

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

**Yeison Yair Pallares Batista.**

**Élias Ernesto Rojas Martínez.**

## 1. 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 sericíticas, 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 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 de silicificación: 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.

## **2. 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 (Macro y micro), a 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.

## **3. Problema y contexto**

La caracterización petrográfica permite realizar análisis descriptivos de los minerales que componen a la roca, este método nos permite determinar las asociaciones minerales que componen a las alteraciones y distinguir que mineralización puede albergar. En la zona de estudio no se ha realizado ningún tipo de trabajo relacionado con la caracterización de alteraciones hidrotermales.

¿En la zona de Las Pavas (El Copey – Cesar), existe evidencias de mineralización por alteración hidrotermal?

## **4. Objetivos**

### **Objetivo general:**

Caracterizar petrográficamente e identificar las alteraciones hidrotermales de las rocas aflorantes, en la región Las Pavas (El Copey – Cesar)

### **Objetivos específicos:**

- Identificar las mineralizaciones en el área de estudio a partir de reconocimiento de la mineralización y el ambiente geológico.
- Elaborar e interpretar a partir de datos petrográficos un mapa de zonas de alteración.

## **5. Referentes teóricos**

### **I. Geología.**

Geológicamente toda el área está ocupada por rocas ígneas intrusiva, ácida, de composición cuarzomonzonita a granodiorita, de grano grueso a muy grueso, de colores rosados principalmente, con variaciones de gris muy claro a blanco y presencia de diques de rocas básicas y ácidas y enclaves de rocas metamórficas de alto grado.

En la zona afloran en gran abundancia rocas ígneas pero también rocas sedimentarias y vulcano sedimentarias como:

### **Rocas ígneas**

- **Batolito de Pueblo Bello y Patillal (Jpbb-cm)**

Se extiende como un cinturón discontinuo de forma paralela con los ríos Cesar y Rancheria, estos batolitos se sitúan al Suroeste y al Noroeste de la Granulita de los Mangos, Tschanz (1969) estipuló que las características texturales y composicionales de los dos son similares y dividió el Batolitos de Pueblo Bello y Patillal en tres facies: Facies Cuarzo monzonita (Jcm), Facies Granito (Jg) y Facies Granito Granofírico (Jgr); siendo la primera una facie plutónica, la segunda una facie granítica leucocrática y la tercera una facie pequeños cuerpos intrusivos irregulares cortados por diques leucocraticos. Tschanz et al., (1969, en Ingeominas, 2007) menciona que esta Formación se encuentra en contacto gradacional con el Batolito de Atánquez (Ja), en contacto discordante con la suprayacente "Ignimbrita de los Clavos" (Jlc), en contacto discordante con la unidad Vitrófiro Rioltico (Jvr), que descansa sobre el Batolito de Patillal, y es más joven que la "Ignimbrita de los Clavos", en contacto discordante con la "Riodacita de los Tábanos" que suprayace al Batolito de Pueblo Bello y finalmente se encuentra en contacto discordante con las Calizas Cretácicas (Kcsi).

- **Plutón de Nueva Lucha (Jnl)**

Esta unidad corresponde a una variedad de cuerpos con características físicas similares, distribuidos al este de los municipios de Fundación y El Copey en la parte suroeste de la Sierra Nevada de Santa Marta, el afloramiento de mayor extensión se encuentra en La Loma Nueva Lucha o Ley de Dios la cual se ubica al Norte de la Quebrada Arena o Ley de Dios pertenecientes al sureste del Municipio de El Copey. Su composición litológica es principalmente contenida de rocas graníticas leucocráticas cubriendo rocas de composición máfica con textura porfírica. Es posible encontrar otros afloramientos en el sur de la Quebrada Arena. Tschanz et al., (1969, en Ingeominas, 2007)

- **Riolita de Golero (Jg)**

Está compuesta por sucesiones de rocas volcánicas de composición ácida (riolitas y dacitas) con intercalaciones de niveles vulcanoclásticos (ignimbritas y tobas) estas fueron descritas por Tschanz, 1969 en la Cuchilla Golero, además de las secuencias denominadas “Rocas Volcánicas No Diferenciadas” (KJv) en varios sectores aislados dentro del piedemonte suroccidental y oriental de la Sierra Nevada de Santa Marta. Esta unidad volcánica es la más reciente según Tschanz et al., (1969, en Ingeominas, 2007) y señala que ésta se encuentra reposando discordantemente sobre la Formación Guatapurí en el sector de la Quebrada Arena y sobre el Batolito de Pueblo Bello al este del municipio de El Copey.

### **Rocas Sedimentarias.**

- **Formación Corual (PTc)**

Esta comprende rocas sedimentarias, volcánicas y vulcanoclásticas, que según la información proporcionada por Ingeominas, (2007) se encuentran aflorando en las proximidades del río Garupal, donde se muestra una sucesión de rocas volcánicas de intermedias a básicas (andesitas porfíricas y diabasas) y rocas sedimentarias como (arenitas y limolitas).

Tschanz et al., (1969, en Ingeominas, 2007) propone que el contacto inferior no se encuentra definido, debido a que donde se encuentra es la unidad más antigua que aflora, sin embargo la Formación Corual se encuentran cubriendo en contacto discordante las rocas de edad Triásica y Jurásica que pertenecen a la Formación Guatapurí, se ubica en las partes más elevadas del Río Garupal y el Río Ariguanicito.

- **Formación Guatapurí (TJg)**

La Formación Guatapurí está comprendida por una serie de depósitos vulcanoclasticos y sedimentarios con colores rojos morado y purpura, esta se encuentra en los piedemontes nororiental, sur y oriental de la Sierra Nevada de Santa Marta. La unidad se encuentra ampliamente distribuida en el área, especialmente en los sectores central y sur de la plancha 33, entre las poblaciones de El Copey, Bosconia y Mariangola, Tschanz et al. (1969 en INGEOMINAS, 2007) estipulo que la sucesión litológica de la Formación Guatapurí en esta plancha consiste en superposiciones de secuencias granodecrecientes con interposiciones de rocas volcánicas y vulcanoclásticas.

Dentro de la zona en la región del Río Corual, la Formación Guatapurí se encuentra en contacto fallado con la Formación Granulita de Los Mangos y en contacto concordante con la Formación Corual. Mientras en la región del río Garupal la Formación Guatapurí cubre en contacto normal la Formación Corual y a su vez es cubierta discordantemente por las unidades de la "Riodacita de los Tábanos", la "Riolita de Golero" y en contacto intrusivo con las unidades del Batolito de Pueblo Bello. Tschanz et al., (1969, en Ingeominas, 2007).

## **II. Yacimientos de oro**

Tanto el oro como como los demás elementos y minerales que lo acompañan, provienen de las rocas que conforman la corteza terrestre exterior o de las masas fundidas denominadas magmas, que provienen de las profundidades de la corteza terrestre y ascendieron así enfriando y formando las rocas ígneas. Estas masas magmáticas traen consigo oro y demás elementos.

El origen de los yacimientos de oro es variado, pero los principales son de origen hidrotermal, residual y de placeres. Dentro de los, los más difundidos, son los de origen hidrotermal, los mismos que de acuerdo a la temperatura de su formación pueden ser:

- **Yacimientos hidrotermales de altas temperaturas**

Se encuentran vinculados principalmente con rocas muy antiguas (graníticas y metamórficas precámbricas y paleozoicas). Los cuerpos minerales más comunes son las vetas o filones de cuarzo aurífero, menos frecuentes se encuentran en zona de cuarcificación o piritización de los esquistos, en forma de cuerpos irregulares y vetas.

- **Yacimientos hidrotermales de temperatura intermedia**

En estos yacimientos, los cuerpos mineralizados son generalmente vetas bien definidas, en donde el oro se encuentra en forma nativa o dentro de los sulfuros. Los minerales conformantes de las vetas son: cuarzo, carbonato, baritina, pirita, calcopirita, esfalerita, galena, menas grises. Los yacimientos de esta temperatura son los más importantes, ya que tienen el mayor valor industrial.

- **Yacimientos hidrotermales de bajas temperatura**

Estos tienen una relación estrecha con la actividad volcánica alpina y se presentan en forma de veta (stockwork de menas aurífero – argentíferas) formas a poca profundidad dentro de la roca volcánica. La mineralización de estos yacimientos no es uniforme, encontrándose bolsonadas ricas y sectores totalmente empobrecidos. Su contenido mineralógico es por lo general de calcedonia, cuarzo, rodocrosita, baritina, sulfuros, minerales de plata, oro nativo esencialmente platosos.

- **Yacimientos residuales**

Son aquellos que se han producido en la zona de meteorización e yacimientos hidrotermales de sulfuros. A estas zonas se les denomina “sombreo de hierro” donde el oro, por ser un metal químicamente estable e inactivo, se acumula conjuntamente con los óxidos de hierro, carbonatos de plomo, minerales secundarios de plata y otros principalmente minerales estables.

- **Yacimientos de placeres**

Pueden ser eluviales, aluviales y marinos, de los cuales los principales y más difundidos son los placeres aluviales. Estos yacimientos se forman debido a la destrucción de yacimientos de oro mediante procesos de meteorización. Luego las partículas más grandes de oro se depositan en depósitos aluviales cercanos al yacimiento, en cambio las partículas más finas son acarreadas aguas abajo y depositadas conjuntamente con las arenas formando depósitos aluviales de arenas auríferas.

## **6. 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. 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**

i. 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 permitió reconocer la paragénesis mineral que componen a las rocas estudiadas.

### **V. Elaboración de informe final.**

Informe técnico que contemple toda la información como unidades geológicas, mapa de zonación hidrotermal, estudios geoquímicos, mapa de muestreo y descripciones de distribución, geometría y mineralizaciones encontradas en la zona de estudio.

## 7. Descripción y desarrollo del proyecto

- **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 Fig1.):

- 1) E= 1020000, N= 1610000
- 2) E= 1020000, N= 1615000
- 3) E= 1025000, N= 1610000
- 4) E= 1025000, N= 1615000



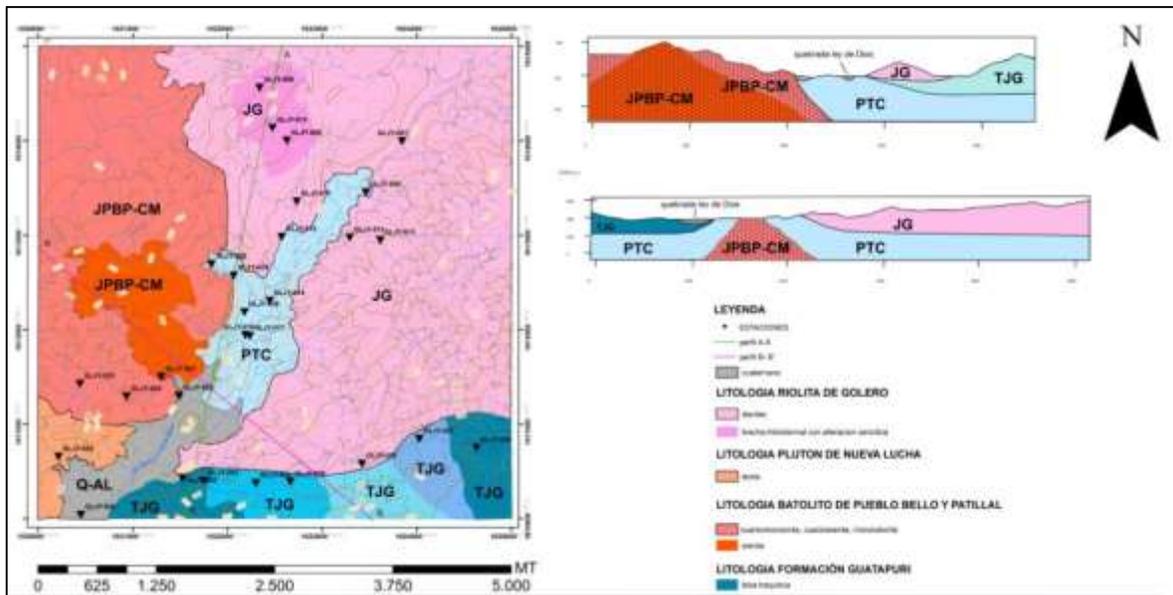
**Fig1.** Localización del área de estudio. **Fuente:** Google Earth

- **Vegetación clima y uso de la tierra**

La vegetación presente en la zona del estudio cartográfico se caracteriza por ser abundante en toda el área, en donde hay gran variedad de árboles y plantas con frutos comestibles. El clima se caracteriza por ser tropical, debido a su poca altura con respecto al nivel del mar y su ubicación geográfica en estas zonas se presentan temperaturas mínima de 24° y máxima de 36° (copey, 2015). Con respecto al use de la tierra, se limita a la agricultura, específicamente de plantaciones de algodón, yuca maíz, etc. Además se hace uso de las tierras para ganadería.

## 8. Resultados obtenidos

En esta investigación se tienen como resultado la geología general y un plan de muestreo en rocas, que se describirán a continuación:



**Fig2.** Mapa geológico de unidades Plancha-III-B

Fuente: Autor

Mediante exploración superficial fue posible establecer las unidades litoestratigráficas, que están conformada por rocas sedimentarias (vulcano-sedimentaria) e ígneas (ver fig2). 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 (Colmenares, 2007).

- **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 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 (Ver Fig. 4) 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 Fig. 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:



**Fig3.** Muestra GLJY-008. Según Streckeisen (1976) se clasifica como Basalto y está asociada a la Formación corual (PTc)

**Fuente:** Autor

(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.

- **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:



**Fig4.** Muestra GLJY-026 Toba Traquítica según el Diagrama de Streckeisen, 1976 asociada a la Fm. Guatapurí

**Fuente:** Autor.

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 fig. 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%.

- **Batolito de Pueblo Bello y Patillal (Jbpbp-cm)**

Constituye la parte occidental de la zona de estudio, más 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 conforman un cinturón de 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).

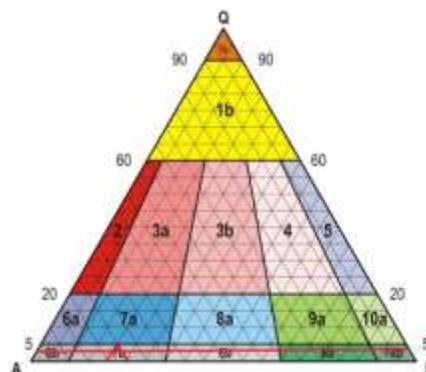
Respecto al área cartografiada en este punto se asocian los afloramientos encontrados con las rocas que conforman las Facies Cuarzo Monzonita las cuales Colmenares (2007), relaciona esta unidad con rocas plutónicas tales como cuarzo-monzonitas, monzogranitos y algunos granitos que son rocas intrusivas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

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 cuarzosenitas 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 Fig. 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 recalcu del contenido mineral y teniendo en cuenta el diagrama de (Streckeisen, 1976) se obtuvo una Cuarzomonzonita (Ver Fig. 6).



**Fig5.** Muestra GLJY-023 Cuarzomonzonita según el Diagrama de Streckeisen, 1976 se asocia al Batolito de Pueblo bello, **Fuente:** Autor



**Fig6.** Clasificación según el Diagrama de Streckeisen (1976) de la Muestra GLJY-021 **Fuente:** Diagrama Streckeisen, 1976

- **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 graníticas leucocráticas que se encuentran rodeando otros minerales de composición máfica. De esta unidad se encontró un afloramiento con las características anteriormente mencionadas con composición máfica intruida por un cuerpo plutónico de composición ácida.

- **Riolita de Golero (Jg)**

Esta unidad se presenta con una extensión que abarca aproximadamente un 40% en la zona de trabajo, extendiéndose principalmente en la parte Norte y Este del área, poniéndose en contacto definido con la unidad Batolito de Pueblo Bello (Jpbp-cm) y fallado con la Formación Guatapurí.

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 porfirítica 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 feldespatos potásico, plagioclasa, anfíboles, biotitas y piroxenos en una matriz vítrea de color gris oscuro, verde y marrón en algunos casos.

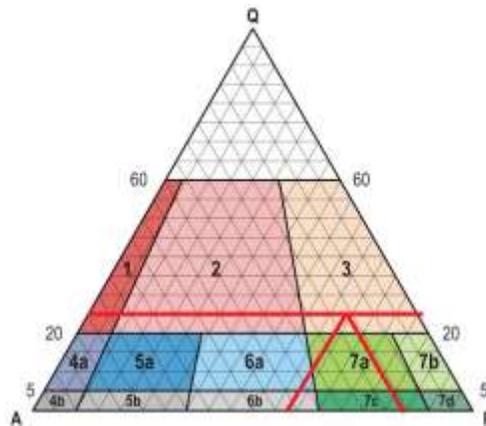
Dentro de esta unidad tenemos muestras representativas. Muestra GLJY- 007 (ver fig.7): descrita como una roca ígnea volcánica con un grado de cristalinidad holocristalino por su proporción de cristales, la distribución de estos cristales es en forma inequigranular dentro de una matriz afánítica diferenciada 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%, feldespatos 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, siendo clasificada según según Streckeisen, 1976 como una Andesita (ver fig.8).



**Fig7.** Muestra GLJY-007 Andesita según el Diagrama de Streckeisen, 1976, se asocia a la Formación Riolita de Goleros (Jg)

**Fuente:** Autor



**Fig8.** Clasificación de la Muestra GLJY-007 según Streckeisen, 1976.

**Fuente:** Diagrama Streckeisen, 1976

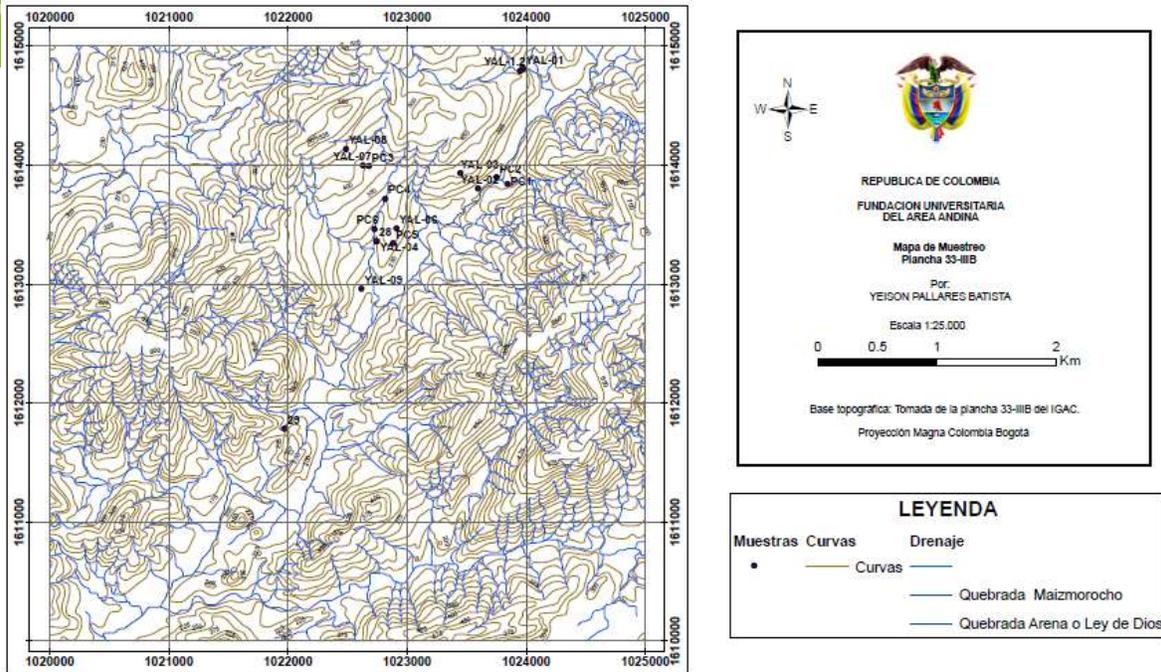
## Muestreo

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. 1) y se encuentran plasmadas en el mapa de muestreo (ver fig.9):

**Tabla 1.** Tabla de muestreo

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

**MAPA DE MUESTREO**



**Fig9.** Mapa de muestreo.

**Fuente:** Autor

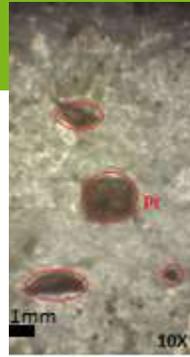
**Análisis petrográfico**

**Muestra Estación YAL-1.2**

Esta 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 relativamente subhedral y sin ningún tipo de orientación. Como minerales de alteración se encuentra la epidota, sericita y por ultimo pirita, estos opacos representados en forma de cúmulos. Alteración característica: epidota, sericita y pirita. Relacionada y clasificada como una alteración tipo silificación. Ver (Fig. 10).



**A. Nicoles cruzados**



**B. Nicoles paralelos**

**Fig 10.** Microfotografía de minerales opacos de piritas (pr) en forma de cúmulos. **A.** Nicoles cruzados; **B.** Nicoles paralelos.

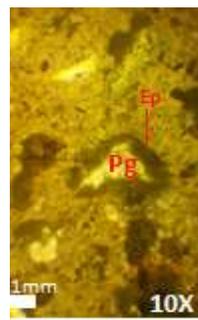
**Fuente:** Autores, 2018.

### **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 plagioclasas se encuentran epidotizada (Ver Fig. 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).



**A. Nicoles cruzados**



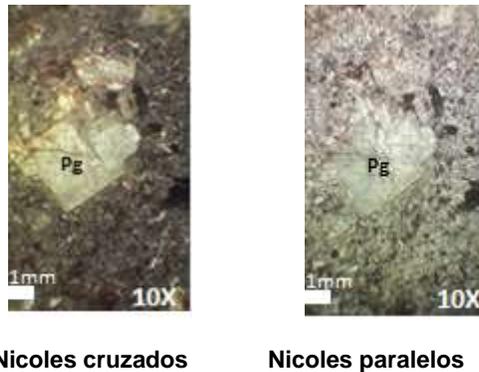
**B. Nicoles paralelos**

**Fig 11.** Microfotografía de Plagioclasa (pg) epidotizada (Ep) con tamaño aproximado de 5 mm. **A.** Nicoles cruzados; **B.** Nicoles paralelos.

**Fuente:** Autores, 2018.

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.

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



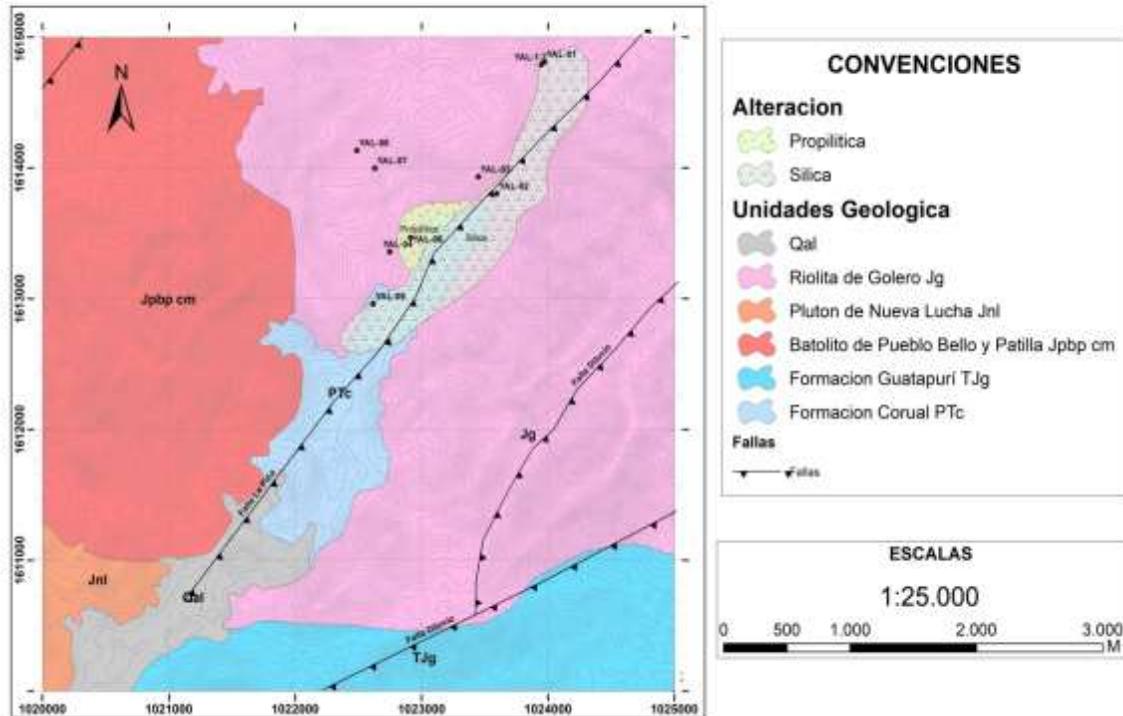
**Fig 12.** Microfotografía de plagioclasa (pg) bien formada, con un tamaño de 8mm. **A.** Nicoles cruzados; **B.** Nicoles paralelos.

**Fuente: Autores, 2018.**

### **Mapa de zonación hidrotermal**

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

**MAPA DE ZONACION HIDROTHERMAL, REGION LAS PAVAS.  
EI COPEY - CESAR**



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

## 9. Impacto

Este trabajo tiene tres tipos de impactos para la sociedad en general y serán descritos de la siguiente manera:

- **Ambiental.**

Se mitigaran los impactos sobre los ecosistemas, fauna y flora presentes en la zona, en los que se haga un equilibrio de exploración y conservación de los recursos minerales.

- **Social.**

Este tipo de investigaciones crean a las comunidades aledañas, mejores posibilidades de vida, ya que estas, son generadoras de oportunidades de empleo, salud y vivienda.

- **Económico.**

Este es uno de los factores que traería más beneficio a nuestro departamento ya que por la recolección de regalías generadas por este tipo de minería traería a nuestras comunidades oportunidades como mejor educación, infraestructura y empleo.

## 10. Presupuesto

**Tabla 2.** Tabla de costos del proyecto

RUBROS	FUENTES (\$)		TOTAL(\$)
	F.U.A.A.	EXTERNA.	
PERSONAL	600000		600.000
EQUIPOS	1500000*		
SOFTWARE		500000*	
MATERIALES	500000		500.000
MATERIAL BIBLIOGRÁFICO	50000		50.000
VIAJES	1500000		1.500.000
SALIDAS DE CAMPO	250000		250.000
SERVICIOS TÉCNICOS	3000000		3.000.000
ANALISIS QUIMICOS	1500000		1.500.000
<b><u>TOTAL</u></b>			<b>7.400.000</b>

## 11. Cronograma De Actividades

Actividades desarrolladas durante la etapa de investigación (ver Tabla. 3).

**Tabla 3.** Tabla de cronograma de actividades

ACTIVIDADES	PERÍODO: 2015-2															
	MES: AGOSTO				MES: SEPTIEMBRE				MES: OCTUBRE				MES: NOVIEMBRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Exploración de temas para crear la investigación																
Presentación de propuesta investigativa																
Recopilación bibliográfica																
Recolección de muestra																

ACTIVIDADES	PERÍODO: 2016-1															
	MES: FEBREO				MES: MARZO				MES: ABRIL				MES: MAYO			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Aprobación de propuesta investigativa																
Postulación a encuentro departamental de semilleros																
Participación oral en el XIII Encuentro departamental de Semilleros de Investigación																
Entrega del avance de proyecto																

ACTIVIDADES	PERÍODO: 2016-2															
	MES: AGOSTO				MES: SEPTIEMBRE				MES: OCTUBRE				MES: NOVIEMBRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Postulación a I Encuentro Latinoamericano & de Expo 2016, Semilleros y Jóvenes Investigadores																
Participación oral en el I Encuentro Latinoamericano & de Expo 2016, Semilleros y Jóvenes Investigadores																
Participación oral en el XIX Encuentro Nacional y XIII Internacional de Semilleros de Investigación																
Presentación de informe a tutor																

## 12. 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 Guatapurí (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 Patillal (Jbpbp-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 observar que provienen de un magma andesítico de texturas porfirítica 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.

- Zona propilítica: se caracteriza como una alteración propilítica, ya que contiene minerales como epidota y clorita en abundancia, relleno de fracturas como se observa en la muestra YAL 6, a esta se le denomina como la zona más marginal del posible yacimiento; también fue posible establecer que la alteración es selectiva y de intensidad leve a moderada, característico de esta zona (Martínez, 2014).

### **13. Recomendaciones**

- Realizar un muestreo sistemático, ya que los recursos destinados para dicho proyecto no eran suficientes para la obtención de más muestras.

### **14. Referencias**

- Arias, A., & Morales, C. J., Mapa Geológico Generalizado del Departamento del Cesar. Memoria explicativa. Escala 1:250.000, Bogotá, Colombia, 1999.
- Colmenares, Geología de las 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.
- Martínez-Frías, J. Yacimientos hidrotermales. In: Yacimientos minerales. Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, S.A, Madrid, 313. España, 1990.
- Sánchez, L., Molina, J. & Rodríguez, 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