblicuas. Las otras dos familias de vetas oblicuas se formaron a inicios del último período (P4) o a lo largo de este, asociadas al orógeno extrusivo y a la configuración definitiva de la zona.

Palabras clave: vetas; relación de corte; período de deformación; formación Arroyo Cangre

Abstract

The Arroyo Cangre Formation located at La Faja Cangre, by the north of Pinar fault by the western Cuba, has a wide presence of quartz veins, mainly in meta-sandstone. The paper aims to characterize the veins mainly by measuring structures (veins, stratification planes and foliations). Eighty-four veins were characterized qualitatively and quantitatively by evaluating the

internal structure; the relationship with stratification (longitudinal, oblique and transverse), mineralogy, thickness, type of deformation it relates to, geometric style, laying elements, box lithology, shear ratio, alteration halos and layout elements. The qualitative analysis of the veins based on their geometric-kinematic relationship and the different deformational periods that affected the area points to the fact that the longitudinal veins may be associated with the low tectonic transport of P2 as well as the transverse veins and some of the oblique ones. The other two families of oblique veins were formed at the beginning of P4 or along this, associated with extrusive orogeny and final configuration of the area.

Keywords: quartz veins; shear ratio; deformational period; Arroyo Cangre formation

1. INTRODUCCIÓN

Las vetas o vetillas son características comunes en las rocas y resultan extremadamente útiles para determinar el estrés, la tensión, la presión, la temperatura, la composición y el origen del fluido durante su formación (Bons *et al.*, 2012).

Entender los controles estructurales es fundamental para la comprensión de los emplazamientos de fluidos mineralizantes, pues las estructuras geológicas representan los canales de circulación y los sitios de precipitación de minerales. Estos últimos tienen, generalmente, una distribución desigual a lo largo de las vetillas de relleno, representadas por bonanzas o columnas minerales, que se forman en aberturas estructurales alargadas o zonas de *shear* y están localizadas perpendicularmente al vector deslizamiento. Las vetas se asocian mayormente con la deformación de las fases que afectan a la zona (Nelson, 2006).

La asociación de vetas con estructuras geológicas tales como pliegues y cabalgamientos han sido reconocidas y documentadas desde hace varias décadas (Ramsay, 1967; Hudleston, 1989 ; Fisher & Brantley, 1992; Cosgrove, 1993; Jessell *et al.*, 1994; Passchier, 2001), siendo una evidencia clara del importante papel que juegan los fluidos durante su desarrollo a diferentes escalas (King-Hubbert & Rubey, 1959; Durney, 1972; Sibson *et al.*, 1975; Chapple, 1978; Fyfe & Kerrich, 1985). Las vetas son estructuras muy sensibles a los cambios de orientación de los ejes de extensión durante los procesos de deformación progresiva (Gamond, 1983; Fisher & Brantley, 1992; Bons, 2000). A través del análisis cualitativo detallado en su relación geométrica-cinématica con la estructura que la contiene, de su fábrica interna, y de las relaciones de corte con otras estructuras (e.g.

foliación, otras generaciones de vetas) puede descifrarse la historia de deformación a que fueron sometidas las rocas (Fitz-Díaz *et al.*, 2008).

El análisis cinemático, combinado con el análisis geométrico de la veta, proporciona crucial evidencia para determinar la probable orientación de las estructuras durante la mineralización hidrotermal (Yang *et al.*, 2022) y durante los diferentes períodos deformacionales que afectan una zona en específico.

La zona de la Faja Cangre (FC) ubicada al norte de la falla Pinar, en el occidente de Cuba, es parte del basamento mesozoico de la Isla; está constituida por tres unidades tectónicas: Pino Solo -UPS- (Fm. Arroyo Cangre), Mestanza -UM- (Fms. San Cayetano, Jagua, Guasasa, Ancón y Manacas) y Cerro de Cabra -UCC- (Fm. San Cayetano), las que descansan mediante un plano de cabalgamiento sobre la Unidad Alturas de Pizarra del Sur -UAPS- en el terreno Guaniguanico (Cáceres & Cruz-Gámez, 2022).

Los trabajos realizados en la década del 80 revelaron la existencia de una serie de yacimientos y manifestaciones minerales de cobre, plomo y zinc linealmente dispuestos en la parte central de la Fm. Arroyo Cangre, muy cercanos a la zona de la falla Pinar (Cáceres, 1997). Por otra parte, establecieron que la mineralización SEDEX fue deformada por los cabalgamientos durante la colisión.

Las rocas de la Fm. Arroyo Cangre están intensamente silicificadas. Aparece frecuentemente un sistema de vetillas con espesores desde decímetros hasta centímetros. Las vetillas son de composición cuarzo carbonatadas y yacen concordantemente con la esquistosidad y el bandeamiento de las rocas, teniendo forma irregular y ramificaciones. En las areniscas las vetillas tienen una forma más regular, observándose un stockwork en forma de malla (Martínez & Fernández de Lara, 1988).

Cáceres & Cruz-Gámez (2022) definen en la zona de la Faja Cangre la ocurrencia de cuatro períodos deformacionales (P) donde la rotación horaria del máximo esfuerzo compresivo σ_1 evoluciona con consecuencias espacio-temporales singulares desde NW 330°–340° hasta NE 20°–30° durante la compresión (P1) y el desarrollo del transporte tectónico (P2 y P4). La falla Pinar, reconocida como transcurrente siniestra (P3), determina el surgimiento y estilo tectónico de la faja, a partir de un ligero cambio de rumbo en el trazado de la misma, que provocó la transpresión en determinado sector, la aparición de una estructura en flor positiva (orógeno extrusivo) y su configuración definitiva durante el último período deformacional (P4).

El estudio de los sistemas de vetas, sus relaciones de corte y su correlación con los diferentes períodos deformacionales planteados por Cáceres & Cruz-Gómez (2022), permitirá establecer una relación espacio-tiempo de formación de las mismas.

1.1. Marco geológico

La Faja Cangre constituye la estructura tectónica más meridional del terreno Guaniguanico. Sus unidades tectónicas tienen buzamiento al SE. De sur a norte aparece la UPS (Fm. Arroyo Cangre), que ocupa la posición estructural más elevada, y descansa tectónicamente sobre la UM (Fm. San Cayetano, Fm. Jagua, Fm. Guasasa, Fm. Ancón y Fm. Manacas). Más al norte y en contacto también tectónico con la UAPS, aparece la UCC (Fm. San Cayetano) en forma de *klippen* (Cáceres & Cruz-Gómez, 2022).

El área de estudio está representada por la Fm. ¿Arroyo Cangre, de edad Jurásico Inferior? - Jurásico Superior (Oxfordiano Medio); incluye metapsamita y esquisto cuarcífero, metapelita lustrosa con mica a veces enriquecida en materia carbonosa, e intercalaciones aisladas de caliza cristalina. En la parte superior del corte aparecen intercalaciones de metagabro y metadiabasa, y algún material tufogénico, muy cercano al horizonte de caliza. Es una secuencia aparentemente de yacencia monoclinal con buzamiento al sur o sureste que, por la relación del clivaje con la estratificación, la vergencia y disposición del plegamiento menor parásito a lo largo de la unidad, representa un gran pliegue isoclinal tumbado de vergencia NW (Cáceres, 1997).

Algunas litologías incluidas en la Fm. Arroyo Cangre presentan características N-MORB, estas se alojaron en los siliciclásticos del Margen Continental Pasivo. Este evento se desarrolló durante el Jurásico Superior/Oxfordiano Superior-Cretácico Inferior. Su generación estuvo asociada a una fusión parcial de una fuente mantélica empobrecida y se desarrolla durante el proceso de extensión del margen continental o durante el inicio del proceso de dispersión oceánica en estado estacionario (Cruz-Gómez *et al.*, 2016).

Se ha indicado que la intensidad de las deformaciones tectónicas aumenta hacia el sur (Piotrowska, 1978; Cáceres, 1997) y el metamorfismo, desde las unidades Cerro de Cabra y Mestanza hasta Pino Solo (Millán, 1972; Pszczolkowski, 1985; Cáceres, 1997). Una lineación mineral dominada por cristales de mica, clorita y cuarzo con orientación cercana a los 80°, es observada solo en las tres unidades de la FC. En la UAPS, como en el resto de Guaniguanico, aparecen escasos representantes litológicos levemente recristalizados, principalmente siliciclásticos (Cáceres & Cruz-Gómez, 2022).

2. MATERIALES Y MÉTODO

Los estudios se realizaron en los márgenes del río Guamá, sector La Guabina; para ello se tuvo en cuenta principalmente la medición de estructuras (vetas, planos de estratificación y foliaciones). Se caracterizaron cualitativa y cuantitativamente 84 vetas en total, considerando: estructura interna, relación con la estratificación (longitudinal, oblicua o transversal), mineralogía, espesor, tipo de deformación a la que se asocia, estilo geométrico, elementos de yacencia, litología de caja, relación de corte y halos de alteración. El estudio cualitativo incluye las relaciones geométrico-cinemáticas y temporales de las vetas y su relación con los diferentes períodos deformacionales que afectaron el área.

Los datos fueron tabulados y clasificados según la relación con la estratificación (longitudinales, oblicuas y transversales) en Microsoft Excel para su posterior conversión a formato *txt*. Las imágenes se procesaron en los softwares Visor de Fotos Picassa y Microsoft Power Point.

Se empleó el software Stereonet para el análisis estadístico de los datos estructurales medidos en el campo. Se realizó la rotación de los elementos de yacencia de las vetas de su posición real a su posición original; para lo cual fue necesario considerar los elementos de yacencia de la roca hospedera de las vetas. La proyección estereográfica de las vetas se realizó en forma de arcos mayores y se combinó con el análisis de la relación de corte de las vetas para determinar a qué período deformacional se encuentran asociadas.

El software Rocscience Dips V6.008 fue utilizado para generar los diagramas de isolíneas. En los estereogramas se definieron familias de vetas según la densidad de los polos; también se confeccionaron histogramas de frecuencia y los diagramas de Roseta para las vetas longitudinales, oblicuas y transversales, según su posición relativa con la estratificación.

A una de las muestras tomadas en el campo, por sus características y el interés que tiene para la investigación se le realizó la sección delgada y se describió en el Instituto de Geología y Paleontología.

3. RESULTADOS

3.1. Clasificación de las vetas

El área de estudio se encuentra al norte de la zona de falla Pinar. Las vetas analizadas son de cuarzo, de color blanco lechoso en su mayoría, algunas son masivas, otras son fibrosas y a otras se les puede observar el crecimiento de los cristales desde el borde hacia el centro de la veta (vetas sintaxiales). Su tamaño varía desde vetas milimétricas hasta de tres metros de largo y un

metro de ancho. En el campo se aprecian vetas de extensión (VE) e híbridas (VH), sigmoidales, sigmoidales en escalón, paralelas entre sí, conjugadas, y en algunos casos una transición de vetas paralelas-stockwork-vetas en brecha.

Algunas vetas presentan espacios vacíos (oquedades), lo que puede interpretarse como consecuencia de la lixiviación de una mineralización preexistente o la falta de fluidos para rellenar dichos espacios; otras presentan coloraciones oscuras (descomposición de materia orgánica) y restos de una mineralización ya oxidada.

En rocas pizarrosas las vetas se hacen escasas o tienen menor presencia, mientras que en las areniscas tienen mayor desarrollo. Según la relación con la estratificación se pueden encontrar longitudinales (paralelas por el rumbo a los planos de estratificación), transversales (cortan perpendicularmente por el rumbo los planos de estratificación) u oblicuas a la estratificación (cortan con un ángulo entre los 15° y 80° el rumbo de las estructuras); también se encuentran asociadas a planos de clivaje.

Las vetas medidas en el campo fueron separadas según su relación con la estratificación, y se clasificaron en: longitudinales, oblicuas y transversales, con el objetivo de determinar a qué período deformacional se asocian preferentemente. De las 84 vetas analizadas según su relación con la estratificación, 20 se pueden clasificar como longitudinales, 35 como oblicuas, 14 transversales y a 17 vetas solo se le pudo determinar la orientación del máximo estrés principal (σ_1).

3.1.1. Vetas longitudinales

La dirección de buzamiento de las vetas longitudinales coincide con la de las rocas de caja; no siendo así su ángulo de buzamiento. La dirección preferencial de buzamiento de estas vetas es SE (120°-180°) y se hunden con un ángulo entre los 50° y 60° (Figura 1A-1). En el diagrama de Roseta (Figura 1A-3) se evidencia una dirección preferencial en el rumbo de las vetas ENE (entre los 60° y 90°) y una orientación preferencial de los esfuerzos desde el SE (160°). Los polos fueron separados en una sola familia (Figura 1A-2) por la densidad que estos presentan, teniendo una componente al NW. Al ser rotados estos elementos y llevados a su posición original (Figura 1B), evidencian condiciones distensivas, donde el σ_1 se encuentra en la vertical, esto está representado en la imagen por los polos en la zona central del diagrama.

3.1.2. Vetas transversales

Las vetas transversales a la estratificación presentan una dirección de buzamiento preferencial hacia los 80° (Figura 1C-1) y un buzamiento entre los 50° y 80° aproximadamente. En la Figura 1C-2 se representa el diagrama de contorno de polos, en el cual se pueden identificar dos familias una al W y la otra al NE pero con una menor densidad que la primera; esto también se observa en el diagrama de Roseta la cual muestra dos direcciones preferenciales del rumbo de las estructuras, una N y la otra NW. Al ser rotados estos elementos para determinar a qué esfuerzos se encuentran asociados (Figura 1D) se puede establecer que se forman bajo condiciones distensivas.

3.1.3. Vetas oblicuas

Las vetas que se encuentran oblicuas a la estratificación presentan una dirección de buzamiento preferencial al SSE-SSW (160° - 200°) aunque hay vetas que buzan hacia el W (280°) y un hundimiento entre los 50° y 80° aproximadamente (Figura 1E-1). En el diagrama de Roseta (Figura 1E-3) se evidencian tres direcciones de rumbo de las vetas; una preferencial entre los 20° - 30° (NE), y las otras al NW (330° - 350°) y al E (90°), lo que puede ser una evidencia que estas se formaron en diferentes momentos y están asociadas a esfuerzos en diferentes direcciones. En el diagrama de contorno de polos (Figura 1E-2) se puede diferenciar tres familias de vetas, la familia con mayor densidad de polos se encuentra al N (entre los 290° y los 30°), las otras dos familias se encuentran una más al E (50° - 110°) y la otra al WSW (220° - 260°), respectivamente, lo que identifica que se formaron en diferentes períodos, asociados a esfuerzos diferentes. Al ser rotados estos elementos y llevados a su posición original (Figura 1F) en el diagrama de contorno de polos fueron separadas tres familias, lo que permite determinar que se responden a diferentes condiciones de formación, preferentemente a condiciones distensivas.

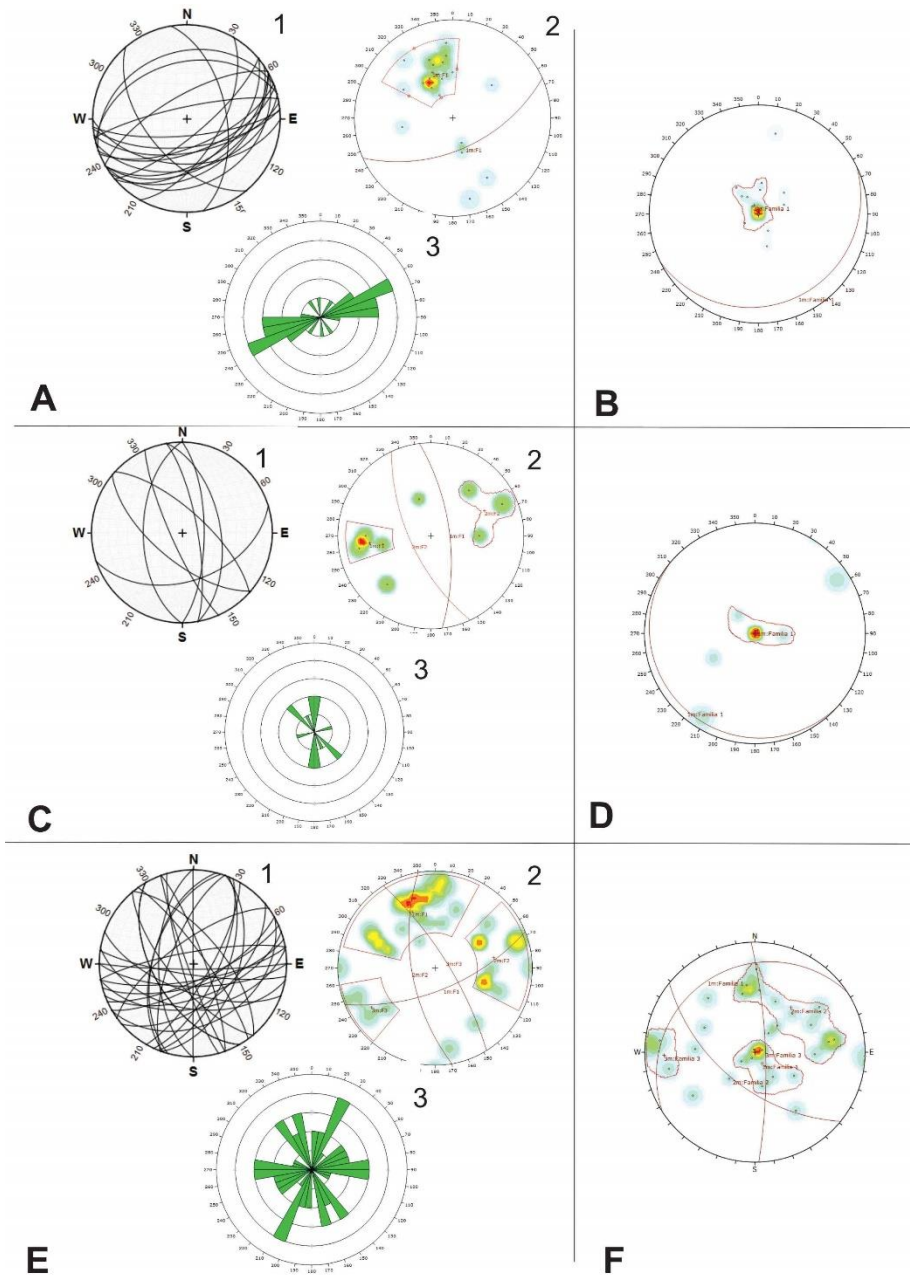


Figura 1. Análisis tectónico de las vetas medidas en el campo. A-Veta longitudinales. B-Vetas longitudinales rotadas. C-Vetas transversales. D-Vetas transversales rotadas. E-Vetas oblicuas. F-Vetas oblicuas rotadas. 1-Proyección estereográfica de las vetas en forma de arcos mayores, 2-Diagrama de contorno de polos, 3-Diagrama de Roseta.

3.2. Relación de corte de las vetas

Las vetas se pueden formar en diferentes momentos y estar asociadas a diversos eventos o fenómenos geológicos, esto se puede determinar a partir de la relación de corte que se establece entre ellas y de sus características.

Las vetas longitudinales se encuentran en su mayoría confinadas a los planos de estratificación o a los planos de foliación (muy característicos en esta área).

En la Figura 2 se presentan varias familias de vetas asociadas a diferentes eventos geológicos. Las vetas son de extensión, algunas son masivas y otras fibrosas, unas se encuentran paralelas a la foliación, otras oblicuas, transversales y otras en escalón, evidenciando las variaciones en el tiempo de la orientación de los esfuerzos. Su extensión varía desde 5 cm hasta 1 m y el ancho desde 0,5 cm hasta 10 cm. En algunas hay espacios vacíos, lo que evidencia una lixiviación del material.

Las vetas que se encuentran paralelas a la foliación se formaron en un primer momento, estas son afectadas por vetas oblicuas (o) que tienen diferentes direcciones de buzamiento, lo que puede ser una evidencia de que se formaron en diferentes momentos.

Posterior a las vetas longitudinales (l) se desarrollan las oblicuas con dirección (VEo $070^{\circ}/80^{\circ}$), en un tercer momento se formaron las vetas de extensión en escalón que afectan a las anteriores (VEo $100^{\circ}/78^{\circ}$), presentan cierto carácter sigmoidal y están asociadas a un clivaje lo que sugiere que usaron esas fracturas para desarrollarse.

En un cuarto momento se forman las vetas oblicuas a la foliación que tienen un mayor espesor que las anteriores (VEo $188^{\circ}/80^{\circ}$) y parecen ser consecuencia de la persistencia en el tiempo de los esfuerzos; estas se pueden caracterizar como vetas de brecha. En el afloramiento se aprecia, además, una transición desde vetas paralelas hasta vetas de brecha, lo que evidencia el amplio desarrollo de estas.

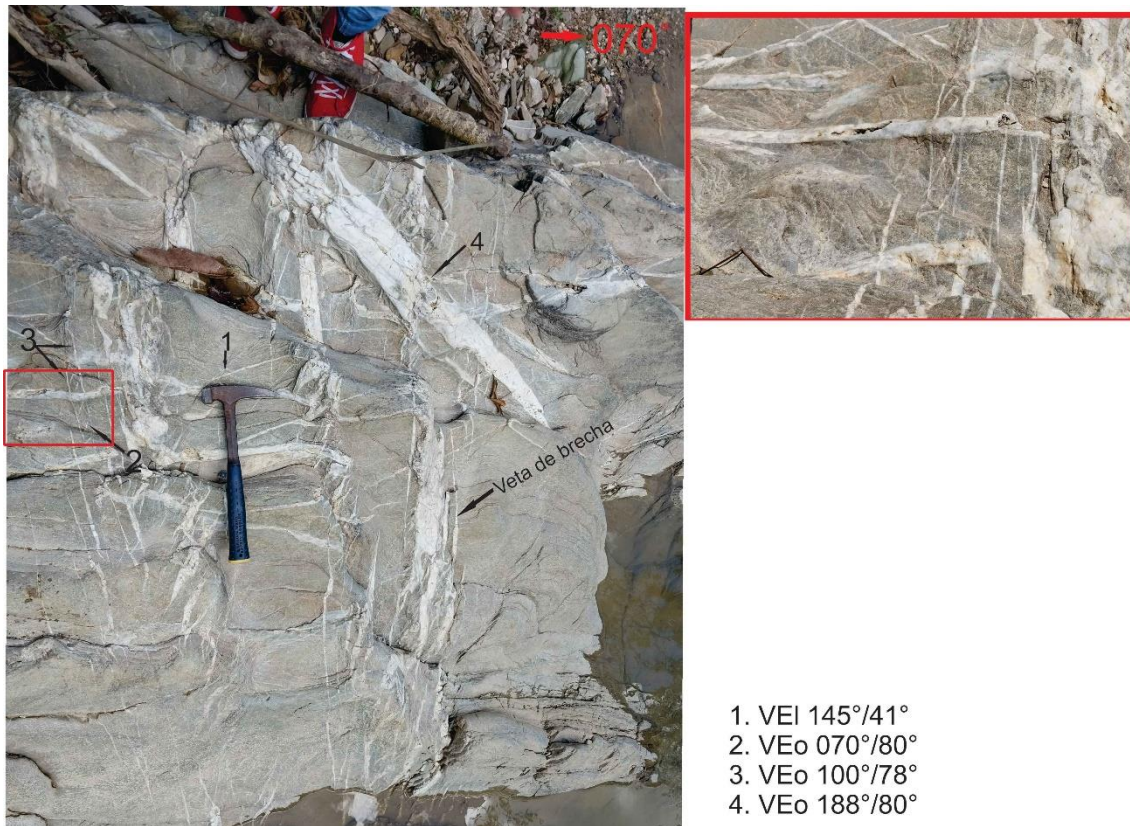


Figura 2. Afloramiento de metaarenisca afectado por vetas con diferentes características: paralelas entre sí, sigmoidales en escalón, con pequeñas oquedades y vetas de brecha. Se establece la relación con la estratificación 1- vetas longitudinales, 2, 3 y 4 vetas oblicuas con diferentes direcciones de buzamiento. En la parte inferior derecha aparecen los datos de los elementos de yacencia de las vetas analizadas en la imagen. La imagen de la derecha es un zoom donde se pueden observar las relaciones de corte.

La Figura 3 muestra un afloramiento de metaareniscas foliadas en el que se desarrollaron vetas que, según su posición respecto a la foliación, se encuentran de forma oblicua y se desarrollan en diferentes momentos; también hay presencia de un dique (que según la descripción de la sección delgada realizada por el IGP es una metarenita metasomatizada) que afecta las rocas y algunas vetas (2). Según su desarrollo en el tiempo se puede establecer que las vetas oblicuas que se encuentran buzando al norte (VEo 350°/80°) se desarrollan posterior a la foliación de los estratos (1), el dique metamórfico se encuentra afectando a estas vetas por lo que se intruye en un momento posterior, a su vez el dique es afectado por otra familia de vetas que buzando al sureste (3), lo que puede ser una evidencia que las vetas oblicuas se desarrollan en diferentes momentos o están asociadas a diferentes eventos tectónicos.

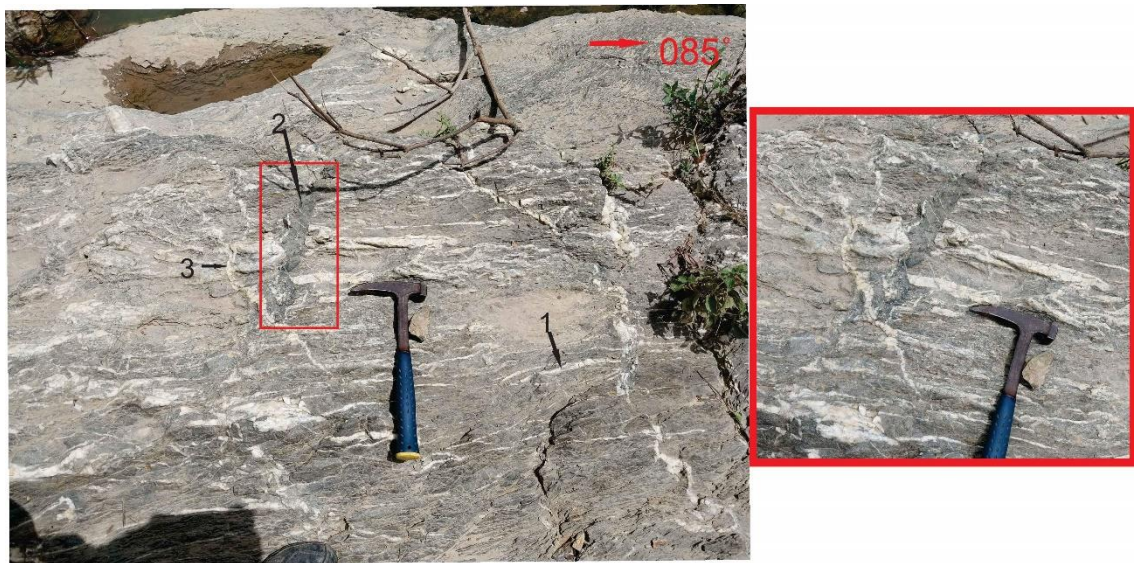


Figura 3. Afloramiento de metaarenisca con presencia de vetas oblicuas a la estratificación (1 y 3) y un dique de metarenita metasomatizada que se encuentra cortando la roca de caja discordantemente (2) y algunas de las vetas presentes. La figura de la derecha es un zoom que permite establecer la relación de corte entre el dique y las vetas.

Un afloramiento de metaarenisca de color gris muy foliada se aprecia en la Figura 4, el cual es afectado por varias vetas masivas de cuarzo lechoso. Hay además una zona oxidada (4) que evidencia restos de mineralización. Las primeras vetas en formarse son las que se encuentran transversales a la estratificación (1), siendo paralelas entre ellas; estas vetas son afectas por una veta oblicua (2) de 1,5 m de largo. En el afloramiento también se pueden observar vetas conjugadas con una dirección de σ_1 de 340° , lo que evidencia una dirección preferencial de los esfuerzos del N.



Figura 4. Afloramiento de metaarenisca foliada el cual es afectado por una familia de vetas de cuarzo que se cortan entre ellas. 1-vetas transversales a la foliación, 2-vetas oblicuas a la foliación, 3-vetas conjugadas y 4-mineralización oxidada en la roca de caja. En la parte inferior aparecen los elementos de yacencia de las vetas analizadas, y en el cuadro rojo un zoom de una veta conjugada señalando la dirección preferencial de los esfuerzos (σ_1).

Para sintetizar las observaciones realizadas durante los trabajos se construyó un diagrama de bloque que muestra las diferentes familias de vetas identificadas, su relación con la foliación y las relaciones de corte (Figura 5).

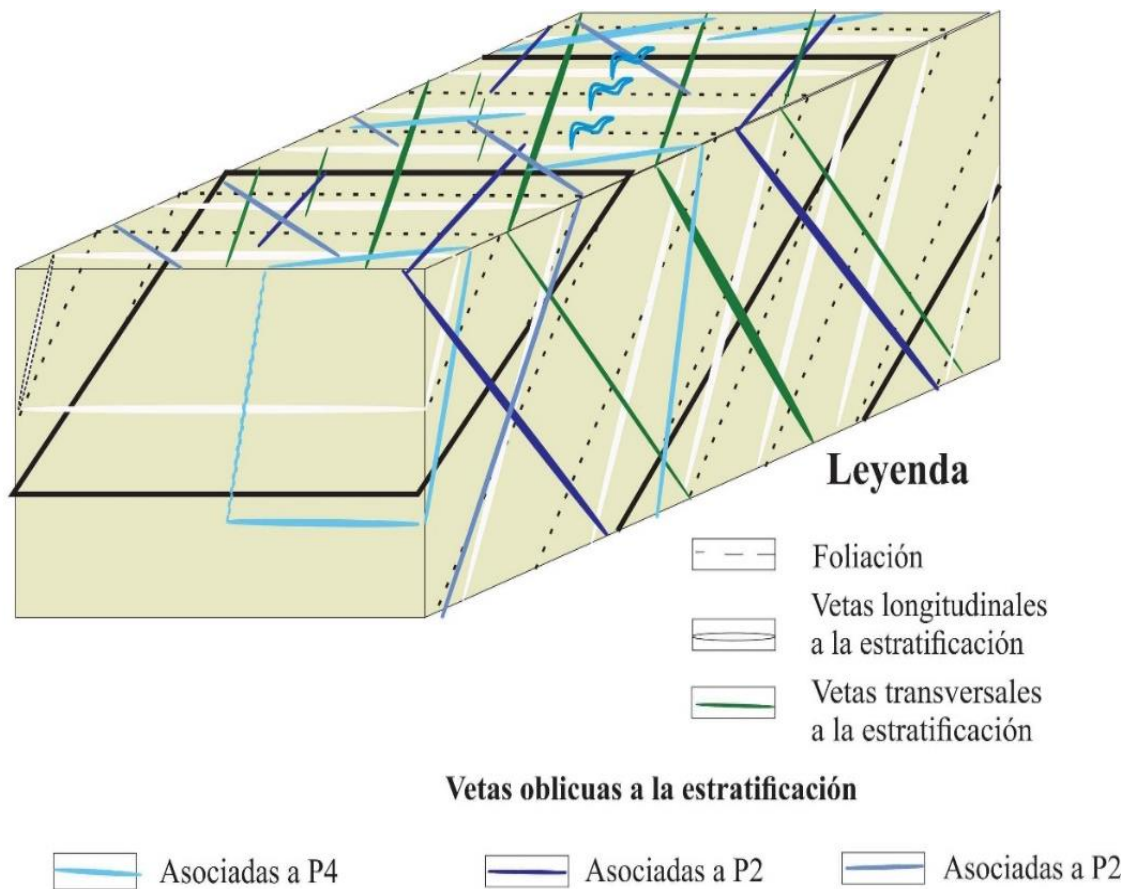


Figura 5. Diagrama de bloque que muestra las diferentes familias de vetas identificadas en el campo, su relación con la foliación y sus relaciones de corte.

4. DISCUSIÓN

La amplia presencia de vetas de cuarzo en la Fm. Arroyo Cangre permite establecer una caracterización. Se encuentran distribuidas en metaareniscas y tienen menor distribución en rocas pizarrosas debido a la ductilidad que presentan. Su color es blanco lechoso y pueden ser masivas, fibrosas o sintaxiales; su tamaño y espesor varía desde milímetros hasta los tres metros largo y un metro de espesor.

Algunas vetas presentan espacios vacíos, lo que se puede interpretar como lixiviación de una mineralización preexistente, relleno incompleto de cristales euédricos o la falta de fluidos para rellenar dichos espacios (Figura 2). Otras poseen coloraciones oscuras en estos espacios (mineralización o descomposición de materia orgánica) y restos de mineralización oxidada.

Las vetas analizadas en su mayoría son de extensión, algunas se encuentran paralelas entre sí, otras sigmoidales, sigmoidales en escalón, conjugadas; en algunos casos se puede apreciar una transición de vetas paralelas entre sí a stockwork y de estas a vetas de brecha.

Según la relación con la estratificación planteada anteriormente y los análisis realizados en el campo de las relaciones de corte que presentan las vetas, se puede afirmar que las vetas longitudinales se forman en un primer momento, estas son afectadas por vetas transversales a la estratificación y en un tercer momento se desarrollan las oblicuas, asociadas a diferentes tiempos; estas últimas pueden desarrollarse a la par con las vetas transversales (Figura 2, 3 y 4).

La existencia de un dique de metarenita metasomatizada cortando discordantemente las metaareniscas en un afloramiento en el río Guamá (Figura 3) permite establecer una datación relativa de las vetas relacionadas con el cuerpo. Posterior a los cabalgamientos que afectaron todo Guaniguanico se forma una grieta, la cual es rellenada por material sedimentario, este material es afectado por el metamorfismo de la zona y se forma la metarenita metasomatizada (P3). Como dicho cuerpo se encuentra afectando las vetas transversales, se puede establecer que estas se originaron antes del metamorfismo característico de la Faja Cangre, por lo que pueden estar asociadas con el transporte tectónico del P2. Anteriormente se planteó que las vetas longitudinales se formaron primero que las transversales, además en la Figura 1B se muestra que estas se encuentran asociadas a condiciones distensivas por lo que también pueden estar asociadas a este período (P2). Teniendo en cuenta que las vetas oblicuas se desarrollan en diferentes condiciones de formación (Figura 1F) y según la relación de corte establecida en el campo (Figuras 2, 3 y 4) se puede plantear que estas se desarrollan en momentos diferentes, principalmente bajo condiciones distensivas; un grupo asociado al P2 y las otras dos familias a inicios del P4 o a lo largo del mismo, asociados al orógeno extrusivo y la configuración definitiva de la zona.

5. CONCLUSIONES

- En la Fm. Arroyo Cangre las vetas de cuarzo se encuentran ampliamente distribuidas en las metaareniscas, no siendo así en las rocas pizarrosas. Los análisis realizados de las relaciones de corte de estas estructuras permiten determinar que las vetas longitudinales se forman en un primer momento, estas son afectadas por vetas transversales a la estratificación y en un tercer momento se desarrollan las oblicuas, asociados a diferentes tiempos; estas últimas pueden desarrollarse a la par con las vetas transversales.
- La existencia de un dique de metarenita metasomatizada cortando algunas vetas en un afloramiento en el río Guamá permite asociar la formación y desarrollo de las vetas a diferentes períodos

deformacionales. Las vetas longitudinales pueden estar asociadas con el transporte tectónico del P2 bajo condiciones distensivas, lo mismo sucede con las vetas transversales y una parte de las oblicuas. Las otras dos familias de vetas oblicuas se forman a inicios del P4 o a lo largo del mismo, asociadas al orógeno extrusivo y configuración definitiva de la zona.

6. REFERENCIAS

- Bons, P. D. (2000). The formation of veins and their microstructures. *Journal of the Virtual Explorer*, 02. <https://doi.org/10.3809/jvirtex.2000.00007>.
- Bons, P. D., Elburg, M. A., & Gomez-Rivas, E. (2012). A review of the formation of tectonic veins and their microstructures. *Journal of Structural Geology*, 43, 33-62. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2012.07.005>.
- Cáceres, D. (1997). Estructura Geológica y Pronóstico Preliminar para metales básicos + Barita en la parte central de las Alturas Pizarrosas del Sur. (Tesis doctoral, Universidad de Pinar del Río Hermanos Saiz Montes de Oca).
- Cáceres, D., & Cruz-Gámez, E. M. (2022). Implicaciones tectono-metamórficas bajo una dinámica de compresión en Faja Cangre, occidente de Cuba. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 39(1), 1-15. <https://doi.org/10.22201/cgeo.20072902e.2022.1.1632>.
- Chapple, W. M. (1978). Mechanics of thin-skinned fold-and-thrust belts. *Geological Society of America Bulletin*, 89(8), 1189. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1978\)89<1189:MOTFB>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1978)89<1189:MOTFB>2.0.CO;2).
- Cosgrove, J. W. (1993). The interplay between fluids, folds and thrusts during the deformation of a sedimentary succession. *Journal of Structural Geology*, 15(3-5), 491-500. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(93\)90143-X](https://doi.org/10.1016/0191-8141(93)90143-X).
- Cruz-Gámez, E. M., Despaigne, A. I., Lastra, J. F., & Cáceres, D. (2016). Geoquímica del magmatismo mesozoico asociado al Margen Continental Pasivo en el occidente y centro de Cuba. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 68(3). <https://doi.org/10.18268/BSGM2016v68n3a5>.
- Durney, D. (1972). Solution-transfer, an important geological deformation mechanism. *Nature*, 235, 315-317.
- Fisher, D., & Brantley, S. (1992). Models of quartz overgrowth and vein formation: Deformation and episodic fluid flow in an ancient subduction zone. *Journal of Geophysical Research*, 97, 20043-20061. <https://doi.org/10.1029/92JB01582>.

- Fitz-Díaz, E., Tolsón, G., Camprubí, A., Rubio-Ramos, M. A., & Prol-Ledesma, R. M. (2008). Deformación, vetas, inclusiones fluidas y la evolución tectónica de las rocas cretácicas de Valle de Bravo, Estado de México, México. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 25(1), 59-81.
- Fyfe, W. S., & Kerrich, R. (1985). Fluids and thrusting. *Chemical Geology*, 49(1-3), 353-362. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(85\)90167-6](https://doi.org/10.1016/0009-2541(85)90167-6).
- Gamond, J. F. (1983). Displacement features associated with fault zones: A comparison between observed examples and experimental models. *Journal of Structural Geology*, 5, 33-45. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(83\)90005-6](https://doi.org/10.1016/0191-8141(83)90005-6).
- Hudleston, P. J. (1989). The association of folds and veins in shear zones. *Journal of Structural Geology*, 11(8), 949-957. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(89\)90046-1](https://doi.org/10.1016/0191-8141(89)90046-1).
- Jessell, M. W., Gray, D. R., & Willman, C. E. (1994). Bedding parallel veins and their relationship to folding. *Journal of Structural Geology*, 16(6), 753-767.
- King-Hubbert, M., & Rubey, W. W. (1959). Role of fluid pressure in mechanics of overthrust faulting. *Geological Society of America Bulletin*, 70(2), 115. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1959\)70\[115:ROFPIM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1959)70[115:ROFPIM]2.0.CO;2).
- Martínez, D., & Fernández de Lara, R. (1988). Informe sobre los resultados del levantamiento geológico y búsqueda a escala 1: 50 000 en la parte central de la provincia de Pinar del Río. Empresa de la Industria Básica. Empresa de Geología.
- Millán, G. (1972). El metamorfismo y mesodeformaciones de la unidad tectónica más suroriental de la Sierra de los Órganos (Boletín Actas, pp. 33-35). Instituto de Geología y Paleontología (IGP).
- Nelson, E. P. (2006). Drill-hole design for dilational ore shoot targets in fault-fill veins. *Economic Geology*, 101(5), 1079-1085. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.101.5.1079>.
- Passchier, C. W. (2001). Flanking structures. *Journal of Structural Geology*, 23(6-7), 951-962. [https://doi.org/10.1016/S0191-8141\(00\)00166-8](https://doi.org/10.1016/S0191-8141(00)00166-8).
- Piotrowska, K. (1978). Nappe structures in the Sierra de Los Organos, western Cuba. *Acta Geológica Polónica*, 28, 97-170.
- Pszczolkowski, A. (1985). Sobre la edad del metamorfismo y la estructura tectónica de la Faja Cangre, Provincia de Pinar del Río, Cuba. *Ciencias de la Tierra y del Espacio*, 31-35.
- Ramsay, J. G. (1967). *Folding and Fracturing of Rocks*. McGraw-Hill. <https://books.google.com.cu/books?id=IicUAQAIAAJ>.

- Sibson, R. H., Moore, J. Mc. M., & Rankin, A. H. (1975). Seismic pumping—A hydrothermal fluid transport mechanism. *Journal of the Geological Society*, 131(6), 653-659. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.131.6.0653>.
- Yang, S. J., Kim, T., Kim, E. J., Duuring, P., Koh, S. M., Nam, H. T., Heo, C. H., Cho, S. J., & Kim, Y. S. (2022). Geometry and scale property of a gold-silver-bearing vein system associated with an oblique-slip fault zone at Gasado Island, Korea. *Ore Geology Reviews*, 147, 104972. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2022.10497>.

Información adicional

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Los tres autores tuvieron igual participación.

ORCID

DDC, <https://orcid.org/0009-0005-6274-2979>

EEC, <http://orcid.org/0000-0001-7311-8382>

DCG, <https://orcid.org/0009-0007-5807-5282>

Recibido: 26/09/2024

Aceptado: 14/11/2024