

MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR

INSTITUTO SUPERIOR MINERO – METALÚRGICO Dr.

ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ

MOA - HOLGUIN

TESIS DE MAESTRIA

**Caracterización geólogo–geoquímico-genética
y potencialidad menífera
de la manifestación aurífera Corral de Rojas.**

Autor: Ing. Hortensia Rivera Despaigne.

Tutor: Dr. Roberto Díaz Martínez.

Consultante: Lic. Eugenio Escobar Loret de Mola.

**Disertación presentada como parte de los requisitos para la obtención del título de
Master en Ciencias Geológicas.**

Año 2002

DEDICATORIA

A mis padres Ramón e Hilda y a mi familia toda, que a pesar de la distancia geográfica siempre van conmigo en lo más recóndito de mi ser y su apoyo y amor profundo me estimulan en mi empeño por los retos de la vida.

A mi pequeño, dulce y tierno hijo Nachi, que siendo bueno y paciente me ayuda a construirnos y a hacer de él un hombre de bien.

A quienes tienen sueños, esperanzas, debilidades y luchas, por supuesto.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecer a todos los que de una forma u otra han colaborado con la realización de este trabajo, en especial:

A nuestra Revolución Cubana, que permite que la superación llegue a cada ciudadano independientemente de su origen y a cada rincón del país.

Al licenciado Eugenio Escobar por su apoyo de siempre y por su valiosa contribución con datos, conceptos y literatura como consultante de este trabajo.

Al personal docente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa: Dr. Ing. Félix Quintas Caballero, Dr. Antonio Rodríguez, M.Sc. Jorge L. Blanco Vázquez, Dra. Margarita Hernández Sazlavour y a todos los que con su esmero posibilitaron el desarrollo de estos estudios de maestría; en especial a mi tutor Dr. Ing. Roberto Díaz Martínez.

A Ricardo Sánchez por su valiosa ayuda en la preparación de la documentación gráfica.

A mis colegas y amigos: Rafael Arias, Marilín Lamas, Maribel Padrón, Elena Michekurina, Antonio Barroso, Enrique Piñero, Carlos Zayas, Israel Alemán, Cristina Labrada, Angel Librado, Ernesto Morgan, Victoria González, Mireyci Mendoza y Ana María Ravelo.

Un agradecimiento especial a mi amiga Teresa Marí por su ayuda y aliento en todo momento, por sus sabios consejos y por su existencia misma.

A la Dirección de la Empresa Geominera Camagüey, por ofrecerme la posibilidad de superación profesional a un nivel científico superior.

A todos, llegue mi más profunda gratitud.

Resumen

El presente trabajo recoge una etapa de modesta experiencia de la autora y de otros colegas durante la labor en la A.E.I. Minería Siboney Goldfields S.E.A-Geominera S.A en 1995-1996, en la manifestación aurífera Corral de Rojas y en la posterior evaluación de los Recursos Inferidos en el año 2000.

Se ofrecen las particularidades de la manifestación haciendo énfasis en las características de las rocas volcánicas cretácicas del K2 (cm-tr), anfitrionas de la alteración y de la mineralización asociada; en nuevos conocimientos sobre la tectónica del territorio y en las características geoquímicas, geofísicas y genéticas; se establecieron comparaciones con los rasgos distintivos que caracterizan a los yacimientos epitermales de alta y baja sulfuración en la literatura y especialmente con el yacimiento Jacinto de baja sulfuración por su similitud con la manifestación Corral de Rojas en cuanto a ambiente geológico y geotectónico en el que se emplazan, fases de alteración y minerales asociados, definiendo un origen semejante para El Corral.

Los Recursos fueron evaluados de forma muy conservadora teniendo en consideración que la zona mineralizada quedó abierta tanto por el rumbo como en profundidad por el buzamiento.

Se presentan una serie de recomendaciones para posteriores estudios en El Corral.

Relación de figuras en el texto:

- 1- Figura CR-1 Mapa de ubicación geográfica.
- 2- Figura CR-2 Esquema de interpretación geólogo-estructuro-tectónico en la región Ciego-Camagüey-Las Tunas.
- 3- Figura CR-3 Esquema geológico del sector.
- 4- Figura CR-4 Fotografía de la cima de la zona de máxima alteración y mineralización.
- 5- Figura CR-5 y 5.1 Fotografía de la roca brechosa silicificada (brechas freáticas).
- 6- Figura CR-6 Esquema de datos reales y proyección de la zona mineralizada al plano horizontal.
- 7- Figura CR-7 Corte geológico, sección 300+55.
- 8- Figura CR-7.1 Corte geológico, sección 300+15.
- 9- Figura CR-7.2 Corte geológico, sección 200+75.
- 10- Figura CR-7.3 Corte geológico, sección 200+25.
- 11- Figura CR-7.4 Corte geológico, sección 100+75.
- 12- Figura CR-7.5 Corte geológico, sección 100+00.
- 13- Figura CR-8 Geoquímica de suelo. Au (ppb).
- 14- Figura CR-8.1 Geoquímica de suelo. As (ppm).
- 15- Figura CR-8.2 Geoquímica de suelo. Sb (ppm).
- 16- Figura CR-8.3 Geoquímica de suelo. Hg (ppm).
- 17- Figura CR-9 Esquema de alteración mineralógica en sistema hidrotermal, según Corbett y Leach.
- 18- Figura CR-10 Modelo genético preliminar de la manifestación aurífera epitermal de baja sulfuración Corral de Rojas.
- 19- Figura CR-11 Proyección isométrica de los cuerpos minerales.
- 20- Figura CR-12 Cuerpos minerales No. 1 y 2.
- 21- Figura CR-13 Cuerpo mineral No. 3.
- 22- Figura CR-14 Cuerpo mineral No. 4.
- 23- Figura CR-15 Esquema de formación de las fallas y grietas por tensión durante la subducción.
- 24- Figura CR-16 Mapa geológico de la región Ciego-Camagüey-Las Tunas.

INDICE

<u>1. INTRODUCCION.....</u>	<u>1</u>
<u>1.1 CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICO-ECONOMICA REGIONALES DE LA MANIFESTACIÓN.....</u>	<u>4</u>
1.2 HISTORIA DE LAS INVESTIGACIONES.	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 RASGOS DISTINTIVOS DE LOS YACIMIENTOS EPITERMALES DE METALES PRECIOSOS EN AMBIENTES DE ARCO DE ISLAS VOLCÁNICAS.	7
3. BREVES CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA REGIÓN CIEGO-CAMAGÜEY-TUNAS.....	18
3.1TECTÓNICA.....	22
3.2 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL SECTOR	23
3.3 TECTÓNICA Y MAGMATISMO DEL SECTOR.....	35
3.3.1 Tectónica.....	35
3.3.2 Magmatismo.....	36
3.4 CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS DE LA MANIFESTACIÓN.....	37
3.5 CARACTERÍSTICAS GEOFÍSICAS DE LA MANIFESTACIÓN.....	48
4. CONSIDERACIONES GENÉTICAS	49
5. POSIBILIDADES MENÍFERAS DE LA MANIFESTACIÓN.....	60
6. CONCLUSIONES.....	63
7. RECOMENDACIONES.....	64
BIBLIOGRAFÍA.....	66

1. Introducción

En el territorio camagüeyano hasta la fecha se han revelado varios yacimientos y manifestaciones auríferas de diversos orígenes, que lo hacen promisorio de un elevado potencial metalífero de incuestionable valor.

La manifestación Corral de Rojas fue descubierta en su carácter aurífero en mayo de 1995 por la A.E.I. Minería Siboney Goldfields S.E.A-Geominera S.A. que laboró en este sector hasta 1996.

Desde el comienzo mismo esta área se reveló muy interesante; los resultados de los itinerarios geológicos y el muestreo de afloramientos realizados en aquella época por la autora de este trabajo, reportaron zonas de alteración representadas por sílice de la variedad jaspe o calcedonia con reemplazamiento pervasivo de la roca originaria y mineralización pirítica fina. En la parte central del sector presentan aspecto brechoso con desarrollo de cuarzo granoblástico en el cemento y en grietas, han sido denominadas brechas freáticas y en ellas aparece oro visible macroscópicamente, corroborado con los análisis de laboratorio.

Los resultados alentadores generaron un programa de exploración detallada que comprendió la ejecución de un complejo de métodos geofísicos magnéticos, electromagnéticos (Max-Min.) y de polarización inducida-resistividad (Polo-Dipolo), muestreo geoquímico de suelo en una red cuadrada de 100 x 25 m, así como de 6 trincheras y 12 perforaciones, todo lo cual reveló una zona mineralizada abierta por su rumbo y buzamiento.

Por el estilo de trabajo de las compañías extranjeras que operaron en el territorio principalmente durante los años 1995 a 1998, se atribuía la mayor importancia al hallazgo de grandes yacimientos minerales y Corral de Rojas no lo era, de manera que cesó su exploración debido también a falta de recursos económicos, dejando grandes interrogantes

en cuanto a los procesos de formación y potencial metalífero de dicha manifestación.

Planteamiento del problema

La escasa información petrológica, mineralógica, geoquímica y geofísica, así como una insuficiente observación de campo en el sector de estudio ha limitado enormemente establecer sólidos criterios acerca del modelo genético de la mineralización y su potencialidad menífera; de ahí surge la necesidad de realizar estudios más profundos dirigidos al esclarecimiento del ambiente geológico, geoquímico, geofísico y de modelación genética de la mineralización aurífera Corral de Rojas.

Objetivo

Las investigaciones geológicas realizadas en el sector de estudio tienen como objetivo fundamental realizar la caracterización geológica, geoquímica, geofísica y establecer un modelo genético preliminar a partir de los trabajos de exploración ejecutados por Minería Siboney Goldfield S.E.A. en los cuales la autora tuvo una participación directa.

Hipótesis

Si se eleva el grado conocimiento geológico, geoquímico y geofísico y se logra establecer de forma preliminar el modelo genético de la manifestación aurífera Corral de Rojas, evaluando además sus los recursos minerales se podrá dar continuidad a los trabajos de exploración científicamente argumentados en profundidad y lateralmente permitiendo contar con un nuevo suministro de mineral para la planta procesadora de las menas oxidadas del Yacimiento aurífero de Golden Hill que se pretende instalar en el territorio.

Metodología

Partiendo de los datos obtenidos sobre la manifestación desde su descubrimiento, se realizó una descripción detallada de sus características geológicas, de alteración y mineralización, geoquímicas y geofísicas; añadiendo nuevos conocimientos sobre la tectónica del territorio al cual pertenece.

Un análisis integral incluyendo la extensa bibliografía y el criterio de analogía permitió definir preliminarmente la génesis de la mineralización, lo cual se traduce en el avance del conocimiento sobre su evolución y potencialidad metalífera, estableciendo de un modelo genético preliminar.

Elaboración del informe que recoge toda la información generada .

Métodos

Compilación de los datos de los estudios precedentes llevados a cabo en el sector; revisión, interpretación y procesamiento de la información; determinaciones de secciones delgadas; análisis bibliográfico; elaboración e incorporación de nuevos datos geólogo-geoquímico-genético.

1.1 Marco teórico conceptual.

En la manifestación Corral de Rojas no se conoce ningún tipo de investigación geológica previa a los métodos de avances del Levantamiento Geológico a escala 1: 50 000 entre los años 1986-1987, donde fuera de los límites del sector, en el extremo NW de la hoja Vertientes, fue aplicado el método de sedimentos de fondo, pero solamente se analizaron los metales base.

Posteriormente en 1987, durante los itinerarios geológicos del Levantamiento, un punto de documentación reveló un afloramiento de roca de alteración en el extremo NW del sector, al cual no se le realizó ningún análisis.

Desde el punto de vista geofísico el primer trabajo de importancia para el conocimiento de la manifestación fue realizado en 1987 por especialistas cubanos en el marco del Levantamiento aeromagnético y aerogamma espectrométrico para las provincias de Camagüey-Las Tunas, sector Guáimaro-Nuevitas, a escala 1: 50 000, que incluyó la hoja topográfica Vertientes donde se enmarca el sector de nuestro interés.

En 1996 la compañía canadiense Geotrex LTD radicada en Ottawa, a petición de la A.E.I. Minería Siboney Goldfields S.E.A-Geominera S.A, realizó el estudio aeromagnético (campo total) del área sur de Camagüey en la concesión Vertientes-Najasa, en cuyo extremo noroccidental se localiza la manifestación aurífera objeto de este estudio, revelada como resultado de los trabajos en dicha concesión. Estas investigaciones geofísicas aplicadas, con tecnologías de avanzada, ofrecieron una información más precisa de las particularidades del campo magnético y tuvieron una excelente calidad, constituyendo una información de apreciable valor. Se hicieron a escala 1: 25 000 con líneas de vuelo N-S a 250 m y altura de vuelo entre 70 y 100 m.

En 1998-1999 un grupo de especialistas Geólogos-Geofísicos del I.G.P.-Geominera Camagüey realizó la Interpretación tectónico-estructural de los datos geofísicos en la región Ciego-Camagüey-Las Tunas, regionalizando los campos físicos y definiendo un amplio grupo de alineaciones perspectivas de mayor o menor proporción hasta el nivel de cinturón o faja magmato-metalogénica, con dirección preferencial N70°W (rumbo cubano). Además señalan rasgos estructurales donde se destacan los de tipo lineal y las estructuras circulares o semicirculares del campo magnético vinculadas con probables paleoestructuras vulcano-tectónicas o cuerpos intrusivos profundos.

En todos estos trabajos el sector Corral de Rojas se ha distinguido por una zona de mínimo magnético local del campo total con intensidad $< 14\ 000$ nT, acompañada de puntos anómalos del campo aerogamma espectrométrico de naturaleza potásica con intensidad K: 2.5-3.6 %, sobre un fondo de 1-1.5 %.

La anomalía en el campo magnético regional presenta una estructura muy bien definida de forma circular, presagiando la formación de anillos concéntricos típicos de las estructuras de cuello.

En mayo de 1995 un colectivo de la A.E.I. Minería Siboney Goldfields S.E.A-Geominera S.A, incluyendo la autora de este trabajo, tomó una muestra del lugar que reportó 1.07 g/t de oro, condicionando un estudio más detallado que comprendió muestreo geoquímico de

suelo, un complejo de métodos geofísicos magnéticos, electromagnéticos (Max-Min.) y de polarización inducida-resistividad (Polo-Dipolo) en una red cuadrada de 100 x 25 m, así como muestreo de roca en afloramientos, trincheras y pozos de perforación. Como resultado se reveló una zona de intensa alteración más al Sur, con contenidos significativos de oro en roca, asociado con varias anomalías geoquímicas de suelo de Au, As, Hg y Sb, la más extensa con 700 x 150 m y localmente con anomalías de alta cargabilidad y baja resistividad, así como con mínimos magnéticos, lo que marcó las perspectivas del área para la mineralización aurífera, definiendo su rumbo y profundidad y la necesidad de continuar con perforaciones hacia el SE, donde la misma quedó abierta.

Aunque se hicieron consideraciones sobre la génesis de la mineralización con los más modernos enfoques, aún existe incertidumbre sobre todo porque no se cuenta con ningún estudio petrográfico ni mineralógico de la roca de caja o de la zona mineralizada, que coadyuve en este sentido.

En 1997 la compañía cesó sus actividades en nuestro país, quedando este sector insuficientemente estudiado. Es bueno destacar como una peculiaridad de las asociaciones que investigaron en el territorio camagüeyano, la devolución casi total de las áreas inicialmente contratadas, lo cual no significa que su potencial haya sido descartado, pues el estilo de trabajo de este tipo de compañías prospectoras determinó que en gran medida las áreas no hayan sido prácticamente exploradas.

En el año 2000 E. Escobar (ONRM), reinterpretó parte de la información existente y realizó la evaluación de los recursos hasta el nivel de estudio alcanzado, lo que confirma una vez más el potencial menífero de esta área, abierta por el rumbo y poco explorada en la profundidad.

Todos los resultados hasta ahora obtenidos constituyen la base fundamental para la realización de este trabajo.

1.2 Características geográfico-económicas regionales de la manifestación.

La manifestación aurífera Corral de Rojas se localiza a 24 km al SW de la ciudad de Camagüey y a 19 km al SE del pueblo de Vertientes, en la hoja topográfica a escala 1: 50 000 Vertientes, No. 4579-I (Ver figura CR-1). El área de la superficie es de 1.0 km²; las coordenadas del centro del sector, que a su vez coinciden con la mayor altura de una elevación que constituye un punto geodésico a partir del cual se hizo el trazado topográfico, son las siguientes:

Conforme el Sistema Lambert (Cuba Sur)

X- 377 459 869; Y- 287 142 950; Z- 81.34 m.

Coordenadas Geográficas

Paralelos- 21° 14' 12''; Meridianos- 78° 00' 49''.

La vía de acceso al mismo es la carretera Camagüey-Vertientes que comunica con los poblados San José de los Jibareros y Darcio Gutiérrez; a partir de los cuales se conduce por terraplén al antiguo caserío nombrado Corral de Rojas, que hoy es sólo una vaquería, desde la cual, a través de un camino que se convierte en trillos en medio de la densa vegetación, se llega hasta sector.

Es un área llana con algunas colinas suaves, donde se desarrollan calizas Maestrichtianas de la formación Presa Jimaguayú y rocas del Complejo Vulcanógeno-Sedimentario Cretácico. La zona mineralizada (350 x 50 m) se encuentra en la elevación antes mencionada que alcanza cotas de hasta 81.34 m y se distingue muy bien en medio del relieve bajo circundante.

Inmediatamente al Sur existe el embalse Jimaguayú, cuya actividad pesquera y de abastecimiento de agua para regadío reviste gran importancia en la región; sus niveles fluctuantes con la lluvia traen como consecuencia que en períodos lluviosos el área sea

pantanosas o estén inundadas, lo que unido a la espesa maleza que la cubre en un 100 %, dificulta grandemente el acceso.

En otras partes aledañas al sector existen sembrados de plátano, arroz, vegetales y frutos entre otros cultivos; así como de caña de azúcar que está ampliamente desarrollada en la región, constituyendo la actividad económica fundamental, seguida por la agricultura y la ganadería.

En cuanto a la superficie no cultivada está representada por marabú y por pequeños bosques de arbustos y palmas.

El clima es subtropical y la temperatura media anual es de 26°C. La cantidad de precipitaciones anuales oscilan entre 1200-1500mm, con temporadas lluviosas de mayo a octubre. La humedad relativa media del aire es aproximadamente de 85 % en horas de la mañana y 60-75 % hacia el mediodía.

La red fluvial principal es el río San Pedro, fuente de la referida presa Jimaguayú; corre de NE a SW y se alimenta de numerosos arroyuelos de carácter intermitente.

La aflorabilidad del territorio es muy baja, en el macizo granitoide sólo alcanza poco más del 2 % del área total que ocupa; por su parte el Complejo Vulcanógeno-Sedimentario aflora en un 20 % del área.

Dentro del territorio no hay una gran densidad poblacional, solamente existen los poblados antes mencionados y algunas cooperativas y autoconsumos.

2. Revisión bibliográfica

2.1 Rasgos distintivos de los yacimientos epitermales de metales preciosos en ambientes de arco de islas volcánicas.

En la búsqueda de modelos de exploración adecuados como herramientas para las investigaciones, se ha desarrollado una amplia gama de modelos de yacimientos epitermales, referentes a las particularidades que lo caracterizan.

Partiendo de estos modelos llevados a cabo por diferentes investigadores al nivel mundial, hemos realizado una revisión bibliográfica en lo que concierne al estudio de las características de estos depósitos epitermales.

Bajo el término de Yacimiento epitermal se agrupan una serie de mineralizaciones composicional y morfológicamente variadas que tiene en común el presentar un contenido metálico que incluye oro y/o plata, que en ocasiones puede incluir además metales bases, depositados en un rango de temperatura epitermal.

Basado en las características mineralógicas y texturales de las menas y en reconstrucciones geológicas, Lindgren, 1933, indicó que la mayoría de los depósitos epitermales se forman a profundidades someras.

Berger y Eimont en 1982 definieron temperaturas en el rango de 50-300° C y profundidad de emplazamiento de hasta 1000 m, para estos yacimientos epitermales.

Greg J. Corbett y Terry M. Leach (1995) establecieron la formación de estos depósitos a temperaturas bajas entre 250-300° C y a profundidades menores de 1.0-1.5 km.

Estudios más recientes (24) indican que son formados en el rango de temperatura de <150°C a 300°C y a profundidades de 1-2 Km desde la superficie.

El ambiente geotectónico también ha sido ampliamente estudiado; se reconocen estos depósitos epitermales asociados directamente a zonas de subducción en márgenes de placas pertenecientes a diferentes épocas geológicas, desde el arcaico hasta el terciario (13).

Pueden localizarse en arcos de islas volcánicas y arcos magmáticos del margen continental y en campos volcánicos continentales con estructura de extensión (34).

Carlile y Mitchell, 1994, han notado que la mayoría de los depósitos epitermales en ambiente de arco son formados en un régimen de tensión extensional, que comúnmente tiene lugar durante estadíos tardíos de la evolución del arco, posiblemente relacionado con el rápido hundimiento de la placa subduciendo (52).

En 1981 Buchanan publicó una compilación sobre alrededor de 60 depósitos de oro-plata, cuyos datos y los modelos integrados derivados, han formado una base útil para numerosos análisis posteriores de las características de los depósitos epitermales (7).

Usando estos datos Heald et al. en 1986 mostró que dos tipos de depósitos epitermales pueden ser distinguidos primariamente sobre la base de vetas y alteraciones mineralógicas, son los tipos: adularia-sericita y sulfato ácido (23). El primero es más numeroso y existe más información sobre él.

La denominación de los términos de baja sulfuración y alta sulfuración fue propuesta por Hedenquist 1987 en base al estado de oxidación-reducción o sulfuración de los sulfuros asociados (13); así los yacimientos de baja sulfuración o adularia-sericita son formados por fluidos reducidos con un pH próximo a neutro y los yacimientos de alta sulfuración o alunita-caolinita se originan bajo la influencia de fluidos oxidantes y con un pH ácido.

Estos a su vez representan los miembros extremos de la mineralización aurífera epitermal, muy bien distinguidos primariamente por sus características mineralógicas y ampliamente abordados en la literatura, en tanto los estilos transicionales frecuentes en la naturaleza están pobremente difundidos.

Al respecto Silberman y Berger 1990 reconocen la importancia de enfatizar en la posible continuación del estudio de los rasgos y características de los depósitos epitermales, ya que

los modelos propuestos usualmente reflejan los casos extremos de estos tipos y olvidan representar los casos intermedios, aún más importantes.

Berger y Eimont en 1982 desarrollaron tres modelos conceptuales que describen los procesos de circulación de las soluciones hidrotermales y la consecuente deposición mineral que ocurre en cada caso (29):

- a) Modelo de celda de convección atrapada, donde la deposición mineral ocurre a lo largo de la interfase lateral entre dos celdas convectivas con fluidos a distintas temperaturas.
- b) Modelo de la celda de convección cerrada, donde la deposición mineral ocurre a lo largo de zonas orientadas verticalmente.
- c) Modelo ‘‘hot spring’’, donde la deposición mineral ocurre en la porción del sistema hidrotermal cercana a la superficie.

Bonham 1988 subdividió los sistemas epitermales en base al tipo de roca volcánica, calcoalcalina o alcalina o sedimentaria carbonatada y clástica (11). El amplio desarrollo en el territorio camagüeyano de vulcanitas con este carácter químico, lo hace promisorio para la mineralización epitermal.

Morrison et al, 1990, también clasificó los sistemas epitermales dependiendo del contenido de los metales, incluyendo Te-Se como componentes significativos (11).

Otra subdivisión de los sistemas epitermales Au/Ag es de acuerdo al nivel dentro del sistema hidrotermal (11):

- Sistemas de sínter y brechas hidrotermales
- Vetas en stockwork y ascenso hasta cerca de la superficie
- Vetas en fisuras profundas y filones que transicionan hacia arriba a cuarzo.

Sobre los sistemas de sínter y brechas hidrotermales reconocen su desarrollo en ambientes cercanos a la superficie, a partir de fluidos hidrotermales. Exhiben una fuerte zonación geoquímica vertical, de mercurio, antimonio y arsénico rico en la superficie y en los niveles

más superiores y hacia el incremento de los contenidos de oro con la profundidad. Destacan como ejemplos los depósitos McLaughlin y Speer en US occidental, Ozorezan y Rubeshibe Bell en Japón, y Ohaki y Champagne Pool en Nueva Zelanda.

Estos sistemas adquieren una profunda importancia en nuestro estudio, por considerarlo bien representado en los niveles superiores de la manifestación aurífera Corral de Rojas. Lo cual está bien expresado en el enriquecimiento en suelos de oro, antimonio, arsénico y mercurio, como se describió arriba.

La común ocurrencia de las brechas como anfitrionas de los depósitos minerales hidrotermales fue apreciada desde principios del siglo XX, no obstante a su temprano reconocimiento no ha sido hasta más o menos la década pasada, que variedades y expresiones más sutiles del brechamiento han sido apreciada.

Una clasificación genética de las brechas relacionadas con menas permanece aún evasiva. La difícil pregunta sobre su origen ha querido antiguamente se resuelta con intentos de explicar la formación de las brechas en general por un solo mecanismo (48). En común con Bryner (1901) y Richard (1909). Sillitoe prefiere la noción de múltiples orígenes para las brechas y simpatiza con Joralemón (1952) cuando él expresa "Es inconcebible que todas las brechas de chimenea fueran formadas por el mismo proceso".

R. H. Sillitoe 1995 realizó una clasificación de las brechas relacionadas con menas en:

- ◆ Brechas hidrotermales-magmáticas
- ◆ Brechas hidromagmáticas: - Brechas freáticas y – Brechas freatomagmáticas.
- ◆ Brechas magmáticas volcánicas
- ◆ Brechas de intrusión
- ◆ Brechas tectónicas.

Un aspecto considerado por diferentes autores para clasificar los depósitos epitermales son los factores económicos, que incluyen contenido y tonelaje, basado en yacimientos de todo el mundo y en modelos de USA (34).

Basado en 16 depósitos alrededor del Cinturón Pacífico que fueron comparados y contrastados para determinar los factores controladores de su desarrollo en el ambiente epitermal, R. H. Sillitoe 1994, estableció la siguiente clasificación en base a reservas y contenidos: depósitos gigantes que contienen más de 200 TM de Au y depósitos de bonanza con más de 30 TM, promediando al menos 30 g/t Au (1 oz/t).

El alto precio del oro en el mercado mundial ha fomentado el estudio de numerosos investigadores en el sentido de la requerida redefinición de qué constituye un depósito de oro económico. Sillitoe (50) describe varios ejemplares de áreas con depósitos de diferentes génesis (entre los que se distinguen los depósitos de brecha hidrotermal, los epitermales en rocas volcánicas de composición ácida-media y los epitermales tipo vetas, todos representados en nuestro sector de estudio) que presentan bajo contenido de oro y que pueden ser provechosamente trabajados. Considera que desde la subida del precio del oro en 1972, la búsqueda y el reconocimiento de depósitos de oro de gran tonelaje y bajo contenido se ha intensificado en diversas partes del mundo. Muchos depósitos que contienen menos o igual que 10 millones de toneladas con menos o igual que 2 g/ton. de Au, son económicamente ventajosos con un precio de oro que excede US 400/onza.

Gran utilidad reviste un compendio realizado por R. Díaz sobre las características que distinguen los depósitos epitermales según Hayba et al, 1985; Hedenquist, 1990; Sillitoe, 1993 y White et al, 1995; completado a partir de Helad et al, 1987; Hedenquist y Lowenstein, 1994; Arribas, 1995 y Hedenquist 1996.

A continuación se ofrece el mismo por su carácter abarcador y fuerte aplicación práctica en el estudio genético de los yacimientos y manifestaciones del rango epitermal en nuestro territorio y de la manifestación que nos concierne en este trabajo:

	Epitermales de alta sulfuración (AS)	Epitermales de baja sulfuración (BS)
Reconocimiento macro-a mesoscópico		
Rocas volcánicas Relacionadas	Vulcanismo subaéreo, rocas ácidas a intermedias (esencialmente andesita-riodacita). Encajante de cualquier tipo.	Vulcanismo subaéreo rocas ácidas a intermedias (andesita-riodacita-riolita). Encajante de cualquier tipo.
Controles de emplazamiento	Fallas a escala regional o intrusiones subvolcánicas ⁽¹⁾ .	Cualquier falla o zonas de fractura estrechamente relacionadas a centros volcánicos
Extensión de la zona de alteración periférica	Área extensa (comúnmente varios km ²) y visualmente prominente.	Generalmente bastante restringida y de visualización muy sutil.
Alteración asociada	Extensa alteración propilítica en zonas adyacentes con baja relación agua/roca. Depósitos profundos: intensa alteración pirofilita-mica blanca. Depósitos someros: núcleo de sílice masiva, con un estrecho margen de alunita y caolinita que hacia el exterior es de mica blanca y arcillas interestratificadas. Depósitos subsuperficiales: ingente alteración arcillosa. Clorita: raramente Generalización: alteración argílica avanzada→argílica (±sericítica).	Extensa alteración propilítica en zonas adyacentes con baja relación agua/roca. Gran cantidad de mica blanca en zonas con alta relación agua/roca. Alteración arcillosa dominante conforme disminuye la temperatura. Los gases escapados a partir de ebullición pueden originar alteración argílica o argílica avanzada en la periferia, o bien superpuesta a partir de fluidos profundos. Clorita: común Generalización: alteración sericítica→argílica.
Minerales clave de alteración proximal	Alunita cristalina; en profundidad, pirofilita	Sericita o illita±adularia; roscoelita en depósitos asociados a rocas alcalinas; a veces clorita.
Geometría del cuerpo mineralizado	Relativamente pequeño y equidimensional.	Tamaño variable y morfología tabular.

	Epitermales de alta sulfuración (AS)	Epitermales de baja sulfuración (BS)
Carácter de la mineralización económica	Típicamente diseminada, tanto en la zona de mica blanca-pirofilita como en sílice masiva. Poco común como relleno de cavidades o porosidad. La mineralización está asociada habitualmente a alteración argílica avanzada, típicamente con abundante pirita.	Comúnmente como relleno de cavidades o porosidad, en filones con contactos netos con el encajante. Típico relleno de filones en bandas, comúnmente con brechificaciones polifásicas. Hacia la superficie se presenta en stockwork o diseminada, según la naturaleza de la permeabilidad primaria y secundaria local.
Reconocimiento meso-a microscópico		
Ganga de cuarzo	De grano fino, masivo, originado principalmente por reemplazamiento; el cuarzo residual (vuggy).	Cuarzo y calcedonia dispuestos en todo tipo de textura primarias, de recristalización o reemplazamiento de carbonatos ⁽²⁾
Otros minerales de la ganga	Calcedonia: ausencia en su mayoría. Carbonatos: ausentes. Adularia: ausente Alunita y pirofilita: pueden ser abundantes. Barita: diseminada con la mena Azufre nativo: suele estar presente. Rellenando cavidades. Caolinita	Calcedonia: común, en bandas. Carbonatos: presentes, comúnmente calcita y rodocrosita. Adularia: diseminada y en vetas. Alunita y pirofilita: escasas. Barita y/o fluorita: presentes localmente; la barita se halla por lo común por encima de la mena. Azufre nativo: ausente. Illita.
Abundancia de sulfuros	10-90% del volumen total, sobre todo de grano fino, pirita parcialmente laminada. Contenido de azufre total típicamente alto. El contenido en metales base puede ser alto (Cu).	1-20% del volumen total, pero típicamente menos del 5%, pirita predominante. Contenido de azufre total típicamente bajo. Bajo contenido en metales base (Pb, Zn), aunque en numerosos depósitos son relativamente abundantes.

	Epitermales de alta sulfuración (AS)	Epitermales de baja sulfuración (BS)
Minerales metálicos clave	Pirita, enargita-luzonita, calcopirita, calcosina, covelina, bornita, tetradrita-tenantita, oro (esfalerita, galena, telururos). Arsenopirita: poco común. Sulfosales de Ag: raramente. Seleniuros: prácticamente ausentes. Bismutina: ocasionalmente	Pirita, esfalerita, marcasita, galena, electrum, oro (sulfosales de Ag, arsenopirita, argentita, calcopirita, tetradrita). Telururos: relativamente abundantes en algunos depósitos ⁽³⁾ . Enargita: muy raramente. Seleniuros: poco comunes. Bismutina: muy raramente ⁽⁴⁾ .

Datos analíticos

Profundidad de formación	En su mayor parte, entre 500 (?) y 2000 (?) m bajo la paleosuperficie.	En su mayor parte, entre 0 y 1000 m
Rango de temperaturas de formación	Generalmente, entre 100-320°C (la mayoría entre 170-320°C; en ocasiones, hasta 480°C ⁽⁵⁾).	Generalmente, entre 100-320°C (la mayoría entre 150-250°C ⁽⁶⁾)
Diferencia de edad entre el encajante asociado y la mineralización	Por lo general, entre 0,3 y 2 M.a.	Entre 1 y 10 M.a. (frecuentemente, entre 3 y 4 M.a.).

Datos analíticos	Epitermales de alta sulfuración (AS)	Epitermales de baja sulfuración (BS)
Carácter de los fluidos	<p>En su mayor parte, de baja salinidad (1-24% en peso de NaCl eq.); algunos de alta salinidad (hasta casi 50% en peso de NaCl eq.⁽⁵⁾). Magmáticos; mezclas con aguas meteóricas. Pueden evolucionar desde un fluido temprano muy reactivo, que lixivía la roca, hasta otro más reducido, que puede originar la mineralización. Oxidados. PH ácido debido a HCl magmático; por desproporción de SO₂, es neutralizado al reaccionar con el encajante; dilución.</p>	<p>Baja salinidad (0-15% en peso de NaCl eq.) Aguas meteóricas; posibles interacción con fluidos de origen magmático. Reducidos. PH aproximadamente neutro; puede volverse alcalino debido a ebullición; los gases separados pueden ser oxidados y producir fluidos ácidos.</p>
Distancia lateral de formación desde el foco de calor	Aproximadamente sobre la vertical del foco de calor motor del hidrotermalismo.	Hasta varios km lateralmente.
Origen del plomo	Rocas volcánicas o fluidos magmáticos	Rocas precámbricas o fanerozoicas en las que se emplaza el vulcanismo.
Metales predominantes	Cu, Au, As (Ag, Pb)	Au, Ag (Zn, Pb, Cu)
Origen del azufre	Profundo, probablemente magmático.	Profundo, probablemente debido al lixiviado del encajante en profundidad

	Epitermales de alta sulfuración (AS)	Epitermales de baja sulfuración (BS)
Clasificaciones posibles	<p>Según estilo de mineralización: en diseminaciones (Chinkuashih); en filones (El Indio); en brechas (Wafi River).</p> <p>Según contenido de metales base: “rico” (Motombo); “pobre” (Nalesbitan).</p> <p>Según contexto geológico: estratovolcanes andesíticos; vulcanismo tipo Cordillera (Lepanto); islas con vulcanismo oceánico.</p>	<p>Según estilo de mineralización: en stockwork (McLaughlin); en diseminaciones (Cracow); en filones (Hishikari); en brechas (Kerimenge)</p> <p>Según contenido de metales base: “rico” (Fresnillo); “pobre” (Tayoltita).</p> <p>Según contexto geológico: depresiones con vulcanismo silícico (Ohakuri Dam, N.Z.); estrato volcanes andesíticos (Woodlark); vulcanismo tipo Cordillera (Acupan); islas con vulcanismo oceánico (Ladolan).</p> <p>Según profundidad de formación: “someros” (depósitos de Norteamérica); “profundos”, (depósitos del SW del pacífico).</p>
Metales presentes localmente	Bi, Sb, Mo, Sn, Zn, Te (Hg)	Mo, Sb, As (Te, Se, Hg)
Ejemplos de análogos actuales	Fumarolas y fuentes termales de alta temperatura cercanas al foco volcánico.	Sistemas geotérmicos con fuentes termales de pH neutro, mud pools.
Ejemplos	<p>Argentina: La Mejicana y Nevados del Famatina.</p> <p>Australia: Temora.</p> <p>Bulgaria: Chelopech, Srednogie.</p> <p>Chile: El Indio-Tambo.</p> <p>China: Zijinshan.</p> <p>Corea del Sur: Seongsan-Ogmaesan.</p> <p>España: Rodalquilar.</p> <p>E.U.A.: Goldfiel, Paradise Peak, Summitville.</p> <p>Fiji: Mt. Kasi.</p>	<p>Argentina: Cerro Vanguardia, Manantial Espejo.</p> <p>Australia: Cracow, Mount Coolon.</p> <p>Canadá: Freegold Mountain, Toodoggone.</p> <p>Chile: Inca de oro.</p> <p>China: Rushan.</p> <p>Corea del Sur: Jeongju-Buan.</p> <p>E.U.A.: Comstock Lode, Creede, McLaughlin.</p> <p>Fiji: Emperor.</p> <p>Filipinas: Antamok-Acapan.</p>

Filipinas: Lepanto, Nalesbitan.	Indonesia: Gunung Pongkor, Kelian.
Indonesia: Motombo.	Japón: Hishikari
Japón: Mitsumori-Nukeishi, Nansatsu.	México: Fresnillo, Guanjauto y Tayoltita, Topia
México: Mulatos.	Papua- Nueva Guinea: Kerimenge, Ladolam, Porguera, Woodlark.
Papua Nueva Guinea: Wafi River.	Perú: Arcata, Caylloma, Orcopampa
Perú: Ccahuarso, Cerro de Pasco, Julcani, Castrovirreyna.	Rusia: Bereznjakovskoje, Julieta.
Suecia: Enasen.	Turquía: Mastra y otros.
Taiean: Chinkuashih.	

3. Breves características geológicas de la región Ciego-Camagüey-Las Tunas.

En la constitución geológica de la región Ciego de Avila-Camagüey-Las Tunas participan secuencias rocosas representativas de muy diversos ambientes paleogeológicos, suficientemente expuestas, lo que convierte al territorio en un excelente exponente de la geología de esta parte de Cuba (ver figura CR-2).

Investigaciones sucesivas realizadas por muchos geólogos se traducen en el avance de los conocimientos geológicos y en el desarrollo acerca del origen y evolución del territorio. Las concepciones más modernas han sido elaboradas por M. Iturralde Vinent entre otros autores (25, 26), según las cuales en la constitución geológica de Cuba se pueden reconocer dos niveles estructurales principales: el substrato plegado y el neoautóctono.

SUBSTRATO PLEGADO

En la región que nos ocupa, dentro del substrato plegado se distinguen unidades de naturaleza continental y oceánica, con distintos grados de aloctonía.

Las unidades de naturaleza continental se encuentran al norte y están constituidas por los representantes de la Plataforma de Bahamas y los sedimentos del ProtoCaribe, cubiertos por los depósitos de las Cuencas de Antepaís.

Las unidades de naturaleza oceánica incluyen las Ofiolitas, un Arco Volcánico Primitivo y uno más desarrollado de edad Cretácico y el complejo de las Cuencas Superpuestas y de Piggy Back (a cuestras).

En la Sierra de Cubitas es reconocida la Zona Remedios (Aptiano-Maestrichtiano), perteneciente a la **Plataforma de Bahamas**, formada por calizas y dolomitas.

En la Sierra de Camaján yace la Zona Placetas (Tithoniano-Maestrichtiano), de las **Secuencias Sedimentarias del ProtoCaribe**. En general la sección está muy plegada, en la base aparecen basaltos y hialoclastitas del Tithoniano medio a inferior de la Formación Nueva María (I. Vinent y T. Marí 1988); el resto del corte son calizas, silicitas, areniscas, pizarras, calcarenitas y megaturbiditas calcáreas.

Las Cuencas de Antepaís, están conformadas por los depósitos olistostrómicos y flyschoides del Paleoceno al Eoceno Superior temprano, como consecuencia de la aproximación de las unidades alóctonas provenientes del sur (ofiolitas y arco volcánico). En la base del corte y lateralmente hacia el norte predominan los detritos calcáreos y silicíticos del propio substrato de la cuenca, en tanto hacia el sur domina una mezcla de clastos de ofiolitas y vulcanitas y plutonitas del arco.

Las Ofiolitas están muy bien preservadas en el territorio, afloran en la mitad septentrional, caracterizándose por un Fundamento Melanocrático que es el componente más abundante en el que se agrupan los Complejos Peridotíticos y Cumulativos, de edad Triásico tardío?-Cretácico más temprano, con varios grados de serpentinización y en ellos son muy comunes los yacimientos de cromita y por los Complejos Efusivo-Sedimentario y Diques de diabasas que forman la sección superior y se presentan en un volumen reducido.

En el complejo de diques se distinguen diabasas, gabrodiabasas y doleritas; se observan restos de este en el Complejo Efusivo, raramente forma masas de diques paralelos entre

basaltos (Zona de Minas, Yacimiento tipo Chipre "Cuba Libre", en la porción oriental del macizo, E. Escobar 1987).

El complejo Efusivo-Sedimentario está representado por diabasas, basaltos afiricos, subafiricos y variolíticos, a menudo con almohadillas, intercalados con capas de hialoclastitas, silicitas, radiolaritas, lutitas tufíticas y raras calizas.

El nivel del corte erosivo permite observar la yacencia tectónica de las ofiolitas sobre el margen continental de Las Bahamas, hecho que confirman los pozos petroleros perforados cerca del contacto. En su conjunto el cuerpo está muy deformado; su emplazamiento y las deformaciones principales ocurrieron entre el Campaniano tardío y el Eoceno superior.

El Arco Volcánico Primitivo es sugerido por indicios directos e indirectos como la presencia de conglomerados Aptiano tardío-Albiano, con abundantes clastos de rocas volcánicas, intrusivas, calizas detríticas, bioclastos, metasomatitas, granos de cuarzo y plagioclasas, que indican la existencia de un complejo vulcano-plutónico del Albiano temprano o más antiguo. Otro indicio lo constituye la denominada secuencia pre-Camujiro.

El Arco Volcánico Cretácico tiene un gran desarrollo en el territorio; según datos paleontológicos su edad es Aptiano-Campaniano medio y contacta tectónicamente con las ofiolitas y con las rocas del margen continental. Se reconocen varias unidades litoestratigráficas que pertenecen a los complejos Vulcanógeno-Sedimentario y Plutónico. En la primera etapa del vulcanismo el desarrollo de la sedimentación y de la actividad volcánica estuvo predestinado por la existencia nudos magmáticos aislados, de los cuales el principal es Guáimaro, la facie más importante es la efusiva, con carácter subordinado aparece la explosiva o piroclástica.

En la segunda etapa las erupciones han acentuado el carácter explosivo, pues las rocas piroclásticas predominan sobre las lavas.

En síntesis, se puede plantear que estas dos etapas volcánicas se suceden de Sur (primera etapa) a Norte (segunda etapa). En el tiempo se destacan dos tendencias importantes del

vulcanismo: de rocas básicas y subalcalinas hasta medio-ácidas y ácidas de quimismo calcoalcalino, y de erupciones subacuáticas de tipo areal y fisural, pasando por erupciones subacuáticas en condiciones poco profundas tipo fisural y central hasta erupciones subaéreas de tipo central.

Existe otra etapa que concluye con el vulcanismo en la región; su composición es medio-básica, tiene un desarrollo muy limitado, estando representada por pequeños cuerpos de andesito-basaltos columnares con alcalinidad normal entre vulcanitas de la formación Caobilla muy trituradas; representan un magmatismo efusivo sumamente joven y han sido designados como Formación La Mulata probablemente de edad semejante a Caobilla.

Las rocas efusivo-sedimentarias están a menudo atravesadas por plutonitas de composición muy variada, provocando alteraciones de contacto e hidrotermal metasomáticas tardías.

Estas plutonitas han sido subdivididas en cuatro complejos: granodiorítico, gabrosienítico, plagiogranítico y los Granitos Maraguán, estos últimos en forma de diques y de pequeños cuerpos que cortan las rocas de los otros tres complejos.

Todos los granitoides están asociados en espacio y tiempo a rocas volcánicas de composición equivalente. La actividad intrusiva principal tuvo lugar durante el Campaniano.

Los sedimentos de las **Cuencas Superpuestas y de Piggy Back (a cuestras)**, se desarrollan sobre los restos deformados del arco volcánico cretácico y de las ofiolitas. En estas cuencas se distinguen dos etapas de desarrollo, una del Campaniano tardío al Maestrichtiano-Paleoceno temprano y otra del Paleoceno al Eoceno Superior temprano; surgen al extinguirse el arco Cretácico después de las deformaciones tectónicas del Campaniano tardío-Maestrichtiano temprano, y contienen clastitas derivadas de la erosión de dicho arco.

NEOAUTOCTONO

Las rocas y estructuras de este período se formaron a partir del Eoceno Superior, después de la consolidación del substrato plegado, a diferencia de este último se desarrollaron

básicamente en el mismo lugar que hoy ocupan; son sedimentos clásticos-carbonatados que presentan muy pocas deformaciones. Dominan los movimientos verticales oscilatorios que dieron lugar a la formación de una estructura de bloques distintamente elevados.

3.1 Tectónica

En el territorio se distinguen tres sistemas principales de estructuras de carácter disyuntivo, el primero y principal de rumbo N70°W, dirección cubana; son fallas regionales profundas que determinaron el emplazamiento de las unidades vulcano-plutónicas y por lo tanto ejercen el papel controlador principal en los procesos metalogénicos.

El segundo sistema denominado Camagüey, se relaciona con las fallas de rumbo N50°E, también son de edad sinarco, pero posterior al sistema principal al que interceptan y desplazan. Son fallas regionales profundas que deben haber sido reactivadas en eventos posteriores, fundamentalmente durante la colisión del alóctono con la placa norteamericana. Juegan un importante papel en la estructura en megabloques y bloques de la región.

El tercer sistema y menor en importancia es el de dirección N-S, se evidencia menos claramente, tiene un carácter Neotectónico. No se considera que tenga implicaciones metalogénicas; en él predominan los movimientos verticales que determinan la subdivisión en bloques más pequeños.

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.

Algunos autores como Price et al, 1987 y más recientemente Grigore Simon en estudios sobre el depósito epitermal “Jacinto” (52) han considerado los regímenes tectónicos de compresión y de tensión en el arco; este último es sugerido cuando el sistema de vetas está orientado paralelo, más bien que perpendicular al eje del arco. Carlile y Mitchell (1994) (52) notaron que la mayoría de los depósitos epitermales en ambientes de arco son formados en un régimen de tensión extensional, que comúnmente tiene lugar en estadios

tardíos de la evolución del arco, posiblemente relacionados con el proceso de subducción del arco.

E. Escobar (21) reconoce un cuarto sistema tectónico en el territorio de rumbo N40°W, dado por esta dirección en las zonas mineralizadas de algunos yacimientos o manifestaciones minerales. Este sistema se caracteriza por zonas de fallas rellenas por vetas de cuarzo y se supone su origen sea por zonas de tensión o expansión también relacionadas con el proceso de subducción del arco (Ver figura CR-15).

Las deformaciones plicativas son muy difíciles de establecer y descubrir debido a la escasa aflorabilidad de la región.

Basado en la interpretación de los diferentes campos físicos, aparejado al marco geólogo – estructural y a las características de la distribución espacial de los yacimientos y manifestaciones minerales metálicas, se han definido en el territorio, (E. Pérez, R. Lugo, H. Pimentel, M. Pardo, et al, 1998) un amplio grupo de alineaciones perspectivas, de mayor o menor proporción hasta el nivel de cinturón o faja magmato – metalogénica, cuya dirección preferencial es N70°W (rumbo cubano). De ellos los cinturones más importantes son cinco: Cubano Axial, La Yaya – Guáimaro – Golden Hill, Vertientes – Jobabo, Arroyo Blanco y del Sur.

También se han señalado determinadas estructuras circulares, las cuales se han vinculado con probables paleoestructuras vulcano-tectónicas o cuerpos intrusivos yaciendo en profundidad, constituyen un elemento muy importante, pues asociado a ellas en variados sectores se han confirmado diferentes tipos de mineralización industrial.

3.2 Características geológicas del sector

La manifestación Corral de Rojas estructuralmente está enclavada en la estructura magmato-metalogénica, señalada por diversos autores (35),(36),(37), paralela al eje magmático principal del Arco Cretácico y que se distingue por localizar en sus límites una

serie de estructuras circulares y un número apreciable de manifestaciones minerales principalmente de metales base y preciosos, en otras partes de la región (Ver figura CR-3).

Las rocas que se encuentran en la manifestación pertenecen al complejo vulcanógeno sedimentario del Arco volcánico Cretácico, representado por las formaciones Camujiro (K_2^{Cm-Tr}) y Piragua (K_2^{St-Cp}), las cuales durante el levantamiento geológico (53) a escala 1:250 000 se clasificaron como miembros de la antigua formación Vidot y posteriormente en el levantamiento geológico (27) a escala 1:50 000 fueron elevados al rango de formaciones independientes.

La formación Camujiro es la más importante para nuestro estudio pues con ella se relaciona la mineralización. Su carácter casi puro subaéreo calcoalcalino con tendencia alcalino potásica (traquidacitas, traquiandesitas, etc) se pone muy bien de manifiesto en el sector, donde tanto en la superficie aflorada como en la profundidad se distinguen tobas lapílicas hasta aglomeráticas de composición media, coloración violácea-gris-verdosa y con macrotextura litoclástica. Son heterolíticas; los litoclastos abundan hasta un 60% aproximadamente, son subangulosos, ovalados, subredondeados a redondeados y con granulometría variable desde psamítica gruesa hasta de bloque, predominando la lapílica o la aglomerática, por lo general el tamaño oscila entre 2.0-50.0 cm.

En los litoclastos la diversidad composicional, textural y estructural es bien notada, se distinguen fragmentos riolíticos, dacíticos, andesíticos, traquidacíticos y traquiandesíticos; son comunes las microtexturas porfírica que es la predominante (con fenocristales de cuarzo, tablillas de plagioclasas y hornblenda), seguido de la cristaloclástica (dominan las plagioclasas sobre el cuarzo y los piroxenos) y con menor frecuencia la vitroclástica. Las microestructuras son fluidal, vesicular y amigdular, con las amígdalas rellenas por cuarzo.

La matriz de composición andesítica dacítica es de coloración violácea-grisácea-verdosa, litocristaloclástica con cristaloclastos de cuarzo, feldespato y hornblenda; presenta ligera hematitización y magnetita accesoria.

Las tobas aglomeráticas que generalmente se distribuyen en la parte inferior de la secuencia, fueron cortadas en algunas perforaciones en los intervalos finales.

La formación Piragua está representada al sur del sector por lentes de calizas grises muy recrystalizadas que aparecen en forma de grandes bloques y en pocos afloramientos en ligeras elevaciones; yacen discordantes sobre las piroclastitas antes descritas de la formación Camujiro y estas últimas también están cubiertas transgresivamente al norte, fuera de los límites del área, por calizas biógenas y biodetríticas de la formación Presa Jimaguayú del K_2^M , unidad que marca el fin de la actividad volcánica en la región.

Alteración y Mineralización

Existen dos estilos generales de alteración en el área sobre las vulcanitas piroclásticas originales.

El primer estilo está relacionado con la zona de oxidación, se trata de la silicificación representada por jaspes y calcedonia? que se distribuyen en forma de afloramientos y de bloques sueltos al norte, centro y sur del sector ocupando gran parte de la superficie.

Son rocas fuertemente silicificadas, hematitizadas y limonitizadas, con fina pirita diseminada en un 3-7 % como promedio, llegando a alcanzar hasta un 20 %. Conservan parcialmente la textura original litoclástica, su coloración es rojiza a amarillenta con tonos que resaltan desde blanco hasta violáceo de forma ovalada y que corresponden a los piroclastos generalmente lapílicos asimilados por la sílice.

La parte central y más elevada del sector representa la zona más interna y de máxima alteración y mineralización (Ver figura CR-4); conforma un casquete en la superficie en el que la oxidación es mayor y la silicificación es mucho más intensa, de carácter pervasivo tanto en los fragmentos como en el cemento, estrechamente relacionada con procesos de brechamientos reconocidos como comunes en los niveles someros de los sistemas geotermales. Esta área es considerada como brecha freática intensamente silicificada (de la variedad jaspe y en ocasiones aparece calcedonia formando agregados arriñonados),

hematitizada y limonitizada; presenta estructura brechosa fina y de relleno de oquedades y de espacios abiertos y textura de criptocristalina a microgranoblástica fina (Ver figura CR-5 y 5.1). En ella localmente se distinguen zonas finamente alargadas y brechosas con fragmentos angulosos menor o igual que 10.0 mm cementados por cuarzo granoblástico y una mezcla de hematita con sílice más fina, así como vetillas finas de hasta 4 mm de cuarzo granoblástico que se entrecruzan y desplazan entre sí, indicando la existencia de una o varias generaciones de fluidos y de un brechamiento posterior en la roca. También se desarrolla cuarzo en pequeñas drusas y geodas.

Vinculada con esta zona aparece mineralización fina de pirita, arsenopirita y oro, este último en ocasiones puede observarse macroscópicamente en granos finos o en forma arriñonada.

Las trincheras TCR-1, TCR-2 E, TCR-2 W y TCR-3 y las perforaciones PCR-9601, PCR-9612 delimitaron esta zona de brecha freática en un área de 86 x 23 m, con una potencia máxima de 23.15 m.

A continuación se ofrecen las descripciones de las secciones delgadas realizadas en esta área central de la manifestación:

SD-Pet-3

Nombre: Brecha freática hidrotermal cuarzo-hematita-clorita con pirita diseminada.

Estructura: brechosa fina

Textura: de criptocristalina a microgranoblástica fina.

En la sección aparece la forma relíctica de abundantes fragmentos totalmente sustituidos por óxidos de Fe, por sílice y cuarzo o por una mezcla de ambos y/o por clorita. En los fragmentos no se conservan minerales primarios, pero si se pueden apreciar diferentes texturas relícticas, por lo que la roca original parece haber sido heterolítica.

Como cemento de los fragmentos aparece cuarzo granoblástico más grueso mezclado o manchado por hematita. Asociado al cemento aparece mineralización de pirita finamente diseminada de 2-7%.

SD-Pet-4

Nombre: Brecha freática hidrotermal cuarzo-hematita con pirita diseminada.

Estructura: brechosa

Textura: microgranoblástica

Se diferencia de la anterior porque en ésta la roca primaria debió ser más homogénea. Aparecen los fragmentos de rocas totalmente cuarcificados y abundantes formas relicticas de cristales tabulares (plagioclasas?) y fragmentos de cristales totalmente cuarcificados. No se observa clorita.

El cemento está formado por cuarzo granoblástico y una mezcla de hematita con sílice más fina.

Pirita diseminada 1-3%

SD-Pet-5

Nombre: Brecha freática hidrotermal cuarzo-hematita.

Estructura: brechosa

Textura: microgranoblástica

Se observan fragmentos totalmente cuarcificados y hematitizados sin relictos de composición o textura primaria, cementados por una mezcla de cuarzo y hematita.

No se observa pirita.

SD-Pet-6

Nombre: Brecha freática silicificada, limonitizada y caolinizada.

Estructura: Brechosa heterofragmentaria fina

Textura: Criptocristalina, pelítica y microgranoblástica fina.

La roca está formada fundamentalmente por numerosos fragmentos angulosos e irregulares de rocas hidrotermalmente alteradas. Predominan ampliamente los fragmentos de rocas silicificadas y caolinizadas que pueden o no estar oxidadas o manchadas por óxidos. En ellas no quedan relictos de estructura, textura o composición, ya que fueron totalmente sustituidas. Aparecen raros fragmentos de rocas monocuárcicas más gruesas.

El cemento de estos fragmentos es muy pobre, de poros y de contacto, y está representado por una mezcla de harina de roca triturada, mezclada con cuarzo microgranoblástico y óxidos e hidróxidos de Fe.

El segundo estilo está representado por la alteración argílica intermedia (montmorillonita, smectita, calcita, cuarzo, silicificación, caolinitización, carbonatización, cloritización, y piritita), que rodea a las zonas de jaspes lateralmente y en la profundidad y pasa gradualmente hacia el NW a una zona propilítica (con epidota, clorita, calcita, cuarzo, sílice y piritita) en la periferia y en profundidad, que contacta con la roca fresca.

La zona de alteración argílica en la superficie se caracteriza por arcilla montmorillonítica débilmente caolinitizada, carbonatizada, con hematitización y limonitización. Raras veces dentro de esta zona (TCR-2 W y TCR-3) aparece una toba lapílica con matriz de coloración violácea, fuertemente argilitizada, caolinitizadas y oxidada, frecuentemente con nidos de hasta 3.0 cm de diámetro de caolín; la misma no reveló contenidos de interés de oro, el As presenta valores aislados entre 62 – 124 ppm y el Hg oscila de 10 – 170 ppm, una muestra alcanzó 370 ppm.

Este segundo estilo de alteración se erosiona rápidamente porque sus minerales no son resistentes en las condiciones superficiales, por lo que aparece en las depresiones topográficas alrededor de los afloramientos silicificados.

En profundidad la alteración argílica está mejor representada, donde se distingue toba lapílica heterolítica, similar a como se ha descrito anteriormente; su coloración predominante es verde gris claro-blancuzco a rosácea, menos frecuente violácea; generalmente está cizallada, es deleznable, arcillosa; se presenta caolinitizada, con vetillas finas de cuarzo y con un intenso desarrollo de un sistema de vetillas y vetas de calcita, (descrito en el PCR-9610 y en el PCR- 9611) que alcanza hasta 30 cm de espesor; además se presenta aproximadamente un 20 % de carbonatización y la calcita forma drusas y geodas entre los piroclastos y la matriz. La epidotización y cloritización ocurren en un 1-2 % aproximadamente y aparece un 1-5 % de piritita y arsenopiritita? finamente diseminadas, a

veces en cristales cúbicos muy bien formados de hasta 2 cm de tamaño, envueltos en una masa arcillosa (PCR- 9611/Prof. 37.70 m) y en una veta de calcita (PCR- 9610/Prof. 46.0 m; con 2.74 g/ton. Au).

En los intervalos donde la roca está mejor conservada aparece silicificación.

El PCR-9610, realizado en la parte más suroriental, fue el último que cortó la zona mineralizada, pues por razones económicas la compañía abandonó la exploración, quedando abierta dicha zona hacia el SE, cuyo rumbo es N50°W, con una extensión aproximada de 300 x 40 m hasta el nivel de estudio alcanzado.

El cuerpo mineral desarrollado dentro de esta zona alterada (fase argílica) tiene forma de vetas con espesores aproximados desde 1-12 m y un buzamiento de ángulo alto >70° hacia el SW; para la delimitación de estas vetas en la evaluación de los Recursos Inferidos se tomaron en consideración contenidos de Au en el rango industrial >0.30 g/t (E. Escobar, 2000, ONRM).

En total en el sector fueron realizados 6 trincheras, 12 perforaciones y numerosos itinerarios geológicos que determinaron la sucesión de las zonas de alteración, probablemente de forma circular, con la parte más interna en la zona más elevada donde aparece la brecha freática (Ver figura CR-4).

La zona de alteración argílica revelada en los laboreos arrojó contenidos insignificantes de oro y fue atravesada por 8 perforaciones, de las cuales los pozos PCR9602; PCR9612 y PCR9610 reportaron las mayores potencias de 32.83; 47.25 y 36.2m respectivamente, con valores industriales de oro.

Las restantes perforaciones aunque atravesaron la alteración argílica y propilítica, no presentan potencias industriales de oro; los espesores en las vetas van disminuyendo gradualmente desde 5.0 hasta 1.0 m en las salbandas del cuerpo mineral.

El pozo PCR-9601 se ubicó justo en la parte principal del área aflorada, a unos pocos metros de la cima de la mayor elevación del sector y al comienzo de la trinchera TCR-3, en su extremo NW. Este pozo confrontó muchos problemas de índole técnica y demoró seis días en alcanzar la profundidad de 28.60 m, logró atravesar todo el casquete de toba lapílica brechosa altamente silicificada con hematita y limonita, considerada como brecha freática, (que en partes tiene oro visible macroscópicamente) hasta los 23.15 m de profundidad; a continuación entró en una zona de alteración argílica, representada por toba lapílica fuertemente alterada, lixiviada, arcillosa, cloritizada, carbonatada, en ocasiones ligeramente caolinizada, de colores verde a gris claro, frecuentemente foliada y con sulfuros diseminados, principalmente piritita. Lamentablemente el pozo fue abandonado atravesando sólo 5.45 m de esta zona de alteración subyacente. Con la idea de satisfacer las interrogantes sobre sus características y extensión fue repetido el pozo situando a su lado, el PCR-9612, ambos perforados verticalmente.

El PCR-9612 justificó las expectativas al atravesar toda la zona de alteración argílica por debajo de las brechas freáticas hasta los 47.25 m de profundidad, la cual presenta características similares a las del PCR-9601, aunque está mejor representada, es arcillosa, está cizallada, con carbonatización, cloritización, débil caolinitización y cristales de piritita muy fina y arsenopiritita? diseminados. Ver los valores promedios de oro en las tablas N°. 1 y N°. 2 y figura CR-7.1.

El PCR-9602 inclinado a 65° y con azimut de 40° atravesó la zona mineral argílica por debajo de la trinchera TCR-N°. 3, la cual, al igual que en los pozos PCR-9601 y PCR-9612 está representada por toba lapílica fuertemente alterada, arcillosa, cloritizada, ligeramente carbonatizada, algo caolinizada, de colores gris a verde a claro y con sulfuros diseminados. La textura original está pobremente preservada. El valor mínimo de oro obtenido fue de 0.01 g/ton. y el valor máximo fue de 11.83 g/ton. en un metro de rocas silicificadas, muy cerca del contacto con las rocas estériles del yacente.

El PCR-9603 situado en tijera con el PCR-9602 con inclinación de 60° y azimut de 220°

atravesó el yacente y por lo tanto nunca interceptó la zona mineralizada. Los resultados de los análisis fueron bajos como era de esperar, quedando claro que la zona mineralizada tiene un buzamiento de alto ángulo hacia el SW.

El PCR-9604 se ubicó a 45.0 m hacia el NW del mismo lado del pozo PCR-9602, inclinado a 60° y azimut de 40°, con el propósito de atravesar la zona mineralizada por debajo de la trinchera N°.1. A pesar de cumplir con ello, atravesando totalmente la alteración arcillosa con sulfuros y pasando al yacente, corroborando la continuidad de la zona en dirección NW y su buzamiento de alto ángulo hacia el SW, no se arrojaron sin embargo resultados significativos en los contenidos de oro, sólo 0.67 g/ton. a lo largo de 4.65 m en el contacto con el yacente, conformando una veta bien delimitada. Cinco vetas más finas con 1 m de espesor fueron reveladas dentro del área de alteración.

El PCR-9605 se posicionó en el mismo plano de sección que el pozo PCR-9604, pero 70.0 m más al suroeste y se le dio el mismo azimut de 40° e inclinación de 60°, con la idea de atravesar la misma zona de alteración argílica situada debajo de la trinchera N°.1 y cortada por el pozo PCR-9604 pero a mayor profundidad; este objetivo fue cumplido, se comprobó la existencia de la zona y sus límites tanto del pendiente como del yacente concordantes según un buzamiento de alto ángulo >70°; sin embargo no se revelaron resultados significativos de oro en los análisis, ningún ensayo fue superior a los 0.5 g/ton. Aquí el cuerpo mineral delimitado dentro de esta zona de alteración casi se extingue, forma una veta de 1.0 m de espeso (Ver figura CR- 7.2).

El PCR-9606 fue ubicado a 47.0 m al NW del pozo PCR-9605, con azimut de 50° e inclinación de 60° con el propósito de atravesar la zona de alteración argílica aún más lejos por el rumbo hacia el NW. También arrojó pobres valores de oro, pero fue abandonado (debido a la pérdida de circulación del agua y al bloqueamiento de la corona por una masa areno arcillosa con sulfuros) sin haber atravesado la zona de alta alteración. Una sola muestra de 0.56 m de largo con contenido de oro de 0.4 g/ton. a los 63.44 m de profundidad, delimitó el cuerpo en sus salbandas prácticamente extinguido (Ver figura CR- 7.3).

El PCR-9611 se posicionó en la misma sección del pozo PCR-9606 que no atravesó totalmente la zona de alteración, a 25.0 m de este con azimut de 50° e inclinación de 60°. El pozo cortó la zona de intemperismo con una potencia de 23.0 m, inmediatamente entró en la zona de alteración clorito-arcillosa con sulfuros, hasta los 41.30 m y luego pasó a una toba propilítica con sulfuros finos diseminados hasta contactar alrededor de los 70.0 m con toba lapílica hematitizada, poco alterada hasta el final del pozo a los 84.40 m. Si bien los resultados de los análisis no satisfacen las expectativas y fueron en general bajos para oro, hubo dos muestras de 1.10 y 0.75 m de intervalo con 1.72 y 0.45 g/ton. de oro respectivamente; la primera cerca del contacto con el yacente. Ambas delimitaron dos vetas que conforman el cuerpo mineral en sus salbandas, cuya potencia disminuye con la profundidad hasta casi extinguirse en el PCR-9606 que corta sólo una de ellas (Ver figuras CR-7.3). También aparecen valores anómalos de As y Hg a lo largo de la zona de alteración y contenidos auríferos en el rango de 0.1-0.29 g/ton.

El PCR-9610 se situó del lado SE del afloramiento principal, en E+661 y P+335, con azimut de 50° e inclinación de 60°. El propósito era conocer si la zona de alteración se extendía también hacia el SE y en caso positivo obtener información sobre su potencia y contenido mineral. Hasta los 27.0 m cortó las tobas lapílicas hematitizadas y limonitizadas típicas de la zona de intemperismo; posteriormente hasta los 80.30 m atravesó la secuencia más representativa de la zona de alteración argílica representada por toba lapílica de color verde gris claro-blancuzco a rosácea, cizallada, deleznable, arcillosa, caolinitizada, con vetillas finas de cuarzo y vetas de calcita de hasta 30 cm de espesor; aparece un 20 % aproximado de carbonatización y calcita formando druzas y geodas y entre los piroclastos-matriz. Se presenta pirita y arsenopirita? fina, diseminada, en nidos y en vetillas, a veces en cristales cúbicos muy bien formados de hasta 2 cm de tamaño, envueltos en una masa arcillosa. De 80.30 hasta 126.0 m pasó a la secuencia de toba lapílica hasta aglomerática poco alterada. Los resultados analíticos pueden ser observados en la tabla N°. 2

La alteración propilítica fue atravesada por la trinchera N°. 6 y en profundidad por las cuatro perforaciones ubicadas hacia la parte más noroccidental (PCR-9607, PCR-9608, PCR-9609 y PCR-9611) donde esta zona alcanza su desarrollo.

Varios pequeños afloramientos de 2 x 2 m de tamaño promedio fueron cortados por la trinchera N°. 6; son tobas lapílicas de color verdoso a veces violáceo, con silicificación, cloritización, epidotización, carbonatización, hematización, limonitización y cristales euhédricos de pirita.

En profundidad la intensidad de esta alteración disminuye, se reconoce la misma roca con calcita en vetillas finas, raramente llegan hasta 1 cm y relleno los intersticios matriz-piroclastos, además aparece carbonatización en la masa, la cual a veces aumenta considerablemente hasta un 50 % aproximado, así como cloritización y epidotización en nidos y en los planos de cizallamiento, silicificación y mineralización fina de pirita y posible calcopirita, diseminada en un 1-2 %, en ocasiones llega hasta 3-4 %. Con mucho menor desarrollo se presenta caolinitización.

El PCR-9607 se estableció a 50.0 m al NW del pozo PCR-9606 con azimut de 50° e inclinación de 65°, siguiendo la idea de continuar cortando la zona de alteración hacia el NW. Atravesó la secuencia de toba lapílica oxidada, hematizada y limonitizada, seguida de aproximadamente 50.0 m de toba lapílica propilitizada, cataclastizada, más compacta que en los pozos anteriores de color verdoso a veces violáceo, similar a como se ha descrito arriba. Contacta bruscamente con toba lapílica hasta aglomerática fresca. Aunque la zona de alteración fue cortada los resultados analíticos fueron negativos para oro.

El PCR-9608 se estableció a 75.0 m al NW del pozo PCR-9607, casi en E+675 con azimut de 50° e inclinación de 50°, con el propósito de interceptar en profundidad la anomalía geofísica de MaxMin que se revela en ese lugar. Cortó una zona de intemperismo hasta los 20.0 m y luego una secuencia de toba lapílica poco alterada, cizallada, hasta los 67.0 m donde aparece la zona de alteración propilítica cataclastizada y con sulfuros muy finos diseminados, corroborándose su extensión hacia el NW. A los 98.42 m de profundidad

contacta con las tobas lapílicas hasta aglomeráticas frescas. Los resultados analíticos también fueron negativos para oro, sólo dos muestras de 1.10 y 0.72 m de largo, a los 69.90 y 84.50 m arrojaron valores de 0.38 y 0.32 g/ton. de oro respectivamente.

El PCR-9609 se posicionó en P110 y E775, del otro lado de la anomalía geofísica de MaxMin con azimut de 230° e inclinación de 45°, perforándose en tijera con el PCR-9608. La idea era conocer si la anomalía geofísica estaba reflejando una zona de alteración. El pozo no justificó las expectativas cortando hasta los 44.0 m la secuencia de toba lapílica hematitizada, limonitizada y en general intemperizada y cataclastizada, luego atravesó sólo 3.0 m de la zona de alteración propilítica y pasó a una secuencia de toba lapílica hematitizada débilmente alterada hasta el final a los 57.30 m. Los resultados para oro fueron negativos, sólo en un metro, dentro del intervalo de alteración, una muestra arrojó 0.235 g/ton de oro.

Este tipo de alteración propilítica pudiera tener una mayor distribución en la periferia como es característico de los sistemas epitermales, sobre todo hacia el Sur donde los afloramientos de jaspe con pirita fina y trazas de oro desde 0.01 hasta 0.085 g/t (en ocho muestras), se extienden por debajo del agua de la presa y no se conocen sus límites ni las rocas que la circundan.

El posible tamaño de la zona de alteración (ver figura N°. 3) se indica por la presencia de bloques sueltos de jaspes y de algunos pequeños afloramientos, que se distribuyen hasta 1 000 m al norte noroeste del centro mineralizado.

3.3 Tectónica y Magmatismo

3.3.1 Tectónica

En la manifestación aurífera Corral de Rojas la zona mineralizada tiene forma de vetas y se dispone con dirección N50°W y buzamiento de ángulo alto >70° hacia el SW, coincide con el eje de las anomalías geoquímicas de suelo y con varios lineamientos que han sido interpretados como fallas por la geofísica (ejes de mínimos magnéticos); lo cual podría indicar un probable control tectónico de la mineralización posiblemente relacionado al cuarto sistema tectónico reconocido (21), de dirección N40°W con el que también se asocia el sistema de vetas del yacimiento epitermal de baja sulfidación o cuarzo adularia “Jacinto” (representado por las vetas Beatriz, Elena, Elena Sur, etc y con un rumbo de alrededor de N40°W y otro subordinado de aproximadamente N65°W), al norte del macizo intrusivo Sibanicú-Las Tunas.

También a partir de la información geofísica han sido interpretadas como fallas otros alineamientos de dirección N-S. El rumbo disyuntivo principal (NW-SE) es inferido además de la forma elongada de la zona de alteración y de las anomalías geoquímicas.

Por otra parte la manifestación aurífera está situada en las cercanías (al NW) de la falla regional Camagüey de dirección NE-SW y es muy probable que lineamientos con esa misma dirección marcados por el curso del río represado, estén relacionados con este sistema de fallas Camagüey.

Algunos autores como Price et al, 1987 han considerado que la orientación de vetas en depósitos epitermales en Norte America refleja a gran escala controles tectónicos; ellos han notado que vetas formadas en un régimen tectónico de compresión están generalmente orientadas paralelas a la dirección de máxima compresión y aproximadamente perpendiculares a la dirección del margen colisional del cual ellas son una parte.

Más recientemente Grigore Simon (52) en estudios sobre el depósito epitermal “Jacinto” plantea que el hecho de que ese sistema de vetas esté orientado paralelo, más bien que

perpendicular al arco de la Gran Antilla, sugiere que el mismo no se formó durante la fase compresiva principal del tectonismo en el área, sino que pudo haberse formado durante extensión normal en el arco y exponen que Carlile y Mitchell (1994) notaron que la mayoría de los depósitos epitermales en ambientes de arco son formados en un régimen de tensión extensional, que comúnmente tiene lugar en estadios tardíos de la evolución del arco, posiblemente relacionados con el rápido hundimiento de la placa que subduce durante el proceso de subducción del arco.

Del mismo modo el cuerpo mineral en forma de vetas de la manifestación aurífera Corral de Rojas, orientadas en dirección bastante similar al sistema de vetas del yacimiento "Jacinto", pudieran estar relacionadas con este tipo de fracturas de extensión.

3.3.2 Magmatismo

La actividad magmática intrusiva tiene poco desarrollo en el área. Fuera de los límites del sector se han reportado afloramientos de pequeños cuerpos de granitoides en áreas que no han sido mapeadas detalladamente, por lo que se desconocen sus dimensiones y características; otro grupo más conocido forman pequeños cuerpos intrusivos o stocks de composición media-ácida-alcalina como La Purísima, la Unión y Golden Hill, los cuales a su vez presentan las zonas minerales del mismo nombre con skarnificación y desarrollo de cobre porfirico y de sistemas epitermales de alta sulfidización. En el caso de La Purísima el carácter alcalino es debido a la alteración potásica de la roca.

Dichos cuerpos se distinguen bien por máximos locales del campo gravimétrico y se disponen a lo largo de un Sistema Axial Secundario (37), más recientemente denominado Cinturón Magmato Metalogénico Vertientes-Jobabo (35) basado en interpretaciones complejas que incluyen los diferentes campos físicos y el marco geólogo-estructural.

La manifestación aurífera Corral de Rojas se localiza en el extremo occidental de este Cinturón Magmato Metalogénico o Sistema Axial Secundario, de significativa potencialidad metalogénica, demostrada principalmente en las áreas antes mencionadas.

Por otro lado el levantamiento magnético terrestre en el sector reveló un máximo magnético inmediatamente al sur de la mineralización que parece reflejar un intrusivo enterrado, el cual pudiese ser la razón para explicar la intensa alteración que se observa en este lugar.

De acuerdo con estas interpretaciones se considera que aunque las rocas intrusivas no afloran en el sector, deben encontrarse en un nivel más profundo y constituyen la fuente de calor de este sistema geotermal..

3.4 Características geoquímicas de la manifestación.

La topografía llana del área de la manifestación y la presa que casi la rodea, impidió la toma de muestras de sedimentos de fondo que pudiese tener alguna significación.

Geoquímica de suelo

El muestreo de suelo fue llevado a cabo en octubre de 1995 y cubrió toda el área del sector. Se realizaron 26 perfiles en una red cuadrada de 100 x 25 m, para un total de 567 muestras, tomadas en el horizonte B a una profundidad de 20-40 cm, excepto la parte central del área (punto de máxima elevación) que fue muestreada en el horizonte C muy cercano a la roca madre. Se hicieron análisis para Au con límite mínimo de detección de 5 ppb y para un grupo de elementos indicadores tales como Cu, Zn, Pb, Mo, As, Bi, Hg, Sb y Ag.

En el sector se muestra el desarrollo de un halo geoquímico superficial de Au, As, Sb, y Hg. El Cu y Zn no formaron anomalías y el resto de los elementos están por debajo del límite de detección o en valores muy bajos.

Por los resultados estadísticos, el Au es anómalo a partir de 20 ppb, el As a partir de 45 ppm y el Sb a partir de 4 ppm. Se consideró el Hg mayor o igual que 1 ppm. Estos elementos formaron anomalías muy estables relacionadas con las zonas de alteración.

Los valores anómalos más significativos están representados por oro (figura CR-8) y arsénico (figura CR-8.1), con una fuerte correlación entre ellos, sobre todo en las zonas donde los contenidos son mayores para ambos elementos.

El oro conformó una anomalía principal (Nº. 1) distribuida en un área de aproximadamente 1000 x 250 m, de morfología alargada con dirección NW-SE y en su extremo SE gira con rumbo casi E-W formando una franja estrecha que se limita hacia el W por el agua de la presa y que debe continuar por debajo de la misma como sucede con el otro lado de esta anomalía, en que a lo largo de todo su límite más oriental está contorneada por el borde del agua de dicha presa y también debe extenderse por debajo de la misma; lo cual pudo comprobarse en algunos casos en que los niveles oscilantes del embalse permitieron el muestreo de esta zona periódicamente inundada, resultando anómala y como consecuencia de ello parte del límite de esta anomalía principal es contorneado dentro del agua de la presa.

Esta anomalía principal coincide con el rumbo de la zona mineralizada a la que debe su origen, la cual aflora y fue cortada por 11 perforaciones y 4 trincheras, así como con anomalías de PI de alta cargabilidad y baja resistividad; desde el punto de vista estructural parece tener un control tectónico, pues se relaciona con ejes de mínimos magnéticos interpretados como fallas.

La anomalía está desarrollada sobre un suelo poco potente, arcilloso aleurolítico y de color pardo rojizo. Sus valores de oro no son altos, está contorneada con isolíneas de contenidos que incluyen los rangos de 5-10 ppb, de 30-100 ppb y > 100 ppb. Este último conforma varios pequeños centros o epicentros (10) que a continuación describiremos:

El epicentro 1-1, es el mayor en dimensión y principal; está ubicado a lo largo de la línea E700 entre los perfiles P100 y P400, cubriendo un área de 175 x 75 m en la misma dirección NW-SE que la anomalía principal y coincide con la zona más elevada del sector, considerada como la parte más interna y de máxima alteración y mineralización, caracterizada por la ocurrencia de la intensa silicificación del tipo jaspes y calcedonia, con

reemplazo casi pervasivo, tanto de los fragmentos como del cemento de la toba lapílica-aglomerática originaria, estrechamente relacionada con el fenómeno de brechamiento (brechas freáticas), ampliamente aceptado como común en los depósitos epitermales con rocas volcánicas como anfitrionas; además tiene lugar una fuerte hematitización y limonitización; así como mineralización pirítica y arsenopirítica en un 5-20 % aproximadamente y de oro visible macroscópicamente en granos finos o en forma arriñonada, reportado en afloramientos, cuatro trincheras que parten radialmente de la cima de la elevación y dos perforaciones.

Los contenidos de oro en este epicentro alcanzan hasta 600 ppb, siendo frecuentes valores entre 120 y 255 ppb.

Los restantes epicentros tienen un carácter lineal o puntual (revelados por una o dos muestras) sobre un suelo arcilloso aleurolítico pardo amarillento rojizo. Tienen una extensión aproximadamente entre 30 y 120 m y un ancho que oscila entre 20 y 50 m, alcanzando valores de oro entre 110 y 1900 ppb.

El epicentro 1-2 está localizado aproximadamente a 100 m al este del **epicentro 1-1** en el perfil P300, entre las líneas E800 y E900, encima de una ligera elevación en la que se desarrolla la roca de alteración del tipo jaspes. La anomalía tiene un carácter puntual, está conformada por una sola muestra cuyo contenido de oro es de 390 ppb. No ha sido comprobada, pero se considera su relación con la mineralización aurífera asociada con estas rocas de alteración.

El epicentro 1-3 tiene un carácter lineal, se extiende entre los perfiles P300-P400+25 y E900-E1000, en un área aproximada de 120 x 20 m en la misma dirección NW-SE en que se dispone la anomalía principal. Esta zona no está aflorada, es probable que por debajo del suelo estén los mismos jaspes que afloran en una distancia de alrededor de 60 m al W en el epicentro 1-2, o las tobas lapílicas de alteración argilica que las circundan.

La anomalía fue contorneada por dos muestras con contenidos de oro de 870 y 1900 ppb y aunque no fue comprobada, se supone su relación con la mineralización (verificada en otros lugares) que se asocia a las rocas de alteración que deben estar supuestamente subyaciendo; estructuralmente también pudiera tener un control tectónico, pues está relacionada con ejes de mínimos magnéticos de dirección NE-SW interpretados como una falla.

El epicentro 1-4 se localiza 70 m aproximadamente al oeste del 1-1, entre los perfiles P100 y E700, presenta forma alargada y se delimitó por 2 muestras con contenidos de 200 y 135 ppb. Dos perforaciones en tijera PCR-9608 y PCR-9609 fueron realizadas en esta área, cortando la zona de alteración argílica representada fundamentalmente por arcilla clorítica carbonatada y poco caolinizada con sulfuros diseminados, pero a una profundidad considerable de 67.0-98.42 m y de 44.0-47.0 m respectivamente, entre toba lapílica hematitizada, poco alterada. Los contenidos de oro son muy pobres, sólo una muestra de 1.0 m en la zona de alteración, arrojó 0.235 g/t. El origen de este epicentro pudiera estar relacionado con la alteración de jaspes que de acuerdo con sus características se presenta formando pequeños cuerpos en, o cercano a la superficie.

Este epicentro al parecer tiene un control tectónico vinculado con los ejes de mínimos magnéticos ya descritos, interpretados como fallas y reflejado en el estado de cataclasis de las rocas perforadas.

El epicentro 1-5 está localizado 100 m al norte del 1-4, en el perfil E800 entre P0-P100; se dispone en forma puntual conformado por una muestra de 450 ppb de oro. Una trinchera realizada en esta área cortó varios pequeños afloramientos de toba lapílica propilitizada, de coloración verdosa a verde violáceo, con silicificación, cloritización, epidotización, carbonatización, hematización, limonitización y pequeños cristales euhédricos de pirita. En estas rocas los contenidos de oro alcanzaron hasta 0.85 g/t.

Los restantes epicentros se localizan en zonas con desarrollo de tobas lapílicas que no afloran y no han sido perforadas, desconociéndose su estado de alteración. Generalmente se disponen bastante cercanos a afloramientos de jaspes, por lo que pudieran estar

relacionados con las tobas lapílicas argilitizadas que frecuentemente circundan a estas rocas silicificadas.

Otras anomalías secundarias débiles, con valores de oro superiores al límite de detección, contorneadas con isolíneas de contenido de 10-30 y de 30-100 ppb, tienen lugar en las porciones sur, centro-oeste y noroeste del sector.

En el borde sur aparecen **tres anomalías (Nº. 2, 3 y 4)**, entre los perfiles P400-P500, E100-E200; P500 entre E100-E300; y P700-E300 respectivamente. Se disponen de forma alargada, en direcciones noreste-suroeste, este-este y noroeste-sureste, similares en dimensiones de aproximadamente 125 x 40 m cada una. Se asocian a las rocas sustituidas por sílice y hematita (jaspes), con fina pirita diseminada de 2-3%, las que aparecen bien expuestas en esta zona, en grandes afloramientos en suaves colinas, que se extienden hasta las partes más bajas al ras del suelo, donde son cubiertas por el agua de la presa que limita el sector.

Las anomalías se desarrollan sobre un suelo aleurolítico arcilloso, carmelita amarillento a rojizo. Ocho muestras de afloramientos revelaron contenidos de oro desde 0.01-0.085 g/t; el arsénico y el antimonio arrojaron valores anómalos, indicando la probable existencia de mineralización auífera a mayor profundidad.

Las anomalías del centro-oeste (Nº. 5) y noroeste (Nº. 6) del sector se disponen alargadamente en dirección noroeste-sureste, con extensión de 160 x 60 m y de 150 x 50 m, entre los perfiles P0-P100, E500-E700 y P(-500)-P(-200), E(-900)-E(-1100), respectivamente. Se desarrollan sobre un suelo aleurolítico arcilloso, carmelita amarillento a rojizo y aunque no han sido comprobadas, mantienen el mismo rumbo de la zona mineralizada revelada por los pozos en la profundidad, probablemente controlada por fallas, y aproximadamente a 150 m al noroeste de la anomalía Nº. 6 aflora la alteración de tipo jaspes, por lo que pudieran estar relacionadas con la continuidad hacia el noroeste de la mineralización asociada con los jaspes o con las fases de alteración argílica o propilítica.

Igual origen deben tener los tres valores puntuales alrededor de la anomalía N°. 6, en el rango de 10-30 ppb.

El arsénico formó anomalías con una distribución espacial semejante a las del oro, con la misma dirección y morfología alargada; fueron contorneadas con isolíneas de contenido de 40-60 ppm, de 60-100 ppm y mayor de 100 ppm. Este último rango conformó siete epicentros, tres de ellos (dentro de la anomalía principal) más amplios que los del oro, extendiéndose hacia el sur del sector. Presentan un carácter lineal, areal y puntual dentro de contornos de más bajo contenido.

Los valores de arsénico en estos centros alcanzan hasta 1 135, 1 565 y 1 575 ppm, siendo frecuentes los contenidos entre 132-404 ppm.

El principal de estos epicentros de arsénico coincide con el epicentro aurífero 1-1 y con otros máximos puntuales, abarcando un área mayor (450 x 100 m), entre los perfiles P200-P700, E600-E800. Tiene un carácter areal y se relaciona con dos elevaciones, una de ella la más alta del sector, en las que afloran las rocas silicificadas con pirita, arsenopirita y oro bordeadas por arcillas de la fase argílica.

El segundo epicentro en dimensión, de esta anomalía principal, también presenta un carácter areal; tiene lugar al sur del sector, relacionado con la anomalía aurífera (N°.4) antes descrita, entre los perfiles P700-E300. Se asocia a la mineralización que acompaña a los jaspes aflorantes en esta parte del área.

Un tercer epicentro de carácter lineal formado por dos muestras con contenidos de arsénico de 222 y 298 ppm, se localiza en el perfil E800, entre P0-P100. Coincide con el epicentro aurífero 1-5 asociado a las rocas propilitizadas y mineralizadas allí descritas.

Los cuatro restantes epicentros de arsénico coinciden con los de oro, tienen un carácter puntual o lineal y son atribuibles, al igual que el oro, a la zona mineralizada asociada con las rocas de alteración subyacente.

Otra anomalía de menor intensidad de 40-60 ppm, con un pequeño centro de 60-100 ppm y un máximo de 186 ppm se distribuye al sur y tiene forma areal, coincide, aunque un poco desplazada, con las restantes anomalías auríferas del sur (anomalías N°. 2 y 3).

Aproximadamente a 50 m al oeste de la anomalía anterior se revelan otras dos anomalías de arsénico morfológicamente areal y lineal entre los perfiles E300-E400, P100-P300. Son contorneadas con isolíneas de 40-60 ppm y de 60-100 ppm y se desarrollan sobre el extremo oeste del sector. Se estima su relación con la mineralización asociada a las rocas de alteración que supuestamente subyacen el suelo aleurolítico arcilloso, carmelita amarillento a rojizo.

Hacia el centro oeste del sector una anomalía débil de arsénico con contenido entre 40-60 y 60-100 ppm, se desarrolla sobre la anomalía de oro N°. 5. Tiene carácter lineal y se extiende en 100 x 40 m aproximadamente.

Al noroeste del sector se revelan otras tres anomalías de arsénico que bordean en su extremo norte a la anomalía aurífera N°. 6, coincidiendo con un campo anómalo débil de 5-10 ppb de oro, con algunas zonas puntuales de 10-30 ppb. Presentan una morfología alargada en un área de aproximadamente 150 x 70 m, 200 x 100 m y 150 x 60 m y son contorneadas con isolíneas de contenido de 40-60 ppm, de 60-100 ppm y > 100 ppm.

El antimonio se presentó en anomalías más pequeñas y de menor intensidad, que van desde 4-12 ppm; la mayor de ellas se dispone de forma irregular carácter areal en la parte central entre los perfiles P200-P600 y E600-E900 coincidiendo con el epicentro aurífero 1-1, aunque ocupa un área mayor. Muy cerca entre los perfiles P500 y E800 aparece una anomalía irregular que limita al este con la presa.

Otra anomalía lineal se extiende entre P(-100) y P0 a lo largo de la línea E900, coincidiendo con el extremo NW de la anomalía aurífera principal N°. 1 y con uno de sus epicentros.

Hacia el sur se disponen 8 pequeñas anomalías con carácter puntual y lineal que ocupan áreas desde 25 x 25 m hasta 90 x 25 m aproximadamente y coinciden de manera general, aunque algo desplazadas con los campos anómalos auríferos revelados en esta parte del sector.

El mercurio conformó muchas anomalías pequeñas, predominantemente puntuales o lineales, algunas irregulares; las mayores se extienden en áreas desde 100 x 50 hasta 200 x 200 m aproximadamente. Fue contorneado con isolíneas de contenido de igual o mayor de 1 ppm. Los valores más intensos alcanzan hasta 3 ppm y se localizan principalmente en la parte central y sur del sector, coincidiendo aunque algo desplazada con las anomalías auríferas N°. 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

Estas anomalías aunque débiles en contenido y dimensión cubren casi todo el sector y adquieren enorme importancia como indicadores de mineralización aurífera profunda, pues el mercurio está relacionado con las zonas superficiales en los sistemas epitermales.

Geoquímica de roca

El comportamiento del oro en la sucesión de las zonas de alteración de la manifestación Corral de Rojas, es como sigue:

En la zona de jaspes los contenidos de oro revelados en afloramientos oscilan entre 0.3-1.07 g/ton. En la porción sur del sector se reportan algunos valores más bajos desde 0.01-0.085 g/ton, con contenidos anómalos de arsénico y antimonio.

En la parte central que constituye la más elevada y mineralizada del sector, donde se desarrollan las brechas freáticas, de 23 muestras de afloramientos 10 revelaron contenidos de oro que oscilaron entre 0.35-1.55 g/t (sólo dos muestras tuvieron valores de 0.3 g/ton), y contenidos de arsénico entre 210-1 220 ppm.

Cuatro trincheras dispuestas en cruz y dos perforaciones delimitaron esta zona de brecha freática en un área de 86 x 23 m, con una potencia máxima de 23.15 m y reportaron los siguientes contenidos de oro:

Tabla N°. 1

No. de labor	Cont. Promedio (g/t)	Intervalo (m)
TCR-1	1.65	40.00
Incluyendo:	4.29	4.00
	5.30	4.50
	5.42	3.50
TCR-2 E	0.65	12.00
TCR-2 W	0.42	6.60
TCR-3	1.99	34.40
Incluyendo:	3.00	11.4
PCR-9601	1.32	28.6
Incluyendo:	1.46	8.50
	1.85	10.70
	0.57	9.40
PCR-9612	1.20	5.0
PCR-9612	1.03	9.25
PCR-9612	1.37	10.25

Los PCR-9612 y PCR-9601 incluyen unos pocos metros del subyacente argílico.

La zona de alteración argílica que circunda a los jaspes y a las brechas freáticas, en superficie no revela contenidos anómalos, salvo en dos pequeñas áreas con intensa caolinización y oxidación en las TCR-2 W y TCR-3, en las que el oro no se reporta interesante, pero el arsénico presenta valores aislados entre 62-124 ppm y el mercurio oscila desde 10-70 ppm, alcanzando en una muestra hasta 370 ppm.

En profundidad este estilo de alteración argílica que transiciona a las propilitas fue revelado por todos los laboreos mineros, pero con contenidos insignificantes de oro, y en 8 perforaciones de las cuales cinco presentan las mayores potencias con valores industriales de oro. Todas se ilustra en la siguiente tabla:

Tabla N°. 2

No. de pozo	Contenido Promedio (g/t)	Intervalo (m)
PCR-9602	0.80	3.00
PCR-9602	0.83	2.00
PCR-9602	0.63	4.54
PCR-9602	0.57	2.00
PCR-9602	0.61	1.00
PCR-9602	1.54	2.40
PCR-9602	0.63	2.30
PCR-9602	0.37	5.00
PCR-9602	0.24	4.46
PCR-9602	0.48	2.00
PCR-9602	3.04	5.13
PCR-9612	1.21	10.75
PCR-9612	0.93	12.00
PCR-9610	0.46	7.0
PCR-9610	1.04	5.00
PCR-9610	1.68	1.90
PCR-9610	3.21	4.00
PCR-9610	0.45	2.00
PCR-9610	1.23	9.00
PCR-9610	2.03	7.30

No. de pozo	Contenido Promedio (g/t)	Intervalo (m)
PCR-9604	0.54	1.30
PCR-9604	0.77	1.00
PCR-9604	0.37	1.00
PCR-9604	0.33	1.00
PCR-9604	0.35	1.00
PCR-9604	0.67	4.65
PCR-9605	0.50	1.00
PCR-9606	0.40	0.56
PCR-9608	0.38	1.10
PCR-9608	0.32	0.72
PCR-9611	0.45	0.75
PCR-9611	1.72	1.10

Conclusión

1- En general las anomalías geoquímicas de suelo sobre la manifestación aurífera Corral de Rojas son un fiel reflejo en superficie de la zona mineralizada aflorada y comprobada en profundidad, la cual se extiende en la misma dirección noroeste-sureste de la mayoría de las anomalías reveladas, quedando abierta la zona de alteración a lo largo de este rumbo y la zona mineralizada hacia el sureste.

2- La anomalía principal de suelo y las localizadas en la porción sur del sector han sido limitadas por el contorno del agua de la presa y se supone su continuidad por debajo de la misma, todo lo que indica la alta perspectiva de estas anomalías y su relación con un sistema mineralizado mucho mayor, cubierto por el agua embalsada y por los suelos de las partes más bajas.

3- Se ha podido distinguir la presencia de anomalías complejas de **Au, As, Sb y Hg** relativa a la anomalía aurífera principal N°. 1, con un amplio desarrollo en el sector, casi en un 50 % y a la parte sur del sector, relacionado con las anomalías auríferas N°. 2, 3 y 4.

4- Los elementos anómalos revelados son típicos de mineralización aurífera epitermal y se relacionan con la parte superior de los sistemas geotermales, por lo que son indicadores de la conservación de los mismos y de la existencia de mineralización a mayor profundidad.

5- El oro es un elemento siderófilo, más tiende a concentrarse en su migración junto a los sulfuros de arsénico y antimonio principalmente, pero también acompaña al K, Na, Mo, W, Cu, Ag, Zn, Cd, Hg, Pb, Se y Te. De aquí que las anomalías complejas de Au, As, Hg y Sb reveladas sean promisorias de mineralización aurífera en profundidad.

6- El rumbo noroeste-sureste de la mayoría de las anomalías indica la posible dirección del canal conductor de la mineralización.

3.5 Características geofísicas de la manifestación.

En la manifestación Corral de Rojas se realizaron los levantamientos magnéticos y electromagnéticos (Max-Min.) sobre una red cuadrada de 100 x 25 m establecida en agosto de 1995 y de polarización inducida-resistividad (Polo-Dipolo) en la misma red, pero solamente en los perfiles P100, P200, y P300, en noviembre-diciembre del mismo año.

El levantamiento magnético terrestre reveló una serie de dominios altos y bajos. Los mínimos magnéticos lineales coinciden con la distribución anómala del Au en los suelos, están reflejando la intensa silicificación de las rocas y refuerzan la idea sobre la extensión por el rumbo NW-SE de la mineralización. Los dominios altos se sitúan a lo largo del lado este del sector y en la esquina NW de la red. Adicionalmente un máximo magnético de forma ovalada se revela inmediatamente al sur de la mineralización que parece reflejar un cuerpo intrusivo enterrado.

Las lecturas con el magnetómetro fueron tomadas con un espaciamiento de 12.5 m a lo largo de las líneas y totalizaron 9.1 Km.

El levantamiento electromagnético de MAXMIN, que está diseñado para detectar conductores con más de 20 % de sulfuros masivos, detectó una gran respuesta en la zona de la anomalía geoquímica principal y de mínimo magnético en las líneas P0 y P100 y débilmente en P200.

Las respuestas conductivas decaen rápidamente según la frecuencia disminuye indicando fuentes someras, lo cual puede explicarse debido a que la mineralización sulfurosa generalmente fina y diseminada, en la profundidad no alcanza la concentración suficiente para ser revelada por este método.

Posiblemente algunas de las respuestas conductivas están reflejando las fallas inferidas de la información magnética.

Este método fue aplicado en ambos sistemas de líneas con estaciones cada 25 m para un total de 8.57 Km.

El levantamiento de polarización inducida se realizó con un espaciamiento de 25 m y usando desde $n=1$ hasta $n=6$. Sus resultados están fuertemente influenciados por las condiciones superficiales, con fuertes respuestas en $n=1$ y localmente en $n=2$, las cuales no continúan en la profundidad. Probablemente esto se deba a que por debajo de las brechas freáticas que alcanzan la superficie, aparece mineralización pirítica muy fina y diseminada, pero dentro de la fase argílica arcillosa y deleznable, cuyo estado no favorece las respuestas positivas de acuerdo con las características de este método que es efectivo en rocas duras con mineralización sulfurosa diseminada.

4. Consideraciones genéticas

La primera característica que distingue a los depósitos de baja sulfuración o adularia sericita de los de alta sulfuración o sulfato ácidos son los grupos o asociaciones minerales

que conforman las alteraciones; existen además muchos otros importantes criterios, pero menos definitivos.

Corbett y Leach, (11) 1995 (figura CR-9) establecieron las diferentes fases de alteración relacionadas con los distintos grupos de asociaciones minerales y con el pH y la temperatura. Incluyen los ambientes de los niveles de profundidad de *pórfidos, skarnes, mesotermales, epitermales, etc.* E. Escobar (21) le superpuso los campos de alteraciones minerales de varias manifestaciones y yacimientos de nuestra región y en general coinciden con los campos minerales establecidos por Corbet. & Leach.

Como puede apreciarse en el esquema, (figura CR-9), Corral de Rojas atendiendo a los aspectos arriba mencionados, con respecto a los yacimientos y manifestaciones del territorio camagüeyano, se ubica en la zona más cercana a la paleosuperficie dentro del rango epitermal, con el desarrollo de dos fases de alteración: la subpropilítica y la argílica, con sus minerales típicos.

En la fase subpropilítica se distinguen en el esquema dentro de El Corral los minerales: clorita, carbonato, smectita, cuarzo y sílice. Además de estas asociaciones que coinciden con las existentes en el sector, también se desarrollan en esta fase, epidota y pequeños cristales euhédricos de pirita.

La fase argílica está representada en el esquema dentro de El Corral por la asociación mineralógica smectita, cuarzo, carbonato, caolín y sílice, coincidente con las existentes en el sector, pero además pueden distinguirse clorita y cristales finos de pirita.

Además de estas dos fases de alteración en el sector Corral de Rojas, asociado con la zona de oxidación tiene lugar una amplia ocurrencia de sílice de reemplazo pervasivo tanto de los fragmentos como del cemento en las tobas lapílicas anfitrionas; en ocasiones se desarrolla calcedonia de aspecto arriñonado. Esta extensa silicificación representa la alteración de tipo jaspes y está en estrecha relación con el fenómeno de brechamiento (brecha freática), reconocido como común en los niveles superiores de los sistemas

geotermales y que tiene lugar en la parte central y más elevada del sector, considerada como zona más interna y de máxima alteración y mineralización.

El reconocimiento de las zonas de alteración con ayuda de la petrografía, unido a una revisión bibliográfica extensa y al criterio de analogía, nos permitió identificar con bastante aproximación la manifestación Corral de Rojas dentro del tipo de yacimiento epitermal de baja sulfidización.

Los yacimientos de baja sulfidización se caracterizan por ser los más comunes y estar asociados a vulcanitas de composición ácida a intermedia. Son formados en sistemas geotermales por fluidos reducidos con un pH próximo a neutro. Estudios isotópicos han mostrado que el fluido hidrotermal en este ambiente de baja sulfidización está dominado por el agua meteórica, pero algunos sistemas contienen agua y gases reactivos (CO_2 , SO_2 , HCl) de origen magmático (Hedenquist and Lowenstein, 1994) (54). Existe evidencia por muchos autores de que la influencia de un componente magmático temprano puede introducir minerales metálicos al sistema.

A través del desarrollo de circuitos convectivos el agua meteórica lixivia las rocas volcánicas y asciende a lo largo de fracturas.(29), (13). Estos fluidos ascendentes desde grandes profundidades se han equilibrado con sus rocas anfitrionas y así se han reducido (22); en la reacción de equilibrio resulta el CO_2 , H_2S y NaCl , siendo los principales componentes de los fluidos; el grado con que ellos se han equilibrado con sus rocas anfitrionas por debajo de la profundidad de la deposición de las menas constituye una gran diferencia entre los fluidos relacionados con los dos estilos de mineralización de alta y baja sulfidización.

Por la ebullición en profundidades someras, se genera un vapor rico en CO_2 y H_2S que puede condensarse cerca de la superficie en la zona vadosa, formando aguas sulfato-ácidas calentadas-vapor desde la oxidación atmosférica del H_2S (56).

En estos yacimientos es característico una zona interna de silicificación y una alteración arcillosa dominante. Los gases escapados a partir de la ebullición pueden originar la alteración argílica en la periferia o superpuesta, a partir de los fluidos profundos. La alteración propilítica es extensa en zonas adyacentes.

La mezcla de fluidos calientes en ascenso con las aguas superficiales frías en descenso, trae consigo la deposición significativa de sílice a bajas temperaturas y de cuarzo a altas temperaturas. También el decrecimiento de la temperatura y la presión trae como resultado la precipitación de la sílice abundantemente contenida en los fluidos. Donde los fluidos hidrotermales alcanzan la superficie se deposita sílice amorfa en forma de sínter silíceo (11).

En El Corral existe un amplio desarrollo de sílice de las variedades jaspe y calcedonia, bordeada por una alteración argílica arcillosa que transiciona a propilítica en la periferia (ver figura CR-10) como se ha descrito más arriba, que es característico de los sistemas de baja sulfuración.

Los minerales de ganga asociados con los dos estilos de epitermal muestran considerable solape, pero existen claras diferencias. El cuarzo es común en ambos estilos; la adularia y la calcita indican pH próximo a neutro. En el tipo de baja sulfuración la alunita no ocurre como un mineral hipógeno y la caolinita hipógena es rara. Son claves la sericita o illita, más o menos adularia y a veces clorita. También se destacan la calcedonia, los carbonatos, y la calcita (56).

Los minerales metálicos claves en los yacimientos de baja sulfidización son: pirita, esfalerita, galena, electrum, oro, arsenopirita, argentita y calcopirita. La mejor distinción es la común ocurrencia de arsenopirita y esfalerita. La enargita y luzonita incluyendo tenantita y tetrahedrita son relativamente raras o están ausentes. La pirita es ubiquitaria, se encuentra abundantemente en ambos estilos, por lo que no es indicadora de alta o baja sulfuración.

En el sector investigado son bien distinguibles partes de las asociaciones minerales antes mencionadas, son frecuentes la sílice calcedónica, jaspe, los carbonatos, calcita, clorita y el cuarzo. Debido al insuficiente estudio mineralógico la sericita y adularia no han sido determinadas. Entre los metálicos se revelan la arsenopirita, pirita, subordinadamente calcopirita y oro visible macroscópicamente.

Los metales predominantes en los yacimientos de baja sulfuración son Au, Ag, Zn, Pb, Cu; localmente pueden estar presentes Sb, As, Hg, Se, Mo y Te. (56).

En los ambientes epitermales la característica de los fluidos cambia significativamente en cortos intervalos de profundidad y esto es reflejado en las zonaciones de metales bases transicionando a metales preciosos y a zonas superficiales de mercurio (11).

En la manifestación aurífera Corral de Rojas está bien representado el desarrollo de un halo geoquímico de oro, antimonio, arsénico y mercurio, lo cual está bien expresado en un enriquecimiento en suelos de estos elementos, corroborando su continuidad en la profundidad con perforaciones y revelando la alta perspectiva de este sector.

Está ampliamente aceptado que las brechas freáticas son comunes en los niveles someros epitermales de los sistemas geotermales en etapas tardías. Son formadas por el calentamiento magmático y la expansión de los fluidos meteóricos en los poros de la roca, en la que los disturbios tectónicos pueden jugar un gran papel.

Los trabajos de un gran número de autores han conducido a un buen entendimiento del probable mecanismo del brechamiento freático asociado con depósitos epitermales de metales preciosos (48). El brechamiento parece que está generalmente dependiendo de un aumento hacia arriba de la presión hidrostática por debajo de una barrera local de baja permeabilidad. La permeabilidad es comúnmente reducida por el autosellamiento, como respuesta a una precipitación de la sílice u otros compuestos por el enfriamiento de los fluidos en su acercamiento a la superficie. De aquí es la amplia ocurrencia de la

silicificación en y alrededor de las brechas hidrotermales y la presencia de clastos silicificados y carbonatizados.

El incremento de la presión hidrostática puede deberse al ascenso de las soluciones o gases o a la trasmisión de la presión de los fluidos más profundos a la barrera, a través de una capa compresiva de gas que se separa y acumula durante la ebullición.

La caída de la presión al producirse la ruptura del sello (la cual probablemente sea episódica en la mayoría de los ambientes epitermales) y la ebullición y los cambios químicos acompañantes al brechamiento pueden provocar la precipitación de los metales preciosos.

La característica dominante que distingue las brechas epitermales de la mayoría de las brechas magmáticas-hidrotermales es la amplia ocurrencia de cuarzo, de reemplazo pervasivo tanto del cemento como de los fragmentos, es muy común la calcedonia y este proceso de silicificación extensa está en estrecha relación con el brechamiento (48).

En "El Corral" los fragmentos de las brechas están totalmente sustituidos por óxidos de hierro, sílice y cuarzo y en el menor de los casos por caolín; el cemento en ocasiones se acompaña de sulfuros y está compuesto por sílice de la variedad jaspe y calcedonia, mezclada con hematita y por cuarzo microgranoblástico fino reemplazando los fragmentos y en vetillas finas que se entrecruzan y desplazan entre sí, lo cual indica los antiguos conductos de ascensión de los fluidos, típicos de reiterados procesos de relleno y posterior explosión.

Según Sillitoe (48) el entendimiento del mecanismo de brechamiento e incluso para la clasificación de las brechas es la combinación de los datos de observación en las mismas, con el estudio de inclusiones fluidas y en particular de isótopos estables en las alteraciones y mineralizaciones que contienen; pero este método está casi fuera del alcance de los geólogos cubanos, de manera que hemos identificado el interesante fenómeno del brechamiento y la mineralización que lo acompaña, basado sólo en observaciones de campo

y en descripciones petrográficas, conjugado con la lectura de la literatura a nuestro alcance sobre brechas relacionadas con menas.

Existe una amplia clasificación genética de las brechas relacionadas con menas que tiende a confundir más bien que a aclarar.

Una clasificación más completa es la ofrecida por R. H. Sillitoe 1985, (48), basado no solamente en las características de las brechas sino también en el ambiente general del brechamiento y en las condiciones de deposición de las menas acompañantes:

- ◆ Brechas hidrotermales-magmáticas: relacionadas con pipas asociadas a intrusiones y con depósitos tipo pórfiros.
- ◆ Brechas hidromagmáticas: se subdividen en Brechas freáticas y Brechas freatomagmáticas.
 - Brechas freáticas: relacionadas con depósitos epitermales de metales preciosos y más o menos base, con tipo pórfiros y otros depósitos asociados con intrusiones y con sulfuros masivos tipo Kuroko.
 - Brechas freatomagmáticas: se asocian a tipo pórfiros y otros depósitos epitermales de metales preciosos (base).
- ◆ Brechas magmáticas volcánicas: se asocian a tipo pórfiros y otros depósitos de metales bases y preciosos.
- ◆ Brechas de intrusión: Cualquier depósito relacionado con intrusiones.
- ◆ Brechas tectónicas: Cualquier tipo de depósito mineral.

De acuerdo con esta clasificación y con el mecanismo de formación de las brechas, somos de la opinión de que las brechas existentes en la manifestación aurífera Corral de Rojas son de naturaleza freática. Esta clasificación es la más adecuada a las condiciones específicas del sector, pues en ella interviene el calentamiento magmático provocado por una fuente bastante alejada como sucede en nuestra área de estudio y los fluidos meteóricos que son dominantes en los sistemas epitermales de baja sulfidización, a los que consideramos pertenece la mineralización de esta área.

En la formación de los restantes tipos de brechas participan los fluidos magmáticos y esto es menos posible que haya tenido lugar en nuestra área debido a que como fue explicado en el capítulo de tectónica y magmatismo las rocas intrusivas no afloran en el sector ni fueron cortadas por las perforaciones realizadas en el mismo o en sus cercanías, por lo que deben estar emplazadas a grandes profundidades como indica la existencia del **Sistema Axial Secundario** en el que se ubica la manifestación Corral de Rojas en la prolongación de la **línea Guáimaro-La Purísima**, (20), recientemente denominado **Cinturón Magmato-Metalogénico Vertientes-Jobabo** (35) de dirección paralela al rumbo cubano NW-SE y del cual se conocen algunos afloramientos bastante distantes, fuera de los límites del sector. Dicho sistema ha sido interpretado por los diferentes campos físicos, aparejado al marco geólogo-estructural y presenta potencialidad menífera demostrada en otras manifestaciones y yacimientos que se emplazan en él.

Consideramos que las rocas intrusivas yacen a un nivel muy profundo y son responsables del calentamiento magmático y de la emisión de vapores que provocó el brechamiento (asociado con la expansión de los fluidos meteóricos y los disturbios tectónicos) y las restantes alteraciones de este sistema epitermal.

Al parecer en la manifestación aurífera Corral de Rojas, la zona de brecha dentro de los jaspes, emplazada hasta los 23.15 m de profundidad y los jaspes que ocupan áreas de relieve más bajo, son circundados lateralmente y en la profundidad por la fase argílica que gradualmente transiciona a la propilítica, que a su vez contacta con la roca fresca, distinguiéndose así una sucesión de zonas de alteración, probablemente de forma circular, con núcleo en la parte central y más elevada del sector, donde se desarrollan las brechas freáticas. Ver figura CR-10.

La zona de falla interpretada de la geofísica, de la geología, de la dirección de las anomalías geoquímicas de suelo y de la forma elongada de la zona mineralizada, sugiere un control tectónico de la mineralización posiblemente vinculada con el cuarto sistema tectónico

reconocido (21) de dirección N40°W, con un origen de expansión, que caracteriza a las zonas de fallas rellenas por cuarzo.

Criterio de Analogía

Corral de Rojas tiene características muy similares al yacimiento epitermal de baja sulfidización o cuarzo adularia "Jacinto", al norte del macizo intrusivo Sibanicú-Las Tunas. En el esquema de Leach y Corbett se ubican muy cercanos, uno inmediatamente debajo del otro, Jacinto más distante de la superficie, indicando un menor nivel de erosión.

El yacimiento Jacinto presenta cinco cuerpos minerales en forma de vetas denominadas Beatriz, Elena, Elena Sur, El limón y La Ceiba, que mantienen un rumbo de alrededor de N40°W y otro subordinado de aproximadamente N65°W, con una inclinación subvertical.

Está compuesto por vetas de cuarzo, calcita con sulfuros de cobre, pirita, galena, esfalerita y oro (en la veta Beatriz en el rango de 1.44 a 13.16 g/ton). Sus zonas de alteración contienen cuarzo, adularia, calcita, sericita, illita, clorita, etc, y están asociadas a rocas de composición media de la formación Camujiro.

Con características bastante semejante en la manifestación Corral de Rojas las zonas de alteración también asociadas a rocas de composición media de la formación Camujiro, están representadas por sílice, cuarzo, carbonato, caolín, clorita, smectita, epidota y por mineralización metálica de oro, pirita, arsenopirita y menos calcopirita.

El cuerpo mineral que se desarrolla dentro de la fase argílica también tiene forma de vetas desde 1.0-12.0 m aproximadamente de espesor y un buzamiento de ángulo alto >70° hacia el SW.

La siguiente tabla N°.3 resume un análisis realizado en yacimientos y manifestaciones minerales del territorio Camagüeyano sobre las direcciones principales de las zonas mineralizadas, tanto en las vetas como en aquellas áreas representadas por estructuras

anulares, enclavadas en una zona tectónica regional. Fue realizada por E. Escobar de la ONRM, 2000, (21) y ha sido modificada en este trabajo usando las dos formas de denominación de los Sistemas Tectónicos (35) para una mejor comprensión.

Tabla N°. 3

OBJETIVO	DIRECCION ZONA MINERALI- ZADA	DIRECCION TECTONICA REGIONAL	SISTEMA TECTONICO CON DIFERENTE DENOMINACION	
Jagüey	N80°W	N70°W	Eje Axial cubano	Cinturón Cubano Axial
La Mina	N80°W	N70°W	Eje Axial cubano	Cinturón Cubano Axial
Pilar-San Nicolás	N45°E	N70°W	De expansión en Eje Axial Cubano	De expansión en Cinturón Cubano Axial
Georgina	N10°E	Borde estructura circular	Eje Axial secundario	Vertientes Jobabo
Iron Hill	N10°E	Borde estructura circular	Eje Axial secundario	Vertientes Jobabo
Maclama	N20°E	Borde estructura circular	Eje Axial secundario	Vertientes Jobabo
Florencia	N30°E	N70°E	Eje Axial secundario	Yaya-Guáimaro Golden Hill

OBJETIVO	DIRECCION ZONA MINERALI- ZADA	DIRECCION TECTONICA REGIONAL	SISTEMA TECTONICO CON DIFERENTE DENOMINACION	
Urabo Ponzezuela	?	N 20° W	Contacto tectónico entre placas	Contacto tectónico entre placas
Caridad	N50°E	N70°W	Eje Axial cubano	Cinturón Cubano Axial
Beatriz	N40°W	N70°W	De expansión en Eje Axial Cubano	De expansión en Cinturón Cubano Axial
Bustillo	N44°W	Borde estructura circular	De expansión en Eje Axial secundario	De expansión en Vertientes Jobabo
Corral de Rojas	N50°W	N70°W	De expansión en Eje Axial secundario	De expansión en Vertientes Jobabo
Golden Hill	N80°W	N70°W	Eje Axial secundario	Yaya-Guáimaro Golden Hill

Como puede observarse en la tabla la dirección de la veta Beatriz del depósito Jacinto y de la zona mineralizada que también forma vetas Corral de Rojas son muy semejantes y teniendo en cuenta que la orientación de las vetas en depósitos epitermales refleja a gran escala controles tectónicos (Price et al.) (52), podemos considerar que ambos cuerpos minerales deben haberse formado en un régimen tectónico de expansión (ver figura CR-15) (como fue descrito antes en capítulo 3.2.1 tectónica), común a la mayoría de los depósitos epitermales en ambientes de arco, posiblemente relacionados con el proceso de subducción (52).

Consideramos que las zonas mineralizadas tanto en Jacinto como en El Corral, con direcciones N40°W y N50°W respectivamente, están vinculadas con el cuarto sistema (21) tectónico de rumbo N40°W de origen de expansión antes mencionado, (ver figura CR-15).

Las manifestaciones Bustillo y Pilar-San Nicolás también presentan dirección similar a las zonas mineralizadas Jacinto y Corral de Rojas, pero no están claras las cuestiones relacionadas con su génesis y otros aspectos. En el caso de Bustillo son vetas de 0.10 m de espesor con cuarzo y calcita y contenidos de oro de 10-100 g/ton. en lavas en almohadillas. Las zonas El Pilar y San Nicolás presentan rocas de alteración en las facies cuarzo-sericita, cuarzo-alunita-sericita y cuarzo-clorita con piritita y calcopiritita ?, con un contenido promedio de oro mayor de 1.0 g/ton.

Por las características antes mencionadas del estilo del trabajo en asociaciones, Corral de Rojas no cuenta con un buen estudio mineralógico, no se han podido definir la adularia o la sericita típicas de los yacimientos de baja sulfidización; pero en esencia, es bastante semejante al depósito Jacinto (que constituye uno de los sistemas epitermales de baja sulfidización mejor estudiados (52)), en cuanto a las alteraciones y asociaciones minerales presentes, morfología de vetas de los cuerpos minerales, (aunque en Jacinto predomina la composición de cuarzo en las vetas), ambiente geológico y estructural de deposición; por lo que por analogía con Jacinto podemos inferir el mismo origen para la mineralización aurífera descubierta en el sector Corral de Rojas.

5. Posibilidades meníferas de la manifestación.

Evaluación de recursos

La compañía Siboney Goldfields S.A. no realizó ninguna evaluación de los recursos minerales, presumiblemente al darse cuenta que la manifestación encontrada no era de grandes dimensiones, que era lo que ellos esperaban encontrar. No obstante, para Cuba pequeños yacimientos como estos pueden servir como mineral complementario de otros,

ese es el caso de Corral de Rojas el cual podría servir como mineral aditivo cuando se comience la producción del Yacimiento aurífero de Golden Hill.

E. Escobar de la O N R M, (15) basándose en los datos de la Siboney procesó estos materiales dando una evaluación de Recursos Inferidos, así como se confeccionó una serie de figuras que presentamos en este trabajo.

La evaluación de Recursos inferidos estuvo motivada, fundamentalmente, por la serie de dudas que existen al quedar abiertos ambos flancos de la Manifestación así como en profundidad por su buzamiento. El trabajo de evaluación, al no estar apoyado en un trabajo de Prospección en los alrededores de Corral de Rojas, deja grandes incertidumbres en su perspectiva.

Los Recursos ascienden a uno 400 Kg. Esto fue calculado de forma muy conservadora, al tener en consideración que en el flanco NW no se delimitó la mineralización, aunque la misma tiende a disminuir en esa dirección, tanto por su potencia como por su contenido. En el flanco SE no está delimitado el cuerpo mineral, a pesar de que presenta potencias y contenidos de oro apreciables, los mayores que se localizaron (ver figura CR-7), lo mismo sucede en profundidad por el buzamiento.

Fue una lástima que no continuara la perforación, al menos en el flanco SE por debajo de las capas de caliza hacia donde se pensaba se extendía la mineralización. Las calizas son de supuesta edad Piragua, probablemente más jóvenes que la mineralización.

Como se expresó anteriormente pensamos que esta mineralización es de carácter Epitermal (baja sulfidización) aunque al parecer con un nivel de erosión medio, (ver las figuras CR-12, 13 y 14), no aparecen las zonas típicas de mineralización cercana a la paleosuperficie.

Si la mineralización continuara en el flanco SE, así como en profundidad, los Recursos duplicarían sus volúmenes.

El método empleado en la evaluación fue el de **Perfiles Paralelos**, considerando solamente 3 perfiles los No. I, II, III. La extrapolación fue de 20 m de distancia, tanto al NW del perfil III, como 20 m al SE del perfil I.

Tanto por los planos de niveles (no se presentan en este trabajo) de las cotas 50-30 y 10 m. s.n.m., así como por las proyecciones longitudinales NW-SE (E-700), (ver las figuras CR-12, 13 y 14), se puede inferir que al menos los cuerpos 1 y 2 presentan un eje con una declinación (Pitch) hacia el SE y con una inclinación de 60 grados, lo cual abre las posibilidades de verificar esta suposición con un mínimo de trabajos.

En los informes realizados en 1996 y 1997 por Minería Siboney se utilizaron coordenadas arbitrarias y los perfiles fueron realizados en diferentes escalas, lo cual complicó bastante la realización de el trabajo, no obstante el error no es de consideración. Presentamos los perfiles en una sola escala, así como en el sistema de coordenadas Lambert.

La división de la zona mineral en los cuerpos No. 1, 2, 3, 4, tendió a facilitar el cálculo de los Recursos en el momento de correlacionar las zonas auríferas.

A continuación presentamos la tabla con un resumen de los recursos.

No. Cuerpo	P.V.	Reservas menas Toneladas	Contenido bloques g/ t	Kilogramos de oro
1a	2.00	85 887	1.60	137.98
1b	2.00	63 080	1.11	75.02
2a	2.00	27 560	0.67	18.53
2b	2.00	36 480	2.13	77.80
3a	2.00	25 160	1.44	36.36
3b	2.00	20 360	0.88	7.87
4a	2.00	24 200	0.60	14.29
4b	2.00	15 000	0.61	9.11
Total		297 827 ton	1.32	387.00

6. Conclusiones

1. El reconocimiento de las zonas de alteración basado en las observaciones de campo realizadas por la autora de este trabajo y por otros colegas en 1995, durante las labores con la A.E.I. Minería Siboney Goldfields S.E.A-Geominera S.A, combinado con estudios petrográficos, con una revisión bibliográfica extensa y con la aplicación del criterio de analogía, nos permitió identificar de manera preliminar la manifestación aurífera Corral de Rojas dentro del tipo de yacimiento epitermal de baja sulfidización.
2. Se realizó una caracterización detallada geólogo-geoquímica de la manifestación, apoyado en los datos reales de las documentaciones de afloramientos y de testigos de perforación, así como del muestreo geoquímico y de los resultados analíticos de los pozos. Además se han aportado nuevos conocimientos sobre la tectónica del territorio.
3. Los Recursos inferidos de uno 400 Kg fueron calculados de forma muy conservadora, teniendo en consideración que la mineralización no está delimitada en sus flancos NW y SE, ni en profundidad por el buzamiento.
4. Por lo antes expuesto consideramos que la manifestación aurífera Corral de Rojas presenta un gran potencial metalífero que sería conveniente definir, aplicando la metodología de trabajo propuesta en las recomendaciones.
5. De acuerdo con los resultados hasta aquí obtenidos la mineralización aurífera Corral de Rojas pudiera servir como complemento cuando se comience el procesamiento de las menas oxidadas del Yacimiento aurífero de Golden Hill.
- 6- El incremento del conocimiento geólogo-geoquímico-genético y de la potencialidad metalífera en el sector, fomentará la continuidad trabajos de exploración mejores encaminados.

7. Recomendaciones:

Las manifestaciones auríferas de estas tres provincias son habituales y fueron reveladas principalmente por los trabajos geológicos de Prospección en los últimos 10 años. De acuerdo con la experiencia acumulada pensamos que los puntos a tener en cuenta para ulteriores investigaciones en ‘‘El Corral’’ son los siguientes:

1. Sería conveniente haciendo centro en Corral de Rojas, realizar trabajos de Prospección en un área de unos 10-15 Km², empleando métodos de avance de geofísica tales como polarización inducida, max min, magnetometría, radiometría etc; geoquímica de suelo y de aureolas primarias y mapeo geológico buscando principalmente las zonas de alteración y estructuras tectónicas.
2. Continuar perforando en el flanco SE de Corral de Rojas y por debajo de la capa de caliza que se encuentra al SE de la manifestación, según la figura CR-12 con lo cual se delimitaría la perspectividad inmediata del Sector.
3. Es necesario hacer hincapié en las estructuras con dirección N40-50°W de Corral de Rojas, que al parecer coinciden con la dirección de los Yacimientos de Elena, Beatriz etc. al norte del macizo intrusivo Sibanicú-Las Tunas.
4. Es necesario realizar un desciframiento fotogeológico, tratando en primer lugar de encontrar la dirección regional del Eje Magmático Secundario (N70°W) de La Purísima-Golden Hill-La Unión o el Cinturón magmático Vertientes-Jobabo y dentro de esta estructura, localizar las alineaciones con un Azimut N40-50°W.
5. En el mapeo geológico localizar las zonas de alteración, principalmente con sílice y cuarzo.

6. Con los resultados de los trabajos de Prospección en los 10-15 km² revisar las anomalías de Au, Ag, As, Hg, Sb, Zn, Pb, Cu, Te, Se y Mo con laboreos superficiales o pozos de mapeo.

7. Comprobar los resultados de los trabajos de Geofísica de Prospección, con muestreo Geoquímico de suelo y para aureolas primarias.

Bibliografía

- 1 Alemán I. , Donet P., Lamas M., Barroso A.. et al. Informe sobre la Prospección Preliminar y Detallada de oro en el sector Jobabo, 1994.
- 2 Alonso J., A. Rodríguez. Criterios sobre la posible presencia de Oro Epitermal en las provincias de Ciego de Avila de Ciego-Las Tunas, 1992,
- 3 Arribas A. Characteristics of High-Sulfidation Epithermal Deposits, and their relation to magmatic fluids.
- 4 Berger B.R., Henley R.W. Advances in the Understanding of Epithermal Gold-Silver Deposits, with Special Reference to the Western Unites States.
- 5 Bonham, H.F. Bulk Mineable Gold Deposits of the Western United States. Nevada Bureau of Mines. University of Nevada.
- 6 Botrill T. Geology, Mineralization and Exploration Program of our mineral Concesión in Cuba, 1996
- 7 Buchanan L. J. Precious Metals Deposits Associated with Volcanic Environments in the Southwest Arizona. Geological Society. Digest, 14, 237-262, 1981.
- 8 Colectivo de autores. Base de Datos Magnética de Minería Siboney S.A, 1997
- 9 Colectivo de autores. Base de Datos Magnética de la KWG, 1999
- 10 Colectivo de autores. Informe de la prospección regional en la concesión Vertientes-Najasa, A.E.I. Minería Siboney Goldfields S.E.A-Geominera S.A, 1997.
- 11 Corbertt G.J., Leach T.M. S. W. Pacific Rim Au/Cu Systems: Structure, Alteration, & Mineralization. Vancouver Canada, 1995.
- 12 Díaz Martínez R. Introducción al estudio de los Depósitos de Oro. Curso de Post-grado, ISMM. Facultad de Minería y Geología. Dpto. Geología, 2000.
- 13 Díaz Martínez R. Curso de Post-grado sobre procesos de alteración. ISMM. Facultad de Minería y Geología. Dpto. Geología, 1999.
- 14 Draper G., Barroso. J. A. Caribbean Geology: An Introduccion ."CUBA", Florida International University, 1990
- 15 Escobar E. Área Reservada Corral de Rojas. ONRM, 2001.
- 16 Escobar E. Área Reservada Yacimiento El Pilar Gaspar.ONRM, 2001.

- 17 Escobar E. Recálculo de Recursos del Yacimiento Little Golden Hill. Documento enviado a ONRM, Macdonald LTD, 1999.
- 18 Escobar E., Roque F. Informe sobre la Prospección Preliminar y Detallada de Vidot-Siboney para minerales metálicos, no-metálicos y preciosos, 1987
- 19 Escobar E., Roque F. Cuarzitas Secundarias, fuentes de materias primas metálicas y no-metálicas en las provincias de Ciego de Avila-Camaguey-Las Tunas, 1989
- 20 Escobar E., Roque F., Marí T. Modelo de Mineralización “Cupro- Porfírica con oro diseminado” en la region Vidot-Siboney, Camaguey, 1990
- 21 Escobar, E. Características de los sistemas hidrotemales de oro y cobre en las provincias de Ciego de Avila, Camagüey, Las Tunas. ONRM, 2000.
- 22 Giggenbach W. F. Magma degassing and mineral deposition in hydrothermal systems along convergent plate boundaries. *Economic Geology*, V. 87, 1992.
- 23 Hayba D.O., Bethke P.M., Heald P., Foley N.K. Geologic, Mineralogic, and Geochemical characteristics of volcanic-hosted Epithermal Precious Ore Deposits.
- 24 Hedenquist J., Izawa Eiji, Arribas A., White. N. C. Characteristics of Epithermal gold deposits , *Resource Geology Special Publication*, 1, 1996.
- 25 Iturralde M. Estudios sobre Geología de Cuba, 1997.
- 26 Iturralde M. Ofiolitas y Arcos Volcánicos de Cuba, 1996
- 27 Iturralde M., Wolf D. et al. Informe final de los Trabajos del Levantamiento Geológico Complejo a escala 1:50000 en la region III Camaguey, 1985
- 28 Johnson Ian and Weaster Blaine, JVX Ltd. Time Domain Spectral IP Results from three Gold Deposits in northern Saskatchewan.
- 29 Lavandero R. M y Chávez A. G. Premisas geológicas para la detección de yacimientos del tipo epitermal de metales preciosos en la República de Cuba.
- 30 Matl, H.W. Informe sobre los trabajos de prospección realizados en las provincias de las Villas y Camagüey, para cobre, oro, pirita, limonita, bauxitas etc. 1967.

- 31 Melling D. Summary Report on 1994-95 Exploration Activities, Florencia Sector, Macdonald Mines-Geominera S.A.
- 32 Mitchell A.H.G. Andesitic arcs, epithermal gold and porphyry type mineralization in the Western Pacific and Eastern Europe. Trans. Institution of Mining and Metallurgy. Sect. B, pp B125-B138, 1992.
- 33 Ovchinikov V. Informe sobre los resultados de las Búsquedas Orientativas escala 1: 25000 y Busqueda Detallada escala 1: 10000, para oro, cobre, molibdeno, etc. en la región Marti-Bartle-Las Tunas, 1981
- 34 Panteleyev A. Epithermal Au-Ag: Low Sulphidation, British Columbia Geological Survey, 1996.
- 35 Pérez E., Pimentel H., Pardo M., Lugo R. Interpretación Tectónico-Estructural en Base de los Datos Geofísicos de las Provincias de Ciego, Camagüey, Las Tunas. IGP, Geominera Camagüey, 1998.
- 36 Perez E., Lugo Aragón R., Lugo Primelles R., Barroso A., Escobar, E. Informe sobre los Trabajos Regionales de Reconocimiento Inicial en la Concesión Florencia - Jobabo, Macdonald Mines- Geominera S.A., 1997
- 37 Pimentel H., Escobar E., Barroso A., Alonso J. XIII Conferencia Geologica del Caribe. Caracterizacion Geologo-Geofisica de la mineralizacion metalica del Arco Insular Cretasico y el Cinturon Ofiolitico de Cuba, Centro Oriental, 1993.
- 38 Piñero E. y otros Principales resultados de la Prospección Geológica del Poligono III, 1992.
- 39 Rodrigues Catalá A. Informe sobre los Trabajos de Búsqueda Detallada de minerales polimetálicos en la region Guaimaro-Las Tunas, 1990
- 40 Shevchenko I., Frolov V., Laverov Y., Dovnia A., Lugo R. Informe Final de los Trabajos de Levantamiento Geologico de las provincias de Las Tunas y Camaguey, 1976
- 41 Silberman M., Berger B. Relationship of Trace Elements Patterns to Alteration and Morphology in Epithermal Precious - Metal Deposits, 1987.
- 42 Sillitoe R. H Comments on exploration of the Golden Hill Gold-Copper Prospect, Cuba. May, 1996.
- 43 Sillitoe R. H Erosion and Collapse of Volcanoes: Causes of telescoping in Intrusion-Centered ore deposits, Geology. Vol 22, 1994.
- 44 Sillitoe R. H Magma, Fluids and Ore Deposits. Short Course, Vol.23, M.A.C. 1995.

- 45 Sillitoe R. H Gold Rich Porphyry Copper Deposits: Geological Model Exploration Implications, 1992.
- 46 Sillitoe R. H Epithermal Models: Genetic Types, Geological Controls and Shallow Features. Mineral Deposits Modelings, GAC.
- 47 Sillitoe R. H Magmatic Contributions to seafloor Deposits: Exploration Implications of a High Sulfidation VMS enviroment. MDRV University of British Columbia.
- 48 Sillitoe R. H Ore related Breccias in volcanoplutonic Arcs. Economic Geology, vol 80, 1985.
- 49 Sillitoe R. H, Bonham Jr.H.F. Volcanics Landforms and ore deposits. Economic Geology, vol.79, 1984.
- 50 Sillitoe R. H. Style of Low Grade Gold Mineralization in Volcano-Plutonic Arc. 1984
- 51 Sillitoe R.H. Giant and Bonanza Gold Deposits in the epithermal environment: Assessment of Potential Genetic Factors. SEG, Special Paper –2, Giant Ore Deposits, 1994
- 52 Simon G., Kesler S.E., Rusell N., Hall C.K., Bell D., Piñeiro E. Epithermal Gold Mineralization in Old Volvcanic Arc.The Jacinto Deposit, Camaguey District, Cuba. Economic Geology. Vol.94/1997.
- 53 Tchounev B., Iturralde M., et al. Informe de los trabajos de Levantamiento Geológico de la Provincia de Camaguey, A.C.de Cuba y A.C. de Bulgaria, 1980
- 54 Velinov I., Gorova M., Tchounev P. Secondary Quartzites developed after Cretaceos volcanics from Zaza Zone, Cuba, 1993.
- 55 Watkins J., Melling D. Informe sobre la Prospección de la Región Florencia-Jobabo de los años 1994-95 y 1996-97. The Golden Hill Exploration Area, Macdonald Mines Exploration - Geominera S.A.
- 56 White N.C., Hedenquist J. W. Epithermal Gold Deposits: Styles, CHaracteristics and Exploration. Society of Economic Geologists, 1995.
- 57 Zhestakanova V., Chaly V. Informe sobre los trabajos de Búsqueda y Exploración realizados en los años 1964/65 en los yacimientos auríferos de la zona de Guaimaro, Camagüey y Jobabo en la provincia de Oriente.