

Caracterización petrográfica e identificación de zonas de alteración hidrotermal, en las rocas aflorantes de la Región las Pavas, (El Copey – Cesar)

Yeison Yair Pallares Batista¹, Elías Ernesto Rojas Martínez²

Fundación universitaria del área andina

Valledupar – Colombia

ypallares@estudiantes.areandina.edu.co

erojas@areandina.edu.co

Resumen

A través del presente trabajo se realizó una cartografía geológica en la región de las Pavas, municipio del Copey – Cesar, delimitándose las litologías presentes por medio de descripción de rocas macro y microscópicamente; durante la etapa de muestreo se recolectaron 9 muestras por la técnica de esquirlas de roca en forma aleatoria. Como resultado a esta etapa se pudo establecer que la zona de estudio está abarcada principalmente por distintos tipos de litologías, que corresponden a rocas ígneas volcánicas de composición básica de la Formación Corual, una serie de secuencias de rocas volcánicas (basaltos andesíticos, andesitas, andesitas porfiríticas), vulcanoclásticas y sedimentarias (limolitas de colores rojizos y violáceos) asociadas a la Formación Guatapurí, rocas plutónicas tales como cuarzo-monzonitas, monzogranitos y algunos granitos que se asocian a la unidad Batolito de Pueblo Bello y Patillal, cuerpos plutónicos graníticos leucocráticos que se encuentran rodeando rocas de composición máfica de la unidad Plutón de Nueva Lucha y rocas volcánicas de composición ácida a básica (dacitas y andesitas) de la unidad Riolita de Golero. Como manifestaciones minerales se encontraron evidencias de alteraciones hidrotermales tipo sericiticas, que están asociadas probablemente a procesos de oxidación producto de alteración de salmueras de origen magmático posiblemente hidrotermal. De acuerdo al análisis petrográfico realizado a las rocas correspondientes a la unidad Riolita de Golero que se encontraron adyacentes a

¹ Estudiante Fundación Universitaria del Área Andina, Valledupar – Colombia; Grupo de Investigación Minero Ambiental GIMA; Facultad de INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS ypallares@estudiantes.areandina.edu.co

² Docente investigador de la Fundación Universitaria del Área Andina Valledupar – Colombia; Grupo de Investigación Minero Ambiental GIMA; Facultad de INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS erojas@areandina.edu.co

las alteraciones, se infiere que provienen de un magma andesítico de texturas porfírica con fenocristales de plagioclasas que pueden albergar mineralizaciones. En el lugar de investigación fueron encontradas dos zonas; que se clasificaron de acuerdo a la paragénesis mineral como: Zona sílica: directamente relacionada por su composición mineral, en la que los feldespatos son transformados a sericita y cuarzo como se observó en la muestra YAL 1.2 y Zona propilítica: se evidenciaron minerales como epidota y clorita en abundancia, rellenando fracturas como se observó en la muestra YAL 6, a esta se le ha denominado como la zona más marginal del posible yacimiento.

Palabras claves: Mapa de anomalías; Alteración Sericítica; Alteración hidrotermal; Caracterización petrográfica.

Abstract

Through this work a geological cartography was made in the region of Las Pavas, municipality of Copey - Cesar, delimiting the present lithologies by means of description of rocks macro and microscopically; during the sampling stage, 9 samples were randomly collected by the rock chip technique. As a result of this stage it could be established that the study area is mainly comprised of different types of lithologies, corresponding to volcanic igneous rocks of basic composition of the Corual Formation, a series of sequences of volcanic rocks (andesitic basalts, andesites, andesites pluronitic rocks, such as quartz-monzonites, monzogranites and some granites that are associated with the batholith unit of Pueblo Bello and Patillal, leucocratic granitic plutonic bodies that are associated with the Batholith unit of Pueblo Bello and Patillal. they are surrounding rocks of mafic composition of the unit Pluton de Nueva Lucha and volcanic rocks of acidic to basic composition (dacites and andesites) of the unit Rhyolite de Golero. As mineral manifestations were found evidence of sericitic type hydrothermal alterations, which are probably associated with oxidation processes due to the alteration of brines of possibly hydrothermal magmatic origin. According to the petrographic analysis carried out on the rocks corresponding to the Rhyolite de Golero unit that were found adjacent to the alterations, it is inferred that they come from an andesitic magma of porphyritic textures with plagioclase phenocrysts that can to host mineralizations. Two zones were found at the research site; which were classified according to the mineral paragenesis as: Silica zone: directly related by its mineral composition, in which the feldspars are transformed to sericite and quartz as observed in the sample YAL 1.2 and Propilitic zone: minerals such as epidote and

Chlorite in abundance, filling fractures as observed in the sample YAL 6, this has been called as the most marginal area of the possible site.

Keywords: Anomaly map; Sericitic alteration; Hydrothermal alteration; Petrographic Characterization.

Introducción

La exploración y el aprovechamiento de los recursos minerales, ha sido el objetivo más antiguo de la geología (G. Mendiguren, 2009).

Dentro de esto cabe destacar los yacimientos hidrotermales, que (Martínez-Frías, 1990) los define como: “concentraciones minerales, debidas a la precipitación diferencial de soluciones gaseo-líquidas calientes, que circulan bajo la superficie”.

En el siguiente trabajo, se realizó una cartografía geológica en la región de las Pavas, municipio del Copey – Cesar, donde se logró identificar mediante exploración superficial y caracterización petrográfica, las unidades litoestratigráficas aflorantes en la zona de estudio. En este proyecto se sintetizan datos petrográficos y mineralógicos que permiten diferenciar las distintas asociaciones y alteraciones mineralógicas encontradas en la zona.

1. Localización

La zona de investigación se encuentra ubicada en el corregimiento de Las Pavas, municipio del Copey, ubicado al oeste del Cesar,

delimitado por las siguientes coordenadas (*Ver Figura y Tabla 1*):

Tabla 1. Coordenadas del proyecto

Punto	Este	Norte
1	1020000	1610000
2	1020000	1615000
3	1025000	1610000
4	1025000	1615000

Fuente: Autores, 2018

2. Metodología

Para la realización de este proyecto investigativo, se desarrolló la siguiente metodología:

I. Recopilación Bibliográfica

En esta etapa se hizo una recopilación de antecedentes en la zona para la prospección de alteraciones hidrotermales, ambientes geológicos que puedan estar asociado a formación de éstos yacimientos, técnicas empleadas para la determinación de concentraciones de elementos traza, hidrogeología, geografía, clima, vegetación y geoquímica, con el fin de implementar un estudio minucioso de la geología de la zona.

II. Geología de la Zona

Durante esta etapa, se realizaron campañas de exploración superficial, con el fin de delimitar el polígono de trabajo y determinar las zonas de mayor interés para la prospección de mineralizaciones.

III. Muestreo

i. Muestreo por Rock Chip

Este método consiste en extraer fragmentos del ancho de la veta, siguiendo una línea imaginaria que correspondería al lineamiento del canal de muestreo, este método es muy utilizado en yacimientos tipo pórfido.



Figura 1. Localización del área de estudio.

Fuente: Google Earth, 2018

El método consiste en picar la zona mineralizada y extraer fragmentos con tamaño mayor al puño de una mano y serán tomadas de una forma aleatoria. (Cornelio & Rivera, 2012).

IV. Análisis petrográfico

Como técnica de investigación se realizaron análisis petrográficos a 3 secciones delgadas, por la metodología de conteo de puntos (Stoltman, 1989), la cual es una técnica de muestreo sistemático que permitió contar las inclusiones minerales presentes en las secciones delgadas y con estas reconocer la paragénesis mineral que componen a las rocas estudiadas.

V. Diseño de Mapa y Elaboración de Informe Final.

Por medio de herramientas tecnológicas que permitan plasmar los datos obtenidos en campo, se ubicaron las zonas de alteración hidrotermal, que se determinaron por medio de asociación mineralógica. El mapa fue generado en el software ArcGis versión 10.5 con todas las variables que constituyen un mapa de mineralizaciones. Por último se generara un informe técnico que contemple toda la información, como unidades geológicas, mapa de zonificación, estudios geoquímicos, mapa de muestreo y

descripciones de distribución, geometría y mineralizaciones encontradas en la zona de estudio.

3. Resultados

En esta investigación se tienen como resultado la geología local, un plan de muestreo en rocas y la caracterización de las alteraciones hidrotermales, que se describirán a continuación:

3.1. Geología local

Mediante exploración superficial fue posible establecer las unidades litoestratigráficas, que están conformada por rocas sedimentarias (vulcano-sedimentaria) e ígneas (*Ver Figura 2*). Estas se encuentran enmarcadas en distintas formaciones y su descripción de unidades de roca se realiza en orden cronológico, desde la más antigua hasta la más reciente, en ella se describen las características litológicas más representativas. La nomenclatura sobre la cual definiremos las unidades litológicas asociadas a las Formaciones correspondientes será la elaborada por INGEOMINAS (Colmenares, 2007).

3.1.1. Formación Corual (PTc)

La sucesión litológica de la Formación Corual (PTc) es muy variable de acuerdo con las

localidades de exposición, incluye brechas volcánicas, rocas volcánicas afaníticas de

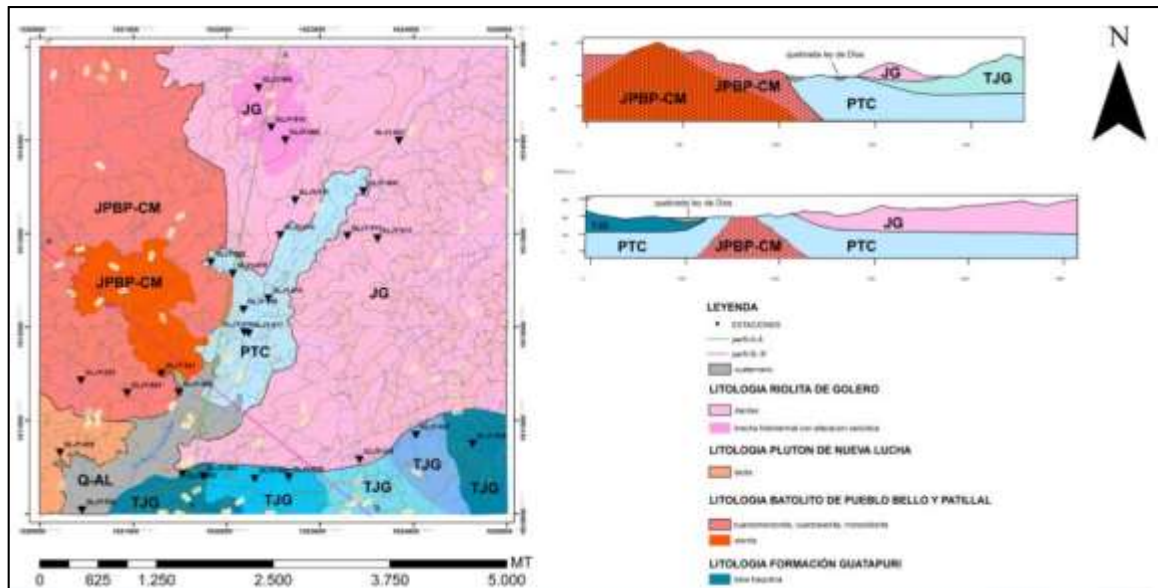


Figura 2. Mapa geológico de unidades Plancha-III-B
Fuente: Autores, 2018

composición básica y sedimentitas oscuras finogranulares (limolitas), en ocasiones silicificadas (chert) (Colmenares, 2007).

Se ha asociado a esta formación por presentar afloramientos basálticos de color gris oscuro, con composición basáltica de matriz afanítica y en contacto con regolitos de limolitas rojas, las cuales no fueron levantadas debido a la pobre caracterización y poca extensión de éstas. Las características litológicas de cada localidad son las siguientes:

La muestra GLJY – 008 (Ver Figura 3) corresponde a es una roca ígnea extrusiva holocristalina de composición máfica, melanocrática con abundante minerales ferromagnesianos, de color gris oscura,

presenta matriz afanítica 50%, plagioclasas euhedrales 42% con contenido de cuarzo subhedral 5% y feldespato 2% en menor proporción, con venillas de calcita 1%. De acuerdo con el recálculo se encuentra compuesta por:



Figura 3. Muestra GLJY-008. Según Streckeisen (1976) se clasifica como Basalto y es asociada a la Formación Corual (PTc)
Fuente: Autores, 2018

(Q= 10%, A=4%, P=86%) según Streckeisen (1979) fue clasificada como BASALTO. De acuerdo a Tschanz et al. (1969 en INGEOMINAS, 2007) No se conocen dataciones bioestratigráficas ni análisis radiométricos de la Formación Corual, pero le han asignado una edad Permiana tardía – Triásica con base en relaciones estratigráficas de campo y en asociación con formaciones similares que afloran en la Serranía del Perijá, en Venezuela y cerca de Bucaramanga.

3.1.2. Formación Guatapurí (TJg)

La Formación Guatapurí ubicada en el sur de la zona estudiada, con una extensión aproximada de 2.2 kilómetros en sentido NE, aflora en ambos lados de la vía que comunica a la vereda Dos Bocas con la vereda El Saltillo, la cual tiene una proporción aproximada del 9 % del área estudiada. Las rocas de esta formación son predominantemente vulcanoclásticas de textura porfirítica. Mineralógicamente presentan alto contenido de plagioclasas y sus colores varían entre grises y verdes.

Esta formación corresponde a una serie de intercalaciones de rocas volcánicas (basaltos andesíticos, andesitas, andesitas porfiríticas) vulcanoclásticas y sedimentarias (limolitas de colores rojizos y violáceos) (Colmenares, 2007).

Se asocian a esta Formación afloramientos encontrados en campo de rocas vulcanoclásticas tobáceas de composición traquítica a latíticas localizados en la parte nororiental del área, con mayor contenido de líticos en las tobas traquíticas y mayor contenido de cristales en las tobas latíticas; hacia el este del área reposan rocas volcánicas de composición dacítica, andesítica y basáltica que se asocian a la Formación Guatapurí. Las características litológicas de cada localidad son las siguientes:



Figura 4. Muestra GLJY-026 de una Toba Traquítica según el Diagrama de Streckeisen, 1976 y se asocia a la Fm. Guatapurí

Fuente: Autores, 2018

La muestra GLJY – 026 corresponde a una roca ígnea vulcanoclástica tobácea traquítica, de matriz lítica por presentar en mayor medida fragmentos de rocas incrustadas y xenolitos de color gris verdoso (*Ver Figura 4*), se clasifica según su composición como traquítica de acuerdo a Streckeisen (1976), debido a la abundante presencia de minerales de feldespatos porfiríticos, plagioclasas euhedrales 42% con contenido de cuarzo subhedral 5% y 2% en menor proporción, con venillas de calcita 1%.

3.1.3. Batolito de Pueblo Bello y Patillal (Jbpbp-cm)

Constituye la parte occidental de la zona de estudio, exactamente sobre la margen del Arroyo Maíz Morocho, siguiendo con sentido hacia el norte en cercanías a la vereda La Macana; este ocupa gran parte del Cerro El Encanto y el centro de la Quebrada Arena; se encuentran distribuidos afloramientos que corresponden a esta unidad.

Tschanz et al. (1969) clasifica la unidad en dos cuerpos intrusivos correspondientes al Batolito de Pueblo Bello y Batolito de Patillal, los cuales presentan composiciones similares y en su distribución con geoformas de cinturón alargado con orientación Suroeste y Noreste, situados en la parte oriental de la Sierra Nevada de Santa Marta. Teniendo en cuenta el tipo de rocas que conforman esta unidad y sus características composicionales, se dividió en tres facies:

Facies Cuarzo Monzonita (Jcm), Facies Granito (Jg) y Facies Granito Granofirico (Jgr).

Respecto al área cartografiada en este punto, se asocian los afloramientos encontrados con las rocas que conforman las Facies Cuarzo Monzonita, las cuales Colmenares (2007) relaciona esta unidad, con rocas plutónicas tales como cuarzo-monzonitas, monzogranitos y algunos granitos que son rocas intrusivas de

color rosado, con textura holocristalina, hipidiomórfica, grano medio a grueso, color gris claro, generalmente rosado además es posible encontrar diques félsicos y máficos, contactos netos e irregulares correspondientes a leucosienogranitos y ocasionalmente a riocitas.

En el área que aflora esta unidad se evidencia variaciones laterales con sentido E – W del Cerro El Encanto, presenta enriquecimiento de cuarzo, micas y plagioclasas y cambio de facies composicionales de la roca; teniendo así sienitas hacia el este, variando de cuarzosienitas a monzogranitos hacia el oeste donde se observa un mayor grado de cristalinidad, lo que sugiere que hubo una cristalización fraccionada en esa área del batolito. Dentro de esta unidad se tomaron dos muestras representativas:

Muestra GLJY-023 (*Ver Figura 5*) corresponde a una roca ígnea intrusiva de color rosado con un grado de cristalinidad holocristalina debido a su alto contenido de cristales los cuales están distribuidos en forma inequigranular, presenta una matriz con textura fanerítica por lo que se pueden diferenciar el tamaño y la forma de los cristales a simple vista, es una roca leucocrática evidenciando una composición de magma félsico la cual contiene minerales como Cuarzo de forma anhedral en un 16.7%, feldespato potásico con forma anhedral en un 50%, un 33.3% correspondiente a plagioclasas

subhedrales y un índice de color no superior al 10%, este porcentaje corresponde a los minerales ferromagnesianos como biotitas de hábito laminar y hornblendas con hábito tabular. Al graficar los porcentajes luego del recalcado del contenido mineral y teniendo en cuenta el diagrama de (Streckeisen, 1976) se obtuvo una Cuarzomonzonita. (Ver Figura 6).



Figura 5. Muestra GLJY-023 Cuarzomonzonita según el Diagrama de Streckeisen, 1976 y se asocia al Batolito de Pueblo Bello
Fuente: Autores, 2018

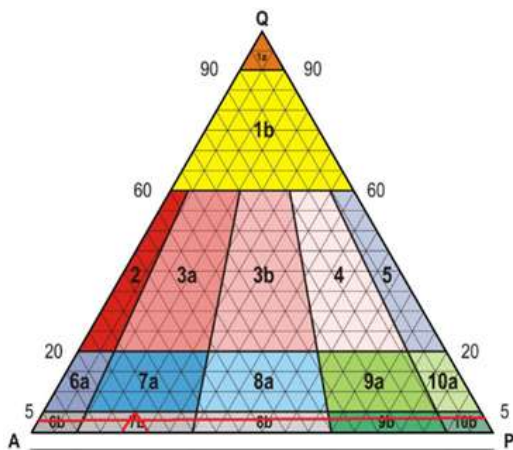


Figura 6. Clasificación según el Diagrama de Streckeisen (1976) de la Muestra GLJY-021.
Fuente: Diagrama de Streckeisen (1976)

3.1.4. Plutón de Nueva Lucha (Jnl)

Distribuida en la parte Suroccidental de la zona de estudio, es disectada por la Quebrada Arena que transcurre en sentido noreste atravesando parte del área, el Plutón de Nueva Lucha se observa aflorando en ambos lados de esta, en una dimensión aproximada de 2 km, en cercanías de la vereda Dos Bocas hacia el sur de la zona. Esta unidad se encuentra en contacto fallado con la Formación Guatapurí (TJg) observado en la parte Sur y un poco hacia el Occidente hay una pequeña manifestación de la unidad poniéndose en contacto definido con el Batolito de Pueblo Bello y Patillal (Jpbp-cm).

Como Plutón de Nueva Lucha fue definida esta unidad, Colmenares (2007), donde describen este cuerpo plutónico de composición similar por la presencia de rocas



Figura 7. Afloramiento de composición máfica (Mf) con intrusión de roca ácida (Ac).
Fuente: Autores, 2018

graníticas leucocráticas que se encuentran rodeando otros minerales de composición máfica. De esta unidad se encontró un

afloramiento con las características anteriormente mencionadas (*Ver Figura 7*) con composición máfica intruida por un cuerpo plutónico de composición ácida.

3.1.5. Riolita de Golero (Jg)

La Riolita de Golero (Jg) descrita por (Colmenares, 2007) es una unidad compuesta por una secuencia de rocas volcánicas de composición ácida a básica (dacitas y andesitas), con textura porfírica y porfiroafaníticas con algunas interposiciones de niveles vulcanoclásticos asociados a ignimbritas y tobas, se presentan fragmentos de flujos piroclásticos asociados a (tobas vítreo cristalinas y vítreo cristalinas líticas) de composición Traquítica, además contiene feldespato potásico, plagioclasa, anfíboles, biotitas y piroxenos en una matriz vítrea de color gris oscuro, verde y marrón en algunos casos (*Ver Figura 8*).

.



Figura 8. Muestra GLJY-007 roca ígnea volcánica según Streckeisen, 1976, es una Dacita asociada a la Formación Riolita de Goleros (Jg).

Fuente: Autores, 2018

Dentro de esta unidad tenemos muestras representativas. Muestra GLJY- 007 (*ver Figura 8*): descrita como una roca ígnea volcánica con un grado de cristalinidad holocristalino por su proporción de cristales, la distribución de estos cristales es en forma inequigranular dentro de una matriz afánítica diferenciada con ayuda de una lupa ya que se complica hacerlo a simple vista. Esta roca contiene minerales principales como lo son el cuarzo con forma anhedral en 15%, feldespato de forma subhedral en un 10% y plagioclasa con hábito tabular un 35%, el porcentaje correspondiente al índice de color esta dado en un 40% y lo conforman los minerales ferromagnesianos como piroxenos de hábito subhedral y biotitas con hábito laminar.

3.2. Muestreo

La recolección de muestras fue realizada en las zonas de posibles prospectos mineralizados que fueron encontrados durante la etapa de cartografía, esta fue realizada de forma aleatoria, tomando fragmentos de aproximadamente 2 kg sobre el afloramiento y en total fueron registradas 9 muestras rotuladas con la nomenclatura YAL (*ver Tabla 2*) y se encuentran plasmadas en el mapa de muestreo (*ver Figura 9*).

Tabla 2. Datos de Muestreo

Nombre	Coordenadas			Descripción	Unidades estratigráficas
	Este	Norte	Altura		
YAL-01	1023974	1614812	335 m	Enriquecimiento potásico	Batolito de Pueblo Bello y Patillal (Jbpbp-cm)
YAL-1.2	1023949	1614791	353 m	Alteración silica	Riolita de Golero (Jg)
YAL-02	1023596	1613804	270 m	Anillos de liesegang	Fm. Guatapurí (TJg)
YAL-03	1023449	1613933	367 m	Toba cristalina clara	Riolita de Golero (Jg)
YAL-04	1022748	1613360	262 m	Andesita con piritita asociada a la	Fm. Guatapurí (TJg)
YAL-06	1022912	1613468	313 m	Traquita	Riolita de Golero (Jg)
YAL-07	1022631	1613998	398 m	Basalto andesítico	Fm. Guatapurí (TJg)
YAL-08	1022488	1614134	488 m	Andesita	Fm. Guatapurí (TJg)
YAL-09	1022618	1612961	233 m	Alteración silica	Fm. Guatapurí (TJg)

Fuente: Autores, 2018

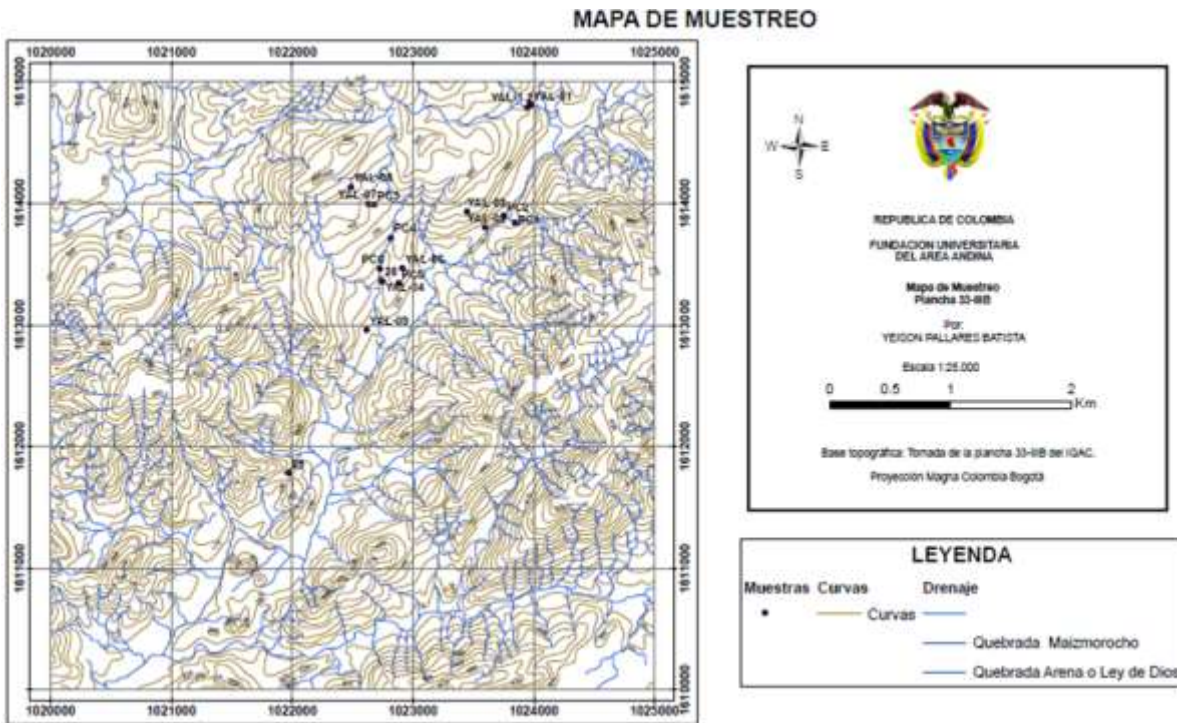


Figura 9. Mapa de muestreo
Fuente: Autores, 2018

3.3. Análisis petrográfico

3.3.1. Muestra Estación YAL-1.2

La muestra presenta una matriz desvitrificada, donde el mayor contenido de minerales es de

cuarzo en forma de calcedonia, seguido de plagioclasas y por ultimo feldespato potásico, sus cristales presentan forma subhedral y sin ningún tipo de orientación. Como minerales de alteración se encuentra la epidota, sericita y por ultimo piritita, estos opacos representados en forma de cúmulos. Alteración

característica: epidota, sericita y pirita. Relacionada y clasificada como una alteración tipo silica (Ver Figura 10).

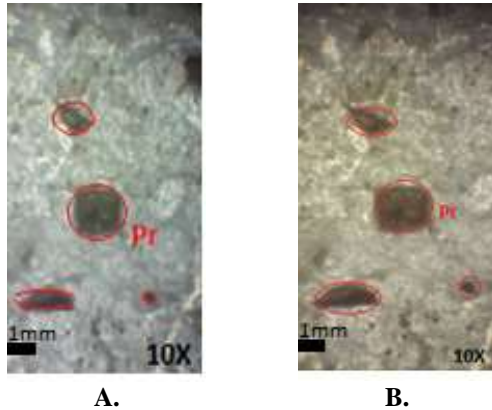


Figura 10. Microfotografía de minerales opacos de piritas (pr) en forma de cúmulos. **A.** Nicoles cruzados; **B.** Nicoles paralelos.
Fuente: Autores, 2018

3.3.2. Muestra Estación YAL- 4

Se encuentra representada por una matriz desvitrificada totalmente amorfa, criptocristalina. El contenido de mineral, se encuentra representado por las siguientes proporciones, el mayor porcentaje de mineral es de plagioclasas, seguido de feldespatos en poca proporción y por ultimo cuarzo, los minerales tienen formas subhedrales y no presentan orientación; algunas plagiocalasas se encuentran epidotizada (Ver Figura 11). Como minerales opacos se encuentra la pirita en cúmulos y bordeando los fenocristales, rara vez diseminada. Descrita según streckeisen 1976 como un Basalto andesítico (sección delgada).

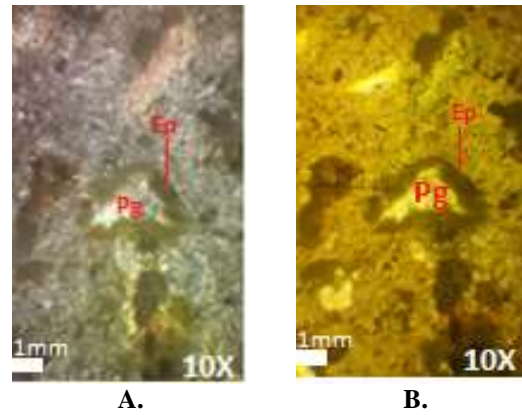


Figura 11. Microfotografía de Plagioclasa (pg) epidotizada (Ep) con tamaño aproximado de 5 mm. **A.** Nicoles cruzados; **B.** Nicoles paralelos.
Fuente: Autores, 2018

3.3.3. Muestra YAL-6

La roca tiene una matriz microlítica, con fenocristales de piroxenos y plagioclasas (Ver Fig 12). Como contenido mineral se encuentra la plagioclasa en mayor proporción, seguido por partes muy mínimas de feldespato y cuarzo; y la forma de sus cristales varia de subhedral a euhedrales; en fracturas rellenas se pueden encontrar alteraciones de epidota – cuarzo .

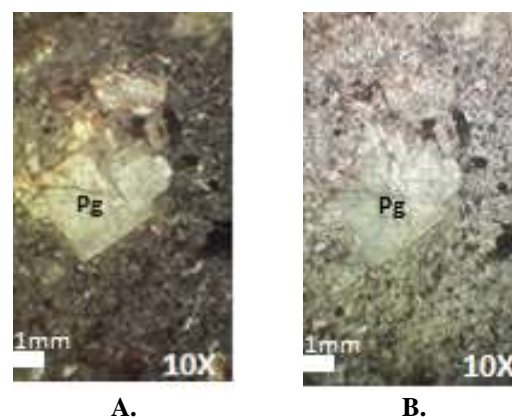


Figura 12. Microfotografía de plagioclasa (pg) bien formada, con un tamaño de 8mm. **A.** Nicoles cruzados; **B.** Nicoles paralelos.
Fuente: Autores, 2018

Se describió bajo los parámetros propuestos por el diagrama de streckeisen 1976 como una Andesita (sección delgada).

3.4. Mapa de zonación hidrotermal

Con base en el reconocimiento de campo y el análisis mineralógico, fue posible reconocer distintas zonas de alteración hidrotermal: sílica y propilítica. Se procedió a la creación de un mapa de zonación, el cual permite diferenciar las distintas zonas (Ver Fig 13).

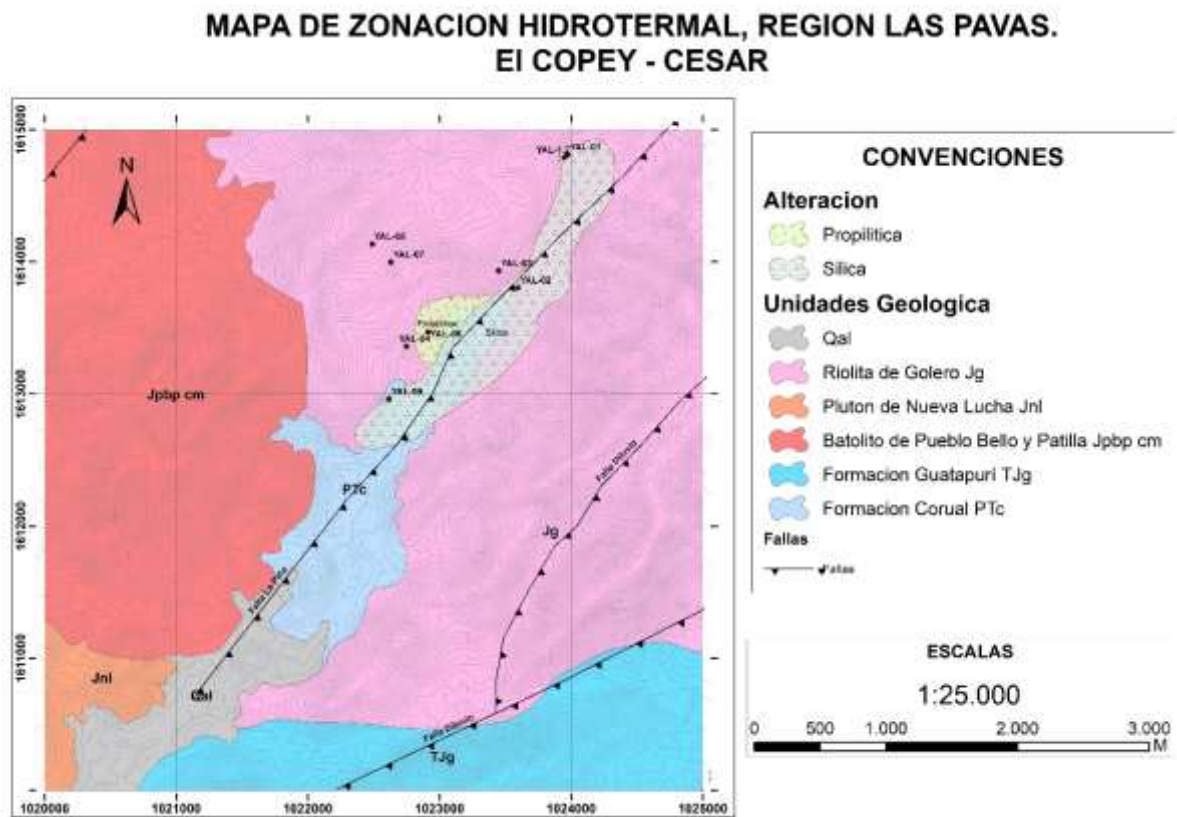


Figura 13. Mapa de zonación hidrotermal
Fuente: Autores, 2018

Conclusiones

La zona de estudio está abarcada principalmente por distintos tipos de litologías, las cuales son ígneas volcánicas de composición básica de la Formación Corual (PTc), una serie de interposiciones de rocas volcánicas (basaltos andesíticos, andesitas,

andesitas porfiríticas), vulcanoclásticas y sedimentarias (limolitas de colores rojizos y violáceos) asociadas a la Formación Guatapuri (TJg), rocas plutónicas tales como cuarzo-monzonitas, monzogranitos y algunos granitos que son rocas intrusivas de color rosado asociada a la unidad Batolito de Pueblo Bello y Patilla (Jpbp-cm), cuerpos plutónico de graníticas leucocráticas que se encuentran

rodeando otras rocas de composición máfica del Plutón de Nueva Lucha (Jnl) y rocas volcánicas de composición ácida a básica (dacitas y andesitas) de la Riolita de Golero (Jg).

Como manifestaciones minerales se encontraron evidencias de alteraciones sericiticas que están asociadas probablemente a procesos de oxidación producto de alteración de salmueras de origen magmático posiblemente hidrotermal.

De acuerdo al análisis petrográfico se puede deducir que la roca YAL 1.2 se caracteriza por que la paragénesis mineral de esta, se encuentra representada por alteración epidota, sericita y pirita, pero, en la muestra YAL 4 está representada principalmente por la relación mineralógica feldespato – cuarzo; y la microfotografía YAL 6, permite inferir que provienen de un magma andesítico de texturas porfírica con fenocristales de plagioclasas que pueden albergar mineralizaciones y donde el porcentaje de sílice varía entre 56% y 60%.

Se logró establecer e identificar dos zonas de alteración hidrotermal, con base en el reconocimiento de campo y el análisis mineralógico, que se clasificaron de acuerdo a la paragénesis mineral como:

- Zona de silificación: está directamente relacionada por su composición mineral, en la

que los feldespatos son transformados a sericita y cuarzo como se observa en la muestra YAL 1.2; este tipo de alteraciones se caracterizan por presentar cuarzo secundario y con diferentes tamaños y texturas (Torres p, 2016).

- Zona propilítica: se caracteriza como una alteración propilitica, ya que contiene minerales como epidota y clorita en abundancia, rellenando fracturas como se observa en la muestra YAL 6, lo cual es corroborado por (J. Echeveste, 2016) que de acuerdo a esta paragénesis mineral zonifica a esta, como la más marginal del posible yacimiento; también fue posible establecer que la alteración es selectiva y de intensidad leve a moderada, característico de esta zona (Martinez, 2014).

Referencias

- Arias, A., & Morales, C. J, Mapa Geológico Generalizado del Departamento del Cesar. Memoria explicativa. Escala 1:250.000, Bogota, Colombia, 1999.
- Colmenares, Geología de la planchas 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 33, 34 y 40. Proyecto: “Evolución geohistórica de la Sierra Nevada De Santa Marta, Bogotá, Colombia, 2007.

- G. Mendiguren, F. Carreño, I. López y A. M. Cabrera. Detección de zonas de alteración hidrotermal y contactos litológicos mediante imágenes Aster en el Plutón de Santa Gracia (LA SERENA, CHILE). Chile, 2009.
- J. Echeveste, Luciano López, María E. Rodríguez, Clemente Recio. Alteración Hidrotermal en el Yacimiento Epitermal Manantial Espejo, Macizo del Deseado, Santa Cruz, Argentina. Argentina, 2016.
- Martínez, Facundo, Fogliata, Ana, Montenegro, Nicolás, & Hagemann, Steffen. (2014). Metalogénesis de la veta Farallón Negro rama norte, Farallón Negro, provincia de Catamarca. Argentina, 2014.
- Martinez-Frias, J. Yacimientos hidrotermales. In: Yacimientos minerales. Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, S.A, Madrid, 313. España, 1990.
- Sánchez, L., Molina, J. & Rodriguez, R., AVANCES DEL PROYECTO: Mapa geoquímica de sedimentos activos finos del departamento de Antioquia, Medellín – Colombia, 2007.
- Stoltman. Un enfoque cuantitativo para el análisis petrográfico de las secciones finas de cerámica. Estados Unidos, 1989.
- Streckeisen, A. (1976). Classification and nomenclature of plutonic rocks recommendations of the IUGS subcommission on the systematics of igneous rocks. *Geologische Rundschau*, 63(2), 773-786.
- Torres p, Salado N, Da Silva V, Albano F. Alteraciones hidrotermales en Organullo, mina Julio Verne, provincia de Salta. Argentina, 2016.
- Tschanz, Ch. M., Jimeno, A. y Vesga, C., Geology of the Sierra Nevada de Santa Marta Area (Colombia). 1969