



INSTITUTO SUPERIOR MINERO
METALÚRGICO DE MOA
DR. ANTONIO NUÑEZ JIMÉNEZ

Departamento de Geología
Facultad: Geología- Minería

Trabajo de Diploma

Para optar por el Título de

Ingeniero Geólogo

Título: Reconocimiento geológico preliminar de las áreas y sectores
perspectivos para la prospección de oro en la región Guáimaro - Las Tunas.

Tutores: Ms. Pablo Donet Carrillo

Ing. Dioelis Guerra Santiesteban

Dr.C. León Ortelio Vera Sardiñas

Dr.C. José Nicolás Muñoz Gómez

Autora: Ildanelis Furones Cantillo

Moa, 2014

“Año 56 de la Revolución

Pensamiento

”Las personas sabias tienen la capacidad de enfrentarse a la vida con honestidad y valor, y de administrarla con éxito, de tal modo que los propósitos se cumplan en sus vidas”.

Warren W.

Wiersbe

Agradecimientos

La realización de este trabajo hubiese sido imposible sin la presencia de Dios, quien puso en mi camino a toda aquella persona que me ayudó de una forma u otra, por eso ante todo, le doy gracias a él.

Agradezco a mi mami Iridis y mi papá Leider con todo el amor que se merecen, a mi hermano Leo; a mis primas Irina y Liuska que me han ayudado muchísimo; a mis tías Ilesia, Iraida, Ireida, Irma, mi tío Israel y toda mi familia; a mi amiga Dayana que es como una hermana para mí y a Susel; a mis suegros Petra y Juan.

Agradezco con todo el amor de mi vida a mi novio Lisdán Enrique, por esperarme, comprenderme y darme fuerzas para seguir adelante, además por ser motivación de mi esfuerzo para construir una familia.

Agradezco a mis tutores Pablo Donet, Dioelis Guerra y Nicolás Muñoz, por ser ellos quienes me guiaron y me ayudaron en la realización de este trabajo.

Agradezco a la pequeña familia universitaria que son mis compañeros de aula, Olavis, Reinier Hernández, Jorge, Pabel, Reinier Rodríguez, Yunier, Freddy, Perera, Adrián, Grabiél,

José Miguel y Dion, por haber compartido conmigo durante cinco años.

A todos los profesores del claustro de Geología que me impartieron clases en estos 5 años de estudio, a Yurisley Valdés, Liuska Fernández, Rojas Purón, Ortelio Vera, Yuri Almaguer, Beatriz Riverón, José Carmenate, Amparo Vázquez, Alianna y Arianna, Andrés, Carlos Leyva, a los profesores Trujillo y Mundo y a todos aquellos que de una forma u otra aportaron en mi formación como profesional.

Dedicatoria

Quiero dedicarles este trabajo final de los cinco años de mi carrera a mis padres Iridis Cantillo Cuza y Leider Furones, porque ellos son merecedores de todo mi esfuerzo y sacrificio, por haberme cuidado, educado, enseñarme que hay que luchar por las metas que te propongas sin rendirte y además por darme todo su amor y cariño.

Quiero más que dedicarle este trabajo al distinguido profesor Ortelio Vera Sardinas, hacerle homenaje por su incondicional dedicación y entrega a su trabajo en los últimos años de su vida, por ser una magnífica persona y haberme atendido con amor y atención cuando lo necesité.

RESUMEN

Debido al crecimiento de los precios adquiridos por el oro en estos últimos años, el desarrollo minero recientemente alcanzado en el territorio y la necesidad planteada de incrementar los recursos que sirvan de base para dar continuidad al impulso minero conquistado, como es la Planta de Golden Hill en Jobabo, se realiza el presente trabajo titulado Reconocimiento geológico preliminar de las áreas con sectores perspectivas para la prospección de oro en la región Guáimaro – Las Tunas, que tiene como objetivo caracterizar geológicamente las áreas con sectores a partir de datos de levantamiento geológico, datos geofísicos y geoquímicos en la región Guáimaro – Las Tunas. Para fundamentar los objetivos propuestos, la investigación se realizó con un volumen de los trabajos proyectados, que consistió en tres etapas: búsqueda bibliográfica, etapa de campo e interpretación de los resultados.

Esto permitió determinar el grado de perspectiva de las áreas con mineralización de oro en la región de estudio, haciendo una clasificación según sus potencialidades, de manera que nos proporcione la toma de decisiones en la identificación de las áreas más perspectivas como son Villa María, La Botija, Las Tunas, La Aurelia y Sirven para pasarlos a la prospección geológica y seleccionara las de primera prioridad que son villa María y La Botija, así como también valorar aquellas áreas que aún necesitan trabajos de reconocimiento, y desechar las que no representan ningún interés en el incremento de recursos.

Abstract

Due to the prize growth acquired by gold in the last few years, the recently reached mining development in the territory and the necessity of increasing the resources that serve as base to give continuity to the conquered mining impulse, like it is the Plant of Golden Hill in Jobabo, the present work titled "Preliminary geological recognition of the areas with sectors perspective for the prospecting of gold in the region Guáimaro –The Tunas" is carried out with the objective of characterizing geologically the areas and sectors using the geophysical, geochemical and survey data in the region Guáimaro-The Tunas. To fundament, the proposed objectives the investigation was carried out with a volume of the projected works that consisted on three stages: bibliographical search, field stage and interpretation of the results.

This allowed the determination the perspective areas with mineralization of gold in the study region, making a classification according to their potentialities, so that it facilitating the decision making in the identification of perspective sectors to prospective sectors such as Villa María, La Botija, Las Tunas and La Aurelia, as well as to value those areas that still need recognition, and to discard those that don't represent any interest in the increment of resources.

ÍNDICE

ÍNDICE	VIII
INTRODUCCIÓN	1
Capítulo 1: CONSTITUCIÓN GEOLÓGICA DEL ÁREA INVESTIGADA.....	8
1.1 Introducción.....	8
1.2. Características físico-geográficas de la región.....	8
1.2.1. Ubicación de la región de estudio	8
1.2.2. Relieve.	9
1.2.3. Hidrografía	10
1.2.4. Clima.	10
1.2.5. Comunicaciones.....	11
1.2.6. Economía.	11
1.3. Características geológicas de la región.....	12
1.3.1. Estratigrafía.....	12
1.3.2. Magmatismo intrusivo (R. Lugo Primelles).....	19
1.3.3. Tectónica.....	21
1.4. Metalogenia.....	23
1.5. Potencial Mineral.....	25
CAPITULO II: METODOLOGÍA Y VOLUMEN DE LOS TRABAJOS PROYECTADOS.	30
2.1. Introducción.....	30
2.2. Volumen de los trabajos proyectados	30
2.2.1. Etapas de la investigación.....	30
2.3. Principios teóricos y métodos de análisis.....	45
2.3.1. Principios teóricos	45
<i>Aldanelis Furones Cantillo</i>	VIII

2.3.2. Métodos utilizados en la fase de reconocimiento	49
CAPITULO III: REPRESENTACION E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS	57
3.1. Introducción.....	57
3.2. Reconocimiento y selección de las áreas perspectivas para trabajos futuros de prospección geológica.....	57
3.3. Interpretación geofísica de las áreas más perspectivas para trabajos futuros de prospección geológica.....	60
3.4. Interpretación geológica, mineralógica y geoquímica de las áreas perspectivas.	76
3.4.1. Caracterización de las muestras en secciones pulidas de las áreas seleccionadas de primera prioridad: Villa María y La Botija.	84
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFÍA	92
ANEXOS	I

INTRODUCCIÓN

La región que denominamos en el presente trabajo: región Guáimaro – Las Tunas es una de la más estudiada desde el punto de vista geológico a través del tiempo en el territorio de Cuba Central. Es conocido que desde la época de la colonización española, ya se extraía oro de la superficie, existiendo lugares donde se conservan aún los vestigios de las antiguas explotaciones.

De acuerdo a la situación económica mundial actual, el precio que ha alcanzado el oro en el mercado internacional y las características excepcionales dentro de las rocas del arco volcánico cretácico para la búsqueda y prospección de yacimientos de oro en esta región, ha motivado la realización de investigaciones geológicas para el incremento de reservas de nuestro país.

Una de las investigaciones realizadas para aumentar el conocimiento geológico de la prospección para oro es el presente trabajo que lleva como título: **Reconocimiento geológico preliminar en las áreas con sectores perspectivas para la prospección de oro en la región Guáimaro - Las Tunas.**

Teniendo como **problemática** la necesidad de caracterizar geológicamente las áreas con sectores perspectivas para trabajos futuros de prospección de oro en la región Guáimaro – Las Tunas.

Objeto: manifestaciones auríferas en la región de Guáimaro-Las Tunas.

Objetivo: caracterizar geológicamente las áreas con sectores perspectiva para la prospección geológica a partir de datos de levantamiento geológico, datos geofísicos y geoquímicos en la región Guáimaro-Las Tunas.

Objetivos específicos

1. Caracterizar geofísicamente las áreas con sectores.
2. Caracterizar geológica y geoquímicamente las áreas con sectores perspectivas.
3. Identificar las áreas con sectores más perspectivas que puedan pasar a trabajos futuros de prospección de oro en la región Guáimaro – Las Tunas.

Hipótesis

Si se logran interpretar los datos de levantamiento geológico, datos geofísicos y geoquímicos disponibles en la región Guáimaro – Las Tunas, entonces podrán ser identificadas y caracterizadas las áreas con sectores perspectivas para futuros trabajos de prospección geológica para oro.

Trabajos precedentes

De los trabajos geológicos y geofísicos acometidos en el área después del triunfo de la Revolución, por su importancia nos referiremos solamente a los más recientes, relacionados con la búsqueda, prospección y exploración de yacimientos minerales.

Los trabajos geofísicos y geológicos regionales se iniciaron en 1961 y comprendió un período desde ese año hasta 1985, realizándose los levantamientos aeromagnéticos y gravimétricos por los soviéticos a diferentes escalas, el aeromagnético a escala 1:50 000 por el autor V. Rimanonv *et al* (1962) y el gravimétrico 1: 100 000 y 50 000 por los autores. K. Shaposnikov, Ipatenko, S., *et al* (1966), cubriendo el territorio Ciego de Ávila – Las Tunas, luego, se realizaron los levantamientos gravimétricos 1:50 000 y aerogeofísicos (magnéticos + gamma espectrométrico) a esta misma escala por parte de la brigada soviético – cubana, con una línea de vuelo Norte–Sur cada 500m con una altura aproximada de 100m.

Los resultados de los levantamientos geofísicos regionales, sirvieron de gran utilidad para la ejecución posterior de los levantamientos geológicos regionales, los trabajos de búsquedas y prospección a las diferentes escalas, se llevó a cabo el

levantamiento 1:100 000 Guáimaro – V. de las Tunas que abarcó un área de 2 200 km², que tuvo como resultado el mapa geológico correspondiente a esta misma escala, identificándose un gran número de manifestaciones minerales (V. Ovchinikov, *et al* 1998), a mediados y finales de la década del 80 hasta el 90, se realizó el levantamiento 1:250 000 por la Academia de Ciencias de Cuba y Bulgaria, que abarcó el territorio Camagüey – Ciego de Ávila y parte de Las Tunas (Tchounev *et al* 1981), constituyendo la base geológica más actualizada del territorio del archipiélago cubano. Posteriormente se desarrolló el levantamiento CAME y el gravimétrico 1:50 000, cerrando así una etapa de intensa labor en el desarrollo geológico de nuestra provincia, realizándose el levantamiento del territorio de las provincias Camagüey – Ciego de Ávila (Iturrealde Vinent, *et al*, 1986, E. Piñero *et al*, 1990).

Al finalizar la década de los años 80 se llevó a cabo la exploración del yacimiento Florencia (Akberov *et al*, 1990) la cual permitió obtener una descripción detallada de la geología de este yacimiento, sus cuerpos minerales, mineralogía de mena, alteraciones hidrotermales, tectónica, etc., convirtiéndolo en el yacimiento mejor estudiado y con mayores reservas calculadas de la región hasta 1990.

Entre 1990 y 1992 se ejecutaron trabajos de prospección en el ya mencionado Campo Mineral Jobabo, dirigidos a la evaluación de las reservas de los depósitos mejor conocidos (Maclama, Georgina, Abucha e Iron Hill) y a estudiar las posibles relaciones espaciales entre ellos (Alemán, I., De la Torre A., Barroso A., Lamas M., Donet P., Pérez J., García M., Escobar A. y Rodríguez R. E., 1992).

En 1991 se aprobó un proyecto temático, realizado entre la empresa geológica de Camagüey y el IGP, que planteaba aplicar la búsqueda de paleoestructuras controladoras como una parte importante de un estudio multidisciplinario de evaluación del potencial de la parte nororiental del arco camagüeyano, en la región Siboney-Las Tunas (Capote *et al*.1991).

Entre 1992 y 1993 se concreta la firma de varios contratos de Asociación Económica entre Geominera S.A y varias firmas canadienses, en su totalidad compañías juniors que se establecieron en nuestro territorio ocupando cada una diferentes regiones.

Cada una de estas asociaciones trabajó de manera independiente con diferentes enfoques y tecnologías. Sin embargo hay que señalar que los territorios de Joutel y de Mac Donald fueron volados con levantamiento aeromagnético y aerelectromagnético a escala 1: 25 000 con líneas de vuelo a 250 m y altura de vuelo entre 70 y 100m, mientras que los territorios de Minería Siboney fueron volados únicamente con el levantamiento aeromagnético con iguales características. Todos los vuelos fueron realizados por la firma canadiense GEOTERREX LTD radicada en Ottawa y los materiales tienen una excelente calidad, constituyendo una información de muy alto valor.

Los resultados más importantes del trabajo de las asociaciones en nuestro territorio son: el descubrimiento del yacimiento de Oro - Cobre Golden Hill, en el área de la Mac Donald; el Prospecto aurífero El Pilar (fuera del área de estudio) en el área de KWG y el Prospecto de oro Santa Elena en el área de la Caribgold, así como el incremento del grado de conocimiento en un gran número de ocurrencias minerales y descubrimiento de otras en el territorio.

Los resultados obtenidos de todas estas investigaciones han confirmado la alta perspectiva para la mineralización aurífera de esta región, no obstante, tanto en los trabajos enmarcados en el levantamiento a escala 1:100 000, como en aquellos a escala 1:50 000, faltó la integración de datos estructurales y geofísicos con vistas a la evaluación del potencial mineral y el esclarecimiento, o simplemente la investigación, de la relación entre el fallamiento regional y la mineralización hidrotermal del arco. Los trabajos de reconocimiento practicados por las compañías extranjeras en los años 1994 – 97, estuvieron dirigidos fundamentalmente a la detección de la mineralización en sí, y al detallamiento inmediato de los sectores más interesantes. Por tanto, no se prestó una especial atención a la reconstrucción de las paleoestructuras del arco, adoleciéndose también de la falta de mapas regionales de alteraciones y la construcción de modelos de depósitos a partir de la información regional existente.

Por otro lado, Capote (1996, 1997, 1998, 1999,) ha desarrollado la línea de

integración multivariada diseñada en el proyecto temático de Siboney – Las Tunas, obteniendo nuevos datos e interpretaciones sobre los factores controladores estructurales y magmático – estructurales regionales envueltos en la formación de los paleosistemas hidrotermales del arco cretácico del territorio Ciego – Camagüey – Tunas.

Entre los años 1999 y 2001 especialistas de la Empresa Geominera de Camagüey realizaron trabajos de reconocimiento geológico para oro y otros metales en varios sectores del territorio tomando como base teórica la interpretación geólogo – estructural de los datos geofísicos en la región Ciego de Ávila – Camagüey – Las Tunas (E. Pérez, H. Pimentel *et. al*, 1998). Se revelaron nuevas zonas de desarrollo de actividad hidrotermal – metasomática con o sin mineralización aurífera y se realizó la definición esquemática de zonas anómalas que caracterizan distintos tipos genéticos y morfológicos de mineralización, atendiendo también al marco geólogo-estructural en que se presentan.

En el territorio se han realizado varios trabajos temáticos por parte de especialistas del IGP y la EGC los cuales han hecho valiosos aportes al conocimiento geológico de la región y a la mejor comprensión de la vinculación de los procesos de mineralización con los diferentes ambientes geológicos de formación y los factores paleoestructurales envueltos en su formación.

El proyecto I+D 211: Reevaluación metalogénica del potencial de recursos minerales de metales preciosos y bases en Cuba oriental (Moreira *et al*, 1999), además de otras provincias del oriente cubano, incluyó todo el territorio de la provincia Las Tunas y la parte meridional y central del municipio Guáimaro, donde fueron identificadas varias áreas altamente perspectivas, para mineralización de Au – Ag y metales base.

A finales de los 90 especialistas de la E.G.C. (Pérez *et al*. 1998) realizaron la interpretación tectónico – estructural de los datos geofísicos en la región Ciego de Ávila – Camagüey – Las Tunas, a través de las cuales se han indicado la ocurrencia de diversas fajas metalogénicas en la porción meridional del arco camagüeyano, lo

cual ha servido de soporte importante a los reconocimientos practicados en la segunda mitad de los 90 y comienzos de los 2000.

En el Informe final del proyecto I+D 224 Evaluación del potencial de metales preciosos y base del arco Cretácico en el territorio Ciego – Camagüey – Las Tunas (Capote *et al*, 2002) hacen una reevaluación del arco camagüeyano, a escala 1:10 000, mediante el análisis integrado de imágenes de teledetección y los datos provenientes de la información geológica, geoquímica, geomorfológica y geofísica. Confirmando la asociación de la mineralización de metales preciosos y base del arco camagüeyano al vulcanismo y la actividad hipabisal tardíos del arco, desarrollados preferentemente en las zonas de intercepción de fallas syn – arco noreste, oeste – noroeste y norte – sur; además incluye entre sus resultados aspectos tales como cartografía, a escala 1:100 000, de las paleoestructuras del ACIVC en el territorio C – C – LT; modelación paleo – ambiental de la mineralización; patrones locales de reconocimiento; análisis de favorabilidad SIG y visual; así como la selección de 6 nuevos sectores favorables, en los cuales se estiman 1,43 millones de onzas/troy de oro.

CAPÍTULO 1

Capítulo 1: CONSTITUCIÓN GEOLÓGICA DEL ÁREA INVESTIGADA.

1.1 .Introducción.

1.2. Características físico-geográficas.

1.3. Características geológicas de la región.

1.4. Metalogenia.

1.5. Potencial mineral.

1.1 Introducción.

El presente capítulo tiene como objetivo destacar las características físico – geográficas y geológicas de la región de estudio. Además nos permitirá obtener una información general de las condiciones físicas, climatológicas y socio – económicas existentes en la región.

1.2. Características físico-geográficas de la región

1.2.1. Ubicación de la región de estudio

La región de estudio desde el punto de vista administrativo abarca áreas de las provincias Camagüey y Las Tunas, dentro de la región tenemos los municipios: Guáimaro, Colombia, Jobabo, Las Tunas y Calixto. Limita al Norte con los municipios Sibanicú y Manatí; al Este con Calixto García; al Sur con Amancio y al Oeste con Jimaguayú, abarca un área de unos 3417.8km², entre las coordenadas geográficas (ver Fig. 1.2.1):

1 – X: 440 000;	Y: 270 000;	3 – X: 440 000;	Y: 240 000
2 – X: 490 000;	Y: 270 000	4 – X: 490 000;	Y: 240 000

Las distintas medias entre los cauces de los ríos y depresiones del relieve oscilan de 0,3-0,7 Km, el ángulo de pendiente varía de 0,5°-12°. El caudal medio de aguas superficiales no supera 151m³/seg; en la mayor parte del mismo es de 51 m³/seg.

A consecuencia de esto, el carácter de la denudación varía de lento a intenso. La capa de suelo está representada por suelos lateríticos no carbonatados de color carmelita y rojizo (en efusivos y granitoides respectivamente).

La llanura de denudación sur (donde se encuentra mayormente el área de estudio) representa una llanura plana de erosión – denudación con alturas absolutas de 50-70m. Al sur se transforma en una llanura desmembrada de abrasión – denudación con alturas de 20-40 m.

1.2.3. Hidrografía

La red fluvial de la región está representada por ríos pequeños, siendo más densa la red en la llanura de denudación S que en la N. En la red de la llanura de denudación sur tenemos los ríos: Tana; Canario (afluente del primero); Jobabo; Guáimaro (afluente del Jobabo); al igual que el arroyo Bijiao; Virama; Cayojo; Hormiguero y Cornito (afluente del anterior); en los cuales desemboca una moderada cantidad de afluentes más pequeños, que en parte se secan en la época de sequía.

Una buena parte de estos ríos y arroyos se secan parcialmente en la época de seca, al igual que los afluentes que desembocan en ellos. En la estructura de los valles de los ríos más grandes de la región (Tana, Jobabo, Hormiguero, San Agustín, Yariguá y otros) toma parte una zona anegadiza y la primera terraza superior. Los valles son preponderantemente aplanados y poco pronunciados.

1.2.4. Clima.

El clima del territorio es sub-tropical húmedo. En invierno la temperatura media es de 19°C durante la noche y 22°C en el día y de 27°C y 30°C respectivamente en verano. Las precipitaciones medias totales anuales oscilan entre 1200 y 1600 mm, mientras

que las medias totales en el período lluvioso (mayo-octubre) varían entre 1000 y 1300 mm, y las del período seco (noviembre – abril) entre 48 y 60 mm.

Los árboles de mayor porte son ceibas, algarrobo, caoba, cedro, pino, casuarina, palmas, etc. Se diferencian sabanas de gramíneas y árboles planifolios además de la vegetación de cultivos (plantaciones de caña, viandas, vegetales y pastos), con sectores de vegetación espontánea y arbustiva, especialmente marabú y aroma.

1.2.5. Comunicaciones

Prácticamente toda el área donde se realizaron los trabajos está atravesada por una red relativamente densa de carreteras y caminos, facilitando el desarrollo de las investigaciones. De primera importancia es la Carretera Central, que pasa por el poblado Martí y las ciudades Guáimaro y Las Tunas. Por orden le sigue la carretera Tunas-Jobabo-Elías, las carreteras Guáimaro-Palo Seco-San Miguel, Guáimaro-Elías-Amancio y de la Carretera Central hacia Manatí, todas asfaltadas.

1.2.6. Economía.

La economía de la región es básicamente agropecuaria, siendo la cría de ganado, los cultivos de caña de azúcar, y cultivos menores sus principales renglones. Las principales instalaciones turísticas se encuentran en el litoral N donde se destaca la playa Caba Rubia, entre otras. La industria es variada destacándose las producciones de laminados de acero, estructuras metálicas, cemento y la fabricación de conservas y embutidos, siendo los principales polos industriales las ciudades de Camagüey y Las Tunas. La actividad minera procesa minerales no metálicos, dentro de los cuales se destacan zeolitas, magnesitas, calizas, arena, arcillas. Actualmente ya está en operaciones la mina de oro de Golden Hill en Jobabo (Las Tunas), así como su respectiva planta de procesamiento. Está en proyecto la construcción de una segunda planta en Guáimaro para el procesamiento de las menas auríferas del depósito Jacinto y se prevé acelerar el estudio de nuevos prospectos por lo que esta actividad en el futuro debe alcanzar un destacado lugar en la economía de esta región.

1.3. Características geológicas de la región.

1.3.1. Estratigrafía.

EL territorio Camagüey – Las Tunas posee una constitución geológica muy compleja (ver Fig. 1.3.1) y en él son reconocidos dos niveles estructurales fundamentales: El Substrato Plegado y el Neoautóctono (Iturralde Vinent, M., 1998). El primero está formado por diferentes terrenos de naturaleza continental y oceánica incluyendo rocas desde el Cretácico hasta el Eoceno medio. El Neoautóctono está formado por sedimentos que cubren casi horizontalmente al substrato plegado.

Entre los Terrenos de naturaleza Oceánica se encuentra el Arco de Islas Volcánicas del Cretácico conocido por su alto potencial aurífero, por lo que expondremos con el requerido grado de detalle las rocas del Arco de Islas del Cretácico.

Mapa geológico de la región de estudio Guáimaro – Las Tunas.

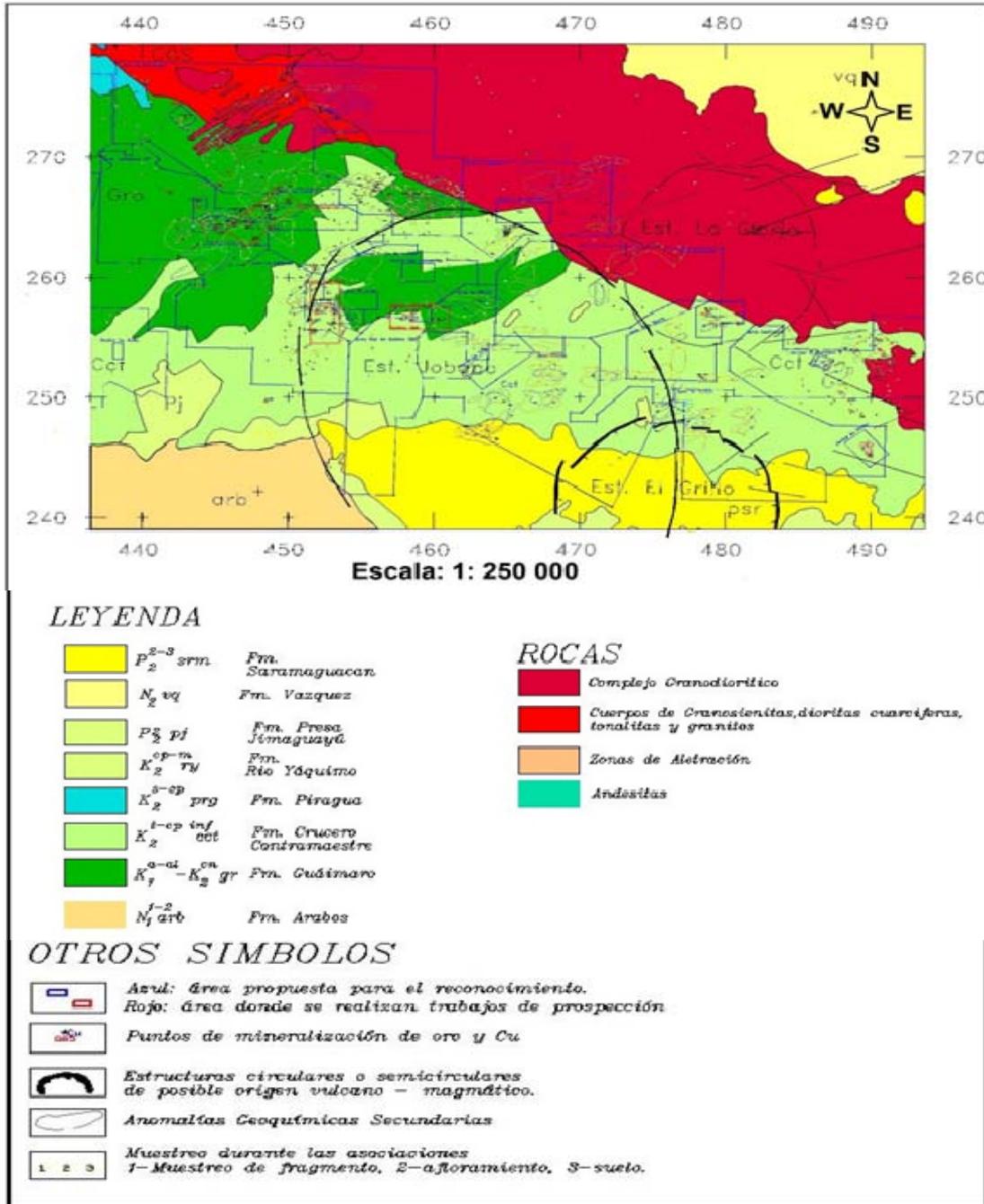


Fig. 1.3.1: Versión digital del mapa geológico de la región de estudio, Guáimaro – Las Tunas. Modificado de Academias de Ciencias de Cuba, Bulgaria, Hungría, Polonia, U.R.S.S. 1989.

El substrato plegado:

❖ Terrenos de naturaleza continental

Los terrenos de naturaleza continental en el territorio Camagüey – Las Tunas ocupan una franja al noroeste del área, situada al S de la plataforma de Bahamas (margen continental de Bahamas), con un desarrollo fuera del área de estudio de este trabajo.

❖ Terrenos de naturaleza oceánica.

Una parte importante de la constitución geológica del territorio la ocupan los complejos rocosos formados en ambiente de corteza oceánica. En ellos están incluidas las rocas de la asociación ofiolítica y del arco volcánico del cretácico, este último es conocido por su alto potencial aurífero, asociado al mismo se localizan numerosas ocurrencias auríferas en todo el territorio.

❖ Arco de islas volcánicas

El arco de islas volcánicas del Cretácico insular en el territorio presenta una gran variedad litológica tanto en los complejos plutónicos como en los vulcanógeno – sedimentarios con edades que van desde el Cretácico Inferior (Neocomiano) hasta el Cretácico Superior (Campaniano). Se separan cuatro fases del vulcanismo en el tiempo de su evolución, siendo las tres primeras las más importantes, y la última de reducida importancia por su poca distribución areal.

La primera fase del vulcanismo es de carácter básico a semi – básico, vinculada a los nudos magmáticos Guáimaro y Rapado. Las formaciones Guáimaro y Crucero Contra maestre son las principales representantes.

A la segunda fase corresponde la formación Piragua, que se caracteriza por el desarrollo intenso de la actividad volcánica, tanto subaérea como submarina somera, con derrames de tipo fisura al comienzo y luego, de modo predominante del tipo central.

La tercera fase tiene carácter ácido y está representada por las rocas de las formaciones Caobilla y La Sierra. La primera es la única formación que se desarrolla

al norte del cinturón de granitoides y se presenta muy tectonizada y con amplios procesos de alteración, desde los límites de Camagüey con Las Tunas hasta la provincia Ciego de Ávila. Por otra parte, la formación La Sierra tiene limitado desarrollo en estructuras volcánicas de tipo central, al norte de Sibanicú, al oeste de Algarrobo y al sur de Vertientes.

La cuarta y última fase del vulcanismo en el esquema tiene carácter medio – básico, representada únicamente por cuerpos cortantes, ubicados al parecer por fallas transversales al arco (dirección cercana a la meridional) cuya localidad tipo radica en la cantera La Mulata, a 15 km al SW de Nuevitas, con andesitas y andesito – basaltos hasta basaltos hipersténicos frescos.

Formación Guáimaro (gr)

Es la formación de más antigua datación y marca el inicio del vulcanismo cretácico del arco en el territorio Ciego – Camagüey – Las Tunas. Tiene amplio desarrollo hacia el este de la provincia Camagüey y toda la provincia de Las Tunas hasta sus límites con Holguín, como se explicará más adelante en la descripción de la formación Iberia.

Está constituida por lavas y lava brechas basálticas, traquiandesito – basálticas, traquibasálticas, andesíticas, clastolavas basálticas. También aparecen a partir de la parte media del corte los paquetes de rocas piroclásticas hasta tobas aglomeráticas y aglomerados volcánicos, donde además comienzan a ser más frecuentes los componentes sedimentarios, predominando los conglomerados. Hacia la parte superior del corte predominan las intercalaciones de calizas (hasta 1200-1400m de largo por 50-80 m de potencia) sobre las aleurolitas, areniscas y conglomerados tufogénicos entre las secuencias lavoclasticas y piroclásticas, que tienen al final tendencia a la composición media básica. Es característica, la alternancia de flujos y mantos de lavas que se separan por cuerpos finos de rocas piroclásticas de poca potencia o más raramente por rocas sedimentarias. Edad: Cretácico Inferior (Albiano)- Cretácico Superior (Coniaciano). (D. Tchounev *et al.* en: E. Belmustakov *et al.*, 1981).

Formación Crucero Contramaestre (cct)

Es una unidad constituida por areniscas, conglomerados, gravelitas, tobas, tufitas, calizas silicificadas, silicitas gris carmelitosas, lava brechas de composición andesítica, basalto-andesítica y basálticas subordinadas, donde son frecuentes los aglomerados volcánicos y tufogénicos de composición media, principalmente en la parte inferior del corte. Inicialmente (Informe ACC-Bulgaria, 1981) fueron separados 6 miembros, con diferentes tipos de cortes y edades: Las Gordas, Tana, Vialla, Rapado, Monteverde y Berrocal. Edad: Cretácico Superior (Turoniano?- Campaniano Inferior). (D. Tchounev et al. en: E. Belmustakov et al., 1981).

Formación Piragua (prg)

En la parte inferior del corte aparecen brechas y conglomerados tobáceos, calizas biogénicas, areniscas tobáceas, tufitas y tobas. Hacia la parte superior aparece una secuencia bien estratificada de tobas vitroclásticas, vitrocristaloclástica, cristaloclástica, y litocristaloclástica (aleurolito – psamopsefíticas) y lavas andesíticas, andesito-basálticas y andesito-dacíticas, las que se cubren discordantemente por las rocas de la formación Durán y Presa Jimaguayú. El 80% de la secuencia lo ocupan las rocas vulcanógeno-sedimentarias. Mención aparte merecen los variados tipos de calizas de esta formación: fragmentarias con matriz micrítica, biodetríticas, con matriz microgranular, arenosas biodetríticas con matriz irregular de color gris con matices variados, calizas micríticas con fragmentos, blanquecinas hasta abigarradas, fragmentarias con cemento de grano transparente (hasta conglomerados calcáreos), con cemento de grano fino, a veces laminar y calizas recristalizadas de grano fino uniforme, con vetillas, grietas y estilolitos y fractura irregular y por último calizas silicificadas de color gris verdoso y aspecto granuloso, débilmente laminadas, con poros y grietas rellenas por cuarzo-calcedonia y carbonatos. Edad: Cretácico Superior (Santoniano- Campaniano). (D. Tchounev *et al.* en: E. Belmustakov *et al.*, 1981).

Formación Arabos (arb)

Está constituida por arcillas illito – montmorilloníticas calcáreas, abigarradas, con gránulos de cuarzo, concreciones calcáreas, arcillas y Ostrea, de colores crema, amarillento y gris verdoso; calizas arcillosas, margas, raras intercalaciones de areniscas arcilloso- limosas amarillo- rojizas y calizas dolomitizadas. Las arcillas contienen a veces gravas polimícticas muy finas y gránulos de pirita. Edad: Mioceno Inferior parte alta- Mioceno Medio. (M. Iturralde, 1966b).

Formación Presa Jimaguayú (pj)

Está constituida por calizas organógenas, calizas organógeno- detríticas, calizas detríticas, calizas micríticas, calizas brechosas a brecha calcárea, margas e intercalaciones de areniscas polimícticas y aleurolitas. Yace discordantemente sobre las formaciones Caobilla, Crucero Contramaestre, Durán, Guáimaro, Río Yáquimo. Es cubierta discordantemente por las formaciones Florida y Vertientes. Edad: Cretácico Superior (Maastrichtiano Superior). (M. Iturralde *et al.* en: E. Belmustakov *et al.*, 1981).

Formación Río Yáquimo. (ry)

Interestratificación de margas arenosas y aleurolitas arenosas, arcillosas y sacaroidales, areniscas calcáreas y polimícticas, a menudo vulcanomícticas, subordinadamente arcillas, argilitas y conglomerados. Yace discordantemente sobre las formaciones Caobilla y Crucero Contramaestre. Es cubierta discordantemente por las formaciones Florida, Paso Real, Presa Jimaguayú y Vertientes. Edad: Cretácico Superior (Campaniano – Maestrichtiano Inferior). (S. Ianev *et al.* en: E. Belmustakov *et al.*, 1981).

Formación Saramaguacán. (srm)

Se desarrolla solamente en la parte nororiental de la provincia de Camagüey. Está constituida por Calizas micríticas, calizas detrítico – organógenas, calizas arcillosas, margas, gravelitas polimícticas o calcáreas. En la parte alta de su corte abundan las areniscas, aleurolitas y arcillas, así como lentes de pedernal y radiolaritas entre las

margas y calizas. Yace discordantemente sobre la Fm. Maraguán. Es cubierta discordantemente por la Fm. Vázquez y los sedimentos innominados del Holoceno.

Edad: Eoceno Medio parte alta- Eoceno Superior. (M. T. Kozary, 1956^a.)

Formación Vázquez. (vq)

Se desarrolla en forma de faja ancha e irregular entre el poblado de Chaparra al E y el Río Saramaguacán, al W, abarcando en parte las áreas septentrionales de las provincias de Camagüey, Las Tunas y Holguín.

Existe una Alternancia de margas, aleurolitas calcáreas o arcillosas, argilitas y arcillas esmécticas, arcillas arenáceas, que en la parte occidental del área de distribución contienen intercalaciones finas y concreciones de magnesita, la cual puede presentarse también en estratos de 5 m y más, subordinadamente calizas biodetríticas arcillosas, calizas micríticas, calcilutitas poco consolidadas (éstas a veces con débil fosfatización), calcarenitas, areniscas, pseudoconglomerados, conglomerados calcáreos y polimícticos, constituidos éstos por serpentinitas, gabros, cuarzo, vulcanitas y granitoides. Algunos horizontes son muy ricos en macrofósiles, principalmente moldes e impresiones de bivalvos siendo conspicuos en las arcillas los Ostreidae, principalmente *Ostrea rugifera*. Ellas contienen también yeso, pirita y lignito. Colores variados: crema, amarillento, grisáceo, verdoso, rojizo y blancuzco, predominando el primero. Estratificación enmarcada, en general, por los cambios litológicos. Edad: Mioceno Inferior parte alta- Mioceno Medio. (P. Jakus en: E. Nagy *et al.*, 1976).

El Neoaútóctono

A partir del Eoceno superior-Oligoceno comenzó la formación de las cuencas superpuestas de la plataforma moderna, se caracteriza en la provincia de Camagüey por la formación Nuevitas, fuera del área de estudio.

❖ **Depósitos Cuaternarios**

Los depósitos cuaternarios recubren de manera desigual, todas las formaciones más antiguas del sustrato a través de todo el territorio de Camagüey – Las Tunas. Ellos están representados por depósitos aluviales, coluviales, proluviales, eluviales, depósitos marinos, palustres y depósitos insulares.

1.3.2. Magmatismo intrusivo

En el territorio Ciego – Camagüey – Las Tunas los intrusivos han sido divididos en tres complejos diferentes (Lugo P. R y otros. 1997), de acuerdo con sus características petrográficas, petroquímicas, así como por su distribución espacial y en el tiempo, y se les conoce como sigue:

- ❖ Complejo Gabrosienítico.
- ❖ Complejo Granodiorítico.
- ❖ Complejo Plagiogranítico

Estos tres complejos intrusivos están en estrecha correspondencia con las tendencias petroquímicas presentes en el área, que son: la línea alcalina a subalcalina para el complejo gabrosienítico; calcoalcalina normal para el complejo granodiorítico y calcoalcalina sódica muy pobre en potasio para el plagiogranítico, guardando estrechos vínculos con las formaciones volcánicas estudiadas; dada la asociación espacial y temporal existente y demostrada vulcano – plutónica de los complejos rocosos equivalentes que, a su vez, expresan estrecha relación genética.

Complejo Gabrosienítico

Este complejo está presente en los macizos Algarrobo, Camagüey, Ignacio, Siboney y Sibanicú – Las Tunas (su mayor desarrollo) en su parte suroeste, además de un pequeño macizo aledaño al embalse Lavado, al noreste de Jobabo.

Las rocas que conforman este complejo son: monzogabros, monzodioritas y monzonitas con o sin cuarzo y las sienitas que son las que más abundan y son más típicas y variadas.

Los intrusivos del complejo gabrosienítico se vinculan espacial y genéticamente a las rocas volcánicas de las subseries shoshonítica, alcalina y subalcalina de las formaciones Guáimaro, Martí, Camujiro y Piragua, en las que las vulcanitas más típicas de estas subseries son los diferentes tipos de basaltos.

Complejo Granodiorítico

Es el más importante de los complejos y con la mayor distribución geológica y geográfica en el territorio Camagüey – Las Tunas.

Las rocas de este complejo intruyen a las representantes vulcanógenas sedimentarias que prácticamente incluyen todas las formaciones cretácicas observables en los lugares que afloran y aparecen recubiertas transgresivamente tanto por rocas sedimentarias a partir del Campaniano superior – Maestrichtiano, como por sedimentos rojos del cuaternario.

Las rocas que componen este complejo son: gabros, gabrodioritas, dioritas, dioritas cuarcíferas, granodioritas y granitos prevaleciendo ampliamente los diferenciados ácidos finales. La textura general del complejo es masiva aunque en la zona del contacto es posible observar rocas bandeadas o laminares. La estructura es hipidiomórfica granular de grano fino hasta grueso, con predominio del grano mediano, además se observan estructuras alotriomórficas, aplíticas, gráficas, etc. en las variedades más ácidas y porfiroideas en los diques y bordes de enfriamiento de los cuerpos.

Los equivalentes volcánicos del complejo granodiorítico en la región están representados por las rocas de la serie calcoalcalina normal de las formaciones Camujiro, Piragua, Contramaestre y Martí, y son basaltos, andesitobasaltos, andesitas (la roca más abundante), andesitodacita y riolitas en mucho menor proporción.

Complejo Plagiogranítico

Este complejo tiene un desarrollo espacial y geográfico mucho más limitado que el complejo granodiorítico, en tanto su distribución es opuesta a las rocas del complejo

gabrosienítico, es decir, las rocas del complejo plagiogranítico se desarrollan hacia el oeste del territorio por la parte norte de los cuerpos intrusivos, observándose claramente en las áreas afloradas, vinculándose espacial y genéticamente con las rocas vulcanógenas de la Formación Caobilla, con la cual presenta identidad petroquímica.

El complejo plagiogranítico está compuesto por raros gabros y tonalitas, escasas tonalitas cuarcíferas y muy abundantes plagiogranitos anfibolíticos y leucocráticos (en muy marcada diferencia).

Aquí predominan los diferenciados ácidos finales, tanto para los intrusivos como para las vulcanitas a diferencia de lo presentado para las series alcalina y calcoalcalina normal, en las que para las formaciones vulcanógenas predominan los diferenciados intermedios, y ácidos para los intrusivos.

1.3.3. Tectónica

La región se encuentra situada entre los límites del Arco de Islas Volcánico Cretácico. Se ubica geológicamente en el flanco Sur de lo que pudiera llamarse eje magmático intrusivo Ciego – Camagüey – Las Tunas, coincidiendo con la franja meridional, menos deformada de la asociación vulcano – plutónica, situada esencialmente al S-SW de los afloramientos del gran cuerpo de granitoides Sibanicú-Las Tunas. Además de las rocas del Arco de Islas Volcánicas del Cretácico, en el área encontramos las secuencias desarrolladas durante la etapa sinorogénica, representadas por los depósitos molásico - flyschoides del Campaniano Maestrichtiano. La etapa postorogénica está representada por las rocas de la cobertura neoa autóctona del Neógeno al Reciente, caracterizada de forma general por movimientos verticales de ascenso y descenso. (E. Pérez Peña, 1998)

Estructuras Circulares

En el área de la concesión Florencia - Jobabo se han interpretado por varios autores a través de diferentes trabajos estructuras volcánicas de distintas categorías (I. Shevchenko, 1978; C. Capote *et al*, 1993).

En los últimos años a la luz de los nuevos trabajos geofísicos realizados en la zona, se han interpretado diferentes estructuras circulares, que pudieran significar la presencia de estructuras vulcano-tectónicas en esta franja meridional del Arco volcánico cretácico.

Estas estructuras están respaldadas por anillos circulares del campo magnético, los cuales encierran un campo muy variable en forma de mosaico, además con abundantes anomalías de potasio vinculadas a las mismas; y también se respaldan por zonas de máximos en el campo gravitatorio; en cuanto a esto último se pueden estimar la presencia de estas estructuras, considerando que las mismas en la actualidad constituyen grandes cuerpos magmáticos yaciendo en la profundidad. En trabajos de levantamientos geológicos realizados en estas regiones del arco volcánico cretácico, las rocas intrusivas han resultado las más densas de las diferentes formaciones y complejos rocosos que conforman el arco; además bajo esta concepción se han estimado y perforado cuerpos de esta naturaleza yaciendo por debajo de las formaciones efusivo-sedimentarias, por lo tanto es lógico pensar que en esta oportunidad estamos en condiciones geológicas muy similares, otro argumento a nuestro favor lo constituyen las anomalías de potasio relacionadas con mínimos magnéticos, las cuales deben reflejar entre otras cosas zonas de rocas alteradas vinculadas con las partes más apicales de estos grandes cuerpos.

Geológicamente se puede ver el vínculo directo que guardan determinados apófisis y cuerpos subvolcánicos con los límites espaciales de estas estructuras, la orientación y distribución de las zonas de rocas alteradas respalda este criterio.

Esta zona que pudiera corresponderse con un segundo eje magmático enterrado, se manifiesta como un haz de fallas paralelas de rumbo aproximado SE-NW, a las cuales en este trabajo le hemos denominado sistema de fallas Jobabo. Se trata de una zona de fuerte debilitamiento tectónico, a la que se encuentran asociado cuerpos subvolcánicos, cuerpos subintrusivos, apófisis de rocas intrusivas (como los de Maclama y Golden Hill), y un número elevado de zonas de alteraciones. Esta zonación se ve interrumpida frecuentemente en toda esta zona sur por sistemas de

fallas profundas, sobre todo de dirección NE, que la desplazan en bloques rompiendo con su continuidad.

1.4. Metalogenia

Las principales ocurrencias minerales conocidas en el territorio de desarrollo de las rocas del AIVC, se estima fueron originadas como resultado de eventos hidrotermales acompañados de procesos de mineralización metálica vinculados a la formación del arco, y muestran un amplio desarrollo por toda la región. Para esta parte del territorio se han descrito los tipos de mineralización siguientes: Oro epitermal de alta sulfuración, Oro meso–epitermal de baja sulfuración, Tipo Carlin, Cu-Mo porfírico, Skarn de hierro, Skarn de Cu, Tierras raras y elementos dispersos.

Las formaciones vulcanógeno – sedimentarias son afectadas fuertemente por la tectónica predominando la dirección cubana (NW) y la dirección transversal por los eventos magmáticos que las intruyen y dan lugar a amplias zonas de alteración hidrotermal – metasomáticas, en las cuales se encuentran frecuentemente cuerpos minerales de diferentes metales entre los que sobresale el oro, con una amplia distribución a lo largo de todo el territorio (ver Fig. 1.4), donde se muestra la distribución de las principales ocurrencias minerales. (Escobar E., 1990)

Desde el punto de vista metalogénico las alteraciones hidrotermales-metasomáticas que convierten los protolitos en rocas de alteración pervasiva en las facies de alteración potásica, argílica y fílica, constituyen un objeto de especial interés para la localización de la mineralización metálica, aurífera, auro - cuprífera, cupromolibdénica, etc (Czhestokanova, V. *et al.* 1966). Al igual que las alteraciones de endoskarn, portadoras de mineralizaciones de hierro, oro, cobre, plomo, zinc, etc. Amplia ejemplificación podemos dar de las alteraciones argílicas avanzadas, etc. que se distribuyen a través de todo el eje magmático principal de este a oeste tales como Dumañecos, Tunas sureste, Villa María, Tres Casas I, Palo Seco, Guáimaro, La Mina, etc. donde se han separado las fases cuarzo-sericíticas, alunítica, pirofílica, andalucítica, con diáspora, dickita y zunyita, illita, montmorrillonita, esmectita, clorita,

etc., y que se asocian a estructuras volcánicas con diferentes niveles de erosión y a intrusiones, generalmente pequeñas y cuerpos subvolcánicos.

Desde el punto de vista estructuro – tectónico, además del sistema cubano axial, confirmado como el principal para el emplazamiento de las acumulaciones minerales, prueba de ello es la evidente relación espacial entre este y la mineralización aurífera de V. del Príncipe, El Jagüey, Loma Caridad, Embarque, Tunas Sureste, también se evidencia una particular afinidad de la mineralización con el rumbo noreste, sistema que aparentemente también es de edad syn - arco con reactivaciones posteriores. Para este caso se han delimitado yacimientos minerales como Florencia y muchas otras ocurrencias minerales, dentro de los cinturones de rumbo noroeste. En el caso del sistema NS no se considera que tenga implicaciones metalogénicas.

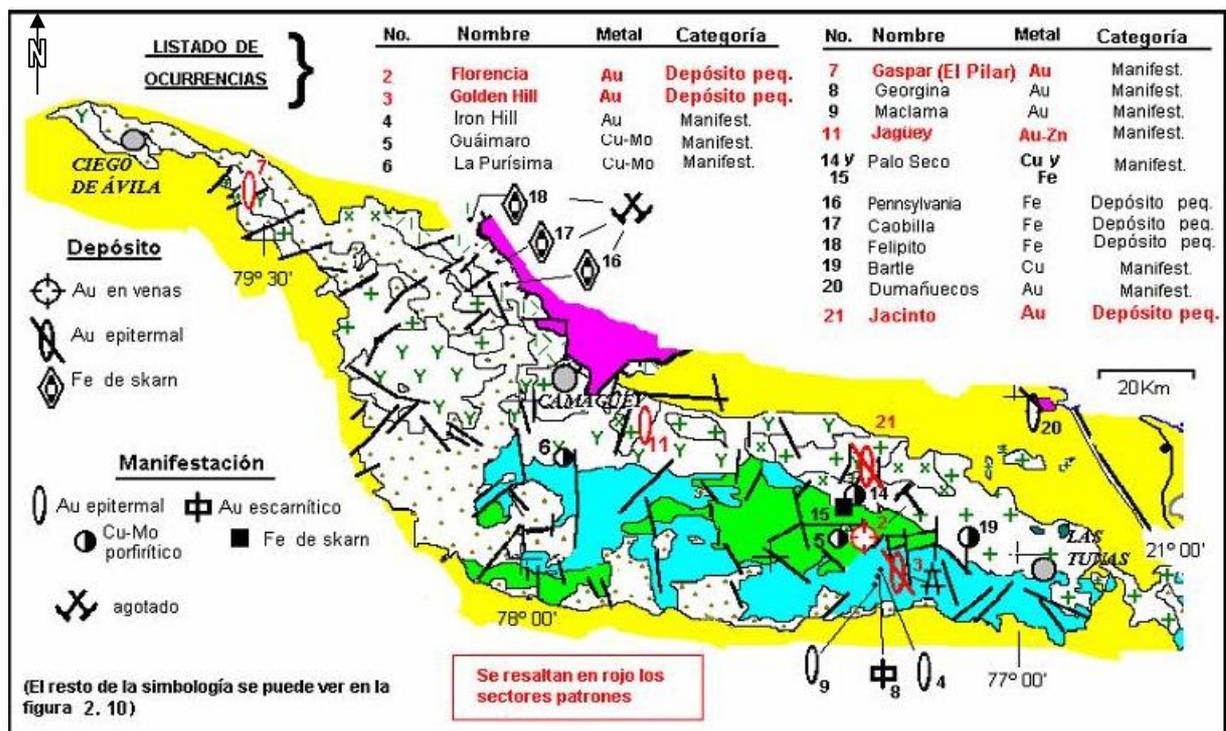


Fig. 1.4: Mapa de distribución de las principales ocurrencias minerales en el territorio. (Tomado de Capote C. et al 2002).

Se complementa el marco estructural-tectónico favorable para la localización de los depósitos minerales, con la presencia de las estructuras anulares, en las que en

variados sectores se han confirmado los diferentes tipos de mineralización industrial. En la estructura Jobabo se presenta quizás el mejor de sus ejemplos. Es evidente además, que los nudos de intersección entre estos sistemas disyuntivos, conforman el marco tectónico más favorable para el emplazamiento de los yacimientos minerales de importancia económica. (Escobar E., 1990)

En el territorio se conoce además sobre la existencia de mineralización aurífera asociada a depósitos eluvio-deluvio-aluviales recientes (Río Guáimaro, arroyos Maclama y Jobabito) desarrollados en llanuras aluviales, así como próximos a manifestaciones auríferas primarias, los que están constituidos por una mezcla de arena, arcilla y grava con contenidos industriales de Oro. Consideramos que no se dispone aún de la información requerida para hacer una evaluación definitiva del potencial de este tipo de mineralización en el territorio. (Moreira, J., *et al*, 1999)

1.5. Potencial Mineral

El territorio de las provincias Camagüey – Las Tunas, especialmente las áreas de desarrollo de las rocas del AIVC, es considerado en la actualidad como una de las regiones con más alto potencial para la localización de nuevas fuentes primarias de mineralización preciosa y base del país, muestra de ello lo constituye la detección a mediados de la década de los 90 del pasado siglo de dos nuevos yacimientos de oro, "Golden Hill" y "Jacinto", así como la identificación de otros nuevos prospectos como El Pilar, Jagüey, La Unión y La Purísima, y un sinnúmero de nuevas manifestaciones y puntos de mineralización por evaluar, engrosando de esta manera las potencialidades del territorio.

Dentro de los límites del territorio se estima que, tanto los diferentes complejos intrusivos así como las formaciones vulcanógeno – sedimentarias del arco de islas, poseen amplias posibilidades de ser las rocas encajantes de la mineralización metálica predominantemente aurífera, a través de las alineaciones presentes, en las zonas de confluencia de las estructuras mayores y sus plumajes cercanos, las que pudieran alcanzar volúmenes minables como en el caso de los yacimientos Florencia, Golden Hill y Jacinto (Pérez E. *et al*, 1998).

Las posibilidades de encontrar nuevos yacimientos minerales metálicos en esta región, se fundamentan además, a partir del establecimiento de análisis comparativos entre la constitución geológica, tipos de alteraciones presentes, así como de mineralización, con aquellos en ambientes geotectónicos similares a los cuales se asocian depósitos de minerales en otras partes del mundo, tal es el caso por ejemplo del yacimiento de Oro-Cobre Golden Hill, perteneciente al modelo de *depósitos epitermales de tipo sulfato-ácido (alta sulfuración)*, donde las alteraciones circunmeníferas, así como el estilo y la distribución de la mineralización aurífera muestran similitudes con grandes sistemas de alta sulfuración como Lepanto en Filipinas, Chelopech en Bulgaria, Bor en Serbia y el estadio temprano en El Indio en Chile, donde ocurren cuerpos de reemplazamiento masivo hasta semimasivo o venas tabulares conteniendo sulfuros piríticos con enargita y otras sulfosales con contenidos variables de oro (Sillitoe 1996).

En la zona del campo mineral Guáimaro, uno de los yacimientos mejor estudiados lo constituye el depósito Florencia, (perteneciente al modelo de depósitos epitermales del tipo sericita – adularia (baja sulfuración). Como se explicaba al inicio el posterior descubrimiento del depósito Jacinto (Veta Elena, Veta Beatriz, Esperanza, El Limón, Sur Elena), perteneciente al mismo tipo de modelo descriptivo, así como de las manifestaciones Las Ánimas, Tuckahoe y Borie (Kesler *et al*, 1996; Simón *et al*, 1998; Lugo *et al*, 1998, Pérez *et al*, 1998), reafirman sin dudas los pronósticos realizados por varios autores sobre las posibilidades de nuevos hallazgos.

En otro orden, el incremento en el conocimiento de la mineralización Cu/Au en los depósitos epitermales y su relación con yacimientos de cobre porfírico ocultos como BatuHijan en Indonesia (Sillitoe, 1995), hace posible esperar la ocurrencia de mineralización de cobre porfírico, con o sin oro, en el área Golden Hill, subaflorante o a profundidades someras, teniendo en cuenta la presencia de pirofilita en el tope de Little Golden Hill, que proporciona evidencias de la parte más profunda del “lithocap” y, por lo tanto, potencial proximidad al ambiente de cobre porfírico (Moreira *et al*, 1999).

Las ocurrencias minerales afiliadas al modelo descriptivo de depósitos de Skarns, muestran en la región del arco, una variedad de tipos importante, pudiendo encontrarse distribuidos de manera independiente o formando parte de depósitos minerales de estructura compleja del tipo Carlin como Iron Hill (Moreira *et al*, 1999). Hacia la posición distal de la skarnificación las menas magnetíticas pasan a ser diseminadas hasta dispersas, con un incremento consecuente de la piritización, con la aparición esporádica de calcopirita y menos esfalerita las cuales, siendo perspectivas para la mineralización aurífera, no han sido evaluadas hasta la fecha con ese fin (ejemplo: Magarabomba). (E. Pérez Peña *et al*, 1998).

De gran interés para la prospección por su potencialidad aurífera, resultan los depósitos de oro distales, tipo *Carlin*, así como los diferentes prospectos y manifestaciones descritos hasta ahora solo en la región Guáimaro-Las Tunas. Son reconocidos depósitos como Iron Hill, Georgina, Maclama y Caobilla, donde se realizó minería con explotación en la década de los 30 del pasado siglo, así como otras ocurrencias minerales que incluyen Jobabo I, Abucha, Guáimaro I, Martí – Bartle – 32, Georgina I y II (Alemán, I., De la Torre A., Barroso A., Lamas M., Donet P., Pérez J., García M., Escobar A. y Rodríguez R. E., 1993). Los depósitos de este tipo generalmente constituyen yacimientos de gran tonelaje, y en ellos la mineralización es fundamentalmente aurífera, aunque es comúnmente acompañada por Cu, Zn y Ag. En ocasiones, aparecen otros metales como Sb, Ge y Ga (Moreira *et al*, 1999).

Los elementos expuestos anteriormente ponen de manifiesto la diversidad de tipos de modelos de depósitos presentes en la región de estudios, reafirmando a su vez las potencialidades reales de incremento de los recursos y reservas, lo que será posible en gran medida a partir de la realización de nuevos hallazgos, para lo cual será necesario dar continuidad a las investigaciones geológicas, en las áreas de mayores perspectivas.

CAPITULO II

CAPITULO II: METODOLOGÍA Y VOLUMEN DE LOS TRABAJOS PROYECTADOS.

2.1. Introducción.

2.2. Volumen de los trabajos proyectados.

2.3. Principios teóricos y métodos de análisis.

2.1. Introducción

El presente capítulo abarca todos los trabajos proyectados para las diferentes etapas de la investigación (búsqueda bibliográfica, trabajos de campo e interpretación de los resultados). Además recoge algunos conceptos básicos, principios teóricos y métodos de análisis que contribuyen a la interpretación de los datos obtenidos para hacer una correcta selección de los sectores prospectivos, que en un futuro pasarán a etapas posteriores de prospección y exploración geológica.

2.2. Volumen de los trabajos proyectados

2.2.1. Etapas de la investigación

- Primera etapa: búsqueda bibliográfica
- Segunda etapa: trabajos de campo
- Tercera etapa: Trabajo de gabinete



Fig. 2.2.1: Esquema de la Metodología de los trabajos.

Primera etapa: búsqueda bibliográfica

Recopilación de la información existente geológica y geofísica

Dentro de los trabajos geológicos, una tarea muy importante del proyecto consistió en la recopilación de toda la información existente de los trabajos anteriormente realizados en el territorio Camagüey-Las Tunas, especialmente aquellos que tienen interés para el esclarecimiento del potencial aurífero, y que permiten definir la estrategia a seguir para la inserción de las áreas estudiadas al programa nacional del oro, que se lleva a cabo actualmente por la dirección del país.

Para lograr tal objetivo es necesario revisar toda la información, elaborarla e interpretarla de forma integral, lo que es de gran utilidad los criterios técnicos, así como los resultados obtenidos en los trabajos temáticos realizados en el territorio por especialistas del IGP y de la EGC.

Los datos e información geológica recopilados, ya sean mapas temáticos en copia dura, formato digital, planos de isolíneas, mapas geoquímicos, bases de datos aerogeofísicas, etc., luego de ser sometidos a procesos de elaboración e interpretación se pudo integrar en un análisis múltiple mediante el empleo de software especializados en la captura, almacenamiento, manejo y procesamiento de volúmenes considerables de datos geoespaciales.

Segunda etapa: trabajos de campo

De gran valor se considera también la información geofísica regional existente, la cual se procesó considerando la importancia de la tectónica en los procesos de mineralización, por lo que resulta necesaria la utilización de los esquemas estructurales regionales ya elaborados durante los levantamientos y trabajos temáticos regionales. Se utilizaron además, la información geoquímica regional y de áreas de detalle o parte de ella, como indicadores de algunos objetivos auríferos, y la información de jagua (oro nativo, arsenopirita, cinabrio, etc.).

En este orden, como parte de la reelaboración y procesamiento de la información aerogeofísica disponible, se prestó especial atención al reconocimiento de nuevas zonas favorables con presencia de anomalías magnéticas y electromagnéticas, que revelen un especial interés para la localización de fuentes primarias de

mineralización, y que pudieran haber sido no identificadas en las primeras evaluaciones realizadas por las compañías prospectoras. Con estos objetivos, se pudo aplicar técnicas sencillas de reconocimiento de patrones automatizados, así como la inspección visual de los mapas, entre otras, las que permitieron la identificación de respuestas típicas de anomalías aéreas, especialmente magnéticas, que pudieran ser causadas por la presencia en el subsuelo de cuerpos minerales.

El procesamiento y reelaboración de la información precedente posibilitó la creación de mapas regionales y de áreas de detalle geológico, geoquímico, geofísico, de alteraciones y ocurrencias auríferas, a los que se integraron los esquemas y mapas estructurales, geoestructurales, de criterios e indicadores de mineralización elaborados durante los levantamientos y trabajos temáticos y con el apoyo y empleo de sectores patrones y modelos de depósitos establecidos por los de (C. Capote y otros, de 2002, Moreira, J., *et al*, 1999).

❖ **Itinerarios geológicos**

Los itinerarios de comprobaciones se llevaron a cabo en aquellos lugares donde se unían o coincidían varios factores: estructurales, geológicos, geofísicos, geoquímicos y geomorfológicos, dando un interés prioritario a la búsqueda de lugares próximos con menas similares a la del yacimiento Golden Hill, también se realizaron recorridos acompañado de documentación de puntos, muestreo de fragmentos y afloramientos en sectores con condiciones favorables ya conocidas, pero con contenidos bajos, con la intención de incrementar las leyes, de manera que nos diera un criterio adicional para pasarlo a la prospección las secciones pulidas se tomaron con el objetivo de estudiar la zonalidad de las alteraciones, que ayudaría además de indicar hacia que parte del sistema dirigir la búsqueda de oro, al conocimiento y clasificación de las menas de las manifestaciones y prospectos.

Las zonas de mayores perspectivas deben cumplir con los criterios de prospección siguientes:

1. Zonas con valores anómalos de Cargabilidad.

2. Valores elevados de Resistividad.
3. Mínimos de Susceptibilidad Magnética (Kappa).
4. Mínimos del Campo Magnético Total.
5. Anomalías Geoquímicas de oro.
6. Relieve positivo.
7. Presencia de rocas de alteración (afloramientos y/o fragmentos).
8. Presencia de nudos o estructuras tectónicas.
9. Valores analíticos con resultados significativos de puntos, sectores o zonas.

❖ **Documentación geológica de laboreos antiguos**

Los trabajos geológicos incluyen la documentación geológica de los laboreos antiguos que se preservan y son de interés, además de los distintos afloramientos y el correspondiente muestreo de éstos. Se tomaron fotos de los mismos y se graficaron a escalas apropiadas para la representación de los datos reales.

❖ **Muestreo de minerales y rocas**

Toma de muestras de fragmentos

Durante los itinerarios geológicos se proyectó la toma de muestras de fragmentos en afloramientos y laboreos antiguos, con el objetivo de esclarecer cuestiones estructurales, de continuidad en las mineralizaciones existentes y algún otro aspecto de interés. De las mismas, se seleccionó las más representativas para análisis y ensayos de laboratorio, entre los que además de los destinados a la determinación del contenido de Au, se contempla realizar análisis petrográficos, mineralógicos y mineralográficos en los casos que se estime necesario. Las muestras serán debidamente etiquetadas y envasadas para su traslado, conservación.

Muestreo de surco

El muestreo de surco se realizó en los afloramientos mejor expuestos así como en los lugares que se preservan de trabajos anteriores en algunas zonas mineralizadas de interés, de manera que permitan una mejor proyección de los trabajos futuros, por tanto deben brindar información de las zonas minerales así como de las rocas

encajantes. Los surcos tienen dimensiones de 10x5 cm y largo 1.5 m y las muestras tienen un peso de 2-5 kg. Al igual que las muestras de fragmentos deben ser debidamente envasadas y etiquetadas.

❖ **Trabajos geofísicos terrestres**

Los trabajos geofísicos se realizaron en las zonas preseleccionadas en el gabinete después de la recopilación, elaboración e interpretación de la información existente en nuestro territorio; teniendo siempre en cuenta los lugares más perspectivas según las anomalías geofísicas aéreas (Magnético y GEOTEM) y las respuestas de los distintos métodos geofísicos terrestres, geoquímicos y geológicos realizados en etapas anteriores; además de las recomendaciones realizadas por diversos especialistas del IGP, para la selección de las zonas más favorables en la localización de la mineralización de oro. Dichos trabajos también se centraron en la verificación de los sectores más perspectivas, propuestos para pasar a etapas de prospección geológica por la compañía canadiense “Mac Donald Mines”.

Radiometría

Los trabajos se ejecutaron por perfiles independientes, siempre con paso de medición de 10 m sobre un estaquillado topográfico de 20 m. En la adquisición de las mediciones se utilizó el radiómetro integral de centelleo de manufactura rusa SRP-88M (Fig. 2.2.2), modelo digital de 1990.

La metodología empleada fue la convencional y por todos conocida, cumpliendo con las reglas fundacionales de la adquisición radiométrica, por lo tanto no se describe. Los resultados obtenidos se muestran en forma de gráficos por perfiles.

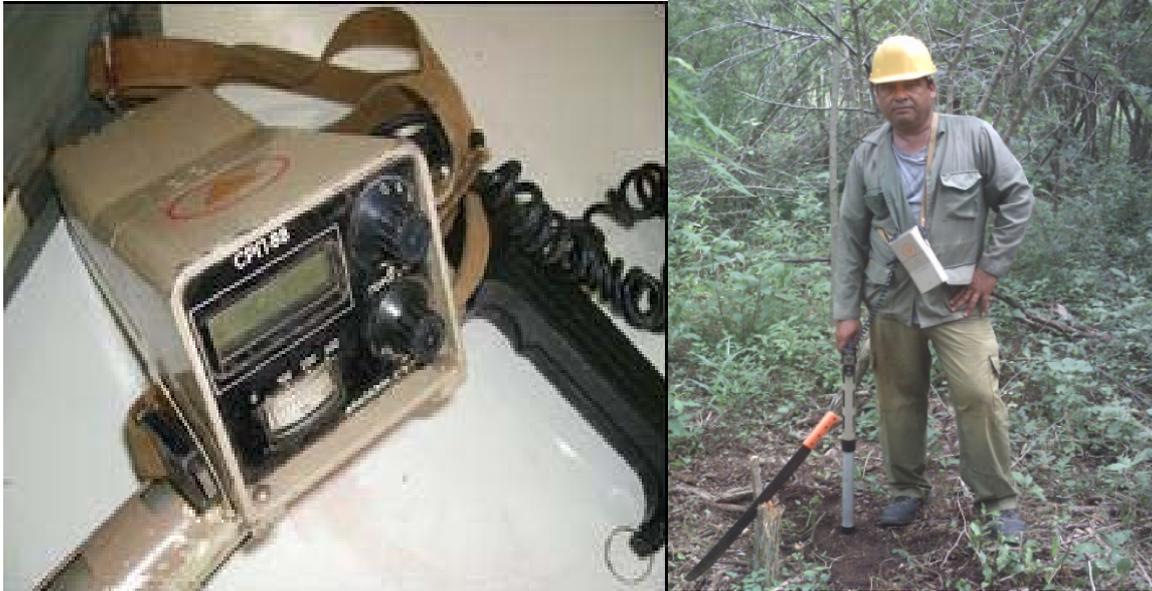


Fig. 2.2.2: Radiómetro integral de centelleo de manufactura rusa SRP-88M.

Magnetometría

Los trabajos se realizaron en los mismos perfiles que el método radiométrico, con el objetivo del mapeo geológico y tectónico de las zonas de estudio; siempre con paso de medición de 10 m. En un inicio se utilizó el magnetómetro protónico ruso M-33 (Fig. 2.2.3).



Fig. 2.2.3: Magnetómetro protónico ruso *M-33*.

Con este equipo se controló las variaciones diurnas en puntos de controles situados en la misma zona de los trabajos, que al realizarse perfiles de poca extensión, siempre se regresaba a los mismos antes de las 2 horas.

Posteriormente con la rotura del equipo M-33, fue utilizado el magnetómetro **Envi Map** de la firma Scintrex (Fig. 2.2.4), perteneciente a la Empresa Geominera Centro; empleándose en la variante de campo total. La magnitud del campo magnético en la región oscila alrededor de los 41250 nT.

Los resultados obtenidos se muestran en forma de perfiles y donde la separación entre los mismos lo permitió, los resultados se presentan en planos de isolíneas.



Fig. 2.2.4: Magnetómetro - **Envi Map.**

Método electromagnético (vlem)

También conocido como el método de inclinación del campo, con el cual se mide la magnitud de la dirección del campo electromagnético producido por el emisor. La presencia en el subsuelo de cuerpos conductores se deduce de la existencia de diferencias significativas entre las direcciones observadas y las correspondientes al medio homogéneo. Tales diferencias constituyen las anomalías o indicaciones que sirven de base a la interpretación.

El equipo utilizado es de fabricación canadiense modelo “**Crone**” (Fig. 2.2.5) el cual consta de una espira emisora de frecuencia $f=480$ Hz, alimentada por 12volts y con presencia de un nivel de burbuja para garantizar la posición vertical de la bobina emisora. El circuito receptor por su parte está provisto de una bobina exploradora con un clinómetro y acoplada a través de un amplificador a un par de receptores telefónicos y a un instrumento de cero, la cual es alimentada por una batería de 9 volts.

El modo de operación utilizado fue de “**Avance en fila**” donde el emisor y el receptor se movieron sobre el mismo perfil, precediendo el receptor al emisor a una distancia de 80m, el paso de medición fue de $a=20$ m.



Fig. 2.2.5: Equipo electromagnético (VLEM)- modelo “**Crone**” (Emisor vertical).

KAPPA

Las mediciones de Susceptibilidad Magnética (Kappa) en suelo, se realizaron en los perfiles estudiados al unísono de los restantes métodos, siempre con un paso de investigación de 10m; a una profundidad de 10-15 cm. Se utilizó para ello el Kappámetro de fabricación checa *KT-5* (Fig. 2.2.6), el cual presenta una sensibilidad de 1×10^{-5} S.I. Realizándose en cada punto siete lecturas en el piso y paredes de dicho hoyo, las cuales se promediaron. Los resultados de este método se representan igualmente en forma de gráficos.

También fue medida en forma experimental una trinchera antigua, realizada por las investigaciones cubano – soviéticas en el sector “Villa María” la que fue muestreada en esta ocasión al presentar contenidos interesantes de oro. Las mediciones de Kappa en este caso se realizaron en el piso y pared con un paso de 0.5 m.



Fig. 2.2.6: Kappámetro de fabricación checa KT-5

Polarización inducida

La variante utilizada fue Gradientes Medios (GM) con una separación de los electrodos de corriente de 800 m y de los electrodos potenciales de 20 m, con un paso de medición de 10 m, para garantizar un solape de 10m y que los cuerpos estrechos de buzamiento abrupto, que tanto abundan en la zona de los trabajos, fueran detectados con seguridad, tal como lo recomiendan *Whiteley (1981)* y *Stan Ward (1996)*. Dejando 200 m como distancia máxima sin medir antes de los electrodos de corriente (ver *Fig. 2.2.7*).

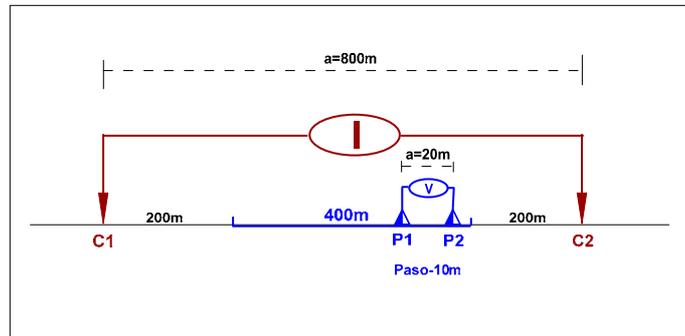


Fig. 2.2.7: Dispositivo **GM**.

También fue utilizada como detalle en algunos sectores la variante Dipolo-Dipolo (DP-DP), con un arreglo de los electrodos de $C_1C_2=20m$, $P_1P_2=20m$, $a=20m$ y $n=6$ (ver Fig. 2.2.8) con el objetivo de detectar la potencia de la zona de oxidación (gossan) y el comportamiento de la cargabilidad y resistividad en la profundidad. Con estos parámetros del dispositivo de acuerdo a la ecuación propuesta por *Edwards, 1977* ($Z=a*1.730$), la profundidad media aproximada de investigación que se alcanza es hasta los 34.60 m.

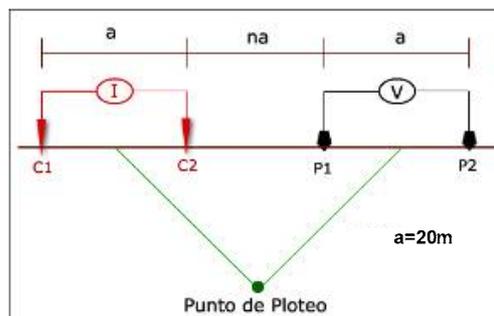


Fig. 2.2.8: Dispositivo **DP-DP**.

Los trabajos se iniciaron con el equipamiento húngaro DIAPIR-E&T (Fig.2.2.9) con un tiempo de carga y descarga de 8seg.



Fig. 2.2.9: Equipamiento húngaro **DIAPIR-E&T**.

Posteriormente con la rotura del *DIAPIR-E*, se utilizó en la adquisición de los datos de campo un set de Polarización Inducida (Fig. 2.2.10), compuesto por el transmisor modelo **Tx- II** de 3600 watt de salida, fabricado por la compañía canadiense Instrumentation GDD Inc. y el Receptor **IPR-12** en el dominio del tiempo, manufacturado por la firma canadiense Scintrex, pertenecientes a la Empresa Geominera Centro.

Se midió con un pulso de corriente cuadrado bipolar de 2 segundos, con tiempo de interrupción también igual a 2 segundos; se trató de que los valores de corriente sobrepasaran los 500 mA, por lo que en ocasiones fue necesario irrigar con agua los electrodos de alimentación y realizar mediciones de repetición hasta lograrlo. Se estableció el primer dipolo del dispositivo como canal de sincronización entre el Transmisor y el Receptor, por ser éste el más cercano a los electrodos de alimentación y obtenerse de esta manera en ese dipolo los mayores voltajes primarios. Los resultados de este método se presentan en forma de gráficos y de isolíneas, además de distintos cortes donde fue utilizada la variante DP-DP, empleando para ello el software de Inversión **Res2dinv**.

Aldanet



Fig. 2.2.10: Set de Polarización Inducida. *Tx- II y IPR-12.*

❖ **Trabajos topográficos**

Estos trabajos se realizaron en las áreas o sectores donde a criterio de los especialistas se considere conveniente la realización de perfiles geofísicos, teniendo como finalidad garantizar el acceso, trazado y estaquillado de los perfiles donde se aplicaran los métodos proyectados. Estos trabajos consistirán en chapea de visuales, trazado de líneas en perfiles aislados y confección de estacas. Para el amarre de puntos, afloramientos, laboreos antiguos, etc. se emplearan navegadores portátiles (GPS).

❖ **Laboreos Mineros**

No se prevé realizar nuevos volúmenes de laboreo minero se documentaron y muestrearon los realizados en trabajos precedentes que resulten de interés y que su estado de preservación permita su documentación y muestreo.

Tercera etapa: Trabajo de gabinete

❖ **Procesamiento de la información**

Todos los métodos empleados serán procesados con la última tecnología disponible en el país, utilizando para ello los siguientes software: SURFER (Foto 2.2.1), AUTO CAD (Foto 2.2.2), GEOSOFT OASIS MONTAJ (Foto 2.2.3) y RES2DINV. Entregándose en el informe final planos de isóneas, gráficos y cortes en profundidad de las distintas variables a la escala requerida.

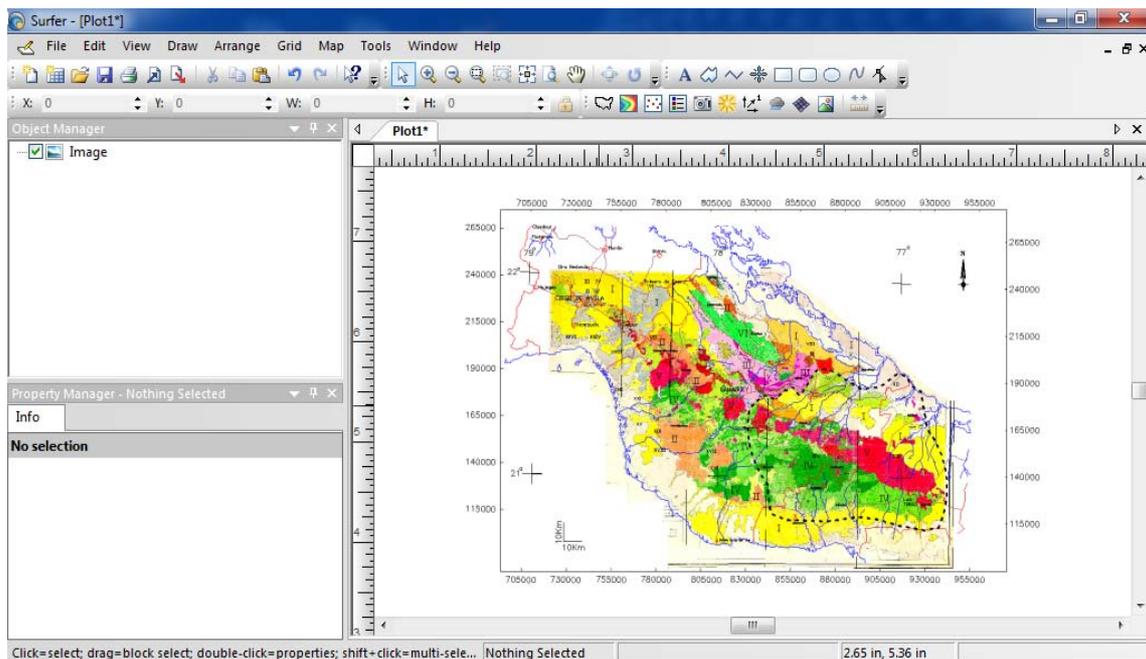


Foto 2.2.1: Imagen de software Surfer.

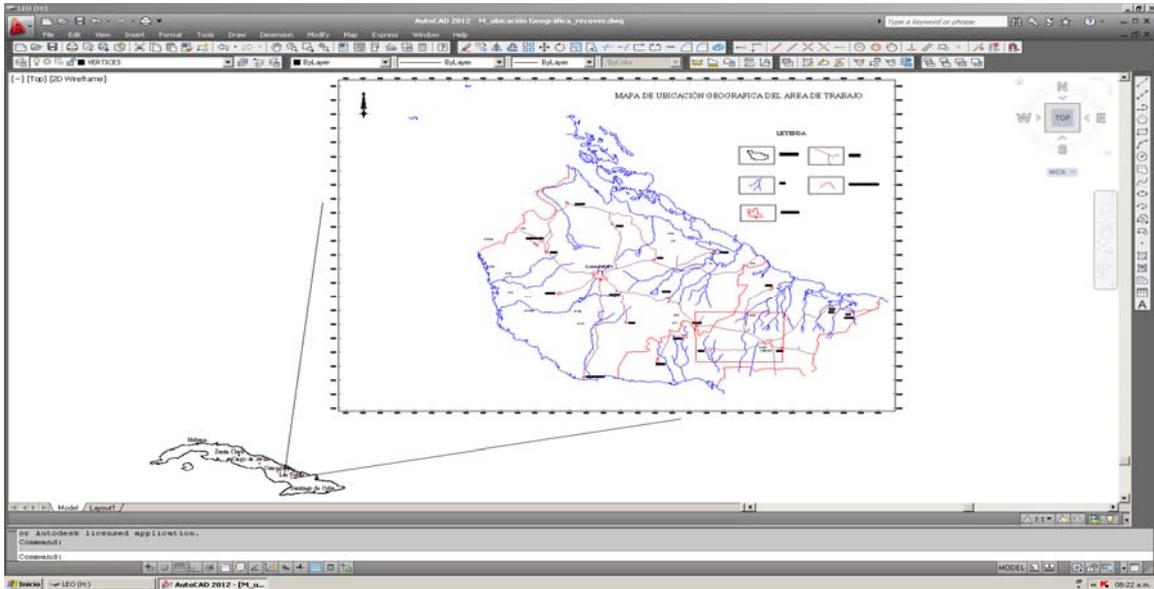


Foto 2.2.2: Imagen del software AUTOCAD

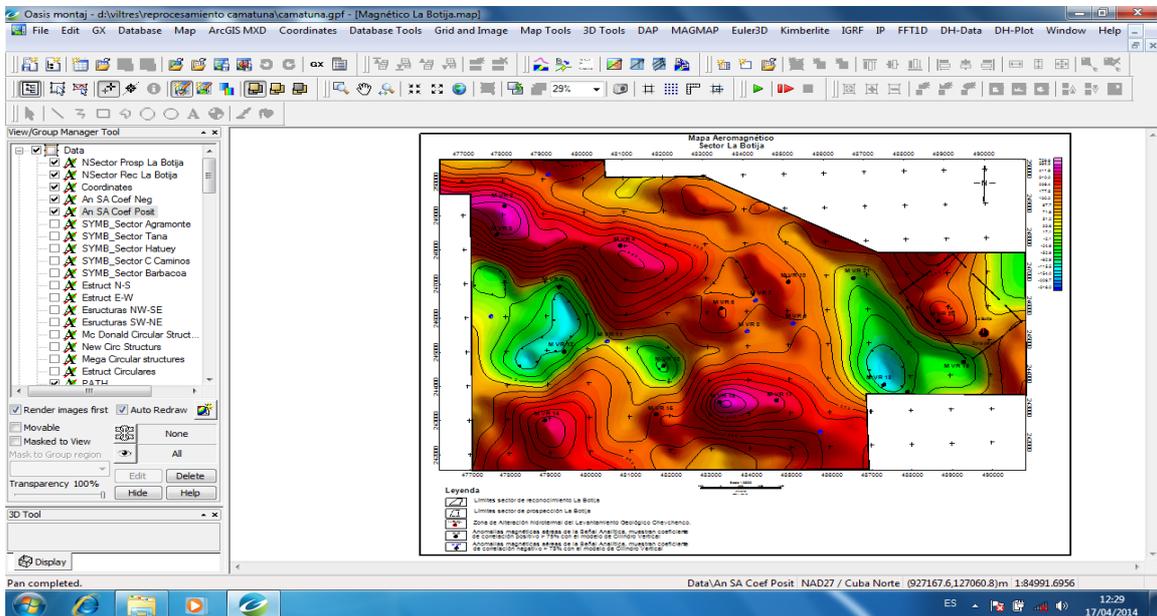


Foto: 2.2.3: Foto del software GEOSOFT OASIS MONTAJ.

Análisis de Laboratorio

Aldanelis Furones Cantillo

Análisis Mineralógico y Mineragráfico

Se proyecta la realización de algunos análisis mineralógico y mineragráfico, que permitan caracterizar la materia prima mineral y sus rocas encajantes sobre todo en las ocurrencias que no existan datos en este aspecto.

Ensayos de EF-AA

A las muestras de surco y de fragmentos que se tomen, en las zonas de alteración y rocas encajantes se le harán determinaciones de oro por Ensayo al fuego combinado con espectrofotometría de adsorción al fuego (EF-AA), nivel traza para límites de detección 5-1000 ppb.

Interpretación de los resultados

La interpretación de los resultados geológicos, geofísicos y geoquímicos ,nos permitirá hacer una valoración del grado de perspectiva de las zonas con mineralización de oro en la región, haciendo una clasificación según sus potencialidades, que nos proporcionará la selección de áreas con sectores para pasarlos a la prospección, así como también valorar aquellas áreas que aún necesitan trabajos de reconocimiento, y desechar las manifestaciones que no representan ningún interés en el incremento de recursos.

2.3. Principios teóricos y métodos de análisis.

2.3.1. Principios teóricos

2.3.1.1. Principales conceptos

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.

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

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.

Región: se caracteriza por una serie de yacimientos de composición y origen determinados, asociados a un elemento o grupo de elementos tectónicos de primer orden, que determinan la estructura geológica del territorio de la provincia (anticlinorios y sinclinorios, zonas internas y periféricas geosinclinales, macizos centrales, pliegues sinclinales superpuestos, zonas de activación, depresiones marginales, escudos, sinclisas, etc.). (V. I. Sminorv, 1976)

Alteración Hidrotermal: son las alteraciones y variaciones químicas de la roca persistente por las reacciones hidrotermales.

Tipos de Alteración Hidrotermal

Alteración Potásica

Caracterizada principalmente por feldespato potásico y/o biotita, con minerales accesorios como cuarzo, magnetita, sericita, clorita. La alteración potásica de alta temperatura (400° a 800°C) se caracteriza por una alteración selectiva y penetrativa.

Biotita en vetillas ocurre principalmente en el rango 350°-400°C.

Feldespato potásico en vetillas en el rango 300°-350°C.

Biotita y feldespato están comúnmente asociados con cuarzo, magnetita y/o pirita, formados a condiciones de pH neutro a alcalino.

Alteración Propilítica

Caracterizada principalmente por la asociación clorita-epidota con o sin albita, calcita, pirita, con minerales accesorios como cuarzo-magnetita-illita. La alteración propilítica ocurre por lo general como halo gradacional y distal de una

alteración potásica, gradando desde actinolita-biotita en el contacto de la zona potásica a actinolita-epidota en la zona propilítica.

En zonas más distales se observan asociaciones de epidota-clorita-albita-carbonatos gradando a zonas progresivamente más ricas en clorita y zeolitas hidratadas formadas a bajas condiciones de temperatura. Se forma a condiciones de pH neutro a alcalino a rangos de temperatura bajo (200°-250°C).

Alteración Cuarzo-Sericita (Fílica).

Caracterizada principalmente por cuarzo y sericita con minerales accesorios como clorita, illita y pirita. Ocurre en un rango de pH 5 a 6 a temperaturas sobre los 250°C.

A temperaturas más bajas se da illita (200°-250°C) o illita-smectita (100°-200°C).

A temperaturas sobre los 450°C, corindón aparece en asociación con sericita y andalusita. En ambientes ricos en Na, paragonita puede aparecer como la mica dominante.

Alteración Argílica Moderada

Caracterizada principalmente por arcillas (caolín) y mayor o menor cuarzo. Ocurre en rangos de pH entre 4 y 5 y puede coexistir con la alunita en un rango transicional de pH entre 3 y 4. La caolinita se forma a temperaturas bajo 300°C, típicamente en el rango 150°C-200°C. Sobre los 300°C la fase estable espirofilita.

Alteración Argílica Avanzada

Caracterizada principalmente por cuarzo residual (cuarzo oqueroso o “vuggy sílica”) con o sin presencia de alunita, jarosita, caolín, pirofilita y pirita. Ocurre dentro de un amplio rango de temperatura pero a condiciones de pH entre 1 y 3,5. A alta temperatura (sobre 350°C) puede ocurrir con andalusita además de cuarzo.

Alteración Calco-silicicatada

Caracterizado por silicatos de Ca y Mg dependiendo de la roca huésped, caliza o dolomita; Caliza: granates andradita y grosularita, wollastonita, epidota, diópsido, idocrasa, clorita, actinolita; Dolomita: fosterita, serpentinita, talco, tremolita, clorita.

La alteración calco-silicicatada ocurre bajo condiciones de pH neutro a alcalino a distintos rangos de temperatura. La asociación zeolita-clorita-carbonatos es formada a bajas temperaturas y epidota, seguido por actinolita, ocurren a temperaturas progresivamente mayores.

Muestreo de minerales útiles

El muestreo comprende un conjunto de procedimientos que se realizan con el propósito de establecer la calidad del mineral útil o sus rocas encajantes y tiene una extraordinaria importancia, dado el hecho de que los índices de calidad del mineral útil determinan con mucha frecuencia el límite entre la mena y la roca estéril, la morfología y las dimensiones del cuerpo mineral y el valor industrial del yacimiento.

La correspondencia entre las particularidades de la muestra y las del objeto muestreado se llama representatividad de la muestra (se puede definir como la

capacidad de reflejar, en un volumen muy limitado, todas las particularidades del mineral útil, en el punto que se tomó dicha muestra). Desde el punto de vista de la representatividad, el **concepto de muestra** se puede expresar de otra manera: la muestra representa una parte de algo íntegro que tiene todas sus propiedades.

Muestreo mineralógico

Se organiza para determinar la COMPOSICION MINERAL de la materia prima o roca encajante, así como sus particularidades texturo – estructurales.

Para la mayoría de los minerales útiles asegura la revelación de diferentes tipos naturales de menas, permite predecir sus propiedades tecnológicas, establecer las regularidades de la distribución de componentes secundarios y garantizar la extracción más completa durante la elaboración de la mena, así como establecer rasgos de la génesis del yacimiento.

Método de toma de muestra

Toma de muestras en excavaciones mineras y afloramientos naturales

En estos casos el mineral útil y sus rocas encajantes son accesibles a las observaciones directas en su yacencia propia y, por lo general, dentro de sectores considerables del cuerpo mineral.

2.3.2. Métodos utilizados en la fase de reconocimiento

1. Levantamiento geológico
2. Métodos visuales.

2.3.2.1. Método de levantamiento geológico

El levantamiento geológico asegura no solo el estudio de la constitución geológica del territorio, la revelación de los criterios e índices de búsqueda y el descubrimiento de los objetos meníferos concretos, sino también la acumulación de todos los datos

necesarios para la evaluación perspectiva de las áreas meníferas y manifestaciones minerales.

Criterios geológicos de búsqueda: se denomina criterios geológicos de prospección las condiciones geológicas que directa o indirectamente indican la posibilidad de descubrir algún mineral útil.

Deben diferenciarse los criterios de las guías geológicas, que no son más que hechos geológico – mineralógicos concretos que indican la presencia de mineralización útil en la zona: criterios estructuro – tectónicos, criterios geoquímicos, criterios geomorfológicos, criterios magmáticos

Criterios estructuro-tectónico

Al estudiar la influencia que tienen las estructuras sobre la distribución, localización y forma de los depósitos minerales endógenos, hay que considerar al menos tres tipos de fenómenos:

- Distribución de las provincias metalogénicas en las zonas de plegamiento o plataformas;
- Distribución de los campos y zonas minerales en las provincias metalogénicas;
- Localización de los depósitos minerales en dicho campos.

Criterios geoquímicos

Tiene como base el comportamiento regular de los elementos geoquímicos en la corteza terrestre. Y este comportamiento depende, tanto de las propiedades de dichos elementos como de las condiciones físico-químicas. Los criterios geoquímicos ayudan a evaluar las perspectivas metalíferas de las rocas intrusivas, efusivas, sedimentarias y metamórficas a partir de su composición química y de la composición de las aguas corrientes subterráneas.

Criterios geomorfológicos

Establecen la relación entre las formas, tanto del relieve actual como el antiguo, y los tipos de minerales útiles posibles. Su importancia es mayor para los tipos de

minerales útiles cuya formación se asocia estrechamente con la erosión y la creación del relieve de la superficie, o sea, para los exógenos (placeres, materia prima fragmentaria para la construcción, yacimientos de corteza de intemperismo, etc.). También se pueden utilizar con un buen resultado durante la búsqueda de minerales útiles endógenos, siempre que las diferencias de las propiedades de los cuerpos minerales y las rocas encajantes esté bien definida y se refleje en la distinta rapidez de los procesos de meteorización y en las formas del relieve que surgen.

El estudio del relieve de las regiones montañosas y la historia de su formación sirven como base para búsqueda de los placeres continentales de oro, diamante, platino, casiterita y otros minerales útiles. Las condiciones más favorables para buscarlos, son las del relieve accidentado de montañas moderadas con un sistema fluvial bien desarrollado.

Criterios magmáticos

Se basan en las relaciones existentes entre la actividad magmática las acumulaciones de minerales útiles. Su uso se orienta principalmente a los yacimientos magmáticos, la relación puede manifestarse de manera más o menos directa, a veces la relación es evidente y clara. Existe una relación estrecha entre las dimensiones de los yacimientos y el tamaño del intrusivo

Índices de Prospección

Cuando estudiamos los criterios geológicos de prospección vimos como ellos, aunque reflejan las regularidades del desarrollo geológico, no representan testimonios seguros de la existencia de los minerales útiles.

Es necesario tener la seguridad de que existen no solo las regularidades (condiciones favorables) si no también la presencia de la mineralización.

Estos datos, que pueden ser geológicos o no geológicos se denominan Índices de prospección o índices de búsqueda. Según su carácter e importancia, estos se subdividen en dos grupos: índices directos e índices indirectos.

Índices directos: están constituidos por los datos que indican directamente la existencia de acumulaciones de minerales útiles en los límites de determinado sector de la corteza terrestre. Entre ellos tenemos:

1. Afloramiento de minerales útiles.
2. Laboreos mineros antiguos.
3. Datos de archivos.
4. Aureolas y flujo de dispersión.
5. Anomalías geofísicas (solo las magnéticas y radiométricas).

Índices indirectos

Estos índices permiten suponer la existencia de unos u otros minerales útiles dentro del territorio estudiado. Se reconocen como tales:

- 1- Rocas encajantes alteradas hidrotermalmente.
- 2- Minerales filoneanos acompañantes.
- 3- Coloración de la roca.
- 4- Anomalías geofísicas.
- 5- Índices geomorfológicos.
- 6- Índices hidrogeológicos.
- 7- Índices botánicos.

2.3.2.2 Métodos visuales

En este grupo se conocen tres métodos basados en el estudio de las aureolas y flujos de dispersión mecánicos: El método de guijarros glaciales, el de fragmentos y el de sedimentos pesados (de jagua).

En la investigación se utilizaron los métodos de fragmentos y el de sedimentos pesados (de jagua).

- **Método de fragmentos**

Este método se basa en los flujos de dispersión de fragmentos grandes, de origen aluvial, parcialmente deluvial o proluvial, razón por la cual se denomina con frecuencia, método de fragmentos fluviales.

Su esencia consiste en el estudio sistemático de los flujos de dispersión mecánicos en los depósitos aluviales con el movimiento a su encuentro, o sea, aguas arriba.

A pesar de su simplicidad, el método de fragmentos se utiliza con gran resultado junto con el levantamiento geológico para la búsqueda de minerales útiles resistentes a la meteorización, tales como menas oxidadas de hierro y manganeso, cromita, bauxita, menas de wolframio, estaño, mercurio, titanio; además con importancia secundaria, carbón, espató de Islandia, cristal de roca, asbesto y mica.

- **Método de sedimentos pesados (jagua)**

Para la aplicación de este método se usan los flujos de dispersiones mineralógicas aluviales y raramente deluviales; consiste en el muestreo sistemático de los depósitos friables, con el objetivo de revelar las zonas donde estos se encuentran enriquecidos con minerales meníferos pesados.

La aplicación de dicho método permite descubrir, tanto las manifestaciones minerales primarias, que representan las fuentes de los minerales correspondientes en el aluvión, como las concentraciones industriales secundarias de estos minerales en los depósitos friables que forman los llamados yacimientos de placer.

La búsqueda de manera detallada mediante el método de jagua se organiza dentro de áreas bastante limitadas y tiene como tarea principal la revelación de regularidades en la concentración de minerales pesados en los depósitos aluviales friables y la delimitación de los flujos de dispersión mineralógicos, lo que lleva al descubrimiento de manifestaciones minerales concretas, tanto primarias como en placeres. Asegura la revelación de contenidos bajos e insignificantes de minerales pesados en los depósitos friables.

CAPÍTULO III

CAPITULO III: REPRESENTACION E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

3.1. Introducción

3.2. Reconocimiento y selección de las áreas perspectivas para trabajos futuros de prospección geológica.

3.3. Interpretación geofísica de las áreas más perspectivas para trabajos futuros de prospección geológica.

3.4. Caracterización geológica – geoquímica y mineralógica de las áreas más perspectivas para trabajos futuros de prospección geológica.

3.1. Introducción

En este capítulo se mostrarán las interpretaciones que se llevaron a cabo después de procesar la información obtenida. A través de la interpretación geofísica geológica y geoquímica se pudieron identificar y caracterizar las áreas con sectores perspectivas para pasarlos a trabajos futuros de prospección geológica de oro y desechar aquellas que no son rentables para una futura explotación.

3.2. Reconocimiento y selección de las áreas perspectivas para trabajos futuros de prospección geológica.

De los análisis e interpretaciones realizadas por los trabajos anteriores y los más actuales, incluyendo el presente, se han destacado un sin número de estructuras con diferente grado de evidencia, que por su interés, constituyen y representan objetos importantes para la búsqueda y prospección de depósitos minerales para oro y otros metales.

Dentro de ellas unas de las principales es la estructura circular Jobabo, por formar parte de ella el yacimiento Golden Hill, y por encontrarse en su interior y sus alrededores manifestaciones, que alcanzan representar por su cercanía leyes y tonelajes, la categoría de prospectos que podrían constituir pequeños y medianos

yacimientos, que aportarían los recursos necesarios para el desarrollo de la planta Golden Hill, sin dejar de considerar los estudios de reconocimiento y evaluación de las demás estructuras, anomalías geofísicas y manifestaciones que por ser un número considerable y no disponer de toda la información necesaria, no fueron objeto de consideración en este trabajo.

Teniendo en cuenta el gran número de ocurrencias minerales conocidas en la región de estudio, así como la abundante y variada información existente sobre ellas, hemos optado por establecer una división de la región en áreas, en correspondencia a las características distintivas de las mismas, en aspectos tales como: grado de estudio geológico, densidad de distribución de las ocurrencias minerales, peculiaridades del ambiente geológico de formación y de las ocurrencias presentes, lo que posibilitó una mayor operatividad en el manejo y procesamiento de la información, así como la preparación de informes parciales por áreas según se vayan concluyendo los trabajos en las mismas.

El orden de ejecución de los trabajos por áreas está determinado por el atractivo de las mismas en cuanto a la existencia en ellas de ocurrencias minerales, que una vez realizados los estudios correspondientes de prospección y exploración, puedan constituir objetivos concretos donde desarrollar la actividad minera para la extracción de oro.

Dentro del territorio que comprende las provincias de Camagüey y Las Tunas trabajamos en la Región Guáimaro – Las Tunas, considerada una de las de mayor importancia para su estudio por su cercanía a la planta Golden Hill, ya que pretendemos con este trabajo incrementar las reservas para esta planta, a su vez, esta región se dividieron en áreas para reconocimiento con sectores para la prospección.

La selección de las áreas se realizó estableciendo no solo su ubicación geográfica, sino también estructural, geológica y genética, buscando como premisa un tratamiento integrador de todos los puntos minerales, ya que hasta este momento se habían tratado como objetos aislados, independientes, dificultando el manejo de la

información. Otro objetivo que se persigue con la separación y distribución de las áreas y sectores, es lograr territorios más pequeños que nos den la posibilidad de la aprobación de un financiamiento discreto, que nos permita prospectar en aquellos sectores propuestos, y realizar el reconocimiento en otros lugares que sean prometedores por sus condiciones.

La clasificación y elección de áreas y sectores propuestos se realizó teniendo en cuenta el conjunto de los factores siguientes:

1. Terrenos en que hay criaderos conocidos o indicaciones prometedoras.
2. Terrenos en que se sabe que existe condiciones estructurales favorables acompañadas por anomalías geofísicas y la presencia de contenidos anómalos de oro.
3. Áreas con la existencia de paleocentros calientes, representados por zonas con rocas de alteración con la presencia de mineralización acompañante.
4. Áreas con existencia de anomalías geoquímicas secundarias o en el muestreo litogeoquímico.
5. Áreas con la presencia de oro en las muestras de jagua y otros minerales acompañantes.
6. La presencia de anomalías geofísicas con una interpretación de la señal analítica.

Para la propuesta de los sectores para la prospección se tuvo en cuenta, aquellos lugares que reunían todas estas condiciones, pero que tuvieran además, valores anómalos o sobresalientes de oro, con una posible extensión que pudiera representar un tonelaje apreciable para ser estudiado.

Siguiendo toda estas condiciones, dentro de la región Guáimaro – Las Tunas se reconocieron las áreas Villa María, Las Tunas, La Botija, La Aurelia, Sirven, Sabanita, La Gloria, El Impuesto, Santa Gertrudis, Sur de Golden Hill, El Embarque, La Caridad, La Defensa y Guáimaro. Por el grado de estudio geológico, distribución de las ocurrencias minerales y el ambiente geológico de formación, se identificaron como las más perspectivas para trabajos futuros de prospección, las áreas Villa María, Las Tunas, La Botija, La Aurelia y Sirven.

3.3. Interpretación geofísica de las áreas más perspectivas para trabajos futuros de prospección geológica.

Resultados del levantamiento aereogeofísico (E. Pérez Peña, 1998)

El objetivo principal del levantamiento aereogeofísico fue la detección directa de zonas conductoras que pudieran reflejar la presencia de Oro u otros sulfuros metálicos masivos; así como la valoración estructural y de mapeo del área, empleando los mapas del campo magnético total.

Desde el punto de vista regional se puede señalar como más relevante la relación estrecha que guardan la gran mayoría de esas zonas con elementos estructurales significativos como son: las estructuras circulares, la tectónica de primer orden, etc. Por ejemplo vale la pena destacar la estructura circular Jobabo, dentro de la cual se encuentran zonas minerales importantes como Golden Hill, Maclama, etc. Además la estructura El Grillo, donde se ubican nuevas zonas como El Grillo, Pepe Bello, El Aguacate y San Antonio; la estructura Colombia donde se revela la zona de La Julia, la estructura Guáimaro donde se localizan un sinnúmero de zonas minerales conocidas y otras de nueva promoción. Las zonas de Villa María y La Aurelia, que se encuentran en la falla Cubana Axial, en interesantes nudos tectónicos con el sistema NE.

Villa María

Esta área constituye una zona bastante extensa que se ubica geológicamente muy cerca del contacto de las formaciones efusivas con el Eje Magmático Central, atravesada por fallas regionales de dirección cubana, pertenecientes al Sistema Cubano Axial. También en el campo magnético se puede interpretar el área como una probable estructura circular, la cual pudiera representar una antigua estructura volcánica. El fallamiento dentro del área es muy intenso y se orienta en direcciones muy variadas, aunque al parecer predomina en ella algo del sistema NE, el cual interrumpe al sistema cubano provocando un sinnúmero de bloques locales muy complejos; los resultados geoquímicos del área son altamente positivos, sobre todo

en el muestreo de roca (ver tabla 3), la ubicación de estas muestras en el área guarda una estrecha relación con estructuras de rumbo NE, ya sean posibles zonas de fallas o mínimos magnéticos significativos; y pudiera repetirse una vieja historia conocida de la geología en esta región, donde las fallas regionales de dirección cubana, sirven de conductos para los cuerpos magmáticos y soluciones minerales que se alojan finalmente en este mismo sistema o en los demás sistemas que guardan relación con él.

Esto son sólo especulaciones preliminares, pero que no deben de olvidarse a la hora de ejecutar los trabajos de prospección. En el área se conocen además, tres puntos antiguos de mineralización, dos con abundantes sulfuros y otro con mineralización de cobre, debemos destacar también que dentro de la zona se ubican varias anomalías de Potasio, que pudieran representar zonas de alteraciones vinculadas con la probable cercanía de cuerpos magmáticos dentro del área, debemos tener en cuenta también, que si la zona se trata de una estructura vulcano-magmática, no se puede descartar la posibilidad del hallazgo de zonas enriquecidas en sulfuros, así como tampoco debemos olvidar la posibilidad de encontrar en ella zonas minerales de tipo skarn, debido a la cercanía de la misma con los grandes cuerpos magmáticos del eje central.

La Botija

Esta zona se encuentra ubicada al Sur – SE de la ciudad de Las Tunas, en las proximidades de la carretera que une a esta ciudad con la de Bayamo. En esta área no se realizó el vuelo aereogeofísico, por lo tanto no contamos con información adicional en este sentido, sólo tenemos el mapeo de grandes zonas de rocas alteradas en dirección aproximada al NW, las cuales poseen una similitud muy grande con la conocida zona aurífera de Golden Hill. En opinión de algunos geólogos pudiera tratarse de un sistema epitermal. La zona fue extendida un tanto más hacia el NW, para dejar incluida parte de una anomalía de potasio que pudiera representar la continuación de las zonas alteradas en esa dirección y que no han sido mapeadas hasta el momento.

Parnaso Este

Es un área pequeña situada al Sur de la Ciudad de Las Tunas, se ubica una anomalía electromagnética aérea, la cual no pudo ser verificada en tierra por tener mucho marabú, además de encontrarse la parte SE de la anomalía en una zona de embalse de reciente construcción, no obstante la zona fue visitada y muestreadas las rocas (ver tabla 3). En estas visitas se pudieron observar rocas alteradas en el área, sobre todo con abundante malaquita, todas las muestras tomadas dan altos contenidos de oro y cobre.

La Aurelia

Es una zona que se localiza al igual que Villa María, en las rocas efusivas, en las proximidades del contacto de estas con los cuerpos de granitoides y afectada fundamentalmente por el conocido sistema de fallas Cubano Axial. Dentro del área existe un cuadro estructural complejo, debido a la intersección de varios sistemas de fallas, el mencionado de rumbo Cubano, el sistema NE, que en esta oportunidad parece tratarse de la falla Blanquizal en un cambio de rumbo, además fallas de dirección N-S que desplazan a las anteriores provocando el mencionado cuadro estructural complejo.

En el levantamiento aéreo se revelan en el centro del área anomalías electromagnéticas conductoras, enmarcadas dentro de fuertes zonas de gradientes del campo magnético y en ocasiones superpuestas en mínimos de gran intensidad de este mismo campo; además coinciden en esta parte central con valores anómalos de potasio. Toda esta situación debe estar provocada sin dudas, por las extensas zonas de alteraciones que se encuentran presentes en el área. En los perfiles de verificación con Max-Min se obtuvo una anomalía muy bien definida en el extremo norte de los mismos, en la parte central y sur se obtuvieron otras zonas conductoras muy débiles y estrechas, sin embargo los resultados Geoquímicos son sin dudas altamente positivos sobre todo en el muestreo de suelo, donde un número considerable de muestras poseen valores anómalos en el contenido de Oro, destacándose algunas que alcanzan valores hasta de 1 g/t, esta última ubicada

especialmente dentro de la anomalía de Max-Min, teniendo en cuenta todos estos elementos y las favorables condiciones geológicas que posee el área, no hay dudas de que pueda convertirse en una importante zona de prospección.

Sector La Pala

Este sector se ubica a unos 6Kmal SE de la conocida zona mineral de Golden Hill, justo en el mismo extremo de la importante estructura circular de Jobabo, y también en el borde Sur-SE de la estructura circular de Bracito, en el plano regional, según el mapa del campo magnético esta área semeja una fotocopia de la estructura que se refleja en el sector de Golden Hill. En esta área se verificaron dos anomalías electromagnéticas aéreas, en las cuales se obtuvieron fuertes anomalías para las diferentes frecuencias medidas en el Max-Min, sin embargo el muestreo de suelo no dio indicaciones de probables zonas minerales, no obstante a eso algunas muestras de rocas tomadas al Sur de la anomalía de La Pala, arrojaron contenidos impresionantes de oro y plata, una de ellas en el orden de los 45 g/t y 100 g/t respectivamente. Esto hace que junto a las fuertes zonas de fallas regionales y los intensos mínimos del campo magnético así como el elevado número de anomalías electromagnéticas presentes en el área y muchas de ellas vinculadas con la importantísima falla Golden Hill.

Para las nuevas áreas de prospección se ha elaborado un plan de trabajo, donde se incluyen métodos de Geofísica terrestre.

Métodos geofísicos terrestres

Los trabajos geofísicos terrestres se realizaron en las zonas preseleccionadas en el gabinete después de la recopilación, elaboración e interpretación de la información existente en nuestro territorio; teniendo siempre en cuenta los lugares más perspectivas según las anomalías geofísicas aéreas (Magnético y GEOTEM).

Villa María

Sin dudas el sector más perspectivo estudiado hasta hora, los resultados geoquímicos del área así lo demuestran, sobre todo en el muestreo de roca, donde

alrededor de 37 muestras poseen contenidos anómalos de Oro, con una muestra que posee 170 g/t. En la misma se realizaron tres perfiles con los métodos de Magnetometría y PI (GM y DP-DP), con ubicación lo más cercano posible a los lugares donde dieron positivas dichas muestras, debido a que el área también está infestada en marabú muy tupido.

Las coordenadas de los puntos extremos del perfil P-21 son las siguientes:

Sector	Estación	X	Y
Villa María	EST-0	479138.00	256410.00
P-21	EST-500	479138.00	256910.00

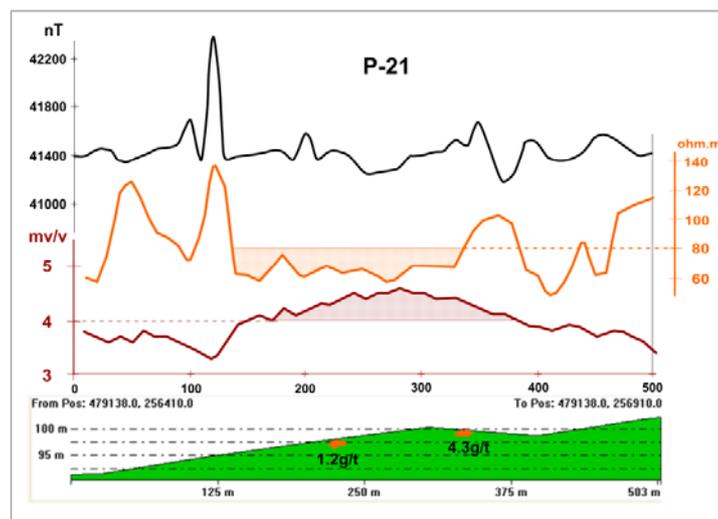


Fig. 3.3.1: Resultados geofísicos del perfil P-21.

En este perfil (ver Fig. 3.3.1) se obtuvo una zona anómala con cargabilidad $I > 4 \text{mv/v}$, desde las estaciones E+150 hasta E+400, la que es acompañada de baja resistividad ($R_a < 80 \text{ohm.m}$) debido a la abundante mineralización sulfurosa (pirita cúbica) que se observa macroscópicamente en las rocas y campo magnético variable con mínimos de intensidad $I < 41400 \text{nT}$, acompañados de relieve positivo (pequeña colina con cota máxima de 100m), donde existen muestras de rocas con contenidos de Oro de 1.2 - 4.3g/t.

A unos 350m al Oeste se realizó el perfil P-22 con las siguientes coordenadas de los puntos extremos:

Sector	Estación	X	Y
Villa María	EST-0	478791.00	256670.00
P-22	EST-500	478791.00	257070.00

Este perfil se trazó sobre rocas alteradas (cuarzo – sericitas) con contenidos anómalos de oro, (ver Fig. 3.3.2), en una de ellas con 0.35g/t y nuevamente la roca presenta cargabilidad con intensidad $I=4.0 - 4.5\text{mv/v}$ entre las estaciones E+200 hasta E+300, en la ladera sur de una pequeña colina ($h=100\text{m}$), que es acompañada de baja resistividad ($\rho_a < 120\text{ohm.m}$) y de campo magnético negativo $T < 41700\text{nT}$.

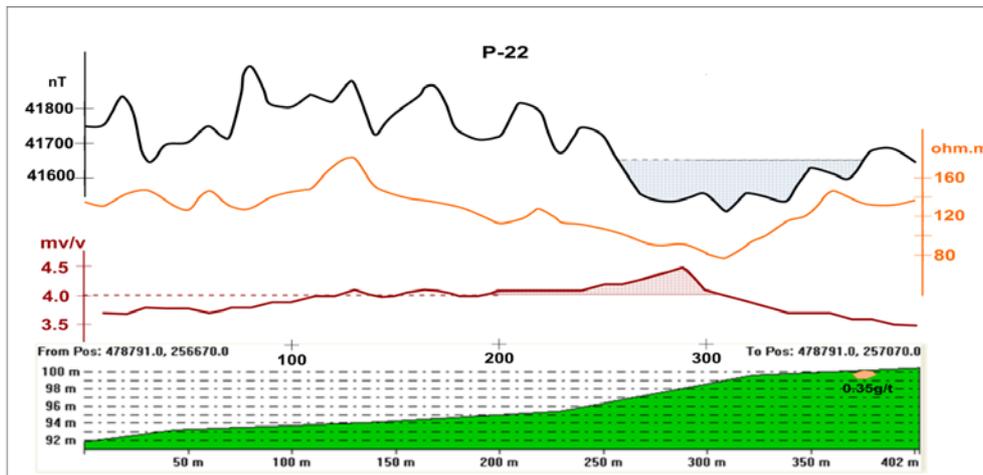


Fig. 3.3.2: Resultados geofísicos del perfil P-22.

Un tercer perfil se realizó hacia el SW aproximadamente a 1km de distancia, de la zona anterior, encima de otra elevación con rocas argílicas – avanzadas, muy cercano a varias trincheras ejecutadas en etapas anteriores. Aquí se tomó una sola muestra y arrojó contenido de 1.4g/t. Las coordenadas de este perfil son las siguientes:

Sector	Estación	X	Y
Villa María	EST-0	478600.00	255670.00
P-23	EST-400	478600.00	256070.00

Los resultados del perfil P-23 (Fig. 3.3.3) muestran la coincidencia espacial entre los valores anómalos de cargabilidad ($I > 4 \text{mv/v}$), y la baja resistividad ($\rho_a < 150 \text{ohm.m}$) que lo acompaña, además de un campo magnético nuevamente negativo $T < 41300 \text{nT}$. Las zonas anómalas se manifiestan en ambas pendientes de esa colina, dándole mayor perspectiva al sector.

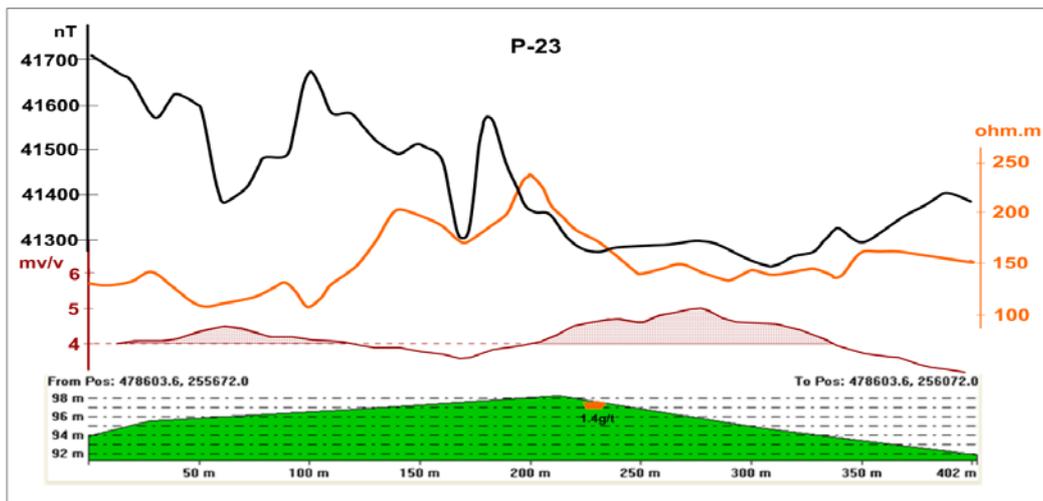


Fig. 3.3.3: Resultados geofísicos del perfil P-23.

Con el objetivo de estudiar el comportamiento de la cargabilidad y la resistividad en la profundidad, se realizó un detalle en el perfil P-21 con la variante de DP-DP (ver Fig. 3.3.4). En el mismo se obtuvo una zona anómala con extensión de 160m desde las estaciones E+160 hasta E+320 con intensidad máxima de $I = 10.0 \text{mv/v}$, acompañada nuevamente de baja resistividad, precisando la extensión que ocupa la zona mineral.

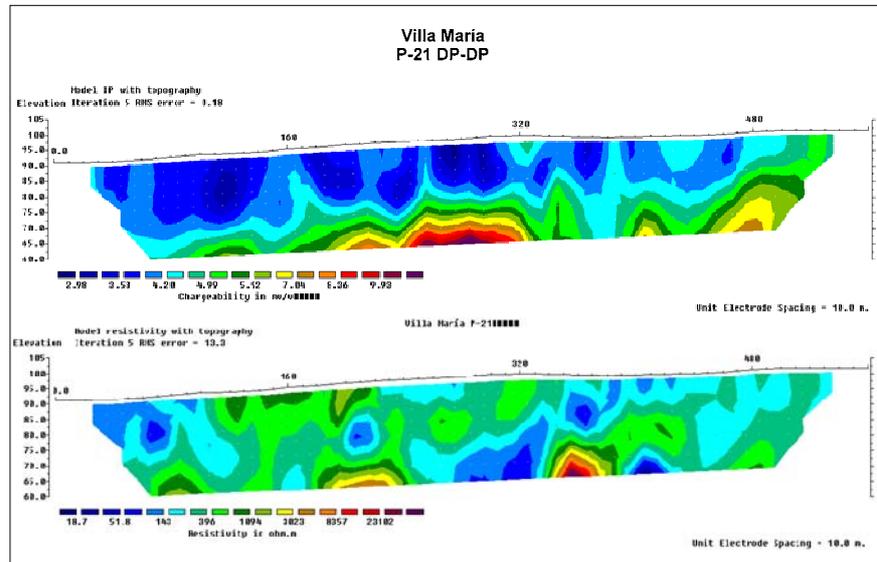


Fig. 3.3.4: Resultados geofísicos del perfil P-21.

De forma experimental se realizaron además mediciones de Kappa en una antigua trinchera de las investigaciones cubano – soviéticas (T-387), las que se muestran en la Fig. 3.3.5, donde se puede apreciar la gran coincidencia entre los mínimos de Kappa $I < 2 \times 10^{-3} \text{SI}$ con los máximos contenidos de oro; por lo que se demuestra una vez más, como este método apoya a la localización de las zonas más favorables para la mineralización aurífera.

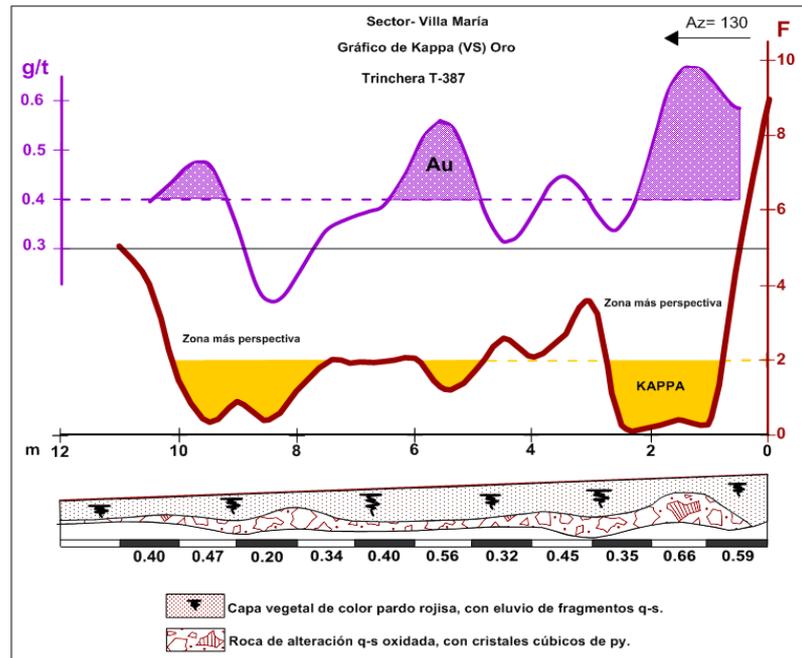


Fig. 3.3.5: Resultados de la Kappa en la trinchera T-387.

“La Botija”.

Considerada por la mayoría de los especialistas como un sistema epitermal de alta sulfidación, muy similar a la conocida zona aurífera de “Golden Hill”; se le realizaron dos perfiles en dirección S-N, con los métodos de Magnetometría y PI, esta última en las dos variantes empleadas (GM y DP-DP).

Dichos perfiles se realizaron atravesando la pequeña elevación que se ubica en el camino de entrada a dicho pueblo, que se muestra en la foto. El perfil P-1 con una extensión de 900m y el P-2 de longitud 650m.

Las coordenadas de los puntos extremos de ambos perfiles son las siguientes:

Sector	Estación	X	Y
La Botija	EST-0	489670.00	244730.00
P-1	EST-900	489669.90	245629.76

Sector	Estación	X	Y
La Botija	EST-0	489858.99	245197.00
P-2	EST-650	489859.00	245856.97

Los resultados obtenidos se muestran en la Fig. 3.3.6. Como se puede apreciar los valores anómalos se obtienen en el perfil P-1, donde la cargabilidad alcanza intensidades $I > 20 \text{mv/v}$, desde las estaciones E+520 hasta E+600; acompañada de una zona un poco más extensa de resistividades ($R_a > 150 \text{ohm.m}$), desde las estaciones E+400 hasta E+600. Estos valores se pierden 200m al este (E) en el perfil P-2, donde las intensidades para ambos atributos disminuyen considerablemente. Por lo que todo hace pensar que la zona de interés se extiende hacia el oeste del perfil P-1. En el campo magnético, la variación más significativa se observa en la estación E+490 respondiendo a una zona tectónica que atraviesa toda el área según el campo aeromagnético.

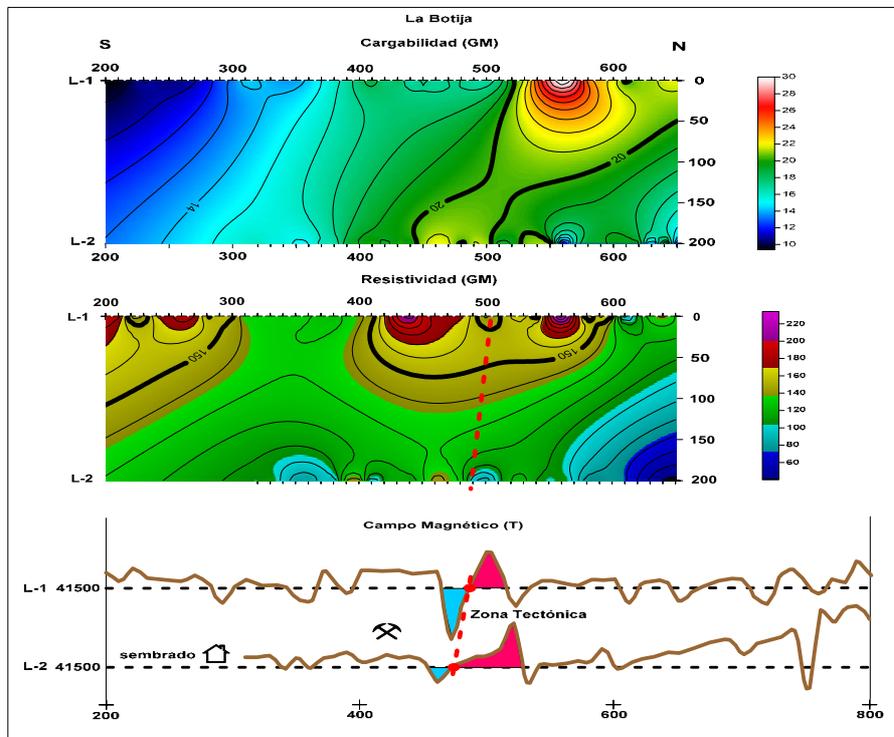


Fig. 3.3.6: Resultados geofísicos en el sector "La Botija".

Aquí se realizaron trabajos de detalle por el perfil P-1 con la variante de DP-DP con el objetivo de determinar el espesor de la zona de oxidación y el comportamiento de estos campos en la profundidad.

Tal como se observa en la Fig. 3.3.7, la zona de oxidación para este perfil solo alcanza una extensión de 60m (E+540 hasta E+600) con unos 20m de potencia, la que se encuentra muy bien delimitada por dos zonas tectónicas reflejadas tanto en el campo magnético como en el eléctrico. En la profundidad se obtuvo una zona anómala de cargabilidad con intensidad $I > 50 \text{mv/v}$ y baja resistividad, la que pudiera responder a un cuerpo de sulfuro masivo.

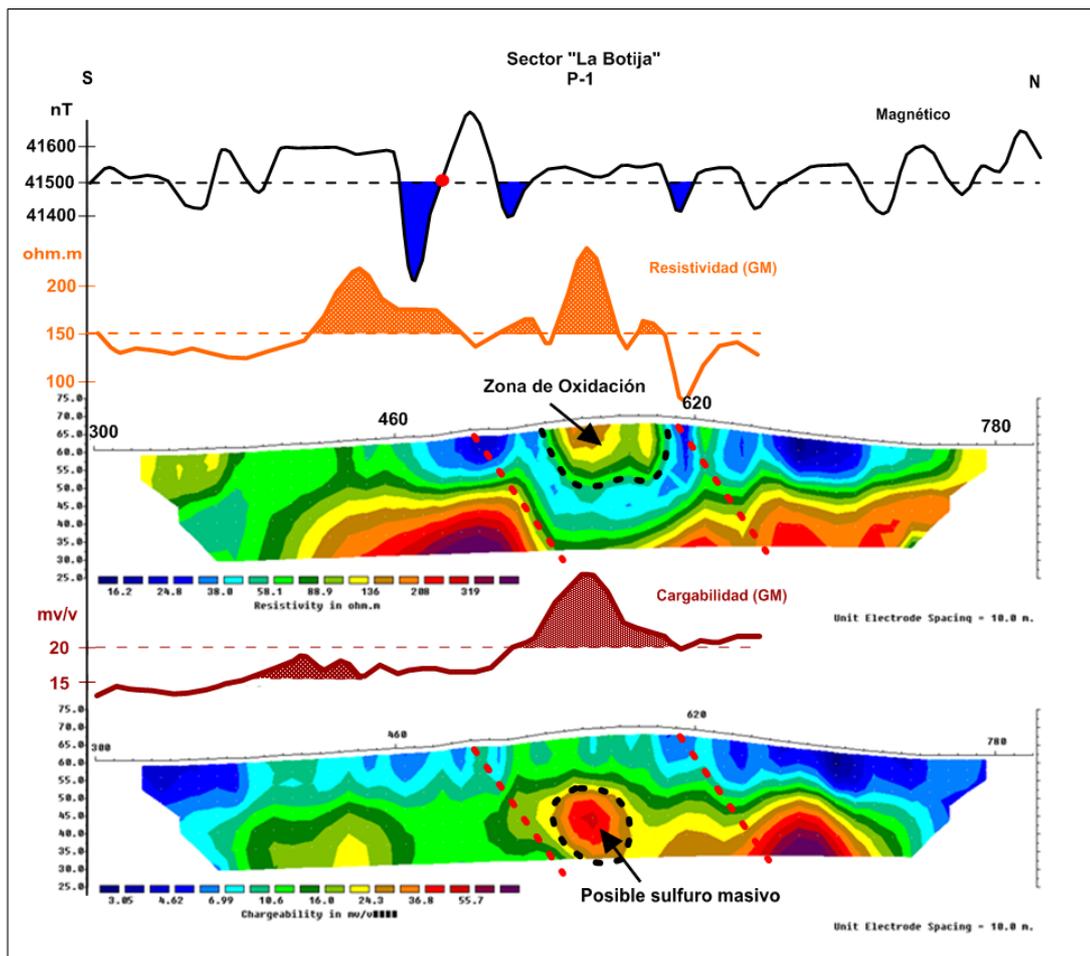


Fig. 3.3.7: Resultados geofísicos en el sector “La Botija”.

Para este perfil se obtuvieron otras dos zonas anómalas de interés, una ubicada en la estación E+440 con menor intensidad en la cargabilidad ($I=15-20\text{mv/v}$), pero con alta resistividad ($R_a>150\text{ohm.m}$) y la otra en la estación E+680 con intensos valores de ambos atributos; que junto a la ya mencionada de la estación E+560, le dan un aval suficiente para que esta área pueda convertirse en una interesante zona de prospección. Estos puntos anómalos localizados en los campos físicos, pudieran ser comprobados con perforaciones verticales de poca profundidad en futuros trabajos.

Las Tunas

En este sector también se realizaron 2 perfiles: P-3 y P-4 sobre pequeñas colinas al sureste de la ciudad de Las Tunas donde predominan también rocas de alteración cuarzo – sericitas, en zonas de contacto entre la intrusión de granodioritas y las rocas efusivas, las que presentan mineralización sulfurosa vetítico – diseminada. Las coordenadas de los puntos extremos del perfil P-3 son las siguientes:

Sector	Estación	X	Y
SE Tunas	EST-0	491395.80	254301.30
P-3	EST-500	491399.00	254824.20

En la Fig. 3.3.8 se muestran los resultados obtenidos en esta línea de investigación donde nuevamente se obtuvieron pequeños incrementos en la cargabilidad $I>3\text{mv/v}$, los que son acompañados de máximos de kappa sobre relieve positivo y con presencia de rocas de alteración en la superficie.

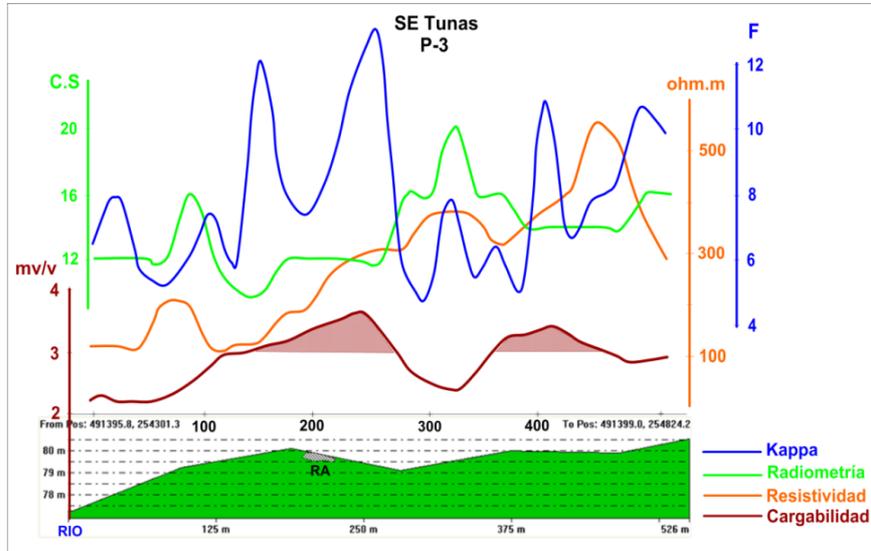


Fig. 3.3.8: Resultados geofísicos del perfil P-3.

Un segundo perfil se trazó 400m al este del anterior sobre características geológicas semejantes y los resultados son muy alentadores, las coordenadas de este nuevo perfil son las siguientes:

Sector	Estación	X	Y
SE Tunas	EST-0	490966.20	254384.00
P-4	EST-600	490966.30	254992.10

Como se observa en la Fig. 3.3.9, estas pequeñas colinas que circundan a la ciudad de Las Tunas presentan mineralización sulfurosa diseminada, las que provocan zonas anómalas en los campos físicos, por lo que recomendamos deben ser estudiadas de forma más detalladas en futuros trabajos.

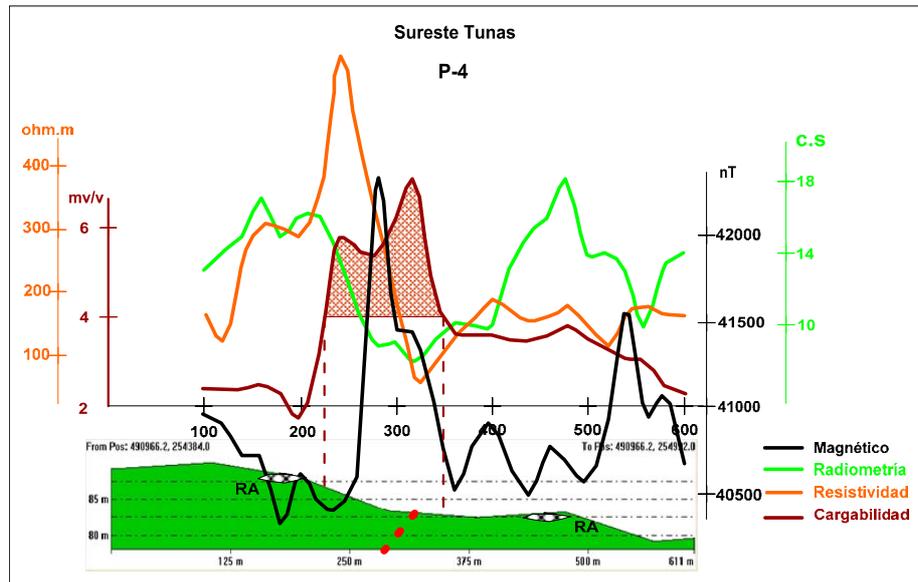


Fig. 3.3.9: Resultados geofísicos del perfil P-4.

“La Aurelia”

Otro de los sectores donde se hizo muy difícil el trabajo geofísico, por lo tupido que se encuentra de *marabú*. Aquí se pudieron realizar con trazado topográfico en estrechas trochas, dos perfiles (P-5 y P-6), los que fueron estudiados con el método magnético (T) y la polarización inducida (GM).

Las coordenadas de los puntos extremos del perfil P-5 son las siguientes:

Sector	Estación	X	Y
La Aurelia	EST-0	466120.95	265291.00
P-5	EST-700	466120.74	265990.98

Los resultados obtenidos en este perfil son muy alentadores tal como se observa en la Fig. 3.3.10. Existe correlación anómala de los dos métodos empleados, tanto la cargabilidad que alcanza intensidades de $I > 8 \text{mv/v}$, como la resistividad donde se alcanzan incrementos por encima de los 80ohm.m , coinciden exactamente con

variaciones del campo magnético, teniendo a su favor que ambas zonas se ubican en relieve positivo, con fragmentos de rocas alteradas en superficie. Por lo que todo parece indicar que estamos en presencia de un sistema de vetas con una separación entre ellas de 130m.

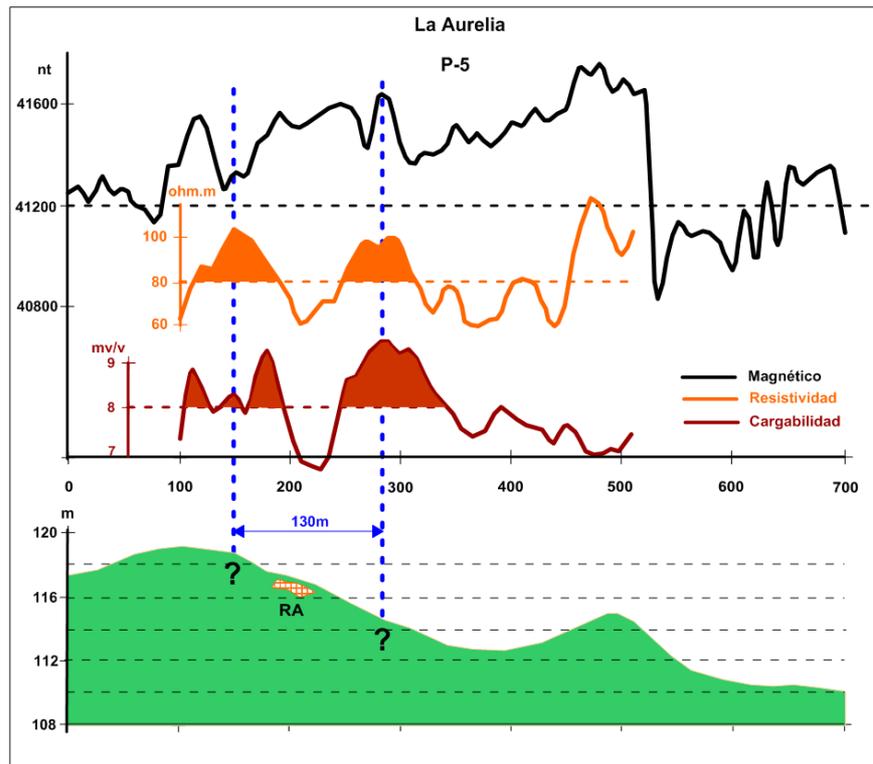


Fig. 3.3.10: Resultados geofísicos del perfil P-5.

Las coordenadas de los puntos extremos del perfil P-6 son las siguientes:

Sector	Estación	X	Y
La Aurelia	EST-0	465299.00	265477.04
P-6	EST-600	465299.05	266077.01

El perfil P-6 ubicado del anterior a unos 820m hacia el oeste (W), presenta el mismo comportamiento (ver Fig. 3.3.11) con intensidades aún mayores; la cargabilidad sobrepasa los 11mv/v y la resistividad también alcanza intensidades de $R_a > 200 \text{ohm.m}$, apoyado en una variación mínima del campo magnético que alcanza intensidades de $T < 41300 \text{nT}$, que pudiera estar mapeando la presencia de una zona tectónica en la estación E+200. Sin embargo, dichas variaciones esta vez están localizadas en depresiones del terreno (cañadas), que en el momento de la medición se encontraban secas; por lo tanto dichos incrementos pueden estar respondiendo a zonas tectónicas mineralizadas.

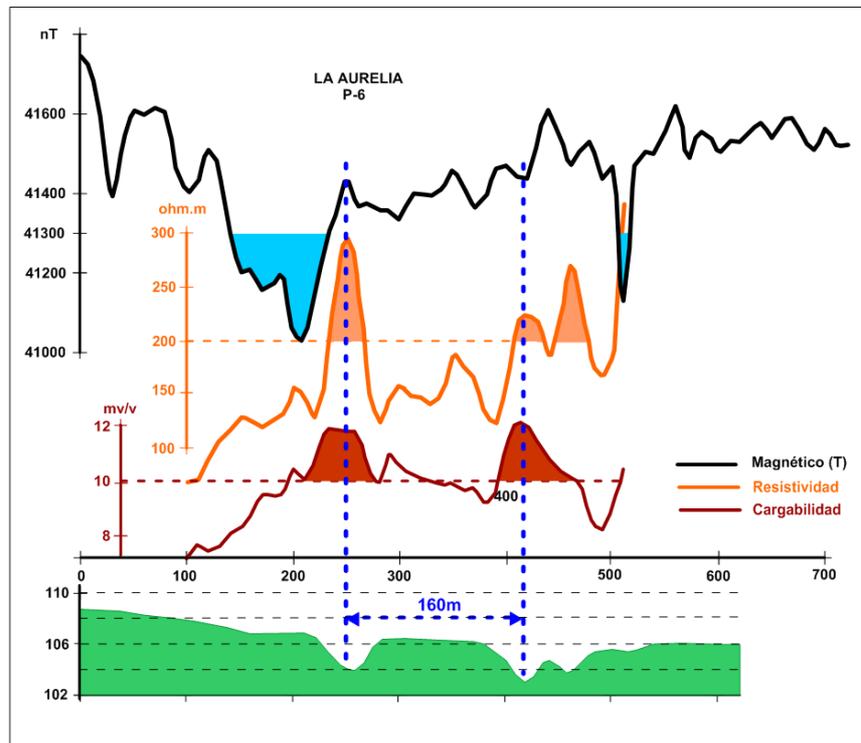


Fig. 3.3.11: Resultados geofísicos del perfil P-6.

Llama la atención que nuevamente las zonas anómalas están separadas a una distancia muy similar a la anterior, esta vez a 160m; pudiéndose estar cumpliendo lo ya expresado por el famoso geólogo soviético *Belousov* cuando afirmó: “En la

naturaleza, el cuadro estructural-geológico de los cuerpos minerales se repite equidistantemente", que en nuestro caso son hasta el momento, zonas anómalas de los campos físicos.

3.4. Interpretación geológica, mineralógica y geoquímica de las áreas perspectivas.

La región Guáimaro – Las Tunas geológicamente está constituida en su mayor porcentaje por rocas efusivas y efusivo – sedimentarias representadas por las formaciones Guáimaro, Crucero Contramaestre, Saramaguacán, Piragua, Vázquez, Río Yáquimo, Presa Jimaguayú y Arabos que varían en composición desde rocas básicas hasta ácidas; al Norte de estas aflora el macizo de granitoides "Sibanicú – Las Tunas", así como pequeños stocks de composición semejante a estos. Ambos en sus contactos con las rocas vulcanógenas y vulcanógenas – sedimentarias han dado lugar a zonas de alteración representadas por rocas anfibolitizadas, cloritizadas, epidotizadas, piritizadas, sericitizadas. Un desarrollo limitado en el área presentan las rocas sedimentarias propias de las cuencas superpuestas de la plataforma moderna y en menor proporción de las cuencas post volcánicas y transportadas.

Los variados y complejos procesos geológicos que han afectado a la región a la vez han dado lugar a una gran variabilidad en los procesos de mineralización que en ella se desarrollan; entre las que encontramos zonas alteradas y mineralizadas asociadas a procesos de skarnificación y cornificación, zonas de quebrantamiento tectónico, fallados, intruidos por pequeños stocks como Guáimaro, zonas alteradas hidrotermalmente, mineralizadas como Florencia, Golden Hill, Maclama etc., estos últimos asociados a estructuras circulares.

Teniendo en cuenta la extensión de la región de estudio y el gran volumen de información que existe, la dividimos en 12 áreas, Villa María, La Botija, Las Tunas, La Aurelia, Sirven, Guáimaro, La Gloria, El Impuesto, Santa Gertrudis, El Embarque, La

Caridad y La Defensa. De ellas Villa María, La Botija, Las Tunas, La Aurelia y Sirven son las más perspectivas para pasarlas a trabajos de prospección, debido a su alto grado de estudio geológico, la densidad de distribución de las ocurrencias minerales y el ambiente geológico de formación.

Identificamos como primera prioridad para trabajos futuros de prospección a las áreas Villa María y La Botija. Se seleccionó el área Villa María porque sus resultados geoquímicos son altamente positivos, sobre todo en el muestreo de rocas en afloramientos, con un promedio de 8,89 g/t de oro, y el área La Botija porque tiene grandes zonas de rocas alteradas en dirección aproximada al NW, las cuales poseen una similitud muy grande con la conocida zona aurífera de Golden Hill, lo que pudiera tratarse de un sistema epitermal.

Área N^o1 Villa María de primera prioridad

Ubicación: esta área se encuentra localizada a 34 Km del poblado de Guáimaro, por la carretera central en dirección a la Provincia de las Tunas, a 2 Km al Norte del poblado Yarigua y ocupa un área de 35.55 Km², dentro de ella se localizan los puntos de mineralización Po-7435,3542, 7413,7436, 7413, 3542 y el Pozo 140.

Geología: La geología está constituida por la Fm. Crucero Contra Maestre y el complejo Granodiorítico. La Fm. Crucero Contra Maestre ocupa más del 90% del área y está formada por rocas volcánicas de composición media a básica llegando a ácida, está formada por tobas, tufitas, aleurolitas, argilitas, calizas, areniscas tefroides y conglomerados, **(ver anexo 1)**.

Marco tectónico: arco Volcánico.

Ambiente de deposición: en Villa María existe evidencia de dos tipos de deposición de la mineralización, uno estructural y otro magmático, relacionado con un control litológico.

Alteración: dentro de esta área podemos destacar la alteración en el sector de Villa María, hasta ahora la más estudiada, representada por cornificación, skarnificación, propilitización con cloritización, y la argílica con la presencia de alunita con cuarzo y

minerales arcillosos del tipo micáceo. La alteración supergénica presente es la oxidación con óxidos e hidróxido de hierro.

Mineralización: La mineralización hipogénica está representada por oro, magnetita, rutilo, pirita, apatito, calcopirita, ilmenita, arsenopirita y granate.

Geoquímica: Se encuentran presentes en el área anomalías secundarias de suelo de Ag-Cu, acompañada de partículas de oro en muestras de jaguas.

Sector Villa María

Dentro del área Villa María lo más interesante es **El sector Villa María**, ocupa un área de 5.3 Km², por lo que podemos apreciar, sus alteraciones indica la presencia de dos tipos de alteraciones, una la más importante relacionada a un control estructural donde se han encontrado los contenidos de oro más representativos con valores en muestras de rocas en afloramiento y fragmentos de 0.15, 0.235, 0.350, 1.19, 1.41, 4.32 y 170.1 g/t y en laboreos mineros (remuestreo de trincheras) con un intervalo de 11.0m con un contenido promedio 0.43g/t, y otra aún no estudiada, con un control litológico asociada a un metasomatismo de contacto identificada por la skarnificación. La alteración que acompaña la mineralización es la alunita, cuarcificación, mineralización micácea y la propilítica con la cloritización.

Área N° 2. La Botija de primera prioridad.

Ubicación: se encuentra al sureste de la Provincia de Las Tunas a 000 Km por la carretera que va para Bayamo. Recibe este nombre por encontrarse dentro de esta área el sector la Botija considerado el blanco de mayor importancia, esta tiene un área de 99.18 Km².

Geología: su geología está integrada por la Fm. Crucero Contra maestre y la Fm. Saramaguacán, **(ver anexo 2)**.

Marco tectónico: Arco Volcánico.

Alteración: la alteración conocida en toda el área es la del sector La Botija

representada por rocas alteradas con óxido e hidróxido de hierro y cuarzo. Alunita, propilítica (clorita, sericita, y cuarzo)

Mineralización: la mineralización conocida hasta el momento es la de este sector, y destacándose en muestras de minerografía y mineralógicas, la presencia de pirita, calcopirita, arsenopirita, magnetita, pirrotina, esfalerita, bornita, covelina y oro.

Geoquímica: la geoquímica que se observa, se localiza fundamentalmente en la parte superior NW del área representada por anomalías geoquímicas secundarias de (Ba – Au - Ag- Cu – Zn – Pb), acompañada, de muestras de jaguas con oro.

Sector La Botija

El área La Botija y en específico el sector se encuentra enclavado dentro de la Fm Crucero Contramaestre, ocupando un área de 4.5 Km², constituida por rocas volcánicas (basalto o andesito – basáltica, porfirita andesítica, tobas, tobas brechas, tobas, lavas de composición ácida) alteradas, caracterizadas por una alteración al parecer de reemplazo con la presencia de brechas con cuarzo en fragmentos y en ocasiones rellenan oquedades, acompañado de óxido e hidróxido de hierro, en las muestras de fragmentos y afloramientos se han recibidos resultados con contenidos 0.116, 0.035, 0.02 y 0.165 g/t de Au.

Por la presencia de las alteraciones y la mineralización que la acompaña, todo indica que estamos en presencia de un sistema sulfato ácido o de alta sulfidación similar a Golden Hill, y aunque hasta el momento los contenidos de oro son marginales, esta similitud y su cercanía, le da perspectiva a este sector, fundamentándose su continuidad de trabajo en el interés de encontrar en qué parte del sistema se encuentran los contenidos industriales de este metal.

Área N° 3 Las Tunas

Ubicación: se encuentra localizada al Norte - Noroeste de esta provincia, formada por los puntos de mineralización P-138, 144,145, Po1082, 4430, T-277, 279 y los Puntos de coordenadas (X-488500, Y-249850), (X-491250, Y-252650), (X-490350, Y-254690), (X-491655, Y-253015), (X-491976, Y-253903) y el sector El Parnaso Este, y ocupa un área de 67.5 Km².

Geología: se encuentra la formación Crucero Contramaestre, su parte Este y Oeste está ocupada por el intrusivo granodiorítico y dioritas cuarcíferas (**ver anexo 3**). Dentro de sus límites se pueden observar afloramientos del complejo basáltoides, cuerpos de ignimbritas, subvolcánico y de diques, lavas basálticas, porfiritas basálticas, andesita basálticas, porfiritas andesítica, lavas dacita – liparitas y andesita – dacita.

Marco tectónico: de arco volcánico, con un ambiente de deposición tectónico litológico.

Alteración: Hidrotermal, skarnificación, cornificación y propilitización, en secciones delgadas tomadas durante este proyecto se describe la existencia de un basalto alterado, como una roca porfírica, con una alteración de propilitización representada por abundante (clorita, epidota, carbonato, poco cuarzo, zeolita, albita y actinolita) de un metamorfismo de contacto de bajo grado.

Mineralización: la presencia de mineralización sulfurosa en forma vetítica y diseminada, con minerales secundarios de cobre como la malaquita, azurita y óxidos e hidróxidos de hierro. En las muestras mineralógicas se describe minerales como la magnetita, ilmenita, pirita, rutilo, circón, hematita y los óxidos de hierro, limonita y goethita.

Geoquímica: próximo al intrusivo anomalías geoquímicas de Ag-Ba-Cu-Pb-Au y en su parte externa alejada, en donde ocupan las rocas volcánicas efusivas y se encuentra el sector El Parnaso E con anomalías de Ag-Cu-Au. También podemos observar la presencia de oro en el muestreo de jagua.

La presencia de los intrusivos y de las alteraciones asociadas a este, acompañadas de la mineralización secundaria de cobre, en forma vetítica y diseminada con la presencia de Mo y el oro visto en las muestras de jaguas, todo indica que nos encontramos en presencia de una mineralización polimetálica del tipo cobre porfírico, por lo que en esta área se debe encaminar los estudios a buscar este tipo de mineralización, relacionada con una mineralización de gran tonelaje pero de baja ley de oro, observando que los valores del cobre sean de contenidos industriales, no así en el caso de El Parnaso E, que en estos sitios más alejados en los alrededores de estos cuerpos intrusivos nos podemos encontrar vetas de cuarzo de baja sulfidación ricas en sulfuros con contenidos de oro y Cu de importancia económica como lo podemos ver en los resultados recibido durante los trabajos de Mac Donald con muestras con contenidos en oro de (2.31, 5.75, 7.51, 7.13, 1.05, 1.23 g/t de Au), (0.33, 1.0, 2.12, 0.76, 0.4, 0.12% Cu).

Área N° 4 La Aurelia.

Ubicación: Se encuentra ubicada próximo a la carretera central que une al municipio Guáimaro con Las Tunas aproximadamente a 21.5Km, tiene un área de 67.54 Km², representada por las manifestaciones Po- 1092, 1093, 7114, 7127, El Frutal, un pozo criollo y las señaladas por las coordenadas (X- 463000, Y- 269000); (X- 472000, Y- 269000); (X- 472000, Y- 263500); (X-466000, Y-263479); (X-464275, Y-261425); (X- 461850, Y-263501).

Geología: la geología de esta área está compuesta más del 60% por el complejo Granodiorítico, por la Fm Crucero Contra maestre y Guáimaro, esta última por lavas y tobas basalto – andesíticas, andesito – basálticas, xenolavas, xeno tobas y calizas **(ver anexo 4).**

Marco tectónico: Arco volcánico Cretácico, Mineralización asociada principalmente al cuerpo intrusivo granodiorítico.

Alteración: la alteración hidrotermal observada en los puntos de mineralización

antes descritos son la skarnificación en El Frutal, la cuarcificación piritizada, la carbonatización acompañada de epidotización y la cuarcita tipo Jobabo.

Mineralización: está representada por vetas de cuarzos con sulfuros, magnetita, pirita y la mineralización cuprífera. Mineralización secundaria de cobre (malaquita).

Geoquímica: se observa mineralización secundaria de suelo (Au-Ba-Zn-Pb) en la parte Suroeste del área y en su parte noreste anomalía geoquímicas de minerales inframeníferos de (CU-Pb-Mo) fundamentalmente encima del intrusivo.

El área La Aurelia, por su nivel de erosión y por tener en su mineralización la influencia de la proximidad de un intrusivo granodiorítico cubriendo casi toda su área, no debemos esperar encontrar elevados contenidos de oro, sin embargo, la presencia de una zona de oxidación al parecer es extensa con contenidos anómalos de oro desde 0.010, 0.125, 0.135, hasta 0.470 y 0.995 en suelo y 0.026, 0.100 y 0.110 en roca, no debe dejarse de considerar, sobre todo en aquellos lugares donde los niveles de erosión no se han producido con intensidad.

Área N° 5 Sirven

Ubicación: Se encuentra aproximadamente a 14 Km al este del poblado Jobabo de la provincia de Las Tunas, ocupando un área de 116.9 Km², en ella se encuentra las manifestaciones Po-8257, 6026 y el sector la Pala.

Geología: en esta área existe un amplio desarrollo de la Fm Crucero Contraestre, Fm. Saraguacán y la Fm. Río Yáquimo (**ver anexo 5**).

Marco tectónico: arco volcánico de isla.

Alteración: cuarzo hematita considerada cuarcita del tipo Jobabo.

Mineralización: secundaria de azurita y malaquita.

Geoquímica: en su parte central se observa la presencia de anomalías de (Zn-Cu-Pb) y al suroeste (Ba-Ag-Pb-Cu) y las de (Mo-Ag-Pb).

En esta área se encuentra el sector llamado la Pala, donde se tomó una muestra con contenidos de 45 g/t de oro y 100 g/t de Ag, también en las observaciones de

trabajos de campo se ha manifestado la presencia de mineralización secundaria de cobre (malaquita), pero no ha quedado claro aún la estructura que está alojando esta mineralización, ya que la muestras tomadas al parecer fueron selectivas y puntuales, por lo que se debe realizarse un reconocimiento en este sector y en general en toda esta área con el objetivo de precisar a que está asociada esta mineralización.

Tablas de contenidos de Oro del muestreo en las áreas y sectores propuestos para la prospección.

Tabla 1: contenido de oro en muestras de suelo

Área	Cantidad de muestras	Contenido promedio de Au(g/t)
La Pala	118	0.005
Villa María	89	0.005

Tabla 2: contenido de oro en muestras de cantos rodados

Área	Cantidad de muestras	Contenido promedio de Au(g/t)
La Botija	6	0.061
Villa María	19	0.056
La Pala	1	0.005

Tabla 3: contenido de oro en muestras de afloramientos

Área	Cantidad de muestras	Contenido promedio de Au(g/t)
La Botija	36	0.34
Parnaso	16	1.29
Villa María	20	8.89
La Pala	19	2.38

3.4.1. Caracterización de las muestras en secciones pulidas de las áreas seleccionadas de primera prioridad: Villa María y La Botija.

Área Villa María

Muestra: VM-1-0474

La muestra presenta textura de sustitución por corrosión, los minerales metálicos presentes son: la pirita que se encuentra diseminada por toda la muestra en el cuarzo que es el mineral petrográfico que más predomina; se observa un grano mineral donde hay una intercalación de cuprita y covelina (ver foto 3.4.1), los cuales también se encuentran en pequeños granos por toda la muestra, otro mineral metálico existente es la magnetita (ver foto 3.4.2) y la hematita, que es producto a la oxidación de los sulfuros que se encuentra por toda la muestra.

Pirita (Py): es un mineral metálico de composición química FeS_2 , cristaliza en el sistema cúbico, tiene dureza alta de 6-6.5 en la escala de Mohs, su color es amarillo claro, no tiene birreflexión, es isotrópico y no tiene reflejos internos.

Covelina (Cv): se presenta en el sistema hexagonal, con composición química CuS , su dureza es baja en la escala de Mohs es de 1.5-2, tiene un color azul, birreflexión alta, es muy anisotrópica y no tiene reflejos internos.

Cuprita (Cup): su composición química es Cu_2O , cristaliza en el sistema cúbico, su dureza en la escala de Mohs es media entre 3.5-4, tiene un color blanco azulado – grisáceo, no tiene birreflexión, es débilmente anisotrópico y tiene reflejos internos rojos.

Hematita (Hem): su composición química es Fe_2O_3 , es hexagonal, tiene dureza alta en la escala de Mohs entre 5-6, presenta un color blanco grisáceo, no tiene birreflexión, es muy anisotrópico y tiene reflejos internos rojos en inmersión.

Foto 3.4.1: intercalación de covelina y cuprita

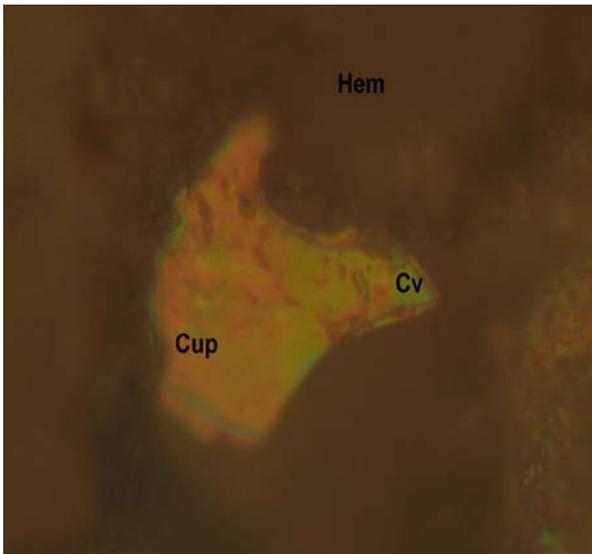
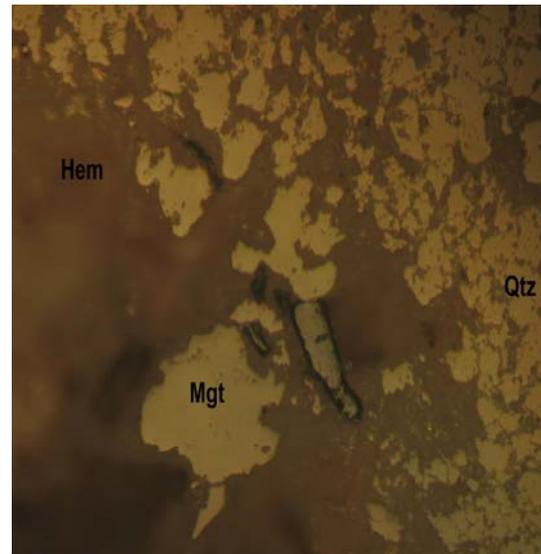


Foto 3.4.2: magnetita



Muestra: VM-1-0475

La muestra presenta predominantemente textura de sustitución por corrosión y de cristalización, los minerales metálicos presentes son: la calcosina (ver foto 3.4.4), esfalerita (ver foto 3.4.3), pirita, hematita. La pirita se encuentra diseminada por toda la muestra en el mineral petrográfico cuarzo que es el que más abunda.

Calcosina (Cc): Cristaliza en el sistema hexagonal, su composición química es Cu_2S , tiene dureza baja de 2-2.5 en la escala de Mohs y un color azulado claro, no tiene birreflexión, es débilmente anisotrópico y no tiene reflejos internos.

Esfalerita (Sf): cristaliza en el sistema cúbico, su composición química es ZnS , la dureza en la escala de Mohs es media entre 3.5-4, tiene un color gris, no tiene birreflexión, es isotrópico y tiene reflejos internos que pueden variar de amarillos, pardos y rojos.

Foto 3.4.3: esfalerita

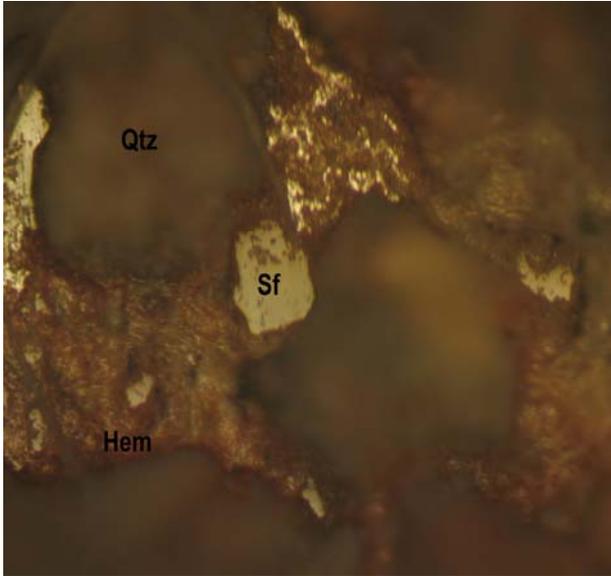
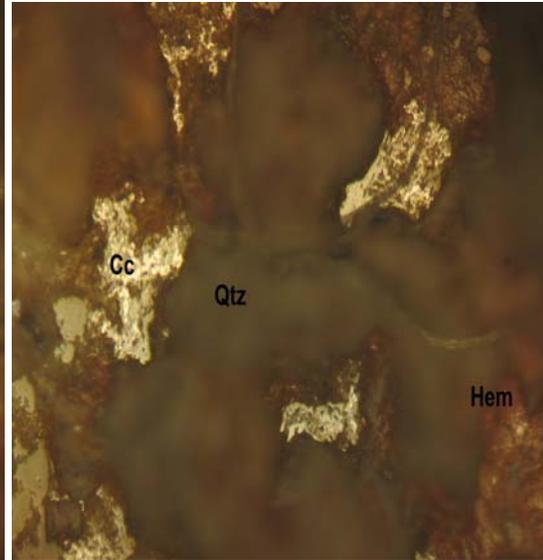


Foto 3.4.4: calcosina



Muestra: VM-2-0475

La muestra presenta textura de cristalización por intersección y de sustitución, está compuesta casi en su totalidad por cuarzo y feldespatos como minerales petrográficos, el cuarzo se encuentra en dos generaciones, uno se presenta fragmentado y el otro más joven rellenando grietas (ver foto 3.4.5). Los minerales metálicos presentes son: pirita, que se encuentra diseminada en el cuarzo, la esfalerita, la calcosina y la hematita.

Foto 3.4.5: esfalerita y grieta rellena de cuarzo de segunda generación



Área La Botija

Muestra: B-2-0473

La muestra presenta texturas de sustitución esquelética y por intersección, de cristalización alliotromórfica y de descomposición de soluciones sólidas en la variante reticular. Los minerales metálicos presentes son: calcosina (ver Foto 3.4.6; 3.4.7; 3.4.8), cuprita que se encuentra dentro de la calcosina como producto de una oxidación, pirita que se encuentra diseminada en pequeños cristales entre el cuarzo, y la hematita que es producto a la oxidación de los sulfuros.

Los minerales petrográficos acompañantes que se presentan en la muestra son: feldespato potásico adularia (KAlSi_3O_8), (ver Foto 3.4.9), es un mineral de baja temperatura; el cuarzo, y la malaquita (ver Foto 3.4.10) que se encuentra dentro del cuarzo.

Cuprita (Cp): su composición química es Cu_2O , cristaliza en el sistema cúbico, su dureza en la escala de Mohs es media entre 3.5-4, tiene un color blanco azulado –

grisáceo, no tiene birreflexión, es débilmente anisotrópico y tiene reflejos internos rojos.

Minerales petrográficos:

Adularia (Adl): cristaliza en el sistema pseudoortorrómbico, es un feldespatos de potasio (K) entre traslúcido y transparente, es de baja temperatura.

Malaquita (Mlq): monoclinico, los cristales son generalmente prismáticos, delgados, pero rara vez claros; tiene dureza media entre 3-4 en la escala de Mohs, su composición química es $\text{Co}_3\text{Cu}_2(\text{OH})_2$, color verde.

Foto 3.4.6: con nicols cruzados, Calcosina, hematita y cuarzo

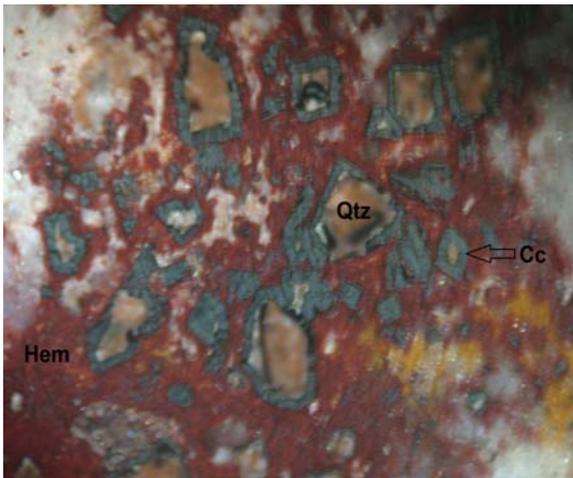


Foto 3.4.7: calcosina y cuarzo

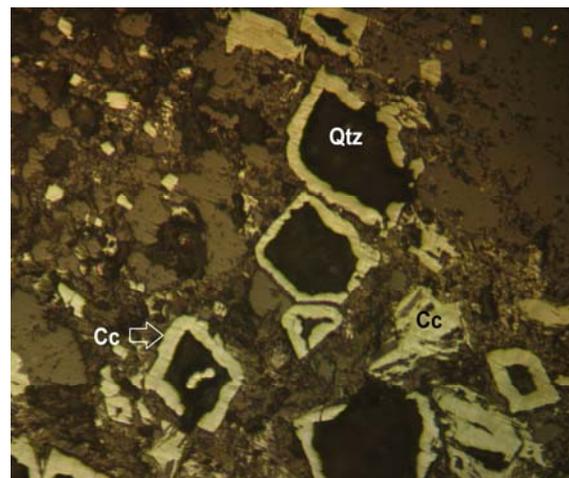


Foto 3.4.8: grieta rellena de calcosina

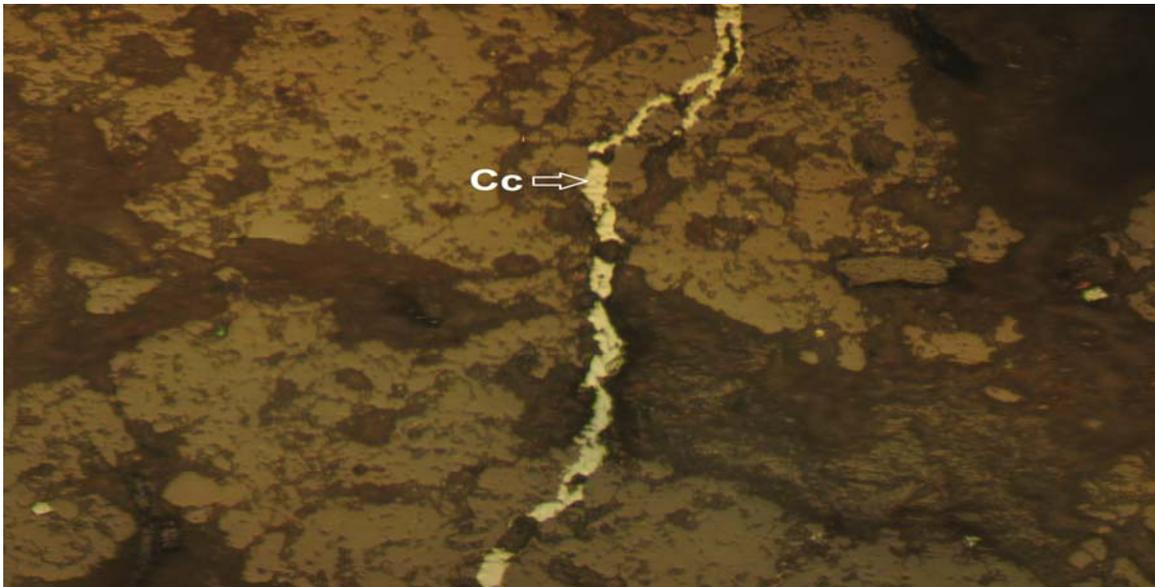


Foto 3.4.9: adularia

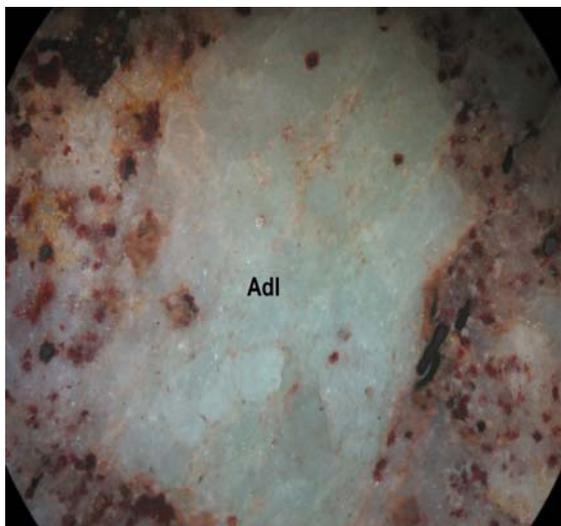
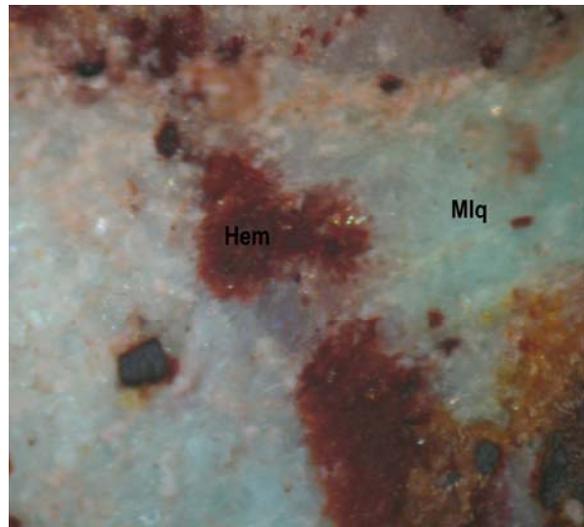


Foto 3.410: malaquita y hematita



CONCLUSIONES

1. Como resultado de la investigación se reconocieron 12 áreas las cuales son: Villa María, La Botija, Las Tunas, Sirven, La Aurelia, Guáimaro, La Gloria, El Impuesto, Santa Gertrudis, El Embarque, La Caridad, La Defensa; de ellas se seleccionaron como más perspectivas las áreas Villa María, La Botija, Las Tunas, Sirven, La Aurelia.
2. A partir de la interpretación geofísica se detectaron anomalías favorables de cargabilidad, resistividad y del campo magnético que nos permitió identificar las áreas Villa María y La Botija como más perspectivas o de primera prioridad, recomendadas para trabajos futuros de prospección geológica,.
3. A partir de la interpretación geoquímica se determinó la potencialidad de la mineralización en cada una de las áreas; dando como resultado que el área Villa María es la más perspectiva con un promedio de contenido de oro de 8.89 g/t en las muestras de afloramiento.
4. A partir de la interpretación geológica se determinó la zona de alteración del área La Botija es la más similar con la conocida zona aurífera de Golden Hill.
5. A partir de la caracterización de las muestras pulidas se determinó que los minerales presentes en la roca son: pirita, calcosina, esfalerita, magnetita, hematita, cuprita, covelina y malaquita.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que los trabajos de prospección en las áreas seleccionadas se deben encaminar a determinar su tonelaje, puesto que ya en estas áreas se han comprobado la presencia de contenidos industriales de oro.
2. Realizar un reconocimiento con muestreo de roca de fragmentos y afloramientos, con el objetivo de mapear en superficie la continuidad por el rumbo de las estructuras.
3. Realizar un muestreo de suelo cubriendo el área con una red de 100x20 con vista a revelar nuevas manifestaciones y disminuyendo pasos a 10 m encima de la estructura para descubrir su presencia en aquellos lugares donde se encuentre cubierta, por lo que se deben realizar también trabajos topográficos y geofísicos.

BIBLIOGRAFÍA

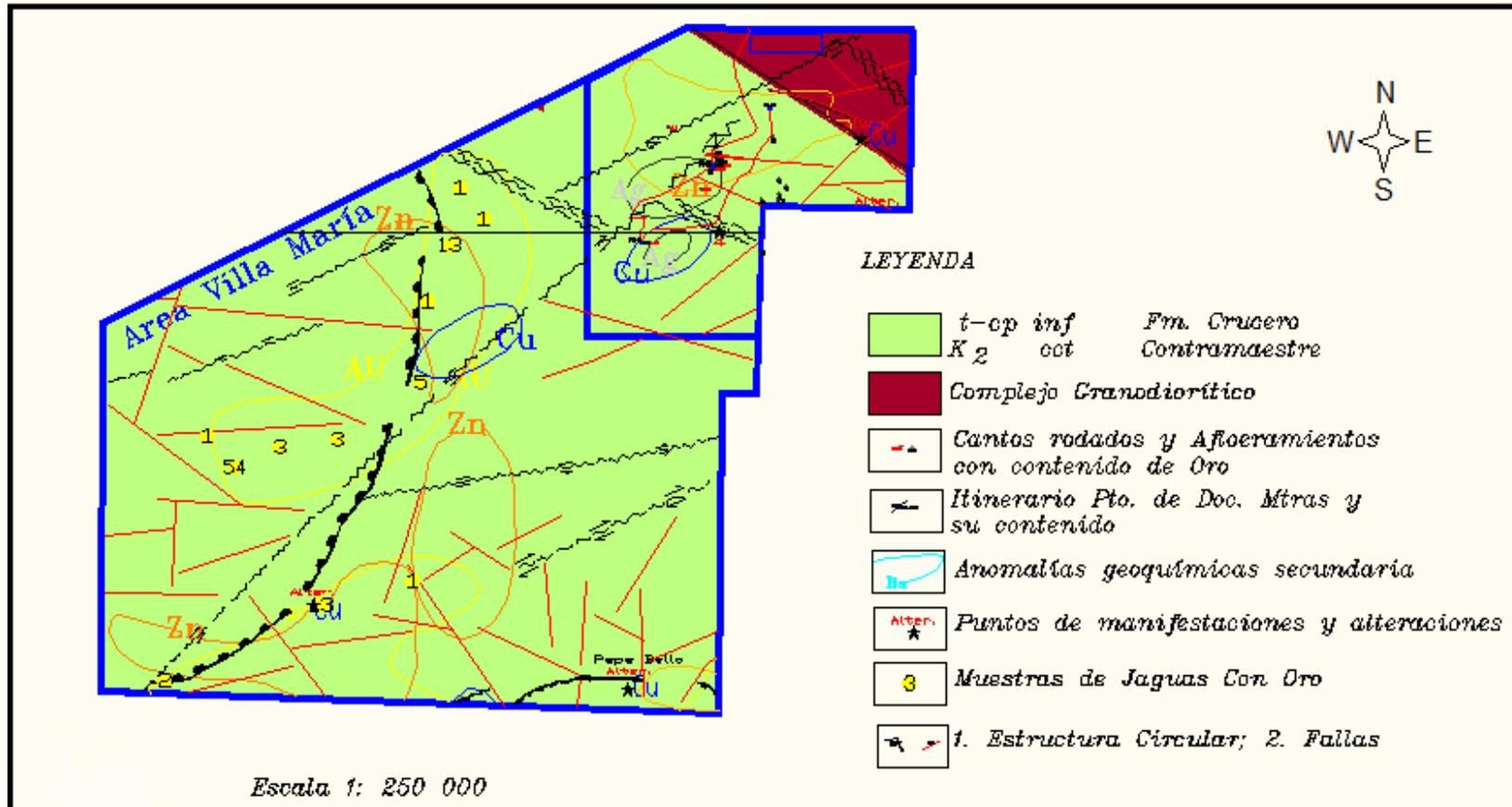
- Academias de Ciencias de Cuba, Bulgaria, Hungría, Polonia, U.R.S.S. 1989. Mapa geológico de Cuba, a escala 1:250 000. Impreso en la U.R.S.S
- Akberov, et al., 1990. Informe de los trabajos de exploración detallada en el yacimiento de oro Florencia, provincia de Camagüey. Empresa Geólogo-Minera de Camagüey,
- Alemán, I., De la Torre A., Barroso A., Lamas M., Donet P., Pérez J., García M., Escobar A. y Rodríguez R. E., 1993, Informe sobre la prospección detallada de oro a escala 1:50 000 en el sector Jobabo, Las Tunas. Yacimientos Maclama, Georgina, Iron Hill, Abucha.
- Alemán I., 1992. Informe sobre los resultados del TTP Cálculo de reservas y recursos pronósticos en las manifestaciones Georgina, Abucha y otras intersecciones minerales en el sector Jobabo: Inédito.
- Capote, C.; Santa Cruz Pacheco, M Díaz de Villalvilla, I; Brito, G; Pérez, M.; Pereda, O; García, D.; Talavera, F.; González, E. 1991. Proyecto temático – productivo: Fundamentación del pronóstico y la búsqueda de minerales sólidos en la Región Siboney – Las Tunas. Instituto de Geología y Paleontología (IGP) y Empresa Geólogo-Minera Camagüey, Ministerio de la Industria Básica, Cuba
- Capote, C., *et al*, 2002. Informe final del proyecto I+D 224 Evaluación del potencial de metales preciosos y base del arco Cretácico en territorio Ciego de Ávila – Camagüey – Las Tunas.
- Capote, C. et al, 1993. Trabajos de generalización geólogo-geofísica del territorio Siboney – Las Tunas. Mapa paleoestructuro – magmático a escala 1:50 000.
- Czhestokanova, V. *et al*. 1966. Informe de los trabajos de búsqueda y exploración realizados en los años 1964-1965, en los yacimientos auríferos de la zona de Guáimaro, en la provincia de Camagüey.
- Dana, tercera edición. Manual de mineralogía de Dana.

- D. Tchounev *et al*, E. Belmustakov *et al*, S. Ianev, 1989. Léxico estratigráfico.
- Escalona W. B., Pruss Y. B., Barroso A., *et al*, 1991. Informe prospección detallada y exploración orientativa de placeres de oro en la región Guáimaro – Las Tunas.
- Ipatenko S., 1966. Mapa gravimétrico generalizado para la región Ciego de Ávila – Camagüey – Las Tunas a escala 1:250000
- Iturralde Vinent M y otros, 1988. Informe del levantamiento geológico a escala 1:50000 del polígono Camagüey.
- Iturralde Vinent, *et al*, 1986, E. Piñero *et al*, 1990 Levantamiento CAME y el gravimétrico 1:50 000.
- K. Shaposnikov, Sipatenko *et al* (1966). Levantamiento gravimétrico a escala 1: 100 000 y 50 000.
- Lugo P. R y otros. 1997. Informe de prospección del período 1996 - 97 en la Concesión Florencia, República de Cuba.
- Marí T., 1992. Particularidades de los granitoides de Ciego de Ávila – Camagüey – Las Tunas y consideraciones sobre su posición dentro del arco de islas.
- Moreira, J., *et al*, 1999. Reevaluación Metalogénica del Potencial de Recursos Minerales de Metales Preciosos y Base en Cuba Oriental.
- Ovchinnikov, V., Balbis C., Biriolin V., Volcov V., Bolotov R., Díaz G., Lugo R., Pérez F., Laverov Y. y Pak G., 1982, Informe sobre los trabajos geológicos de búsqueda orientativa a escala 1:25 000 y detallada 1:10 000 para oro, cobre y molibdeno en la región Martí – Bartle – Las Tunas en los años 1976 – 1981.
- Pérez, E., Lugo, R., Barroso, A., Escobar, E, 1997. Informe sobre los trabajos regionales de reconocimiento geológico inicial en la concesión Florencia – Jobabo, República de Cuba, para McDonald Mines Exploration Ltd.

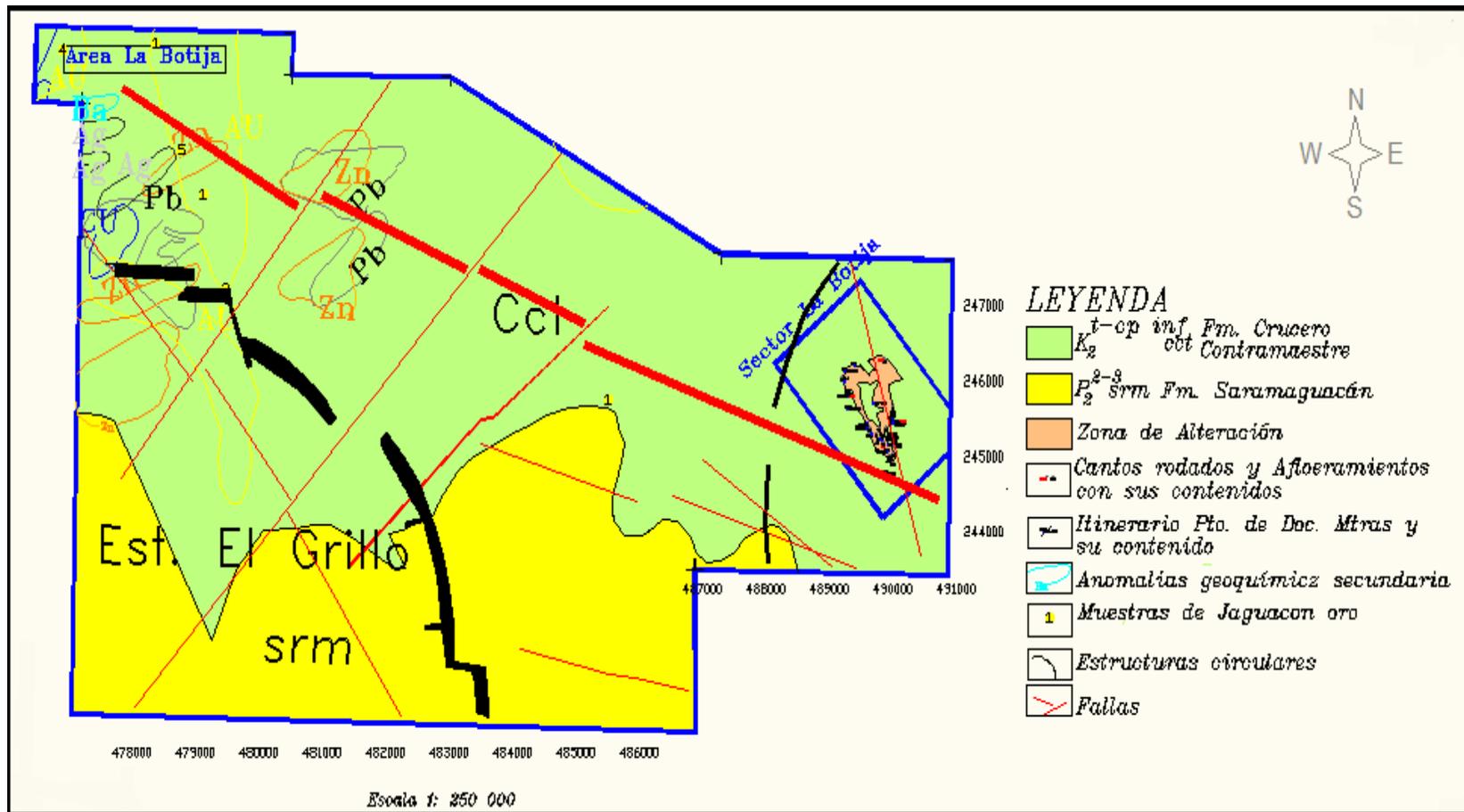
- Pérez, E., Pimentel, H., Pardo, M., Lugo R., Viltres R., García M., González V., Pérez J., Prieto O., Ayata T., Gálvez F., Barroso A., Pérez A., Carnero A., 1998, Informe interpretación tectono – estructural de los datos geofísicos en la región Ciego de Ávila – Camagüey – Las Tunas.
- Pimentel H, Escobar E. Caracterización de la Mineralización Endógena del Arco de Islas Volcánico del Cretácico y el Cinturón Ofiolítico en Cuba Centro oriental. XIII Conferencia Geológica del Caribe, Pinar del Río, 1992.
- Roque, F; Lugo, Primelles R.; Barroso, A.; González, C. J. 2001. Proyecto: Prospección para oro en los alrededores de Golden Hill, Las Tunas. Empresa Geominera de Camagüey.
- Shevchenko I. y otros, 1978. Informe del levantamiento geológico a escala 1: 100 000 en la región de Martí - Victoria de Las Tunas.
- Tchounev, D. et al, 1981. Informe de los trabajos de levantamiento geológico a escala 1:250 000 en el territorio Ciego de Avila – Camagüey – Las Tunas. Academias de Ciencias de Cuba y Bulgaria.
- Tchounev *et al* 1981. Levantamiento 1:250 000 del territorio Camagüey – Ciego de Ávila y parte de Las Tunas.
- V. I. Sminorv, 1976. Geología de yacimientos minerales p 34.
- V. Rimanonv *et al* (1962). Levantamientos aeromagnéticos a escala 1:50 000.
- V. Ovchinikov, *et al* 1998. Levantamiento geológico a escala 1:100 000 Guáimaro – V. de las Tunas.

ANEXOS

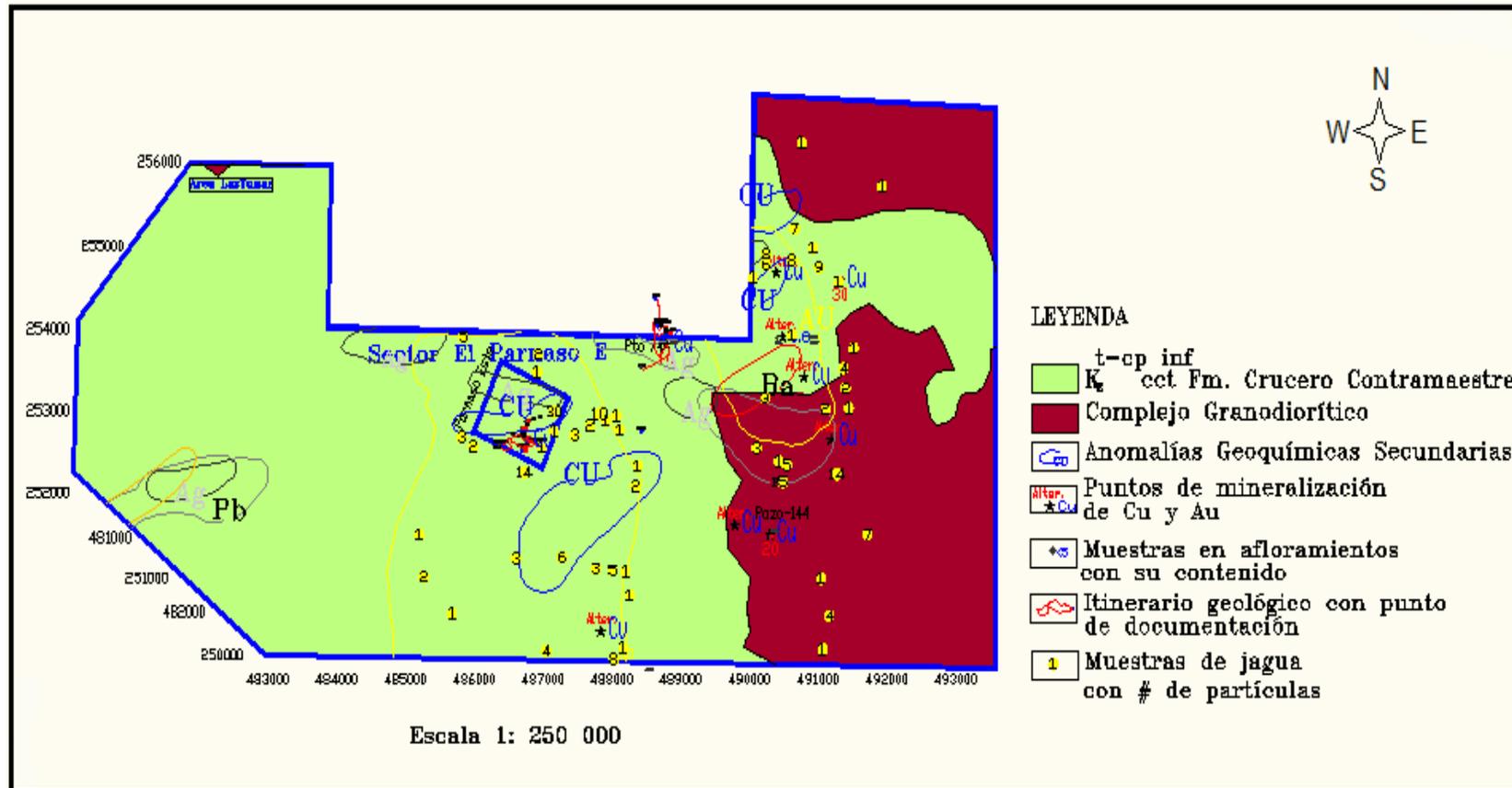
Anexo 1: Mapa geológico del área Villa María a escala 1: 250 000.



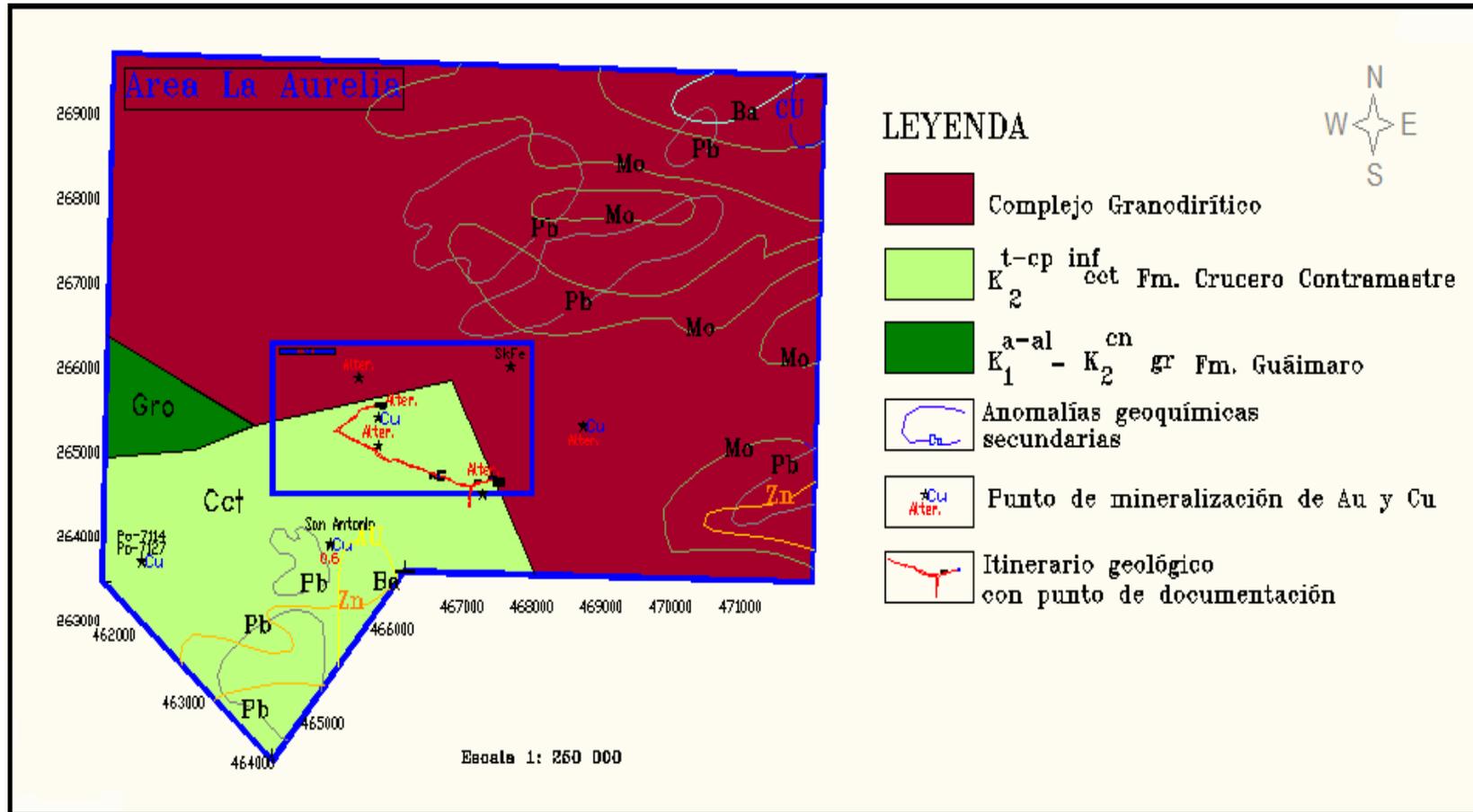
Anexo 2: Mapa geológico del área La Botija a escala 1: 250 000.



Anexo 3: Mapa geológico del área Las Tunas a escala 1: 250 000



Anexo 4: Mapa geológico del área La Aurelia a escala 1: 250 000.



Anexo 5: Mapa geológico del área Sirven a escala 1: 250 000.

