



REPUBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO DE MOA
“Dr. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ”
FACULTAD DE GEOLOGÍA Y MINERÍA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

**Petrografía y mineralogía del área perspectiva aurífera El
Limón Nuevo del Sistema Vetítico Jacinto, Camagüey.**

Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Geología
Maestría en Geología, Mención Prospección y Exploración de Yacimientos
Minerales Sólidos

10ma Edición

Autor: Ing. Mario Antonio Alonso Verano

Tutor: Dr. C. José Nicolás Muñoz Gómez

Moa 2018

Año 60 de la Revolución



PENSAMIENTO

“La Educación es el pasaporte hacia el futuro, el mañana pertenece a aquellos que se preparan para él en el día de hoy”

Malcolm X

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Declaro que soy autor de este trabajo de tesis y que autorizo al Instituto Superior Minero Metalúrgico, a hacer uso del mismo, con la finalidad que estime conveniente.

Firma: _____



Mario Antonio Alonso Verano
marioav@geocmg.minem.cu

Mario Antonio Alonso Verano autoriza la divulgación del presente trabajo de diploma bajo licencia Creative Commons de tipo **Reconocimiento No Comercial Sin Obra Derivada**, se permite su copia y distribución por cualquier medio siempre que mantenga el reconocimiento de sus autores, no haga uso comercial de las obras y no realice ninguna modificación de ellas. La licencia completa puede consultarse en: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/legalcode>

Mario Antonio Alonso Verano autoriza al departamento de Geología del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa a distribuir el presente trabajo de tesis en formato digital bajo la licencia Creative Commons descrita anteriormente y a conservarlo por tiempo indefinido, según los requerimientos de la institución, en el repositorio de materiales didácticos disponible en: <http://geologia.mineria.edu.cu/textuales/tesis>

Mario Antonio Alonso Verano autoriza al departamento de Geología del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa a distribuir el presente trabajo de tesis en formato digital bajo la licencia Creative Commons descrita anteriormente y a conservarlo por tiempo indefinido, según los requerimientos de la institución, en la biblioteca digital del ISMM disponible en: <http://bibliotecadigital.ismm.edu.cu>

DEDICATORIA

Al sacrificio, la dedicación, la inteligencia, la perseverancia, los deseos de aprender, crecer y ser mejor y sobre todo a un futuro prometedor.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a todas aquellas personas importantes que de una forma u otra contribuyeron a la realización de este proyecto de mi vida.

RESUMEN

“Petrografía y mineralogía del área perspectiva aurífera El Limón Nuevo del Sistema Vetítico Jacinto, Camagüey” es una actualización de la información que forma parte del trabajo que va dirigido a aumentar las reservas auríferas en la provincia Camagüey y por tanto en el país. Se debe identificar petrográfica y mineralógicamente las rocas encajantes de la veta El Limón Nuevo del Sistema Vetítico Jacinto. Para lograr el objetivo propuesto se organizaron los trabajos en tres etapas fundamentales, una primera de revisión bibliográfica y elaboración del marco teórico conceptual, en segundo lugar se planificó la etapa experimental, donde se realizaron los trabajos de campo que se llevaron a cabo durante el avance de las campañas de levantamiento detallado de la veta El Limón Nuevo, cuya principal tarea fue la toma de muestras. Se efectuaron los análisis de laboratorio donde se prepararon las muestras con la calidad requerida para las distintas pruebas a las que se someterían. En la tercera etapa se interpretaron los resultados de los análisis, permitiendo la identificación de las rocas presentes en el área y los minerales que la constituyen, se identificaron las principales alteraciones hidrotermales que modificaron la roca y las paragénesis minerales portadoras de la mineralización aurífera.

ABSTRACT

"Petrography and mineralogy of the El Limón Nuevo gold prospect area of Jacinto Vetitic System, Camagüey" is an update of the information that is part of the work that is aimed at increasing the gold reserves in Camagüey province and therefore in the country. It is necessary to identify petrographically and mineralogically the embedding rocks of the El Limón Nuevo vein of the Jacinto Vetitic System. To achieve the proposed objective, the work was organized in three fundamental stages, a first one of bibliographic review and elaboration of the conceptual theoretical framework, in the second place the experimental stage was planned, where the field works were carried out that were carried out during the advance of the detailed surveys of the El Limón Nuevo vein, whose main task was the taking of samples. Laboratory analyzes were carried out where the samples with the required quality were prepared for the different tests to which they would be subjected. In the third stage the results of the analyzes were interpreted, allowing the identification of the rocks present in the area and the minerals that constitute it, the main hydrothermal alterations that modified the rock and the mineral association carriers of the gold mineralization were identified

ÍNDICE	
INTRODUCCIÓN	1
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	6
CAPÍTULO 1: CARACTERÍSTICAS FÍSICO - GEOGRÁFICAS, GEOLÓGICAS REGIONALES Y PARTICULARES DEL ÁREA DE ESTUDIO.	14
1.1 Introducción	14
1.2 Características físico - geográficas del área de estudio	14
1.2.1 Ubicación geográfica	14
1.2.2 Geomorfología	15
1.2.3 Clima.....	16
1.2.4 Suelos, Vegetación e Infraestructura	17
1.2.5 Hidrografía e Hidrogeología	18
1.2.6 Geología	19
1.2.7 Tectónica	22
1.3 Caracterización geólogo - estratigráfica regional.....	24
CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA Y VOLÚMENES DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.....	29
2.1 Introducción	29
2.2 Etapa preliminar	29
2.3 Etapa experimental	31
2.3.1 Trabajos de campo	31
2.3.2 Trabajo de laboratorio	34
2.4 Interpretación de los resultados	37
CAPÍTULO 3: PETROGRAFÍA Y MINERALOGÍA DEL ÁREA PERSPECTIVA AURÍFERA EL LIMÓN NUEVO DEL SISTEMA VETÍTICO JACINTO, CAMAGÜEY.....	38
3.1 Introducción	38
3.2 Petrografía del sector El Limón Nuevo.....	38
3.3 Interpretación de los análisis de difracción de rayos - X.....	54
3.4 Análisis minerográfico	59
3.5 Análisis granulométrico.....	71
3.6 Alteraciones hidrotermales	73
CONCLUSIONES	75
RECOMENDACIONES	76
BIBLIOGRAFÍA.....	77
ANEXOS	1

INTRODUCCIÓN

Las técnicas recientes y mejoradas para la detección y obtención de metales preciosos entre ellos el caso del oro, ha llevado el valor de mercado de éstos a precios muy altos y negocios verdaderamente lucrativos para el país que posea este tipo de recurso, impactando enormemente en la actividad geológico - minera a nivel mundial. La demanda ha obligado al desarrollo de nuevas técnicas tanto de exploración y explotación, como de evaluación de nuevos y antiguos yacimientos y manifestaciones de oro nativo, así, se ha impulsado el refinamiento de los conocimientos teóricos sobre la formación de los yacimientos minerales, de la alteración que los acompaña e identifica, y de todos los aspectos inherentes a ellos. Hasta los mismos instrumentos y equipos científicos de detección o medición, utilizados en la exploración, ya sea en el campo o en el laboratorio, se han sofisticado a tal grado que su empleo para aplicar en elementos traza, inclusiones fluidas, isótopos estables o radioactivos, o en cualquier otro aspecto que pudiera evidenciar la existencia de minerales portadores de este metal, ha redundado en hallazgos de suma importancia, haciéndose indispensable su uso en campañas de exploración modernas.

Como consecuencia lógica, el conocimiento geológico de los yacimientos minerales ha evolucionado, siendo el de los epitermales el subtipo que se ha visto más beneficiado ya que de ellos proviene una importante contribución a la producción total de oro y de plata. Conceptos y modelos tales como el de los sistemas geotermales fósiles o activos, o del depósito de metales por cuales quiera de los mecanismos de ebullición, efervescencia o dilución de fluidos, se han aplicado con éxito para determinar profundidades óptimas de productividad, al igual que algunos criterios como el de la clasificación de estos depósitos en los grupos de alta, baja o intermedia sulfuración, que permiten distinguir cuando algún prospecto en particular es potencialmente mayor productor de oro nativo o de plata.

Los depósitos epitermales son aquellos en los que la mineralización ocurrió dentro de 1 a 2 km de profundidad desde la superficie terrestre y se depositó a partir de fluidos hidrotermales calientes. Los fluidos se estiman en el rango desde <150°C hasta unos 320°C y durante la formación del depósito estos

fluidos hidrotermales pueden alcanzar la superficie como fuentes termales, similar a las existentes en El Tatio y Puchuldiza en el Norte Grande de Chile o como fumarolas o solfataras. Los depósitos epitermales se encuentran de preferencia en áreas de volcanismo activo alrededor de los márgenes activos de continentes o arcos de islas y los más importantes son los de metales preciosos (Au, Ag), aunque pueden contener cantidades variables de Cu, Pb, Zn, Bi, etc.

La mineralización epitermal de metales preciosos puede formarse a partir de dos tipos de fluidos químicamente distintos. Los de “baja sulfuración” son reducidos y tienen un pH cercano a neutro (la medida de concentración de iones de hidrógeno) y los fluidos de “alta sulfuración”, los cuales son más oxidados y ácidos. Los términos de alta y baja sulfuración fueron introducidos por Hedenquist (1987) y se refieren al estado de oxidación del azufre. En los de alta sulfuración el azufre se presenta como S^{4+} en forma de SO_2 (oxidado) y en los de baja sulfuración como S^{-2} en forma de H_2S (reducido). Hedenquist (1987).

Los fluidos de baja sulfuración (BS) son una mezcla de aguas lluvias (aguas meteóricas) que han percolado a bajo la superficie terrestre y aguas magmáticas (derivadas de una fuente de roca fundida a mayor profundidad en la tierra) que han ascendido hacia la superficie. Los metales preciosos han sido transportados en solución como iones complejos (en general bisulfurados a niveles epitermales; clorurados a niveles más profundos) y para fluidos de baja sulfuración la precipitación de metales ocurre cuando el fluido hierve al acercarse a la superficie (ebullición).

Los fluidos de alta sulfuración (AS) se derivan principalmente de una fuente magmática y depositan metales preciosos cerca de la superficie cuando el fluido se enfría o se diluye mezclándose con aguas meteóricas. Los metales preciosos en solución derivan directamente del magma o pueden ser lixiviados de las rocas volcánicas huéspedes a medida que los fluidos circulan a través de ellas.

En ambos tipos de depósitos (BS y AS) los fluidos circulan hacia la superficie a través de fracturas en las rocas y la mineralización a menudo se presenta en esos conductos (mineralización controlada estructuralmente), pero también pueden circular por niveles de rocas permeables y eventualmente mineralizar ciertos estratos. Los fluidos de (BS) generalmente forman vetas de relleno con metales preciosos o series de vetas y vetillas más finas, denominadas “stockwork” o “sheeted - veins”. Los fluidos de (AS) más calientes y ácidos penetran más en las rocas huéspedes originando cuerpos mineralizados vetiformes, pero también diseminación en las rocas. Los depósitos de oro nativo de (BS) pueden contener cantidades económicas de Ag y cantidades menores de Pb, Zn y Cu, mientras los de sistemas auríferos de (AS) a menudo producen cantidades económicas de Cu y algo de Ag. Otros minerales asociados con los de (BS) son cuarzo (incluyendo calcedonia), carbonato, pirita, esfalerita y galena, mientras los de (AS) contienen cuarzo, alunita, pirita y enargita.

La exploración geoquímica de estos depósitos puede resultar en distintas anomalías geoquímicas, dependiendo de la mineralización involucrada. Los sistemas de (BS) tienden a ser más ricos en Zn y Pb, más bajos en Cu y con razones Ag/Au más altas. Los de (AS) pueden ser más ricos en As y Cu con razones Au/Ag más bajas. La fineza del oro nativo ($=\text{Au}/(\text{Au}+\text{Ag}) \times 1000$) en yacimientos epitermales es en general baja (promedio 685 en sistemas del Pacífico SW), es decir el oro nativo contiene apreciables cantidades de plata (color amarillo pálido a blanco) y en muchos casos se presenta como electrum (aleación natural de oro nativo y plata); en contraste los yacimientos de tipo pórfido o skarn presentan normalmente más alta fineza del oro nativo (promedio 920).

Los depósitos epitermales se presentan en muchos países incluyendo Japón, Indonesia, Chile y el oeste de EEUU, los que se encuentran en el “anillo de fuego” del Pacífico, que corresponde al área de volcanismo que rodea al Océano Pacífico desde Asia del Sur hasta el oeste de Sudamérica. La mayoría de los depósitos son del Cenozoico Superior, porque la preservación de estos depósitos formados cerca de la superficie es más improbable en rocas más

antiguas, aunque en el norte de Chile existen depósitos epitermales de edad paleocena (El Guanaco, El Peñón).

La minería del oro en Cuba, a pesar de su limitado impacto socioeconómico nacional, posee una rica tradición popular legada por su propia historia, que va desde los tiempos de la conquista hasta la actualidad. Numerosos trabajos reseñan los datos históricos de esta actividad en la isla, resaltando los periodos colonial y neocolonial (Calvache Dorado, 1944; Soto González, 1981; Font-Cruz, 1985). Hoy los estudios se enfocan principalmente en una faja metalogenética de aproximadamente 400 km, que se extiende desde la porción sur de Santa Clara hasta el norte de Holguín.

La manifestación mineral Oro Jacinto es un típico epitermal de baja sulfuración. Los trabajos de exploración ejecutados por la asociación económica internacional Carib Gold Exploration - Geominera S.A. lo descubren entre los años 1994 - 2001. Las mineralizaciones epitermales de oro nativo en este sector se asocian exclusivamente al arco de islas volcánicas del Cretácico. La roca huéspedes de las vetas del mineral portador del oro nativo son rocas volcánicas de composición andesito - dacítica, propilitizadas y tectonizadas en diferente grado. Representa un sistema de 11 vetas, de las cuales las vetas Beatriz, El Limón Nuevo y Sur Elena son las de mayor potencial aurífero. Por ser de morfología menos complicada y tener la cantidad de oro nativo requerida determinada por un estudio de prefactividad se comenzaron las investigaciones por la veta El Limón Nuevo. (Pimentel - Olivera, 2009), (Simon et al., 1999).

Problema

Necesidad de actualizar la petrografía y mineralogía de las rocas encajantes de la veta El Limón Nuevo del Sistema Vetítico Jacinto.

Objeto de estudio

Rocas encajantes de la veta El Limón Nuevo.

Objetivo general

Identificar petrográfica y mineralógicamente las rocas encajantes de la veta El Limón Nuevo del Sistema Vetítico Jacinto.

Objetivos específicos

- Identificar las rocas encajantes presentes y sus minerales.
- Identificar las alteraciones hidrotermales.
- Establecer las paragénesis minerales auríferas.

Campo de acción

Petrografía y mineralogía de las rocas encajantes de la veta El Limón Nuevo.

Hipótesis

Si se identifican las rocas encajantes presentes, sus minerales, las alteraciones hidrotermales y se establecen las paragénesis minerales auríferas, entonces se actualizará la petrografía y mineralogía de las rocas encajantes de la veta El Limón Nuevo del Sistema Vetítico Jacinto.

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

Generalidades sobre los depósitos epitermales

El término epitermal surge de la clasificación propuesta en 1911 por Lindgren en un intento de sistematizar los depósitos minerales hidrotermales. En su clasificación genética, Lindgren definió los depósitos como “depósitos metalíferos formados cerca de la superficie por aguas termales en ascenso y conectados genéticamente con rocas ígneas”. El estimó un rango de temperatura de 50 a 200°C y una profundidad máxima de 1000 m para éstos depósitos. Sus deducciones se basaron en los límites de estabilidad de ciertos minerales, tal como adularia, similares con las texturas de vetas de los depósitos “hot spring” (ambientes geotermales) y reconstrucciones geológicas. (Lindgren, 1911; Henley, 1985).

Descripciones más detalladas de los ambientes epitermales en la literatura geológica moderna incluyen también a Buchanan (1981), Berger y Eimon (1983), Henley (1985, 1991), Berger y otros. (1985), White y Hedenquist (1990), Sillitoe (1977, 1993a, 1995c), Corbett y Leach (1998), Hedenquist et al., (2000), Cooke y Simmons (2000), Corbett (2002), Simmons et al., (2005), entre muchos otros. En un amplio sentido, los depósitos epitermales son definidos como productos relacionados a volcanismo con actividad hidrotermal a poca profundidad y bajas temperaturas, (Guilbert y Park, 1986). Simmons et al., 2005 especificaron que aquellos depósitos epitermales de baja profundidad, en sistemas hidrotermales de altas temperaturas se desarrollaron en arcos volcánicos; por otro lado, Sillitoe (1977) asegura que en su totalidad, los depósitos epitermales están asociados directamente a márgenes de subducción activos, en diferentes épocas geológicas. La precipitación de oro normalmente toma lugar extendiéndose a temperaturas de 150 a 250°C y profundidades de 50 a 650 m debajo del nivel freático (Fig. No. 1). En la mayoría de los casos, éstos depósitos están relacionados en forma espacial y temporal con volcanismo subaéreo, de carácter ácido a intermedio y subvolcanismo asociado, pudiendo el basamento ser de cualquier tipo, el encajonante volcánico suele ser del tipo central proximal, muy típicamente con

rocas efusivas o piroclásticas (Sillitoe y Bonham, 1984), aunque excepcionalmente puede ser del tipo distal (Wark et al., 1990).

Un gran número de depósitos epitermales están asociados a estructuras de origen volcánico, en especial calderas y complejos andesíticos. Asimismo, existe un importante control de éste tipo de depósitos por parte de fallas de escala regional, en zonas de intenso fracturamiento dentro de un régimen extensional (Nieto Samaniego et al., 2005). Dichas fallas determinan la localización de los depósitos y actúan como guía para el emplazamiento de la fuente de calor magmática necesaria para la subsecuente actividad hidrotermal (Fournier, 1987), que controla la duración de dicha actividad. Pero, aunque las fallas de orden mayor ejercen un control directo sobre el emplazamiento de la mineralización, ésta suele disponerse de forma preferencial en fallas subsidiarias (White y Hedenquist, 1990).

Los principales factores que influyen las condiciones físicas del ambiente epitermal y que, en último término, determinan el carácter y la localización de la mineralización son:

- La geología regional de la zona en la que se halla el depósito en cuestión, como su estructura, la estratigrafía, las intrusiones a las que se asocia la mineralización y la naturaleza de dichas rocas ígneas, factores que controlan directamente el tipo y el grado de permeabilidad, así como la reactividad de la roca o rocas encajantes.
- Las características hidrológicas de la zona, es decir, la relación existente entre la permeabilidad y la topografía que controla el movimiento de los fluidos, y las características de los fenómenos de recarga/descarga de fluidos, así como el acceso de aguas calentadas por vapor (“steam - heated waters”)
- Las condiciones de presión y temperatura de los fluidos mineralizantes, en lo que es el ambiente epitermal, que se hallan estrechamente ligadas a la ebullición (cambios de presión litostática a hidrodinámica produciendo “boiling”), determinado a su vez por la composición de los fluidos.
- Las características químicas y el contenido total en gas de los fluidos mineralizantes, que son los factores determinantes en su reactividad, en su capacidad para el transporte de metales y en la paragénesis mineral, tanto por

lo que respecta a la alteración de la roca encajante como la mineralización entre sí.

➤ El posible desarrollo de permeabilidad contemporáneamente al hidrotermalismo y/o cambios en el gradiente hidráulico de la zona. (White y Hedenquist, 1990).

Una primera división de los depósitos epitermales en alta sulfuración (AS) y baja sulfuración (BS), basada en alteración y mineralogía, se ha aceptado ampliamente). Otros nombres dados a estos sistemas son alto azufre/ácido sulfato y bajo azufre/adularia - sericita, respectivamente. Estas categorías son definidas en base al criterio mineralógico, que procede de dos diferentes fluidos, uno ácido y otro con pH cercano a neutro, respectivamente. (Hedenquist, 1987; Bonham, 1986; Helad et al., 1987; Sillitoe, 1993; Corbett y Leach, 1998; Bonham, 1986, 1988; Hayba et al., 1985; Heald et al., 1987).

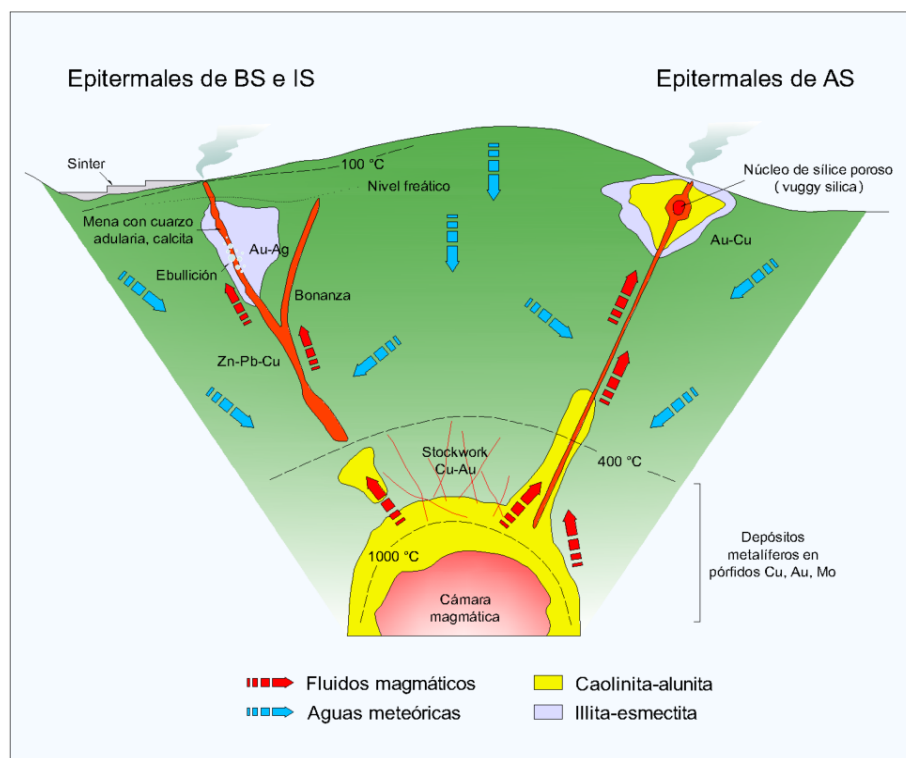


Fig. No. 1 Modelo conceptual simplificado de los depósitos epitermales de baja (BS), intermedia (IS) y alta sulfuración (AS) (modificado de Sillitoe, 1995).

Los depósitos epitermales de baja sulfuración son desarrollados en un ambiente geotermal, dominado por aguas cloruradas donde hay un fuerte flujo de circulación de aguas a profundidad (principalmente de origen meteórico),

conteniendo CO_2 , NaCl y H_2S . Los depósitos epitermales de alta sulfuración son desarrollados en un ambiente magmático - hidrotermal, dominado por fluidos hidrotermales ácidos, donde hay un fuerte flujo de líquido magmático y vapor, conteniendo H_2O , CO_2 , HCl , H_2S y SO_2 ; con aporte variable de aguas meteóricas. En ambos tipos de depósitos los fluidos circulan hacia la superficie a través de fracturas en las rocas y la mineralización a menudo se presenta en esos conductos (mineralización estructuralmente controlada), pero también pueden circular por niveles de rocas permeables y eventualmente mineralizar ciertos estratos. Los fluidos de BS, generalmente forman vetas de relleno con metales preciosos o series de vetas y vetillas más finas, denominadas “stockwork” o “sheeted - veins”. Los fluidos de AS más calientes y ácidos penetran más en las rocas encajantes originando cuerpos mineralizados vetiformes, pero también diseminación en las rocas (Fig. No. 2). Los típicos sistemas geotermales ocurren a cierta distancia de un edificio volcánico, algunas veces pueden ocurrir en áreas sin actividad volcánica contemporánea, generalmente, son derivados de intrusiones localizadas de 5 - 6 km debajo de la superficie. (Sillitoe, 1977; Henley and Ellis, 1983; Hayba et al., 1985; Heald et al., 1987; Bonham 1986, 1988; Hedenquist 1987; Berger and Henley 1989; Hedenquist y Lowenster 1994; Hedenquist et al., 2000; Simmons et al., 2005; Hedenquist et al., 2000).

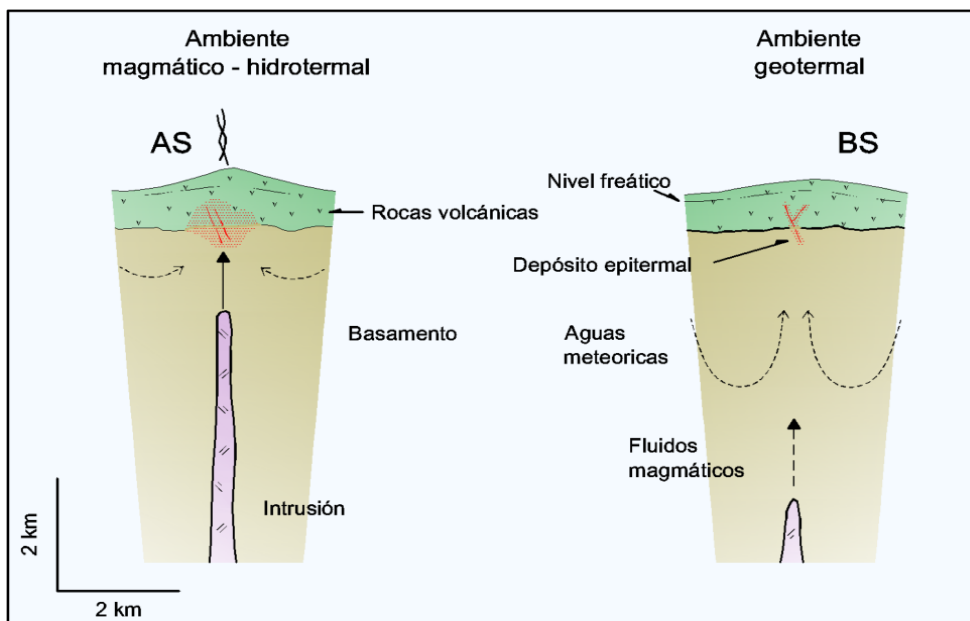


Fig. No. 2 Modelo conceptual simplificado de ambientes hidrotermales y la relación entre depósitos epitermales, intrusiones magmáticas, circulación de fluidos, rocas volcánicas y basamento (modificado de Simmons et al., 2005).

Debido a la baja presión y las condiciones hidrostáticas bajo las cuales se forman, los depósitos epitermales muestran una gran variedad de formas y estilos de mineralización (Fig. No. 3), que incluyen vetas, cuerpos de brechas hidrotermales, “stockworks” y disseminaciones o reemplazamientos. En los depósitos de BS son dominantes las vetas con stockworks asociados; en los depósitos de AS son dominantes los disseminados con vetas asociadas. La diversidad de formas refleja la influencia de los controles de mineralización, los cuales representan zonas de permeabilidad dentro de las partes bajas de los sistemas hidrotermales activos anteriormente. La permeabilidad de las rocas determina el flujo de los fluidos y los mecanismos de precipitación del mineral. La roca permeable en los depósitos epitermales puede ser provista estructural, hidrotermal, y/o litológica. (Arribas, 1995; Sillitoe, 1999; Simon et al., 2005; Hedenquist et al., 2000; Sillitoe, 1993a).

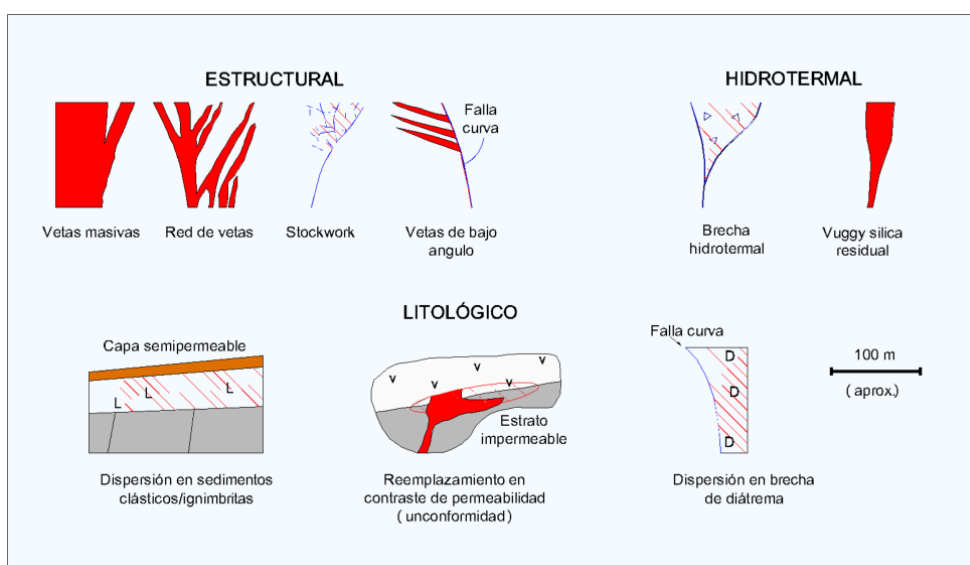


Fig. No. 3. Estilos y geometría de los depósitos epitermales, ilustran la influencia estructural, hidrotermal y permeabilidad litológica (modificado de Sillitoe, 1993^a).

Los depósitos auríferos de BS pueden contener cantidades económicas de Ag y cantidades menores de Pb, Zn y Cu, mientras los de sistemas auríferos de AS a menudo producen cantidades económicas de Cu y algo de Ag.

Las características claves que distinguen a un depósito epitermal son particularmente mineralógicas, con los minerales de ganga y las alteraciones hidrotermales. Los minerales de ganga característicos del estado de AS son: alto contenido de pirita, enargita, luzonita, digenita, calcosita, famatinita, covelita; y una alteración argílica avanzada caracterizada por cuarzo, cuarzo residual (“vuggy”), alunita, pirofilita y caolinita/dickita. Los minerales de ganga característicos del estado de BS son: cuarzo (incluyendo calcedonia), pirita, esfalerita, arsenopirita, pirrotita y loellingita; y una alteración argílica - sericitica caracterizada por cuarzo, adularia, illita y calcita (Tabla No. 1). (Arribas, 1995; Sillitoe, 1999).

Tabla No. 1. Minerales de diagnóstico de varios estados de pH, estados de sulfuración y oxidación, usados para distinguir ambientes epitermales formadores de mineral (modificado de Einaudi et al., 2003).

PH ácido Alunita, caolinita (dickita) pirofilita, sílice residual, cuarzo vuggy	Sulfuración intermedia Tennantita, tetrahedrita, hematita-pirita-magnetita, pirita, calcopirita, esfalerita-pirita pobre en Fe	PH neutro Cuarzo-adularia=illita, calcita
Alta sulfuración Pirita-enargita=luzonita, covelita-digenita, famatinita, orpimente		Baja sulfuración Arsenopirita-loellingita-pirrotita, pirrotita, esfalerita-pirita rica en Fe
Oxidado Alunita, hematita-magnetita		Reducido Magnetita-pirita-pirrotita, clorita-pirita

El estado inicial de formación de los depósitos de AS es caracterizado por una extensa lixiviación de las rocas encajantes por fluidos ácidos con $\text{pH} < 2$. La lixiviación produce sílice residual poroso ($>95\% \text{ SiO}_2$) o cuarzo “vuggy”. El carácter de los fluidos en los depósitos de AS es en su mayor parte de baja salinidad (1 - 24% en peso de NaCl eq.); aunque algunos pueden tener alta salinidad hasta casi 50% en peso de NaCl eq en condiciones oxidadas. En el caso de los de BS son de baja salinidad (1 - 1 5% en peso de NaCl eq.), en condiciones reducidas. Actualmente, los términos alta y baja sulfuración son ampliamente usados para distinguir los dos extremos del estado de sulfuración. Estos términos modernos introducidos por Hedenquist 1987 son resultado de

una evolución de la nomenclatura aplicada a sistemas epitermales. (Stoffregen, 1987).

Se tratan varios conceptos y definiciones que son de importancia tener a mano y conocerlos para una mejor comprensión de determinados temas que se abordan en la investigación.

Adularia: variedad de ortoclasa de baja temperatura (sanidina) de brillo vítreo o incoloro, se usa en joyería. Se puede encontrar en drusas y en esquistos verdes. Se le llama también "piedra de la luna".

Andesita: roca ígnea volcánica (intermedia) de textura afanítica o porfírica, generalmente de color verde, pudiendo variar a rojizo, violáceo y otros colores, adquiridos por la alteración de los minerales ferro-magnesianos que contiene. Sus minerales esenciales son plagioclasas, minerales ferro-magnesianos y cuarzo.

Argilización: proceso de transformación de los feldespatos y otros silicatos aluminicos en arcilla. Por efecto del metamorfismo hidrotermal.

Aurífero: Sustancia, mineral o lugar que contiene cantidades medibles de oro nativo. Depósito de oro nativo.

Dacita: es una roca ígnea volcánica con alto contenido de hierro. Su composición se encuentra entre las composiciones de la andesita y de la riolita, al igual que la andesita, se compone principalmente de plagioclasa con biotita, hornblenda, y piroxeno (augita y/o enstatita). Posee una textura entre afanítica y pórfida con cuarzo en forma de cristales de tamaños considerables redondeados corroídos, o como elemento de su pasta base.

Epitermal: yacimientos minerales formados cerca de la superficie y a baja temperatura a partir de soluciones hidrotermales.

Ganga: mineral acompañante o contenedor de minerales de mayor importancia económica.

Lavobrecha: roca donde el material fragmentario y la lava cementante tienen igual composición, diferenciándose principalmente en la textura.

Mena: rocas y minerales de los cuales, podemos extraer componentes útiles, bien sea metales (oro nativo, plata) o materias primas no metálicas (calizas, azufre) de forma tal que su extracción y beneficio resulten económicamente rentables a las empresas mineras.

Mineral: es un sólido homogéneo por naturaleza con una composición química definida, pero generalmente no fija y una disposición atómica ordenada; normalmente se forma por un proceso inorgánico en condiciones naturales.

Mineralización: aquellas acumulaciones de minerales o rocas, que por algún motivo no pueden declararse menas de determinada materia prima mineral. Se dan casos en que los contenidos útiles de los elementos, tienen valores por encima del contenido mínimo industrial y presentan impurezas beneficiosas, pero fallan las reservas, que permitirían su explotación racional y rentable a la economía.

Propilita: (alteración) transformación de las rocas andesíticas por metamorfismo alcalino a baja temperatura, son mezclas de cuarzo, clorita, epidota, feldespatos alcalinos y zeolitas, con pirita diseminada.

Riolita: Roca volcánica equivalente efusivo del granito, de textura afanítica, de colores claros, minerales esenciales cuarzo y feldespatos, predomina la ortosa sobre las plagioclasas, minerales secundarios anfíboles, piroxenos y micas.

Sericita: variedad sedosa de la muscovita, da un producto alterado untuoso al tacto.

CAPÍTULO 1: CARACTERÍSTICAS FÍSICO - GEOGRÁFICAS, GEOLÓGICAS REGIONALES Y PARTICULARES DEL ÁREA DE ESTUDIO.

1.1 Introducción

En el capítulo se describen los principales rasgos geomorfológicos, tectónicos, hidrogeológicos, climáticos y geológicos del sector analizado, así como también las características de la vegetación y la infraestructura, lo cual permitirá tener una panorámica general acerca del área de estudio.

1.2 Características físico - geográficas del área de estudio

1.2.1 Ubicación geográfica

La veta El Limón Nuevo forma parte del sistema vetítico Jacinto, esta se localiza en su porción más Oeste, se encuentra ubicada a unos 2.5 km de la Loma Jacinto, y a unos 24 km del pueblo de Guáimaro, por la carretera que va de Guáimaro a San Miguel de Bagá, en la Provincia de Camagüey (Fig. No. 1.1). El área de trabajo se encuentra ubicada en la hoja topográfica Cascorro 4779 - IV (escala 1:50000), abarca unos 0.115 km² (11.5 hectárea) y está delimitada por los vértices que se muestran en la tabla número 1.1. Está limitada al oeste por Loma Jacinto, al norte por los afluentes del río Ciego de Molina: Las Piedras y Cascorro, al este por el río Ciego de Molina y al sur por Loma Deseada. (E. Piñero et al., 2011).

Tabla No. 1.1. Vértices del sector.

Vértice	y	x
Norte	290026.84	446511.59
Oeste	289777.72	446943.07
Sur	289524.15	446796.67
Este	289773.26	446365.19

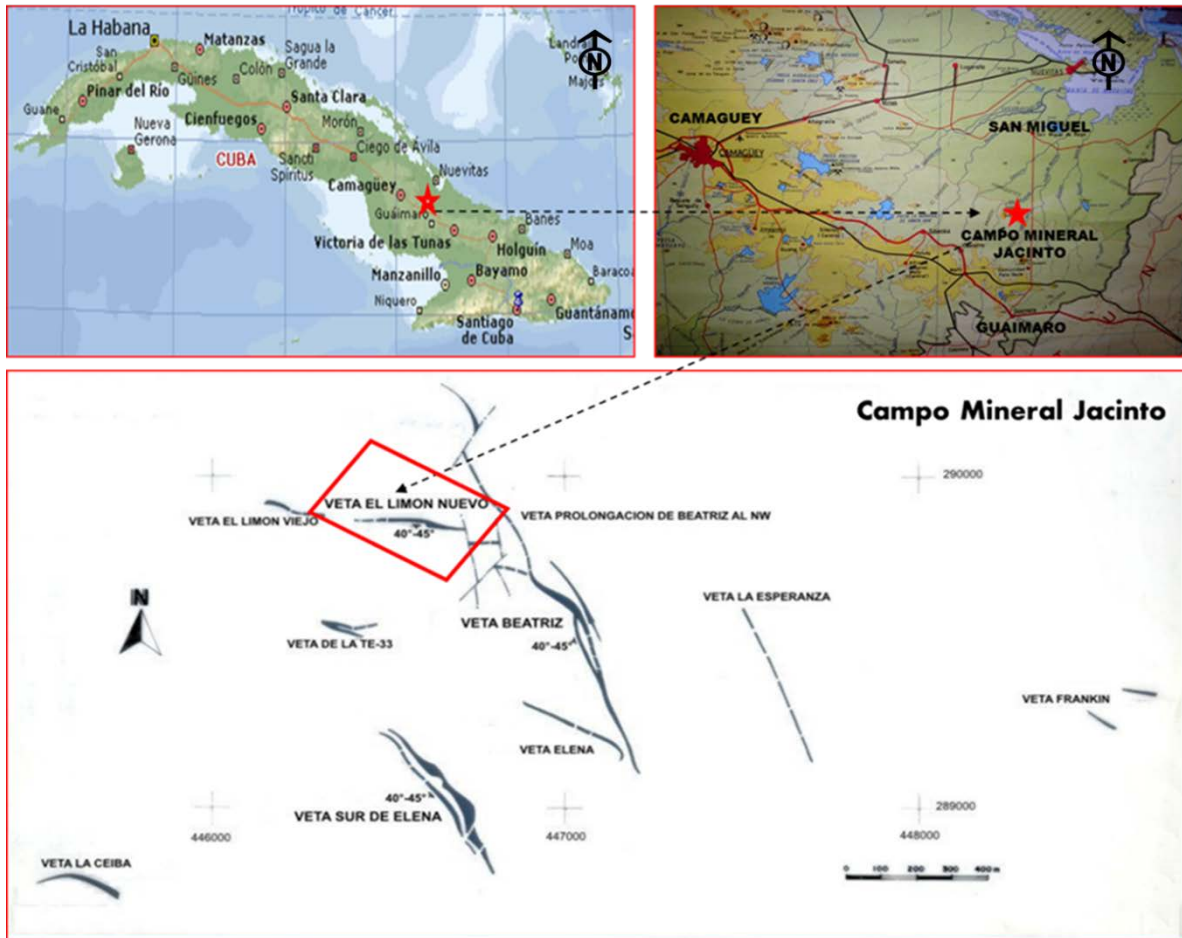


Fig. No. 1.1. Esquema de la ubicación geográfica. Escala 1:50 000.

1.2.2 Geomorfología

Se caracteriza por un relieve tipo denudativo perteneciente al complejo morfogenético de amplias poligenéticas caracterizadas por un relieve de colinas profundas diseccionadas, las pendientes fundamentales son de 16 - 30° y menos frecuentes de 3 - 6°, lo que describe a una llanura ondulada hasta premontañosa, que forman elevaciones con cimas planas y puntiagudas indistintamente que alcanzan los 68.30 m sobre el nivel del mar.

El paisaje se localiza en la subregión geomorfológica del Peniplano Florida – Camagüey – Tunas caracterizado por llanuras del tipo denudativas – erosivas, onduladas y suavemente onduladas de zócalo plegado con alturas entre 80 - 90, 100 - 120 m formadas sobre rocas volcánicas y vulcano sedimentarias con pastos y matorrales sobre suelos sin carbonatos, donde en la actualidad existen procesos erosivos – denudativos moderados.

El paisaje del área y su entorno estuvo caracterizado inicialmente por sabanas naturales. La actividad antrópica asociada al uso ganadero y para cultivos condujo a modificaciones del mismo. A lo anterior se agrega el hecho de que en los últimos años se desarrollaron en la zona actividades mineras de prospección por lo que fue necesario el desbroce de la cubierta vegetal para la ubicación de trochas, plataformas de perforación y trincheras. Pero dos años después de realizados estos trabajos se evidencia una marcada recuperación de la vegetación con un desarrollo del matorral de sabana satisfactorio por lo que las huellas de las actividades mineras realizadas anteriormente son imperceptibles. Se presentan abundantes alineaciones neotectónicas en formas no direccionales, demostrando que estamos en presencia de una zona de movimientos actuales, los principales rumbos detectados a través del estudio de las alineaciones coinciden con los sistemas Camagüey 40° - 60° y Banao 10° - 355°, la red de drenaje tiene una configuración arbórea – pennada. (E. Piñero et al., 2011).

1.2.3 Clima

Por su ubicación geográfica presenta una amplia oscilación térmica y el desarrollo de una línea de convergencia de nubes altas y frecuencia de tormentas eléctricas locales. La amplitud térmica mensual tiene sus mayores valores en los meses de marzo y abril y la anual media es de 10.5°C, recibe una insolación media diaria entre 8 a 9.5 horas. La temperatura media anual es de 30.5°C y la mínima media de 18.5°C, cerca de esta localidad, en Palo Seco se registró la temperatura media anual más baja de la provincia con 24.3°C, el registro máximo de temperatura media mensual corresponde al mes de agosto con 33.0°C y el mes más frío a enero con 17.5°C, en enero se registró la temperatura mínima absoluta de 8°C y la máxima absoluta en abril de 1999 con un valor de 38.2°C, la radiación solar global recibida registra una media anual de 16.6 kcal/cm².

La humedad relativa anual es del 78%, con poca variación mensual, comportándose a la lámina de evaporación entre los 2000 y 2010 mm promedio anuales. Las precipitaciones medias anuales entre 1200 – 1400 mm, el registro de lluvia mensual máximo correspondió al mes de mayo de 1993 con un valor

de 415 mm, este comportamiento la ubica dentro de una faja de repetitividad de sequías en el periodo lluvioso entre un 40 y 60%. La velocidad promedio del viento es entre 3.6 a 4.4 m/s con componente NNE - SSW. (E. Piñero et al., 2011).

1.2.4 Suelos, Vegetación e Infraestructura

El suelo es de tipo pardo sin carbonato, hidromórfico, medianamente afectado por procesos de erosión débiles a medianos, con factores limitantes para el desarrollo de la agricultura por lo que tradicionalmente se han dedicado a la ganadería. Su espesor es muy poco y varía entre 8 a 10 cm debido al desarrollo de las alteraciones hidrotermales de las rocas que constituyen el subsuelo.

La vegetación predominante en el sector y sus alrededores es herbácea, fundamentalmente de pastos, con cotos de arbustos bajos, árboles aislados de considerables follajes y escasas parcelas de cultivos que se encuentran fuera del área de estudio en la parte norte y sur.

El área del sector pertenece al Consejo Popular El Caimito del municipio Guáimaro. Dentro del área no existen centros poblacionales grandes, solo se localizan de manera dispersa 6 núcleos familiares. En los alrededores los más significativos y que se encuentran bastante distantes: Cascorro 13 km al SW, Guáimaro, poblado cabecera del municipio 24 km al Sur y pequeños poblados como Palo Seco situado a 16 km al Sur y San Miguel a 18 km al Norte. Los asentamientos poblacionales más cercanos son la comunidad de San Pablo, El Caimito y la Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) Joaquín de Agüero, la cual es la más cercana encontrándose a 3 km hacia el norte. En los alrededores del área, en general la densidad poblacional es muy baja, concentrándose la mayor cantidad al Este de la carretera que une a Guáimaro y San Miguel de Bagá donde se ubican los tres asentamientos señalados anteriormente.

Las vías de acceso fundamentales las constituyen la carretera que une por la parte Norte la ciudad de Camagüey con la playa de Santa Lucía, por el Sur la Carretera Central y la carretera que enlaza a Guáimaro con el pueblo de San

Miguel que atraviesa de Sur a Norte a unos 2 km al Este del área de trabajo, a partir de la cual nacen terraplenes y caminos que permiten el acceso a cualquier parte del área. A lo largo de esta carretera corre la línea de alta tensión que enlaza a Nuevitas con Guáimaro. (E. Piñero et al., 2011).

1.2.5 Hidrografía e Hidrogeología

El sector se encuentra en la cuenca del río Ciego de Molina, este río tiene un cauce de 5 m de ancho aproximadamente, una profundidad de hasta 3.5 m y valles estrechos, la distancia mínima de las corrientes de agua al sector es de 1 km aproximadamente, y las aguas nunca han llegado al sector independientemente de los temporales ocurridos, este representa la principal fuente hidrográfica del área, caracterizado por ser permanente, con poco caudal por estar represado a lo largo de su cauce. El drenaje superficial de las precipitaciones alimenta dicho río por medio de arroyos intermitentes. En el área donde se encuentra el sector no existen fuentes de agua potable.

Las rocas volcánicas presentes en la zona están agrietadas sirviendo como acuífero, el cual se alimenta de las precipitaciones atmosféricas y posee un carácter libre o freático. El movimiento de las aguas es a través de grietas y fisuras provocadas por la tectónica y la meteorización, las cuales en ocasiones están rellenas, lo que provoca una baja acuosidad y coeficiente de filtración menor de 1 m/día. El nivel del manto freático se puede presentar a una profundidad de 7 a 10 m.

El movimiento de las aguas es lento y esto provoca que alcancen una mineralización superior a 1 g/l. encontrándose algunos puntos en la zona con mineralización hasta de 4 g/l. En la zona hay un predominio de las aguas bicarbonatadas – sódicas - magnésicas y sulfatadas sódicas. Ocasionalmente se encuentran las cloruradas – sódicas.

Se puede pronosticar que estamos en presencia de un acuífero libre compuesto por rocas vulcanógenas, con caudales y propiedades de filtración bajas, cuyas aguas poseen una mineralización relativamente alta. (E. Piñero et al., 2011).

1.2.6 Geología

La orientación del sistema de vetas Jacinto sugiere que el mismo se formó en la etapa tardía de la evolución del arco, posiblemente durante la transición desde un segmento tectónico de composición típica del vulcanismo del arco a un régimen tectónico de expansión asociado con la formación de la cuenca sedimentaria Maraguán. Las vetas forman un sistema conjugado con un rumbo de 320° y un grupo secundario con un rumbo 290° . El arco volcánico tiene aproximadamente de 305° a 310° el cual cortó con un ángulo agudo a este sistema conjugado y es generalmente paralelo al frente del arco de las grandes Antillas, en esta área la orientación de las vetas en los sistemas epitermales en el norte de América reflejan a gran escala los controles tectónicos. Ellos han notado que las vetas que se forman en un régimen tectónico de compresión son generalmente orientadas paralelamente a la dirección de máxima compresión y groseramente perpendiculares al margen de colisión de la cual ellas son parte. El hecho que el sistema de vetas Jacinto es cercanamente paralelo en vez de perpendicular al arco de las Antillas sugiere que el sistema de vetas no se formó durante la fase de compresión tectónica en el área. En su lugar, el sistema de vetas pudo haberse formado durante la distensión normal del arco. La mayoría de los depósitos epitermales en los arcos se forman en un régimen de stress de distensión y que esta extensión o distensión comúnmente tiene lugar durante las etapas tardías de la evolución del arco, posiblemente relacionada al rápido hundimiento de la escama. Esta distensión fue acompañada por la rápida deposición de sedimentos que entonces protegió al sistema de vetas de una futura erosión. La veta El Limón Nuevo con una dirección 280° - 290° representa una zona tectónica alineada con lo explicado anteriormente. Carlile y Mitchell (1994).

Esta región puede ser dividida en dos partes, la Loma Jacinto y el sistema de vetas Jacinto, que se encuentra aproximadamente a 2.5 km al Este de la Loma (Fig. No. 1.2). La Loma Jacinto se encuentra rodeada de 2 km² aproximadamente de rocas volcánicas brechosas de la Fm. Camujiro que están silicificadas. La silicificación se extiende hacia el Norte y está rodeada por alteración argílica y sericítica. Todas estas rocas están intemperizadas haciendo difícil distinguir entre los efectos del intemperismo y la alteración

Ing. Mario Antonio Alonso Verano

hidrotermal actual en superficie. En la parte superior de la Loma Jacinto, en la superficie, se han observado fragmentos de rocas con texturas similares a un sinter. Se reportó alunita y diáspora en la loma, sugiriendo que bajo la loma había zona de alteración argílica avanzada. Durante la campaña 1996 - 2000 esta observación no fue confirmada, además en una de las perforaciones realizadas fue descrita alteración propilítica. Vilinov et al. (1983).

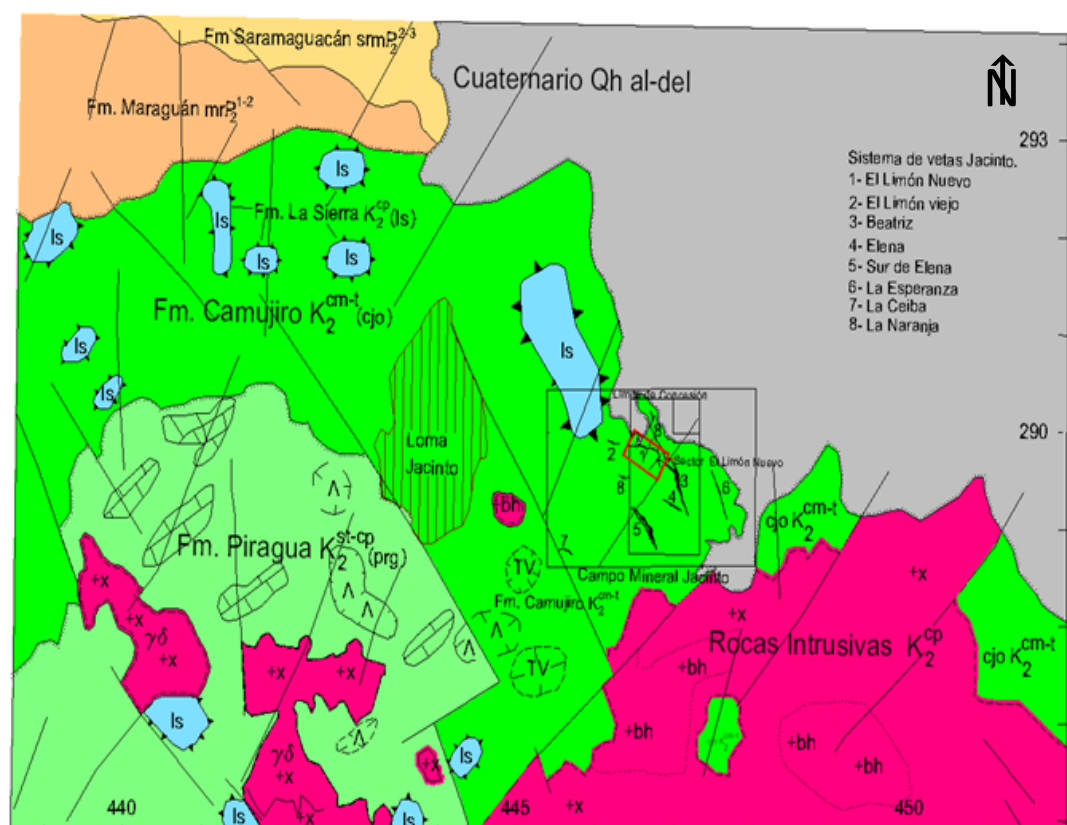
En este sistema se han reconocido 11 vetas. Las más importantes de ellas, El Limón Nuevo, Beatriz, Elena, Sur de Elena, y la Ceiba afloran en un área de unos 5 km². Las vetas rellenan lo que al parecer es un sistema conjugado de fracturas que pueden ser divididas en dos grupos basándose en la dirección de su rumbo: las vetas Beatriz y Sur de Elena tienen un rumbo de 320° y son generalmente más largas y potentes que las vetas Elena, El Limón Nuevo y La Ceiba, estas últimas con rumbo 290°.

La veta El Limón Nuevo se encuentra desarrollada dentro de la sección del Arco de Islas del Cretácico superior, caracterizada por un buen desarrollo de la Fm. Camujiro de edad Cretácico Superior (Cenomaniano – Turoniano), representada mayoritariamente por lavobrecha andesito – dacítica, psamítica – aglomerática hasta de bloques, color verde – grisáceo, escasas lavas andesito – dacíticas y muy escasas tobas de granulometría media – fina que aparecen como capas de pequeños espesores. La veta de El Limón Nuevo tiene una extensión de 260 m y aparentemente tiene una pendiente hacia el Este.

En general las rocas se encuentran más o menos propilitizadas y tectonizadas, llegando a formar brechas de color verde, sin mineralización, que llegan a alcanzar un amplio desarrollo. Estas rocas de la Fm. Camujiro son las que sirven de caja a las vetas de cuarzo con una predominante textura brechosa y en menor grado masiva, con mineralización epitermal aurífera del tipo adularia – sericítica. Mientras que en la porción N - NW del sector aparece la Fm. La Sierra del Cretácico Superior (Campaniano) constituida por lavas riolíticas de color violáceo, en partes alteradas (argilitizadas), que aparecen como cuerpos cortantes, con una dirección NW, se supone que estas intrusiones han creado condiciones o conductos para el sistema hidrotermal Jacinto, la parte N – NE del área es cubierta discordantemente por los sedimentos terrígenos del

Cuaternario datados del Holoceno y constituidos por material aluvio – deluvial que alcanza espesores hasta 30 m. (Fig. No. 1.2).

Las rocas intrusivas que han afectado toda la secuencia de la Fm. Camujiro, se encuentran representadas por el complejo granodiorítico del Cretácico Superior (Campaniano) caracterizado por granodioritas, granitos biotíticos – hornbléndicos y diques de diorita que se aprecian en la porción S – SE del sector, con un escaso desarrollo, ya que el límite del sector pasa por el borde superior del gran plutón Sibanicú – Cascorro – Rincón. Las alteraciones hidrotermales han modificado la composición química las rocas de la Fm. Camujiro originando zonas de alteración argilítica y propilítica a las cuales pueden asociarse los sistemas de vetas epitermales de metales preciosos. (E. Piñero et al., 2011).



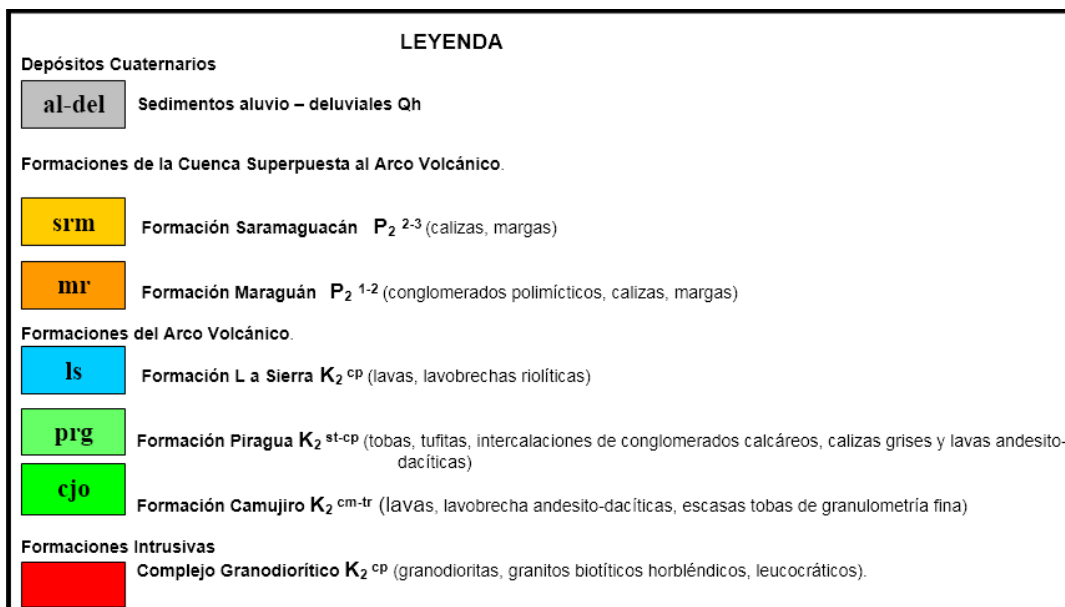


Fig. No. 1.2. Esquema geológico regional. Escala 1: 50000

1.2.7 Tectónica

La tectónica desde el punto de vista geólogo - geofísico el sector se considera como un bloque moderadamente elevado, donde la secuencia de las rocas vulcanógenas presenta potencias considerables (hasta 1000 m) y donde se localizan fallas de carácter regional con dirección N - S (falla Las Piedras) y otras de rumbo 50° (falla Cascorro), que provocan la formación de bloques que complican las estructuras de la región.

La dirección de las fallas que controlan la mineralización en la zona son los sistemas NW - SE 330° - 340° y E - W 270° - 290°, que son los que alojan las vetas de cuarzo con mineralización aurífera, mientras que los sistemas N - S y NE - SW no presentan mineralización y son los que complican la situación tectónica del área desplazando los sistemas mineralizados y creando un sistema de bloques. La secuencia modificada por los esfuerzos tectónicos en el área es la asociación vulcano – plutónica, mientras que en la secuencia terrígena del Cuaternario sólo ocurren modificaciones neotectónicas.

La veta El Limón Nuevo tiene su centro delimitado por la trinchera TE – 18, ubicada en una ligera elevación donde existe una veta de cuarzo blanco, ligeramente bandeado y muy tectonizado, con escasa limonitización, en la que

se realizó una intercepción de 10 m de longitud con 7.10 g/t de oro nativo. La veta es zigzagueante y se caracteriza por un rumbo promedio NW - SE 283°, en diferentes tramos su rumbo varía desde 246° hasta 316°, fue interceptada en superficie por 8 trincheras (TE - 31, TE - 18 y TELN - 02, - 03, - 04, - 09, - 10 y - 13) que han permitido darle continuidad a lo largo de 115 m por el rumbo, junto a los muy escasos afloramientos.

En los estudios realizados entre los años 1997 - 2000, fue utilizada una red de 50 x 50 m, con 2 trincheras y 47 pozos distribuidos en 11 perfiles y en el marco del proyecto original se realizaron 14 trincheras y se perforaron otros 83 pozos distribuidos en 20 perfiles, lo cual ha permitido cumplimentar la red de 25 x 25 m y delimitar una zona mineral que actualmente se encuentra estudiada por la vertical hasta 125 m de profundidad (cota de - 72 m) y por el buzamiento hasta unos 198 m, a través de las perforaciones se logró delimitar mejor su desarrollo por el rumbo aproximadamente en 258 m (eje máximo), con ángulo de buzamiento promedio de 37° hacia el S - SW. Estas características representan la parte Centro Oeste de la veta que constituye el cuerpo mineral principal con una morfología homogénea y continua, afectado solo en sus extremos SE y NW por dos fallas, pues la porción Este, por donde debe unirse a la veta Beatriz, se encuentra modificada por esfuerzos tectónicos más compleja. Allí solo aparecen lentes mineralizados aislados y en la superficie por unos 250 m fue seguida por trincheras y raspados una zona de alteración cuarzo - sericítica que según el muestreo realizado no porta mineralización. En esta parte del sector aparecen 3 fallas verticales supuestas de desplazamiento horizontal con direcciones N y NE, que pueden haber cortado a la veta y a la zona mineral en diferentes bloques y los han desplazado, debido a lo cual las perforaciones realizadas en esta zona no resultaron satisfactorias al tratar de dar continuidad al cuerpo mineral en esta dirección.

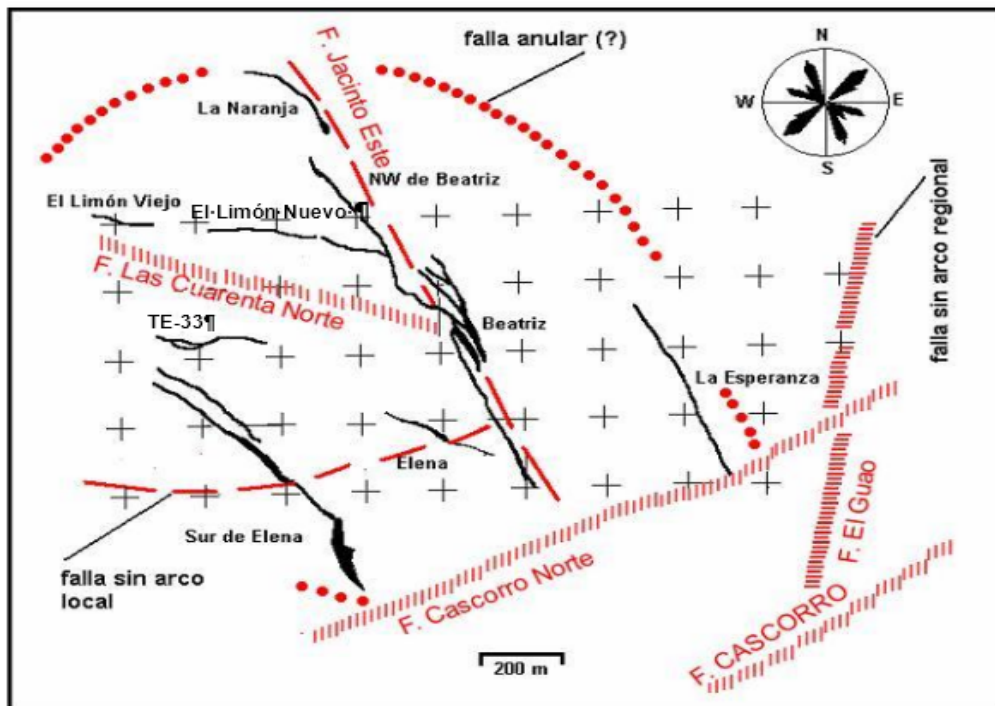


Fig. No. 1.3. Esquema tectónico disyuntivo del Sistema Vetítico Jacinto.

En la situación particular del área de desarrollo de la veta El Limón Nuevo se pudieron definir 4 estructuras disyuntivas con categoría supuestas que se reflejan muy bien en las secciones longitudinales.

La falla 1 se desarrolla en el extremo E del área atravesando los perfiles L - 03 hasta el L - 05, su rumbo es 338° y su buzamiento es vertical. La falla 2 es otra falla vertical que atraviesa los perfiles L - 02 hasta el L - 04 al E del sector con un rumbo de 234° . La falla 3 afecta el cuerpo mineral principal, se ubica entre los perfiles L - 10 y L - 11 paralela al perfil, su rumbo es 30° y buza 82° al NW. La falla 4 es vertical y se ubica entre los perfiles L - 16A y L - 17 paralela al perfil con rumbo 30° afectando el extremo NW del cuerpo mineral.

1.3 Caracterización geólogo - estratigráfica regional

En la mitad septentrional del territorio camagüeyano se encuentra la prolongación en Cuba de la plataforma de Las Bahamas, representada por varias fajas donde se desarrollan secuencias tectono-estratigráficas distintas. De NE a SW se destacan las siguientes.

Secuencia de Cayo Coco: aflora muy limitadamente (ejemplo en Lomas de Guaney) y está constituida por evaporitas y dolomitas del J_3 - K_1^{ap} y calizas micríticas del K_1^{al} - K_2^m . Iturralde Vinent M. A. et al., (1981).

Secuencia de Remedios: constituida por evaporitas y dolomitas del J_3 - K_1^{ap} y calizas y dolomitas del K_1^{al} - K_2^m , la sección superior aflora en Sierra de Cubitas representada por las Fm. Palenque, Vilató y Purio, propias de un banco carbonatado. Iturralde Vinent M. A. et al., (1981).

Secuencia de Camajuaní: no aflora, pero se asume que, como en Villa Clara se encuentra justo al SW de la anterior, bajo el alóctono ofiolítico. Su localización es importante pues puede contener reservas de hidrocarburos. Iturralde Vinent M. A. et al., (1981).

Secuencia de Placetas: aflora como bloques y escamas tectónicas entre el alóctono ofiolítico, principalmente en la Sierra de Camaján. Está constituida por calizas y silicitas del Tithoniano al Turoniano (Fm. Veloz, Santa Teresa y Carmita) y un horizonte de basaltos e hialoclastitas en la base. (Fm. Nueva María J_3^t). Iturralde Vinent M. A. et al., (1981).

ESQUEMA ESTRATIGRAFICO

ERA	SISTEMA	SERIE O EDAD	PENIPLANO CAMAGÜEY	SIERRA DE CAMAJAN	SIERRA DE CUBITAS
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	aluvios, deluvios, coluvios, lateritas in situ, redepositadas, corizas calcedónicas		Laterita redepositada
		PLEISTOCENO	Perdigones Don Eduardo, Fm. Villa Roja, Fm. Guevara, Coluvios Loma Carolina, Fm. Güane		
			Fm. Bayamo		
	NEOGENO	PLIOCENO	HIATO	HIATO	HIATO
		MIOCENO	Fm. Vázquez, Fm. Güines, Fm. Arabos, Fm. Paso Real		
					Fm. Nuevitas
	PALEOGENO	OLIGOCENO	HIATO		
		EOCENO	Fm. Saramaguacán, Fm. Arroyo Blanco, Fm. Vertientes, Fm. Florida	Fm. Senado, HIATO, Calcarenita La Aurora	Fm. Senado, Fm. Lesca, Fm. El Embarcadero
			Fm. Taguasco	HIATO	HIATO
		PALEOCENO	HIATO		
			Fm. Presa Jimaguayú, Fm. Durán, Fm. Río Yáquimo	Fm. Amaro	
MESOZOICO	CRETASICO	SUPERIOR	CAMPANIANO	HIATO	
			Fm. La Sierra, Fm. La Mulata, Fm. Caobilla, Fm. Crucero Contramaestre		Fm. Purio
			SANTONIANO		
		INFERIOR	CONIACIANO	HIATO	
			TURONIANO	Fm. Camujiro	Fm. Vilató
			CENOMANIANO		Fm. Palenque
	JURASICO	ALBIANO	PreCamujiro	Fm. Santa Teresa	
		APTIANO	?	Fm. Velóz	
		NEOCOMIANO	Fm. Albaisa		?
		TITONIANO	Silicitas Mate Prieto, Metamorfitas La Suncia	Fm. Nueva María	

Fig. No. 1.4. Esquema estratigráfico regional. Iturralde Vinent M. A. et al., (1981).

Por encima de estas rocas yace en franca discordancia una nueva secuencia, representada por calciruditas, calcarenitas, calizas detríticas e intercalaciones de silicitas, areniscas y margas. Sobre Placetitas yacen rocas del K_2^m al P_2^2 (Fm. Amaro y Calcarenita La Aurora) y sobre el resto de las áreas rocas del P_2^{1-2} (Fm. Lesca y El Embarcadero. Cuenca de Antepais). Ellas a su vez se cubren por un olistostroma con clastos y olistolitos de vulcanitas, ofiolitas y rocas de la secuencia de Placetitas (Fm. Senado del P_2^{2-3}). Los terrenos descritos están distintamente dislocados, menos al NE, muy intensamente al NW, variando en este mismo sentido su posición tectónica desde autóctona hasta totalmente alóctona (Secuencia de Placetitas). Esto está determinado por la acción del manto tectónico de ofiolitas que los cubre desde el SW. Iturralde Vinent M. A. et al., (1981).

Las ofiolitas forman un melange que descansa como una cuña sobre el borde meridional de Las Bahamas y cuya potencia aumenta hacia el SW. Sus raíces pudieran estar asociadas a la falla cubana axial situada a lo largo de la isla de Ing. Mario Antonio Alonso Verano

Cuba. Su emplazamiento concluyó en el Eoceno Superior Temprano (edad del olitostroma Senado).

La asociación ofiolítica en Camagüey pertenece al cinturón septentrional. Son de tipo tethysianas, representadas por un perfil completo que incluye los complejos peridotítico, cumulativo, de diques de diabasas y vulcanógeno - sedimentario. Este último en parte está metamorfozado en la facies de esquistos verdes. El complejo efusivo - sedimentario es de edad Albiano a Cenomaniano, quizás algo más antiguo (Fm. Mate Prieto, La Suncia y Albaiza). En el melange de ofiolitas se reconocen pliegues y escamas tectónicas, así como una fracturación que varía desde texturas foliares hasta brechosas. Iturralde Vinent M. A. et al., (1981).

La mayor parte del territorio estudiado está ocupada por la asociación vulcano - plutónica del Cretácico y los depósitos del K_2^{cp} al P_2^{2-3} . (Cuenca de Piggy - back). La asociación vulcano - plutónica se caracteriza por rocas vulcanógeno - sedimentarias propias de la secuencia Ciego - Las Tunas, de edad Albiano al Campaniano Temprano. Incluye las Fm. Pre Camujiro, Guáimaro, Crucero Contramaestre, Camujiro, Piragua, Caobilla, La Sierra y Basaltos La Mulata. En cuanto a las Fm. Guáimaro y Crucero Contramaestre existen autores que han realizado trabajos, en los cuales partes de ellas como en el caso de Crucero Contramaestre, han sido denominadas como Miembro San Francisco de la Fm. Piragua y Fm. Aguilar. Mientras que la Fm. Guáimaro es considerada por algunos autores como equivalente a la Fm. Camujiro. Iturralde Vinent M. A. et al., (1996), Piñero E. et al, (1990).

El complejo intrusivo plutónico está representado por un cuerpo alargado de NW a SE que corta al complejo anterior y cuya edad es Campaniano, aunque quizás existan cuerpos menores más antiguos. Se reconocen tres formaciones Gabrosienítica, Gabro - Granodiorítica y Plagiogranítica, así como campo de diques y cuerpos de rumbo NE que corta las anteriores, pero que también son del Campaniano (Granitos Maraguán). El complejo hidrotermalmente alterado está representado por las rocas de las facies argílica, argílica avanzada y propilitas, que se disponen por el rumbo del plutón (falla cubana axial) y de los

diques (NE - SW). Afectan tanto a las rocas intrusivas, como a las efusivo - vulcanógeno - sedimentarias. Iturralde Vinent M. A. et al., (1981).

Sobre la asociación vulcano - plutónica se encuentran conglomerados, areniscas, aleurolitas, margas, calizas, calcarenitas y calciruditas del Campaniano Tardío al Maestrichtiano y del Eoceno Inferior al Superior Temprano (Cuenca de Piggy - Back. Fm. Durán, Presa Jimaguayú, Florida, Vertientes, Maraguán y Saramaguacán). De especial interés es el olistostroma Taguasco del $P_1 - P_2^1$ que yace en la superficie del contacto tectónico entre el melange ofiolítico y las rocas de la asociación vulcano - plutónica. La asociación vulcano - plutónica y su cobertura sedimentaria están distintamente dislocadas. Al NE de la falla cubana axial la dislocación es más intensa, dominando las texturas brechosas en las vulcanitas y granitoides, que yacen sobre las ofiolitas incluso formando klippens aislados. Al SW de la falla mencionada las rocas están menos fracturadas y aparecen en pliegues concéntricos suaves cuyos ejes de rumbo NW - SE están a menudo flexionados por las fallas transversales siniestras que determinan pliegues de rumbo NE - SW. Iturralde Vinent M. A. et al., (1981).

Sobre el substrato plegado antes descrito se encuentran los depósitos sedimentarios del Eoceno Superior Tardío al Reciente, poco dislocados y constituidos por conglomerados, areniscas, aleurolitas, margas, calizas, calcarenitas y otras rocas de ambiente marino y subaéreo. (Fm. Nuevitas, Güines, Arabos, Vázquez, Guanés, Guevara, Coluvios Loma Carolina, Villa Roja, eluvios, aluvios, deluvios, coluvios, lateritas in situ, lateritas redepositadas y coraza calcedónica). Esta Cobertura Neoautóctona está cortada por fallas que la dividen en bloques de distinta altitud.

CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA Y VOLÚMENES DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.

2.1 Introducción

El capítulo abarca los trabajos proyectados para las diferentes etapas de la investigación (búsqueda bibliográfica, interpretación de los resultados y procesamiento de la información). Además, recoge algunos métodos de análisis que ayudan a la mejor interpretación de los datos obtenidos. Para lograrlo se dividió el trabajo en tres etapas fundamentales.

- Etapa I: Etapa preliminar
- Etapa II: Etapa experimental
- Etapa III: Etapa de gabinete

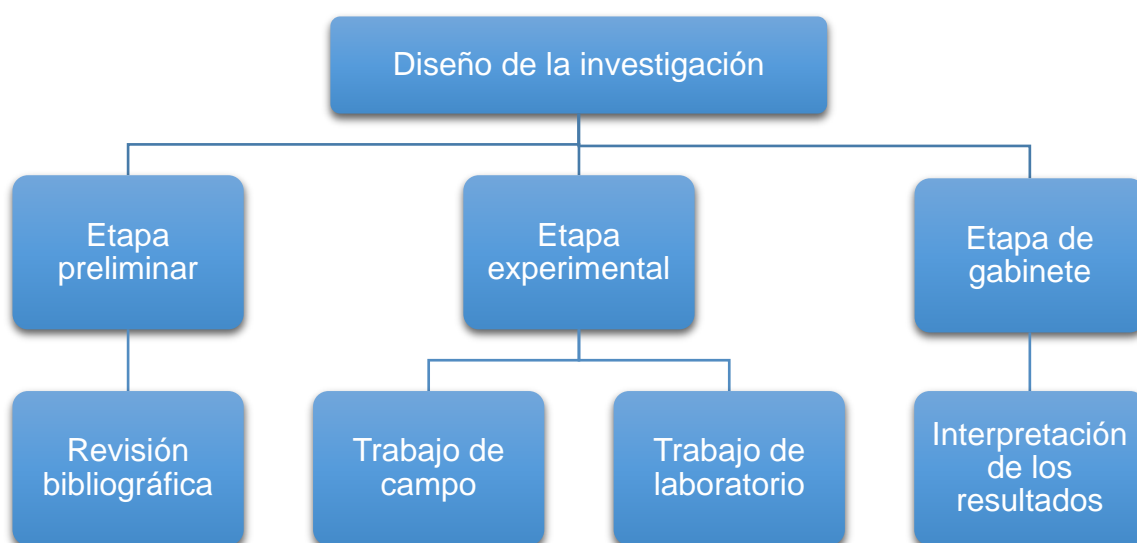


Fig. No.2.1. Diseño de la investigación

2.2 Etapa preliminar

Durante esta primera etapa de la investigación, se realizó una búsqueda de información bibliográfica, a través de la revisión de una serie de artículos científicos, trabajos de diploma, tesis de maestría, doctorados, informes de proyectos y otros documentos relacionados con la presencia de manifestaciones auríferas en la región de Camagüey, así como de los minerales, paragénesis, alteraciones y rocas a los que aparecen asociadas.

Para ello se utilizó la base de datos tanto en memoria escrita como digital existente en la empresa Geominera Camagüey, así como información suministrada por centros de investigación como el IGP y laboratorios como la CEMI y el CIPIMM y sitios web de la INTERNET especializados en el tema de forma particular y general. Luego de haber desarrollado la búsqueda bibliográfica de dicha información, se comenzó a procesar e interpretar los datos obtenidos previamente para ser llevados a formato digital como parte de la memoria escrita del trabajo y también como documentos gráficos incluidos.

Las investigaciones geológicas anteriores en el área del Sector Oro Jacinto, tuvieron por lo general un carácter regional y sólo en casos aislados tuvieron como objetivo la búsqueda de yacimientos metálicos. El trabajo más amplio realizado, fue el levantamiento geológico del territorio Ciego – Camagüey - Las Tunas a escala 1:250000 llevado a cabo conjuntamente por las Academias de Ciencia de Cuba y Bulgaria entre los años 1976 y 1981 bajo la dirección de R. Cabrera, M. I. Vinent y D. Tchounev, este trabajo fue el primero en interpretar la geología del área bajo conceptos movelistas y que además fijó su atención en la zona de la Loma Jacinto como posible contenedora de mineralización metálica, teniendo en cuenta la presencia de amplias zonas de rocas alteradas, caracterizadas entonces como “cuarcitas secundarias”.

Los trabajos del levantamiento geológico a escala 1:50000, que ocupan toda el área, se desarrollaron entre los años 1990 - 1992 bajo la dirección de E. Piñero y otros. Los mismos en su programa recogieron además del estudio geológico, el estudio geoquímico mediante el método de sedimentos de fondo y el muestreo de jagua. En los sectores elegidos para efectuar trabajos de detalle, se realizó muestreo de suelo en una red de 200 x 50, en cuyo caso se encuentra el área de Alrededores de Jacinto.

Posteriormente fueron realizadas importantes investigaciones regionales entre las que podemos mencionar el trabajo temático - productivo de evaluación “Pronóstico en la región Siboney - Las Tunas” (1993, Geominera Camagüey/IGP) y el informe final correspondiente (1995, Geominera Camagüey), el informe de interpretación estructural y evaluación metalogénica mediante interpretación de los datos geofísicos del territorio Ciego de Ávila –

Camagüey - Las Tunas (1996, Geominera Camagüey), así como el informe final del proyecto I+D 224 “Evaluación del potencial de Au y metales base del Arco Cretácico en el territorio Ciego de Ávila – Camagüey - Las Tunas” (2002 IGP). Dentro de los trabajos geofísicos en 1982 se desarrolló el levantamiento aerogamma espectrométrico y aeromagnético a escala 1:50000 del sector Nuevitas – Guáimaro (R. Prieto y otros), el cual cubre el área.

A estas investigaciones se suman otras más especializadas como. “Estudio de línea base ambiental” realizado por. Dra. M. Pérez Rodríguez, E. Piñero y otros, 2001. Epithermal Mineralization in or Volcanic Arc. The Jacinto Deposit, Camagüey District, Cuba, de Gregori Simón, E. Piñero, N. Russell, S. E. Kesler, D. Bell y C. M. Halls, 1998, donde se recogen muy bien desarrollados aspectos de gran interés tales como: clasificación del depósito mineral, edad de la mineralización, mineralogía, geoquímica y relación de la mineralización con la actividad volcánica de la región.

2.3 Etapa experimental

Durante esta etapa se realizaron los trabajos de campo los cuales se llevaron a cabo durante la realización de las campañas de levantamiento detallado de la veta. También se llevaron a cabo los trabajos de laboratorio donde se prepararon las muestras con la calidad requerida para las distintas pruebas a las que se someterían.

2.3.1 Trabajos de campo

Los trabajos de campo se realizaron con el objetivo de realizar la exploración detallada de la veta. Las muestras utilizadas para dar cumplimiento a los objetivos de la investigación fueron tomadas durante la campaña de levantamiento. Las muestras se tomaron de afloramiento de los lugares más representativos de la roca de caja cercanos al cuerpo mineralizado, entre 15 y 20 m de distancia, siempre escogiendo la parte más fresca de la roca. De ellas se escogieron 10 muestras representativas para dar cumplimiento a las necesidades de la investigación presente.

En primer lugar, se desarrolló la topografía. Para la ejecución de las trochas topográficas se emplearon los mismos raspados que se utilizaron para poner al descubierto las vetas de cuarzo, con el objetivo de realizar el levantamiento topográfico a escala 1:1000 e itinerarios geológicos a escala 1:1000, este trabajo se desarrolló en una región cubierta totalmente de arbustos de difícil acceso para poder seleccionar los puntos de detalles, por lo que hubo que emplear el método ortogonal similar al método de las cuadrículas, se utilizó una red de 25 x 25 m, las trochas tenían una separación de 100 m, con una precisión permisible en las poligonales técnicas 1:1000 y se logró 1:1729 y en las taquimétricas 1:500 y se logró 1:520. Dentro de la zona y en sus alrededores existen además puntos monumentados con anterioridad: MON - 1, P30 + 50, CSE - 15, CSE - 16, MON - 2 y MON - 3, estos últimos monumentados y realizados por GeoCuba, los que se utilizaron para desarrollar la base topográfica y aumentar el grado de estudio de la zona.

Después se realizaron los trabajos geofísicos que comenzaron de forma experimental en el área, realizados en una red de 100 x 25 m, con el método de polarización inducida en su variante dipolo – dipolo, con $n = 5$ y $a = 25$ m, ejecutados por Geominera Oriente. Con este método se obtuvieron débiles anomalías de carga eléctrica y de resistividad de poco interés para los ejecutores del proyecto, desechándose los resultados del método. Posteriormente estos materiales fueron reinterpretados por especialistas de la EGMC empleando para ello el programa de inversión Resis - 2D, con el que se detectaron claramente dichas vetas en las líneas L - 26, L - 28. También el complejo de métodos geofísicos estuvo integrado en esa ocasión por la exploración magnética y el método electromagnético de baja frecuencia VLF, detectándose con el primero zonas intensas negativas principalmente en la dirección NW - SE y E - W que responden a las zonas tectónicas donde se emplazan las vetas de cuarzo enriquecidas en oro nativo y en segundo lugar ejes de dirección NE - SW y N - S que las cortan. Se realizaron trabajos geoquímicos de muestreo de suelo en una red de 200 x 200 m detallándose hasta 100 x 100 m.

Para las perforaciones en El Limón Nuevo se contrató a AE CUBANEX S.A, la cual disponía de todos los medios técnicos requeridos para garantizar este

Ing. Mario Antonio Alonso Verano 32

trabajo, al comienzo se utilizó una máquina de tipo IKS Boyles BBS-25A Wireline montada sobre patines y luego se le incorporó una segunda máquina con iguales características hasta el final de la campaña. Los pozos tuvieron dirección de 30° con ángulo de inclinación que varió entre los 42° y 90° , todos se perforaron con diamante, empleando en la zona mineral el triple tubo con el objetivo de lograr una recuperación mayor al 90%, los diámetros empleados fueron el NQ para los pozos de exploración y el HQ para aquellos pozos que tuvieron por objetivo no solo la exploración sino también la toma de una muestra tecnológica, el líquido empleado durante la perforación fue CNNC. Después de concluidos los pozos fueron monumentados con su inscripción (número de pozo, profundidad y fecha de terminación) y amarrados topográficamente.

Durante la exploración en la veta El Limón Nuevo se realizaron 13 trincheras, 6 raspados, un pozo criollo y una galería, los que fueron ubicados instrumentalmente por la topografía y orientados con una dirección aproximada de 30° . Las trincheras y los raspados se confeccionaron con ayuda de un bulldozer SHANTUI, con una cuchilla de 4.0 m de ancho, en caso de las trincheras utilizándose para la profundización los rusters, la longitud total de las trincheras fue 384.7 m, la longitud de los raspados fue 204.60 m. Las trincheras alcanzaron una profundidad máxima de 5.0 m, hasta descubrir la roca madre atravesando la capa eluvial o aluvio - deluvial, la documentación de todas las trincheras se realizó en la pared NW de SW - NE, haciéndose una descripción de los cambios litológicos, sus coloraciones, textura, estructura, alteraciones etc., así como también de los elementos de yacencia y el agrietamiento, luego las trincheras fueron muestreadas y tapadas con ayuda del buldócer. La profundidad máxima de los raspados fue de 0.5 m para retirar la capa vegetal con el fin de seguir en el terreno el desarrollo de la zona de alteración.

Para la construcción del pozo criollo se empleó un martillo neumático y para la galería a partir de los 17 m hubo que emplear además el sistema de voladura debido al incremento de la dureza de la roca en la zona mineral. Se utilizó la fortificación en aquellos lugares donde las propiedades físico - mecánicas de las rocas no eran favorables y podía existir el riesgo de derrumbe. El pozo criollo y la galería fueron documentados en su totalidad y muestreada solo la

Ing. Mario Antonio Alonso Verano 33

galería, pues el pozo criollo estaba ubicado en las rocas de caja donde ya estaba comprobado por los pozos de exploración que no existía mineralización. En estas labores además se realizaron observaciones ingeniero - geológicas, se tomaron muestras para las determinaciones de humedad, resistencia a la compresión y peso volumétrico, se realizaron determinaciones de peso volumétricos in situ y de coeficiente de esponjamiento.

2.3.2 Trabajo de laboratorio

En los trabajos de laboratorio se realizó todo el procesamiento de las muestras tomadas en el campo mediante equipos de alta precisión obteniendo los resultados que posteriormente pasarán a la próxima etapa.

Análisis petrográfico y minerográfico

Para la realización de los análisis petrográficos se confeccionaron secciones delgadas. Las descripciones petrográficas se realizaron tanto con nicoles cruzados como paralelos. Para dicho análisis se tuvieron en cuenta los parámetros ópticos: color, forma, pleocroísmo, birrefringencia, ángulo de extinción. Las características petrográficas y minerográficas de los minerales presentes en las muestras seleccionadas fueron analizadas en el microscopio lupa binocular acoplada con la video - cámara SONY, modelo SSC - C 370 e interface YS - W150, utilizando para ello el analizador de imágenes.

La descripción petrográfica de las rocas volcánicas y vulcanoclásticas fue basada en el Manual de Procedimiento de la Calidad/2007 y su clasificación por Streckeisen, 1979, en Le Maitre, 1989 y (Rocas Piroclásticas - Epiclásticas), Díaz de Villalvilla, L. Torres M., Méndez, C. I., y otros, 2006 en Clasificación de rocas de Cuba (próxima edición). Se emplearon las siguientes abreviaturas: Plag - plagioclasa, Cl - clorita, Px - piroxeno, Clpx - clinopiroxeno, Ca - carbonato, Q - cuarzo, Alb - albita, Ep - epidota, Horn - hornblenda, Fenoc - fenocristales, Py - pirita.

Difracción de rayos - X (DRX)

Debido a la granulometría en micrones de algunos minerales en las muestras analizadas fue difícil determinarlos bajo el microscopio, por lo que fueron estudiadas con ayuda del método de difracción de rayos - X. El cual consiste en hacer incidir un haz de rayos - X de radiación monocromática sobre la muestra de roca finamente pulverizada la cual se extiende por la superficie de un vidrio porta usando una pequeña cantidad de aglomerante adhesivo. El instrumento está construido de tal manera que el porta, cuando se sitúa en posición, gira sobre un brazo hasta registrar los rayos - X reflejados.

Las variaciones de intensidad en los rayos reflejados se obtienen gráficamente en un registro denominado difractograma en el cual se ven manifestados los diferentes picos de reflexión provenientes de la muestra. La altura de los picos es directamente proporcional a las intensidades de las reflexiones que las provocaron. Los registros difractométricos se realizaron por el método de polvo en un equipo Philips PW 1710 con los siguientes parámetros de operación:

Tabla No. 2.1 Parámetros de operación para la realización de los registros difractométricos.

Goniómetro	Vertical
Sistema de focalización	Bragg - Brentano
Fuente de Radiación - X	Fe K α
Filtros	Mn
Diferencia de potencial aplicada	30 kV
Corriente anódica	20 mA
Calibración del equipo	Patrón externo Silicio
Registro angular	6 - 90 ⁰ (2 θ)

Todos los difractogramas se registraron según la variante de medición punto a punto; paso angular de 0,05⁰ y tiempo de medición en cada posición de 3 segundos. Los resultados numéricos de intensidades relativas y ángulos de difracción se convirtieron en difractogramas continuos con el empleo del programa "Origin 7.0". Las distancias interplanares se determinaron con el programa Ttod para PC. El análisis cualitativo de fases se realizó con la

Ing. Mario Antonio Alonso Verano

utilización de la base de datos PCPDFWIN; versión 1.30, JCPDS - ICDD/2002, compatible con Windows 98 para Office 2000.

Análisis Químico

Los Análisis Químicos de elementos mayoritarios y trazas se determinaron según el Manual de Procedimientos de la DCM/CIPIMM, para lo cual se emplearon los métodos de disolución ácida y fusión con metaborato de litio para la preparación de las muestras. Se empleó un Espectrómetro de Emisión Atómica con Plasma Inductivamente Acoplado (ICP - AES) modelo Spectroflame de la firma SPECTRO de Alemania con las características o parámetros instrumentales que aparecen a continuación:

Ópticas

- 128 canales analíticos
- 5 sistemas ópticos
- Montaje Paschen – Runge
- Diámetro del círculo de Rowland de 750 mm
- Red holográfica de Zerodur

Monocromador

- Acceso directo a longitudes de onda
- 4 ranuras de entrada con obturadores conectados mediante fibra óptica a la fuente de luz
- Segmento móvil con 6 ranuras de salida y fotomultiplicadores

Generador

- Potencia máxima de 2,5 kW
- Rutina automática de encendido del plasma estabilizado en potencia
- Frecuencia 27,12 MHz

Las condiciones instrumentales para este equipo se consideran óptimas cuando se obtienen los mejores valores posibles de la relación señal/ruido en las correspondientes zonas del espectro, para lo que existe una metodología

descrita en el Manual de Operaciones del equipo. Se utilizaron además equipos y utensilios de laboratorio de alta pureza.

Mineralogía

Para el estudio mineralógico de las muestras se comenzó con la trituración por debajo del tamiz de 2 mm en el molino de quijada, luego se pesaron y cuartearon las muestras, conservando un duplicado de las mismas. Le sucedió el análisis granulométrico por los tamices 1 mm y 0.08 mm. La clase granulométrica < 0.08 mm se archivó. La clase granulométrica > 0.08 mm se pesó, pasándose por la mesa de concentración tantas veces como fue necesario para enriquecer la clase de minerales pesados. Se obtuvo en la mesa de concentración una fracción pesada y una fracción ligera, secándose y pesándose cada una. La fracción pesada se separó con el imán permanente de campo variable en 3 fracciones: fracción magnética, fracción paramagnética, fracción diamagnética. La fracción diamagnética se separó en líquido denso (bromoformo), peso específico: 2.89 g/cm^3 , obteniéndose dos fracciones: una fracción pesada y una fracción ligera (con respecto a la densidad del líquido). Luego se procede al análisis mineralógico completo (cuando hay presencia de oro nativo) y aleatoriamente a las muestras donde no había contenido de oro nativo, procediendo a su descripción mineralógica. Por último, se hace una medición y conteo de granos de oro nativo.

2.4 Interpretación de los resultados

Después de obtenidos los datos de los análisis realizados durante la ejecución del trabajo de laboratorio, fueron procesados con la ayuda de programas informáticos tales como Microsoft Word, Excel, Access, AutoCAD, Surfer.13. Con el fin de confeccionar mapas y gráficos que permitan la interpretación de estos y llegar a conclusiones que esclarezcan las interrogantes planteadas en la investigación.

CAPÍTULO 3: PETROGRAFÍA Y MINERALOGÍA DEL ÁREA PERSPECTIVA AURÍFERA EL LIMÓN NUEVO DEL SISTEMA VETÍTICO JACINTO, CAMAGÜEY.

3.1 Introducción

En el capítulo se identificarán las rocas presentes en el sector El Limón Nuevo y los minerales que la constituyen, se determinarán las alteraciones hidrotermales presentes que afectan las rocas y se establecerán las paragénesis minerales portadoras de Au.

3.2 Petrografía del sector El Limón Nuevo.

Las rocas en estudio se encuentran desarrolladas dentro de la sección del Arco de Islas del Cretácico superior, caracterizada por un buen desarrollo de la Fm. Camujiro de edad Cretácico Superior (Cenomaniano – Turoniano), que ocupa más del 70 % del área.

Las rocas cortadas por los pozos de El Limón Nuevo (ELN - 05, 09, 13, 17, 44, 47, 50, 52, 54, 56) y las de afloramiento, son lavas andesíticas (clastolavas) en las cuales se observan claramente raros fragmentos de otra composición y textura de lava, y diorita en los pozos (ELN - 50, ELN - 17, ELN - 09, ELN - 66 y TELN - 13). También se encontró andesita brechada; andesita hornbléndica de textura fina y gruesa, poco andesito - basalto; escasos espesores de toba vitrocrystalina, vitrocrystalolítica, litocrystalina lapílica y roca subvolcánica andesito dacítica.

Clastolavas

Estas han sido descritas con relativa abundancia en la Fm. Camujiro. En este caso refiriéndose principalmente a rocas compuestas por fragmentos de lava, cementados por lava de diferente composición y textura. Para nombrar a este tipo de roca también se ha utilizado en la literatura geológica cubana el término de xenolava. La característica fundamental de esta roca es su naturaleza de lava según Manual de vulcanología, (Vlodavets, V. I. 1984).

En las áreas de El Limón Nuevo, las clastolavas son rocas muy comunes, encajante del sistema de veta de cuarzo con oro nativo, en muestra de mano esta roca no se observa fragmentaria, pero bajo microscopio en ellas se identifican raros fragmentos de lava con textura microlítica algo orientada sin incremento de sílice secundaria en la matriz de pórfido andesítico, de listones finos y alargados, de textura microlítica gruesa y fina, de listones entrecruzados cristalinos y fragmentos holocristalinos de diorita con contorno irregular, algunos con tamaño de 2.5 y 4 mm.

Las lavas (clastolavas), con fragmentos de lava tienen texturas generales porfídicas y glomeroporfídicas de matriz microlítica y microlítica – felsítica, los fenocristales de plagioclasa aparecen tabulares anchos, los de piroxeno y los de anfíbol en algunas muestras se encuentran poco desarrollados, todos muy alterados, rodeados por una matriz de microlitos de plagioclasa, cuarzo y clorita.

En las lavas andesíticas no es muy común ver fragmentos dioríticos, junto a estos fragmentos de lava. La andesita presenta textura porfídica con matriz hialopilitica y felsítica - microlítica relictica. Los fenocristales de plagioclasa se identifican tabulares anchos y zonados de variados tamaños con núcleos alterados; los de piroxeno tienen sus cortes cuadrados, poco desarrollados, totalmente alterados. La matriz está formada por abundante cuarzo que le proporciona a la roca un aspecto moteado, presenta clorita en finas escamas, escasos microlitos de plagioclasa y polvo metálico. En la andesita hornbléndica el contenido de hornblenda es de un 10 % a 12 %. La textura de la matriz es microlítica fina y gruesa al parecer procedente de una zona más cercana al domo.

Lavobrechas

Son formadas por fragmentos angulosos de lava andesítica cementados en una matriz afectada por el fluido hidrotermal dominada por minerales de sericita – Illita - cuarzo y cuarzo con poco carbonato y escasa sericita. Los fragmentos porfídicos tienen fenocristales de plagioclasa tabulares anchos fuertemente sericitizados y carbonatizados, se encuentran abundantes granos de epidota y

cuarzo; los minerales máficos se encuentran parcial y totalmente cloritizados. La matriz presenta escasos microlitos de plagioclasa. Este es un tipo de brecha hidrotermal indicativa de la formación de los espacios abiertos para las venas. La lava andesito - dacítica presenta zonas cortadas por vetillas de anhidrita, los clinopiroxeno se observan bastante frescos y maclados, son pocos los que están sustituidos totalmente por clorita y carbonato, alcanzan tamaños >1 mm.



Fig. 3.1. Fotografía de Lavobrecha, muestra macroscópica.

Tobas

Son rocas piroclásticas de cenizas fina a gruesa, su estructura es vitrocrystalina, cristalovítrea y lapílica. Las tobas vitrocrystalina y cristalovítreas, tienen granulometría en un rango de (0.05 a 1.6 mm). Las esquirlas de vidrio volcánico se encuentran entre 55 y 60%, curvas por diferentes lados, planas, alteradas por clorita, montmorillonita hojosa y cuarzo, los cristales son de plagioclasa principalmente y máficos totalmente alterados por clorita pennina, carbonato y epidota, sus tamaños varían de 0.1 - 1.08 mm.

La toba lapílica, tiene fragmentos de roca volcánica de 3 mm y mayores, angulosos irregulares de pórfido andesítico, andesito - dacítico, lava andesítica con textura microlítica gruesa y fragmentos de toba vitrocrystalina; los cristales de feldespato se encuentran de forma predominante así como minerales máficos cloritizados. La matriz de la roca es vítrea con cuarzo y clorita y minerales metálicos en forma de sulfuros en un 3 %, alterado a smithsonita ZnCO_3 .

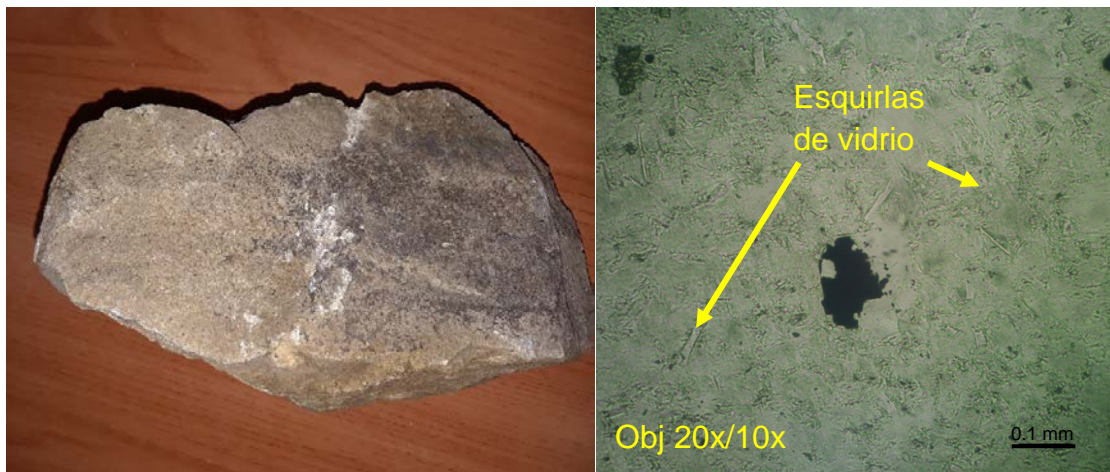


Fig. 3.2. Fotografía de Toba, muestra macroscópica y microscópica.

Cuerpos subvolcánicos

Son pórfidos andesito dacíticos de textura bastante compleja, bajo microscopio se observa holocristalina con aspecto hipidiomórfico granular, presenta grandes cristales de cuarzo fracturados y corroídos, cristales de plagioclasa y feldespato potásico en crecimiento antipertítico, ambos en una masa o matriz relíctica de gruesos cristalitos de plagioclasas y cuarzo policristalino muy fino.

Muestra No: ELN - 1

Nombre: Andesita

Macroscópicamente es una roca de color gris con tonos verdes claro, rojizo, cortas vetillas de color verde oscuro, minerales tabulares félsicos y piritita de tamaño <1mm. No se observa fragmentada.

Textura: glomeroporfídica - microlítica

Composición: fenocristales de plagioclasas 25 %, piroxeno 5 %, anfíbol 3 %, minerales metálicos 2 %, apatito 1 %, matriz 64 %.

Bajo microscopio se observan fenocristales de plagioclasas tabulares anchos, fenocristales de piroxeno y anfíbol poco desarrollados, todos muy alterados. Una matriz de microlitos de plagioclasas, cuarzo, clorita y otros minerales de alteración como epidota, carbonato y sericita. La roca contiene un fragmento

compuesto de listones finos y alargados, entrecruzados formando textura ofítica, algo subredondeado, alterado por cuarzo, carbonato y epidota, tipo roca diabasa. Por el tipo de roca y forma del fragmento, estamos en presencia de un xenolito porque solo se observa este, si los fragmentos fueran más abundantes se trataría de una toba y no una lavobrecha. Hay vetas de cuarzo, vetas de epidota - cuarzo, vetas de cuarzo – epidota - carbonato que cristalizan en diferentes intervalos de la misma.

Alteración: propilitización; clorita, sericita, carbonato, epidota. Primero la sericita y clorita alteran a las plagioclasas y piroxenos, posteriormente el carbonato y epidota.

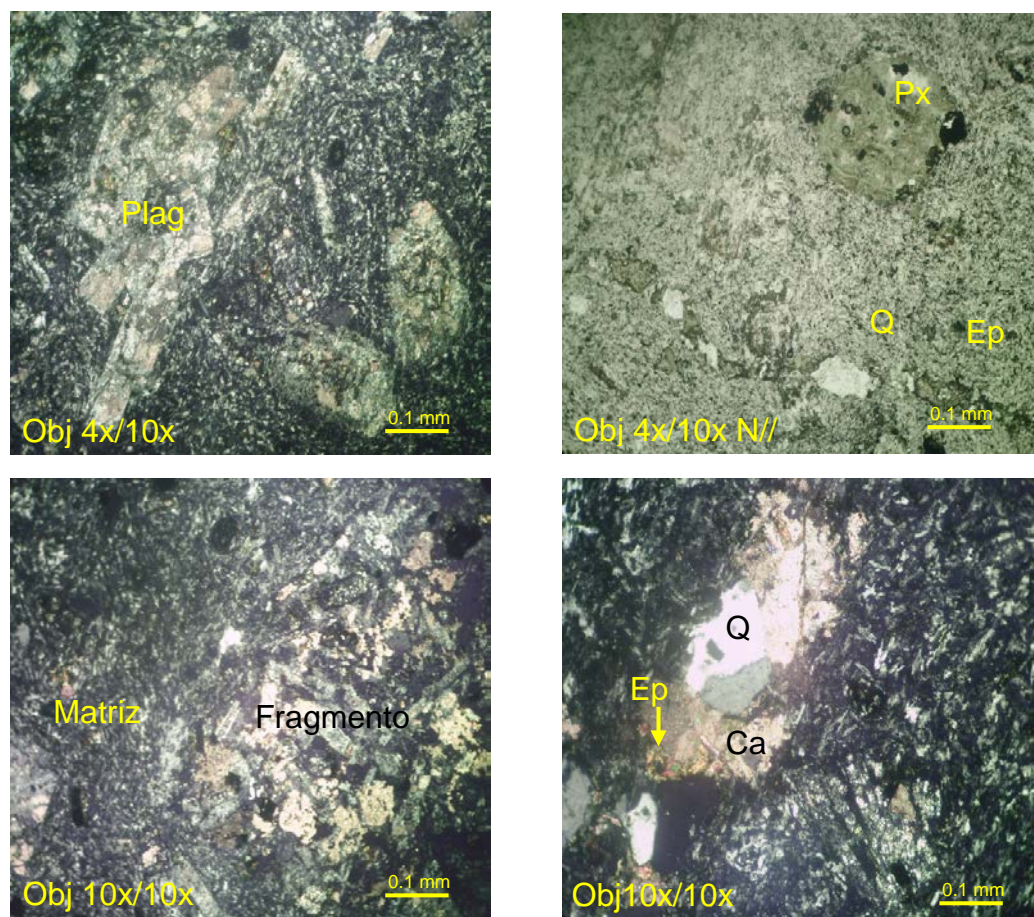


Fig. 3.3. Fotografía de secciones delgadas Muestra No: ELN - 1. Con presencia de plagioclasas (Plag), cuarzo (Q), piroxenos (Px), epidota (Ep) y calcita (Ca).

Muestra No: ELN - 2

Nombre: Andesita (clastolava)

Textura: holocristalina, glomeroporfídica

Composición: fenocristales de plagioclasas y minerales máficos 35%; lava como matriz 61 %; minerales metálicos 3 %; epidota 1 %.

La roca contiene un fragmento de contorno irregular holocristalino tipo diorita de tamaño 2.5 mm, cementado en lava andesítica. La andesita es porfídica, con fenocristales de plagioclasas tabulares anchos y zonados de variados tamaños con núcleos alterados; fenocristales de piroxeno con sus cortes cuadrados, poco desarrollados, totalmente alterados. La matriz es hialopilitica formada por abundante vidrio volcánico desvitrificado a cuarzo que le proporciona a la roca un aspecto moteado, clorita en finas escamas, escasos microlitos de plagioclasas y polvo metálico. La mineralización metálica se presenta en granos individuales subhédricos de tamaño 0.02 - 0.52mm, asociados a los fenocristales.

Alteración: propilitización representada por sericita, clorita, carbonato, cuarzo y epidota. La sericita y clorita es relíctica en los cristales de plagioclasas debido a la carbonatización posterior. La clorita sustituye totalmente los minerales máficos. El carbonato sustituye las plagioclasas y máficos total y parcialmente, además se observa en vetas, es abundante en la roca.

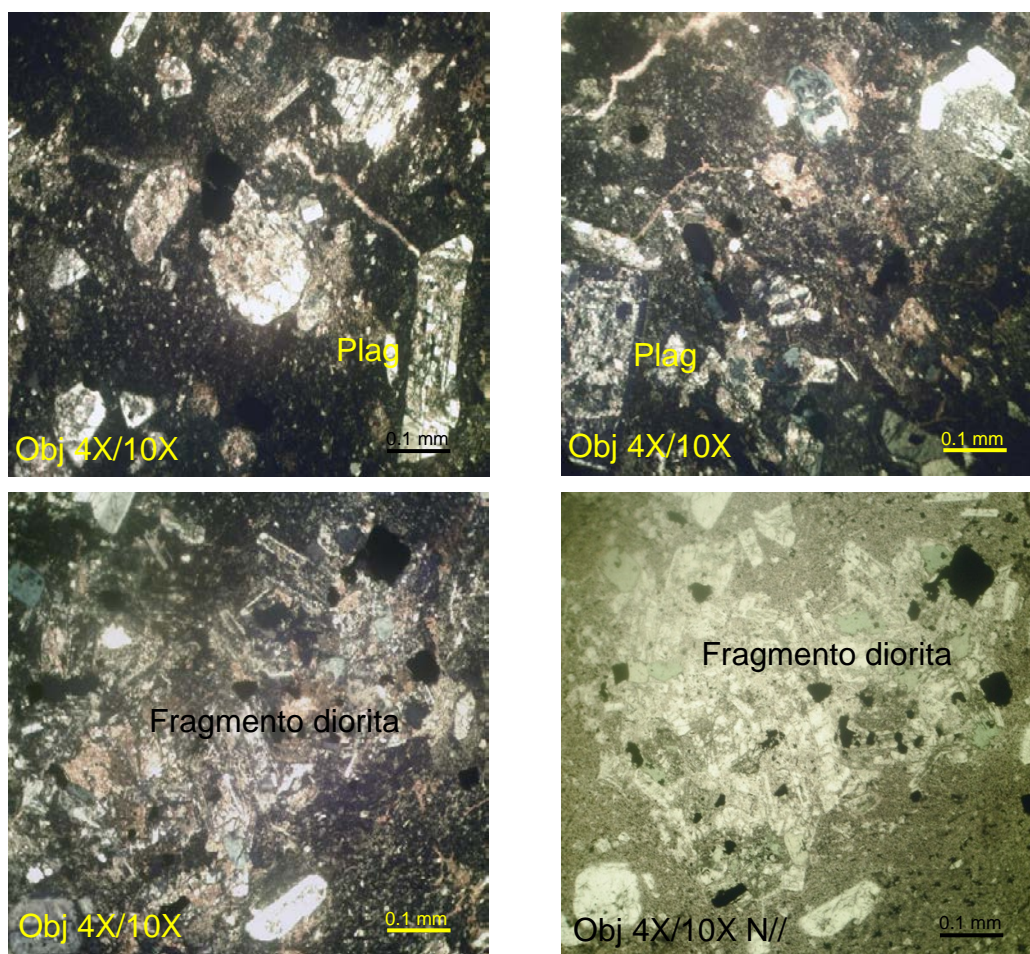


Fig. 3.4. Fotografía de secciones delgadas Muestra No: ELN - 2. Con presencia de fragmentos de diorita, plagioclasas (Plag) y poca epidota.

Muestra No: ELN - 3

Nombre: Andesita hornbléndica

Textura: porfídica microlítica orientada

Composición: fenocristales de plagioclasas 25 %, fenocristales de hornblenda 10 %, matriz 60 %, minerales metálicos 2 – 3 %, apatito 1 – 2 %.

Roca formada por fenocristales de plagioclasas tabulares anchos, fenocristales de hornblenda tabulares y rómbicos, alterados totalmente y matriz de microlitos de plagioclasa que bordean los fenocristales, entre ellos vidrio volcánico alterado a clorita y cuarzo.

Alteración: propilitización representada por los minerales, epidota, clorita, sericita, albita, carbonato y cuarzo. La epidota es el mineral abundante, sustituye totalmente los fenocristales de hornblenda junto con cuarzo y clorita, también se observa en vetillas. La sericita sustituye los fenocristales de plagioclasa junto con clorita, la albita sustituye los bordes de la plagioclasa. Los minerales metálicos se encuentran oxidados y asociados a los granos de epidota. Hay apatito metasomático con cristales prismáticos alargados y anchos.

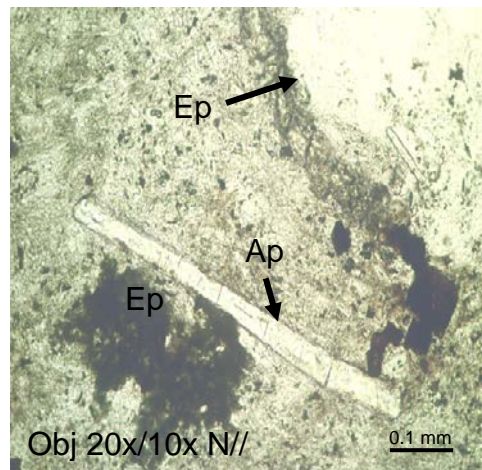
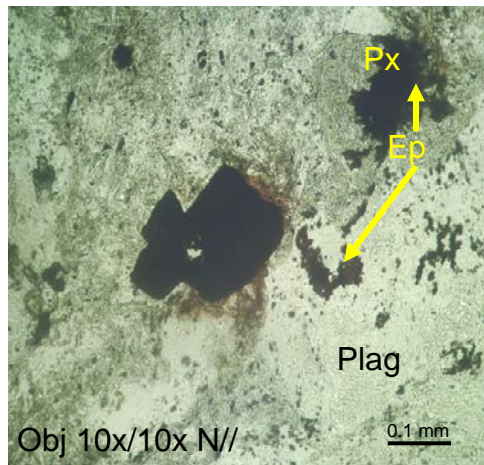
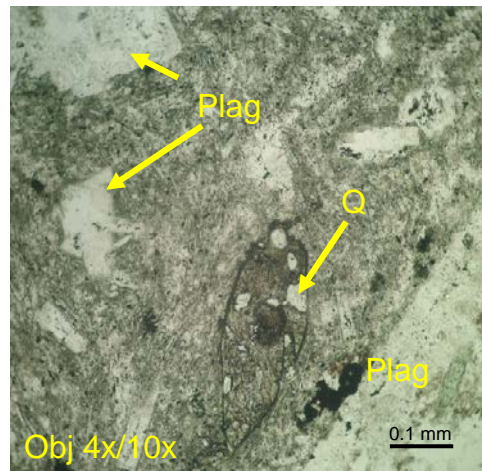
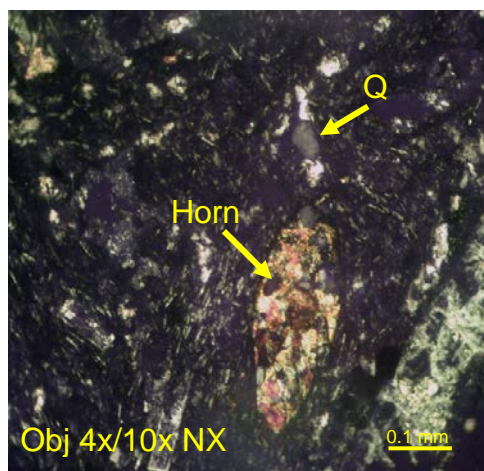


Fig. 3.5. Fotografía de secciones delgadas Muestra No: ELN - 3. Presencia de plagioclasa (Plag), apatito (Ap), cuarzo (Q), piroxeno (Px), epidota (Ep) y hornblenda (Horn).

Muestra No: ELN - 4

Nombre: Andesita

Textura: porfídica - microlítica

Ing. Mario Antonio Alonso Verano

Composición: fenocristales de plagioclasas 25 %, matriz 72 %, minerales metálicos 3 %.

Roca formada por fenocristales de plagioclasas tabulares alargados y anchos (Foto a), parcial y totalmente alterados; fenocristales de minerales máficos entre ellos el piroxeno con bordes cuadrados y tabulares (Foto b, c), poco desarrollados de tamaño 0,12 - 0,22 mm, sustituidos totalmente por minerales secundarios. La matriz es de microlitos de plagioclasa con cuarzo muy fino, escamas de clorita y polvo metálico muy fino. Los cristales de minerales metálicos son subhédricos, porosos de tamaño 0,04 - 0,34 mm, dispersos y asociados a los fenocristales.

Alteración: propilitización representada por cuarzo, clorita, carbonato, epidota, sericita y albita. La sericita – clorita – cuarzo – carbonato - epidota alteran a las plagioclasas (Foto a). La clorita, carbonato y epidota alteran a los piroxenos (Foto b y c). El cuarzo se encuentra en la matriz en un agregado felsítico y en pequeñas vetillas (Foto d). La albita se observa en los bordes de la plagioclasa cálcica.

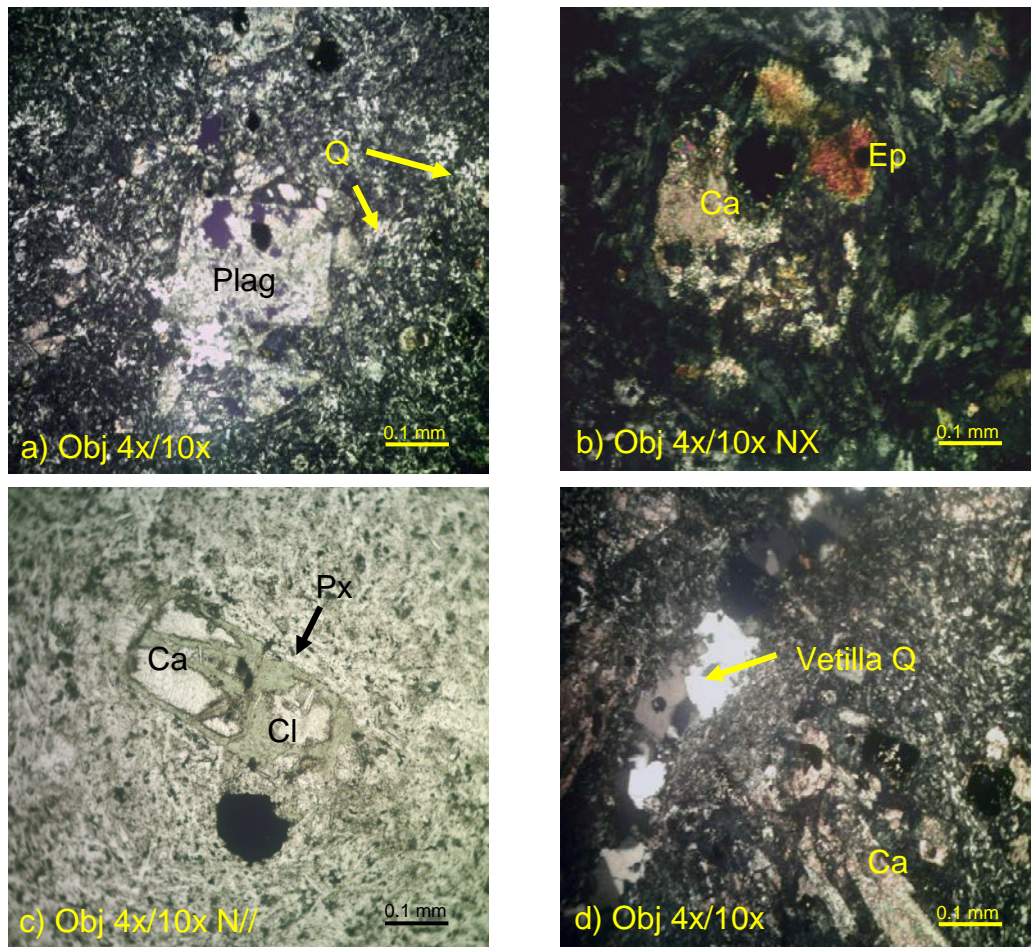


Fig. 3.6. Fotografía de secciones delgadas Muestra No: ELN - 4. Matriz vítrea con cuarzo, plagioclasa (Plag), epidota (Ep), calcita (Ca), piroxeno (Px) y clorita (Cl).

Muestra No: ELN - 5

Nombre: Andesita

Textura: porfídica - microlítica

Composición: fenocristales de plagioclasa 25 % y hornblenda 10 %; matriz 58 %; minerales metálicos 3 %; epidota 2 %; esfena 1 %; apatito 1 %.

La roca contiene fenocristales de plagioclasa tabulares anchos de tamaño 0.16 - 2.6 mm, alterados (Foto c); fenocristales de hornblenda en cortes rómbicos (Foto a) de tamaño 0.52 - 1.26 mm alterados, piroxeno alterado con sus bordes cuadrados. La matriz está compuesta de microlitos de plagioclasa con vidrio desvitrificado a cuarzo, clorita y polvo metálico (Foto c). La esfena se encuentra en granos irregulares y el apatito en pequeños cristales prismáticos

como accesorios. Los minerales metálicos aparecen en granos subhédricos de tamaño 0.02 - 0.10 mm, dispersos en toda la muestra.

Alteración: propilítica dominada por clorita y cuarzo, poco carbonato y epidota. La clorita se observa alterando los fenocristales y en la matriz. El cuarzo forma pequeños agregados policristalinos (Foto d). El carbonato aparece policristalino en la matriz.

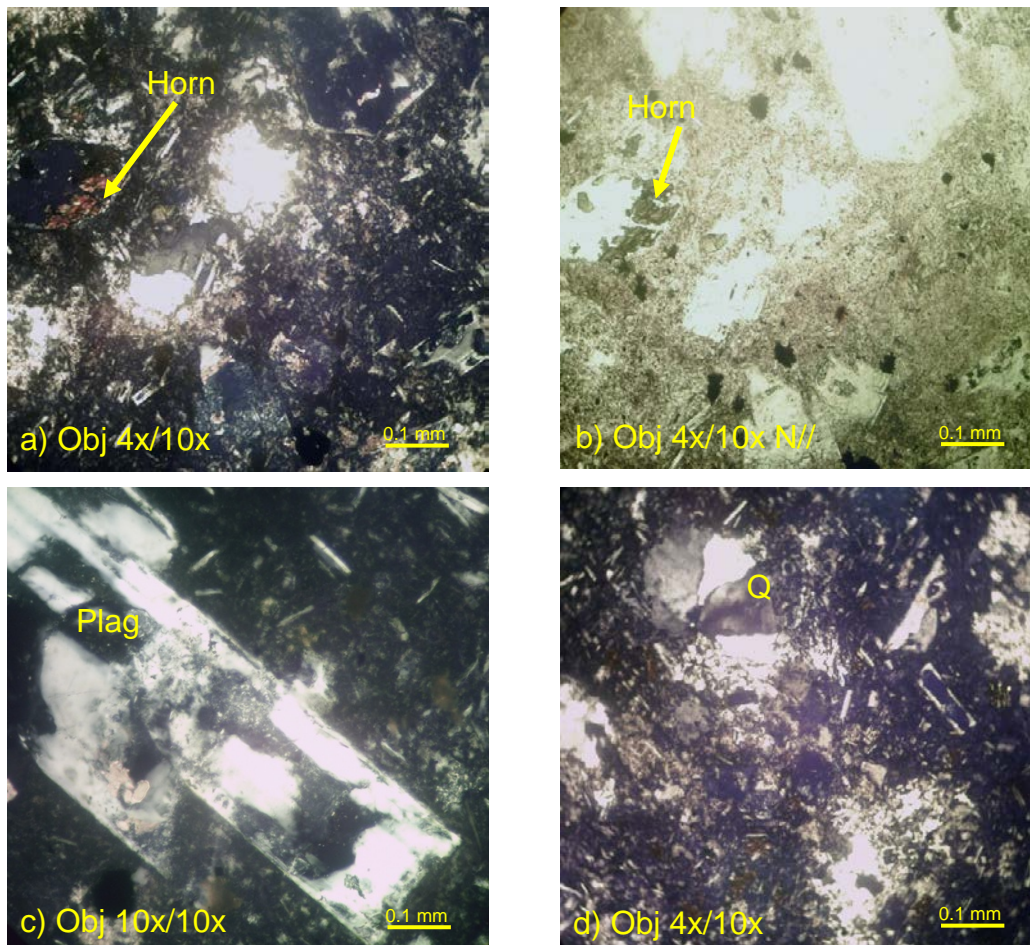


Fig. 3.7. Fotografía de secciones delgadas Muestra No: ELN - 5. Fenocristales de plagioclase (Plag) y hornblende (Horn) en matriz de vidrio volcánico desvitrificado a cuarzo (Q).

Muestra No: ELN - 6

Nombre: Andesita

Textura: porfídica - microlítica

Composición: fenocristales de plagioclasa 25 %, fenocristales de minerales máficos 10 %, matriz 58 %, minerales metálicos 1 – 2 %, epidota 3 %, apatito 1 – 2 %.

Roca formada por fenocristales de plagioclasa tabulares anchos alterados, fenocristales de minerales máficos poco desarrollados tipo piroxeno con sus cortes cuadrados, totalmente alterados, cementado por una matriz de microlitos de plagioclasa, cuarzo y clorita por desvitrificación del vidrio.

Alteración: propilitización representada por los minerales, carbonato, clorita, epidota, sericita, cuarzo y albita. La propilitización se inicia con la cloritización de los minerales máficos y la sericitización con clorita en las plagioclasas. En los bordes y grietas de los fenocristales de plagioclasas, hay albita y epidota en granos, siendo abundante en algunos cristales. El carbonato es abundante, altera parcial y totalmente a los fenocristales, también se encuentra en vetillas. El cuarzo se observa en la matriz en pequeños agregados policristalinos y en vetillas a veces junto con clorita y epidota. El apatito se presenta metasomático con cristales prismáticos anchos de tamaño 0,1 - 0,26 mm, asociado a fenocristales alterados a clorita y distribuidos en la matriz.

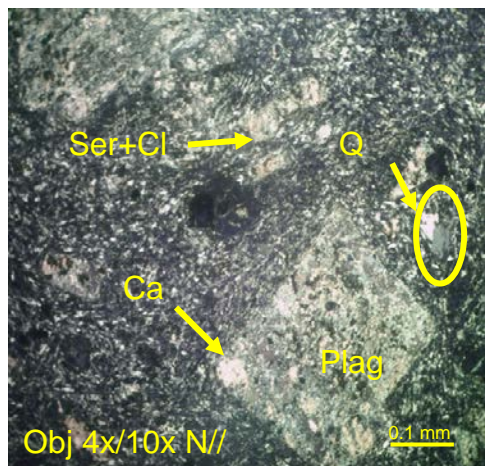


Fig. 3.8. Fotografía de sección delgada Muestra No: ELN - 6. Alteración sericítica (Ser) y clorítica (Cl) y presencia de cuarzo (Q), plagioclasa (Plag) y calcita (Ca).

Muestra No: ELN - 7

Nombre: Andesita hornbléndica

Textura: porfídica - hialopilitica

Composición: fenocristales de plagioclasa 20 %, fenocristales de hornblenda 12 %, matriz 65 %, minerales metálicos 2 – 3 %.

Roca formada por fenocristales de plagioclasas tabulares anchos, zonados, corroídos por la matriz, alterados, presencia de fenocristales de hornblenda verde tabular y rómbica alterada, matriz de abundante vidrio volcánico con pocos microlitos de plagioclasa, cuarzo policristalino fino y clorita. Los minerales metálicos aparecen en forma cúbica de tamaño 0.02 - 0.34 mm.

Alteración: propilitica representada por clorita, epidota, albita, actinolita, carbonato y cuarzo. La propilitización comienza con la alteración de los minerales máficos a clorita. La epidota se presenta en vetillas y en agregado granular fino y disperso en toda la muestra. La albita en vetillas junto con agujas de actinolita. El carbonato es posterior corta las vetas de epidota y albita.

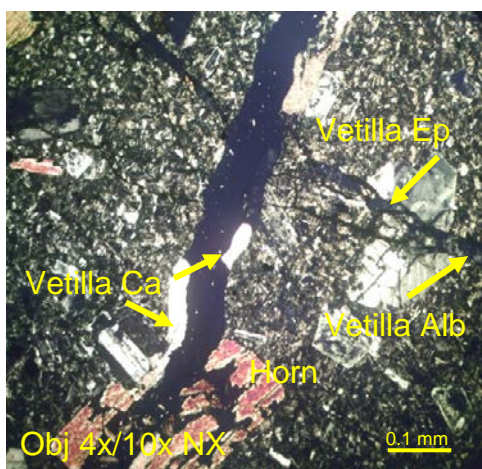


Fig. 3.9. Fotografía de sección delgada Muestra No: ELN - 7. Vetillas de calcita (Ca), epidota (Ep) y albita (Alb) y presencia de hornblenda (Horn).

Muestra No: ELN - 8

Nombre: Andesita

Textura: porfídica - hialopilitica

Composición: fenocristales de plagioclasa 30 %, fenocristales de minerales máficos 5 %, matriz 60 %, minerales metálicos 3 – 4 %, apatito 1 %.

Roca formada por fenocristales de plagioclasa tabulares anchos y minerales máficos como los piroxenos, rodeados por una matriz de abundante vidrio volcánico, clorita y polvo metálico. Los minerales metálicos se presentan con formas cúbicas y se asocian a la plagioclasa sericitizada.

Alteración: propilitización representada por clorita, epidota, con sericita como fase predominante. La propilitización se inicia con la alteración a clorita pennina de los minerales máficos que también contienen agregado granular. La sericita altera los fenocristales de plagioclasa y se encuentra en vetillas que cortan fenocristales de minerales máficos cloritizados.

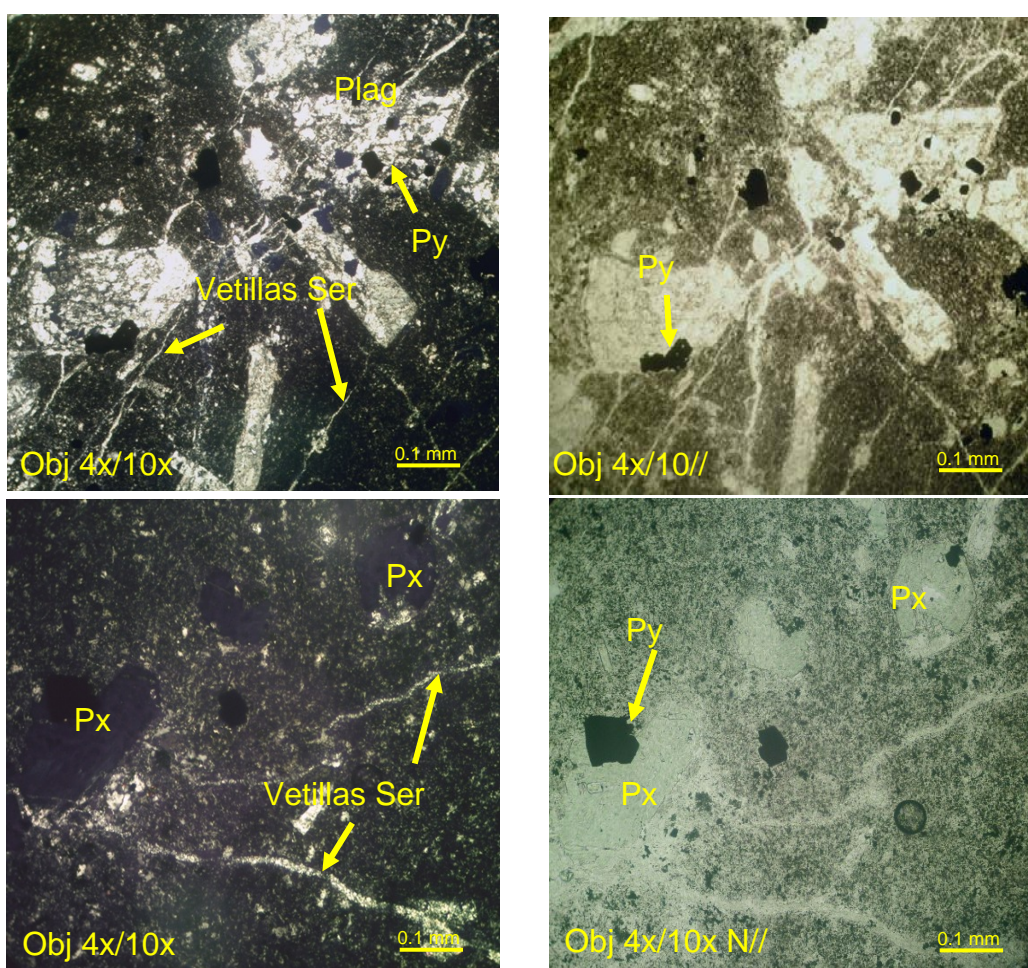


Fig. 3.10. Fotografía de secciones delgadas Muestra No: ELN - 8. Cristales de plagioclasa (Plag), piroxeno (Px) y pirita (Py) acompañados de finas vetillas de sericita (Ser).

Muestra: ELN - 9

Nombre: Andesita

Textura: glomeroporfídica

Composición: fenocristales de plagioclasa 25 - 30%; fenocristales de minerales máficos 5 - 10%, minerales metálicos 3%, apatito 1%, matriz 56%.

Roca formada por fenocristales tabulares anchos de tamaño 0,1 - 1,7 mm, corroídos por material de la matriz, generalmente en aglomerados junto con minerales máficos, ambos fenocristales están alterados; englobado todo por una matriz de microlitos de plagioclasa, vidrio volcánico y cuarzo. Se observan agregados finos con aspecto de cristales tabulares sin maclas de posible feldespato, a veces este mineral bordea las plagioclasas.

Alteración: propilitización, representada por clorita, albita, sericita, cuarzo, epidota. La clorita altera los minerales máficos. La sericita es poca y la albita se encuentra por los bordes de las plagioclasas y rellenando microfracturas. La epidota aparece en granos dispersos y en vetillas a veces junto con carbonato.

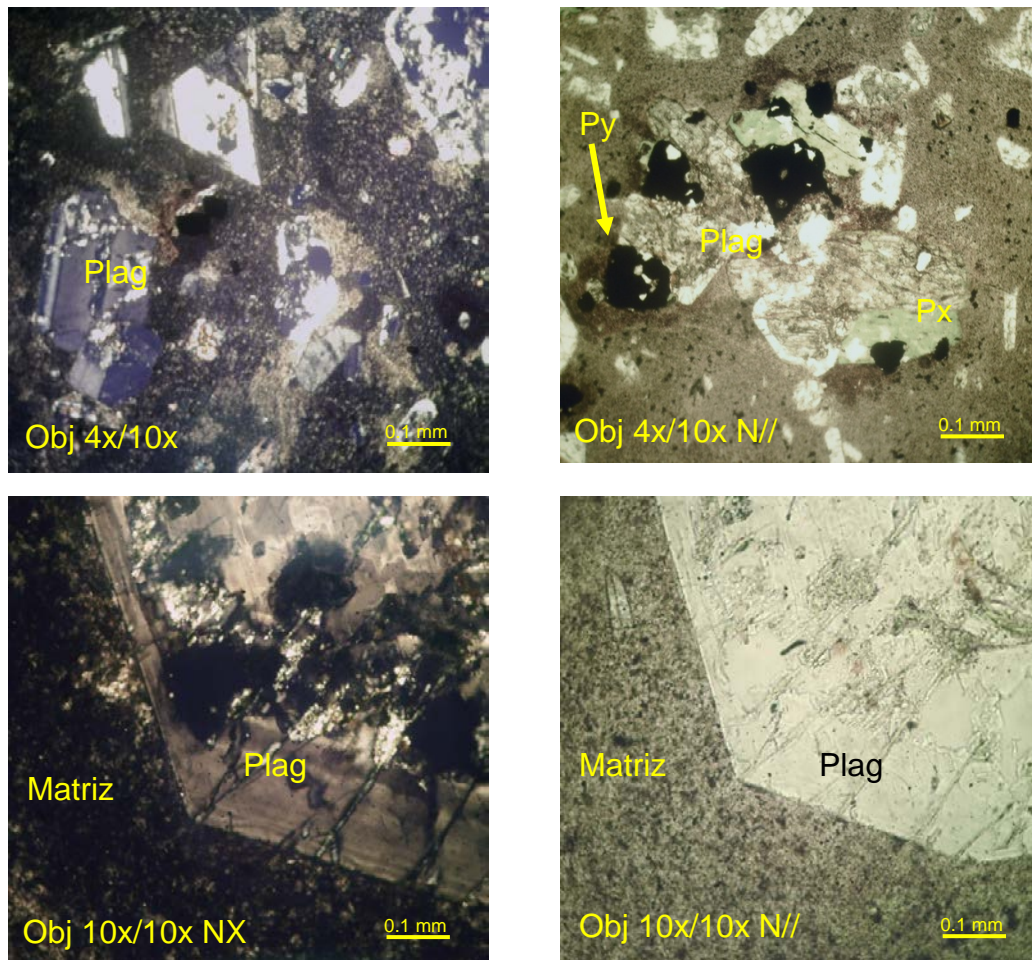


Fig. 3.11. Fotografía de secciones delgadas Muestra No: ELN - 9. Cristales de plagioclasa (Plag), pirita (Py) y piroxeno (Px) en una matriz fina de vidrio volcánico.

Muestra No: ELN - 10

Nombre: Andesita

Textura: porfídica - hialopilitica

Composición: fenocristales de plagioclasa 30 %, fenocristales de hornblenda 2 %, fenocristales de piroxeno 2 %, matriz 60 %, minerales metálicos 2 %, apatito 1%.

Roca formada por fenocristales de plagioclasa tabulares anchos, zonados, poco alterados; aparecen cristales de hornblenda tabulares y rómbicos, y piroxenos tabulares con cortes cuadrados de ocho lados, ambos alterados

totalmente; englobado por una matriz con pocos microlitos de plagioclasa y abundante vidrio volcánico alterado a clorita y cuarzo.

Alteración: propilitización representada por los minerales, clorita, epidota, cuarzo, sericita, albita y escaso carbonato. La propilitización comienza por clorita y epidota que alteran a los minerales máficos a los cuales se asocian los minerales metálicos. La sericita sustituye los fenocristales de plagioclasa junto con clorita, la albita se encuentra en los bordes de las plagioclases. El carbonato es escaso, solo se observa un pequeño agregado en un sector de la muestra. El cuarzo se presenta en granos individuales en la matriz, cortas vetillas y en los minerales máficos cloritizados y epidotizados. Los minerales metálicos se encuentran en formas cúbicas muy finas.

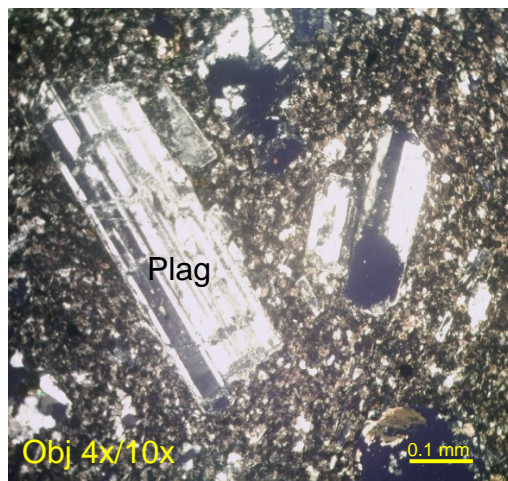


Fig. 3.12. Fotografía de sección delgada Muestra No: ELN - 10. Fenocristales de plagioclasa (Plag) en matriz vítrea.

En los anexos 2, 3, 4, 5 y 6 queda plasmado el quimismo de las muestras expresado en porcentaje en peso para los óxidos, así como la representación de las muestras en un diagrama TAS (total álcalis vs. sílice) para rocas volcánicas, de Le Maitre et al. (1989), y la representación de las muestras ELN - 1, ELN - 5 y ELN - 9 en el asistente de clasificación modal para rocas volcánicas en el triángulo Q – A – P - F (Streckeisen, 1976).

3.3 Interpretación de los análisis de difracción de rayos - X

A partir de los resultados de análisis de difracción de rayos - x realizados a 7 muestras, se identificó el cuarzo como fase mayoritaria y como fases

Ing. Mario Antonio Alonso Verano

secundarias, feldespatos potásicos del grupo de la ortoclasa (variedad adularia) y plagioclasas sódicas (variedad albita). Aparece además en la composición sustancial de las muestras, las arcillas, clorita en poca cuantía y la mica intemperizada a hidrómica y sericita, con aportes adicionales de calcita y de la arcilla esmectítica - montmorillonita. (Anexo No. 10. Fases mineralógicas identificadas por difracción de rayos - x).

En algunas muestras se evidencia la posible presencia de piroxenos del tipo augita, ya que los principales máximos de difracción se encuentran interferidos por la presencia de los feldespatos que se identificaron en las muestras, los que se encuentran en mayor contenido, por ello se hace necesario corroborar la existencia de esta fase con el empleo de otra técnica analítica complementaria, como Microscopía Óptica o Petrografía.

El análisis cuantitativo de la fase mayoritaria cuarzo, se determinó a partir de la intensidad del máximo de mayor intensidad (método directo), teniendo en cuenta además la intensidad del propio máximo de difracción en la muestra de referencia de cuarzo. En la mayoría de las muestras esta fase se comporta de forma muy similar.

En todos los difractogramas la presencia de feldespatos se constata dada la aparición de los máximos de difracción fundamentales, cuyas tres distancias interplanares son las siguientes: $d = 3.18 \text{ \AA}$, 4.02 \AA y 3.76 \AA que corresponden a la plagioclasa sódica (variedad albita), sin embargo es de significar que en algunos difractogramas sus restantes reflexiones menos intensas se encuentran interferidas con las de la ortoclasa potásica (variedad adularia), que presenta sus máximos de difracción en valores de distancia interplanar: $d = 3.32 \text{ \AA}$, 3.23 \AA y 3.78 \AA .

Con el fin de determinar la presencia de la calcita fue necesario realizar el análisis cualitativo previo de las muestras en una solución acuosa de ácido acético (P.A) al 5%, además de verificar los resultados obtenidos con los análisis químicos de calcio, y combinarlos con los de DRX, identificándose la calcita mediante la reflexión más intensa ($d = 3.03 \text{ \AA}$). A continuación se muestran los difractogramas de las muestras No. (ELN - 1, ELN - 2, ELN - 3,

ELN - 4, ELN - 5), las muestras No. (ELN - 6, ELN - 9) se encuentran en los Anexos No. (8 y 9).

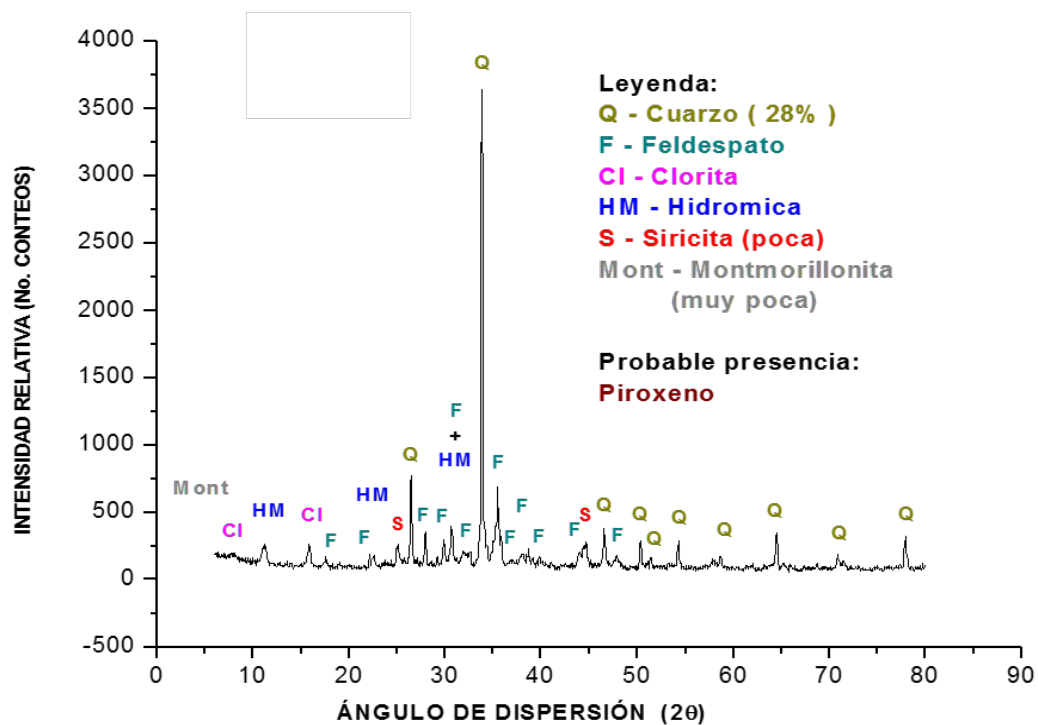


Fig. 3.13. Difractograma muestra No: ELN - 1

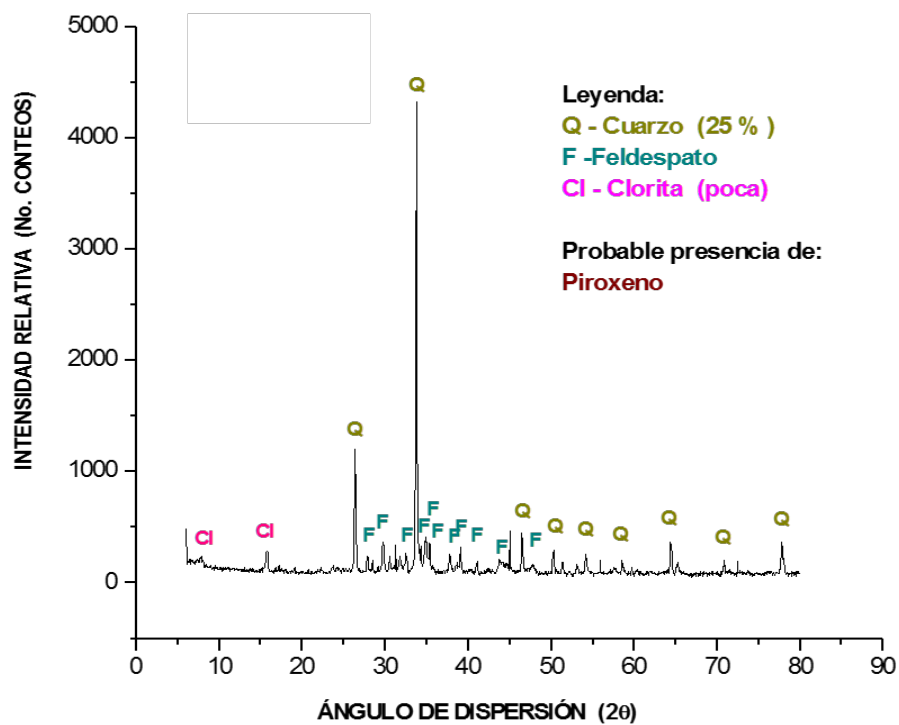


Fig. 3.14. Difractograma muestra No: ELN - 2

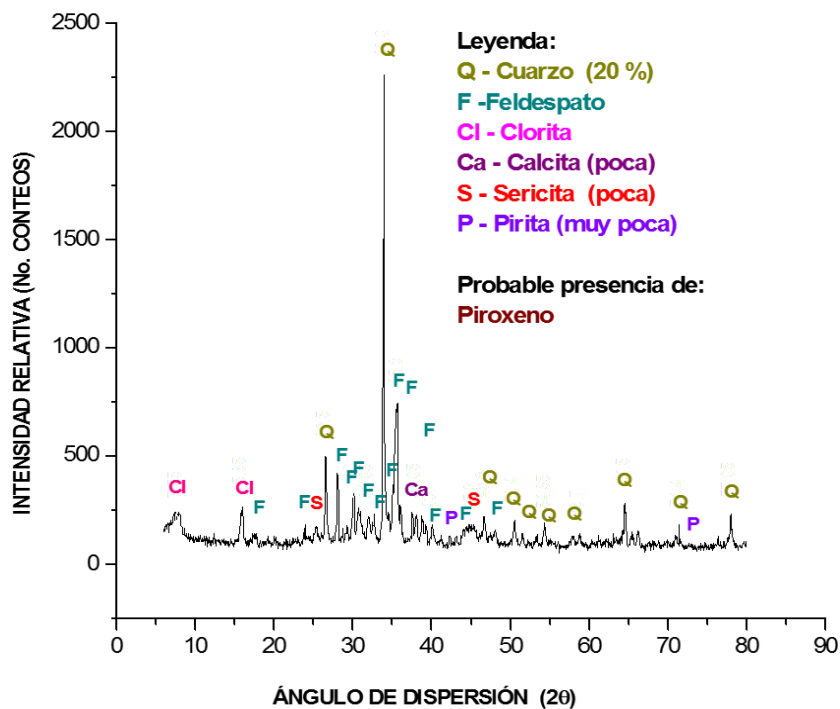


Fig. 3.15. Difractograma muestra No: ELN - 3

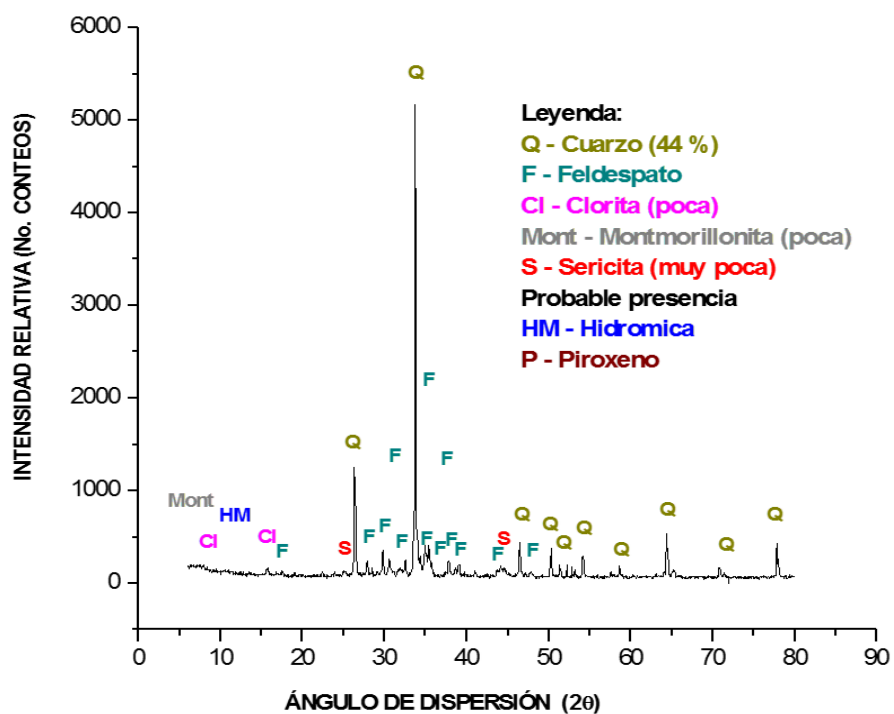


Fig. 3.16. Difractograma muestra No: ELN - 4

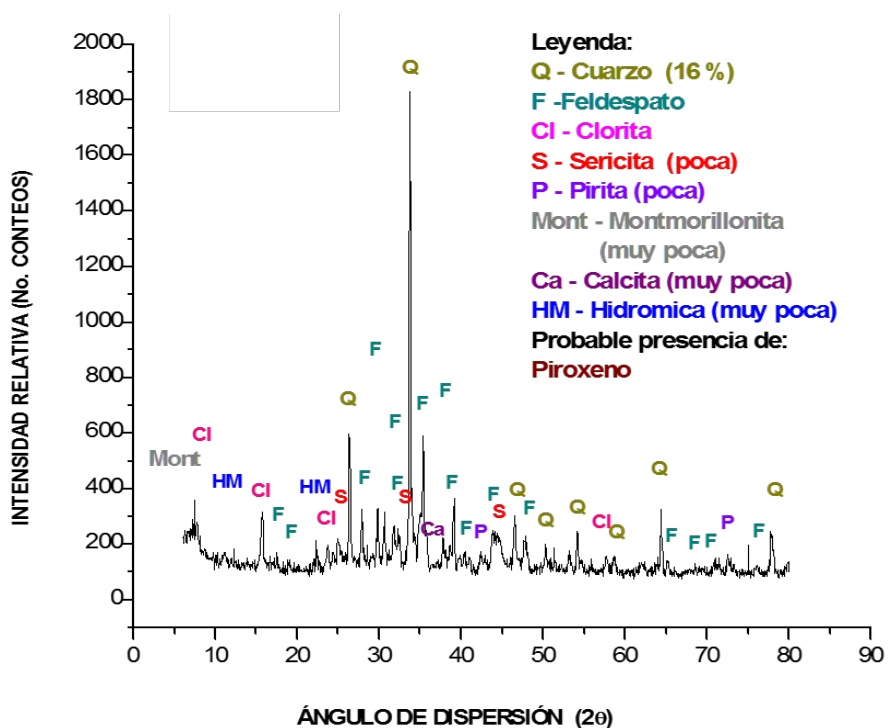


Fig. 3.17. Difractograma muestra No: ELN - 5

3.4 Análisis minerográfico

Mediante el empleo del microscopio minerográfico se identificaron las fases de minerales metálicos que no pudieron ser identificadas a través de la técnica de difracción de rayos - x por presentarse en bajos contenidos en las rocas analizadas. Los análisis realizados arrojaron la presencia de varios minerales que se encuentran en el grupo de los elementos nativos, óxidos y sulfuros. La formación de estos minerales se encuentra vinculada con los diferentes fenómenos geológicos que han modificado las rocas como la sericitización, epidotización y otras alteraciones.

La mineralización metálica, es muy escasa llegando en ocasiones a ser nula, cuando se observa es mayoritariamente diseminada, la misma está constituida por: pirita, calcopirita, esfalerita, galena, tetraedrita y oro nativo. El mineral metálico que mayormente se observa es la pirita que puede llegar a un 7 % en muestras puntuales, en el resto de las muestras oscila entre <1 y 2 % y apenas se observan el resto de los sulfuros. La roca de caja que sirve de hospedera a la mineralización es la lavobrecha de composición andesítica. Por las observaciones realizadas podemos dividir el proceso de mineralización en dos fases, una primaria endógena en la cual se asocian primeramente la magnetita con la roca de caja, y posteriormente pasa a jugar parte la mineralización epitermal donde aparecen la pirita, calcopirita, esfalerita, galena, tetraedrita y oro nativo. La segunda fase es la hipergénica representada por goethita y hematita y otros óxidos e hidróxidos de hierro.

Pirita (FeS_2)

Es el mineral metálico más abundante, se observan dos variedades: una idiomórfica con formas euhedrales, subhedrales y en menor medida anhedrales que dan a los bordes apariencia cuadrática y triangular. Se puede encontrar en las cavidades dejadas por el cuarzo, dispersa en los minerales de ganga, a veces junto con magnetita. Algunos cristales están cataclastizados y fragmentados en granos muy finos, con poros. Entre las texturas presentes se encuentra la de cristalización, relleno, rellenando pequeñas fracturas y grietas, la reticular en forma de entrecrecidos en la ganga principalmente en el cuarzo,

de corrosión en contacto con calcopirita y esfalerita y de sustitución principalmente con esfalerita, presenta pequeñas inclusiones de calcopirita y esfalerita con tamaños que oscilan entre 0.003 - 0.0165 mm, la pirita en ocasiones se altera a goethita y hematita. La otra variedad de pirita presenta formas anhedrales, Es la más abundante, menos cristalizada, sus cristales se entrecrecen con la esfalerita y el material no metálico, se observan inclusiones de calcopirita y esfalerita y en ocasiones es bordeada por la calcopirita de pequeño tamaño, alrededor de 0.088 mm.

Calcopirita (CuFeS_2)

Es escasa se encuentra diseminada, presenta texturas de sustitución, corrosión, cristalización, se observan dos variedades, una de ella forma finas inclusiones en algunos campos de esfalerita como resultado de un proceso de sustitución progresiva de este mineral por la calcopirita, dando lugar a la llamada "calcopirita disease" (Bente, K 1995; Gaspar O. 1996). Este proceso de sustitución es conocido con el nombre de fractura térmica y se le atribuye temperaturas de formación de 250 - 300°C (Gaspar 1996). La segunda variedad se presenta dispersa en la ganga o corroe a la pirita y la esfalerita, con formas anhedrales y tamaños que oscilan entre 0.022 - 0.1485 mm.

Esfalerita ($[\text{Zn}, \text{Fe}] \text{S}$)

Sus granos alotriomórficos alcanzan dimensiones desde 0.011 – 0.4375 mm, en ocasiones se encuentra diseminada en los minerales de ganga o cementando los agregados de pirita. Se puede observar entrecrecida con pirita con textura reticular. Otras texturas presentes son las de emulsión, cristalización y de corrosión algunos granos anhedrales están incluidos en la pirita con tamaños de aproximadamente 0.022 mm. Se presenta en forma anedral bordeando a la pirita y a su vez es corroída por la calcopirita, con tamaños que oscilan entre 0.011 - 0.044 mm. También se encuentran granos anhedrales, con diámetro entre 0.0875 - 0.4 mm, con inclusiones de calcopirita en forma de calcopirita disease y con rellenos de tetraedrita. Además aparecen granos menores (en el orden de 0.003 - 0.006 mm) incluidos en los granos de pirita. La textura de

emulsión son emulsiones de calcopirita (calcopirita disease), con tamaños que oscilan entre 0.025 - 0.4375 mm.

Galena (PbS)

Su presencia es escasa, con forma xenomórfica, anhedral. Se observa bordeando a la pirita y la esfalerita como textura de corrosión o dispersa en la ganga en forma de cristalización. Su tamaño oscila entre 0.022 – 0.165 mm. Puede aparecer también como relleno entre las oquedades del cuarzo.

Tetraedrita ([Cu, Fe]₁₂Sb₄S₁₃)

Tiene escasa presencia, con textura aliotromórfica granular, de relleno en los poros que deja la pirita, también se encuentra como pequeñas emulsiones en la pirita y sustituyendo a la esfalerita, el tamaño de sus cristales oscila entre 0.006 - 0.01645 mm.

Magnetita (Fe₃O₄)

Se encuentra como granos dispersos anhedrales, con poros y en forma de agregados euhedrales y subhedrales dispersos en la ganga, con tamaños que oscilan entre 0.075 - 0.315 mm con lámelas de goethita.

Goethita (FeO [OH])

Se encuentra oxidando a la pirita, en sus bordes, en los poros y en su interior con textura esquelética y de sustitución. Presenta granos anhedrales dispersos con tamaños de alrededor de 0.0715 mm.

Hematita (Fe₂O₃)

Se observa en agregados subhedrales y anhedrales dispersos en la ganga y entrecrecida con esta, porosa, su presencia se hace más frecuente en zonas brechosas. Se encuentra también sustituyendo y corroyendo a la pirita en sus bordes y rellenando poros dejados por esta, presenta tamaños que oscilan entre 0.022 - 0.308 mm.

Oro Nativo (Au)

Se encuentra nativo muy diseminado, en estado libre y en raros casos incluido en pirita limonitizada, con formas anhedrales principalmente y en menor medida alargadas y ganchudas, el tamaño de sus cristales y agregados oscila entre $<0.003 - 0.0275$ mm. Se nota la presencia de dos variedades de oro en cuanto a su coloración, algunos son más rojizos que el resto de los granos quizás producto de impurezas en su estructura cristalina.

Muestra No: ELN - 1

Textura: aliotromórfica granular, relleno, sustitución y corrosión

Tipo de mineralización: pirítica

Composición: pirita 7 %, esfalerita y tetraedrita se encuentran escasos cristallitos, oro nativo se identificaron 4 granos, minerales de ganga.

Pirita: granos dispersos en la ganga, de formas euédrales, subédrales y en menor medida anhedrales, con tamaños que oscilan entre $0.0055 - 0.088$ mm. Los granos mayores son porosos y en ocasiones están rellenos de tetraedrita.

Esfalerita: raros granos anhedrales que bordean a la pirita generalmente, aunque se pudo observar algunos que la incluyen, con tamaños de hasta 0.055 y mayores que alcanzan los 0.28 mm.

Tetraedrita: raros granos relleno los huecos de la pirita, con tamaños de 0.0165 mm aproximadamente.

Oro nativo: se observaron 4 granos en estado libre.

Tabla No. 3.1. Forma y tamaño de los granos de oro nativo

No.	Forma	Tamaño (mm)	
		Largo	Ancho
1	anhedral	0.0045	0.006
2	anhedral casi triangular	0.009	0.0075

3	anhedral	0.0045	0.0051
4	ganchudo	0.025	0.008

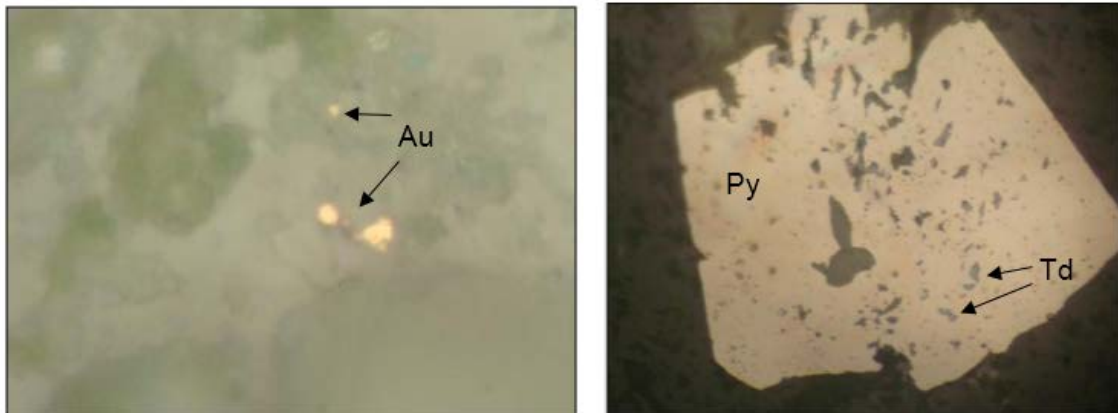


Fig. 3.18. Fotografías de sección pulida. Muestra No: ELN - 1. Granos de oro nativo (Au) disperso en la ganga. Objetivo 400x. Tetraedrita (Td) en pirita (Py). Objetivo 210x.

Muestra No: ELN - 2

Textura: aliotromórfica granular

Tipo de mineralización: cuarzo con pirita

Composición: pirita 1%, oro nativo 10 granos, minerales de ganga.

Pirita: granos euhedrales y subhedrales dispersos en el cuarzo, con tamaños de aproximadamente 0.022 mm.

Oro nativo: se observaron 10 granos en estado libre.

Tabla No. 3.2. Forma y tamaño de los granos de oro nativo

No.	Forma	Tamaño (mm)	
		Largo	Ancho
1	anhedral	0.021	0.003
2	anhedral	0.012	0.006
3	anhedral	0.003	<0.003
4	anhedral	0.009	<0.003
5	anhedral, de coloración rojiza	<0.003	<0.003
6	anhedral, de coloración rojiza	<0.003	<0.003

7	anhedral, de coloración rojiza	<0.003	<0.003
8	anhedral, de coloración rojiza	<0.003	<0.003
9	anhedral, de coloración rojiza	<0.003	<0.003
10	anhedral, de coloración rojiza	<0.003	<0.003

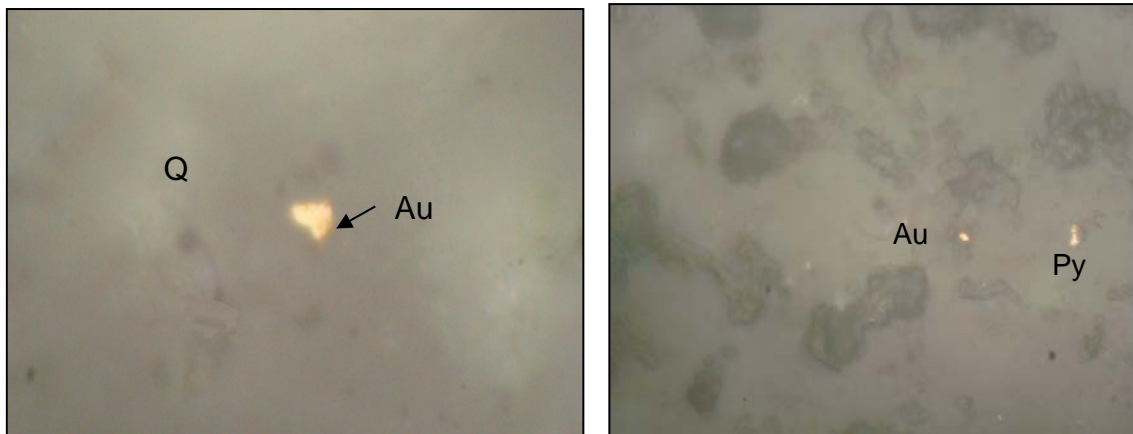


Fig. 3.19. Fotografías de sección pulida. Muestra No: ELN - 2. Granos de oro nativo (Au) y pirita (Py) diseminados en el cuarzo (Q). Objetivo 400x.

Muestra No: ELN - 3

Textura: aliotromórfica granular, sustitución

Tipo de mineralización: pirítica

Composición: pirita limonitizada 1%, pirita <1%, magnetita <1%, oro nativo 8 granos, minerales de ganga.

Pirita limonitizada: granos euhedrales octaédricos con tamaños no mayores de 0.0825 mm.

Pirita: granos euhedrales y anhedral, algunos de ellos bordeados por magnetita, con tamaños de aproximadamente 0.011 mm.

Magnetita: granos anhedral con tamaños de aproximadamente 0.044 mm.

Oro nativo: se definieron 8 granos en estado libre.

Tabla No. 3.3. Forma y tamaño de los granos de oro nativo

No.	Forma	Tamaño (mm)	
		Largo	Ancho
1	ganchudo	0.006	0.003
2	anhedral	0.0045	0.003
3	anhedral alargado	0.021	0.009
4	anhedral	0.006	0.006
5	ganchudo	0.027	0.015
6	anhedral	0.012	0.009
7	anhedral	0.006	0.003
8	anhedral	0.012	0.009

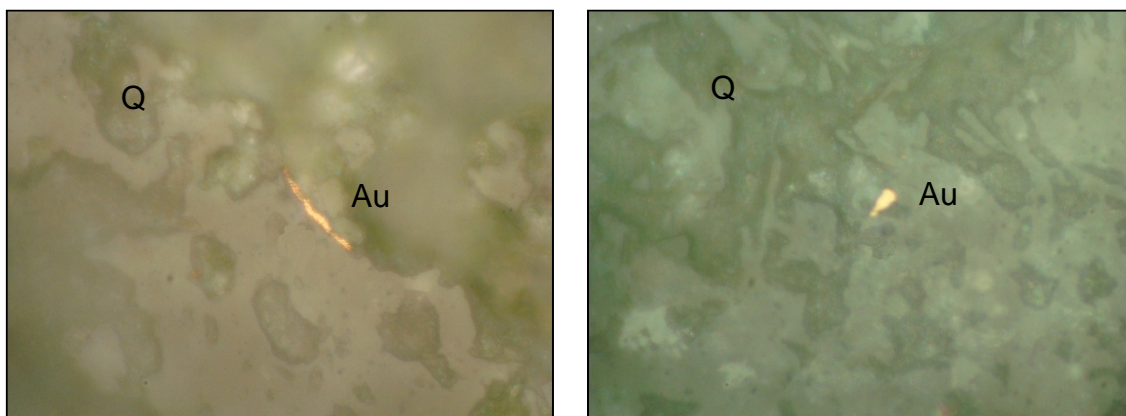


Fig. 3.20. Fotografías de sección pulida. Muestra No: ELN - 3. Granos de oro nativo (Au) libre en cuarzo (Q). Objetivo 400x.

Muestra No: ELN - 4

Textura: Aliotromórfica granular, sustitución

Tipo de mineralización: Cuarzo con pirita limonitizada

Composición: pirita limonitizada muy escasa, oro nativo 1 grano, minerales de ganga.

Pirita limonitizada: raros granos dispersos en el cuarzo de pirita alterada, pasando a goethita y lepidocrocita, algunas llegan a formar hematita, con tamaño no mayor de 0.0165 mm.

Oro nativo: se identificó 1 grano en estado libre.

Tabla No. 3.4. Forma y tamaño de los granos de oro nativo

No.	Forma	Tamaño (mm)	
		Largo	Ancho
1	anhedral	0.003	<0.003

Muestra No: ELN - 5

Textura: aliotromórfica granular, cristalización, sustitución

Tipo de mineralización: pirita limonitizada

Composición: pirita limonitizada 2 %, pirita <1 %, oro nativo 1 grano, minerales de ganga.

Pirita: presenta formas euhedrales, muy dispersa en la masa no metálica y tamaños no mayores de 0.011 mm.

Pirita limonitizada: granos euhedrales (octaédricos y cuadráticos) y subhedrales, con tamaños que oscilan entre 0.088 - 0.198 mm. La pirita es sustituida por óxidos e hidróxidos de hierro.

Oro nativo: se identificó 1 grano en estado libre.

Tabla No. 3.5. Forma y tamaño de los granos de oro nativo

No.	Forma	Tamaño (mm)	
		Largo	Ancho
1	anhedral	0.003	0.003

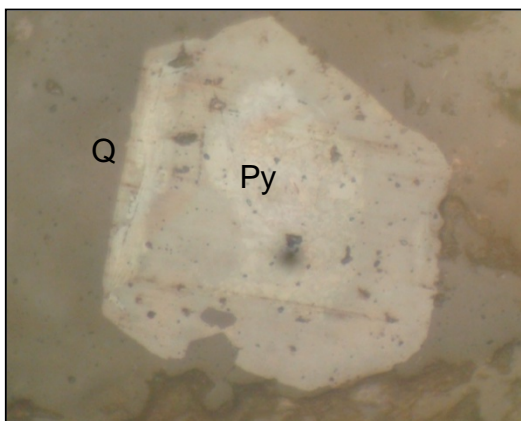


Fig. 3.21. Fotografía de sección pulida. Muestra No: ELN - 5. Cristal de pirita (Py) sometida a la limonitización, rodeada por cuarzo (Q). Objetivo 210x.

Muestra No: ELN – 6

Textura: aliotromórfica granular, cristalización

Tipo de mineralización: cuarzo con pirita

Composición: pirita <1 %, pirita limonitizada <1 %, tetraedrita <1 %, oro nativo 6 granos, minerales de ganga.

Pirita: se encuentra muy fina, diseminada con tamaños no mayores de 0.003 mm

Pirita limonitizada: granos euhedrales cuadráticos con tamaños que oscilan entre 0.022 - 0.0825 mm.

Tetraedrita: anhedral, incluida en la pirita, con tamaños de alrededor de 0.0075 mm.

Oro nativo: se detectaron 6 granos en estado libre. Se nota la presencia de dos variedades de oro nativo en cuanto a su coloración, algunos más rojizos que el resto de los granos.

Tabla No. 3.6. Forma y tamaño de los granos de oro nativo

No.	Forma	Tamaño (mm)	
		Largo	Ancho
1	ganchudo	0.012	0.009

2	anhedral	0.006	0.0045
3	alargado	0.024	<0.003
4	alargado	0.006	<0.003
5	ganchudo	0.006	0.006
6	anhedral	0.006	0.003

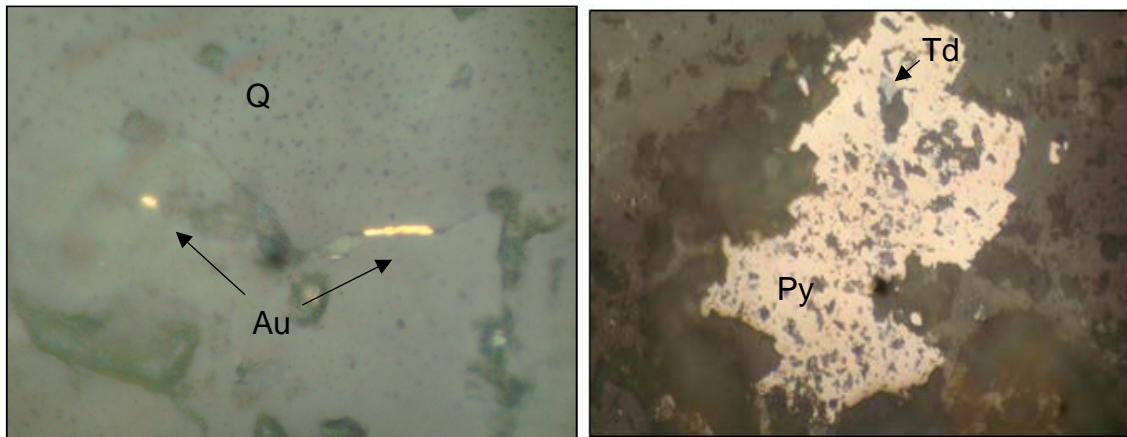


Fig. 3.22. Fotografías de sección pulida. Muestra No: ELN - 6. Granos de oro nativo (Au) en cuarzo (Q). Objetivo 400x. Tetraedrita (Td) incluida en pirita (Py). Objetivo 210x.

Muestra No: ELN - 7

Textura: aliotromórfica granular, cristalización

Tipo de mineralización: pirítica

Composición: pirita 1 %, pirita limonitizada <1 %, magnetita <1 %, minerales de ganga. No se detectó la presencia de oro nativo.

Pirita: granos muy finos dispersos con formas subhedrales, con tamaños no mayores de 0.0055 mm.

Pirita limonitizada: agregados con formas euhedrales (cúbicos), con tamaños que oscilan entre 0.016 - 0.027 mm.

Magnetita: escasos granos dispersos anhedral con tamaños de alrededor de 0.03 mm.

Muestra No: ELN - 8

Textura: aliotromórfica granular, cristalización, sustitución

Tipo de mineralización: pirita limonitizada

Composición: pirita limonitizada 2 %, pirita <1 %, magnetita <1 %, oro nativo 1 grano, minerales de ganga.

Pirita limonitizada: Granos de pirita alterándose a goethita y hematita, con formas euhédricas y tamaños de aproximadamente 0.066 mm.

Pirita: granos muy finos, no mayores de 0.003 mm de diversas formas, euhedrales, subhedrales y anhedrales, dispersos en la ganga.

Oro nativo: se identificó 1 grano en estado libre.

Tabla No. 3.7. Forma y tamaño de los granos de oro nativo

No.	Forma	Tamaño (mm)	
		Largo	Ancho
1	anhedral	0.003	0.003

Muestra No: ELN - 9

Textura: aliotromórfica granular, sustitución, corrosión, reticular

Tipo de mineralización: cuarzo con pirita

Composición: goethita 1 %, pirita <1 %, calcopirita 1 grano, esfalerita <1 %, oro nativo 2 granos, mineral de ganga.

Pirita: granos con formas anhedrales diseminados en el material de ganga, con tamaños no mayores de 0.011 mm.

Calcopirita: se identificó un cristal anhedral bordeado por goethita, con tamaños de 0.018 mm.

Esfalerita: raros granos anhedrales incluidos en la pirita, con tamaños no mayores de 0.006 mm.

Goethita: se encuentra bordeando las cavidades y poros en el mineral de ganga o sustituyendo a la pirita y la calcopirita, presenta tamaños de alrededor de 0.0385 mm.

Oro nativo: se identificaron 2 granos en estado libre.

Tabla No. 3.8. Forma y tamaño de los granos de oro nativo

No.	Forma	Tamaño (mm)	
		Largo	Ancho
1	anhedral	0.006	0.003
2	anhedral	0.015	0.002

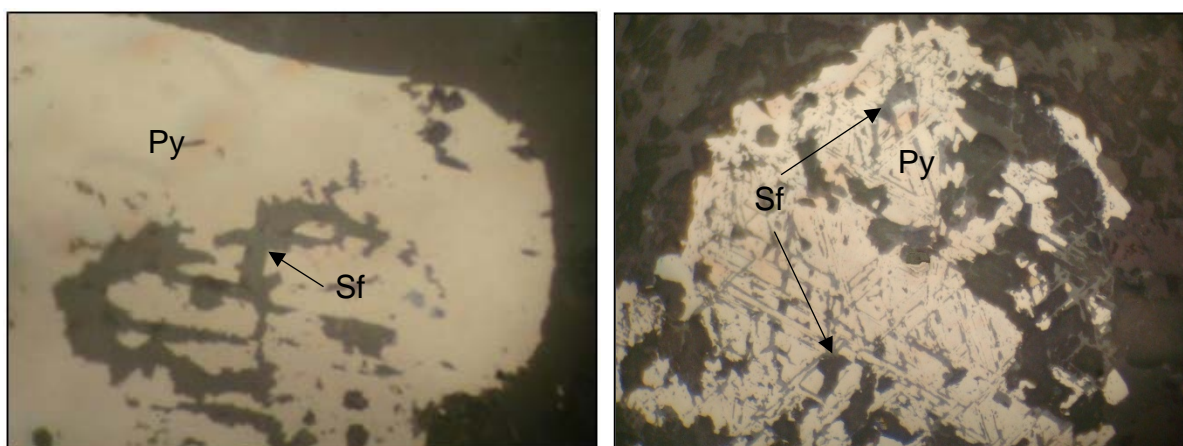


Fig. 3.23. Fotografías de sección pulida. Muestra No: ELN - 9. Pirita (Py) entrecrecida con esfalerita (Sf) con textura reticular. Objetivo 400x.

Muestra No: ELN - 10

Textura: aliotromórfica granular, sustitución,

Tipo de mineralización: pirítica

Composición: pirita 7 %, calcopirita y galena raros granos, esfalerita <1 %, magnetita <1 %, minerales de ganga. No se detectó la presencia de oro nativo.

Pirita: granos euhedrales, subhedrales y anhedrales dispersos en el no metálico con tamaños que oscilan entre 0.003 - 0.165 mm.

Calcopirita: raros granos dispersos en la ganga o bordeando a la pirita, con tamaños de aproximadamente 0.1485 mm.

Esfalerita: granos anhedrales que bordean a la pirita con tamaños no mayores de 0.1 mm.

Galena: Se observó bordeando a la pirita con tamaños de aproximadamente 0.1625 mm.

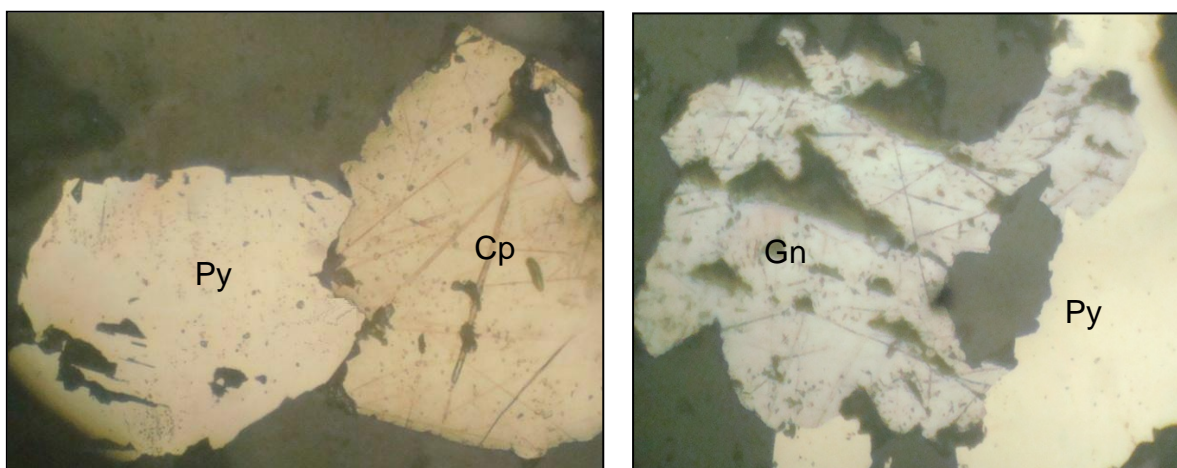


Fig. 3.24. Fotografías de sección pulida. Muestra No: ELN - 10. Calcopirita (Cp) con Pirita (Py). Galena (Gn) en intersección con pirita (Py). Objetivo 210x.

3.5 Análisis granulométrico

Para facilitar el estudio mineralógico de las muestras y obtener mayor grado de certeza de los análisis ya hechos se les realizó un análisis granulométrico. Los fragmentos estudiados son por lo general de lavobrecha andesito – dacítica, roca con presencia de alteración cuarzo sericítica, de color gris claro amarillento hasta gris oscuro. En ocasiones aparece fragmentada producto del tectonismo, estos procesos han provocado en las muestras un aumento de material arcilloso sin olvidar que presentan un aumento de los minerales sulfurosos.

La fase más difundida está dada por el predominio del cuarzo y en pequeñas cantidades feldespato Na y K, clorita, epidota y piroxenos. Hay un aumento de las micas hidratadas y de las arcillas montmorillonita e Illita fundamentalmente en la fracción 0.0074 mm, dándole a las muestras en ocasiones un carácter arcilloso, otra característica interesante es que algunas de las muestras estudiadas presentan cantidades importantes de calcopirita y pirita.

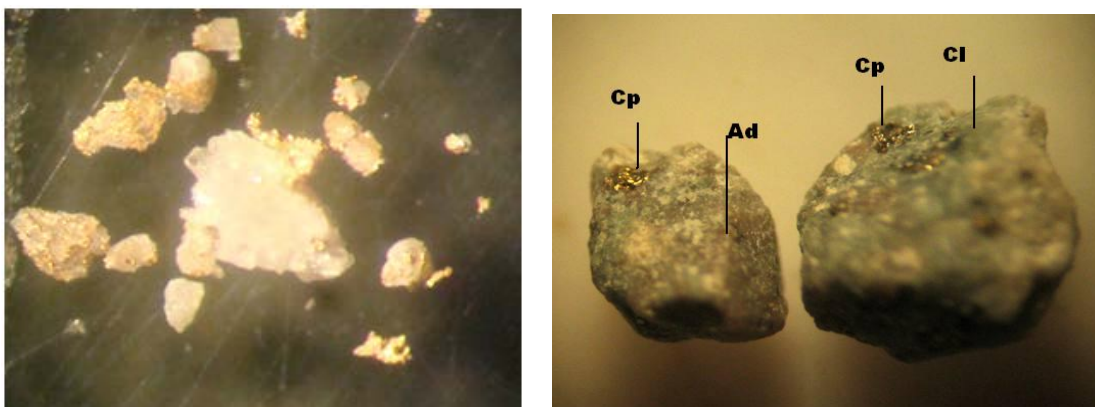


Fig. 3.25. Fotografías muestra No. ELN – 3, fracción pulverizada para análisis granulométrico. Cuarzo con incrustaciones de oro nativo a la izquierda. Roca alterada con calcopirita, adularia y clorita a la derecha. Aumento 4x. Ocular 8x.

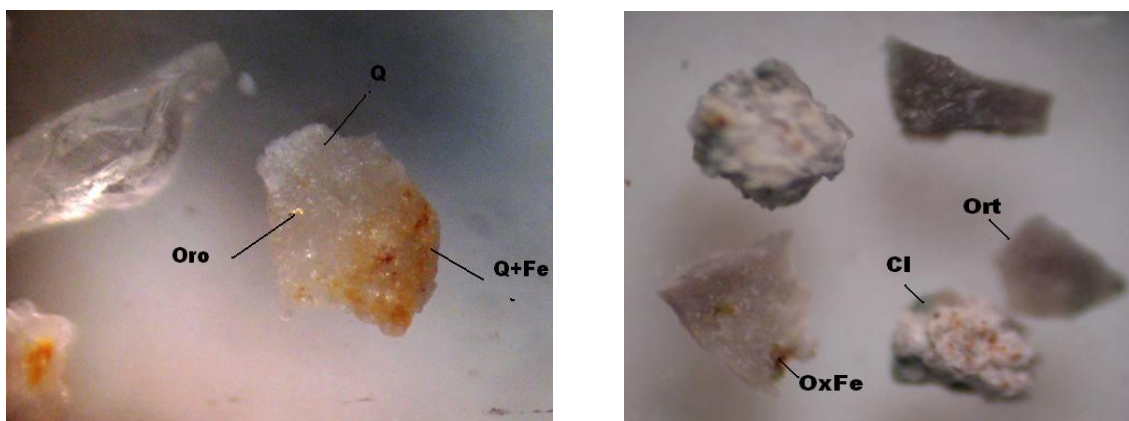


Fig. 3.26. Fotografías muestra No. ELN – 6 fracción pulverizada para análisis granulométrico. Cuarzo con incrustaciones de oro nativo y óxido de hierro a la izquierda. Ortoclasa y cuarzo con óxido de hierro y clorita a la derecha. Aumento 4x. Ocular 8x.

Los granos de oro nativo aparecen generalmente con formas irregulares desde 0.025 mm hasta 0.325 mm, en ocasiones aparece el oro nativo con inclusiones de pirita, fragmentos de rocas, calcopirita y cuarzo. También con menos frecuencia aparecen granos en forma redondeada y rara vez en forma

ganchuda. Los detalles de los análisis por muestra se exponen del Anexo No. 10 al 19.

3.6 Alteraciones hidrotermales

Por trabajos realizados por (Gifkins et al., 2005) y (Guilbert y Park en 1986) alteración es cualquier cambio en la composición química o mineralógica de una roca, producto de la interacción con soluciones líquido - gaseosas. Los componentes de las rocas, incluyendo los minerales metálicos, pueden ser disueltos o recrystalizados. Nuevos minerales pueden formarse y cambiar sus propiedades. Una roca puede experimentar varios episodios de alteración, ya sean alteraciones singenéticas o postgenéticas, no todas necesariamente se encuentran asociadas a sistemas hidrotermales.

La interpretación de diferentes eventos de alteración en el área perspectiva aurífera El Limón Nuevo han sido realizadas por los investigadores Simon et., al. 1999, ellos describen un conjunto de alteración sericita – cuarzo - pirita cortada por adularia - cuarzo cerca de las salbandas de la veta, la Illita – sericita - cuarzo sin pirita que ha sido removida por oxidación e intemperismo que cubre un área aproximada de 2 x 1 km en Loma Jacinto, sugiriendo que este tipo de alteración se incrementa en extensión hacia arriba en el sistema si la elevación es parte del mismo sistema hidrotermal y fuera de la zona de illita - sericita el conjunto propilítico donde la plagioclasa es alterada por epidota – albita, el anfíbol y piroxeno a clorita. Velinov et., al. 1983, reportaron pocos granos de diáspora y alunita que sugiere a Loma Jacinto yaciendo al proceso de alteración argílica avanzada.

Sericitización

Se encuentra alterando fenocristales de plagioclasa en finas escamas en la matriz y en vetillas. La sericita es acompañada por Illita, clorita, carbonato, epidota, apatito, carbonato de Zn y granos de oro nativo, se hace más intensa en profundidad donde se encuentra una zona de alteración de cuarzo microcristalino, adularia y carbonato, la cual en su parte superior está compuesta por clorita, cuarzo, carbonato en vena, epidota y sulfuros y en la

parte inferior cuarzo microcristalino, carbonato en veta con adularia en los bordes de esta y adularia en veta junto con carbonato y poco cuarzo, clorita, epidota y sericita como relictos en los fenocristales.

Carbonatización

Se presenta como mineral predominante en diferentes intervalos, en agregado granular o vetillas mono-minerales, es posterior a la sericita, clorita y cuarzo, a veces dejando escasa presencia de estos minerales, o se encuentra en cavidades con adularia en los bordes.

Epidotización

Se encuentra en agregado granular fino o prismático radial y en vetillas mono-minerales o junto con vetillas de albita, sustituye parcial o totalmente los fenocristales de plagioclasa y hornblenda, es abundante por intervalos a veces enmascarando la textura original de la roca.

Cloritización

La presencia de clorita altera a los minerales máficos y a la matriz de la roca, rellena cavidades, se encuentra acompañada en menor proporción por epidota, albita, cuarzo, escasa actinolita, carbonato y sericita.

Anhidritización

Su presencia es muy escasa, aparece fundamentalmente en vetas y dispersa, alterando fenocristales y la matriz rocosa.

Apatito metasomático

Está representado por cristales prismáticos con tamaño que oscila entre 0,1 - 0,26 mm, se encuentra disperso en la matriz y asociado a fenocristales que fueron alterados a clorita.

CONCLUSIONES

- Se demuestra que las rocas encajantes de mineralización aurífera pertenecen al Arco Volcánico del Cretácico representadas por lavobrechas, clastolavas y tobas, predominando la composición andesítica.
- Se corrobora que los minerales formadores de la roca son plagioclasa, cuarzo, piroxeno, hornblenda y metálicos como magnetita, galena, pirita, calcopirita, tetraedrita, esfalerita y oro nativo.
- Se identificó que la principal alteración hidrotermal es la sericitización; cloritización, epidotización y carbonatización en menor proporción.
- Se identificaron las paragénesis siguientes:
 - ❖ Cuarzo + sericita + clorita + pirita + esfalerita + tetraedrita + oro nativo
 - ❖ Cuarzo + sericita + clorita + pirita + oro nativo
 - ❖ cuarzo + sericita + oro nativo
 - ❖ Cuarzo + sericita + clorita + pirita + magnetita + oro nativo
 - ❖ Cuarzo + clorita + sericita + pirita + tetraedrita + oro nativo
 - ❖ Cuarzo + clorita + sericita + pirita + calcopirita + esfalerita + oro nativo + goethita

RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis petrográfico y geoquímico detallado de las alteraciones hidrotermales con el fin de definir su génesis.
- Determinar la presencia de electrum con técnicas de precisión.
- Extender la investigación a otros sectores prospectivos para localizar nuevas manifestaciones auríferas asociadas.
- Hacer un estudio completo de los elementos nocivos.
- Profundizar sobre el ambiente de formación de las lavobrechas, clastolavas y tobas.

BIBLIOGRAFÍA

Arribas A. Jr., 1995. Characteristics of high - sulfidation epithermal deposits, and their relation to magmatic fluid: Mineralogical Association of Canada Short Course, v. 23, p. 419 – 454.

Barea P. I., 2015. Petrografía y mineralogía del sector Las Cuevas, Holguín. Maestría en Geología, Mención Geología de Yacimientos Minerales Sólidos 9na Edición.

Bente K., and Schmid Beurmann P., 1995. Experimental investigations on $\text{CuS}_2\text{-FeS}_2$ solid solution series. Mineral Petrol (in preparation).

Berger and Eimon, 1983. Conceptul models of epithermal precious metal deposits, Chapter 15 in Shanks, W. C., III, ed., Cameron volume on unconventional mineral deposits: Soceity of Mining Engineers of the American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc., p. 191 - 205.

Berger B. R. and Henley R. W., 1989. Advances in understanding of epithermal gold - silver deposits, with special reference to the western United States: Economic Geology Monograph 6, p. 405 – 423.

Berger, W. H. et al., 1985. Two - Step Deglaciation: ^{14}C - Dated High Resolution $\delta^{18}\text{O}$ Records from the Tropical Atlantik Ocean. Quaternary Research, 23 (2), 258 - 271.

Bonham, 1986. Models for volcanic - hosted epithermal precious metal deposits: A review: International Volcanological Congress, Symposium 5, Hamilton, New Zealand, 1986, Proceedings, p. 13 – 17.

Bonham, 1988. Models for volcanic - hosted precious metal deposits: A review, in Schafer, R.W., Cooper, J.J., and Vikre, P.G., eds., Bulk mineable precious metal deposits of the western United State: Reno, Geological Society of Nevada, p. 259 – 271.

Buchanan, L. J., 1981. Precious Metals Deposits Associated with Volcanic Environments in the Southwest: in, Dickinson, W.R., and Payne, W.D., eds., Arizona Geological Society Digest Vol. 14. p. 237 - 262.

Cabrera I. et al., 2015. Mineralogía Tecnológica de Vetas Auríferas de Origen Epitermal de Baja Sulfuración. Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM), Ciudad de La Habana, Cuba.

Cabrera R.; Vinent M. I., y Tchounev D., 1976 - 1981. Levantamiento geológico del territorio Ciego – Camagüey - Las Tunas a escala 1:250000 llevado a cabo conjuntamente por las Academias de Ciencia de Cuba y Bulgaria.

Calvache Dorado, 1944. Historia y desarrollo de la minería en Cuba. Editorial Neptuno, La Habana, 1944 .

Carlile, J.C., Mitchell, A. H. G., 1994, Magmatic Arcs and Associated Gold and Copper Mineralization in Indonesia, Journal of Geochemical Exploration: v. 50, No. 1 - 3, p. 91 - 142.

Claro S. R., 2016. Caracterización petrográfica y mineralógica del sector aurífero El Cobre, municipio El Cobre, Santiago de Cuba. Maestría en Geología, Mención Geología de Yacimientos Minerales Sólidos.

Cooke D. R. and Simmons S. F., 2000. Characteristics and genesis of epithermal gold deposits In: Hagemann SG, Brown PE (eds) Gold in 2000. Society of Economic Geologists, Boulder, CO, p. 221 - 244.

Corbett, G. J., 2002b. Structural controls to Porphyry Cu - Au and Epithermal Au - Ag deposits in Applied Structural Geology for Mineral Exploration, Australian Institute of Geoscientists Bulletin 36, p. 32 - 35.

Corbett, G.J. y Leach, T.M. (1998). Southwest Pacific Rim Gold - Copper Systems: Structure, Alteration, and Mineralization. Society of Economic Geologist, Special Publication Number 6, 237 pp.

Corbett, G.J., 2002a. Epithermal Gold for Explorationists - Australian Institute of Geoscientists Presidents lecture: AIG News No 67, p. 8.

Díaz de Villalvilla L., Torres M., Méndez, et al., 2006. Clasificación de rocas de Cuba.

Einaudi et al., 2003. Composición de los Fluidos de Sulfuración Intermedia.

Font Cruz, L. R., 1985. Proyecto de exploración de explotación del yacimiento Nuevo Potosí, Aguas Claras: Moa, Cuba, Instituto Superior Minero Metalúrgico, Trabajo de diploma, 60 p.

Fournier, 1987. Conceptual models of brine evolution in magmatic - hydrothermal systems: U. S. Geological Survey Professional Paper 1350, p. 1487 – 1506.

Gaspar O. C., 1996. Microscopia e petrología de minérios aplicados dos sulfuretos maciços dos jazigos de Ajustrel e Neves - Corvo. Estudos, Notas e Trabalhos 38, 3 - 195.

Geominera Camagüey, 1996. Informe de interpretación estructural y evaluación metalogénica mediante interpretación de los datos geofísicos del territorio Ciego – Camagüey - Las Tunas.

Geominera Camagüey/IGP., 1993. Pronóstico en la región Siboney - Las Tunas.

Gifkins, C., 2005. Altered Volcanic Rocks; a guide to description and interpretation: Center for Ore Deposits Research, University of Tasmania, Australia, 275 p.

Guilbert J. M. and Park, C. F., 1986. The Geology of Ore Deposits. W. H. Freeman and Company, New York.

Hayba, D. O. et al., 1985. Geologic, mineralogic, and geochemical characteristics of volcanic - hosted epithermal precious metal deposits: Reviews in Economic Geology, v. 2, p. 129 – 167.

Heald P. et al., 1987. Comparative anatomy of volcanic - hosted epithermal deposits: Acid sulfate and adularia - sericite types: Economic Geology, v. 82, p. 1 - 26.

Hedenquist J. W. and Lowenstern J. B., 1994. The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits: Nature, v. 370, p. 519 – 527.

Hedenquist J. W., 1987. Mineralization associated with volcanic - related hydrothermal systems in the Circum - Pacific Basin, in Transactions of the 4th Circum Pacific Energy and Mineral Resources Conference, Singapore, 1986, Oklahoma, Circum Pacific Council for Energy and Mineral Resources, 1 - 26.

Hedenquist J. W., et al., 2000. "Exploration for epithermal gold deposit": Society Economic Geologists Reviews, vol. 13, p. 245 - 277.

Henley R. W., 1985. Hydrothermal eruptions in the Waiotapu geothermal system, New Zeland: their origin, associated breccias and relation to precious metal mineralization. Economic geology 80: 1640 - 1668.

Henley R. W., and Ellis A. J., 1983. Geothermal systems ancient and modern: A geochemical review: Earth - Science Reviews, v. 19, p. 1 – 50.

IGP, 2002. Evaluación del potencial de Au y metales base del Arco Cretácico en el territorio Ciego – Camagüey - Las Tunas.

Iturralde Vinent M. A., Tchouneu D., Cabrera R., 1981. Informe final sobre el levantamiento geológico y búsquedas acompañantes a escala 1:50000 en el polígono CAME III, Camagüey.

Iturralde Vinent M. A., 1996. Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba.

Le Maitre et al., 1989. Clasificación de las rocas según el diagrama TAS para rocas volcánicas.

Le Maitre R. W., Ed., 1989. "A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms," Oxford, Blackwell, p. 193.

Lepin O. V., Ariosa Iznaga J. D., 1986. Búsqueda, exploración y evaluación geólogo - económica de yacimientos de minerales sólidos.

Lindgren, 1911. The Tertiary gravel of the Sierra Nevada of California: U. S. Geological Survey Professional Paper 73, 226 p.

Manual de Procedimientos de la DCM/CIPIMM.

Nieto Samaniego, A. F., et al., 2005. La Mesa Central: estratigrafía, estructura y evolución tectónica cenozoica: Boletín Sociedad Geológica Mexicana, 57 (3), 285 – 318.

Pérez Rodríguez M., Piñero E., et al., 2001. Estudio de línea base ambiental.

Pimentel Olivera, H., Piñero Pérez, E., Balvis Filiberto, C., 2009. Actualización de la evaluación geólogo – económica para la veta aurífera Beatriz (resumen), en III Convención de Ciencias de la Tierra: La Habana, Cuba, Sociedad Cubana de Geología, 21.

Piñero E., et al., 1990. Resultado de las investigaciones geológicas a escala 1:50000 del sector Ciego de Ávila – Vertientes.

Piñero E., et al., 2011. Informe final. Exploración complementaria Oro Jacinto. Veta el Limón Nuevo.

Piñero E., Quintana M. E., Mari T., 1997. Caracterización Geológica de los Depósitos Vulcanógenos – Sedimentarios de la Región de Ciego – Camagüey - Las Tunas en: Estudios sobre Geología de Cuba. Pág. 346 - 356.

Piñero, E.; Mishekurina, E.; Donet, P, 2011. Principales resultados de la exploración para oro realizada en el cuerpo mineral asociado a la veta El Limón Nuevo del sistema vetítico Jacinto durante los años 2009 - 2010. GEO – 4 - 03, Geociencias 2011, La Habana, Cuba, 4 - 8 abril. Memorias, ISBN978 – 959 – 7117 – 30 - 8.

Piñero. E., Rojas. R., Iturralde Vinent, M. et al., 1992. Informe sobre los resultados del levantamiento geológico complejo y búsquedas acompañantes a

escala 1:50000 en el polígono CAME III. Camagüey .Sector Loma Jacinto. Oficina Nacional de Recursos Minerales. MINBAS. (Inédito).

Prieto R. et al., 1982. Levantamiento aerogamma espectrométrico y aeromagnético a escala 1:50000 del sector Nuevitas – Guáimaro.

Sillitoe R. H. and Bonham H. F. Jr., 1984. Volcanic Indforms and ore deposits. *Economic Geology*, v. 79, p. 1286 - 1298.

Sillitoe, R. H. 1993. Epithermal Models: Genetic Types, Geometrical Controls and Shallow Features; in *Mineral Deposit Modeling*, Kirkham, R. V.

Sillitoe, R. H. 1995, Exploration of porphyry copper lithocaps, in Mauk, J. L., and St. George, J. D., eds., *Pacific Rim Congress 1995, Auckland, Proceedings: Parkville, Australasian Institute of Mining and Metallurgy*, p. 527 – 532.

Sillitoe, R. H. 1999a. Styles of high - sulphidation gold, silver and copper mineralization in the porphyry and epithermal environments, in Weber, G., ed., *Pacrim '99 Congress, Bali, Indonesia, 1999, Proceedings: Parkville, Australasian Institute of Mining and Metallurgy*, p. 29 – 44.

Sillitoe, R. H., 1977, Metallic mineralization affiliated to subaerial volcanism: a review in *Volcanic. Processes in Ore Genesis: Geological Society of London Special Publication 7*, p. 99 - 116.

Simmons et al., 2005. Geological Characteristics of Epithermal Precious and Base Metal Deposits.

Simmons, G. et al. 1998. Epithermal Mineralization in or Volcanic Arc. The Jacinto Deposit, Camagüey District, Cuba.

Simmons, G. et al. 1999, Epithermal gold mineralization in an old volcanic arc: the Jacinto deposit, Camaguey District, Cuba: *Economic Geology*, 94, 487 – 506.

Smirnov, V., 1982. *Geología de Yacimientos Minerales*. Moscow: Editorial Mir Moscú, URSS.

Soto, González, Luis, D., 1981. Apuntes sobre la Historia de la minería cubana. Edit: Oriente. (Santiago de Cuba), p.121.

Spiteri Geological Mining Consultants INC. Marzo1998. Scoping Study Jacinto Deposit. Camagüey, Cuba.

Spiteri Geological Mining Consultants INC. Septiembre1999. Revised Scoping Study Jacinto Deposit. Camagüey, Cuba.

Stoffregen R., 1987. Genesis of acid sulfate alteration and Au - Cu mineralization at Summitville: Economic Geology, v. 82, p. 1575 - 1591.

Streckeisen A., 1976. Classification of Common Igneous Rocks by Mean of Their Chemical Composition. A Provisional Attempt. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Monatshefte, 1, 1 - 15.

Streckeisen A., 1979. Classification and Nomenclature of Volcanic Rocks, Lamprophyres, Carbonatites, and Melilitic Rocks: Recommendation and Suggestion of the IUGS, Subcommittee on the Systematic of Igneous Rock. Geology, 4, 331 - 335.

Valdés M. Y., 2015 Caracterización Petrológica y Geoquímica De Las Rocas Metamórficas, Sector Camarioca Sur. Maestría en Geología, Mención Prospección y Exploración de Yacimientos Minerales Sólidos 9na Edición.

Vilinov et al., 1983. Geochémia a petrológia granitoid ných hornín Malých Karpat (Geochemistry and petrology of the granitoid rocks of the Malé Karpaty Mts.). Veda, Bratislava, 148 p. (in Slovak with English summary).

Vlodavets, V. I. 1984. Manual de vulcanología. Ed. Nauka, Moscú.

Wark, D. A., Kempter, K. A. and McDowell, F. W., 1990, Evolution of waning subduction - related magmatism, northern Sierra Madre Occidental, Mexico: Geol. Soc. Am. Bull., vol. 102, p. 1555 - 1564.

White, N. C. and Hedenquist, J. W., 1990. Epithermal Environments and Styles of Mineralization: Variations and their Causes, and Guidelines for Exploration.

In: J. W. Hedenquist, N. C. White and G. Siddeley (Editors), Epithermal gold mineralisation of the Circum Pacific: Geology, Geochemistry, Origin and Exploration. Journal of Geochemical Exploration, 36: 445 - 474.

ANEXOS

Anexo No. 1. Esquema de ubicación de las muestras tomadas para análisis.

Anexo No. 2. Contenido expresado en por ciento en peso para los óxidos de los elementos mayores en las muestras de rocas seleccionadas.

Anexo No. 3 Diagrama de clasificación TAS (total álcalis vs. sílice) para rocas volcánicas, de Le Maitre et al. (1989), mostrando los puntos de ploteo de las muestras analizadas.

Anexo No. 4. Muestra ELN - 1. Asistente de clasificación modal para rocas volcánicas en el triángulo Q – A – P - F (Streckeisen, 1976).

Anexo No. 5. Muestra ELN - 5. Asistente de clasificación modal para rocas volcánicas en el triángulo Q – A – P - F (Streckeisen, 1976).

Anexo No. 6. Muestra ELN - 9. Asistente de clasificación modal para rocas volcánicas en el triángulo Q – A – P - F (Streckeisen, 1976).

Anexo No. 7. Difractograma muestra No: ELN - 6.

Anexo No. 8. Difractograma muestra No: ELN - 9.

Anexo No. 9. Fases mineralógicas identificadas por difracción de rayos – x.

Anexo No. 10. Análisis granulométrico de la muestra No. ELN - 1.

Anexo No. 11. Análisis granulométrico de la muestra No. ELN - 2.

Anexo No. 12. Análisis granulométrico de la muestra No. ELN - 3.

Anexo No. 13. Análisis granulométrico de la muestra No. ELN - 4.

Anexo No. 14. Análisis granulométrico de la muestra No. ELN - 5.

Anexo No. 15. Análisis granulométrico de la muestra No. ELN - 6.

Anexo No. 16. Análisis granulométrico de la muestra No. ELN - 7.

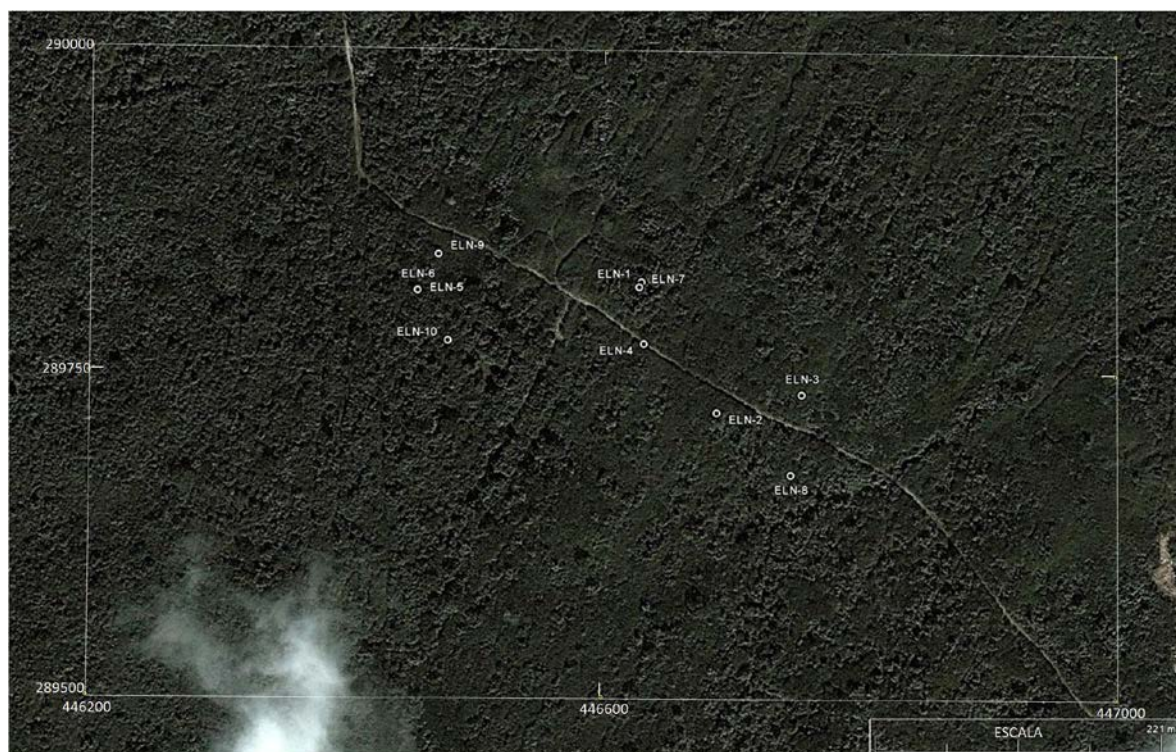
Anexo No. 17. Análisis granulométrico de la muestra No. ELN - 8.

Anexo No. 18. Análisis granulométrico de la muestra No. ELN - 9.

Anexo No. 19. Análisis granulométrico de la muestra No. ELN - 10.

Anexo No. 20. Paragénesis minerales determinadas en el área perspectiva aurífera El Limón Nuevo del Sistema Vetítico Jacinto.

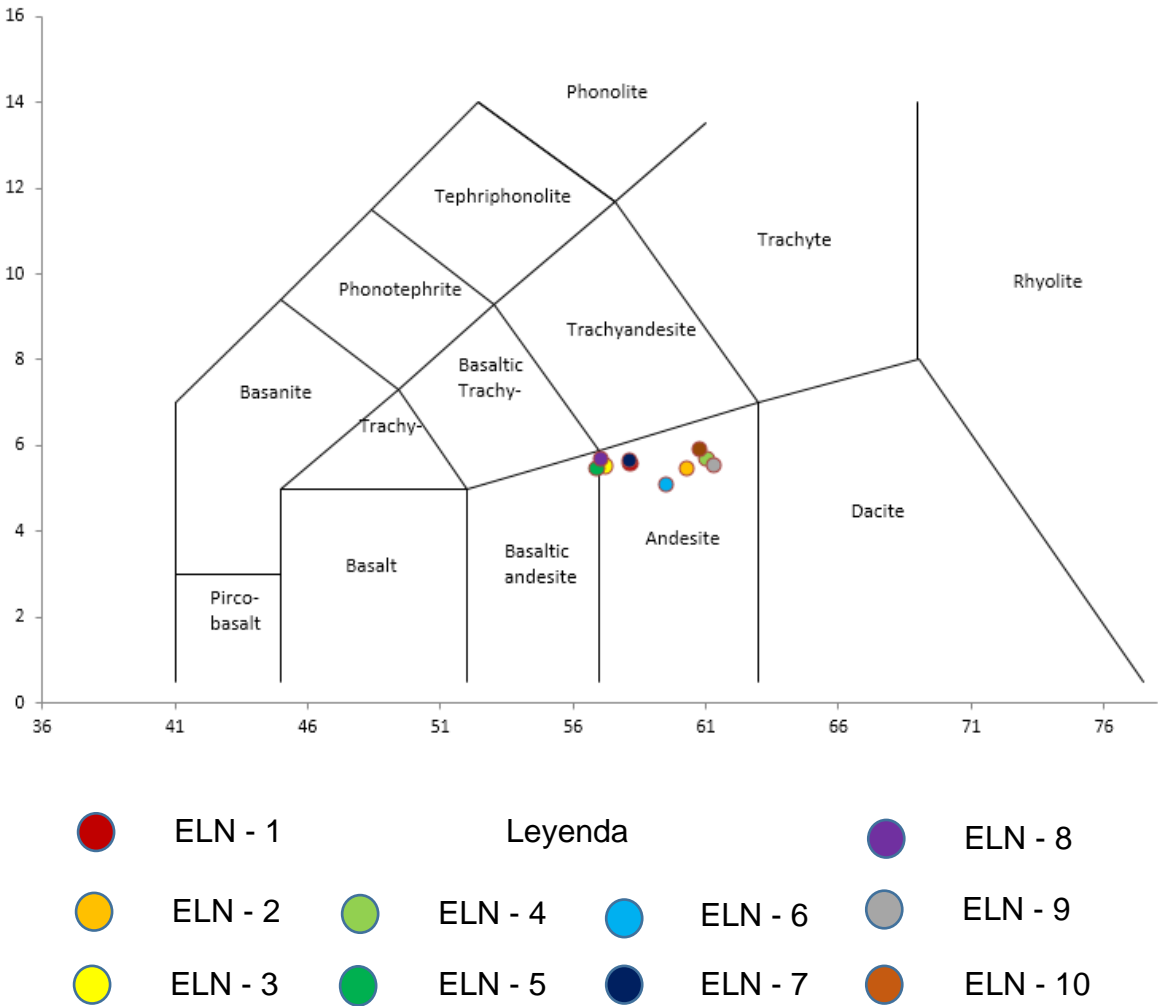
Anexo No. 1. Esquema de ubicación de las muestras tomadas para análisis.



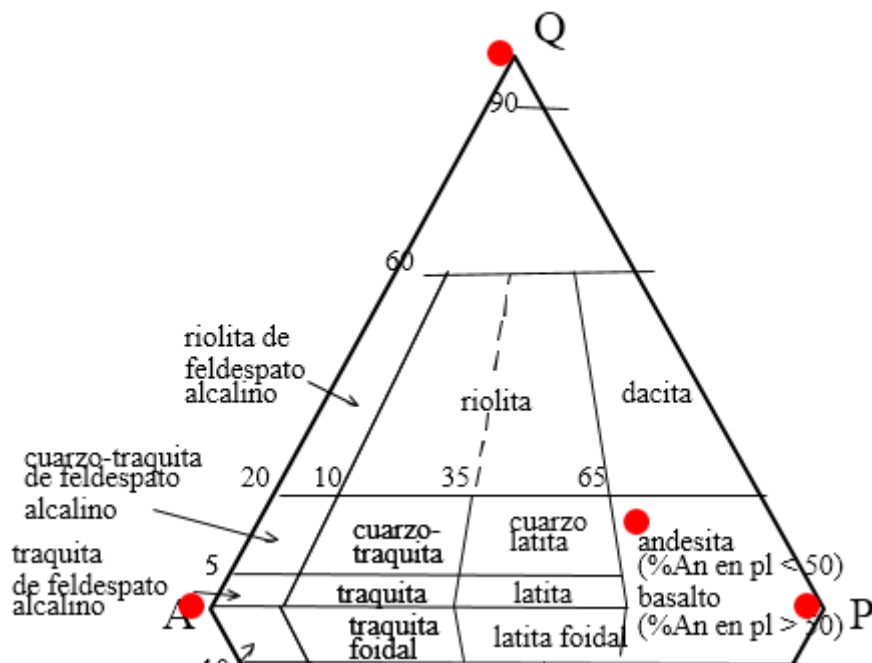
Anexo No. 2. Contenido expresado en por ciento en peso para los óxidos de los elementos mayores en las muestras de rocas seleccionadas.

Muestra	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
ELN - 1	58,17	0,68	16,62	2,74	3,84	0,18	3,57	6,62	3,06	2,54	0,21
ELN - 2	60,25	0,63	16,54	1,53	3,67	0,17	3,31	6,14	2,93	2,53	0,29
ELN - 3	57,23	0,71	17,31	1,78	3,96	0,19	4,07	7,11	3,32	2,21	0,22
ELN - 4	61,04	0,65	16,79	1,37	4,50	0,21	2,89	5,85	3,26	2,43	0,19
ELN - 5	56,92	0,98	18,12	4,26	4,09	0,09	4,23	7,31	3,30	2,19	0,31
ELN - 6	59,50	0,69	16,55	1,42	3,77	0,18	3,25	6,17	2,95	2,15	0,21
ELN - 7	58,14	0,74	16,76	2,67	3,91	0,24	3,74	6,70	3,17	2,51	0,19
ELN - 8	57,05	0,80	17,43	2,53	4,12	0,19	4,13	7,23	3,41	2,30	0,26
ELN - 9	61,29	0,63	16,24	1,56	4,23	0,17	3,54	5,82	3,38	2,18	0,20
ELN - 10	60,78	0,69	16,49	3,19	3,87	0,15	3,32	5,98	3,13	2,81	0,24

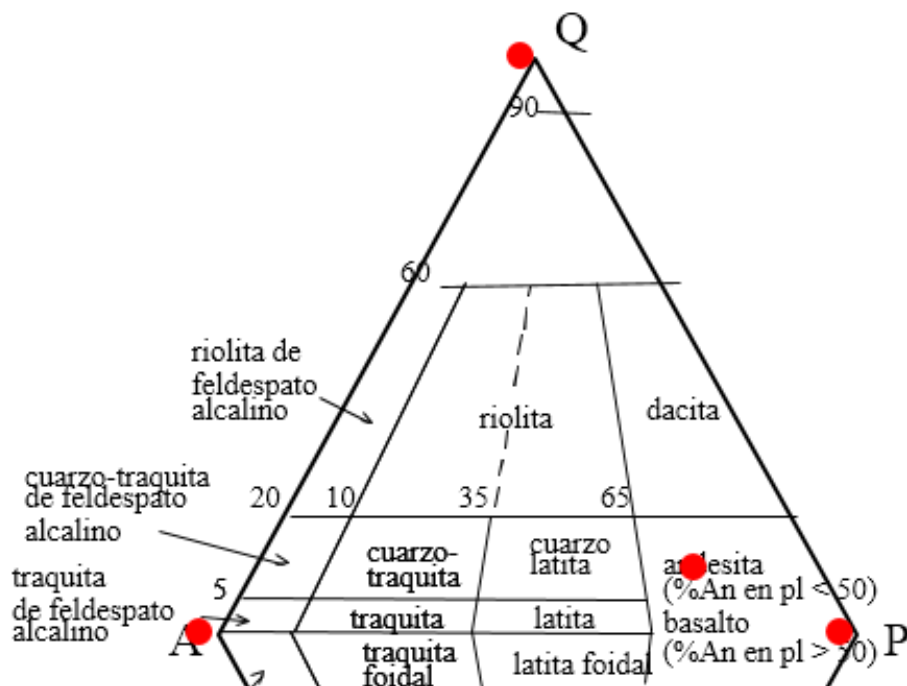
Anexo No. 3 Diagrama de clasificación TAS (total álcalis vs. sílice) para rocas volcánicas, de Le Maitre et al. (1989), mostrando los puntos de ploteo de las muestras analizadas.



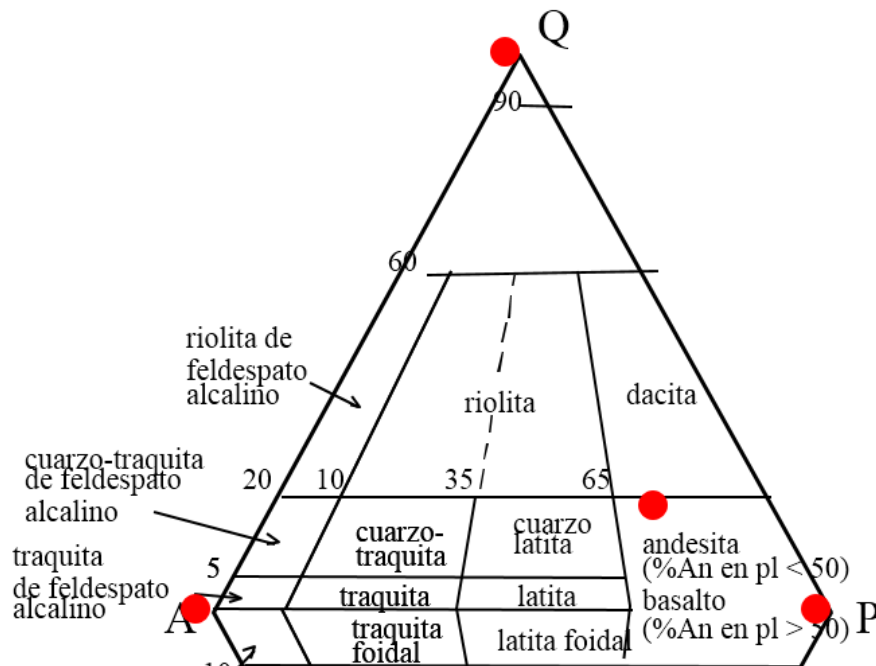
Anexo No. 4. Muestra ELN - 1. Asistente de clasificación modal para rocas volcánicas en el triángulo Q - A - P - F (Streckeisen, 1976).



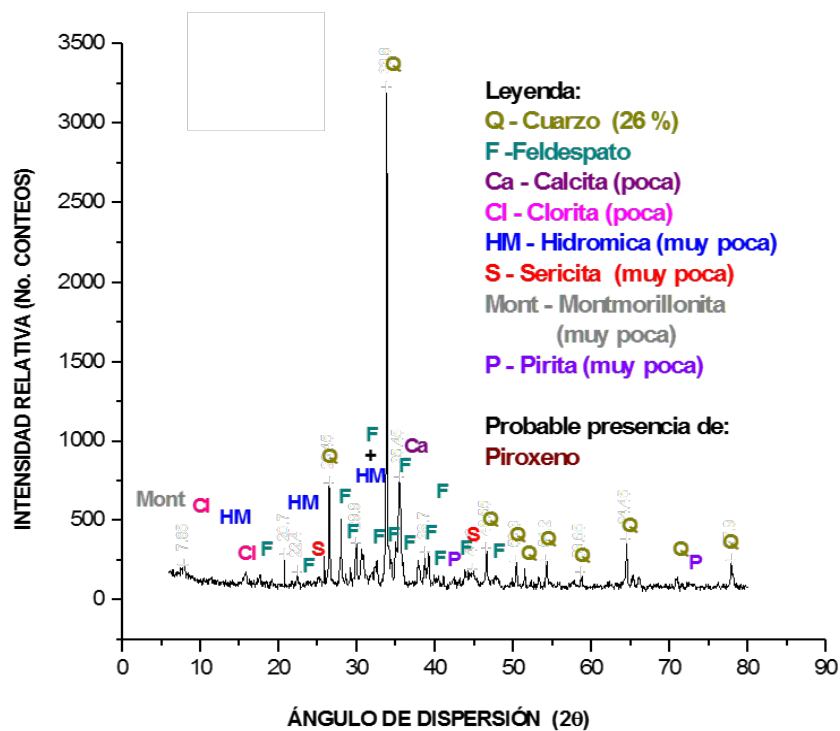
Anexo No. 5. Muestra ELN - 5. Asistente de clasificación modal para rocas volcánicas en el triángulo Q - A - P - F (Streckeisen, 1976).



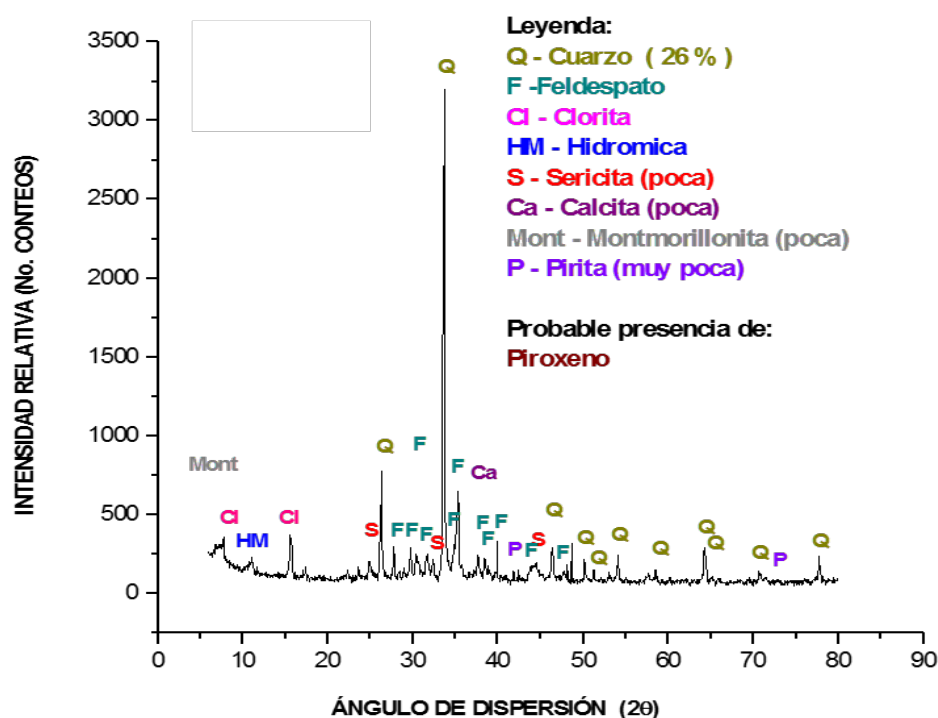
Anexo No. 6. Muestra ELN - 9. Asistente de clasificación modal para rocas volcánicas en el triángulo Q - A - P - F (Streckeisen, 1976).



Anexo No. 7. Difractograma muestra No: ELN - 6.



Anexo No. 8. Difractograma muestra No: ELN - 9.



**Anexo No. 9. Fases mineralógicas identificadas por difracción de rayos –
x.**

Muestra	Fases mineralógicas
ELN - 1	Cuarzo (28%), feldespato sódico y potásico (variedad albita y adularia respectivamente), clorita, hidromica, poca sericita y montmorillonita. Es probable la presencia de piroxeno.
ELN – 2	Cuarzo (25 %), feldespato sódico y potásico (variedad albita y adularia respectivamente) y poca clorita. Es probable la presencia de piroxeno.
ELN – 3	Cuarzo (20 %), feldespato sódico y potásico (variedad albita y adularia respectivamente), clorita, poca calcita, sericita y muy poca pirita. Es probable la presencia de piroxeno.
ELN – 4	Cuarzo (44 %), feldespato sódico y potásico (variedad albita y adularia respectivamente), poca clorita, montmorillonita y muy poca sericita. Es probable la presencia de hidromica y piroxeno.
ELN – 5	Cuarzo (16 %), feldespato sódico y potásico (variedad albita y adularia respectivamente), clorita, poca sericita, poca pirita y muy poca montmorillonita, calcita, e hidromica. Es probable la presencia de piroxeno.
ELN – 6	Cuarzo (26 %), feldespato sódico y potásico (variedad albita y adularia

	respectivamente), poca calcita, clorita, muy poca hidromica, sericita, montmorillonita y pirita. Es probable la presencia de piroxeno.
ELN - 9	Cuarzo (26 %), feldespato sódico y potásico (variedad albita y adularia respectivamente), clorita, hidromica, poca sericita, calcita, montmorillonita y muy poca pirita. Es probable la presencia de piroxeno.

Anexo No. 10. Análisis granulométrico de la muestra No. ELN - 1.

Peso de la pesada de la mesa de concentración: 6.793 g

Clase granulométrica: >0.08<1 mm

Fracción magnética: 0.006 g

Fracción electromagnética: 0.182 g

Fracción pesada: 0.085 g

Fracción ligera: 6.520 g

Composición mineralógica	Mag (%)	Fem (%)	Pesada (%)	Ligera (%)
Oxido e hidróxido de hierro	90	60		
Fragmentos de rocas	10	10	10	10
Pirita limonitizada		20	79.4	
Plagioclasa		10	0.5	
Cuarzo			10	89.5
Leucoxeno			0.1	
Carbonato				0.5
Oro nativo			-	

Anexo No. 11. Análisis granulométrico de la muestra No. ELN - 2.

Peso de la pesada de la mesa de concentración: 13.900 g

Clase granulométrica: >0.08<1 mm

Fracción magnética: 0.008 g

Fracción electromagnética: 0.007 g

Fracción pesada: 0.011 g

Fracción ligera: 13.874 g

Composición mineralógica	Mag (%)	Fem (%)	Pesada (%)	Ligera (%)
Pirita irregular	0.2	25	95	
Impurezas mecánicas con inclusiones de pirita	99.8			0.1
Epidota		1		
Oxido e hidróxido de hierro		10		
Pirita con inclusiones de carbonato		49		
Pirita limonitizada		0.1		
Carbonato		14.9	5	94.9
Cuarzo				5
Oro nativo			2 granos	

Granos de oro nativo con inclusiones de calcopirita

No.	Largo (mm)	Ancho (mm)	Forma
1.	0.225	0.325	irregular
2.	0.125	0.150	irregular

Anexo No. 12. Análisis granulométrico de la muestra No. ELN - 3.

Peso de la pesada de la mesa de concentración: 12.480 g

Clase granulométrica: >0.08<1 mm

Fracción magnética: 0.005 g

Fracción electromagnética: 2.097 g

Fracción pesada: 0.010 g

Fracción ligera: 10.368 g

Composición mineralógica	Mag (%)	Fem (%)	Pesada (%)	Ligera (%)
Impurezas mecánicas con inclusiones de magnetita	5			
Limonita	3	2	1	
Magnetita	5			
Plagioclasa	5	26.9	89	
Pirita limonitizada	82	70		
Epidota		1		
Anfíbol		0.1		
Pirita irregular			3	0.1
Circón			7	
Cuarzo				99.8
Cuarzo con inclusiones de pirita				0.1
Oro nativo			11 granos	

Granos de oro nativo

No.	Largo (mm)	Ancho (mm)	Forma
1.	0.100	0.100	Irregular con inclusiones
2.	0.100	0.050	Irregular
3.	0.175	0.050	Irregular
4.	0.100	0.100	Irregular
5.	0.150	0.075	Irregular con inclusiones
6.	0.100	0.075	Irregular
7.	0.250	0.075	Irregular
8.	0.100	0.075	Irregular
9.	0.125	0.075	Irregular
10.	0.100	0.075	Irregular
11.	0.175	0.100	Irregular

Anexo No. 13. Análisis granulométrico de la muestra No. ELN - 4.

Peso de la pesada de la mesa de concentración: 8.182 g

Clase granulométrica: >0.08<1 mm

Fracción magnética: 0.014 g

Fracción electromagnética: 0.255 g

Fracción pesada: 0.031 g

Fracción ligera: 7.882 g

Composición mineralógica	Mag (%)	Fem (%)	Pesada (%)	Ligera (%)
Oxido e hidróxido de hierro	20	60		
Pirita	10		69.4	
Impurezas mecánicas	20			
Magnetita	0.1			
Turmalina	20			
Fragmentos de rocas	29.9	10		10
Pirita limonitizada		22.8		
Ilmenita		1		
Oro nativo			-	
Plagioclasa		5	5	2
Cuarzo		1	25	88
Granate		0.1		
Apatito			0.5	
Corindón			0.1	

Anexo No. 14. Análisis granulométrico de la muestra No. ELN - 5.

Peso de la pesada de la mesa de concentración: 12.480 g

Clase granulométrica: >0.08<1 mm

Fracción magnética: 0.005 g

Fracción electromagnética: 2.097 g

Fracción pesada: 0.010 g

Fracción ligera: 10.368 g

Ing. Mario Antonio Alonso Verano

Composición mineralógica	Mag (%)	Fem (%)	Pesada (%)	Ligera (%)
Impurezas mecánicas con inclusiones de magnetita	5			
Limonita	3	2	1	
Magnetita	5			
Plagioclasa	5	26.9	89	
Pirita limonitizada	82	70		
Epidota		1		
Anfíbol		0.1		
Pirita irregular			3	0.1
Circón			7	
Cuarzo				99.8
Cuarzo con inclusiones de pirita				0.1
Oro nativo			11 granos	

Granos de oro nativo

No.	Largo (mm)	Ancho (mm)	Forma
1.	0.100	0.100	Irregular con inclusiones
2.	0.100	0.050	Irregular
3.	0.175	0.050	Irregular
4.	0.100	0.100	Irregular
5.	0.150	0.075	Irregular con inclusiones
6.	0.100	0.075	Irregular
7.	0.250	0.075	Irregular
8.	0.100	0.075	Irregular
9.	0.125	0.075	Irregular
10.	0.100	0.075	Irregular
11.	0.175	0.100	Irregular

Anexo No. 15. Análisis granulométrico de la muestra No. ELN - 6.

Peso de la pesada de la mesa de concentración: 7.805 g

Clase granulométrica: >0.08<1 mm

Fracción magnética: 0.003 g

Fracción electromagnética: 0.029 g

Fracción pesada: 0.005 g

Fracción ligera: 7.768 g

Composición mineralógica	Mag (%)	Fem (%)	Pesada (%)	Ligera (%)
Limonita	78	60		
Fragmentos de rocas	2	4.5		1
Pirita	10	5	49.5	
Impurezas mecánicas	10			
Plagioclasa		0.5		0.1
Hematita		30	0.5	
Cuarzo			50	98.9
Oro nativo			5 granos	
Cuarzo con inclusiones de oro nativo			4 granos	

Granos de oro nativo

No.	Largo (mm)	Ancho (mm)	Forma
1.	0.075	0.075	Irregular
2.	0.075	0.050	Rodado
3.	0.050	0.025	Irregular
4.	0.025	0.025	Irregular
5.	0.050	0.050	Rodado

Anexo No. 16. Análisis granulométrico de la muestra No. ELN - 7.

Peso de la pesada de la mesa de concentración: 8.145 g

Clase granulométrica: >0.08<1 mm

Fracción magnética: 0.003 g

Fracción electromagnética: 0.070 g

Fracción pesada: 0.007 g

Fracción ligera: 8.065 g

Composición mineralógica	Mag (%)	Fem (%)	Pesada (%)	Ligera (%)
Limonita	60	40	4	
Impurezas mecánicas con inclusiones de magnetita	40			
Hematita		5		
Pirita limonitizada		51.8		
Plagioclasa		1		
Piroxeno		0.1		
Carbonato		2		
Macla de pirita		0.1	1	
Cuarzo			55	100
Pirita irregular			40	
Oro nativo			8 granos	

Granos de oro nativo

No.	Largo (mm)	Ancho (mm)	Forma
1.	0.025	0.025	Irregular con inclusiones de carbonato
2.	0.025	0.025	Irregular
3.	0.025	0.025	Irregular
4.	0.025	0.025	Irregular
5.	0.025	0.025	Irregular
6.	0.025	0.025	Irregular
7.	0.025	0.025	Irregular
8.	0.025	0.025	Irregular

Anexo No. 17. Análisis granulométrico de la muestra No. ELN - 8.

Peso de la pesada de la mesa de concentración: 2.033 g

Clase granulométrica: >0.08<1 mm

Fracción magnética: 0.003 g

Fracción electromagnética: 0.139 g

Fracción pesada: 0.002 g

Fracción ligera: 1.889 g

Composición mineralógica	Mag (%)	Fem (%)	Pesada (%)	Ligera (%)
Oxido e hidróxido de hierro	5	60		
Impureza mecánicas	90			
Fragmentos de rocas	5	9.4		5
Pirita limonitizada		25		
Plagioclasa		5	40	5
Anfíbol		0.1		
Cuarzo		0.5	19.6	90
Pirita			40	
Circón			0.1	
Apatito			0.1	
Rutilo			0.1	
Epidota			0.1	
Oro nativo			5 granos	

Granos de oro nativo

No.	Largo (mm)	Ancho (mm)	Forma
1.	0.175	0.125	Irregular
2.	0.075	0.075	Irregular
3.	0.100	0.150	Irregular
4.	0.075	0.050	Irregular
5.	0.050	0.050	Irregular

Anexo No. 18. Análisis granulométrico de la muestra No. ELN - 9.

Peso de la pesada de la mesa de concentración: 6.620 m

Clase granulométrica: >0.08<1 mm

Fracción magnética: 0.070 g

Fracción electromagnética: 0.608 g

Fracción pesada: 0.170 g

Fracción ligera: 5.772 g

Composición mineralógica	Mag (%)	Fem (%)	Pesada (%)	Ligera (%)
Magnetita con inclusiones de pirita	29.5			
Hidróxido de hierro	15	5	1	
Pirita irregular	5	2	94.8	
Turmalina (Dravita)	0.5	0.5		
Fragmentos de rocas	50	75.3		
Pirita limonitizada		2		
Anfíbol		0.2		
Hematita		15		
Pirita con inclusiones de cuarzo			0.2	
Cuarzo			4	100
Oro nativo			2 granos	

Granos de oro nativo con inclusiones de calcopirita

No.	Largo (mm)	Ancho (mm)	Forma
1.	0.325	0.150	Irregular
2.	0.175	0.150	Irregular

Anexo No. 19. Análisis granulométrico de la muestra No. ELN - 10.

Peso de la pesada de la mesa de concentración: 5.640 g

Clase granulométrica: >0.08<1 mm

Fracción magnética: 0.009 g

Fracción electromagnética: 0.045 g

Fracción pesada: 0.528 g

Fracción ligera: 5.058 g

Composición mineralógica	Mag (%)	Fem (%)	Pesada (%)	Ligera (%)
Pirita con inclusiones de hidróxido de hierro	10			
Pirita irregular	88.9	93	81.6	
Limonita	1	1	0.1	
Macla de pirita	0.1	0.1	0.1	
Pirita limonitizada		0.1		
Pirita con inclusiones de carbonato		1	15	
Pirita con inclusiones de cuarzo		2		
Carbonatos		2.8	3	100
Calcopirita			0.1	
Oro nativo			3 granos	
Apatito			0.1	

Granos de oro nativo

No.	Largo (mm)	Ancho (mm)	Forma
1.	0.200	0.175	Irregular
2.	0.100	0.200	Irregular
3.	0.100	0.200	Irregular con inclusiones de calcopirita

Anexo No. 20. Paragénesis minerales determinadas en el área perspectiva aurífera El Limón Nuevo del Sistema Vetítico Jacinto.

Muestra	Minerales primarios	Minerales de alteración	Minerales metálicos	Paragénesis
ELN - 1	Cuarzo + plagioclasa + piroxeno +	Sericita + clorita + carbonato + epidota	Pirita + esfalerita + tetraedrita + oro nativo	Cuarzo + sericita + clorita + pirita + esfalerita + tetraedrita + oro nativo

	hornblenda			
ELN - 2	Cuarzo + plagioclasa + piroxeno	Sericita + clorita + carbonato + epidota	Pirita + oro nativo	Cuarzo + sericita + clorita + pirita + oro nativo
ELN - 3	Cuarzo + plagioclasa + calcita + piroxeno + hornblenda	Sericita + clorita + epidota + carbonato + albita	Pirita + magnetita + oro nativo	Cuarzo + sericita + clorita + pirita + magnetita + oro nativo
ELN - 4	Cuarzo + plagioclasa + piroxeno	Sericita + clorita + epidota + albita	Pirita + oro nativo	Cuarzo + sericita + clorita + pirita + oro nativo
ELN - 5	Cuarzo + plagioclasa + calcita + piroxeno + hornblenda + esfena	Sericita + clorita + carbonato	Pirita + oro nativo	Cuarzo + sericita + clorita + pirita + oro nativo
ELN - 6	Cuarzo + plagioclasa + calcita + piroxeno	Clorita + sericita + carbonato + epidota + albita	Pirita + tetraedrita + oro nativo	Cuarzo + clorita + sericita + pirita + tetraedrita + oro nativo
ELN - 7	Cuarzo + plagioclasa + hornblenda	Clorita + epidota + carbonato + albita + actinolita	Pirita + magnetita	Cuarzo + clorita + sericita + pirita + magnetita
ELN - 8	Cuarzo + plagioclasa + piroxeno	Sericita + clorita + epidota	Pirita + magnetita + oro nativo	Cuarzo + sericita + clorita + pirita + magnetita + oro nativo
ELN - 9	Cuarzo + plagioclasa + calcita + piroxeno	Clorita + sericita + albita + epidota	Pirita + calcopirita + esfalerita + oro nativo + goethita	Cuarzo + clorita + sericita + pirita + calcopirita + esfalerita + oro nativo + goethita
ELN - 10	Cuarzo + plagioclasa + hornblenda + piroxeno	Clorita + epidota + sericita + albita	Pirita + calcopirita + galena + esfalerita + magnetita	Cuarzo + clorita + sericita + pirita + calcopirita + galena + esfalerita + magnetita