

Control estructural de los carbonatos localizados en el Complejo Máfico-Ultramáfico del Cabo de la Vela y su relación con la placa del Caribe

Structural control of carbonates located in the Mafic-Ultramafic Complex of Cabo de la Vela and its relationship with the Caribbean Plate

Frank David Lascarro Navarro^{1,a}, Jorge Chira Fernández^{1,b}, Libardo Jesús Lascarro Navarro^{2,c}

Recibido: 31/03/2023 - Aprobado: 05/06/2023 – Publicado: 06/10/2023

RESUMEN

El Complejo Máfico-Ultramáfico del Cabo de la Vela (CMUCV) se encuentra en el extremo norte de América del Sur, al nororiente de Colombia, zona compleja tectónicamente debido a la interacción de las placas Nazca, Caribe y Suramericana. Esta investigación busca entender la relación de la placa del Caribe y los carbonatos emplazados en el CMUCV. Mediante la realización de 16 estaciones estructurales y la toma de 30 muestras de roca. Los resultados indican que las rocas aflorantes en el Cabo de la Vela son piroxenitas, peridotitas, serpentinitas y anfibolitas cortadas por múltiples vetillas y venas de carbonatos en un régimen de esfuerzos principales con un trend de 269.2 a 291.1 y plunge de 0.8 a 5.4. Se concluye que existe relación entre la tectónica de la placa del Caribe con los carbonatos emplazados en las rocas del CMUCV evidentes en las estructuras regionales y locales como fallas y vetillas que controlan la distribución de los carbonatos, debido a que se depositaron como relleno en zonas de apertura ocasionadas por el cizallamiento de las rocas, como respuesta a los diferentes esfuerzos rumbo dextro-laterales e inversos generados por las placas Caribe y Suramericana.

Palabras claves: Complejo Máfico-Ultramáfico del Cabo de la Vela, control estructural, tectónica, placa Caribe, serpentización.

ABSTRACT

The Mafic-Ultramafic Complex of Cabo de la Vela (CMUCV) is in the extreme north of South America to the northeast of Colombia, a tectonically complex area due to the interaction of the Nazca, Caribbean and South American plates. This research seeks to understand the relationship of the Caribbean Plate and carbonates located in the CMUCV. By carrying out 16 structural stations and taking 30 rock samples. The results indicate that the outcropping rocks at Cabo de la Vela are pyroxenites, peridotites, serpentinites and amphibolites cut by multiple veins and veins of carbonates in a main stress regime with a trend of 269.2 to 291.1 and plunge of 0.8 to 5.4. It is concluded that there is a relationship between the tectonics of the Caribbean Plate with the carbonates located in the rocks of the CMUCV evident in the regional and local structures such as faults and veins that control the distribution of carbonates, because they were deposited as filler in opening areas caused by the shear of the rocks, in response to the different dextro-lateral and inverse course efforts generated by the Caribbean and South American plates.

Keywords: Structural control, Mafic-Ultramafic Complex of Cabo de la Vela, tectonics, Caribbean plate, serpentization.

1 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado. Lima, Perú.

2 Universidad de Pamplona, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Unidad de Posgrado. Pamplona, Colombia.

a. Autor para correspondencia: frank.lascarro@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9433-2863>

b. Docente. E-mail: jchiraf@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5194-9940>

c. E-mail: libardo.lascarronavarro@gmail.com - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1891-034X>

I. INTRODUCCIÓN

El CMUCV se localiza en la península de La Guajira, forma parte del extremo más septentrional de América del Sur, constituyendo el margen norte de la placa Suramericana, que se ubica en una zona de compleja interacción con las placas Caribe y Nazca (Taboada et al. 2000; Audermard y Audemard, 2002; Pindell et al., 2005; Pszczółkowski y Myczyński, 2010). Los patrones de convergencia oblicua entre la placa Caribe y la placa Suramericana provocan obducción de terrenos oceánicos, además de dispersión de bloques continentales desde Ecuador hasta Trinidad (Kennan y Pindell, 2009; Pindell y Kennan, 2009). Esta configuración de obducción es diacrónica (Pindell et al. 2005), razón por la cual las rocas oceánicas acrecionadas en el continente son más antiguas hacia la parte sur, y más jóvenes hacia el noreste (Pindell y Kennan, 2009; Spikings et al., 2015). Así, las rocas de afinidad oceánica del Caribe en la alta Guajira (formación Etpana, formación Carpintero y CMUCV) se superponen a rocas de afinidad continental Suramericana como la formación Jarara (MacDonald, 1964; Lockwood, 1965; Álvarez, 1967; Weber et al., 2007).

A pesar de las investigaciones publicadas y conocimiento que existe sobre la tectónica del Caribe colombiano y la acreción de terrenos en la península de La Guajira, no se tiene mucha información referente a los carbonatos emplazados en las rocas del CMUCV. Esta investigación tiene como objetivo principal conocer la relación entre la placa Caribe y cómo las estructuras controlan los carbonatos emplazados en el CMUCV, debido a que los controles estructurales son esenciales para comprender el papel de las estructuras geológicas como canales en el transporte y precipitación de minerales (Zuluaga et al., 2019; Tuanama Tuanama y Guadalupe Gómez, 2021; Hurtado et al., 2015; Reyes Rivera, 2012; Ayala, 2019).

II. METODOLOGÍA

Se procesaron imágenes satelitales ASTER con el software ENVI® 5.1, y se identificaron las principales estructuras regionales como fallas y lineamientos, teniendo como base la metodología de Radaideh et al. (2016), quienes utilizan las sombras de las colinas derivadas de ASTER-GDEM. Se realizaron 16 estaciones estructurales, donde se tomaron 84 datos estructurales y 30 muestras de rocas. Los datos estructurales se organizaron inicialmente en Microsoft Excel por estación estructural, tipo de estructura y características, dividiéndose en tres zonas: sur, centro-sur y norte; esta información fue procesada en los softwares Dips 6.0 y FaultKin 7.5, obteniéndose diagramas de rosetas y de esfuerzos principales, interpretados a partir de las teorías propuestas por Marrett y Allmendinger (1990), Jensen-Siles (2006), Allmendinger et al. (2011) y Allmendinger (2018).

III. RESULTADOS

3.1 Área de estudio

Los principales rasgos estructurales identificados corresponden primordialmente a vetillas de carbonatos,

crisotilo y magnetita, emplazados en el CMUCV, además de diques y fallas que cortan la secuencia (Figura 1). Los datos utilizados fueron agrupados por estación estructural, tipo de estructura y características, dividiéndose en tres zonas: sur, centro-sur y norte.

3.2 Estructuras y esfuerzos derivados

En general, los rasgos estructurales presentan tres tendencias que dependen del tipo de estructura medida en las estaciones estructurales. La primera tendencia cuenta con un rango de dirección de EW a N40W; la segunda de N30W a NS, y la tercera con rango de dirección de N20E a N60E (Figura 2 A), ambos con ángulos de buzamiento desde 17° hasta 90°, con promedio de 60°. Sus direcciones de buzamiento son de SW y NW, y en menor medida NE y SE. En la zona sur los datos que corresponden a vetillas están constituidos por carbonatos, presentando dos tendencias predominantes que varían de N60W a N40W y NS a N30E, con ángulos de buzamiento de 21° hasta 87°, con una predominancia de 61°, mayoritariamente las direcciones de los buzamientos van hacia el SW y SE, sin embargo, se pueden presentar algunos datos hacia el NW y NE (Figura 2 B).

Por su parte, la zona centro-sur exhibe vetillas mayoritariamente de carbonatos, seguido por vetillas de crisotilo y magnetita. Estas vetillas presentan dos tendencias que varían de WE a N70W y N70W a N40W, con ángulos de buzamiento de 32° hasta 90°, con una predominancia de 62°, mayoritariamente las direcciones de los buzamientos se orientan hacia el de SW, aunque, se pueden presentar algunos datos hacia el NE, NW y SE (Figura 2 C). A su vez, la zona norte muestra vetillas de carbonatos, crisotilo y magnetita, las cuales se pueden agrupar en dos tendencias, la primera orientada de N45W a NS y la segunda con orientación de N30E a N60E, ambas con buzamientos de 17° a 90°, con promedios de 59° (Figura 2 D). La dirección de buzamiento de estas vetillas es de NE y SW, con algunos datos hacia el SW y NW.

Se tomaron mediciones a 17 datos correspondientes a estructuras de fallas, con orientaciones que varía de N20W a N10E y N20E a N50E (Figura 3 A), y ángulos de buzamientos de 19° a 77°, cuyas direcciones de buzamiento se presentan mayoritariamente hacia el SW; sin embargo, pueden encontrarse también hacia el SE, NW y minoritariamente hacia el NE. Además, se identificaron tres diques gabro anfibólicos (Figura 3 B) con orientación de N55E, N37E y N74W, y buzamientos de 85SE, 38NW y 59SW, respectivamente.

Las medidas lineales tomadas en afloramientos son estrías, planos de estratificación, Jogs (Step over), vetillas en echelon, fallas, entre otros. Estos datos se representan mediante trend y el plunge, proyectadas en la horizontal y se refieren por su orientación "trend" (ángulo horizontal con respecto al norte) y su inclinación "plunge" (ángulo vertical con respecto a la horizontal) (Lisle, 2004; Lascarrón-Navarro et al., 2020). Los esfuerzos principales que generaron el fallamiento en el área, para las zonas norte, centro-sur y sur, se muestran en la Tabla 1, representados en la Figura 4 mediante el mapa de análisis de esfuerzos.

Figura 1
Mapa de localización del área de estudio.

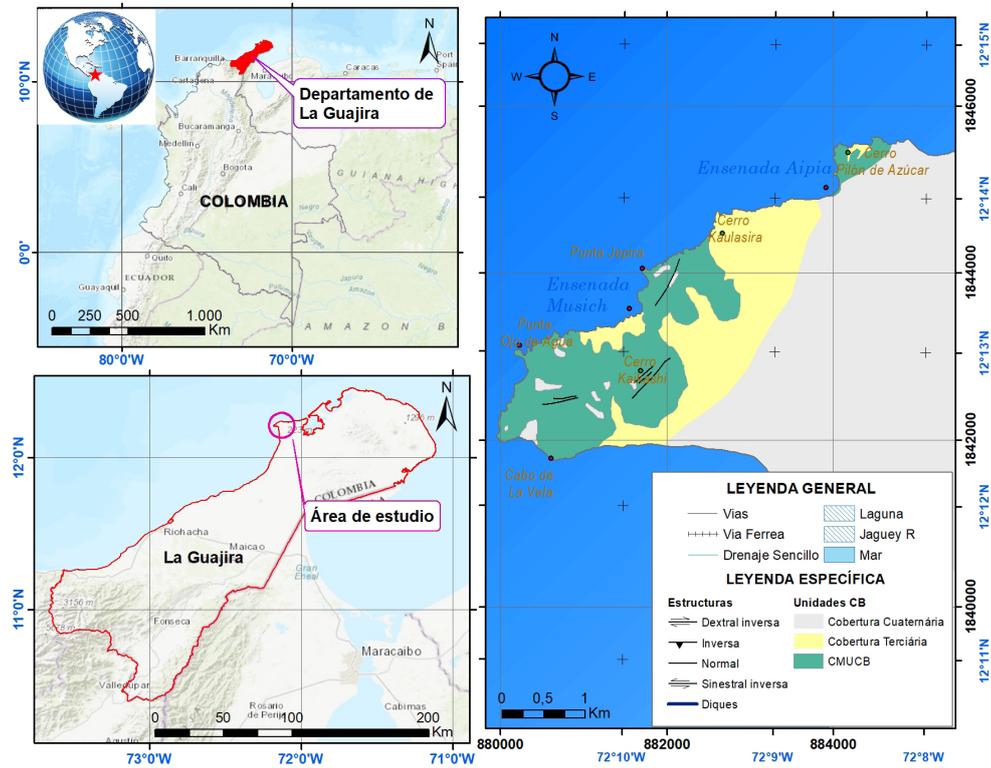
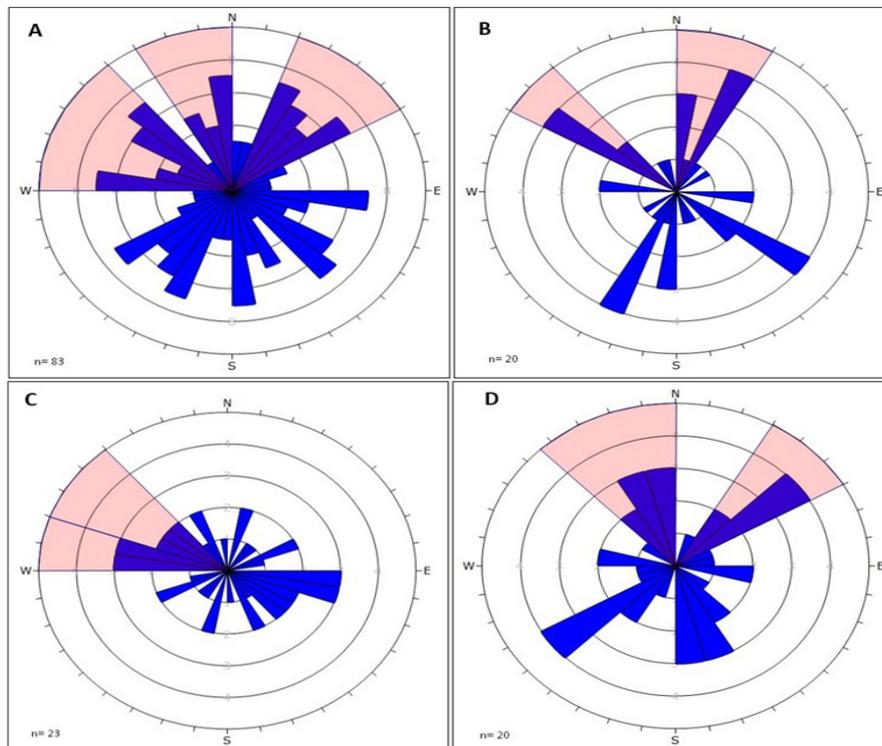


Figura 2. Diagrama rosa de datos estructurales CMUCV



Nota: A) Direcciones generales de todos los rasgos medidos en el complejo. B) Datos estructurales de las vetillas de la zona sur. C) Direcciones de vetillas de la zona centro-sur. D) Datos estructurales de las vetillas de la zona norte.

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.

Diagrama rosa de datos estructurales de fallas (A) y diques (B) que cortan la secuencia del CMUCV

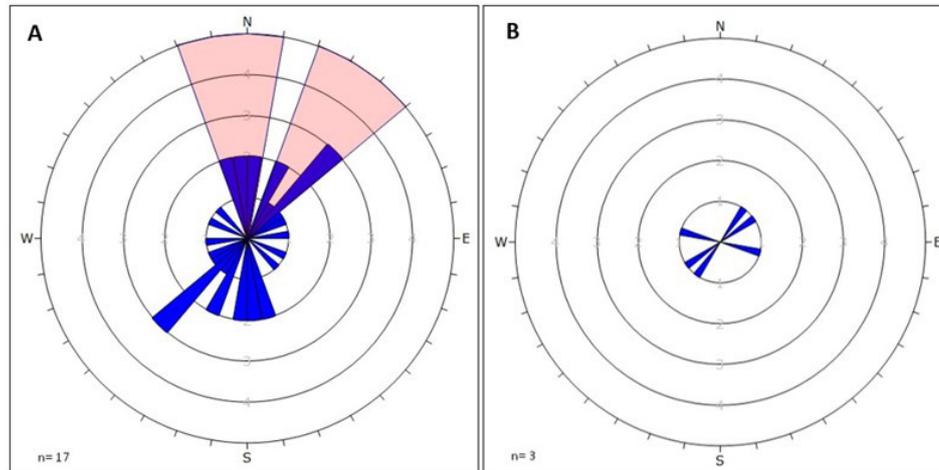


Tabla 1

Direcciones de los principales esfuerzos

Zona	Esfuerzos (σ)	Medidas lineales	
		Trend	Plunge
Sur	σ_1	269,2	0,8
	σ_2	178,9	21,2
	σ_3	1,3	68,8
Centro-Sur	σ_1	291,1	3,1
	σ_2	200,4	11,9
	σ_3	35,6	77,7
Norte	σ_1	285,1	5,4
	σ_2	15,2	1,7
	σ_3	122,8	84,3

La cinemática de los datos analizados representa esfuerzos de rumbo, mayoritariamente componentes dextro laterales e inversos, sin embargo, también se presenta una cinemática menor, normal y perpendicular a la dirección del esfuerzo principal.

3.3 Análisis litológico

Las rocas del área de estudio son expuestas en afloramientos de carácter métrico a decimétrico a lo largo de las playas Cabo de La Vela, Punta Ojo de Agua y cerro Pilón de Azúcar. Se caracterizan por tener una coloración oscura a verdosa, con composición máfica a ultramáfica, constituidas por peridotitas y piroxenitas compuestas por cristales de olivino subhedrales a euhedrales, piroxenos subhedrales y esporádicamente anfíboles subhedrales. Estas rocas por sectores presentan serpentinización de intensidad baja a fuerte, y producto de este metamorfismo se reconocen minerales como lizardita, antigorita y magnetita.

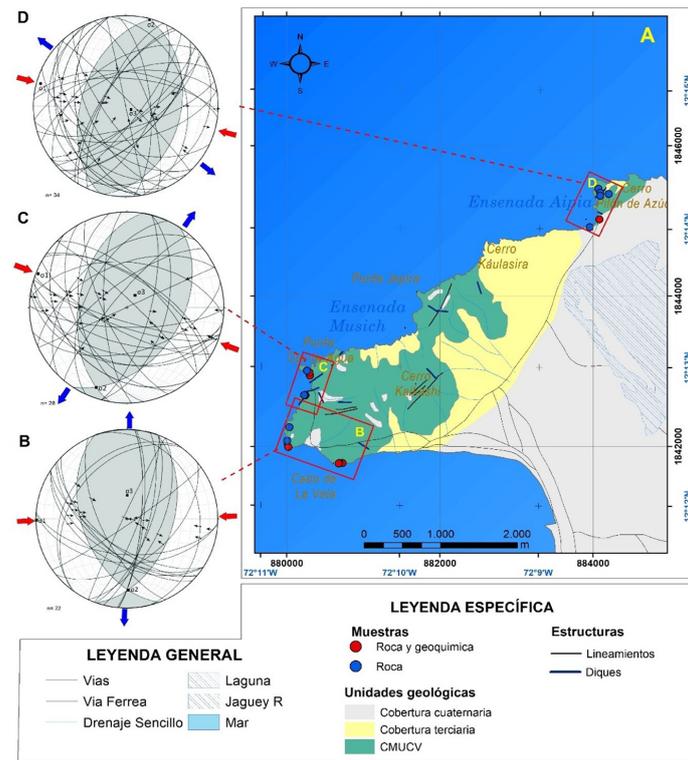
En la zona sur se presentan serpentinatas de color gris oscuro a verdoso y ocre a amarillo debido a la

meteorización, compuestas principalmente por lizardita y antigorita. Cortados por vetillas de 0,5 a 2 cm de grosor, rellenas de crisotilo subhedral a euhedral cortadas a su vez por vetillas de carbonatos de 0,1 hasta 1cm de grosor que generan una estructura enrejada tipo stockwork (Figura 5 A). Todas las estructuras están siendo cortadas por fallas locales, generalmente de carácter inverso, cuyo grosor varía de 5 hasta 25 cm, rellenas por cristales de carbonatos. Esporádicamente dentro de las fallas se encuentran brechas monomícticas subangulosas a redondeadas de serpentinatas, en una matriz de carbonatos (Figura 5 B). Se evidencia la presencia de diques de anfíbolitas de textura nematoblástica a porfidoblástica que cortan toda la secuencia (Figura 5 C y D).

En la zona centro-sur se encuentran buenas exposiciones de rocas a lo largo de la playa Punta Ojo de Agua, con afloramientos entre 2 a 5 metros de alto. Litológicamente constituidas mayoritariamente por serpentinatas cortadas por vetillas en stockwork de carbonatos, vetillas de magnetita con espesores de hasta 3 cm y esporádicamente crisotilo (Figura 6 A y B). Al

Figura 4

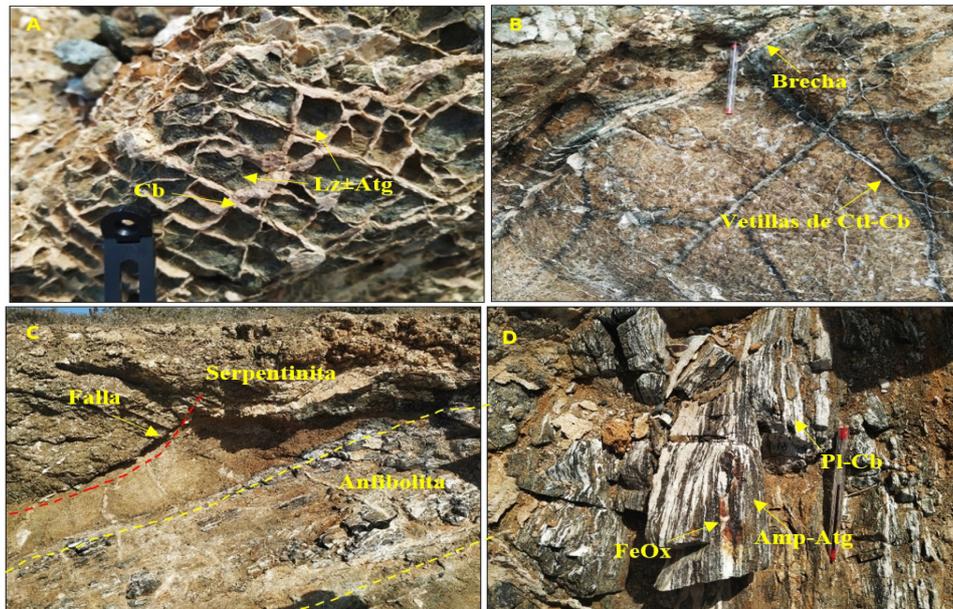
Mapa de dirección de esfuerzos en las principales zonas de estudio



Nota: Rocas aflorantes en el Cabo de La Vela; B: Zona sur; C: Zona centro sur; D: Zona norte. Sistema de Coordenadas MAGNA-Colombia-este.

Figura 5

Rasgos geológicos reconocidas en la zona sur del CMU



Nota: Serpentinita constituida por Lizardita (Lz)±Antigorita (Atg), cortada por vetillas de carbonato (Cb) ocasionalmente en stockwork; B: Serpentinita cortada por vetillas de carbonatos (Cb) y crisotilo (Cl), se observa también brechas monomíticas de serpentinita en matriz de carbonatos; C: Dique de anfibolita cortando serpentinitas; D: Textura nematoblástica y porfidoblástica de los diques anfibólicos, constituidos por anfíbol (Amp)-plagioclasa (Pl)-carbonato (Cb)-porfidoblastos de antigorita (Atg)±Óxidos de hierro (FeOx).

norte de esta zona se destaca la presencia de peridotitas, piroxénicas de color oscuro sin serpentinización aparente, cortada por carbonatos y magnetita (Figura 6 B). Estas se encuentran cortadas por múltiples vetillas de carbonatos, magnetita y crisotilo, algunas exponen un arreglo tensional de tipo echelon (Figura 6 C). Además, se evidencian diques anfibólicos; toda la secuencia es cortada por múltiples fallas inversas con componentes de rumbo dextral (Figura 6 D).

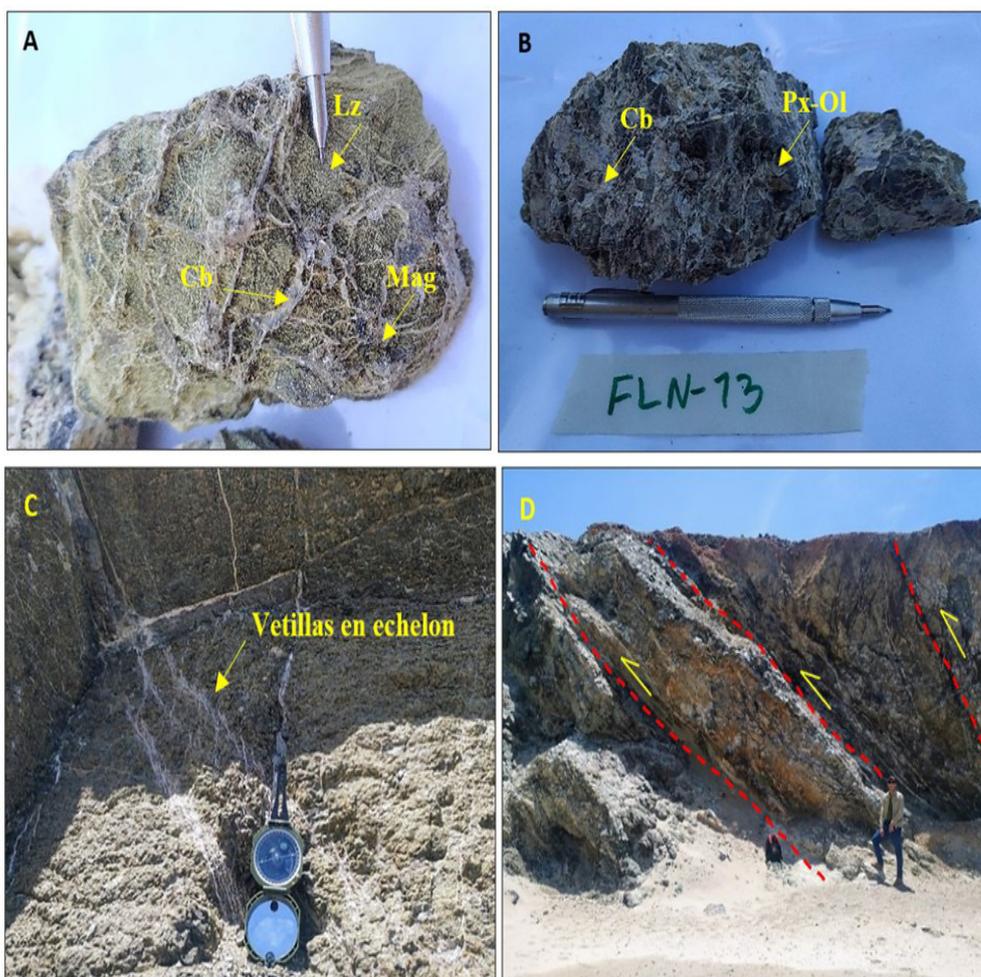
La zona norte se caracteriza por la presencia de rocas ultramáficas de color negro a verde, con textura fanerítica, compuesta principalmente por cristales de tamaño inferior a un centímetro de piroxenos subhedrales, olivinos y esporádicamente anfíboles subhedrales (Figura 7 A), estos minerales se exhiben como bandas paralelas discontinuas cortadas por vetillas de carbonato y crisotilo de hasta 1,5

cm de grosor (Figura 7 B y C) y por diques anfibólicos de hasta 2 m de grosor de textura porfidoblástica a nematoblástica.

Estas rocas presentan un fuerte fracturamiento debido a la influencia de fallas mayoritariamente dextro laterales, inversas y en menor medida normales. En las fallas dextrales se identificó una cinemática subordinada inversa y es posible observar estructuras tipo jogs o step over a lo largo de su trazo, rellenas por carbonatos y cuarzo como producto de una caída de la presión generada por los esfuerzos tensionales en la zona de falla, donde se empiezan a crear espacios propicios para la precipitación de minerales (Figura 7 D). Estas fallas ponen en contacto serpentinitas con alteración supergena con peridotitas con moderada a baja serpentinización (Figura 7 D, E y F).

Figura 6.

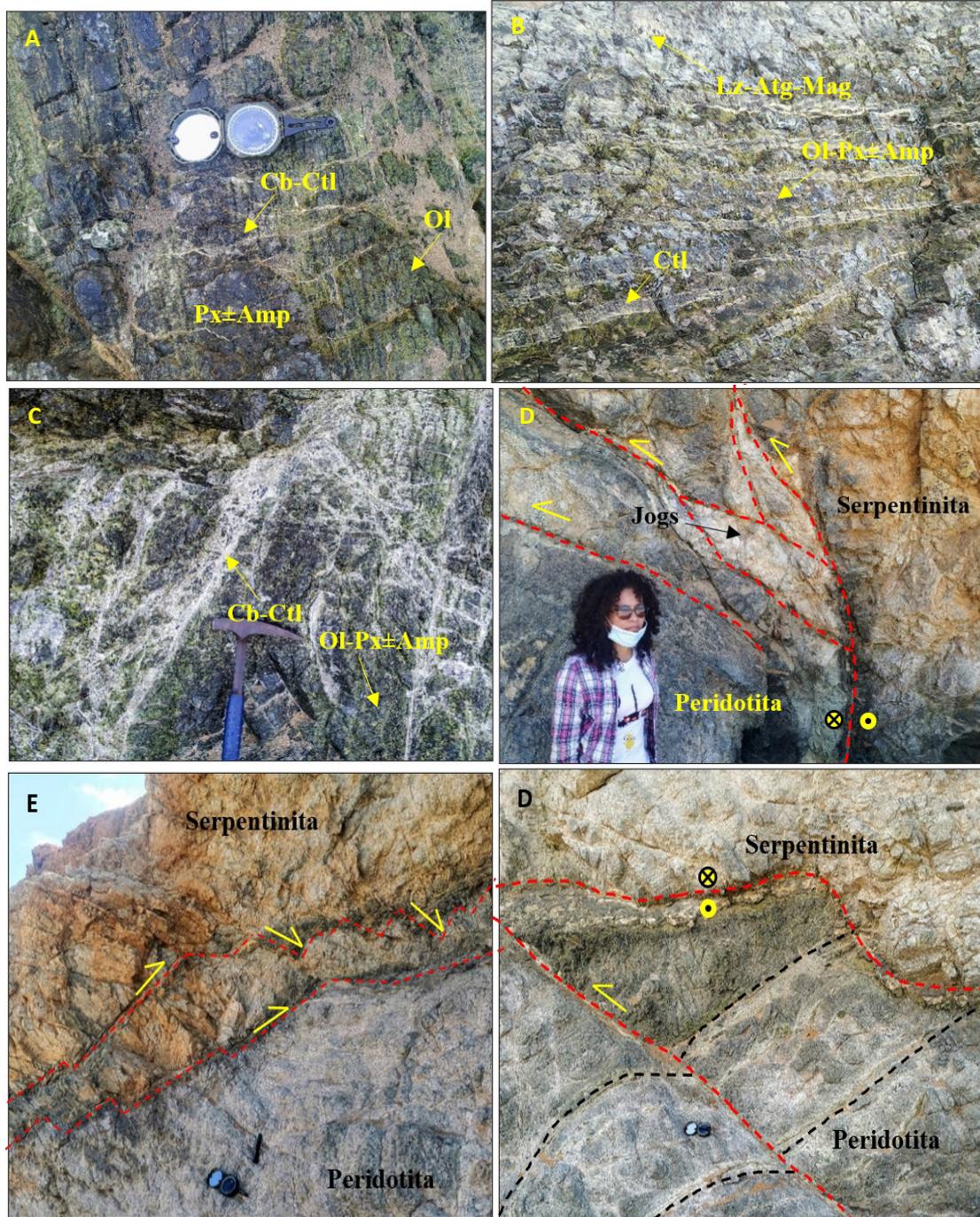
Principales características mineralógicas y rasgos estructurales de la zona centro-sur del CMUCV



Nota: Serpentinita compuesta por lizardita (Lz), cortada por vetillas de carbonatos (Cb) y magnetita (Mag). B: Peridotita compuesta por piroxenos (Px)-olivino (Ol) con vetillas de carbonatos (Cb). C: Vetillas tensionales de tipo echelon en serpentinitas. D: Secuencia de fallas inversas con componentes de rumbo dextrales.

Figura 7

Principales litologías aflorantes en la zona norte del CMUCV



Nota: Peridotitas y piroxenitas con cristales de piroxenos (Px), olivinos (Ol) y ocasionalmente anfíbol (Amp) con presencia de vetillas de carbonatos (Cb) y crisotilo (Ctl); B: vetillas de crisotilo (Ctl) embebidas en cristales de olivinos (Ol), piroxenos (Px) y ocasionalmente anfíbol (Amp), en la parte superior se reconoce serpentinitas con alteración supergénica; C: Vetillas de carbonato (Cb) y crisotilo (Ctl) emplazadas en rocas piroxénicas y peridotitas compuestas generalmente de olivino (Ol), piroxeno (Px) y ocasionalmente anfíboles (Amp); D: Falla dextral inversa en el que se reconocen estructuras tensionales tipo Jogs; E y F: Sistema de fallas normales como producto de descanso tectónico asociado a fallas dextrales inversas.

IV. DISCUSIÓN

Los datos estructurales de los indicadores cinemáticos y las orientaciones de las fallas, vetillas, venas y diques indican que los esfuerzos principales cuentan con un trend de 269.2 a 291.1 y plunge de 0.8 a 5.4, demostrando una cinemática mayoritariamente de rumbo dextro lateral e inversa en sentido NWW-SEE. Asociada a una acreción del fondo oceánico y un arco de isla interoceánico mediante un proceso de subducción oblicua y de bajo ángulo, en el margen norte del continente suramericano desde el Campaniano (75 Ma), limitadas por largas zonas de cizalla (Cediel et al., 2003; Zuluaga et al., 2009; Giunta et al., 2006; Romito y Mann, 2020). Esto explicaría la relación entre la orientación de las diferentes estructuras regionales y locales con el emplazamiento de carbonatos en las peridotitas, piroxenitas y serpentinitas del CMUCV, debido a que los fluidos mineralizantes depositan la carga mineral en zonas de apertura o porosidades ocasionadas por el cizallamiento de las rocas, como respuesta a los diferentes esfuerzos generados por las placas Caribe y Suramericana.

V. CONCLUSIONES

Existe relación entre la tectónica del caribe colombiano y la mineralización de carbonatos emplazados en las rocas del CMUCV, evidenciadas en las estructuras regionales y locales como fallas, vetillas que controlan la distribución de los carbonatos, debido a que se depositaron como relleno en zonas de apertura ocasionadas por el cizallamiento de las rocas, como respuesta a los diferentes esfuerzos rumbo dextro-laterales e inversos con trend entre 269.2 a 291.1 y plunge entre 0.8 a 5.4, generados por las placas Caribe y Suramericana.

VI. REFERENCIAS

Allmendinger R.W., Cardozo N. and Fisher D. (2011). "Structural geology algorithms: Vectors and tensors in structural geology". Cambridge University Press, 302 p.

Allmendinger, R. W. (2018). A structural geology laboratory manual for the 21st century. <https://static1.squarespace.com/static/5fd3a0dac47b7d485d6715e5/t/5fd952ef6cbd2a76d411ffdf/1608078076774/Structure+Lab+Manual.pdf>

Álvarez, W. (1967). Geology of the Simarua and Carpintero áreas, Guajira Peninsula, Colombia. Tesis Ph.D., Princeton Univ., 168 p. New Jersey.

Audemard, F. y Audemard, F. (2002). Structure of the Mérida Andes, Venezuela: relations with the South America-Caribbean geodynamic interaction. *Tectonophysics*, 345: 299-327. http://www.funvisis.gob.ve/old/archivos/pdf/articulos/2002_TECTO_FEA.pdf

Ayala Carazas, L. A. (2019). Influencia de la tectónica cenozoica del antearco peruano en el mecanismo de deformación del Morro Solar mediante el análisis estructural. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la UNMSM*, 22(43), 133–142. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v22i43.16699>

Cediel, F, Shaw, R., & Caceres, C. (2003). Tectonic Assembly of the Northern Andean block, in *The Circum-Gulf of Mexico*

and the Caribbean: Hydrocarbon Habitats, Basin Formation and Plate Tectonics. *AAPG Bulletin*, 79, 815–848.

- Giunta, G., Beccaluva, L., Siena, F. (2006). Caribbean Plate margin evolution: constraints and current problems. *Geologica Acta*, Vol.4, N°1-2, 2006, 265-277. <https://revistes.ub.edu/index.php/GEOACTA/article/view/105.000000369/4203>
- Hurtado, C., Baby, P., Jacay, J., Calderón, Y., Bolaños, R., Pelliza, H., & Monges, C. (2015). Análisis estructural y estratigráfico de la subcuenca Pachitea, zona noroccidental de la cuenca Ucayali - Perú. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geográfica, Minera, Metalúrgica y Geológica de la UNMSM*, 18(35). <https://doi.org/10.15381/iigeo.v18i35.11707>
- Jensen-Siles, E. (2006). Guía básica para uso de FultKinWin, basada completamente en el manual de FaultKin original de Richard W. Allmendinger. Departamento de Ciencias Geológicas Universidad Católica del Norte, Chile. <https://docplayer.es/111650211-Guia-basica-para-uso-de-fultkinwin-1-1.html>
- Kennan, L., & Pindell, J. L. (2009). Dextral shear, terrane accretion and basin formation in the Northern Andes: best explained by interaction with a Pacific-derived Caribbean Plate? *Geological Society, London, Special Publications*, 328(1), 487–531. <https://doi.org/10.1144/SP328.20>
- Lascarro Navarro, F. D., Lozada Molina, M. D., Manco Jaraba, D. C., & Rojas Martínez, E. E. (2020). Análisis estructural y morfotectónico al norte de Valledupar-Cesar, Colombia: contribución a los estudios de peligrosidad sísmica de la Falla Río Seco. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 28(2), 255–267. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052020000200255>
- Lisle, R. *Geological Structures and Maps. A practical guide.* (2004). Elsevier ButterworthHeinemann. Third edition. 2004. <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-geological-structures-and-maps-practical-guide.pdf>
- Lockwood, J. P. (1965). Geology of the Serranía de Jarara Area. Guajira Peninsula, Colombia. Tesis Ph.D., Princeton Univ. 167 p. New Jersey. <https://catalogo.sgc.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=14773>
- Macdonald, W. D., (1964). Geology of the Serranía de Macuira Area. Guajira Peninsula, Colombia. Tesis Ph.D., Princeton Univ. 237 p. New Jersey. <https://catalogo.sgc.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=10994%20thumbnail-shelfbrowser>
- Marrett R.A. and Allmendinger R.W. (1990). "Kinematic analysis of fault-slip data". *Journal of Structural Geology*. Vol. 12, pp. 973-986. [http://dx.doi.org/10.1016/0191-8141\(90\)90093-E](http://dx.doi.org/10.1016/0191-8141(90)90093-E)
- Pindell J. L. & Kennan L. (2009). Tectonic evolution of the Gulf of Mexico, Caribbean and northern South America in the mantle reference frame: an update. *Tectonic Analysis Ltd., UK. Dept. Earth Science, Rice University, Houston, TX USA.* <https://doi.org/10.1144/SP328.1>
- Pindell, J., Kennan, L., Maresch, W., Stanek, K., Draper, G., & Higgs, R. (2005). Plate-kinematics and crustal dynamics of circum-Caribbean arc-continent interactions: Tectonic controls on basin development in Proto-Caribbean margins. *Special Paper of the Geological Society of America*, 394, 7–52. [https://doi.org/10.1130/2005.2394\(01\)](https://doi.org/10.1130/2005.2394(01))

- Pszczółkowski, A., & Myczyński, R. (2010). Tithonian–early Valanginian evolution of deposition along the proto-Caribbean margin of North America recorded in Guaniguanico successions (western Cuba). *Journal of South American Earth Sciences*, 29(2), 225–253. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2009.07.004>
- Radaideh, O. M. A., Grasemann, B., Melichar, R., & Mosar, J. (2016). Detection and analysis of morphotectonic features utilizing satellite remote sensing and GIS: An example in SW Jordan. *Geomorphology*, 275, 58–79. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.09.033>
- Reyes Rivera, L. G. (2012). Estilo estructural del flanco oriental de las montañas del Sira. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la UNMSM*, 8(15), 25–32. Recuperado a partir de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/716>
- Romito, S., & Mann, P. (2021). Tectonic terranes underlying the present-day Caribbean plate: their tectonic origin, sedimentary thickness, subsidence histories and regional controls on hydrocarbon resources. *Geological Society, London, Special Publications*, 504(1), 343–377. <https://doi.org/10.1144/SP504-2019-221>
- Spikings, R., Cochrane, R., Villagomez, D., Van Der Lelij, R., Vallejo, C., Winkler, W., & Beate, B. (2015). The geological history of northwestern South America: from Pangaea to the early collision of the Caribbean Large Igneous Province (290–75Ma). *Gondwana Research*, 27(1), 95–139. <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:87611>
- Taboada, A., Rivera, L. A., Fuenzalida, A., Cisternas, A., Philip, H., Bijwaard, H., Olaya, J., & Rivera, C. (2000). Geodynamics of the northern Andes: Subductions and intracontinental deformation (Colombia). *Tectonics*, 19(5), 787–813. <https://doi.org/10.1029/2000TC900004>
- Tuanama Tuanama, N., & Guadalupe Gómez, E. (2021). Controles litológicos y texturales de la mineralización tipo Mississippi Valley de los mantos en Shalipayco, Junín, Perú. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la UNMSM*, 24(47), 181–190. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i47.20662>
- Weber, M., Cardona, A., Wilson, R., Gómez-Tapias, J., and Zapata, G., 2007. Química mineral de las rocas de alta presión-facies eclogita, de la península de la Guajira, Colombia. *Boletín de Geología* 29, 31–39. <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaboletindegologia/article/view/847>
- Zuluaga C., C. A. Ochoa, Y., A. Muñoz U., C. A. Guerrero H., N. M. Martínez A., A. M. Medina A., P. A. Pinilla O., A. Ríos B., P. A. Rodríguez R., B. P. Salazar O., E. A. Y Zapata P. Y V. L. (2009). Proyecto de investigación: Cartografía e historia geológica de la alta Guajira, implicaciones en la búsqueda de recursos minerales. Memoria de las planchas 2, 3, 5, y 6 (Con parte de las Planchas 4, 10 y 10bis). Acuerdo Específico 030/2006. Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá) – INGEOMINAS. https://catalogo.sgc.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=48800&shelfbrowse_itemnumber=79503
- Zuluaga, Amat D, Torrenegra, Wilfar, & Lascarro, Frank. (2019). Control estructural de las mineralizaciones de barita y cobre en los corregimientos de Caracolí y Camperucho, Cesar, Colombia. *Boletín de Geología*, 41(1), 85–96. <https://doi.org/10.18273/revbol.v41n1-2019004>

Contribución de autoría:

Conceptualización: FDLN, JCF y LJLN. Análisis formal: FDLN. Metodología: JCF y FDLN. Recursos: FDLN y LJLN. Validación: FDLN, JCF y LJLN. Visualización: FDLN y LJLN. Redacción: FDLN. FDLN: Frank David Lascarro Navarro; JCF: Jorge Chira Fernández; LJLN: Libardo Jesús Lascarro Navarro.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.