

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

### **COMPILACIÓN DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA Y MINERALÓGICA DEL SECTOR SUPAMO-PARAPAPOY, ESTADO BOLÍVAR, Y COMPARACIÓN CON MODELOS ESTRUCTURALES DE DEPÓSITOS AURÍFEROS.**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por los Brs. González G Jean C.,  
Nicholls R Douglas A.  
Para optar al Título de  
Ingenieros Geólogos

Caracas, Junio de 2008

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

### **COMPILACIÓN DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA Y MINERALÓGICA DEL SECTOR SUPAMO-PARAPAPOY, ESTADO BOLÍVAR, Y COMPARACIÓN CON MODELOS ESTRUCTURALES DE DEPÓSITOS AURÍFEROS.**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Ricardo Alezones

CO-TUTOR ACADÉMICO: Prof. Ruthman Hurtado

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Jesús Guerrero

CO-TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Ángel Medina

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por los Brs. González G Jean C.,  
Nicholls R Douglas A.  
Para optar al Título de  
Ingenieros Geólogos

Caracas, Junio de 2008

**González G Jean C.,  
Nicholls R Douglas A**

**COMPILACIÓN DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA Y  
MINERALÓGICA DEL SECTOR SUPAMO-PARAPAPOY,  
ESTADO BOLÍVAR, Y COMPARACIÓN CON MODELOS  
ESTRUCTURALES DE DEPÓSITOS AURÍFEROS.**

**Tutor Académico: Prof. Ricardo Alezones. Tutor Industrial: Ing. Jesús Guerrero.  
Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Geológica.  
Año 2008, 103 p.**

**Palabras Claves:** Mineralización aurífera, Supamo-Parapapoy

**RESUMEN:** El siguiente trabajo tiene como objetivo obtener un cúmulo de información, que serán los primeros pasos en alcanzar un mayor grado de estudio tanto geológico como geoquímico en el área, para encaminar trabajos de exploración hacia áreas más prospectivas. La metodología usada durante la ejecución fue dividida en tres fases: compilación y análisis de información bibliográfica. Fotointerpretación por medio de sensores remotos para definir patrones estructurales y de drenajes, también unidades geológicas. Etapa de campo, cartografía por picas, toma de muestras (suelo y rocas) y toma de datos estructurales. Finalmente se procesaron las muestras a través de análisis de laboratorio (Petrografía, Minerografía, análisis de ICP y DRX). Los resultados permitieron obtener una analogía con el modelo descriptivo de oro laterítico de Gregory E. Mckelvey, y a pesar de no contar con la totalidad de los resultados químicos de Au, existen grandes perspectivas de encontrar un deposito tipo Mother Lode, que son vetas de cuarzo con pocos sulfuros. Se tiene una gran extensión en el área, cubierta por lateritas, donde se puede esperar un volumen apreciable de oro (Au). La presencia de titanio (Ti) y vanadio (V), permiten aseverar la existencia de mineralizaciones de Oro (Au), estos elementos son indicadores de estas mineralizaciones. Se encuentran asociadas a zonas de falla, de grandes longitudes, y direcciones de quebradas.

## TABLA DE CONTENIDO

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| CAPÍTULO 1 .....                             | ¡Error! Marcador no definido. |
| 1.- GENERALIDADES .....                      | 1                             |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....         | 3                             |
| 1.2.- IMPORTANCIA DEL TRABAJO Y APORTES..... | 4                             |
| 1.3.- OBJETIVOS .....                        | 4                             |
| 1.3.1- OBJETIVO GENERAL.....                 | 4                             |
| 1.3.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....           | 4                             |
| 1.4.- UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....  | 5                             |
| 1.5.- VÍAS DE ACCESO .....                   | 6                             |
| 1.6.- TRABAJOS PREVIOS.....                  | 7                             |
| CAPITULO 2 .....                             | ¡Error! Marcador no definido. |
| 2.- FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y METODOLOGÍA.....  | 10                            |
| 2.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....              | 10                            |
| 2.2. METODOLOGÍA .....                       | 28                            |
| 2.2.1- TRABAJO PREVIO A CAMPO .....          | 30                            |
| 2.2.2.- TRABAJO DE CAMPO .....               | 30                            |
| 2.2.3-TRABAJO DE LABORATORIO.....            | 34                            |
| 2.2.3.1.- TRATAMIENTO FÍSICO .....           | 35                            |
| 2.2.3.2.- TRATAMIENTO QUÍMICO .....          | 35                            |
| 2.2.3.3.- ANÁLISIS ELEMENTAL.....            | 36                            |
| CAPÍTULO 3 .....                             | ¡Error! Marcador no definido. |
| 3.- GEOGRAFÍA FÍSICA.....                    | 39                            |
| 3.1.- GEOMORFOLOGÍA.....                     | 39                            |
| 3.2.- SUELOS .....                           | 39                            |
| 3.3.- CLIMATOLOGÍA.....                      | 40                            |
| 3.3.1.- PRECIPITACIÓN.....                   | 40                            |
| 3.3.2.- EVAPORACIÓN.....                     | 40                            |
| 3.3.3.- TEMPERATURA .....                    | 40                            |
| 3.3.4.- RADIACIÓN SOLAR .....                | 40                            |
| 3.3.5.- INSOLACIÓN .....                     | 40                            |
| 3.3.6.- VIENTOS .....                        | 41                            |
| 3.3.7.- HUMEDAD RELATIVA .....               | 41                            |
| 3.4.- CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA .....          | 41                            |
| 3.5.- HIDROGRAFÍA .....                      | 41                            |

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| 3.6.- VEGETACIÓN.....   | 41                                   |
| CAPÍTULO 4 .....  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| 4.-GEOLOGÍA REGIONAL DE LA ZONA DE ESTUDIO.....   | 43                                   |
| 4.1.- PROVINCIA PASTORA: CRV-TTG .....  | 43                                   |
| 4.2.- COMPLEJO DE SUPAMO .....  | 46                                   |
| 4.3.- PROVINCIA GEOLÓGICA RORAIMA .....   | 47                                   |
| 4.3.1.- AMBIENTES DE DEPOSITACIÓN Y EDAD.....   | 49                                   |
| CAPÍTULO 5.....   | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| 5.- CARACTERÍSTICAS GEOFÍSICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO .....  | 52                                   |
| 5.1.- CARACTERIZACIÓN DE ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS POR MEDIOS DE DATOS<br>GEOMAGNÉTICOS .....                                | 56                                   |
| CAPÍTULO 6.....   | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| 6.- GEOLOGÍA LOCAL.....   | 57                                   |
| 6.1.- GRUPO CARICHAPO SIN DIFERENCIAR .....   | 57                                   |
| 6.2.- PROVINCIA RORAIMA .....   | 59                                   |
| CAPÍTULO 7 .....  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| 7.1- RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....   | 60                                   |
| 7.1.1.- PETROGRAFÍA .....   | 60                                   |
| 7.1.2.- MINERAGRAFÍA .....  | 64                                   |
| 7.1.3.- DIFRACCIÓN DE RAYOS X (DRX).....  | 70                                   |
| 7.1.4.- FLUORESCENCIA DE RAYOS X (FRX).....   | 72                                   |
| 7.1.5- ANÁLISIS DE ICP-OES .....  | 73                                   |
| 7.1.5.1.- CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.....  | 73                                   |
| 7.1.5.2- ANÁLISIS QUÍMICO .....   | 73                                   |
| 7.1.5.3.- ESTADÍSTICA BÁSICA DE LAS VARIABLES .....   | 73                                   |
| 7.1.5.4.- MAPA DE PARÁMETROS SIMPLES.....   | 75                                   |
| 7.1.6.- COMPARACIÓN DEL MODELO DESCRIPTIVO DE ORO LATERÍTICO DE<br>GREGORY E. MCKELVEY CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS ..... | 88                                   |
| CONCLUSIONES .....  | 95                                   |
| RECOMENDACIONES .....   | 96                                   |
| BIBLIOGRAFÍA.....   | 97                                   |
| APÉNDICE 1: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ICP-OES .....  | .i                                   |
| APÉNDICE 2.- HISTOGRAMAS DE LOS ELEMENTOS.....  | iii                                  |
| APÉNDICE 3 PERFILES DE DEPÓSITOS MINERALES.....   | iv                                   |
| APÉNDICE 4.- MINERAGRAFÍAS .....  | .ix                                  |

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

| <i>Figuras:</i>   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| <i>Fig. 1.- Ubicación del área de estudio. (Tomado de CVG-TECMIN).....</i>                    | <b>5</b>    |
| <i>Fig. 2.- Raíz de una planta formando arcillas.....</i>                                     | <b>15</b>   |
| <i>Fig. 3.- Perfil del Suelo.....</i>   | <b>19</b>   |
| <i>Fig. 4.- Esquema metodológico.....</i>   | <b>27</b>   |
| <i>Fig. 5.- Croquis de Líneas Magistrales y<br/>Picas.....</i>                                | <b>29</b>   |
| <i>Fig. 6.- Afloramiento de Roca.....</i>   | <b>30</b>   |
| <i>Fig. 7.- Metodología empleada para el análisis de suelo.....</i>                           | <b>31</b>   |
| <i>Fig. 8.- Espectrómetro de plasma con acoplamiento inductivo de emisión<br/>óptica.....</i> | <b>34</b>   |
| <i>Fig. 9.- Bosques de altura media.....</i>  | <b>42</b>   |
| <i>Fig. 10.- Campo magnético total.....</i>   | <b>55</b>   |
| <i>Fig. 11.- Campo magnético residual.....</i>  | <b>57</b>   |
| <i>Fig. 12.- Fallas interpretadas.....</i>  | <b>58</b>   |
| <i>Fig. 13.- Afloramiento SP-0153.....</i>  | <b>61</b>   |
| <i>Fig. 14.- Altiplanicie del Grupo Roraima.....</i>  | <b>62</b>   |
| <i>Fig. 15.- (Nx) (4x-Epi.10/0.25) Textura nematogranoblástica.....</i>                       | <b>65</b>   |
| <i>Fig. 16.- (N//) (4x-Epi.10/0.25) La misma área que la Fig. 15.-.....</i>                   | <b>65</b>   |
| <i>Fig. 17.- (Nx) (4x-Epi.10/0.25) Textura nematogranoblástica.....</i>                       | <b>66</b>   |
| <i>Fig. 18. (N//) (4x-Epi.10/0.25) La misma área que la Fig. 17.- .....</i>                   | <b>67</b>   |
| <i>Fig. 19.- Grano de oro incluido en goethita.....</i>                                       | <b>69</b>   |
| <i>Fig. 20.- (10x-Epi.10/0.25) Luz reflejada.....</i>   | <b>70</b>   |
| <i>Fig. 21.- (10x-Epi.10/0.25) Luz reflejada.....</i>   | <b>71</b>   |
| <i>Fig. 22.- Aumento: (40x-Epi.10/0.25) Luz reflejada.....</i>                                | <b>72</b>   |
| <i>Fig. 23.- Aumento: (40x-Epi.10/0.25) Luz reflejada.....</i>                                | <b>73</b>   |
| <i>Fig. 24.- Mapa de parámetros simples para MgO.....</i>                                     | <b>80</b>   |
| <i>Fig. 25.- Mapa de parámetros simples para MnO.....</i>                                     | <b>81</b>   |

|   |           |
|---|-----------|
| <i>Fig. 26.- Mapa de parámetros simples para K<sub>2</sub>O.....</i>                | <b>82</b> |
| <i>Fig. 27.- Mapa de parámetros simples para Na<sub>2</sub>O.....</i>               | <b>83</b> |
| <i>Fig. 28.- Mapa de parámetros simples para SiO<sub>2</sub>.....</i>               | <b>84</b> |
| <i>Fig. 29.- Perfil del suelo.....</i>  | <b>85</b> |
| <i>Fig. 30.- Mapa de parámetros simples para Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.....</i>   | <b>86</b> |
| <i>Fig. 31.- Mapa de parámetros simples para Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.....</i>   | <b>87</b> |
| <i>Fig. 32.- Mapa de parámetros simples para CaO.....</i>                           | <b>88</b> |
| <i>Fig. 33.- Mapa de parámetros simples para PbO<sub>2</sub>.....</i>               | <b>89</b> |
| <i>Fig. 34.- Mapa de parámetros simples para V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.....</i>    | <b>90</b> |
| <i>Fig. 35.- Mapa de parámetros simples para TiO.....</i>                           | <b>91</b> |
| <i>Fig. 36.- Perfil idealizado de depósitos de oro en laterita y saprolita.....</i> | <b>98</b> |

| Tablas:  | Pág.      |
|--|-----------|
| Tabla 1.- Límites de Detección.....  | <b>34</b> |
| Tabla 2.- Mineralogía de la muestra 3LM1.....  | <b>73</b> |
| Tabla 3.- Mineralogía de la muestra 0016.....  | <b>73</b> |
| Tabla 5.- Análisis por Fluorescencia de Rayos X.....   | <b>75</b> |
| Tabla 5 - Parámetros estadísticos básicos, muestreo de suelo.....                                      | <b>77</b> |
| Tabla 6.- Estudio comparativo del Modelo de oro laterítico-saprolítico con las lateritas del área..... | <b>92</b> |



## 1. INTRODUCCIÓN

El siguiente capítulo presenta las generalidades que sirven de premisa para el desarrollo de este Trabajo Especial de Grado. Primeramente la introducción al tema de estudio, donde se reseña de forma global la importancia de la investigación. Seguidamente se presenta el planteamiento del problema así como la importancia del trabajo y aportes que este generara. Dicho problema es abordado con la finalidad de suministrar una solución, para esto se plantean objetivos generales como específicos. Así mismo, se ubicara la zona de estudio conjuntamente con las vías de accesos. Por último se mencionan algunos trabajos previos en las cercanías de la zona. A continuación se desarrollan de forma detallada los puntos antes mencionados.

### 1.- GENERALIDADES

El oro es desde tiempos remotos, gracias a su belleza, resistencia a la corrosión, maleabilidad, costos de extracción, muypreciado entre todos los metales. Por su relativa rareza se comenzó a usar como moneda de cambio y referencia en las transacciones monetarias internacionales. Hoy por hoy, los países emplean reservas de oro puro en lingotes que representan sus riquezas.

Su buena conductividad eléctrica y resistencia a la corrosión, además de una buena combinación de propiedades químicas y físicas, lo hicieron idóneo para su empleo en la industria a finales del siglo XIX.

El oro ejerce funciones críticas en microchips de circuitos electrónicos, comunicaciones, naves espaciales, motores de aviones a reacción y otros muchos productos. Su alta conductividad eléctrica y resistencia a la oxidación ha permitido un amplio uso como capas delgadas electrodepositadas sobre la superficie de conexiones eléctricas para asegurar una conexión buena, de baja resistencia. Como la plata, el oro

puede formar fuertes amalgamas con el mercurio que a veces se emplea en empastes dentales. El oro coloidal (nanopartículas de oro) es una solución intensamente coloreada que se está estudiando en muchos laboratorios con fines médicos y biológicos. También es la forma empleada como pintura dorada en cerámicas. El ácido cloroauríco se emplea en fotografía. El isótopo de oro  $^{198}\text{Au}$ , con un periodo de semidesintegración de 2,7 días, se emplea en algunos tratamientos de cáncer y otras enfermedades. Se emplea como recubrimiento de materiales biológicos permitiendo ser visto a través del microscopio electrónico de barrido (SEM). Se emplea como recubrimiento protector en muchos satélites artificiales debido a que es un buen reflector de la luz infrarroja. En la mayoría de las competiciones deportivas es entregada una medalla de oro al ganador, entregándose también una de plata al subcampeón y una de bronce al tercer puesto. Se ha iniciado su uso en cremas faciales o para la piel. Se utiliza para la elaboración de flautas transversales finas debido a que se calienta con mayor rapidez que otros materiales facilitando la interpretación del instrumento.

Los depósitos más importantes de oro en el mundo están en la República de Sudáfrica, seguidos por Canadá, Australia, EUA y Rusia. Estos yacimientos se encuentran en unidades lito-estratigráficas muy semejantes a las conseguidas en nuestro país, estas son: Cinturones de rocas verdes del periodo Proterozoico temprano (Superasociación Pastora), y un grupo conglomerático del Proterozoico medio (Superasociación Roraima).

En Venezuela los depósitos de oro más importantes se localizan al sur del país específicamente en el Escudo de Guayana, donde en los últimos 30 años se han intensificado los trabajos de explotación de oro aluvional así como de vetas, convirtiéndose las riberas de los ríos en las zonas de actividad minera más importante, lo cual ha sido un factor de degradación y contaminación del medio ambiente por el uso del mercurio en forma indiscriminada durante el proceso de concentración de oro y la tala indiscriminada.

Por estas razones surge la necesidad cada vez más imperiosa, de realizar trabajos geológicos que permitan la búsqueda y evaluación de menas primarias donde la explotación de los recursos auríferos se haga de una forma racional en función de la protección del medio ambiente y de la salud humana.

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La explotación de oro en Venezuela siempre ha sido importante. El Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN), ha planteado un conjunto de proyectos con el fin de dar mayor apertura a la explotación de este mineral.

El área de estudio está ubicada en el Escudo de Guayana, donde está presente el Cinturón de Rocas Verdes de Pastora , la mayor parte de este territorio, cubierto de espesas selvas, tienen mucha dificultad para el acceso ya que está compuesto por zonas montañosas, estas condiciones hacen que sea una de las áreas de menor estudio geológico y geoquímico. Este trabajo de investigación tratará de encaminar las primeras tareas de exploración del área.

Por las condiciones antes mencionadas, y el no contar con cartas topográficas, que aumenta la dificultad del estudio, genera las siguientes interrogantes: ¿Cómo es la geología de la zona?, ¿Existe mineralización de oro necesaria como para obtener un yacimiento aurífero?, de ser así, ¿Cuál es el modelo geológico que podría estar asociado a esta mineralización?

## 1.2.- IMPORTANCIA DEL TRABAJO Y APORTES

Obtener un cúmulo de información, los cuales constituyen, sin dudas, los primeros pasos en alcanzar un mayor grado de estudio tanto geológico como geoquímico para encaminar trabajos de exploración hacia las áreas más prospectivas.

Además, establecer información geológica que permita determinar cuáles son los prospectos con mayores probabilidades de ser encontrados y en qué parte del área puede ser localizado. Esto puede representar un significativo aporte en el ahorro de tiempo y de recursos necesarios para realizar los trabajos de exploración, una vez que puedan ser discriminadas las áreas de menor interés geológico.

## 1.3.- OBJETIVOS

### 1.3.1- OBJETIVO GENERAL

Estudiar la geología del sector Supamo-Parapapoy y establecer comparación entre modelos evolutivos de depósitos de oro (Au).

### 1.3.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

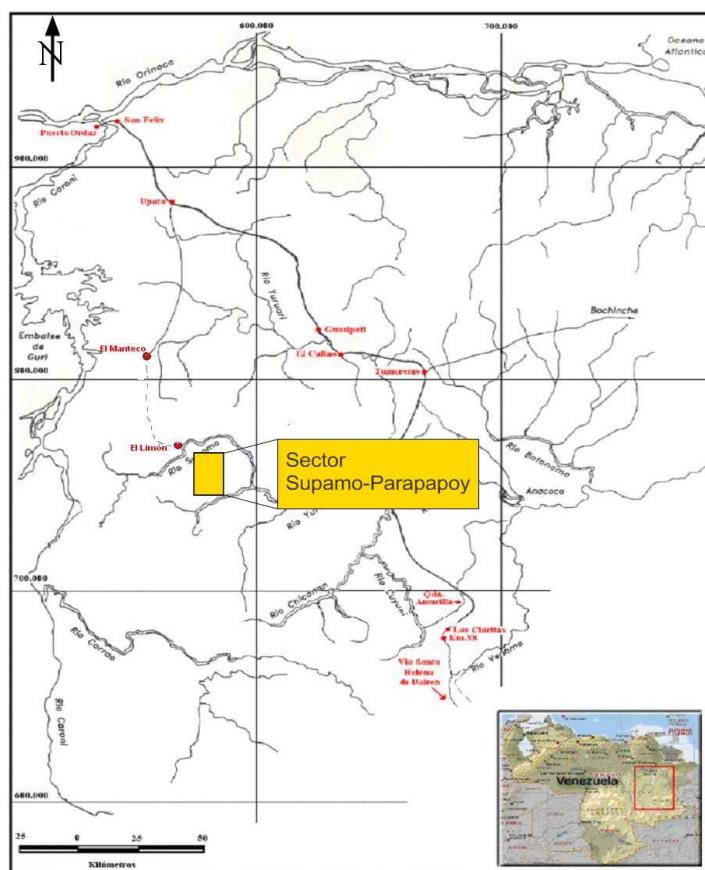
- Recopilar y procesar toda la bibliografía geológica existente.
- Interpretar la información obtenida de percepción de sensores remotos para confeccionar el mapa geológico y topográfico.
- Realizar el estudio de la concentración de los elementos mayoritarios (Al, Fe) e indicadores (Pb, Ti, V), en muestras de suelo por la técnica de ICP-OES.
- Realizar el estudio petrográfico de las muestras de rocas tomadas en afloramientos.
- Realizar el estudio mineralográfico de las muestras de rocas mineralizadas.
- Determinación de las distintas fases minerales presentes en las muestras de rocas y suelo a través de DRX y FRX.
- Comparar las características de la mineralización aurífera en el sector Supamo-Parapapoy con un modelo geológico descriptivo conocido.

- Establecer los posibles depósitos minerales en el área, prospectos de ser yacimientos minerales.

#### **1.4.- UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

El área de estudio está ubicada al sur de Venezuela, específicamente en la zona de Supamo-Parapapoy en el Municipio Piar, estado Bolívar. La zona está localizada a unos 120 km al sur de la población de El Manteco, con una extensión aproximada de 3.000 hectáreas ( $30 \text{ km}^2$ ) ubicada entre las coordenadas UTM 730.000-725.000 N, 542.000-548.000 E, o sus equivalentes coordenadas geográficas, los meridianos  $62^{\circ}33' \text{ O}$  y  $62^{\circ}37' \text{ O}$  y entre los paralelos  $6^{\circ}30' \text{ N}$  y  $6^{\circ}36' \text{ N}$ . A 190 Km. de Ciudad Bolívar.

## **Ubicación geográfica del área de estudio**



*Fig. 1.- Ubicación del área de estudio. (Tomado de CVG-TECMIN).*

Escala 1: 250.000.

### 1.5.- VÍAS DE ACCESO

A la zona de estudio se puede acceder por vía terrestre saliendo desde el poblado de El Manteco a través de una pica-carretera de unos 120 Km. de longitud aproximada, abierta por empresas madereras; este recorrido es de aproximadamente de 6 a 8 horas debido a las malas condiciones del terreno. Al norte y paralelo al río Parapapoy existe una infraestructura de caminos en mal estado, que comunican todos los frentes de trabajo. Estos caminos son transitados solo por vehículos adecuados para terrenos fangosos.

Otra manera de acceder es por vía aérea saliendo desde el aeropuerto de El Manteco, con tiempo de vuelo de media hora hasta las pistas de la zona, donde la única pista operativa es la denominada “Pista del Medio” (Coordenadas: N 728.754 y E 541.410), localizada al norte del río Parapapoy, con unos 600m. de longitud y 80m de ancho. Otra pista es la llamada Pista Vieja con 500m. de largo y 80m.de ancho, pero se encuentra invadida por gramíneas y requiere mantenimiento previo para seguro uso. Los ríos Supamo y Parapapoy, permiten el acceso fluvial, aunque solo en época de lluvias.

## 1.6.- TRABAJOS PREVIOS

El sector Supamo-Parapapoy, no cuenta con investigaciones geoquímicas previas a este trabajo, los estudios realizados en los alrededores del área se nombran a continuación:

- Korol (1961) propuso dos diferentes etapas de mineralización aurífera en las rocas verdes de la Serie Pastora, a estas dos etapas hay que agregar el enriquecimiento supergénico. Se destaca que en la segunda etapa de mineralización hubo una reinyección de cuarzo más joven, esta vez con cantidades apreciables de oro y pirita siendo esta etapa de mineralización la más importante desde el punto de vista económico.
- Kallioski (1965) estudió la parte centro-Norte del escudo de Guayana y propuso el término Formación Carichapo para designar una unidad compuesta esencialmente de anfibolitas de grano fino derivada de rocas volcánicas básicas , expuesta desde el norte de La Paragua , al oeste hasta los alrededores de Santa María , Miamo y Tumeremo al este . En su descripción de los cuerpos intrusivos ultrabásicos, designa unos pequeños afloramientos de serpentinita, expuestas a unos 15 km al sur del Cerro Guacamaya los cuales llama Serpentinitas del río Amarado.
- Menéndez (1968) dividió el escudo de Guayana en cuatro unidades, y simplificó la nomenclatura propuesta hasta el momento para las unidades Pastora, clarificando sus relaciones estratigráficas.
- Menéndez (1968) redefinió la Formación El Callao como lavas basálticas almohadilladas y La Formación Cicapra como rocas volcanoclásticas andésiticas que en conjunto forman el Grupo Carichapo cuya composición es máfica ; suprayacente a éste se encuentra la Formación Yuruari de composición félítica, y elevó la unidad al rango de Súper grupo, excluyendo a la Formación Caballape, que señaló como separada del mismo por una discordancia angular. Adicionalmente, Menéndez (1994) diferenció en la base

del Grupo Carichapo a la Formación Florinda, junto con el cual forma el Súper Grupo Pastora.

- Candialez (1972) realizó una evaluación de aluviones auríferos en Cerro Azul, El Manteco, en el cual reconocen la mayor concentración de arena pesada y oro, en la zona que subyace al Grupo Carichapo.
- Reid (1972) introduce el nombre de Grupo Roraima, en la sección expuesta desde Santa Elena de Uairen hasta el cerro Mataui y lo divide en cuatro formaciones, que de más antigua a más joven son: Uairén, Cuquenán, Uaimapué y Mataui.
- Moreno (1979) describió remanentes de cinturones de rocas verdes en la región del Alto Supamo, los cuales denominó Metabasitas, correspondiente a rocas básicas anfibolitizadas, como producto de las intrusiones graníticas del Complejo de Supamo e intrusiones jóvenes potásicas.
- Moreno y Mendoza (1985) basándose en los análisis estructurales realizados en su trabajo previo del año 1979, exponen aquí las conclusiones sobre las deformaciones que se han registrado en el Alto Supamo de una manera tentativa mientras se tengan más datos. También proponen una secuencia estratigráfica tentativa basada en datos radiométricos obtenidos en rocas de la misma composición química en áreas próximas.
- CVG-TECMIN (1993) realizó la caracterización físico natural de las confluencias de los ríos Supamo y Parapapoy en el área destinada para la explotación aurífera de la pequeña minería.
- Franco (1994) realizó un estudio geológico en la región de El Manteco (estado Bolívar), en un cinturón de rocas verdes donde diferenció seis unidades litológicas, todas ellas intrusionadas por cuerpos graníticos con alto contenido sódico. Además determinó tres sistemas de fallas principales y dos sistemas secundarios.
- Usó (1998) en base a trabajos realizados por otros autores en zonas aledañas y en observaciones propias, infiere un potencial en el área para localizar depósitos de oro primario (vetas de cuarzo aurífero y/o sulfuros auríferos

diseminados) sobre la unidad Carichapo sin diferenciar, con contactos litológicos abiertos hacia los linderos.

## 2.- FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y METODOLOGÍA

Luego de plantear el problema, conocidos los objetivos generales y específicos, la ubicación de la zona de estudio y sus vías de acceso, es necesario establecer fundamentos teóricos relacionados con el desarrollo de la investigación, también es importante establecer una metodología a seguir en la ejecución de este trabajo. Este capítulo agrupa estos fundamentos y dicha metodología. Seguidamente se desglosan cada una de las secciones que conforman este capítulo.

### 2.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A continuación son desarrollados un conjunto de conceptos básicos relacionados con el tema con el fin de establecer unas bases teóricas para el entendimiento de este proyecto.

**Meteorización:** según Escobar (2003), es la alteración de los materiales rocosos expuestos al aire, la humedad y al efecto de la materia orgánica; puede ser meteorización mecánica o de desintegración, y químico o de descomposición, pero ambos procesos, por regla general interactúan. Las variaciones de humedad y temperatura inciden en ambas formas de meteorización toda vez que afectan la roca desde el punto de vista mecánico, ya que el agua y el calor favorecen las reacciones químicas que la alteran.

Distintos factores ambientales físicos y químicos atacan a las rocas y las cuartean, disgregan y descomponen, y según el carácter de los factores que produzcan la meteorización se distinguen la meteorización física y la meteorización química:

**Factores que controlan la meteorización:**

- **Litología:** Las rocas ígneas y metamórficas son más susceptibles a los procesos de meteorización que las rocas sedimentarias debido a que sus minerales constituyentes, formados en condiciones de altas presiones y temperaturas, son menos estables en el ambiente superficial que los minerales constituyente de las rocas sedimentarias, siendo la gran mayoría minerales secundarios y/o minerales que ya han experimentado al menos un proceso de meteorización, en tal sentido la diferencia o el contraste entre las condiciones de formación de estos minerales y las superficiales no es tan drástico siendo más estables a la meteorización y en consecuencia menos vulnerables al proceso de meteorización. Todo esto hace que la litología juegue un papel importante en el proceso de meteorización ya que dependiendo de ésta el proceso será más o menos intenso.
- **Relieve y topografía:** La superficie terrestre es un terreno muy irregular donde existen zonas con pendiente abrupta y otras prácticamente sin pendiente, todo esto hace que los materiales en la superficie no estén en la misma condiciones espaciales y por ende experimentan distintos grados de estabilidad relativa unos con respecto a otros; por ejemplo un material ubicado en un alto topográfico con un relieve abrupto estará sometido a una energía potencial; ( $U=m \cdot g \cdot h$ , donde  $m$ =masa;  $g$ =gravedad;  $h$ =altura); mayor comparado con uno ubicado en un bajo topográfico con relieve llano. En consecuencia el primero es más inestable a la erosión que el segundo, lo que a su vez ocasiona que no existan grandes perfiles de meteorización en las zonas con estas características; mientras que en las zonas llanas la erosión no es tan fuerte permitiendo que el proceso de meteorización avance con el desarrollo de espesos perfiles. Esta es una de las razones porque el relieve y la topografía son factores importantes en el proceso de meteorización.
- **Clima:** En los procesos naturales ocurren una serie de transformaciones fisicoquímica dentro y fuera del sistema en observación, estas son el

resultado de innumerables reacciones químicas, proceso físicos y biológicos que a su vez dependen de condiciones específicas como la pluviosidad, temperatura, siendo estas condiciones función del clima imperante en el sistema.

- **Vegetación y organismos vivos:** El tipo de vegetación y organismo vivos presentes en un sistema depende de la combinación de los factores descrito anteriormente, litología, relieve, topografía y del clima sin embargo son considerados factores relevantes en el proceso de meteorización debido a que ellos por si solo son los responsables o son capaces de promover y/o profundizar el proceso de meteorización así como pueden inhibir y/o desfavorecer el mismo.
- **Tiempo:** Todos los factores, descrito anteriormente son relacionados entre ellos de hecho existe un grado de dependencia de uno con respecto a los otros, del mismo modo ocurre con el tiempo el cual está relacionado con cualquier proceso, escenario ó acción que exista, sin embargo el tiempo es considerado el más independiente de todos los factores.

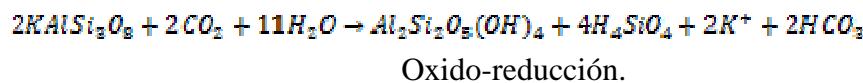
La meteorización como resultado de la combinación de todos los factores antes expuestos y dependiendo de cuál o cuáles de ellos sean los más intensos, el proceso de meteorización es dividido en: meteorización física, química y biológica.

- **Meteorización Física:** según Escobar (2003), es causada por procesos físicos, se desarrolla fundamentalmente en ambientes desérticos y periglaciares. Es que los climas desérticos tienen amplia diferencia térmica entre el día y la noche y la ausencia de vegetación permite que los rayos solares incidan directamente sobre las rocas, mientras en los ambientes periglaciares las temperaturas varían por encima y por debajo del punto de fusión del hielo, con una periodicidad diaria o estacional. Los agentes involucrados en este tipo de meteorización son la gravedad, el agua, el viento, el hielo y los organismos vivos tanto animales como plantas.

**Meteorización Química:** Alteración del material parental con cambios sustanciales en la composición química y mineralógica es decir ocurre un colapso de la estructura mineral del material parental obtenido como producto especies iónicas en solución y minerales neoformados. El agua, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, organismos vivos y sus productos de degradación son los agentes de este tipo de meteorización.

### Procesos Químicos:

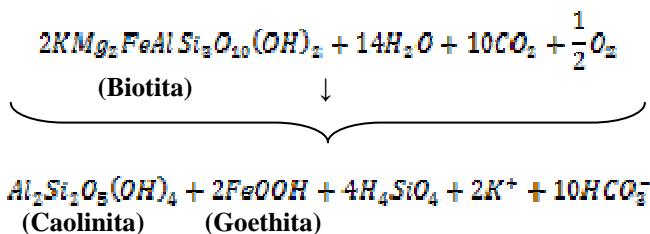
- **Hidrólisis:** según Adams (1995), menciona que la hidrólisis es una reacción química donde el pequeño pero altamente poderoso ion de hidrógeno ataca las estructuras de los minerales, remplazando a los cationes presentes en las mismas, con el consecuente colapso y desintegración de la estructura. En general la hidrólisis es considerada como el proceso químico más importante en la meteorización química. Un ejemplo de esta reacción es la meteorización del feldespato potásico para producir sílice en solución, que al no ser estable es reorganizado, originando minerales amorfos y/o cristalinos como la halloysita. Carroll (1990), expresa que en este proceso de hidrólisis del feldespato potasio ocurre la hidroxilación de oxígenos a grupos OH<sup>-</sup> y la liberación del K<sup>+</sup> permite al Al<sup>+3</sup>, originalmente en coordinación tetraédrica con oxígenos, adopta coordinación octaédrica con los OH<sup>-</sup>, como consecuencia las capas de la superficie del silicato son inestables y liberan poliedros tetraédricos que pasan a la fase líquida presente. Al inicio estos poliedros forman coloides amorfos, pero por envejecimiento pueden llegar a formar óxidos.



Las reacciones de óxido-reducción ocurren cuando están involucrados elementos químicos que presentan más de un estado de oxidación y por ejemplo la oxidación del hierro, el cual pasa de su forma reducida Fe(II)

presente en los minerales máficos y la magnetita a su forma oxidada Fe(III), al estar expuesto al ambiente superficial.

Así mismo el autor añade que este cambio del número de oxidación va acompañado por un cambio del tamaño del ión involucrado, causando una distorsión y ruptura de los minerales primarios.



- **Hidratación:** según Adams (1995), expresa que esta reacción ocurre en la superficie de los minerales e implica la incorporación de moléculas de agua o grupos OH<sup>-</sup>; sin causar descomposición del mineral. La asociación de grupos OH<sup>-</sup> y H<sub>2</sub>O a la esfera de coordinación del aluminio y del silicio, en los bordes rotos de los minerales es la más común y la responsable de promover el ataque de los hidrógenos lo que conlleva a decir que la hidratación puede verse como la parte inicial de la hidrólisis. Un ejemplo es el paso de anhidrita a yeso:



Otro proceso es la disolución de los minerales, es decir, el paso de los componentes solubles de la roca a soluciones (lixiviación); pudiendo estas especies solubles movilizarse y redistribuirse. Existe un gran cantidad de minerales los cuales pueden ser disueltos, un ejemplo de ellos es el cuarzo según la siguiente reacción:



**Factores de la Meteorización Química:** Escobar (2003), señala que los factores de la meteorización química son cinco, la meteorización mecánica, la composición mineralógica original, la profundidad de los materiales y las variaciones de la temperatura y de la humedad.

- **Meteorización Mecánica:** es el factor más importante de meteorización químico, porque el proceso garantiza mayor área de exposición de los materiales.
- **Composición del Mineral Original:** este es un factor que alude a la génesis y tipo de roca, a su textura. Por ejemplo, entre los metales el hierro se oxida más rápidamente y entre los silicatos, según Bowen, el cuarzo resiste más que los otros de la serie.
- **Profundidad:** los materiales de la superficie están más expuestos a las variaciones de temperatura y la humedad y por consiguiente al aire y la materia orgánica. En la superficie existen organismos vivos que favorecen la alteración de la roca. En la Fig. 2 se ilustra un proceso, de interacción planta suelo: por intercambio de cationes, el potasio pasa a alimentar la planta, intercambiándose por el hidrógeno, que pasa a oxidarse en la roca ígnea, donde se forma la arcilla.

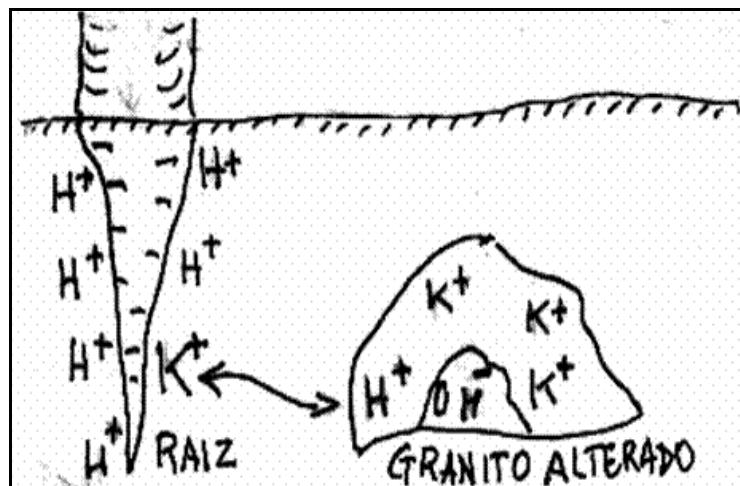


Fig. 2.- Raíz de una planta formando arcillas. Por las cargas eléctricas (-) de la raíz hay adherencia de iones de hidrógeno ( $H^+$ ); la ortoclasa tendrá disponible iones de potasio ( $K^+$ ).

- **La Temperatura y la Humedad:** son dos factores climáticos que condicionan la velocidad e intensidad de las reacciones químicas; la humedad favorece la producción de ácido carbónico, además de proveer otros ácidos orgánicos. Las rocas se degradan por ciclos de humedecimiento y secado antes que por una humedad y temperaturas fijas; la intensidad en la variación de ambos factores es el aspecto fundamental.

**Meteorización Biológica:** es la alteración química y/o físicas de las rocas ocasionado por los organismos vivos (plantas y animales). Según Hamblin y Christiansen (1995), los microorganismos adquieren sus nutrientes (Na, K, Ca) de los minerales, es decir, estos elementos son extraídos de la estructuras cristalinas lo que ocasiona que la misma colapse, en el mismo orden de ideas las plantas ejercen un efecto mecánico sobre el material parental por medio de sus raíces las cuales son capaces de penetrar profundidades considerables en busca de nutriente. En fin, la meteorización biológica involucra la meteorización química y física siendo los organismos los agentes principales del proceso.

**Lixiviación:** Escobar (2003), remoción continua de materiales solubles, por las aguas que se introducen a través del regolito o por los poros e intersticios de las rocas.

**Regolito:** Escobar (2003), conjunto de materiales producto directo de la meteorización de un sustrato. Se trata de un conjunto de materiales relativamente homogéneo, formado por los fragmentos de la roca original, y de minerales neoformados durante el proceso (arcillas, carbonatos).

**Tiempo** (meteorológico): Escobar (2003), condición del aire a corto plazo, estado de la atmósfera.

**Suelo:** Escobar (2003), es el regolito cuando se encuentra estructurado, es decir, dividido en una serie de bandas u horizontes, que se originan durante la evolución geológica y biológica del regolito.

### Tipos de suelo:

- **Ultisol:** Escobar (2003), sus horizontes subsuperficiales son, por lo general, de color rojo o amarillo, como resultado de las acumulaciones de óxidos de hierro.
- **Oxisol:** Escobar (2003), caracterizado sobre todo por la presencia de un profundo horizonte subsuperficial de óxidos; es un horizonte generalmente de alto contenido en partículas de tamaño arcilla que domina los hidróxidos de hierro y aluminio (lateritas).
- **Inceptisol:** Escobar (2003), sus perfiles contienen horizontes que se forman rápidamente como resultado de la alteración de la roca madre y se observan en las planadas coluvio-aluviales, de pH muy ácido, de bajo a moderado nivel de fertilidad natural.
- **Entisol:** Escobar (2003), son de formación reciente con horizontes apenas definidos o carentes de ellos, se encuentran en vegas de origen coluvio-aluvial con pH muy ácido y de baja fertilidad natural.
- **Suelo no transportado:** Escobar (2003), es el suelo que cubre la roca de la cual se deriva. En consecuencia no ha sido transportado.
- **Suelo transportado:** Escobar (2003), es el suelo que se forma lejos de la roca madre. En consecuencia no es suelo residual.

## PERFIL DEL SUELO

- **El horizonte A.** Escobar (2003), es la capa más superficial, fácilmente reconocible por su color oscuro debido a que es la más rica en materia orgánica. Su espesor es variable y depende del grado de erosión y del clima predominante.

El horizonte A presenta uno u otro de los caracteres siguientes o ambos al mismo tiempo: a) presencia de materia orgánica y b) empobrecimiento de constituyentes, tales como arcilla, hierro, aluminio, etc. Además, puede mostrar unos sub-horizontes que se superponen de arriba abajo cuando están presentes simultáneamente en el perfil, así: A<sub>00</sub>, un horizonte de superficie formado por residuos vegetales fácilmente identificables; A<sub>0</sub>, un horizonte constituido de restos vegetales, parcialmente descompuesto y prácticamente irreconocibles sobre el terreno; A<sub>1</sub>, un horizonte que normalmente contiene menos del 30% de materia orgánica bien mezclada con la parte mineral y de color generalmente oscuro; A<sub>2</sub>, un horizonte de color más claro que el anterior, empobrecido en hierro, arcilla y aluminio y con una correlativa concentración de minerales, y el horizonte A<sub>3</sub>, que es de transición

- **El horizonte B.** Escobar (2003), es la capa que se encuentra inmediatamente debajo de la capa A; es de un color más claro y de un espesor variable, dependiendo del grado de desarrollo del perfil. Se puede considerar esta capa como de transición. Normalmente contiene más arcilla y óxidos de hierro que los estratos A y C. El material lixiviado se acumula en este horizonte y genera problemas de actividad en los suelos, lo que lo constituye en un problema como estructura de fundación.

El horizonte B es claramente diferenciable por su estructura, color y componentes, resulta ser diferente de la roca madre ,con los minerales

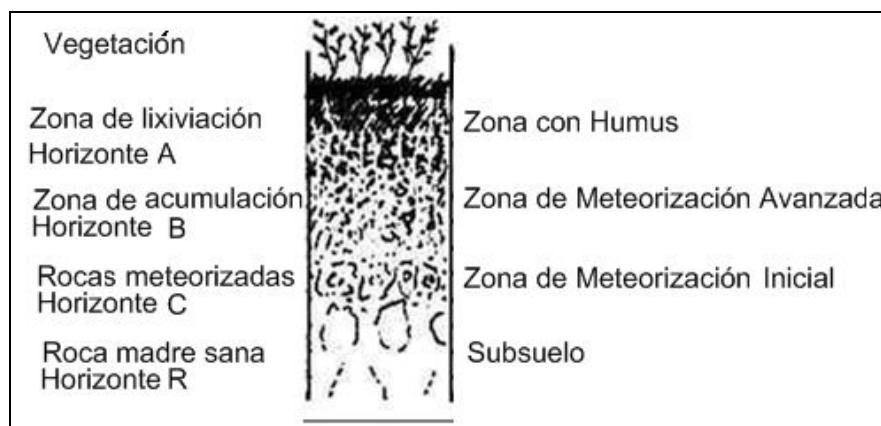
primitivos profundamente alterados o transformados. El horizonte B se subdivide en tres, así, el B<sub>1</sub> que es de transición con A pero más parecido a B que a A, el B<sub>2</sub> que constituye la parte esencial de B y que corresponde ya sea a la acumulación principal o bien al desarrollo máximo de la diferenciación, y el B<sub>3</sub> un horizonte de transición con C, pero más parecido a B que a C.

- **El horizonte C.** Escobar (2003), es la capa más profunda del perfil y constituye lo que se conoce como material parental, cuyo color puede ser rojo, amarillo, gris, etc., colores que dependen del grado de alteración y composición de la roca original. Se compone de trozos de roca suelta ligeramente meteorizados.

Este se define como horizonte mineral distinto de la roca inalterada y relativamente poco afectado por los procesos edafogenéticos que llevaron a la individualización de los horizontes A y B, subyacentes.

- **El horizonte R.** Escobar (2003), en la base del conjunto estaría el horizonte R, que es la roca no alterada situada bajo el perfil y que puede perfectamente no ser la roca madre del suelo o serlo sólo parcialmente.

#### Perfil del Suelo.



*Fig. 3.- Perfil del Suelo, mostrando los horizontes y zonas de Meteorización.*

Tomado de Escobar (2003)

**Lateritas:** Escobar (2003), suelos ferralíticos formados bajo las selvas de clima húmedo tropical o ecuatorial. La acumulación de hierro y alúmina le confiere al horizonte B una textura espesa y tonalidad rojiza. La desaparición de estas selvas por efecto de la mano del hombre provoca que el horizonte B gane óxido férrico, tras la deshidratación el suelo pierde fertilidad, para finalizar siendo totalmente improductivo si queda al descubierto por la erosión.

## FUNDAMENTOS DE LAS TÉCNICAS EMPLEADAS

**Aeromagnetometría:** IGME (2004), es un método rápido y barato de estudio del campo magnético terrestre. Las anomalías de dicho campo son causadas por los diferentes contenidos de minerales magnéticos de las rocas, por lo que pueden ser interpretadas en términos geológicos, se distinguen dos tipos de datos.

**ICP-OES** (espectroscopia de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente): se basa en la vaporización, disociación, ionización y excitación de los diferentes elementos químicos de una muestra en el interior de un plasma. Durante el proceso de desexcitación de los átomos neutros e iones en el interior de un plasma, se producen las emisiones de radiación electromagnética en la zona del UV-visible. Estas radiaciones, características de cada elemento, se separan en función de su longitud de onda y finalmente se mide su intensidad. La selección de la longitud de onda nos permite determinar el metal cualitativamente, mientras que la intensidad de la radiación emitida nos proporcionará la información para poder cuantificarlo.

**Plasma:** gas cargado, eléctricamente y confinado en un tubo de descarga. Es un estado de equilibrio entre partículas cargadas y neutras de un gas ionizado. Las temperaturas alcanzadas son notablemente superiores a la de la absorción atómica (AAS). Un sistema típico de análisis elemental por espectroscopia con un plasma con fuente de excitación y atomización está constituido por:

- **Plasma:** debe reunir ciertas condiciones de temperatura, confinamiento, etc.
- **Generador eléctrico:** aporta la energía externa al plasma que la disipará en forma térmica y radiante.

- **Sistema de introducción de la muestra:** permite un eficaz aporte de la muestra al conjunto.
- **Sistema de alimentación de gas:** asegura el funcionamiento del plasma, el transporte de la muestra, la formación del aerosol con la muestra, la purga del sistema óptico y la refrigeración de la antorcha.
- **Sistema óptico:** permite analizar el espectro emitido por el plasma.
- **Sistema de tratamiento de la señal:** permite el análisis cualitativo y cuantitativo a partir de las radiaciones emitidas.

**Krigaje (del francés krigeage):** de <http://es.wikipedia.org/wiki/Krigaje>, método geoestadístico de estimación de puntos que utiliza un modelo de variograma para la obtención de datos. Calcula los pesos que se darán a cada punto de referencias, usados en la valoración. Esta técnica de interpolación se basa en la premisa de que la variación espacial continúa con el mismo patrón. Fue desarrollada inicialmente por Danie G. Krige a partir del análisis de regresión entre muestras y bloques de mena, las cuales fijaron la base de la geoestadística lineal.

**Dispersión primaria:** Martínez (2005), una aureola primaria es aquella que se forma durante los mismos procesos de mineralogénesis que le da origen a los cuerpos minerales; se originan por procesos endógenos. Ella se relaciona genética y espacialmente con el cuerpo mineral y pueden ser singenéticas o epigenéticas. Las singenéticas son aquellas que se forman al mismo tiempo que se originan las rocas encajantes de los cuerpos minerales; son propias de los cuerpos minerales de génesis magmática, mientras que las epigenéticas son aquellas que se originan posteriores a la formación de las rocas encajantes de los cuerpos minerales de origen postmagmático, p.ej. los hidrotermales

**Dispersión secundaria:** Martínez (2005), la dispersión secundaria es definida como la distribución o redistribución de elementos químicos en la zona de meteorización. Los patrones de dispersión secundaria generalmente llegan a estar desplazados de la fuente mineralizada. Sin embargo esas anomalías pueden asumir

muchas formas y tamaños; y la distancia del desplazamiento desde la fuente mineralizada puede variar considerablemente.

**Fondo geoquímico:** El término fondo se refiere a la abundancia normal de un elemento en los materiales terrestres no mineralizados.

**Tabla 1 Abundancia normal de los elementos en rocas de la corteza terrestre (de ROSE et al., 1979).**

| Elementos | Símbolo | Abundancia (ppm) | Elementos | Símbolo | ABUNDANCIA (PPM) |
|-----------|---------|------------------|-----------|---------|------------------|
| Bromo     | Br      | 1,8              | Mercurio  | Hg      | 0,02             |
| Cadmio    | Cd      | 0,1              | Molibdeno | Mo      | 1,5              |
| Calcio    | Ca      | 33000            | Niobio    | Nb      | 20               |
| Carbono   | C       | 230              | Níquel    | Ni      | 75               |
| Cerio     | Ce      | 81               | Oro       | Au      | 0,003            |
| Cesio     | Cs      | 3                | Oxígeno   | O       | 473000           |
| Cinc      | Zn      | 2                | Paladio   | Pd      | 0,01             |
| Circonio  | Zr      | 150              | Plata     | Ag      | 0,05             |
| Cloro     | Cl      | 130              | Platino   | Pt      | 0,0005           |
| Cobalto   | Co      | 25               | Plomo     | Pb      | 10               |
| Cobre     | Cu      | 50               | Potasio   | K       | 25000            |
| Cromo     | Cr      | 100              | Renio     | Re      | 0,0006           |
| Escandio  | Sc      | 13               | Rubidio   | Rb      | 150              |
| Estaño    | Sn      | 80               | Selenio   | Se      | 0,1              |
| Estroncio | Sr      | 300              | Silicio   | Si      | 291000           |
| Flúor     | F       | 600              | Sodio     | Na      | 25000            |
| Fósforo   | P       | 900              | Talio     | Tl      | 0,45             |
| Galio     | Ga      | 26               | Tantalo   | Ta      | 2                |
| Germanio  | Ge      | 2                | Telurio   | Te      | 0,002            |
| Hafnio    | Hf      | 3                | Titanio   | Ti      | 4400             |
| Hierro    | Fe      | 46500            | Torio     | Th      | 10               |
| Indio     | In      | 0,1              | Uranio    | U       | 2,5              |
| Lantano   | La      | 25               | Vanadio   | V       | 150              |
| Litio     | Li      | 30               | Volframio | W       | 1                |
| Magnesio  | Mg      | 17000            | Yodo      | I       | 0,15             |
| Manganoso | Mn      | 1000             |           |         |                  |

### **Modelo de Oro Laterítico-Saprolítico de Gregory E. McKelvey.**

- **Descripción:** Oro (Au) diseminado en la laterita y la saprolita que se desarrollaron bajo condiciones de meteorización tropical sobre una amplia variedad de tipos roca pero distal de los depósitos de oro conocidos en roca.
- **Depósitos típicos:** Boddington, Mt. Gibson, Edna Mayo, Australia Occidental; Akaiwang, Arakaka, Guyana; Lumpkin y condados blancos, Georgia.
- **Características distintivas:** enriquecimiento residual y químico de oro en las áreas tropicales con lateritas y bauxitas. Este tipo de depósito se desarrolla debajo y cerca de las condiciones superficiales de temperatura y presión, y se diferencia de la mayoría de los placeres de oro porque carece de oro detrítico significativo. La presencia de laterita es condición previa esencial para este tipo de depósito.
- **Minerales asociados:** Oro (Au) y Plata (Ag).
- **Otros asociados:** Aluminio (Al), metales del grupo del Platino, Hierro (Fe), Estaño (Sn) y Wolframio (W).
- **Tipos de depósitos asociados** (sospechado por relacionarse genéticamente): La bauxita de tipo laterita, lateríticos de Ni, placeres aluviales de metales del grupo de Au-Platino. Todos los filones auríferos pueden ser encontrados en el lecho de roca, vetas de cuarzo- Au de bajo sulfuro inclusivas, Homestake Au, reemplazamiento polimetálico y depósitos de vetas, Kuroko o sulfuros macizos tipo Chipre, pórfito de Cu, y raramente placeres litificados. Por definición, los yacimientos minerales de filón no deberían estar presentes directamente bajo este tipo de depósito.
- **Marco tectonoestratigráfico:** zona de meteorización estable comúnmente por encima de cinturones de rocas verdes y todos los demás terrenos auríferos.

- **Ambiente regional deposicional:** cratón estable con prolongada meteorización. Si es como laterita de tipo bauxita, los depósitos deberían ocurrir comúnmente a lo largo de los límites erosionales de placas remanentes.
- **Rango de edad:** Cenozoico; Oligoceno tardío al Mioceno temprano en el Oeste de Australia.
- **Roca encajante:** regularmente la mayoría es laterítica. Otra es enriquecidos en aluminio (bauxita). También, menos frecuentemente los depósitos se encontraron en saprolitas, como en los Apalaches sureños.
- **Rocas asociadas:** rocas verdes con vetas auríferas y diseminaciones, el lecho de roca puede contener depósitos diversos de filón y ocurrencias mineralizadas típicas de áreas estables (vea tipos de depósitos asociados) del cratón, incluyendo la formación de hierro o itabirita (Brasil). Otras áreas auríferas.
- **Mineralogía de la mena:** Oro (Au) finamente dividido. Puede ser aplanado, en pluma groso y de forma irregular. Las pepitas son raras. Pepitas no fueron encontradas en Boddington, pero fue identificado oro (Au) en hojuelas, alambre y motas en canga (vea Estructura y Zonación). El oro (Au) está entre 1-10 micrones con un promedio de  $3-5 \mu$  en Boddington. La plata (Ag) y otros metales aparecen usualmente más altos que en placeres aluviales (sin embargo, ningún valor de plata (Ag) fue detectado en granos de oro (Au) de Boddington pero pequeñas cantidades de Cu (1,4 a 1,7 por ciento), Au y Fe (0,04 a 0,06 por ciento) fueron encontradas saprolitas con oro en forma de alambres. En el depósito de Boddington son reconocidos los siguientes minerales: malaquita, calcosina, cuprita, crisocola, pirita, calcopirita, arsenopirita, cobre nativo y electrum.
- **Minerales de ganga:** los óxidos de Fe y limonita, óxidos e hidróxidos de Al, y los óxidos de Mn. El lecho de roca desintegrado se fragmenta, incluyendo formación de hierro, y caolinita.

- **Estructura y zonación:** lateritas maduras. La mineralización de oro (Au) puede estar localizada en la laterita o puede desplazarse en profundidad a la saprolita subyacente .La limonita fijó con cemento fragmentos de formación de hierro - el llamado apanhoancango o canga en Brasil. En el depósito Boddington, los nódulos hematíticos, la arcilla con las de Liesegang las de anillas, y las ferruginosas y las lateritas bauxititas ocurren eso es localmente endurecido. Tres tipos de niveles mineralizados (promedio 5 m de grosor) reconocieron en este depósito, con niveles individuales ubicadas a uno o más de lo siguiente: (1) uno de 4 -12-m de espesor con una zona ferruginosa consistente en una sub-zona del hardcap y una zona B con arcilla nodular y rocallosa; (2) una zona de 20 -100-m de espesor de arcilla ; y (3) uno hasta la zona del saprolita, con 5 m de espesor. El Au se encontró en pisolitas en Mayo Edna, pero no en Boddington.
- **Control de la mineralización:** lateritas maduras. Las bauxitas y las saprolitas ocurren en las áreas donde la geomorfología permite suficiente drenaje, de modo que la oxidación sea extensa y profunda y promueva una lixiviación extensa. Se convierte bajo condiciones del desgaste por la acción atmosférica químico fuerte, con temperaturas aproximadas de 30 °C, y precipitaciones de 140 centímetros. La depositación del oro en Boddington se creía estar controlado por la posición del nivel freático. Los horizontes mineralizados múltiples son productos de fluctuaciones resultando de varios regímenes climáticos.
- **El trasfondo estructural:** los lechos de roca suficientemente fracturados, y (o) fallados (o tener otros tipos de porosidad) de modo que el agua subterránea está debajo del horizonte aclimatado.
- **Geometría del yacimiento de mineral:** En forma de manto en las áreas lacónicas o fanlike de adelante doma cuestas. El área del Boddington, el depósito tiene 4,5Km<sup>2</sup> con un espesor promedio de 35m. Los depósitos son apenas paralelamente para la superficie territorial y tienen espesores de

decenas de metros. Tres zonas mineralizadas se separaron por zonas áridas o débilmente mineralizadas reconocidas en Boddington. En este depósito, el oro está homogéneamente distribuido cuando las zonas mineralizadas están en lateritas y errático cuando en saprolitas.

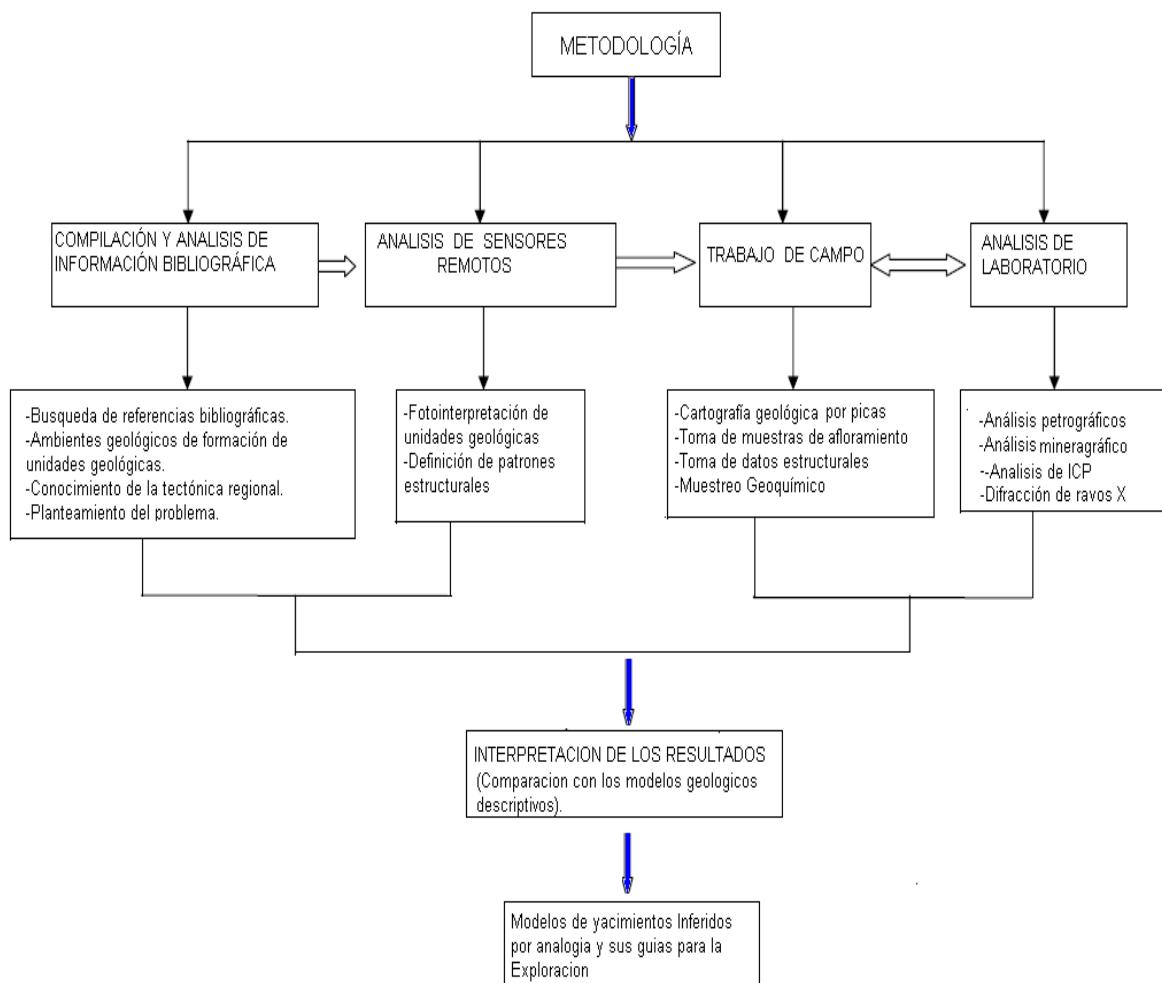
- **Dimensiones típicas del halo de alteración/Otro:** la mineralogía de óxido de zinc y de la arcilla puede indicar enriquecimiento químico.
- **Efecto de la meteorización:** los principales procesos de concentración del oro (Au) incluyen el enriquecimiento residual del oro (Au), de la precipitación química del oro (Au), y de una combinación de ambos.
- **Efecto de metamorfismo:** ninguno de los equivalentes del metamorfismo conocidos.
- **Señales Geoquímicas:** Aluminio (Al), Galio (Ga) (si está contenido en las laterita-tipo bauxita): el oro (Au) es señal para algunos depósitos pero no a todos. Un estudio de enriquecimiento/empobrecimiento de elementos en Boddington demuestra que el Scandio (Sc) está enriquecido con el oro (Au) y que el Hierro (Fe), Aluminio (Al), Galio (Ga), Arsénico (As), Plomo (Pb), y el Estaño (Sn) están enriquecidos como parte de la zona ferruginosa.
- **Señales geofísicas:** desconocidas. Pueden ser utilizado para identificar las características de la roca de fondo. Las características eléctricas del depósito pueden ser útiles. Sísmica profunda puede ser útil en la determinación de la forma del depósito.
- **Otras guías de exploración:** la vegetación puede ser útil ya sea identificando áreas de fertilidad escasa o en la exploración bioquímica; La mineralogía de los óxido puede alterarse sistemáticamente de antecedentes para adyacente y sobre los depósitos.
- **Sobrecarga:** la mineralización en saprolita puede tener una cubierta de laterita no mineralizada o un delgado horizonte "A", como en Boddington,

que incluye a pisolitas sueltos (el diámetro máximo de 2 cm) con gibbsita (45 por ciento), goethita (20 % ), hematitas (20 %), y magnetita.

- **Otro:** los depósitos disecados con el oro finamente dividido (varios micrones) no pudieron ser reconocido en el pasado por los mineros de placer. Algunas bauxitas y lateritas se han reportado por contener oro. Estos tipos de depósito no deben incluir el horizonte resistido de los tipos del depósito de la veta.
- **Modelo de ley tonelaje o de oro (Au) en laterita y saprolita:** los depósitos con datos son pocos y probablemente tema para revisión. La mayor parte de los datos para laterita y saprolita que Au deposita es de un contorno, y esto puede influenciar el modelo. Los depósitos están bajo investigación en ejecución y tienen las siguientes aptitudes: (1) los datos en depósito para los que los tamaños y las calificaciones son no operadas depositan, (2) los depósitos pueden ser de los que se estuvo bajo por yacimientos minerales no reconocidos en los lechos de roca, y (3) los depósitos pueden ser depósitos del colocador, no laterita saprolita Au. El depósito (Omai, Guyana) tiene mineralización residual en la superficie y la mineralización en el lecho de roca y queda excluida en la conformidad con el modelo descriptivo. El patrón general en la minería de yacimientos minerales es que el tonelaje total (la producción y las reservas) va en escalada sobre una porción de la vida de la mina. Los tonelajes del depósito por consiguiente, usados en el modelo son valores muy probablemente mínimos cuándo comparado con tonelajes en el agotamiento excesivo del depósito.

## 2.2. METODOLOGÍA

En toda investigación es necesario sistematizar métodos y técnicas, por consiguiente, será establecida una metodología con el fin de dar respuestas a las interrogantes objeto de esta investigación. En función de los objetivos planteados al inicio y con la finalidad de obtener resultados objetivamente fiables, se plantea una división en fases, siendo estas descritas a continuación. La Fig. 4.- esquematiza los pasos a seguir en el desarrollo de la investigación.



*Fig. 4.- Esquema metodológico utilizado en el trabajo de investigación*



### **2.2.1- TRABAJO PREVIO A CAMPO**

Esta etapa consistió en el estudio preliminar de la zona a través de la búsqueda de referencias bibliográficas, como: trabajos, informes, tesis, información y documentación inédita, así como se procesaron imágenes satelitales a fin de conocer las poblaciones más cercanas y sus vías de acceso, también las características geomorfológicos e hidrográficas u otras características que se pudieran determinar mediante estas imágenes.

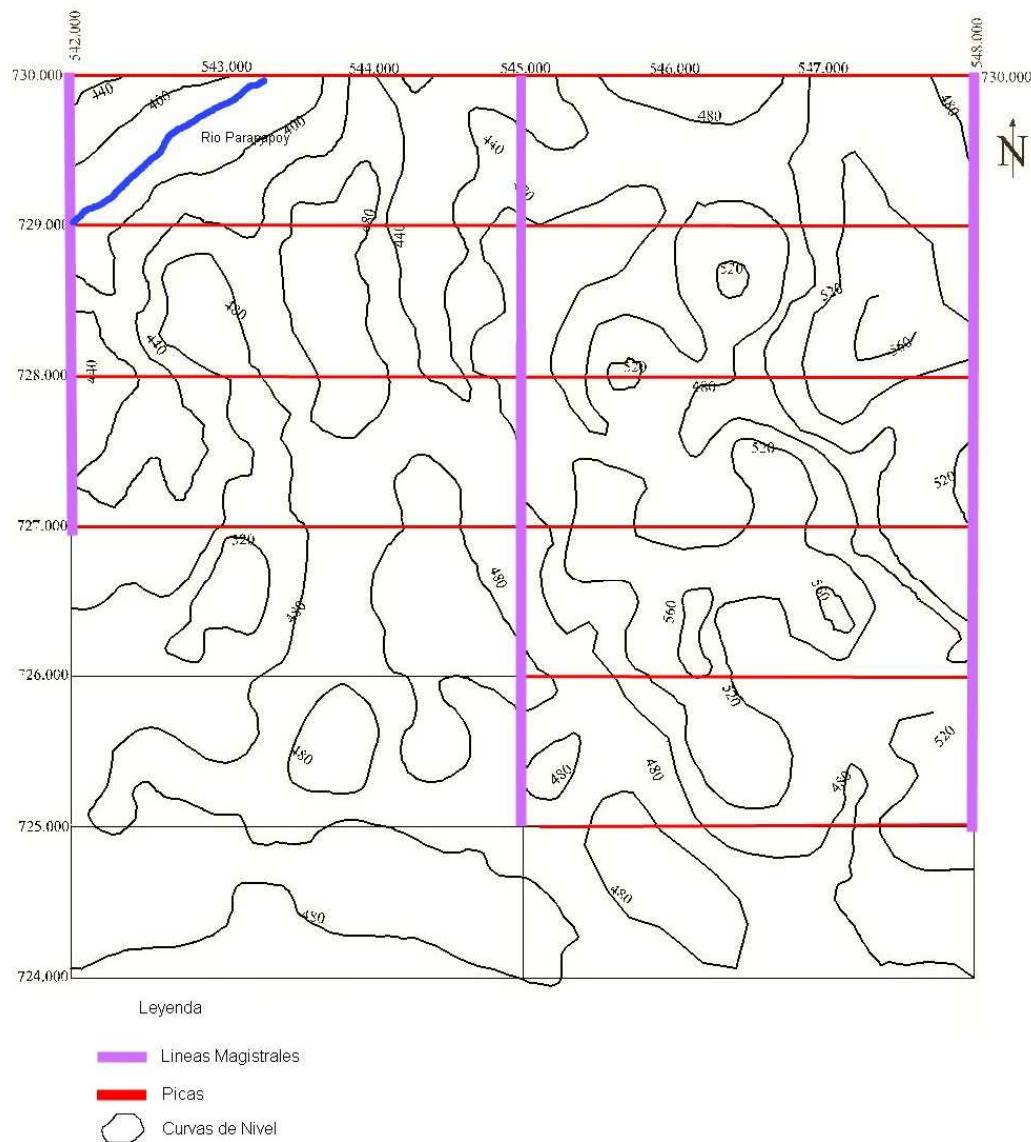
El estudio fotogeológico de la zona se realizó por medio de imágenes de radar (hoja NB-207 de la Goodyear del año 1973) y ortoimágenes de radar ( hoja 7635-I del año 1996 de nombre Río Parapapoy ), a escala 1:250.000 y 1:50.000 respectivamente, además de la reinterpretación del levantamiento aeromagnético realizado entre los años 1959-1960 a escala 1:50.000, con estos datos se confeccionó un mapa preliminar del área en el cual fue basado el muestreo.

### **2.2.2.- TRABAJO DE CAMPO**

Finalizada la etapa previa a campo, se compilo toda la información en tablas y mapas, estas sirvieron de bases para realizar una etapa de campo, donde se validó y complementó toda la información geológica existente.

La recolección de muestras en el sector Supamo-Parapapoy se realizó a través de picas de 6 km de largo en dirección O-E, que son cortadas por líneas magistrales de 5km de largo en sentido N-S en tres puntos: en los dos extremos y el medio de la zona, en total se recorrieron 27 km lineales que abarcan un área de 21 km<sup>2</sup>. (Ver Fig. 5 ). Estas direcciones de picas fueron tomadas para cortar a través de estructuras (fallas), identificadas en la interpretación de las imágenes de radar.

**Croquis de las picas y líneas magistrales recorridas durante el trabajo de campo.**



*Fig. 5.- Croquis de Líneas Magistrales y Picas*

Escala 1:50000



Las muestras tomadas en afloramientos de roca (Fig. 6.-), atendiendo a características litológicas más favorables.

#### Afloramiento de Roca



Fig. 6.- Afloramiento de Roca

El estudio los minerales presentes en la zona de oxidación está basado en la descripción minerográfica de un total de 8 muestras, además se seleccionaron 5 muestras para su análisis difractométrico y así conocer minerales de alteración.

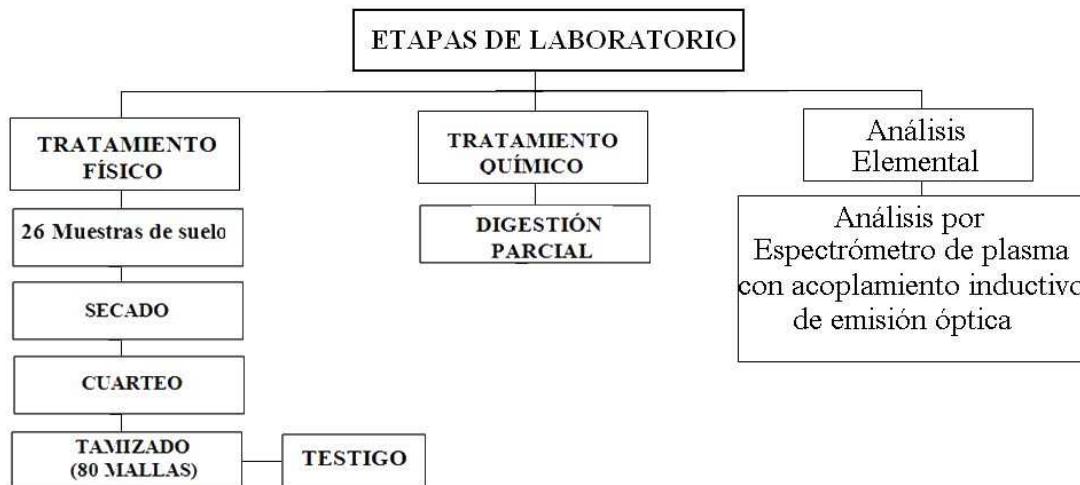
El muestreo de suelo realizado en el horizonte B, que es la capa que se encuentra inmediatamente debajo de la capa A; es de un color más claro y de un espesor variable, dependiendo del grado de desarrollo del perfil. Normalmente contiene más arcilla y óxidos de hierro que los estratos A y C.

El horizonte B es claramente diferenciable por su estructura, color y componentes, resultando diferente de la roca madre y con los minerales primitivos profundamente alterados o transformados.

Este muestreo se realizó con un espaciamiento de 1000 metros entre muestras, con una profundidad de 20-30 cm, para un total de 26 muestras, con un peso de 200 g cada una. Estas fueron colocadas en bolsas plásticas y se ordenaron consecutivamente a partir de talonarios de numeración continua, reflejando en cada caso, el tipo de muestra, tipo de análisis, una breve descripción litológica y la fecha de la toma.

### **2.2.3-TRABAJO DE LABORATORIO**

La normativa de laboratorio del Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN), establece la división de esta etapa en tres fases: tratamiento físico, tratamiento químico y análisis elemental para el estudio geoquímico de las muestras. Mientras que para el estudio difractométrico se dividió en dos fases: tratamiento físico y análisis de muestra total. A continuación se muestra el esquema metodológico para el estudio de suelo empleado en esta investigación.



*Fig. 7.- Metodología empleada para el análisis de suelo*

### **2.2.3.1.- TRATAMIENTO FÍSICO**

Todas las muestras fueron tratadas físicamente siguiendo el siguiente proceso: Secado, disgrgado, cuarteo, tamizado de mallas < 80, pesado 100 g de pulpa pulverizada y un duplicado.

Las 26 muestras tomadas para ICP correspondientes a los suelos del sector Supamo-Parapapoy, fueron secadas a temperatura ambiente por un espacio de tiempo prolongado, luego sometidas a un proceso de homogenización, que consistió en un disgrgado manual de todas aquellas masas aglomeradas, formadas durante el secado, y un cuarteo de las muestras. El cuarteo fue realizado utilizando un cuarteador manual, con la finalidad de obtener alícuotas menores, pero representativas del suelo.

Por último se procedió a tamizar las muestras mediante un tamiz de acero inoxidable, de malla 80 , con la finalidad de extraer la fracción de tamaño grueso correspondiente a las arenas muy finas, para luego realizar el análisis químico. El exceso fue guardado como testigo.

### **2.2.3.2.- TRATAMIENTO QUÍMICO**

El tratamiento químico de las muestras está basado en la descomposición de las mismas por fusión con metaborato de litio Para ello se peso 0,1000 g +/- de la muestra previamente secada a 105 °C +/- 3 °C durante dos horas, se mezclo con 0,6000 g de metaborato de Litio y se homogenizó. Luego se introdujo en un horno mufla a 1100 °C +/- 50 °C durante 20 minutos, esparciendo el fundido durante esta operación. Se enfrió a temperatura ambiente lixiviandose con 100 ml de ácido clorhídrico al 5% v/v. Luego se trasvasó a un matraz aforado de 250 ml y se enrásó con este mismo ácido. Se hizo una disolución tomando 20 ml +/- 0,1 ml, de la solución original trasvasando a un matraz aforado de 100 ml, adicionando 19 ml +/- 0,1 ml de solución de metaborato de litio al 1,2 m/v y añadiendo 5,0 ml +/- 0,1 ml de ácido clorhídrico ( $d= 1,19 \text{ g/m}^3$ ).

### 2.2.3.3.- ANÁLISIS ELEMENTAL

La determinación de los elementos presentes en las muestras se realizó mediante la utilización de un espectrómetro de plasma con acoplamiento inductivo de emisión óptica (ICP-OES), PerkinElmer Óptima 5300 DV (Fig. 8.-) con las condiciones específicas siguientes:

Potencia: 1300 W

Flujo de gas de plasma: 15 l/min Ar

Flujo de nebulización: 0,8 l/min Ar

Flujo auxiliar: 0,2 l/min Ar

Flujo del gas de corte: 25 l/min Aire

Vista al plasma: Axial

Espectrómetro de plasma con acoplamiento inductivo de emisión óptica.



*Fig. 8.- Espectrómetro de plasma con acoplamiento inductivo de emisión óptica (ICP-OES), PerkinElmer Óptima 5300 DV*

Las 26 muestras de suelo que fueron analizadas por medio de la técnica de ICP-OES, para determinar la concentración de los elementos Aluminio (Al), Hierro (Fe), Plomo (Pb), Titanio (Ti) y Vanadio (V), aunque en el paquete de determinación también están incluidos estos: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, SnO<sub>2</sub>, MoO<sub>2</sub>, , Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, MgO, MnO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO CuO, SiO<sub>2</sub>, ZnO, CoO, Be, W, todos en %.

A continuación se presentan los límites de detección para cada elemento determinado. Estos datos fueron suministrados por el laboratorio.

**Tabla 1 - Límites de Detección**

| Elemento | Límite de Detección (ppb)<br>(+/- 0,01) | Elemento | Límite de Detección (ppb)<br>(+/- 0,01) |
|----------|---|----------|---|
| Na       | 3,00                                    | Co       | 1,00                                    |
| K        | 20,00                                   | Ni       | 5,00                                    |
| Bi       | 20,00                                   | Cu       | 0,40                                    |
| Mg       | 0,10                                    | Zn       | 1,00                                    |
| Ca       | 0,02                                    | Al       | 3,00                                    |
| V        | 0,50                                    | Si       | 4,00                                    |
| Ti       | 0,50                                    | Pb       | 10,00                                   |
| Cr       | 2,00                                    | Sn       | 30,00                                   |
| Mo       | 3,00                                    | Be       | 0,10                                    |
| Mn       | 0,40                                    | W        | 8,00                                    |
| Fe       | 2,00                                    | P        | 30,00                                   |

### Difracción de rayos X

Las cinco muestras en total, que fueron sometidas a ensayos de difracción de rayos X, utilizando radiación de cobalto, fueron secadas, pulverizadas, homogeneizadas y cuarteadas hasta obtener una fracción representativa para el análisis de muestra total. La abundancia relativa de los minerales presentes fue

estimada basándose en la intensidad de los picos característicos de los minerales presentes y en su comportamiento específico ante el fenómeno de difracción.

### 3.- GEOGRAFÍA FÍSICA

El siguiente capítulo resume todas las características geográficas de la zona, como son la geomorfología, suelos, climatología, precipitación, evaporación, temperatura, radiación solar, insolación, humedad relativa, clasificación climática, hidrografía y vegetación.

#### 3.1.- GEOMORFOLOGÍA

Según el inventario de recursos naturales efectuado por CVG. TECMIN C.A en 1.993 y en observaciones propias realizadas en campo, se definieron los siguientes paisajes que están relacionados con diferentes litologías:

Lomerío alto, con pendientes de 20 a 45° ubicado al norte de la zona y asociados al cinturón verde del Grupo Carichapo sin diferenciar, que a su vez desarrolla lomeríos bajos, constituidos por loma, llanura coluvio-aluvial y el vallecito coluvio-aluvial, con pendientes de 8 a 15 °, constituye cerca del 98 % del área.

Altiplanicies ubicadas al sur, vinculadas con la provincia de Roraima con pendientes laterales de > 50°.Están constituidas por areniscas, las cuales por su condición estratificada, controlan el desarrollo de mesas y cuestas. Representa el 2% de la zona.

#### 3.2.- SUELOS

Los estudios realizados por CVG-TECMIN (1993) indican que los suelos son del tipo ultisol y oxisol. Estos suelos evolucionaron de rocas graníticas y volcánicas pertenecientes al Complejo de Supamo y al Grupo Carichapo. Son suelos moderadamente profundos a muy profundos, de textura arcillo-arenoso y arcillo-arenoso y arcilloso, a profundid, son de baja fertilidad natural.

### **3.3.- CLIMATOLOGÍA**

Según los datos obtenidos por CVG-EDELCA, correspondiente a la estación Arecuna, en la cuenca del río Supamo se tiene la siguiente información climatológica del año 2.002:

#### **3.3.1.- PRECIPITACIÓN**

La precipitación en la cuenca aumenta de norte a sur con valores que oscilan entre 1200 mm y 2700 mm, específicamente en la confluencia de los ríos Supamo y Parapapoy. La variación anual es unimodal, el máximo se observa en el mes de Julio, la época lluviosa corresponde a los meses de Abril a Noviembre y la seca en los meses de Noviembre a Marzo.

#### **3.3.2.- EVAPORACIÓN**

La evaporación en la cuenca oscila entre 1800 mm. a 2000 mm.; en el sector Supamo-Parapapoy alcanza a 1900 mm.

#### **3.3.3.- TEMPERATURA**

Presenta valores comprendidos entre 24°C y 26°C.

#### **3.3.4.- RADIACIÓN SOLAR**

De la información obtenida de la fuente la radiación solar anual es de 430cal/cm<sup>2</sup>/día, disminuyendo desde la zona central de la cuenca hacia el este.

#### **3.3.5.- INSOLACIÓN**

Se registra un máximo en el mes de Enero de 7.6 horas sol y el mínimo en el mes de Junio con un valor de 5.6 horas sol. La media anual es de 6.6 horas sol.

### **3.3.6.- VIENTOS**

La velocidad media anual es de 10 km./h y la dirección dominante es NE y E-NE. El régimen está caracterizado por los vientos alisios.

### **3.3.7.- HUMEDAD RELATIVA**

Disminuye en sentido este-oeste siendo el valor más alto registrado de 79% y el más bajo 75%.

## **3.4.- CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA**

El área se enmarca dentro de la clasificación de Bosque Húmedo Tropical, con una precipitación media anual entre 1500 mm. y 2000 mm, temperatura media de 25°C y altitud de 500 m.s.n.m.

## **3.5.- HIDROGRAFÍA**

El área pertenece a la cuenca del río Cuyuní, parte alta; la sub-cuenca la conforma el río Parapapoy, éste último desemboca en el río Supamo, el cual desemboca en el río Yuruán, este último en el río Yuruari el cual desemboca en el río Cuyuní. El río Parapapoy nace al sureste del cerro Supamo es de régimen permanente, tiene un área de drenaje de 295 km<sup>2</sup> y posee una longitud de 45 km.; mientras que el Supamo nace al sur-este de la piedra de Supamo, posee un régimen permanente y un área de drenaje de 4765 km<sup>2</sup>, con una longitud de cauce de 205 km.

## **3.6.- VEGETACIÓN**

Está constituida por diferentes estratos, los bosques altos (siempre verdes) (Fig. 9.-) se observan en zonas de diques y rocas volcánicas y los bajos en sitios de depresiones.

Se caracterizan por ser:

- Bosques de altura media, menos de 25 m de altura, de densidad media 65%.
- Bosques bajos, menor de 15 m. de altura, de densidad media 60%.

Vegetación de la zona



*Fig. 9.- Bosques de altura media*

## 4.-GEOLOGÍA REGIONAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

El capítulo que a continuación se presenta, abarca toda la geología regional del área de estudio, dando a conocer las provincias geológicas presentes y estableciendo las unidades en el área de estudio.

El área de estudio se encuentra ubicada dentro de las provincias geológicas de Pastora y Roraima, la primera de ellas está representada por unidades pertenecientes al Grupo Carichapo Sin Diferenciar, y el Complejo de Supamo; ambas unidades se encuentran intrusionadas por rocas básicas.

### 4.1.- SUPERASOCIACIÓN PASTORA: CRV-TTG

La Provincia Pastora (PP) se extiende desde la Falla de Guri al Norte hasta las proximidades del Parque Nacional Canaima al Sur (Km 95 carretera El Dorado-Santa Elena), por el Este hasta los límites con la Zona en Reclamación del Esequivo y al Oeste hasta el Río Caura.

La PP o provincia del oro, está formada por CRV, por un lado se encuentran los de tipo Carichapo delgados, más antiguos y tectonizados, con respecto a los CRV, más anchos, jóvenes menos tectonizados y menos metamorfizados, tipo Botanamo así como los complejos graníticos sódicos, como el Complejo de Supamo, siendo toda la secuencia intrusionada por granitos potásicos “sensu stricto”, dioritas y rocas gabroides con escasos y no bien definidos complejos máficos-ultramáficos, ofiolíticos o no, tipo Yuruan-Uroy, Nuria e intrusiones de diques y sills de diabases y rocas asociadas norítico-gabroides con algo de cuarzo. Mendoza (2000)

Los CRV más antiguos muestran tendencias estructurales próximas a NS (N 10° E a N 20° W), mientras que los CRV más jóvenes casi siempre muestran tendencias en ángulo recto con las anteriores, próximas a E-W (N 70°-80° E). El choque de estas

dos tendencias y de ambos tipos de CRV puede observarse claramente en imágenes de radar que cubren la zona del río Marwani, quedando más detallado en los estudios de CVG Tecmin CA-USGS (Salazar y otros, 1.989).

En la región de Guasipati-El Callao aflora una buena sección del Supergrupo Pastora (Menéndez, 1968, 1.989), CRV antiguo, compuesto del Grupo Carichapo y la Formación Yuruari. El Grupo Carichapo está constituido de las formaciones Cicapra, predominantemente komatitica, Florinda, basáltico tholeitica a komatitica y El Callao, tipicamente basáltico-andesitica (“basandesitas”) toleiticas. Rocas metasedimentarias y metavolcánicas de El Torno-Real Corona, al Oeste del Río Aro fueron correlacionadas por Kalliokoski (1.965) con el Grupo Carichapo.

Tanto la Formación El Callao como la Formación Cicapra, tal como se menciona arriba, están más metamorfizadas y más tectonizadas hacia sus contactos con el Complejo de Supamo. El metamorfismo se hace más intenso al norte de la región, donde afloran las zonas originalmente más profundas del bloque estructural de Pastora, en las cuales ambas unidades, por tener una composición química esencialmente basaltico-andesítica, se convierten en anfibolitas muy bien foliadas, muy difíciles de distinguir entre sí. ( Mendoza , 2000)

La distinción es sólo posible porque conservan sus estructuras originales, aunque deformadas (almohadillas en las lavas, fragmentos y cierto bandeamiento composicional en las tobas y brechas). Estas zonas, constituidas esencialmente de anfibolitas distribuidas en fajas angostas, conformando pliegues sinformes en la parte norte de la región de Guasipati, y en la provincia de Pastora en general, se han designado Grupo Carichapo sin diferenciar. Su continuidad con las unidades diferenciadas del grupo (Formaciones Callao y Cicapra) quedó establecida durante el levantamiento de la región de Guasipati por Menéndez (1968). Un estudio detallado de estas anfibolitas se encuentran en el trabajo de Chase (1965) quien las llama Anfibolitas de Panamo; su distribución regional en la Provincia de Pastora fue

demarcada por KALLIOKOSKI (1965). McCandless (1965) se refiere a la misma unidad.

Menéndez (1968) sugirió el empleo del término: Grupo Carichapo (sin diferenciar), en las localidades, donde debido, ya sea, a una mayor deformación, o a un mayor grado metamórfico, o a escasez de afloramiento, la unidad no pudiera ser subdividida todavía.

Esta idea fue aceptada por Benaím (1972-a; 1972-b) en la región de Botanamo y Anacoco-El Dorado, por Lira et al. (1975) en la región de Akarabisí , y por Moreno y Mendoza (1985) en el Alto Supamo. Ríos (1972) y Espejo (1972) en la región de Upata y El Manteco-Guri, respectivamente, encuentran constituida esencialmente de anfibolitas a la unidad en la posición estratigráfica señalada arriba, pero no intentaron subdividirla, reviviendo el término de Formación Carichapo sin tomar en cuenta la sugerencia de Menéndez (op. cit.). Menéndez (1994) propuso el uso del término litodémico de Anfibolita de Carichapo de Kalliokoski (1965), como equivalente lateral de la unidad, en las localidades donde la unidad ha sufrido un metamorfismo superior al de los esquistos verdes, y como consecuencia, sus unidades constitutivas han perdido tanto su identidad litológica original, como el sentido de superposición.

Rocas del Súper grupo Pastora más el Grupo Botanamo son correlacionadas con aquellos CRV del Supergrupo Barama-Mazaruni de Guyana, el Grupo Marowijne y el Grupo Coeroni de Suriname, la Serie Paramaca (Grupos Orapú y Bonidoro) de la Guayana Francesa y el Grupo Vila Nova de Brasil (Sidder y Mendoza, 1.995) y el CRV de Parima-Caurame del Alto Orinoco-Surucucú de Brasil (Tassinari y otros, 2.000). Estos CRV y rocas graníticas asociadas forman parte de la gran provincia Maroni-Itacaiuna, un cinturón móvil que forma gran parte de rocas supracostales del gran Cratón Amazónico (Cordani y Brito Neves, 1.982; Goodwin, 1.991). Los CRV más antiguos de Pastora son posiblemente correlacionables con CRV del Birrimian de Africa Occidental. Mendoza (2000).

Basaltos komatíticos, komatítico-toleíticos y toleíticos espilitizados con estructuras de almohadillas predominan en la parte basal o inferior de los CRV de Guayana, seguidos en la parte intermedia por mayor predominio de rocas andesíticas y dacíticas (pórfidos andesíticos, dacitas, riocacitas y volcanoclásticas y piroclásticas equivalentes) sobre basálticas intercaladas con sedimentos mayormente pelíticos volcanogénicos y la parte superior está dominada por rocas turbidíticas (grauvacas, limolitas y lodolitas volcanogénicas), pelitas, tobas, cherts y volcanoclásticas, cerrando con areniscas cuarcíticas, filitas y conglomerados polimicticos, transicionales entre piriticos, de color verdoso a no piriticos de colores rojizos.

La secuencia total supera los 11.000 m. de espesor. Rocas ultramáficas ocupan 1-2% de los antiguos CRV de Guayana, basaltos y rocas gabroides hasta un 75%, basandesitas y flujos de lavas andesíticas alrededor de un 15-17% y rocas volcánicas félsicas y piroclásticas un 8% (Renner y Gibbs, 1.987).

Las rocas máficas-ultramáficas aparecen como intrusivas en la secuencia de los CRV, generalmente son complejos estratificados, que incluyen cúmulos de piroxenos y peridotitas asociadas a rocas gabroides con menores a ausentes anortositas, dioritas y cuarzo-dioritas. Estos complejos suelen estar tectonizados y metamorfizados y son pre-Transamazónicos, pero otros no muestran casi tectonismo ni metamorfismo y son post-Transamazónicos de la Suite Avanavero. (Mendoza , 2000)

#### **4.2.- COMPLEJO DE SUPAMO**

El Complejo de Supamo fue considerado por Moreno y Mendoza (1.972, 1.974) como un conjunto de rocas graníticas, intrusivas, y/o reactivadas, en rocas del Supergrupo Pastora, con alto contenido de Na<sub>2</sub>O, tales como tonalitas, trondjemitas, granodioritas (TTG) cuarzo-monzonitas, gneises y migmatitas equivalentes. Las rocas graníticas con normal a alto contenido de K<sub>2</sub>O y bajo a normal de Na<sub>2</sub>O, o

granitos “sensu stricto”, fueron consideradas por esos autores, como granitos más jóvenes, evolucionados e inclusive intrusivos en el Complejo de Supamo y hasta en los CRV más jóvenes como el de Botanamo.

Estas rocas generalmente forman domos expandidos y arqueados contra los apretados y replegados sinformes de CRV, como los domos de El Manteco, Santa Justa y otros. Asociados a estas rocas existen una serie de plutones pequeños y pórfitos ricos en cuarzo. Geomorfológicamente forman áreas bajas y planas, sabanas, con escasa vegetación y suelos muy arenosos, ricos en cuarzo y en vetas de cuarzo estériles, que desarrollan suelos arenosos de color blanco grisáceo a amarillento. (Mendoza , 2000)

#### **4.3.- PROVINCIA DE RORAIMA**

La Provincia geológica de Roraima se extiende desde los límites del Parque Nacional Canaima, hacia el Km 95 cerca de la Piedra de la Virgen, hasta Santa Elena de Uairen en dirección NS y desde el río Venamo hasta las proximidades del río Paragua. Esta provincia está compuesta por rocas del Grupo Roraima con diabasas y rocas gabronoríticas cuarcíferas a dioríticas cuarcíferas (Asociación Avanavero). (Mendoza , 2000)

El Grupo Roraima se extiende desde Tafelberg (Suriname) hasta Neblina en Amazonas, cubriendo actualmente unos 250.000 Km<sup>2</sup>, aunque originalmente pudo ser del orden de 1.200.000 km<sup>2</sup>

En general, Roraima carece de marcado tectonismo (sinclinales suaves muy abiertos y de muy bajo buzamiento) con algún fallamiento, incluso fallas de arrastre como en el Tepuy de Parú, frente a Kakuri, Alto Ventuari en el Estado Amazonas, relacionados a la Orogenia Nickeriana y de levantamientos epirogénicos. Briceño et al (1.989) concluyen que los tepuyes son el producto de inversión topográfica

remanentes de sinclinales de ejes con declive en ambas direcciones y las áreas bajas alrededor de los tepuyes corresponden a erosionados anticlinales. Mendoza (2000).

Las rocas de Roraima no muestran metamorfismo regional. Solo se registra metamorfismo de contacto (andalucita) de rocas de Roraima con granitos intrusivos, post-1450 Ma, y de rocas máficas de la Asociación Avanavero; aunque Urbani (1.975) postuló un metamorfismo de carga (pirofilita) en algunas localidades del Alto Caura posiblemente donde el Grupo Roraima alcanzó otros 3.000 m adicionales de sedimentos actualmente erosionados.

Reíd (1974), dividió el Grupo Roraima en el área de Santa Elena del Uairén en cuatro formaciones, que de más antigua a más joven, son: Uairén, Kukenan, Uaimapué y Mataui.

La Formación Uairén aflora en y cerca de la ciudad del mismo nombre al final de la Gran Sabana y presenta un espesor de unos 800 a 900 m. Su contacto inferior es discordante sobre tobas meteorizadas del tipo Formación Caicara, pertenecientes a la Formación Pacaraima que se extiende hacia Brasil y forma la divisoria de aguas de Venezuela y Brasil en esa región. Dohrenwend y otros (1.995) subdividieron la Formación Uairén en un miembro inferior de unos 600 m de espesor, compuesto de areniscas cuarcíticas de grano grueso, bien escogidas, con estratificación cruzada y festeonada, intercalada con lentes conglomeráticos de matriz silícea y con escasas limolitas arcillosas; y de un miembro superior, de unos 100 m a 300 m de espesor, formada por areniscas cuarcíticas de grano medio, con abundante estratificación cruzada y escasos conglomerados intercalados.

Concordantemente encima de la Formación Uairén, aflora la Formación Kukenan, de un espesor máximo de 100 m, bien expuesto en el bajo tepuy del mismo nombre que cruza la carretera transnacional Troncal 10, integrada de paquetes

alternantes, compuesta cada uno de tope a base de areniscas feldespáticas, limolitas feldespáticas y lutitas o arcillitas. Mendoza (2000).

Concordantemente y encima de la Formación Kukenan sigue la Formación Uaimapué, con un espesor máximo de 250 m, que puede ser separada también en dos miembros, uno inferior similar litológicamente a la Formación Uairén, constituido por areniscas de grano fino a grueso con estratificación cruzada y conglomerados, intercalados con delgadas capas de limolitas y arcillitas; y de un miembro superior, formado por arcosas, jaspes, limolitas y tobas vítreas, de variados colores (rojizos, verdes, crema-amarillentos y grises). Las tobas vítreas han sido tomadas como capas guías dentro de la estratigrafía de Roraima y dateadas extensamente en Suriname, Guyana y Venezuela. ( Mendoza , 2000).

Concordante y suprayacente a la Formación Uaimapué, aflora la Formación Mataui, la unidad más joven del Grupo Roraima, que ocupa gran parte de los elevados y verticales tepuis, con ortocuarcitas y areniscas cuarzo-feldespáticas con estratificación cruzada, marcas de oleaje, y areniscas masivas, con algunos horizontes muy delgados de areniscas arcillosas o lutáceas. El espesor de esta formación puede ser mayor a los 1.000 m. Mendoza (2000).

#### **4.3.1.- AMBIENTES DE DEPOSITACIÓN Y EDAD**

Las rocas de Roraima fueron depositadas en ambientes mayormente fluviales, deltaicos, a localmente marino costeros, lacustrinos, en canales de ríos de baja sinuosidad y llanuras aluviales, distributarios deltaicos por encima de lagos interdeltaicos, lagunas costaneras a bahías interdeltaicas, playas sin barras y llanuras intramareales (Sidder y Mendoza, 1.995).

Las estructuras sedimentarias presentes tales como: estratificación cruzada y rizaduras y la orientación de los guijarros de los conglomerados indican que los

sedimentos para la Roraima de la Gran Sabana fueron transportados desde fuentes localizadas al NE, E y SE. Las cuencas de sedimentación fueron varias, limitadas por fallas con basamentos emergentes entre ellas (Ghosh, 1985) simultáneas y también separadas en el tiempo.

Las rocas sedimentarias de Roraima se depositaron después de la Orogénesis Transamazónica, facies tipo molasa, en una corteza relativamente estable. En efecto, el espesor del Escudo no alcanzó su máximo de estabilización y cesación de la deformación y magmatismo, sino que más bien siguió un proceso pasivo de fallamiento y deslizamiento de la corteza continental (intrusiones del Grupo Cuchivero y relacionadas) con una subsecuente subsidencia general y sedimentación que se extendió por varios cientos de millones de años hasta alcanzar su casi estabilización. (Mendoza, 2000).

La edad de las rocas de Roraima es tan antigua como casi 1.800 Ma (discordantes sobre tobas tipo Formación Caicara del Grupo Cuchivero) para su parte basal de la Formación Uairén y tan joven como menos de 1.500 Ma para su parte superior o Formación Mataui y equivalentes (que yacen discordantes sobre GRP) siendo su parte media o Formación Uaimapué, alrededor de 1.660 Ma promedio (Tabla 22) como en la tobas de Tafelberg, Suriname, a tan antiguas como como 1.730 Ma (tobas vitreas próximas a Santa Elena del Uairen) a tan jóvenes como 1.570 Ma en la tobas de Canaima (Sidder y Mendoza, 1.995), determinaciones todas en Rb/Sr roca total. Santos (1.999) estableció que la edad mínima de inicio de sedimentación de Roraima fue de 1.77 Ga, obtenida en diques intrusivos de la Asociación Avanavero en la parte basal del Grupo Roraima.

Las diabasas y rocas asociadas, cuarzo gabroides y norítico-gabroides hasta cuarzo dioríticas y granófiros, son intrusivas en Roraima y ocurren como sills y diques en las zonas de debilidad tectónica tales como los contactos inferior (Roraima/Supamo) e intraformacionales (Uairén/Kukenan; Kukenan/Uaimapué;

Uaimapué/Mataui) con edades próximas a las edades de las tobas félscicas (¿volcanismo bimodal tipico del Proterozoico?), o sea de unos  $1.670 \pm 14$  Ma por Rb/Sr roca total en Suriname, a  $1.640 \pm 58$  Ma.

Estas rocas máficas no metamorfizadas denominadas primeramente como Asociación Intrusiva en Roraima, hoy se conocen como Asociación Avanavero y se extienden intrusivas en las partes basal a media de Roraima desde el Río Paragua a la Gran Sabana, Guyana, Suriname, posiblemente Guayana Francesa y en el Escudo Reguibat, con 1.600 Ma, de África Occidental.

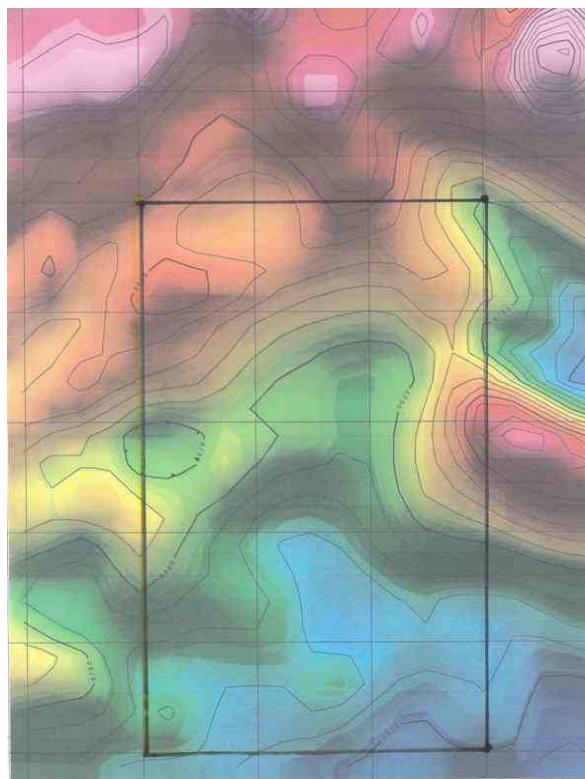
## 5.- CARACTERÍSTICAS GEOFÍSICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

El capítulo a continuación agrupa la información geofísica conocida de la zona. Mostrando el comportamiento del campo magnético total y residual, además del gradiente horizontal.

Las características geofísicas de este sector, se estudio mediante el levantamiento aeromagnético realizado en el estado Bolívar en los años 1959-1960, para lo cual se tomaron los mapas originales a escala 1:50.000, se digitalizaron, se llevaron a una malla de 100 x 500 m, para posteriormente obtener los mismos en forma digital.

El mapa magnético total del área (Fig. 10 ), se observa una variación de la intensidad del mismo en dirección aproximada norte-sur cambiando de un campo magnético positivo débil en la zona Norte a un campo magnético negativo que llega a ser intenso en el extremo sur-sureste del sector.

Campo magnético total



*Fig. 10.- Campo magnético total  
Escala 1:50000*

Estas características del campo están dadas por la presencia en esta zona Sur del área de sedimentos de la formación Roraima, con muy bajas propiedades magnéticas, todo lo contrario en la medida que se observa en dirección norte del sector, donde el campo comienza a cambiar, reflejando la presencia de los Cinturones de Rocas Verdes, en ocasiones subyacidos por cuerpos intrusivos.

Toda esta situación geológica provoca que la intensidad del campo cambie y comienza a manifestarse como anomalías positiva.

Al campo magnético total se le practicaron algunas transformaciones con el objetivo de precisar aun mejor las zonas anómalas de carácter más local , de manera

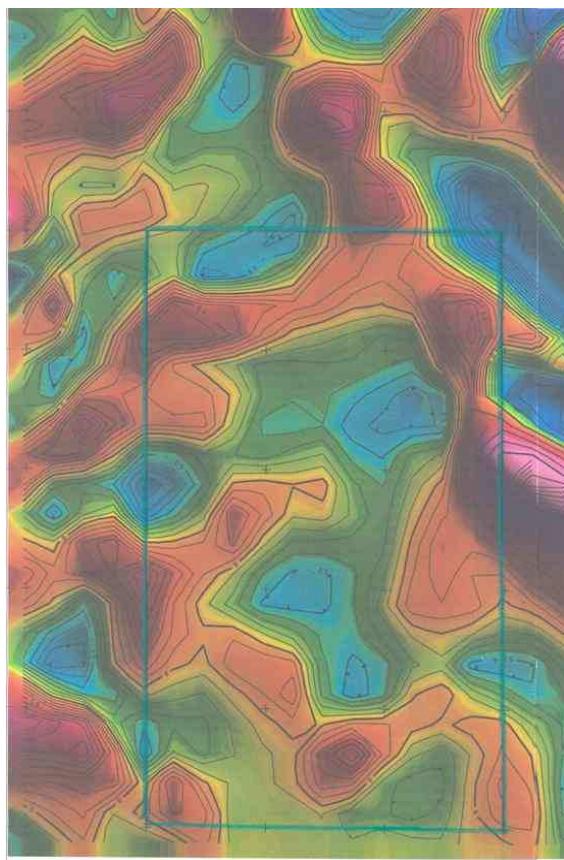
que se tuviese información de fuentes menos profundas , que brindasen da una mejor visión sobre estructuras que puedan tener interés para los fines de búsqueda de mineralización en el sector.

Es por ello que se calculó un campo magnético residual (Fig. 11) para tales fines, en este campo local se revelan zonas anómalas positivas que en la zona centro-norte del área parecen estar asociadas con cuerpos intrusivos que no afloran en superficie pero cercanos a la superficie e intrusionando a las rocas del CVR.

Esto no deja de ser una situación geológica interesante desde el punto de vista metalogénico, por la relación que pueden tener estos cuerpos con la mineralización en el sector.

También en la zona sur, se observan algunas anomalías locales positivas, pero más débiles y estas pudiesen estar reflejando bloques del cinturón de rocas verdes infrayaciendo a los sedimentos de la formación Roraima en forma de horst, pero a profundidades que no revisten importancia alguna desde el punto de vista de la prospección y de búsqueda.

### Campo magnético residual



*Fig. 11.- Campo magnético residual*

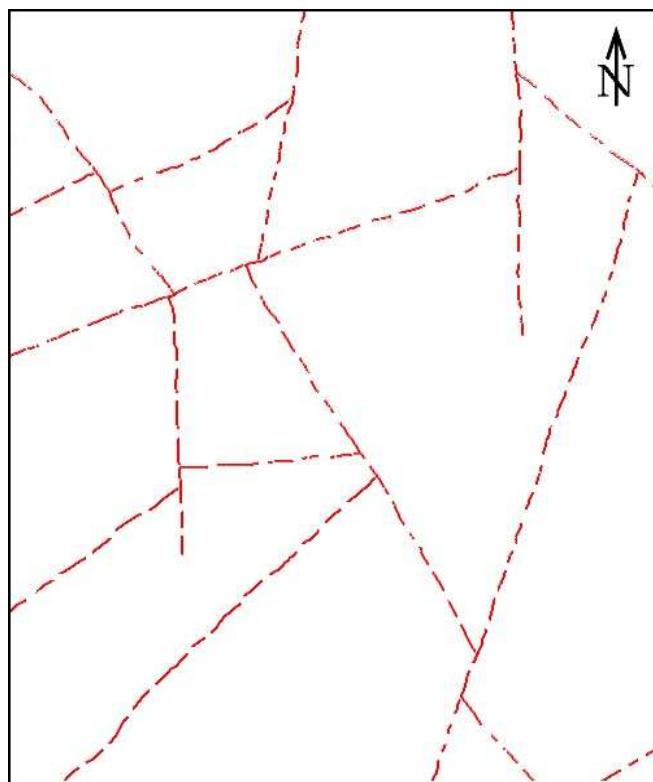
*Escala 1:50000*

## 5.1.- CARACTERIZACIÓN DE ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS POR MEDIOS DE DATOS GEOMAGNÉTICOS

Del campo magnético total, así como de algunas sus transformaciones, se pueden interpretar algunas alineaciones dentro de los límites del sector, los cuales al parecer tienen preferencia por los rumbos NE y NW respectivamente sin poderse establecer una relación clara entre ambos sistemas.

Sin embargo estas zonas de fallas deben ser tenidas en cuenta durante los trabajos de prospección, pues es bien sabido de la vinculación que presentan con la mineralización aurífera en la región.

### Caracterización de estructuras geológicas de acuerdo al gradiente geomagnético



*Fig. 12.- Fallas interpretadas (Señaladas en Rojo)  
a partir del gradiente geomagnético. Escala 1:50000*

## 6.- GEOLOGÍA LOCAL

El capítulo siguiente corresponde a la geología local del área estudiada. Esta es dividida en dos posibles unidades: Grupo Carichapo sin diferenciar y la Provincia Roraima. A continuación veamos la descripción total del capítulo.

En el sector afloran dos unidades geológicas posiblemente pertenecientes a las Provincias de Pastora y Roraima. La zona está constituida en su mayor parte por un relieve alto con declives y pendientes que facilitan la influencia de factores climáticos, donde su parte superior está formada por capas de suelos arcillosos color rojizo variando sus tonalidades a amarillento, característico de la presencia de minerales de hierro como la hematita y la limonita producto de los procesos de meteorización, y la parte inferior por anfibolitas.

La Provincia Pastora cubre la mayor parte de la zona y está representada por el cinturón de rocas verdes del Grupo Carichapo sin diferenciar que es intrusiónado de acuerdo al estudio geofísico por el Complejo Supamo aunque este no aflora en el sector puede encontrarse infrayaciendo a poca profundidad a los CRV. Al sur del área Carichapo se encuentra cubierta por rocas del Grupo Roraima. A continuación se describen las litologías de cada grupo:

### 6.1.- GRUPO CARICHAPO SIN DIFERENCIAR

Esta unidad aflora en la mayor parte de la zona y constituye un 97% del total del área, localmente está constituida por posibles anfibolitas (Fig. 13.-), homogéneas que varían entre verde claro y gris oscuro, con granos entre fino y muy fino. Los afloramientos en general son pequeños y aislados y están mayormente en los cursos de las quebradas.

Las vetas de cuarzo presentes en el área, se encuentran dispersas, a simple vista no se observa la presencia de sulfuros ni de oro, el espesor de las mismas varía entre 0,80 m y 2 m. Algunas de estas vetas se encuentran fracturadas y llenas de óxidos de hierro.

#### Afloramiento de Roca



Fig. 13.- Afloramiento SP-0153, posible anfibolita.

## 6.2.- PROVINCIA RORAIMA

Esta unidad se encuentra localizada al sur del área de estudio, abarca un 3 % aproximadamente de la misma. Esta aflora discordantemente sobre el Grupo Carichapo sin diferenciar y Complejo Supamo, conformando altiplanicies (Fig. 14.-). Está constituido litológicamente por posibles areniscas cuarzosas de gran dureza, color morado oscuro.



Fig. 14.- Altiplanicie del Grupo Roraima

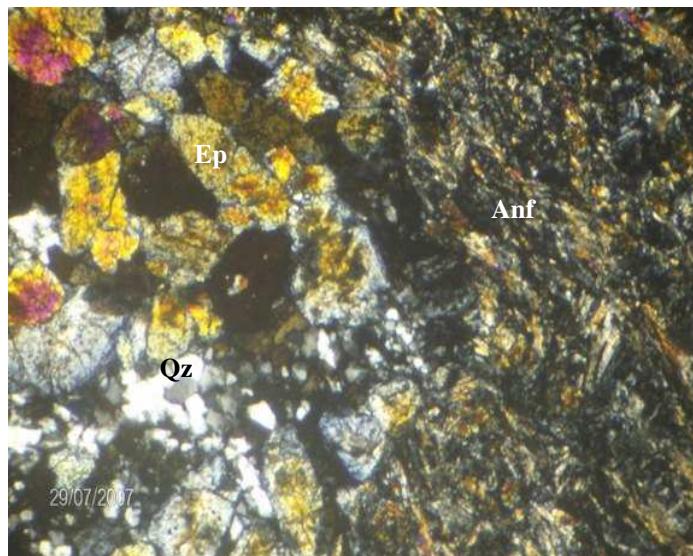
## 7.1- RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

El siguiente capítulo tiene como propósito dar significado a los datos recolectados en la investigación, donde se procesara la información geológica y geoquímica del área, con el propósito de dar respuestas a los objetivos planteados en el estudio, conectándolos de manera directa con las bases teóricas. Se reseñan los análisis químicos por medio del método analítico de ICP-OES. A estos análisis, se les aplicaron estadística básica y se elaboraron mapas de parámetros simples.

### 7.1.1.- PETROGRAFÍA

**Anfibolitita:** La muestra SP-0153 (Fig. 15.- y Fig. 16.-), macroscópicamente es una roca dura, fresca, homogénea, de grano fino, microscópicamente se observa una textura nematoblástica, formada por minerales prismáticos con orientación poco definida. Mineralógicamente la roca está compuesta por abundante hornblenda ( $\approx 83\%$ ) , de tamaño fino a grueso, prismática, a veces con bordes corroídos, alargadas, ligeramente orientadas y distribuidas homogéneamente en toda la muestra; hay cuarzo ( $\approx 10\%$ ), de tamaño fino anhedral, también hay epidoto ( $\approx 6\%$ ), en agregados muy finos , formando cúmulos y también granos individuales, además se observa muy escasa clorita tipo pennina, de tamaño muy fino , producto de alteración del anfíbol y en algunos casos llenando vetillas junto con el epidoto y el cuarzo, por último hay minerales opacos, de tamaño fino, anhedrales y dispersos heterogéneamente por toda la muestra.

**Petrografía de la muestra SP-0153 (Nx). Anfibolita**



*Fig. 15.- (Nx) (4x-Epi.10/0.25) Textura nematogranoblástica formado por prismas de anfíbol (Anf) tipo tremolita-actinolita y agregados granulares de epidota (Ep) y cuarzo (Qz).*

**Petrografía de la muestra SP-0153 (N//). Anfibolita**



*Fig. 16.- (N//) (4x-Epi.10/0.25) La misma área que la Fig. 15.-*

**Anfibolitita:** La muestra SP-0020 (Fig. 17.-, Fig. 18.-) macroscópicamente es una roca dura, fresca, homogénea, de grano fino y bajo el microscopio se observa una textura nematoblástica constituida por anfíbol horbléndico/actinolítico ( $\approx 85\%$ ) anhédrico y sub-hédrico de grano fino, es de pleocroismo débil a moderado, de color verde; plagioclasa anhédrica no maclada ( $\approx 5\%$ ) junto con cuarzo ( $\approx 2\%$ ) ambos insterticiales, así como epidoto ( $\approx 5\%$ ), tipo zoisita y clinozoisita insterticial. Además se observa pequeños gránulos de titanita disperso por toda la sección.

#### Petrografía de la muestra SP-0020 (Nx). Anfibolita

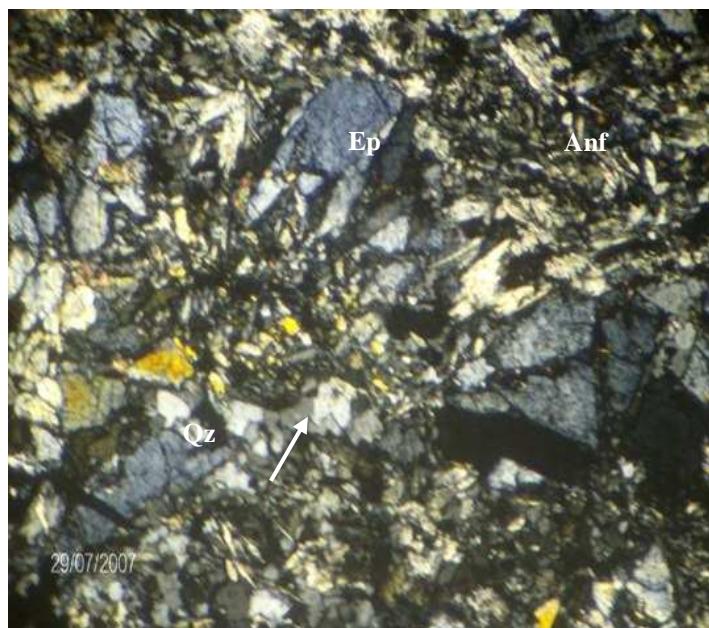
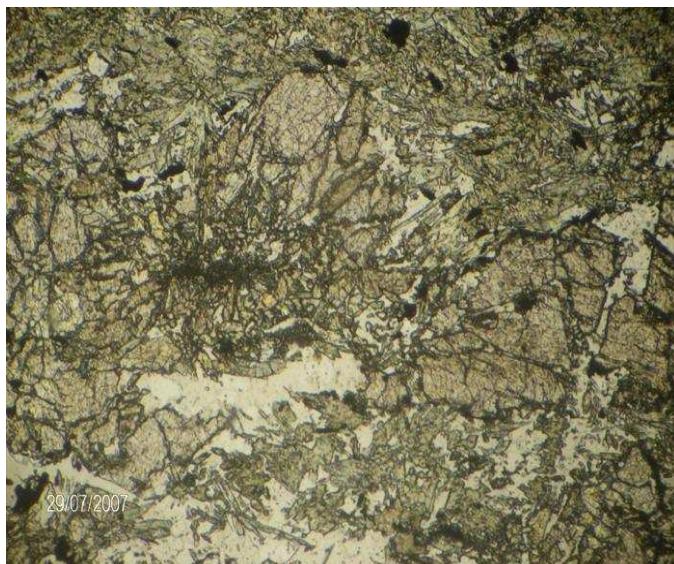


Fig. 17.- (Nx) (4x-Epi.10/0.25) Textura nematogranoblástica formado por prismas de anfíbol (Anf) tipo tremolita-actinolita y agregados granulares de epidota (Ep) tipo zoisita y clinozoisita y cuarzo (Qz).

### Petrografía de la muestra SP-0020 (N//). Anfibolitita



*Fig. 18. (N//) (4x-Epi.10/0.25) La misma área que la Fig. 17.-.*

**Arenisca:** La muestra SP-0139 macroscópicamente es una roca dura, compacta, homogénea, con escasa porosidad visual, de grano fino, ligeramente estratificada, con alternancias de capas de espesores variables y de color rojizo.

Se observa una textura clástica, donde los clastos presentan un empaquetamiento que va de completo a tangente, donde mayormente la muestra es grano-sostenida, donde los fragmentos se tocan en uno o más puntos, y el espacio intergranular dejado por estos fragmentos se encuentra ocupado por un material de tamaño muy fino. Mineralógicamente la roca está compuesta por abundante cuarzo ( $\approx 85\%$ ), de tamaño medio a fino, subredondeado a subanguloso, ondulante, fuertemente fracturados, mayormente se presentan grano-sostenidos y en las zonas donde hay espacio intergranular, se presenta una matriz ( $\approx 10\%$ ), compuesta principalmente por sericita de tamaño muy fino, escaso cuarzo de tamaño muy fino, en agregados y formando mosaicos microcristalinos; por último se observaron

minerales opacos ( $\approx 5\%$ ), de tamaño medio a fino, granudos y dispersos por la muestra.

**Arenisca:** La muestra SP-0140, en la sección fina se nota que se trata de una roca de textura clásica, de selección y madurez moderada, constituida esencialmente por cuarzo (95%) anhédrico de grano fino menor a 0.5 mm, sub-redondeados y subangulosos de extinción recta y semiondulada, de contactos cóncavo/convexo y menos frecuentes rectos, presenta pseudomorfos de sericitas/moscovita probablemente reemplazando clastos de plagioclasas; también sericitas/moscovita llenando espacios intersticiales, circón en cristales euhédricos, gránulos de mineral opaco, hematita intersticial y un cristal subhédrico de magnetita pseudomorfizada por hematita.

Los resultados permitieron dividir en dos unidades litológicas el área de estudio, la primera ubicada al Norte, constituidas por anfibolitas, muestras SP-0153 y SP-0020, que corresponde al Grupo Carichapo sin diferenciar, este término se emplea debido a la escasez de afloramientos no permite subdividir en sus tres formaciones constituyentes. La segunda ubicada al sur, constituidas por areniscas, muestras SP-0139 y SP-0140, correspondientes a la formación Roraima.

### 7.1.2.- MINEROGRAFÍA

La mineralización de hierro en la superficie fue estudiada por medio de (8) muestras minerográficas, de las cuales se describen 3 de las más representativas.

La muestra SP-0048, se observa macroscópicamente alterada heterogénea con granos muy finos, en parte de color pardo rojizo con tonos amarillentos y negruzcos, con vetillas gruesas y finas de color negro paralelas a la foliación que en ocasiones se entrecruzan.

Los minerales que componen la muestra están representados por abundante goethita ( $\approx$  96%), de tamaño fino a medio, con hábito botroidal, coloformes y radial, hematita ( $\approx$  3%) de tamaño fino, anhedral, dispersa heterogéneamente, algunas veces en forma de vetillas gruesas y otras bordeando las vetillas de goethita y además se observaron restos de magnetita de grano fino.

Además hay escasa pirita de tamaño muy fino y anhedral así como presencia de un grano de oro muy fino incluido en la goethita (Fig. 19.-).

#### Minerografía de la muestra SP-0048 (N//). Goethita



Fig. 19.- Grano de oro incluido en goethita

(N//) (40x-Epi.10/0.25) Luz reflejada

La muestra SP-0170, macroscópicamente es una roca dura, homogénea, de grano muy fino, de color pardo amarillento, con vetas irregulares y discontinuas, formadas por un mineral de color negro el cual mancha al tacto, a veces este mineral se presenta llenando grietas.

Bajo el microscopio se observa abundante goethita ( $\approx 91\%$ ), de grano fino, anhedral, porosa y dispersa homogéneamente en toda la muestra; magnetita ( $\approx 7\%$ ), muy fina, anhedral y sustituida por goethita; también se observa grafito coloforme bordeando en un extremo a la goethita y en ocasiones sustituyendo a la magnetita.

La hematita es fina anhedral aparece bordeando al grafito y en granos individuales en la goethita; por último se observó muy escasa pirita muy fina incluida dentro de la goethita y el grafito. (Fig. 20.-)

#### **Minerografía de la muestra SP-0170**

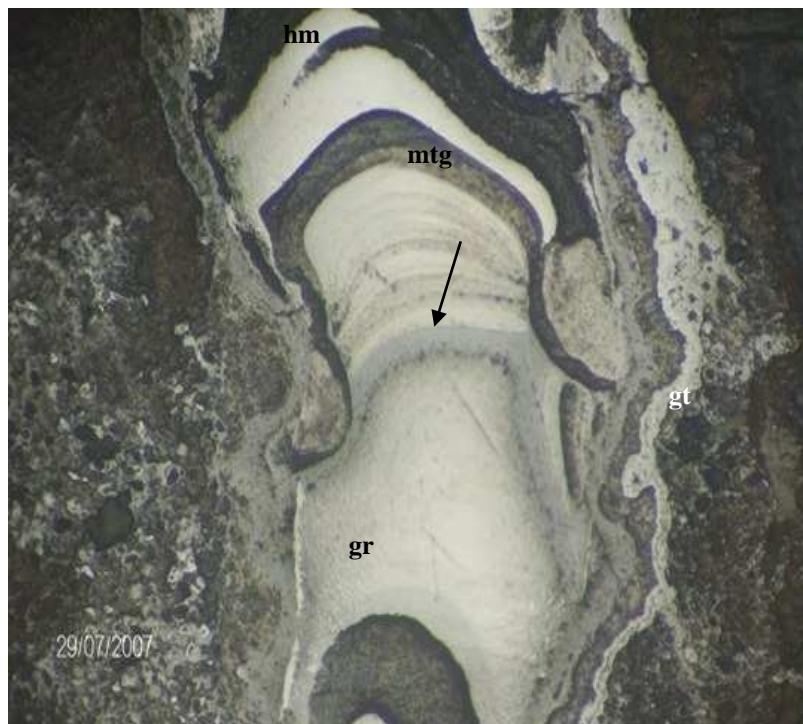


Fig. 20.- (10x-Epi.10/0.25) Luz reflejada. Veilla de grafito (gr), con hematita (hm) y magnetita (mt) bordeada por goethita (gt) coloforme y botroidal.

### Minerografía de la muestra SP-0170

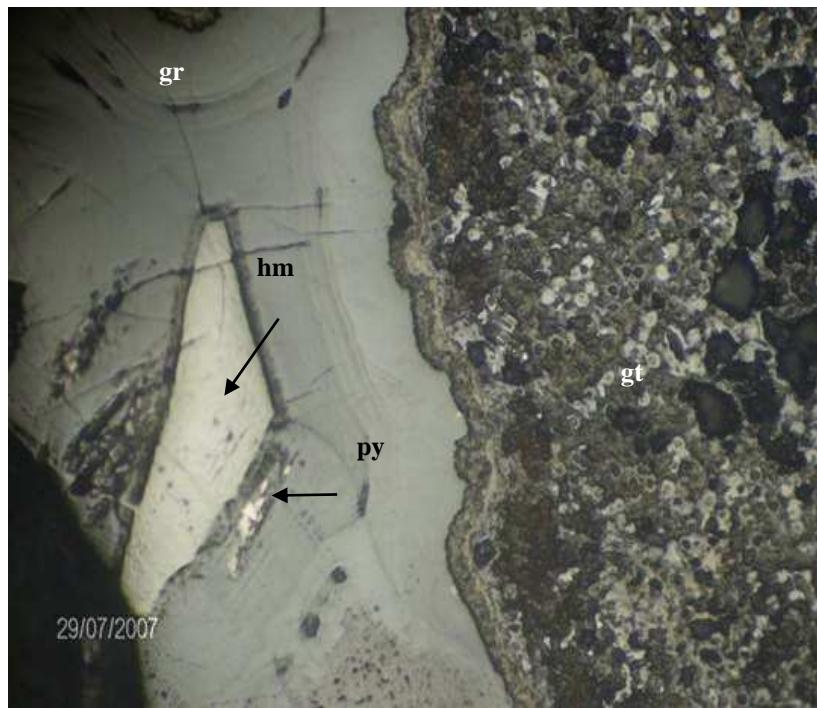


Fig. 21.- (10x-Epi.10/0.25) Luz reflejada. Vetilla de grafito (gr), con hematita (hm) subhedral y pirita (py) muy fina bordeada por goethita (gt) coloforme y botroidal, otra área de la muestra.

La muestra SP-0058, es una roca homogénea, porosa, donde se observan granos de tamaño medio a grueso, unidos por una masa de granos de tamaños más finos, es de color amarillo, con tonos pardo rojizo claros y ligeramente untuosa al tacto. Bajo el microscopio y con luz reflejada, está compuesta por abundante goethita ( $\approx 99\%$ ), de tamaño fino, anhedral y en ocasiones coloformes, fracturada y porosa; también se observó escasa hematita, de tamaño muy fino, anhedral y asociada a la goethita; además magnetita, de tamaño muy fino, anhedral y en algunos casos sustituida por la hematita; se observó muy escasa pirita, anhedral y de grano muy fino.

#### Minerografía de la muestra SP-0058

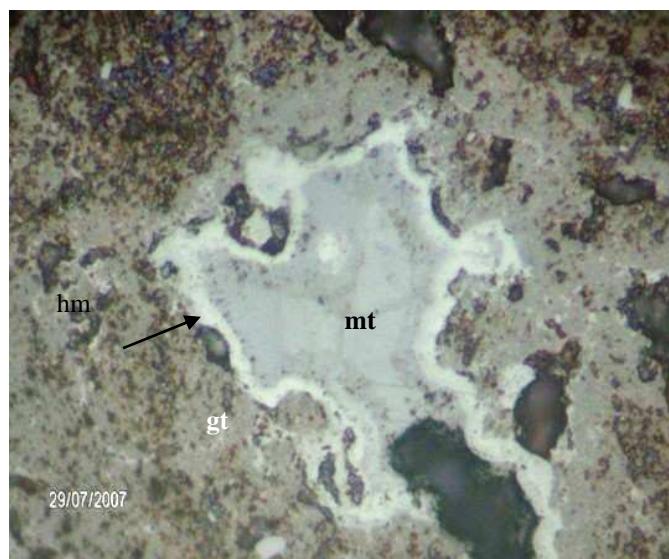


Fig. 22.- Aumento: (40x-Epi.10/0.25) Luz reflejada. Se observa magnetita (mt) anhedral, siendo sustituida por la hematita (hm) en los bordes (proceso de martitización) en medio de una masa de goethita.

### Minerografía de la muestra SP-0058

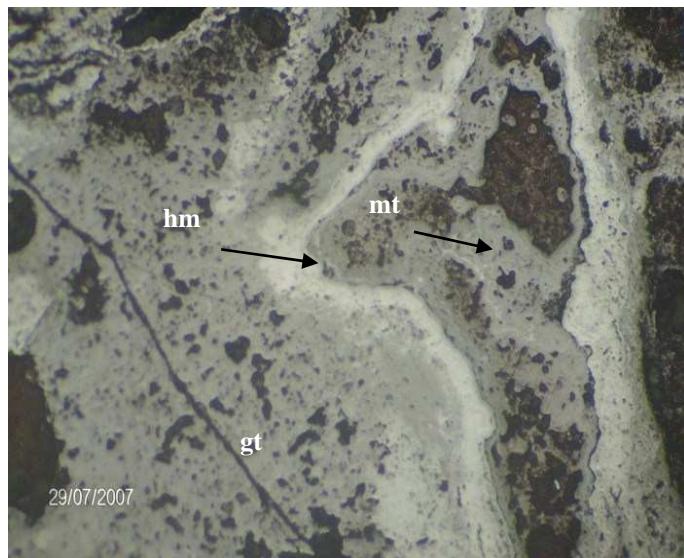


Fig. 23.- Aumento: (40x-Epi.10/0.25) Luz reflejada. Se observa magnetita (mt) anhedral, siendo sustituida por la hematita (hm), hacia los bordes (Proceso de martitización), en medio de una masa de goethita, otra área de la muestra.

### 7.1.3.- DIFRACCIÓN DE RAYOS X (DRX)

Los minerales de alteración fueron estudiados por medio de difracción de rayos X (DRX), los siguientes resultados corresponden a dos de las muestras más representativas del área a los cuales se le realizó análisis, solo se toman estas dos muestras debido a que las otras siguen los mismos patrones.

Tabla 2. Mineralogía de la muestra 3LM1

**Mineralogía de la muestra 3LM1**

| <b>Mineral</b> | <b>Formula Química</b>   | <b>DRX (%)</b> |
|----------------|--|----------------|
| Hematita       | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                     | 12             |
| Caolinita      | Al <sub>2</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )(OH) <sub>4</sub> | 33             |
| Cuarzo         | SiO <sub>2</sub>   | 14             |
| Gibsita        | Al(OH) <sub>3</sub>  | 41             |

Tabla 3. Mineralogía de la muestra 0016

**Mineralogía de la muestra 0016**

| <b>Mineral</b> | <b>Formula Química</b>   | <b>DRX (%)</b> |
|----------------|--|----------------|
| Goethita       | FeO  | 65             |
| Hematita       | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                     | 24             |
| Magnetita      | FeFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>                                   | 8              |
| Caolinita      | Al <sub>2</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )(OH) <sub>4</sub> | 0,9            |
| Anatasa        | TiO <sub>2</sub>   | Traza          |

Los resultados permitieron establecer la presencia de suelos lateríticos, unos ricos en hierro y otros en aluminio, desarrollados en condiciones específicas como climas tropicales húmedos con temperaturas medias a altas, y con alta incidencia de la pluviosidad, también es necesario para el desarrollo de estos suelos peculiares una topografía plana, por favorecer la permanencia del agua en el suelo, y retardar los procesos erosivos sobre el mismo. Los suelos se han formado fundamentalmente sobre rocas ígneas básicas ricas en minerales ferromagnesianos, la hidrólisis de estos minerales, produce como productos finales óxidos/hidróxidos de hierro, sílice, y sales solubles de Mg y Ca.

Las lateritas enriquecidas mayoritariamente por hidróxidos y óxidos de hierro tales como goethita y hematita, a menudo acompañado de sílice o cuarzo, y de

hidróxidos de aluminio y manganeso, se disponen en agregados terrosos, formando capas de espesor muy variable, que pueden llegar a alcanzar una decena de metros. Todo esto ha ocurrido como consecuencia de la acumulación de estos elementos producto de una meteorización química avanzada.

Las lateritas enriquecidas preferencialmente en hidróxidos de aluminio, se forman sobre rocas previamente enriquecidas en este elemento. El mineral que forma las bauxitas es la gibsita, muy común en la parte central del área, a menudo aparece acompañado de hidróxidos de hierro, óxidos de hierro y titanio (hematites, rutilo), y minerales arcillosos, fundamentalmente caolinita.

Al igual que las primeras, estos minerales se asocian en agregados terrosos, así como bandeados, brechoides y pisolíticos. Suelen presentar coloraciones claras a menudo con tonalidades rojizas, debidas a la presencia de hidróxidos de hierro.

Además se ha observado la presencia de oro como granos dispersos y aislados en las lateritas, lo cual ha podido ser comprobado por medio de muestras minerográficas, como la muestra SP-0048, donde fue observado un grano de oro incluido en la goethita así como pirita. En la muestra SP-0160, se detectó la presencia de pirita y calcopirita finamente dispersa.

La presencia de oro se confirmó en tres muestras de suelos sometidas a análisis químicos de Au , mediante el métodos de Ensayo al fuego ICP-EOS los cuales arrojan contenidos que oscilan entre 0,05- 0,25 g/t. que aunque no son contenidos elevados pueden ser considerados si se tiene en cuenta , el área total que ocupan estas lateritas. Estos análisis no fueron planteados en los objetivos pero no dejan de ser interesantes

#### 7.1.4.- FLUORESCENCIA DE RAYOS X (FRX)

Los siguientes resultados (Tabla 5.-), corresponden a los análisis de Fluorescencia de Rayos X (F.R.X), realizados en las muestras 3LM1 y la 0011 presentando las siguientes concentraciones de elementos mayoritarios y trazas.

Tabla 5.- Análisis por Fluorescencia de Rayos X (F.R.X)

| Óxidos                           | Análisis por F.R.X<br>Muestra 0011 | Análisis por F.R.X<br>Muestra 3LM1 |
|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| % Si O <sub>2</sub>              | 13,22                              | 8,39                               |
| % Ti O <sub>2</sub>              | 2,30                               | 2,06                               |
| % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 19,68                              | 24,45                              |
| % Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 43,09                              | 43,35                              |
| % Mn O                           | 0,07                               | 0,07                               |
| % Mg O                           | 0,06                               | 0,1                                |
| % Ca O                           | 0,25                               | 0,19                               |
| % K <sub>2</sub> O               | 0,17                               | <1                                 |
| % V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,13                               | 0,11                               |

### **7.1.5- ANÁLISIS DE ICP-OES**

#### **7.1.5.1.- CARACTERÍSTICAS DEL SUELO**

El suelo desarrollado en el área en general es de color marrón – rojizo, de textura arcillo arenosa en ocasiones gravosa. A una profundidad aproximadamente de 20 a 30 cm, aparece con frecuencia una capa laterítica dura por lo que impidió tomar material a mas profundidad.

#### **7.1.5.2- ANÁLISIS QUÍMICO**

Las concentraciones de  $P_2O_5$ ,  $SnO_2$ ,  $Bi_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $K_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $CuO$ ,  $CoO$ ,  $Be$ ,  $W$ , se determinaron resultados por debajo del límite de detección del método analítico, excluyendo del estudio el  $MoO_2$ ,  $Cr_2O_3$  y  $NiO$ , pues sus concentraciones en más de un 50 % se determinaron por debajo del límite de detección.

Para la representación espacial de la distribución de las concentraciones de los parámetros bajo estudio se realizaron los mapas de isoconcentraciones. La estimación de los valores se realizo mediante el Kriging, Utilizando el modulo de geoquímica del Oasis Montaj.

#### **7.1.5.3.- ESTADÍSTICA BÁSICA DE LAS VARIABLES**

Se aplicó un análisis estadístico básico a los datos obtenidos del análisis químico. La Tabla 2.- Contiene un resumen de los parámetros calculados. Como lo indica el coeficiente de asimetría de los datos originales, las variables  $V_2O_5$ ,  $TiO_2$ ,  $PbO_2$ ,  $CaO$ ,  $K_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $MgO$ ,  $MnO$ ,  $SiO_2$ , tienen asimetría positiva lo que refleja que las mayores concentraciones son las menos frecuentes, mientras que el  $Fe_2O_3$  y el  $Al_2O_3$  poseen asimetría negativa, los valores altos son más frecuentes y por tanto están más distribuidos en el área. Algunos valores máximos están alrededor de 4 desviaciones estándar de la media.

Una visión grafica de los datos se obtuvo mediante los histogramas y la curva de frecuencia acumulativa .La distribución de los mismos se asume como lognormal para toda la población, permitiendo así establecer una población única para cada elemento.

Tabla 5 - Parámetros estadísticos básicos, muestreo de suelo. Sector Supamo Parapapoy.

| Óxidos                   | %                 |                  |             |                   |                                |                                  |             |             |                   |                   |                               |
|--------------------------|-------------------|------------------|-------------|-------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|
|                          | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | Mg O        | Si O <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | % Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Mn O        | CaO         | Pb O <sub>2</sub> | Ti O <sub>2</sub> | V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
| Media                    | 0,55              | 0,17             | 0,06        | 13,22             | 19,68                          | 43,09                            | 0,07        | 0,25        | 0,39              | 2,30              | 0,13                          |
| Error típico             | 0,11              | 0,05             | 0,01        | 4,07              | 1,20                           | 4,28                             | 0,02        | 0,04        | 0,09              | 0,25              | 0,02                          |
| Mediana                  | 0,49              | 0,09             | 0,05        | 3,67              | 21,02                          | 45,25                            | 0,02        | 0,19        | 0,19              | 2,36              | 0,11                          |
| Moda                     | 0,01              | 0,02             | 0,03        | *                 | *                              | *                                | 0,01        | 0,30        | 0,01              | 2,40              | 0,10                          |
| Desviación estándar      | 0,56              | 0,24             | 0,04        | 20,73             | 6,13                           | 21,81                            | 0,11        | 0,22        | 0,45              | 1,26              | 0,11                          |
| Varianza de la muestra   | 0,32              | 0,06             | 0,00        | 429,71            | 37,54                          | 475,61                           | 0,01        | 0,05        | 0,21              | 1,58              | 0,01                          |
| Curtosis                 | 0,37              | 8,01             | 0,28        | 8,10              | 0,54                           | -1,14                            | 8,30        | 1,41        | 0,78              | -0,17             | 14,53                         |
| Coeficiente de asimetría | <b>0,91</b>       | <b>2,86</b>      | <b>0,97</b> | <b>2,60</b>       | <b>-0,80</b>                   | <b>-0,14</b>                     | <b>2,68</b> | <b>1,41</b> | <b>1,25</b>       | <b>0,39</b>       | <b>3,36</b>                   |
| Rango                    | 1,99              | 0,98             | 0,16        | 92,66             | 26,42                          | 72,01                            | 0,49        | 0,78        | 1,49              | 4,73              | 0,60                          |
| Mínimo                   | <b>0,01</b>       | <b>0,02</b>      | <b>0,01</b> | <b>0,20</b>       | <b>4,19</b>                    | <b>3,02</b>                      | <b>0,01</b> | <b>0,03</b> | <b>0,01</b>       | <b>0,25</b>       | <b>0,01</b>                   |
| Máximo                   | <b>1,99</b>       | <b>1,00</b>      | <b>0,16</b> | <b>92,86</b>      | <b>30,61</b>                   | <b>75,03</b>                     | <b>0,49</b> | <b>0,81</b> | <b>1,49</b>       | <b>4,98</b>       | <b>0,60</b>                   |
| Suma                     | 14,27             | 4,30             | 1,53        | 343,77            | 511,62                         | 1120,38                          | 1,79        | 6,49        | 10,02             | 59,78             | 3,50                          |
| Cuenta                   | 26,00             | 26,00            | 26,00       | 26,00             | 26,00                          | 26,00                            | 26,00       | 26,00       | 26,00             | 26,00             | 26,00                         |

\* No Presenta

#### 7.1.5.4.- MAPA DE PARÁMETROS SIMPLES

Los mapas se confeccionaron con el modulo de Geoquímica del Oasis Montaj. Para el contorno de los valores, el método de estimación seleccionado fue el kriging. El Krigeaje es una técnica de estimación que proporciona el mejor estimador lineal y que además proporciona un error de estimación conocido como Varianza de Krigeaje, que depende del modelo de variograma obtenido y de las localizaciones de los datos originales, lo que brinda la posibilidad de hacer análisis sobre la calidad de las estimaciones.

Los mapas de los parámetros SiO<sub>2</sub> (10-92%), Na<sub>2</sub>O(0,4-2%), K<sub>2</sub>O(0,15-1%), MgO(0,04-0,16%) y MnO(0,1-0,5%) reflejan un comportamiento similar en la distribución de sus valores, hacia la parte central del área estos se caracterizan por valores muy cercanos al límite de detección y/o fueron determinados por debajo de este. Las concentraciones más altas se localizan en la periferia del área, en la zona más baja, indicando un suelo con mayor concentración de estos, destacando concentraciones de SiO<sub>2</sub> y Na<sub>2</sub>O, lo que indica la composición de las rocas que originaron este material.

La distribución de las concentraciones en los mapas de parámetros simples (Fig. 24.-, Fig. 25.-, Fig. 26.-, Fig. 27.- y Fig. 28.-), evidencia alta concentración en las zonas bajas (zona periférica de los mapas), la solubilidad de estos elementos origina esta deposición.

### Distribución de los valores de MgO

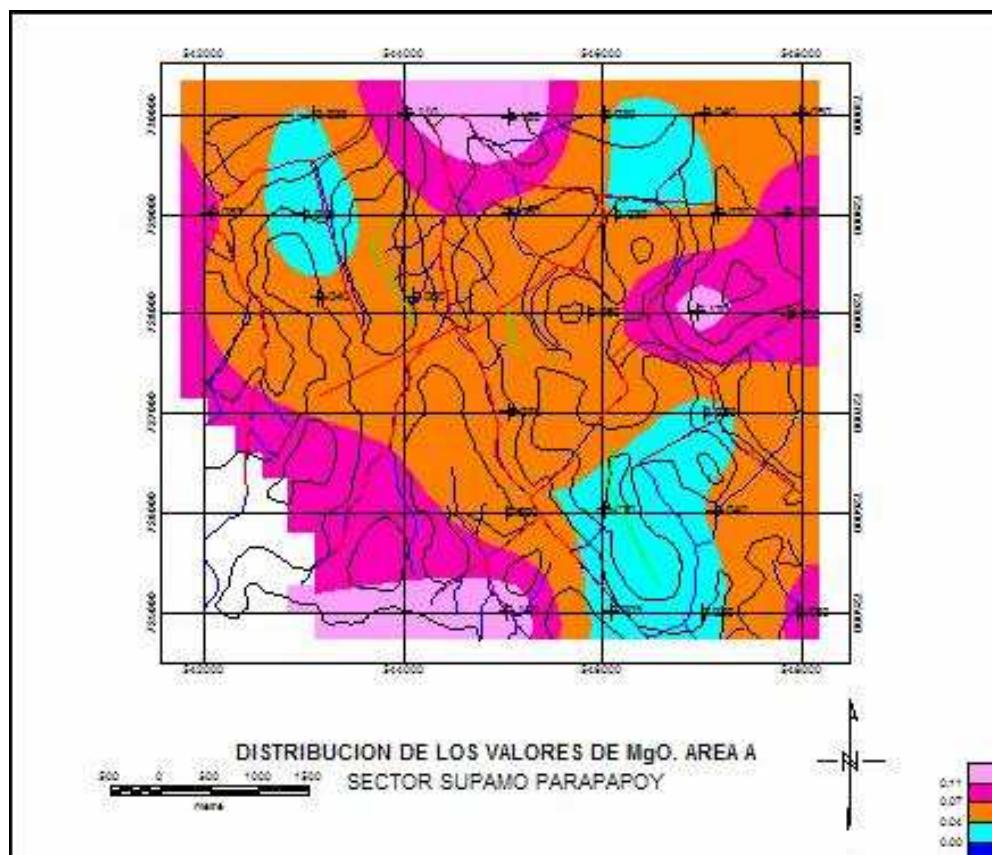


Fig. 24.- Mapa de parámetros simples para MgO

### Distribución de los valores de MnO

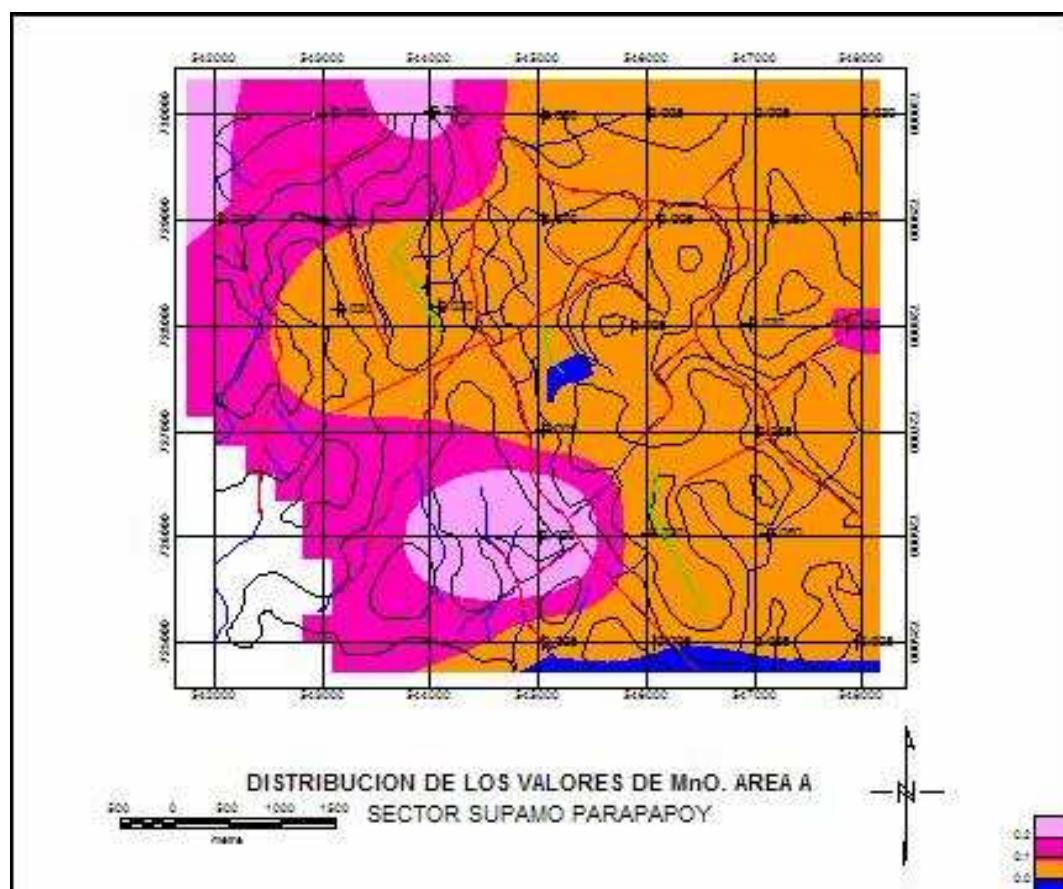


Fig. 25.- Mapa de parámetros simples para MnO

### Distribución de los valores de K<sub>2</sub>O

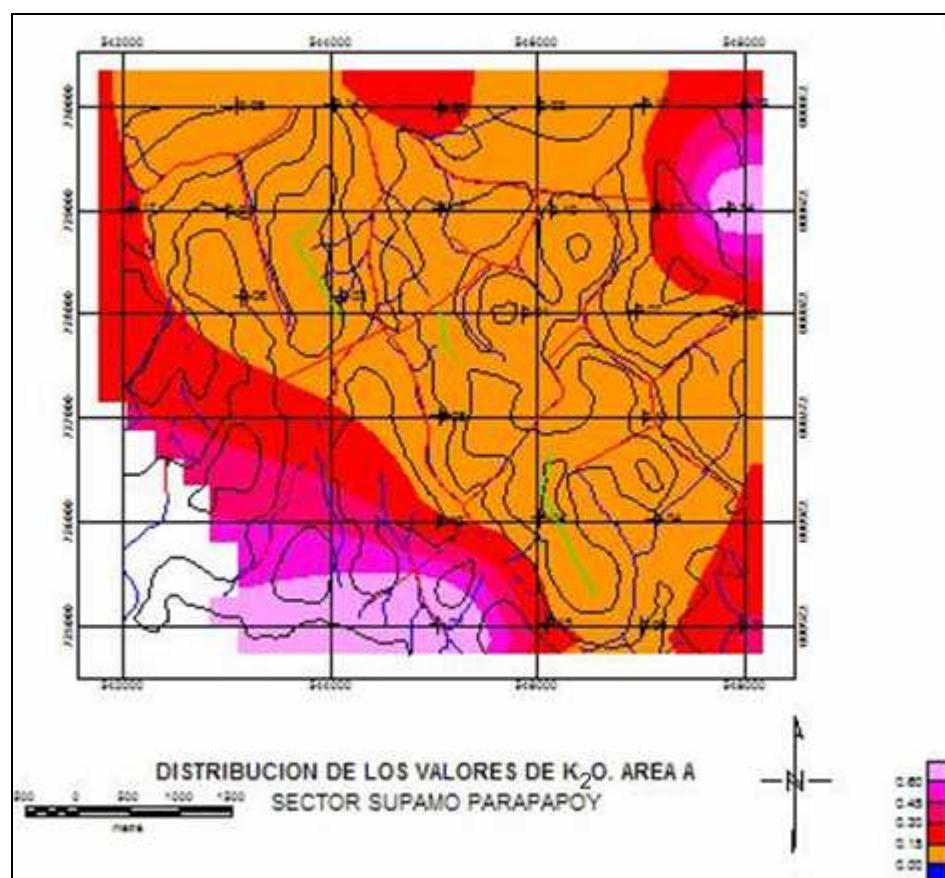


Fig. 26.- Mapa de parámetros simples para K<sub>2</sub>O

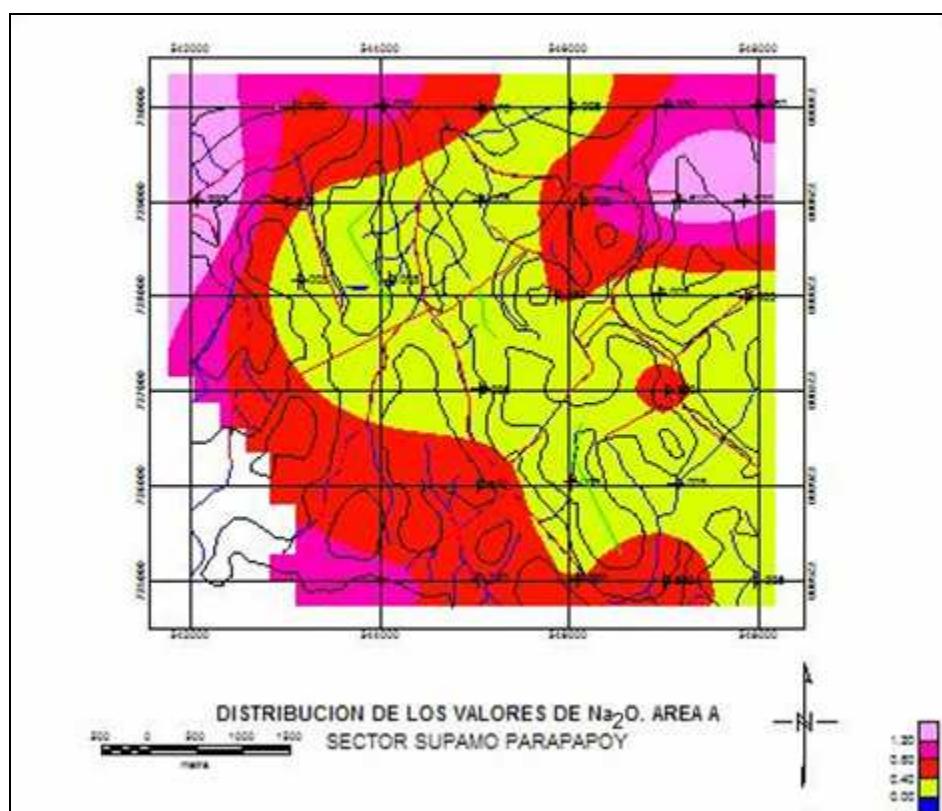
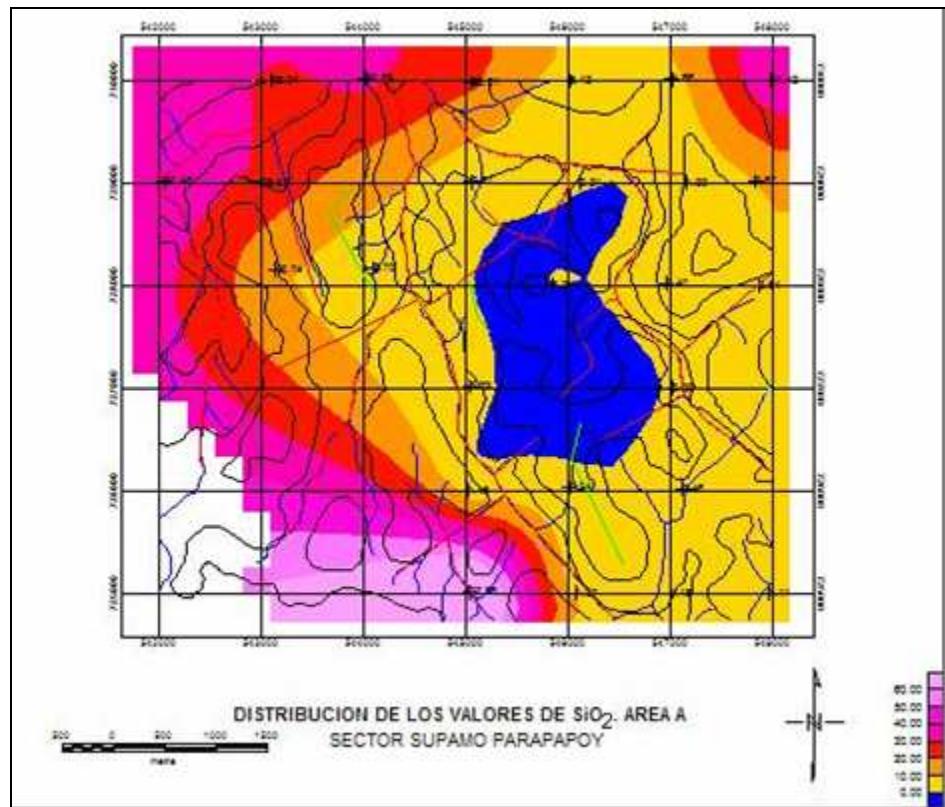
**Distribución de los valores de Na<sub>2</sub>O**

Fig. 27.- Mapa de parámetros simples para Na<sub>2</sub>O

## Distribución de los valores de SiO<sub>2</sub>



*Fig. 28.- Mapa de parámetros simples para  $SiO_2$*

Las concentraciones de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (20-75%), están distribuidas, mayormente en la parte central del área, formando una capa continua homogénea, de color rojizo con aspecto de una matriz masiva. En la parte superior en los primeros 10-15 cm. contiene fragmentos de óxido de Fe (hematita ,gochetita, etc.), en una matriz arcillo-arenosa-gravosa, esta capa se ubica en las zonas más altas del relieve.

En algunas muestras ubicadas en las zonas más bajas, en las laderas de las cimas, se localiza material más arcilloso y moteado, a veces se observó fragmentos de roca fresca. Un perfil como el que se presenta (Fig. 29.-), fue observado durante el muestreo.

#### Perfil del suelo en el área

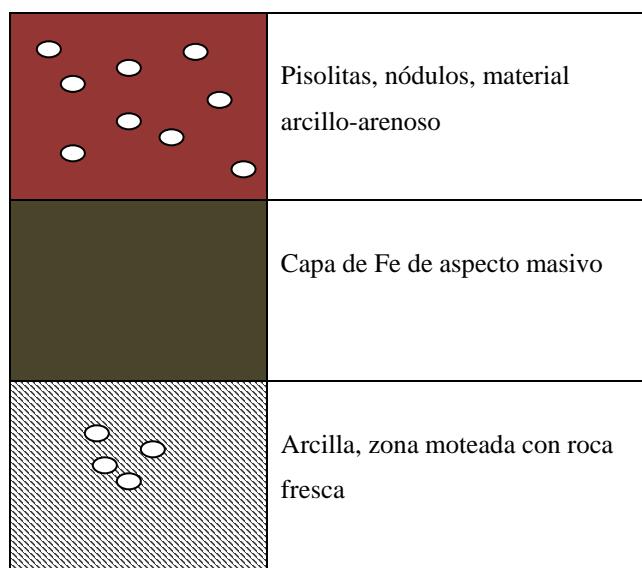


Fig. 29.- Perfil del suelo

Sobre esta misma capa rojiza se localizan los valores más altos de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ (12-25%), formando una estructura plegada con centros de máximos valores bien definidos y con rumbo de SE-NW. En la parte SE tiene una tendencia al N-NE, asociada a los sistemas de fallas de mayor desarrollo y longitud y a las quebradas.

La distribución del CaO(0,3-0,6%) no presenta una tendencia preferencial, las concentraciones más elevadas, se localizan en zonas de fallas y de quebradas , coinciden tanto con los máximos valores de  $Fe_2O_3$ , así como con los de  $Si_2O$ , el grafico muestra una posible continuación hacia la parte Sur.

### Distribución de los valores de $Fe_2O_3$

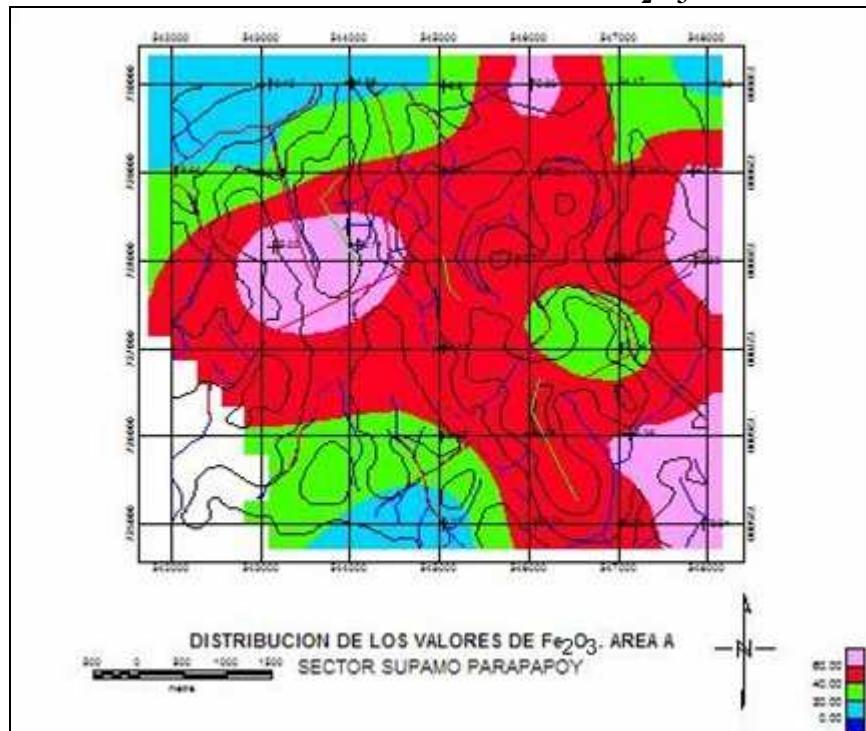


Fig. 30.- Mapa de parámetros simples para  $Fe_2O_3$

### Distribución de los valores de $\text{Al}_2\text{O}_3$

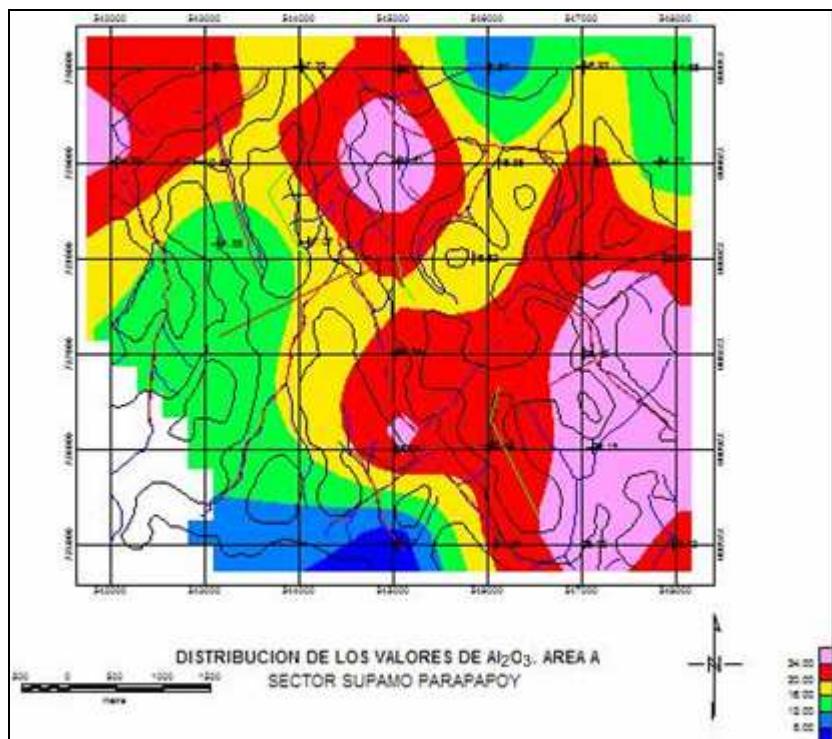
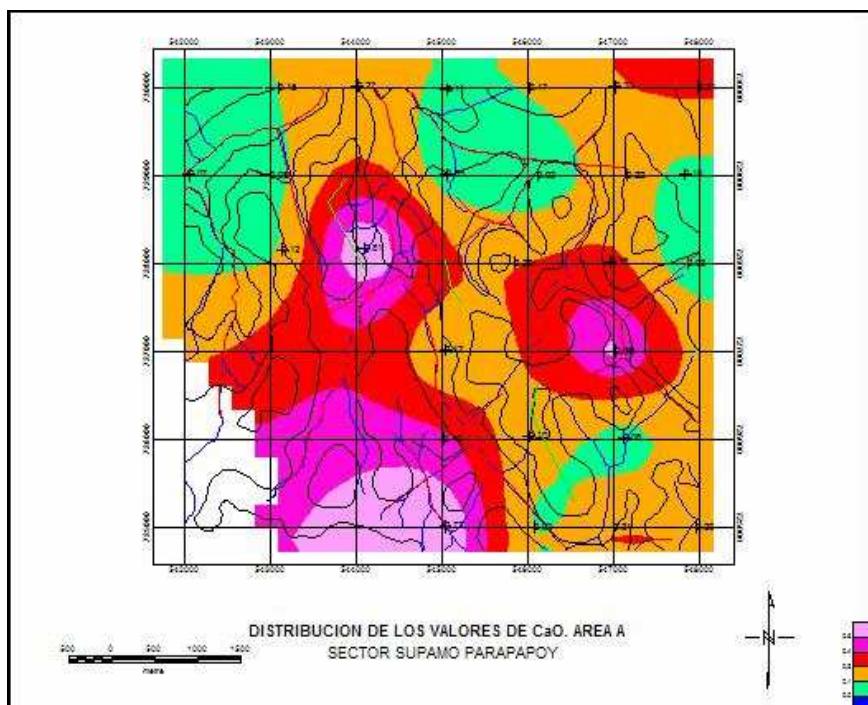


Fig. 31.- Mapa de parámetros simples para  $\text{Al}_2\text{O}_3$

### Distribución de los valores de CaO



*Fig. 32.- Mapa de parámetros simples para CaO*

Las mayores concentraciones de PbO<sub>2</sub> (0,3-1,5%), se localizan en la parte SE y al Norte del área, en ambos casos se observa una posible continuidad hacia estas direcciones, los centros más relevantes se asocian a sistemas de fallas pequeñas.

Los mapas de TiO<sub>2</sub>(1-4%), y V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(0,1-0,3%) muestran una zona de máximos valores con tendencia NW-N asociadas a zonas de sistemas de fallas de mayor longitud y a las quebradas. Se presenta un enriquecimiento de TiO<sub>2</sub>, debido a la inmovilidad de este elemento y que es representativo de minerales pesados estables. En parte existe una correspondencia espacial con los valores de PbO<sub>2</sub>, siendo estos indicadores de la mineralización de Au, y de metales báseos.

### Distribución de los valores de PbO<sub>2</sub>

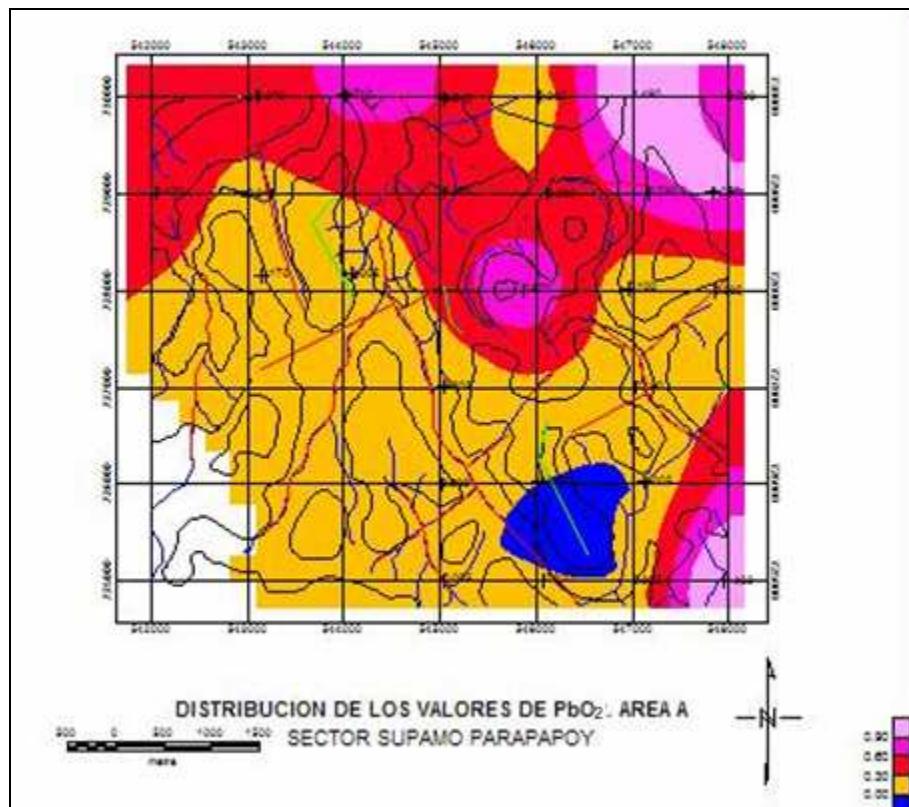
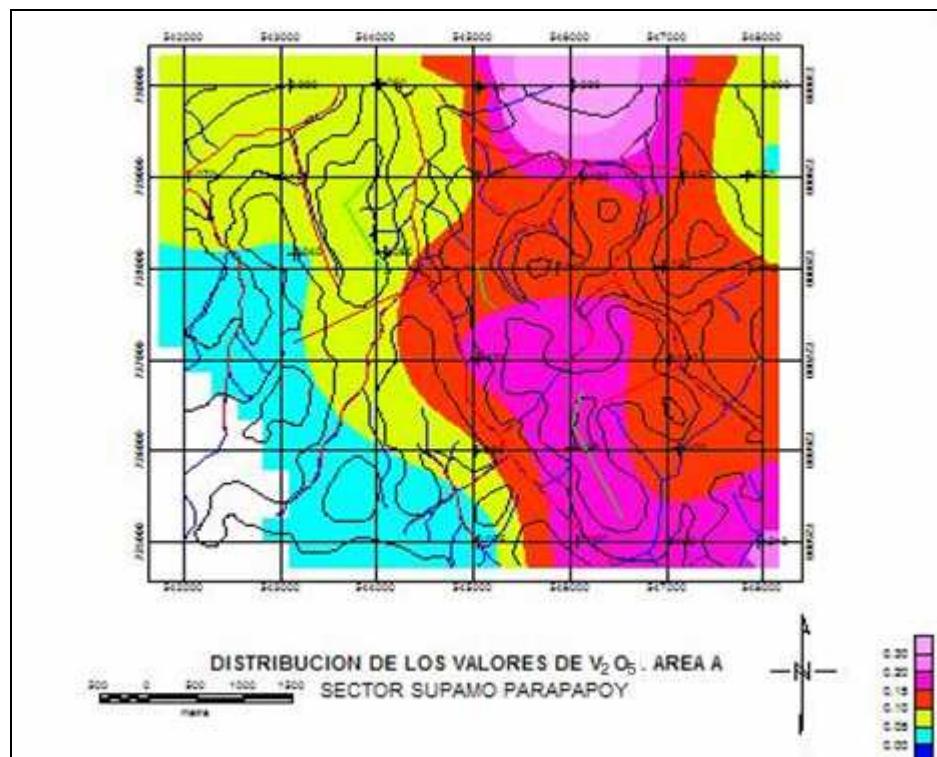


Fig. 33.- Mapa de parámetros simples para PbO<sub>2</sub>

### Distribución de los valores de V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>



### Distribución de los valores de $TiO_2$

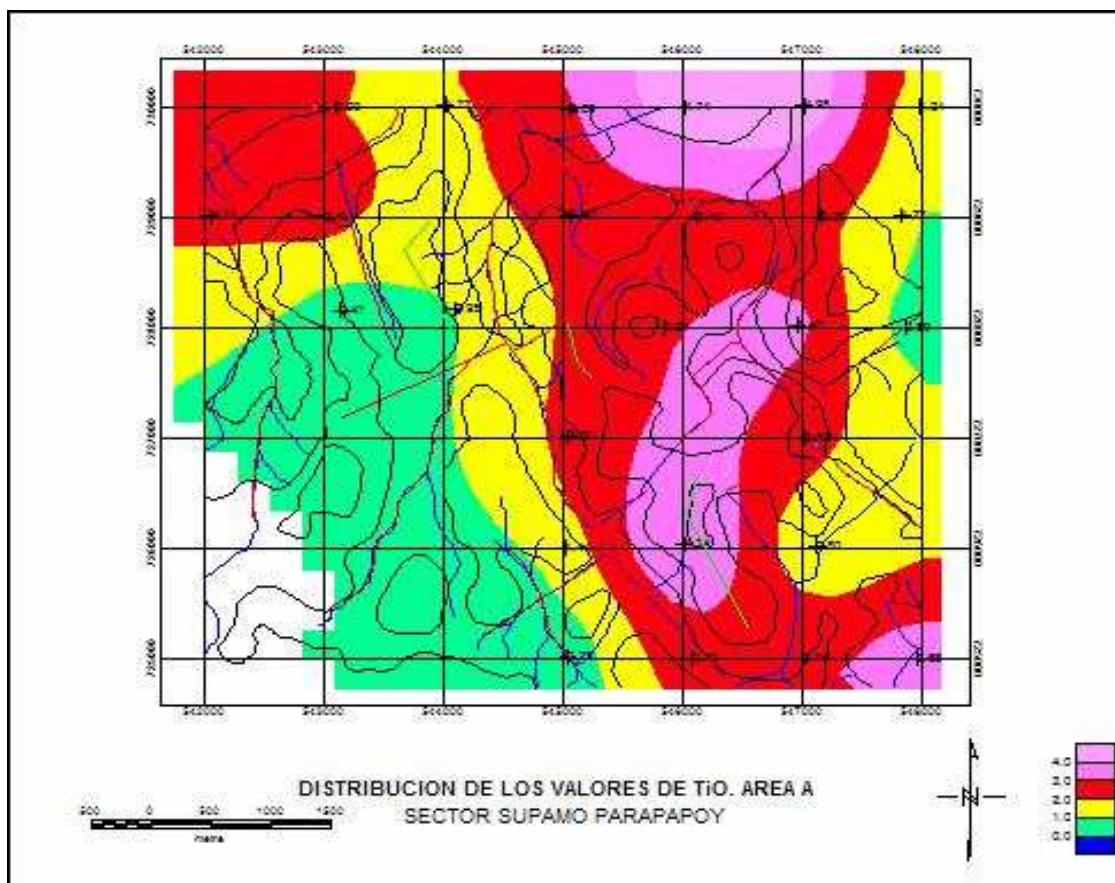


Fig. 35.- Mapa de parámetros simples para  $TiO_2$

### **7.1.6.- COMPARACIÓN DEL MODELO DESCRIPTIVO DE ORO LATERÍTICO DE GREGORY E. MCKELVEY CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

Toda la información anterior permitió hacer una comparación de las particularidades geológicas observadas en los procesos de formación y desarrollo de las lateritas presentes en el área con el Modelo de Oro laterítico- saprolítico (B03\*) de Gregory E. McKelvey que tiene como modelos similares los de Placer de oro eluvial de (Boyle, 1979) y el de Saprolita portadora de oro de (Becker, 1895).

El estudio permitió establecer una similitud de las lateritas estudiadas con las descritas en el modelo, lo cual representa un significativo avance en el conocimiento del potencial metalífero que puede encontrarse en el área, partiendo de la base de este tipo de modelo presenta los tipos modelos genéticos asociados , quedando definidos como posibles tipos de depósitos a encontrar los siguientes:

- a) \*Laterita tipo bauxita
- b) Ni laterítico
- c) \*Placer aluvial de Au-pge
- d) Todas las vetas portadoras de oro pueden ser encontradas en los lechos de rocas incluyendo vetas de cuarzo-oro de bajo sulfuro tipo Mother Lode, Reemplazamiento Polimetálico y depósitos de vetas tipo kuroko o sulfuro masivo tipo Chipre , Cobre porfirico y raramente placeres litificados (Boyle, 1987).

(\*Se sospecha sean genéticamente relacionados).

La descripción de los modelos genéticos asociados, pueden ser encontrados en la tabla de perfiles de depósitos minerales de British Columbia (Canadá) ver Apéndice Nro. 3 así como las guías de exploración para orientar los trabajos de exploración futura.

A continuación se muestra la tabla comparativa (tabla 6.-), entre el modelo descriptivo de oro laterítico de Gregory E. McKelvey y los resultados obtenidos a lo largo del trabajo de investigación.

Tabla 6.- Estudio comparativo del Modelo de oro laterítico-saprolítico con las lateritas del área.

|                                     | <b>Modelo descriptivo de oro laterítico-saprolítico</b>   | Características de las lateritas en el área “A”  |
|-------------------------------------|---|--|
| <b>Descripción</b>                  | Au diseminado en la laterita y la saprolita que se desarrollaron bajo condiciones de meteorización tropical sobre una amplia variedad de tipos roca pero distal de los depósitos de oro conocidos en roca.  | Au diseminado en la laterita bajo condiciones intensas de meteorización.   |
| <b>Depósitos típicos</b>            | Boddington, Mt. Gibson, Edna Mayo, Australia Occidental; Akaiwang, Arakaka, Guyana; Lumpkin y condados blancos, Georgia.  | No descrito anteriormente  |
| <b>Características distintivas</b>  | Enriquecimiento residual y químico de oro en las áreas tropicales con lateritas y bauxitas. Este tipo de depósito se desarrolla debajo y cerca de las condiciones de la superficie de temperatura y presión, y a diferencia de la mayoría de los placeres de oro que carece de oro detrítico significativo. La presencia de laterita es condición previa esencial para este tipo de depósito.   | Lateritas enriquecidas en hierro y en aluminio con oro y sulfuros dispersos, formados en condiciones sub-aéreas. |
| <b>Minerales asociados</b>          | Au, Ag.   | Au (el resto de los elementos están en fase de determinación)  |
| <b>Otros asociados</b>              | Al, metales del grupo del Platino, Fe, Sn, W.   | Al, Fe, Ti   |
| <b>Tipos de depósitos asociados</b> | (*Sospechado por relacionarse genéticamente):*La bauxita de tipo laterita, lateríticos de Ni, placeres * aluviales de metales del grupo de Au-platino. Todos los filones auríferos pueden ser encontrados en el lecho de roca, vetas de cuarzo-Au de bajo sulfuro inclusivas, Homestake Au, reemplazamiento polimetálico y depósitos de vetas, Kuroko o sulfuros macizos Chipre, pórfito de Cu, y raramente placeres litificados. Por definición, los yacimientos minerales de filón no deberían estar presentes directamente bajo este tipo de depósito. | Por analogía con el modelo de oro en las lateritas.  |

|                                       |  |   |
|---------------------------------------|--|---|
| <b>Marco tectonoestratigrafico</b>    | Zona de meteorización Estable comúnmente por encima de cinturones de rocas verdes y todos los demás terrenos auríferos.  | Zona de meteorización por encima de los cinturones de rocas verdes con zonas de fracturas NE-NW, que facilitan el proceso de meteorización. |
| <b>Ambiente regional deposicional</b> | Cratón estable con prolongada meteorización. Si es como laterita de tipo bauxita, los depósitos deberían ocurrir comúnmente a lo largo de los límites erosionales de placas remanentes.  | Cratón de Guayana, con una corteza laterítica y bauxítica.  |
| <b>Rango de edad</b>                  | Cenozoico; del Oligoceno tardío al Mioceno temprano en el Oeste de Australia.  | No se conoce  |
| <b>Roca encajante</b>                 | Regularmente la mayoría es laterítica. Otras enriquecidos en aluminio (la bauxita). También, menos frecuentemente los depósitos se encontraron en saprolitas, como en los Apalaches sureños.   | Laterita rica en óxidos e hidróxidos de hierro.   |
| <b>Rocas asociadas</b>                | Rocas verdes con vetas auríferas y diseminaciones, el lecho de roca puede contener depósitos diversos de filón y ocurrencias mineralizadas típicas de áreas estables (vea tipos de depósitos asociadas) del cratón. La formación de hierro o itabirita (Brasil). Otras áreas auríferas.  | Cinturón de rocas verdes se observan vetas auríferas.   |
| <b>Mineralogía de la mena</b>         | Au finamente dividido. Puede ser aplanado, en pluma grueso y de forma irregular. Las pepitas son raras. Pepitas no fueron encontradas en Boddington pero fue identificado Au como hojuelas, alambre y motas en canga (vea Estructura y Zonación). El Au está entre 1-10 micrones con un promedio de 3-5 $\mu$ en Boddington. La Ag y otros metales aparecen usualmente más altos que en placeres aluviales (sin embargo, ningún valor de Ag fue detectado en granos de Au de Boddington pero pequeñas cantidades de Cu (1.4 a 1.7 por ciento) Au y Fe (0.04 a 0.06 por ciento) fueron encontradas saprolitas con oro muy grueso con masas de alambre de Au. En el depósito Boddington son reconocidos los siguientes minerales: Malaquita, chalcocita, cuprita, chrysocolla, pirita, calcopirita, arsenopirita, Cu nativo, y electrum. | Presencia de Au sumamente fino en la laterita, con presencia de pirita y calcopirita. (Muestra mineroGráfica 0170)                          |

|                                     |   |   |
|-------------------------------------|---|---|
| <b>Minerales de ganga</b>           | Los óxidos Fe, óxidos e hidróxidos de Al, y los óxidos Mn. Limonita. El lecho de roca desintegrado se fragmenta, incluyendo formación de hierro, y caolinita  | Óxidos e hidróxidos de Fe y Al, óxidos de Mn.   |
| <b>Estructura y zonación</b>        | Lateritas maduras. La mineralización de Au puede estar localizada en la laterita o se puede desplazar en la profundidad en la saprolita subyacente; La mineralización en lateritas probables para tener misma contextura como eso de bauxita de laterite-Type, cuál incluyen a pisolitas, macizo, nodular. La limonita se fijó con cemento fragmentos de formación de hierro - el llamado apanhoancango o canga en Brasil. En el depósito Boddington, los nódulos hematíticos, la arcilla con las de Liesegang las de anillas, y las ferruginosas y las lateritas bauxititas ocurren eso es localmente endurecido. Tres tipos que los niveles mineralizados (promedio 5 m gruesa) reconocieron en este depósito, con niveles individuales hospedados a las un o más de lo siguiente: (1) uno 4 para 12-m-thick la zona ferruginosa consistente en una subzona del hardcap y una B-Zone con arcilla nodular y rocallosa; (2) uno 20 para arcilla 100-m-thick la zona; Y (3) uno hasta zona del saprolita 5-m-thick. Au encontró en pisolitas en mayo Edna pero no en Boddington. | La mineralización de oro y sulfuros diseminados se observa por debajo de la goethita presente en la parte superior de las lateritas   |
| <b>Control de la mineralización</b> | Lateritas maduras. Las bauxitas y las saprolitas ocurren en las áreas donde la geomorfología permite suficiente drenaje, de modo que la oxidación sea extensa y profunda promover la lixiviación extensa. Se convierte bajo condiciones del desgaste por la acción atmosférica químico fuerte, con temperaturas aproximadas de 10 °C, y precipitaciones de 140 centímetros. La depositación del oro en Boddington se creía estar controlado por la posición del nivel freático. Los horizontes mineralizados múltiples son productos de fluctuaciones resultando de varios regímenes climáticos.  | Precipitaciones anuales entre 1200mm y 2700 mm en un drenaje articulado por la influencia de la tectónica , que posibilita la formación de un relieve alternado de escarpes y zonas llanas facilitando el drenaje |
| <b>El trasfondo estructural</b>     | Los lechos de roca suficientemente fracturados, y (o) fallados (o tener otros tipos de porosidad) de modo que el agua subterránea está debajo del horizonte aclimatado.   | Rocas afectadas por los procesos tectónicos que han fracturado las rocas verdes, posibilitando la infiltración de agua meteorica  |

|   |  |   |
|---|--|---|
| <b>Geometría del yacimiento de mineral</b>              | En forma de manto en las áreas lacónicas o fanlike de adelante doma cuestas. El área del Boddington, el depósito es 4.5 km <sup>2</sup> con un espesor común de 35 m. Los depósitos son apenas paralelamente para la superficie territorial y tienen espesores de decenas de metros; Pague poco uniforme de vetas y errático. Tres zonas mineralizadas se separaron por zonas áridas o débilmente mineralizadas reconocidas en Boddington. En este depósito, el oro esta homogéneamente distribuido cuando las zonas mineralizadas están en lateritas y errático cuando en saprolitas. | Aun no se conoce  |
| <b>Dimensiones típicas del halo de alteración /otro</b> | La mineralogía de óxido de zinc y de la arcilla puede indicar enriquecimiento químico.   | Procesos de enriquecimiento en zinc, titanio , hierro en las arcillas |
| <b>Efecto de la meteorización</b>                       | Los principales procesos de concentración del au incluyen el enriquecimiento residual del Au, de la precipitación química del Au, y de una combinación de ambos.   | Enriquecimiento residual de Au  |
| <b>El efecto de metamorfismo</b>                        | Ninguno de los equivalentes del metamorfismo conocidos.  | Ninguno   |
| <b>Señales geoquímicas</b>                              | Al, Ga (si está contenido en las laterita-tipo bauxita. El Au es señal para algunos depósitos pero no a todos. Un estudio de enriquecimiento /empobrecimiento de elementos en Boddington demuestra que el Sc está enriquecido con el Au y que el Fe, al, Ga, As, el Pb, y el Sn están enriquecidos como parte de la zona ferruginosa.  | Al, Pb, Fe  |
| <b>Señales geofísicas</b>                               | Desconocido. Puede ser utilizado para identificar las características de la roca de fondo asociadas al protore. Las características eléctricas del depósito pueden ser útiles. Sísmico bajo puede ser útil en la determinación de la forma del depósito.   | No se conoce  |
| <b>Otros guías de exploración</b>                       | La vegetación puede ser útil ya sea adentro identificando áreas de fertilidad escasa o en la exploración bioquímica; La mineralogía de óxido puede alterarse sistemáticamente de antecedentes para adyacente y sobre los depósitos.  | No se ha estudiado  |

|   |  |  |
|---|--|--|
| <b>Sobrecarga</b>   | La mineralización en saprolita puede tener una cubierta de laterita no mineralizada o un delgado horizonte "A", como en Boddington, que incluye a pisolitas sueltos (el diámetro máximo de 2 cm) con gibbsita (45 por ciento), goethita (20 por ciento), hematitas (20 por ciento), y magnetita  | En el horizonte B se observan pisolitas, gibbsita, goethita, hematita, |
| <b>Otro</b>   | Los depósitos disecados con el oro muy fino (varios micrones) no se pudieron haber reconocido en el pasado por los mineros del placer. Algunas bauxitas y lateritas se han reportado por contener oro. Estos tipo de depósito no deben incluir el horizonte resistido de los tipos del depósito de la veta.  | No   |
| <b>Modelo de Ley tonelaje o de Au en laterite y saprolite</b> | Los depósitos con datos son pocos y probablemente tema para la revisión. La mayor parte de los datos para laterite-saprolite que Au deposita es de un contorno, y esto puede influenciar el modelo. Los depósitos están bajo investigación en ejecución y tienen las siguientes aptitudes: (1) los datos en depósito para los que los tamaños y las calificaciones son no operadas depositan, (2) los depósitos pueden ser de los que se estuvo bajo por yacimientos minerales no reconocidos en los lechos de roca, y (3) los depósitos pueden ser depósitos del colocador, no laterita saprolite Au. One tal depósito (Omai, Guyana) tiene mineralización residual en la superficie y la mineralización en el lecho de roca y queda excluida en la conformidad con el modelo descriptivo. El patrón general en la minería de yacimientos minerales es que el tonelaje total (la producción y las reservas) va en escalada sobre una porción de la vida de la mina. Los tonelajes del depósito por consiguiente, usados en el modelo son valores muy probablemente mínimos cuándo comparado con tonelajes en el cansancio excesivo del depósito. Puede ser apreciado pues la explicación del grado y las figuras de modelo de tonelaje 3.2 y 3.3. | No se cuenta con suficiente información                                |

A continuación se presenta un perfil idealizado de oro en lateritas y saprolitas

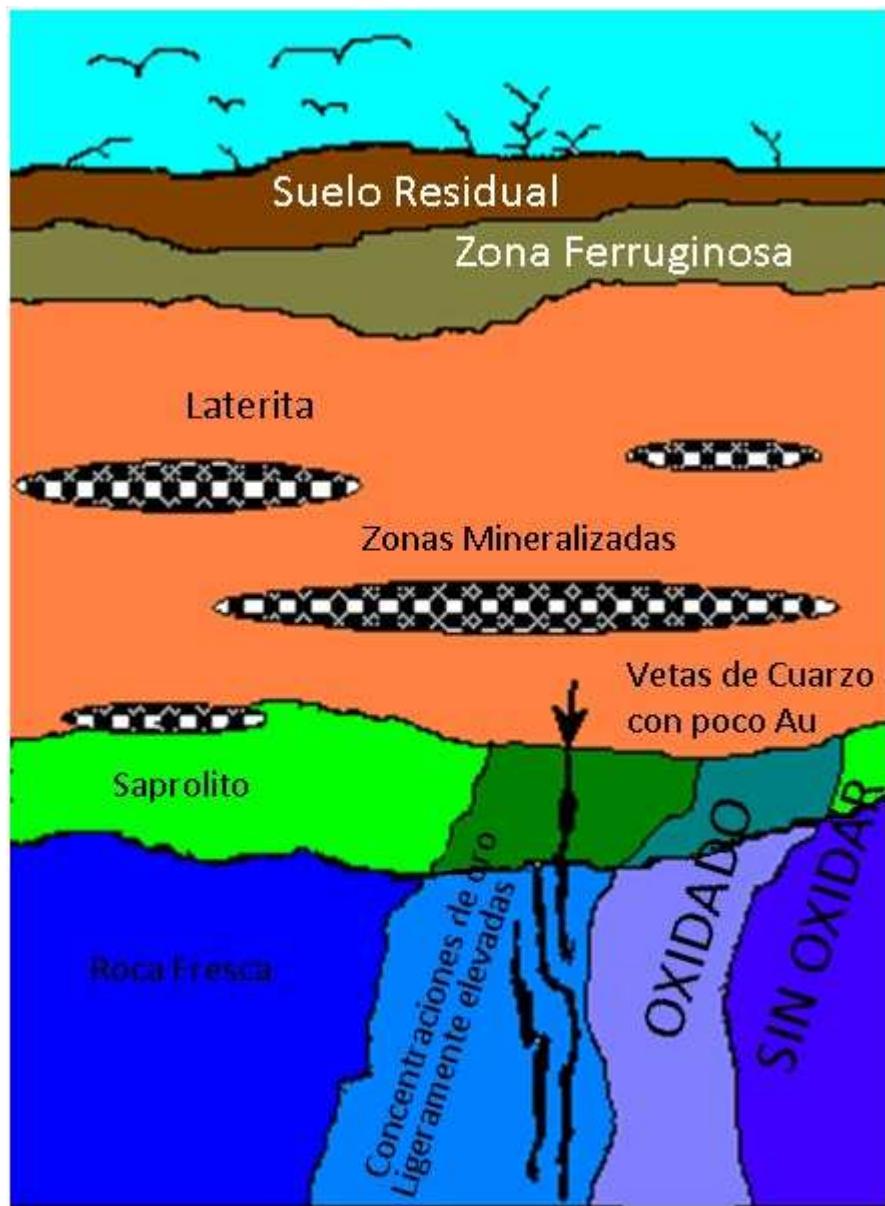


Fig. 36.- Perfil idealizado de depósitos de oro en laterita y saprolita.

(Por Gregory E. McKelvey).

## CONCLUSIONES

En esta sección se presentan las conclusiones obtenidas en esta investigación.

- Las lateritas en el sector presentan dos tendencias: unas están fuertemente enriquecidas en óxidos e hidróxidos de hierro tales como goethita y hematita, y otras en óxidos e hidróxidos de aluminio como gibsite ,así como se ha detectado la presencia de oro en dichas lateritas.
- Los suelos se han formado en zonas de relieve horizontal fundamentalmente sobre rocas ígneas básicas ricas en minerales ferromagnesianos.
- Los elementos Si, Na, K, Mn y Mg , se encuentran en mayor concentración hacia la periferia de la zona, debido a que son solubles y son removidos durante el proceso de meteorización, mientras que hacia el centro de la zona se encuentran las mayores concentraciones de Fe y Al, que son elementos inmóviles.
- La correspondencia espacial de las concentraciones, de los elementos Titanio (Ti), Vanadio (V) y Plomo (Pb), permite establecer una zona de mayor prospectividad aurífera. Esta área se encuentra asociada a zonas de fallas de gran longitud.
- De acuerdo a las características en el área se obtuvo una analogía con el Modelo descriptivo de Oro laterítico- saprolítico de Gregory E. Mckelvey, y a pesar de no contar con la totalidad de los resultados químicos de Au, y de acuerdo a los tipos de depósitos asociados, existen grandes perspectivas de encontrar un depósito tipo Mother Lode, que son vetas de cuarzo aurífero con pocos sulfuros.

## **RECOMENDACIONES**

Con la finalidad de complementar los estudios se realizan las siguientes recomendaciones.

- Realizar análisis de ensayo al fuego para determinar las concentraciones de oro.
- Aplicar las guías establecidas en los modelos genéticos confirmados en el área.
- Reducir el mallado para el muestreo geoquímico del área.
- Profundizar los estudios prospectivos en la zona.

## BIBLIOGRAFÍA

Adams, M., (1995). Fundamentos de la química de suelos. Concejo del desarrollo científico y humanístico. U.C.V. 390p.

Burgos, O (1986). Técnicas de prospección geoquímica. Trabajo no publicado. Ministerio de Energía y Minas.

Candiales, L y Añez, G (1972). Evaluación de aluviones auríferos en cerro Azul, El Manteco .Estado Bolívar. IX Conferencia Interguayananas. pp 94-124

C.V.G Técnica Minera C.A (1993). Informe de caracterización físico natural de la confluencia de los ríos Supamo y Parapapoy en el área destinada para actividades de explotación aurífera de la pequeña minería. Gerencia de estudios ambientales.

Escobar, G. (2003). Manual de Geología para Ingenieros. Universidad Nacional de Colombia. pp 146-175

Espejo, A (1972). Geología de la región El Manteco-Guri, Estado Bolívar. IX Conferencia Geológica Interguayananas. pp 207-248

Oyarzun, R (1992). Yacimientos de oro. Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense. pp 829-848.

Kalliokoski, J (1965). Geología de la parte norte-central del Escudo de Guayana, Venezuela. Dirección de Geología., Boletín, Caracas, V.7, N° 13. PP 29-104

Klar, Giampaolo (1979). Geochronology of the El Manteco Guri and Guasipati arreas Venezuela Guiana Shield. Unpublished PhD. Dissertation, Case Western Reserve University, p 177

Korol, B (1961). Génesis de los yacimientos auríferos en las rocas verdes de la serie Pastora. Memoria del III congreso geológico Venezolano. Tomo IV. Pp 1880-1887

Martínez, L (1994). Prospección geológica de la zona El Manteco. III Simposio del oro. pp 389-400

Mc Candless,G (1966). Geología de la parte septentrional del escudo de Guayana en Venezuela. Boletín de Geología Nº 15 .Volumen VIII. pp 140-153

Mendoza, V (2000). Evolución geotectónica y recursos minerales del escudo de Guayana en Venezuela ( y su relación con el Escudo Sudamericano). Patrocinante Minería Hecla.

Menéndez, A (1968). Revisión de la estratigrafía de la provincia Pastora según el estudio de la región Guasipati, Guayana Venezolana. Boletín de Geología Nº 19 .Volumen X. pp 309-339.

Menéndez, A (1994). Cinturones de rocas verdes del Escudo de Guayana en Venezuela, revisión estratigráfica. III simposio Internacional del oro en Venezuela, libro de memorias Asociación Venezolana del oro. pp 123-139.

Moreno, L (1979). Reconocimiento geológico del Alto Supamo. Informe inédito Memoria I simposium Amazónico. pp 72-78

Moreno, L. Mendoza, V (1985). Ánálisis Tectónico-Estructural y Estratigráfico del Alto Supamo. Memoria I simposium Amazónico. pp 116-120

Pascuali, J (1977). Interpretación de la expresión geoquímica superficial de la mineralización aurífera del distrito minero de El Callao, estado Bolívar y su extensión a sistemas hidrotermales en general. Trabajo de ascenso, Caracas, UCV.

Soucre, M (2005). Estudio geoquímico de la dispersión secundaria de elementos mayoritarios y traza asociados a una anomalía de oro, área Hoja de Lata, Municipio Sifontes, Estado Bolívar. Tesis de grado, Caracas, UCV.

Usó, M (1998). Informe diagnostico geológico zona de pequeña minería Supamo-Parapapoy. Informe inédito.

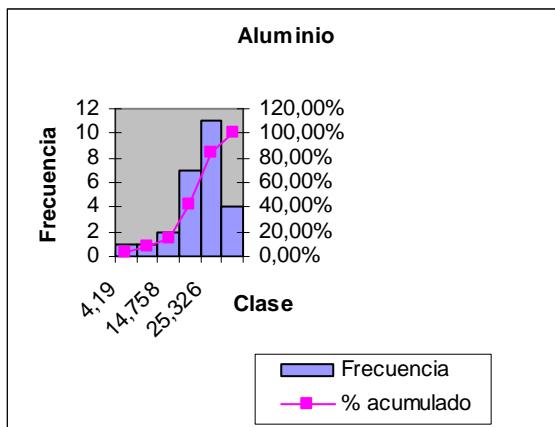
# APÉNDICE

## APÉNDICE 1: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ICP-OES

| Nº Tesis | % V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | % Ti O <sub>2</sub> | % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | % Sn O <sub>2</sub> | % Mo O <sub>3</sub> | % Pb O <sub>2</sub> | % Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | % Ca O | % K <sub>2</sub> O | % Na <sub>2</sub> O |
|----------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|--------|--------------------|---------------------|
| O702     | 0,09                            | 2,00                | <0,01                           | <0,01               | <0,01               | 0,37                | <0,01                            | 0,15   | 0,08               | 0,70                |
| O703     | 0,08                            | 1,73                | <0,01                           | <0,01               | 0,02                | 0,71                | <0,01                            | 0,27   | 0,14               | 1,03                |
| O704     | 0,10                            | 2,89                | <0,01                           | <0,01               | <0,01               | 0,61                | <0,01                            | 0,11   | 0,22               | 0,47                |
| O705     | 0,60                            | 4,74                | <0,01                           | <0,01               | <0,01               | 0,005               | <0,01                            | 0,17   | 0,02               | 0,005               |
| O706     | 0,17                            | 4,98                | <0,01                           | <0,01               | <0,01               | 1,49                | <0,01                            | 0,30   | 0,10               | 0,85                |
| O707     | 0,06                            | 1,24                | <0,01                           | <0,01               | <0,01               | 0,60                | <0,01                            | 0,34   | 0,29               | 0,98                |
| O708     | 0,07                            | 2,31                | <0,01                           | <0,01               | <0,01               | 0,47                | <0,01                            | 0,07   | 0,17               | 1,99                |
| O709     | 0,10                            | 2,49                | <0,01                           | <0,01               | <0,01               | 0,21                | <0,01                            | 0,08   | 0,02               | 0,50                |
| O711     | 0,10                            | 2,40                | 0,28                            | <0,01               | 0,03                | 0,47                | <0,01                            | 0,05   | 0,02               | 0,005               |
| O712     | 0,13                            | 2,40                | <0,01                           | <0,01               | <0,01               | 0,29                | <0,01                            | 0,03   | 0,10               | 0,79                |
| O713     | 0,15                            | 2,29                | 0,02                            | <0,01               | <0,01               | 0,73                | <0,01                            | 0,22   | 0,13               | 1,61                |
| O714     | 0,05                            | 1,22                | 0,10                            | <0,01               | <0,01               | 1,05                | <0,01                            | 0,10   | 0,84               | 1,52                |
| O716     | 0,04                            | 0,47                | 0,34                            | <0,01               | <0,01               | 0,17                | <0,01                            | 0,12   | 0,06               | 0,005               |
| O717     | 0,09                            | 0,95                | <0,01                           | <0,01               | <0,01               | 0,005               | <0,01                            | 0,81   | 0,03               | 0,005               |
| O719     | 0,14                            | 2,91                | <0,01                           | <0,01               | <0,01               | 0,97                | <0,01                            | 0,30   | 0,04               | 0,45                |
| O720     | 0,15                            | 3,40                | <0,01                           | <0,01               | <0,01               | 0,10                | <0,01                            | 0,35   | 0,07               | 0,005               |
| O721     | 0,11                            | 0,59                | 0,05                            | <0,01               | 0,02                | 0,005               | <0,01                            | 0,03   | 0,06               | 0,005               |
| O725     | 0,17                            | 2,30                | <0,01                           | <0,01               | 0,03                | 0,005               | <0,01                            | 0,12   | 0,08               | 0,005               |
| O727     | 0,14                            | 2,52                | <0,01                           | <0,01               | 0,03                | 0,16                | <0,01                            | 0,66   | 0,11               | 0,60                |
| O732     | 0,09                            | 1,44                | <0,01                           | <0,01               | 0,02                | 0,08                | <0,01                            | 0,49   | 0,12               | 0,77                |
| O733     | 0,19                            | 4,34                | <0,01                           | <0,01               | <0,01               | 0,005               | <0,01                            | 0,20   | 0,04               | 0,005               |
| O734     | 0,10                            | 0,80                | <0,01                           | <0,01               | 0,02                | 0,005               | <0,01                            | 0,06   | 0,04               | 0,005               |
| O739     | 0,005                           | 0,25                | <0,01                           | <0,01               | <0,01               | 0,005               | <0,01                            | 0,77   | 1,00               | 0,72                |
| O740     | 0,20                            | 2,70                | <0,01                           | <0,01               | <0,01               | 0,02                | <0,01                            | 0,09   | 0,15               | 0,36                |
| O741     | 0,16                            | 2,74                | <0,01                           | <0,01               | 0,02                | 0,005               | <0,01                            | 0,31   | 0,06               | 0,88                |
| O742     | 0,21                            | 3,68                | <0,01                           | <0,01               | 0,02                | 1,48                | <0,01                            | 0,29   | 0,31               | 0,005               |

| % Mg O | % Mn O | % Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | % Ni O | % Cu O | % Si O <sub>2</sub> | % Zn O | % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | % Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | % Co O | % Be  | % W   |
|--------|--------|----------------------------------|--------|--------|---------------------|--------|----------------------------------|----------------------------------|--------|-------|-------|
| 0,03   | 0,17   | 0,02                             | <0,01  | <0,01  | 28,24               | 0,03   | 21,19                            | 18,18                            | <0,01  | <0,01 | <0,02 |
| 0,11   | 0,25   | 0,04                             | 0,02   | <0,01  | 32,89               | 0,03   | 17,29                            | 14,89                            | <0,01  | <0,01 | <0,02 |
| 0,16   | 0,02   | 0,005                            | 0,02   | <0,01  | 22,51               | 0,04   | 22,77                            | 18,81                            | <0,01  | <0,01 | <0,02 |
| 0,03   | 0,005  | 0,05                             | <0,01  | <0,01  | 5,12                | 0,02   | 7,67                             | 75,03                            | <0,01  | <0,01 | <0,02 |
| 0,04   | 0,005  | 0,005                            | <0,01  | <0,01  | 4,66                | 0,02   | 16,92                            | 34,17                            | <0,01  | <0,01 | <0,02 |
| 0,05   | 0,03   | 0,02                             | <0,01  | <0,01  | 41,42               | 0,005  | 14,88                            | 11,49                            | <0,01  | <0,01 | <0,02 |
| 0,08   | 0,21   | 0,02                             | 0,02   | <0,01  | 37,48               | 0,02   | 24,99                            | 19,64                            | <0,01  | <0,01 | <0,02 |
| 0,005  | 0,12   | 0,005                            | <0,01  | <0,01  | 28,62               | 0,02   | 19,59                            | 18,20                            | <0,01  | <0,01 | <0,02 |
| 0,06   | 0,07   | 0,04                             | <0,01  | 0,02   | 2,27                | 0,07   | 30,61                            | 48,07                            | <0,01  | <0,01 | <0,02 |
| 0,03   | 0,005  | 0,005                            | <0,01  | <0,01  | 0,21                | 0,03   | 16,38                            | 47,73                            | <0,01  | <0,01 | <0,02 |
| 0,03   | 0,06   | 0,05                             | <0,01  | <0,01  | 1,90                | 0,05   | 22,41                            | 37,38                            | <0,01  | <0,01 | <0,02 |
| 0,10   | 0,02   | 0,005                            | 0,02   | <0,01  | 9,67                | 0,06   | 11,33                            | 66,76                            | <0,01  | <0,01 | <0,02 |
| 0,04   | 0,03   | 0,005                            | 0,02   | <0,01  | 10,74               | 0,08   | 11,58                            | 75,02                            | <0,01  | <0,01 | <0,02 |
| 0,06   | 0,02   | 0,06                             | 0,03   | <0,01  | 3,70                | 0,06   | 17,07                            | 72,11                            | <0,01  | <0,01 | <0,02 |
| 0,06   | 0,005  | 0,06                             | <0,01  | <0,01  | 0,24                | 0,02   | 16,82                            | 42,77                            | <0,01  | <0,01 | <0,02 |
| 0,13   | 0,03   | 0,09                             | 0,02   | <0,01  | 2,40                | 0,05   | 23,41                            | 49,37                            | <0,01  | <0,01 | <0,02 |
| 0,08   | 0,12   | 0,02                             | 0,02   | <0,01  | 3,64                | 0,06   | 23,57                            | 68,30                            | <0,01  | <0,01 | <0,02 |
| 0,07   | 0,005  | 0,07                             | <0,01  | <0,01  | 2,09                | 0,005  | 20,84                            | 41,11                            | <0,01  | <0,01 | <0,02 |
| 0,02   | 0,005  | 0,05                             | 0,02   | <0,01  | 0,20                | 0,02   | 25,42                            | 24,29                            | <0,01  | <0,01 | <0,02 |
| 0,03   | 0,49   | 0,04                             | <0,01  | 0,02   | 1,15                | 0,02   | 25,97                            | 40,62                            | 0,03   | <0,01 | <0,02 |
| 0,03   | 0,02   | 0,08                             | <0,01  | <0,01  | 1,94                | 0,02   | 20,45                            | 54,01                            | <0,01  | <0,01 | <0,02 |
| 0,04   | 0,08   | 0,09                             | <0,01  | 0,02   | 3,46                | 0,07   | 25,15                            | 63,39                            | <0,01  | <0,01 | <0,02 |
| 0,14   | 0,005  | 0,02                             | 0,02   | <0,01  | 92,86               | 0,05   | 4,19                             | 3,02                             | <0,01  | <0,01 | <0,02 |
| 0,005  | 0,005  | 0,02                             | <0,01  | <0,01  | 1,07                | 0,03   | 21,90                            | 55,01                            | <0,01  | <0,01 | <0,02 |
| 0,02   | 0,005  | 0,11                             | <0,01  | <0,01  | 4,18                | 0,03   | 25,79                            | 50,70                            | <0,01  | <0,01 | <0,02 |
| 0,08   | 0,005  | 0,09                             | 0,02   | <0,01  | 1,11                | 0,05   | 23,43                            | 70,31                            | <0,01  | <0,01 | <0,02 |

## APÉNDICE 2.- HISTOGRAMAS DE LOS ELEMENTOS



## APÉNDICE 3 PERFILES DE DEPÓSITOS MINERALES

### All Deposit Groups



### B.C. Mineral Deposit Profiles All Deposit Groups



For more information and hard copy refer to [Open File 1996-13](#), [Open File 1995-20](#), [Open File 1999-10](#) and [Geological Fieldwork 1997](#).

| BC Profile #         | Deposit Type                                | Approximate Synonyms                  | USGS Model #        |
|----------------------|---|---------------------------------------|---------------------|
| A01                  | Peat  | --                                    | --                  |
| <a href="#">A02</a>  | Lignite                                     | Brown coal                            | --                  |
| <a href="#">A03</a>  | Sub-bituminous coal                         | Thermal coal, Black lignite           | --                  |
| <a href="#">A04</a>  | Bituminous coal                             | Coking coal, Thermal coal             | --                  |
| <a href="#">A05</a>  | Anthracite                                  | Stone coal                            | --                  |
| B01*                 | Laterite Fe                                 | Gossan Fe                             | --                  |
| B02*                 | Laterite Ni                                 | --                                    | 38a                 |
| <a href="#">B03*</a> | Laterite-Saprolite Au                       | Eluvial placers                       | <a href="#">38g</a> |
| B04*                 | Bauxite Al                                  | Lateritic bauxite                     | 38b                 |
| B05                  | Residual kaolin                             | Primary kaolin                        | 38h*                |
| B07*                 | Bog Fe, Mn, U, Cu, Au                       | --                                    | --                  |
| B08                  | Surficial U                                 | Calcrete U                            | --                  |
| B09*                 | Karst-hosted Fe, Al, Pb-Zn                  | --                                    | --                  |
| B10                  | Gossan Au-Ag                                | Residual Au; Precious metal gossans   | --                  |
| B11*                 | Marl  | --                                    | --                  |
| B12*                 | Sand and Gravel                             | --                                    | --                  |
| <a href="#">C01</a>  | Surficial placers                           | Placer Au-PGE-Sn-diamond-mag-gar-gems | 39a to e            |
| <a href="#">C02</a>  | Buried-channel placers                      | Paleochannel placers                  | 39a to e            |
| <a href="#">C03</a>  | Marine placers                              | Off-shore heavy mineral sediments     | 39f*?               |
| C04*                 | Paleoplacer U-Au-PGE-Sn-Ti-diam-mag-gar-zir | Quartz pebble conglomerate Au-U       | 29a                 |
| <a href="#">D01</a>  | Open-system zeolites                        | --                                    | 25oa                |
| <a href="#">D02</a>  | Closed-basin zeolites                       | --                                    | 25ob                |
| <a href="#">D03</a>  | Volcanic redbed Cu                          | Basaltic Cu                           | 23                  |
| D04                  | Basal U                                     | --                                    | --                  |
| D05*                 | Sandstone U                                 | Roll front U, Tabular U               | 30c                 |
| D06                  | Volcanic-hosted U                           | Epithermal U, Volcanogenic U          | 25f                 |
| <a href="#">D07</a>  | Iron oxide breccias & veins ±P±Cu±Au±Ag±U   | Olympic Dam type, Kiruna type         | 29b,25i             |
| E01*                 | Almaden Hg                                  | Carbonate-hosted Au-Ag                | 27b                 |
| <a href="#">E02</a>  | Carbonate-hosted Cu-Pb-Zn                   | Kipushi Cu-Pb-Zn                      | 32c                 |

|                             |  |  |            |
|-----------------------------|--|--|------------|
| <a href="#"><u>E03</u></a>  | Carbonate-hosted disseminated Au-Ag          | Carlin-type Au, Sediment-hosted micron Au    | 26a,19c    |
| <a href="#"><u>E04</u></a>  | Sediment-hosted Cu                           | Sediment-hosted stratiform Cu                | 30b        |
| <a href="#"><u>E05</u></a>  | Sandstone Pb                                 | --   | 30a        |
| <a href="#"><u>E06</u></a>  | Bentonite                                    | Volcanic clay, Soap clay                     | 28e?*      |
| <a href="#"><u>E07*</u></a> | Sedimentary kaolin                           | Secondary kaolin                             | 31k*       |
| <a href="#"><u>E08</u></a>  | Carbonate-hosted talc                        | Dolomite-hosted talc                         | 18?i*      |
| <a href="#"><u>E09</u></a>  | Sparry magnesite                             | Veitsch-type, carbonate-hosted magnesite     | 18i*       |
| E10                         | Carbonate-hosted barite                      | Mississippi Valley-type barite               | --         |
| E11                         | Carbonate-hosted fluorspar                   | Mississippi Valley-type fluorite             | 32d*       |
| E12                         | Mississippi Valley-type Pb-Zn                | Carbonate-hosted Pb-Zn, Appalachian Zn       | 32a/32b    |
| <a href="#"><u>E13</u></a>  | Irish-type carbonate-hosted Zn-Pb            | Kootenay Arc-type Zn-Pb, Remac-type          | --         |
| <a href="#"><u>E14</u></a>  | Sedimentary exhalative Zn-Pb-Ag              | Sedex, Sediment-hosted massive sulphide      | 31a        |
| <a href="#"><u>E15</u></a>  | Blackbird sediment-hosted Cu-Co              | Sediment-hosted Cu-Co massive sulphide       | 24d        |
| <a href="#"><u>E16</u></a>  | Shale-hosted Ni-Zn-Mo-PGE                    | Sediment-hosted Ni                           | --         |
| <a href="#"><u>E17</u></a>  | Sediment-hosted barite                       | Bedded barite                                | 31b        |
| <a href="#"><u>F01</u></a>  | Sedimentary Mn                               | --   | 34b        |
| F02                         | Bedded gypsum                                | Marine evaporite gypsum                      | 35ae       |
| F03                         | Gypsum-hosted sulphur                        | Frasch sulphur                               | --         |
| F04*                        | Bedded celestite                             | --   | 35aa*      |
| F05*                        | Palygorskite                                 | Attapulgite                                  | 34e*       |
| F06                         | Lacustrine diatomite                         | Diatomaceous earth, Kieselguhr               | 31s        |
| F07                         | Upwelling-type phosphate                     | --   | 34c        |
| F08                         | Warm current-type phosphate                  | --   | 34d        |
| F09*                        | Playa and Alkaline Lake Evaporites           | Hydromagnesite, Na carbonate lake brines     | 35ba,bm(T) |
| F10*                        | Lake Superior & Rapitan types iron-formation | --   | 34a        |
| F11*                        | Ironstone                                    | Minette ores                                 | 34f        |
| <a href="#"><u>G01</u></a>  | Algoma-type iron-formation                   | --   | 28b        |
| G02                         | Volcanogenic Mn                              | --   | 24c        |
| G03*                        | Volcanogenic anhydrite / gypsum              | --   | --         |
| <a href="#"><u>G04</u></a>  | Besshi massive sulphide Cu-Zn                | Kieslager                                    | 24b        |
| <a href="#"><u>G05</u></a>  | Cyprus massive sulphide Cu (Zn)              | --   | 24a        |
| <a href="#"><u>G06</u></a>  | Noranda / Kuroko massive sulphide Cu-Pb-Zn   | --   | 28a        |
| <a href="#"><u>G07</u></a>  | Subaqueous hot spring Ag-Au                  | --   | --         |
| <a href="#"><u>H01</u></a>  | Travertine                                   | Tufa   | 35d*       |
| <a href="#"><u>H02</u></a>  | Hot spring Hg                                | --   | 27a        |
| <a href="#"><u>H03</u></a>  | Hot spring Au-Ag                             | --   | 25a        |
| <a href="#"><u>H04</u></a>  | Epithermal Au-Ag-Cu; high sulphidation       | Acid-sulphate, qtz-alunite Au, Nansatsu-type | 25d        |
| <a href="#"><u>H05</u></a>  | Epithermal Au-Ag; low                        | Adularia-sericite epithermal                 | 25c        |

|                     |  |  |            |
|---------------------|--|--|------------|
|                     | sulphidation                           |  |            |
| H06*                | Epithermal Mn                          | --   | 25g        |
| <a href="#">H07</a> | Sn-Ag veins                            | Polymetallic Sn veins                        | 25h, 20b   |
| <a href="#">H08</a> | Alkalic intrusion-associated Au        | Alkalic intrusion-related Au, Au-Ag-Te veins | 22b        |
| H09*                | Hydrothermal alteration clays-Al-Si    | Kaolin, Alunite, Siliceous cap, Pyrophyllite | 25lb*      |
| <a href="#">I01</a> | Au-quartz veins                        | Mesothermal, Motherlode, saddle reefs        | 36a        |
| <a href="#">I02</a> | Intrusion-related Au pyrrhotite veins  | Subvolcanic shear-hosted gold                | --         |
| <a href="#">I03</a> | Turbidite-hosted Au veins              | Meguma type                                  | 36a        |
| <a href="#">I04</a> | Iron formation-hosted Au               | Iron formation-hosted gold                   | 36b        |
| <a href="#">I05</a> | Polymetallic veins Ag-Pb-Zn±Au         | Felsic intrusion-associated Ag-Pb-Zb veins   | 22c, 25b   |
| <a href="#">I06</a> | Cu±Ag quartz veins                     | Churchill-type vein Cu                       | ?          |
| I07*                | Silica veins                           | --   | --         |
| <a href="#">I08</a> | Silica-Hg carbonate                    | --   | 27c        |
| <a href="#">I09</a> | Stibnite veins and disseminations      | Simple and disseminated Sb deposits          | 27d,27e    |
| <a href="#">I10</a> | Vein barite                            | --   | IM27e      |
| <a href="#">I11</a> | Barite-fluorite veins                  | --   | 26c*       |
| I12*                | W veins                                | Quartz-wolframite veins                      | 15a        |
| I13*                | Sn veins and greisens                  | --   | 15b, 15c   |
| <a href="#">I14</a> | Five-element veins Ni-Co-As-Ag±(Bi, U) | Ni-Co-native Ag veins, cobalt-type veins     | --         |
| <a href="#">I15</a> | Classical U veins                      | Pitchblende veins, vein uranium              | --         |
| <a href="#">I16</a> | Unconformity-associated U              | Unconformity-veins, Unconformity U           | 37a        |
| <a href="#">I17</a> | Cryptocrystalline magnesite veins      | Bone magnesite, Kraubath-type magnesite      | --         |
| <a href="#">J01</a> | Polymetallic manto Ag-Pb-Zn            | Polymetallic replacement deposits            | 19a        |
| <a href="#">J02</a> | Manto and stockwork Sn                 | Replacement Sn, Renison-type                 | 14c        |
| J03*                | Mn veins and replacements              | covered by I05 and J01                       | 19b        |
| J04                 | Sulphide manto Au                      | Au-Ag sulphide mantos                        | --         |
| <a href="#">K01</a> | Cu skarns                              | --   | 18a,b      |
| <a href="#">K02</a> | Pb-Zn skarns                           | --   | 18c        |
| <a href="#">K03</a> | Fe skarns                              | --   | 18d        |
| <a href="#">K04</a> | Au skarns                              | --   | 18f*       |
| <a href="#">K05</a> | W skarns                               | --   | 14a        |
| <a href="#">K06</a> | Sn skarns                              | --   | 14b        |
| <a href="#">K07</a> | Mo skarns                              | --   | --         |
| <a href="#">K08</a> | Garnet skarns                          | --   | --         |
| <a href="#">K09</a> | Wollastonite skarns                    | --   | 18g        |
| <a href="#">L01</a> | Subvolcanic Cu-Ag-Au (As-Sb)           | Enargite Au, Transitional Au-Ag              | 22a/25e    |
| L02*                | Porphyry-related Au                    | Granitoid Au, Porphyry Au                    | 20d        |
| <a href="#">L03</a> | Alkalic porphyry Cu-Au                 | Diorite porphyry copper                      | --         |
| <a href="#">L04</a> | Porphyry Cu ± Mo ± Au                  | Calcalkaline porphyry                        | 17,20,21a1 |
| <a href="#">L05</a> | Porphyry Mo (Low F- type)              | Calcalkaline Mo stockwork                    | 21b        |
| <a href="#">L06</a> | Porphyry Sn                            | Subvolcanic tin                              | 20a        |

|                      |                                      |   |           |
|----------------------|--------------------------------------|---|-----------|
| <a href="#">L07</a>  | Porphyry W                           | Stockwork W-Mo                            | 21c*      |
| <a href="#">L08</a>  | Porphyry Mo (Climax-type)            | Granite molybdenite                       | 16        |
| M01*                 | Flood Basalt-Associated Ni-Cu        | Basaltic subvolcanic Cu-Ni-PGE            | 5a/5b     |
| M02                  | Tholeiitic intrusion-hosted Ni-Cu    | Gabbroid-associated Ni-Cu                 | 7a        |
| <a href="#">M03</a>  | Podiform chromite                    | --  | 8a/8b     |
| <a href="#">M04</a>  | Magmatic Fe-Ti±V oxide deposits      | Mafic intrusion-hosted Ti-Fe deposits     | 7b        |
| <a href="#">M05</a>  | Alaskan-type Pt±Os±Rh±Ir             | Zoned ultramafic, Uralian-type            | 9         |
| <a href="#">M06</a>  | Ultramafic-hosted asbestos           | Serpentinite-hosted asbestos              | 8d        |
| <a href="#">M07</a>  | Ultramafic-hosted talc-magnesite     | --  | 8f*       |
| <a href="#">M08</a>  | Vermiculite deposits                 | --  | --        |
| <a href="#">N01</a>  | Carbonatite-hosted deposits          | --  | 10        |
| <a href="#">N02*</a> | Kimberlite-hosted diamonds           | Diamond pipes                             | 12        |
| <a href="#">N03*</a> | Lamproite-hosted diamonds            | --  | 12        |
| O01                  | Rare element pegmatite - LCT family  | Zoned pegmatite (Lithium-Cesium-Tantalum) | 13a*,b*   |
| O02                  | Rare element pegmatite - NYF family  | Niobium-Yttrium-Fluorine pegmatite        | --        |
| O03                  | Muscovite pegmatite                  | Mica-bearing pegmatite                    | 13f*      |
| O04*                 | Feldspar-quartz pegmatite            | Barren pegmatite                          | IM13g*,e* |
| <a href="#">P01</a>  | Andalusite hornfels                  | --  | --        |
| <a href="#">P02</a>  | Kyanite-sillimanite schists          | --  | --        |
| <a href="#">P03</a>  | Microcrystalline graphite            | Amorphous graphite                        | 18k       |
| <a href="#">P04</a>  | Crystalline flake graphite           | --  | 37f       |
| <a href="#">P05</a>  | Vein graphite                        | Lump and chip graphite                    | 37g       |
| <a href="#">P06</a>  | Corundum in aluminous metasediments  | --  | --        |
| Q01                  | Jade                                 | --  | --        |
| Q02                  | Rhodonite                            | --  | --        |
| Q03*                 | Agate                                | --  | --        |
| Q04*                 | Amethyst                             | --  | --        |
| Q05*                 | Jasper                               | --  | --        |
| <a href="#">Q06</a>  | Columbia-type emerald                | --  | 31c       |
| <a href="#">Q07</a>  | Schist-hosted emerald                | Exometamorphic emerald deposit            | --        |
| <a href="#">Q08</a>  | Sediment-hosted opal                 | Australian-type opal                      | --        |
| <a href="#">Q09</a>  | Gem corundum in contact zones        | --  | --        |
| <a href="#">Q10</a>  | Gem corundum hosted by alkalic rocks | --  | --        |
| <a href="#">Q11</a>  | Volcanic-hosted opal                 | --  | --        |
| R01                  | Cement shale                         | --  | --        |
| R02                  | Expanding shale                      | --  | --        |
| R03                  | Dimension stone - granite            | --  | --        |
| R04                  | Dimension stone - marble             | --  | --        |
| R05                  | Dimension stone - andesite           | --  | --        |
| R06*                 | Dimension stone - sandstone          | --  | 30d*      |
| R07                  | Silica sandstone                     | High-silica quartzite                     | 30e*      |

|            |                              |                                      |         |
|------------|------------------------------|--------------------------------------|---------|
| R08*       | Flagstone                    | --                                   | --      |
| R09        | Limestone                    | --                                   | --      |
| R10*       | Dolomite                     | --                                   | --      |
| R11*       | Volcanic ash - pumice        | --                                   | --      |
| R12*       | Volcanic glass - perlite     | --                                   | IM25ka* |
| R13*       | Nepheline syenite            | --                                   | --      |
| R14*       | Alaskite                     | --                                   | --      |
| R15*       | Crushed rock                 | Road metal, Riprap, Railroad ballast | --      |
| <u>S01</u> | Broken Hill type Pb-Zn-Ag±Cu | Shuswap-type, Ammeburg-type Pb-Zn    | --      |

Last Updated December 08, 2004

## APÉNDICE 4.- MINERAGRAFÍAS

**SP-0036**, Muestra alterada (Goethita), macroscópicamente es una muestra de grano muy fino, densa, heterogénea, donde se observa una mezcla de dos áreas diferentes, una es dura, de color pardo oscuro y otra área es deleznable de color pardo amarillento que mancha al tacto.

**Textura de la roca:** Bajo el microscopio y vista con luz reflejada se observa un hábito botroidal.

Minerales en orden de abundancia decreciente. Mineralógicamente la muestra esta compuesta por abundante goethita ( $\approx 87\%$ ), de tamaño fino a medio, botroidal, escasa coloforme, algunas formando vetas gruesas y delgadas que se entrecruzan, además hay hematita ( $\approx 1\%$ ), de tamaño muy fino, anhedral , asociada a la goethita y a hematita; también hay muy escasa pirita, de tamaño muy fino y anhedral. Observada con luz reflejada, se distingue zeolitas ( $\approx 10\%$ ),de tamaño medio a fino, en agregados cristalinos de forma columnar y fibrosa, la cual se encuentra bordeando cavidades irregulares en la muestra.

**SP-0041**, Muestra alterada (Goethita), macroscópicamente es una muestra terrosa, alterada, heterogénea, donde se observa una de las caras de color amarillo ocre, la cual mancha al tacto y es ligeramente dezlenable, la otra cara es dura, de color pardo rojizo, con vetillas continuas e irregulares de color negro y algunas discontinuidades de color blanco.

**Textura de la roca:** Bajo el microscopio y vista con luz reflejada se observa un hábito botroidal.

Minerales en orden de abundancia decreciente. Mineralogicamente la muestra esta compuesta por abundante goethita ( $\approx 89\%$ ), de tamaño fino, botroidal y también formando bandas coloformes, además hay hematita ( $\approx 7\%$ ), de tamaño muy fino, anhedral , asociada a la goethita ; también hay muy escasa magnetita , de tamaño muy fino y anhedral , además hay muy escasa pirita, de tamaño muy fino y anhedral. Observada con luz reflejada, se distingue zeolitas ( $\approx 4\%$ ),de tamaño medio a fino, en agregados columnares a fibrosos, la cual se encuentra bordeando cavidades y algunas en cúmulos separadas por finas vetillas de goethita.

**SP-0033**, Muestra alterada (goethita), en muestra de mano es una roca alterada, homogénea, muy porosa, de grano fino, de color pardo rojizo negruzco con tonos amarillentos.

Textura de la roca: Bajo el microscopio y vista con luz reflejada se observa un hábito botroidal.

Minerales en orden de abundancia decreciente. Mineralógicamente la muestra está compuesta por abundante goethita ( $\approx 85\%$ ), de tamaño fino a medio, botroidal, a veces anhedral, fracturada y muy porosa ; además se observó limonita ( $\approx 10\%$ ), de tamaño muy fino, anhedral , asociada a la goethita y dispersa heterogéneamente por toda la muestra ; también hay hematita ( $\approx 3\%$ ) , de tamaño muy fino y anhedral y algunas veces fracturadas, le sigue pitita, de tamaño muy fino, anhedral y dispersa en la goethita. Observada con luz reflejada, se distingue cuarzo, tamaño fino anhedral y fracturado.

**SP-0070**, macroscópicamente es una roca dura, homogénea, de grano muy fino, de color pardo amarillento, con vetas irregulares y discontinuas, formadas por un mineral de color negro el cual mancha al tacto, a veces este mismo mineral se presenta rellenando grietas.

**MINERALES EN ORDEN DE ABUNDANCIA DECRECIENTE:** bajo el microscopio se observa una muestra compuesta por abundante goethita ( $\approx 91\%$ ) de tamaño fino, anhedral, porosa y dispersa homogéneamente en toda la muestra; también hay magnetita ( $\approx 7\%$ ), de tamaño muy fino, anhedral y sustituida por la goethita; le sigue muy escaso grafito, coloformes, se observa bordeando en un extremo a la goethita y sustituyendo a la magnetita; le sigue hematita de tamaño muy fino, anhedral, bordeando al grafito y en granos individuales en la goethita; por último se observó muy escasa pirita de tamaño muy fino incluida en la goethita y en el grafito.

**OBSERVACIONES:** se realizó microreacción a una porción del mineral negro observado en la muestra, para definir si era manganeso o grafito, dio como resultado grafito, se recomienda hacer difracción de rayos X.

**SP-0174**, a simple vista es similar a la muestra SP-0170, es una roca dura, homogénea, de grano muy fino, de color pardo amarillento y con vetas irregulares y discontinuas, formadas por un mineral de color negro el cual mancha al tacto.

**MINERALES EN ORDEN DE ABUNDANCIA DECRECIENTE:** bajo el microscopio es similar a la muestra SP-0170, pero disminuye el contenido de goethita ( $\approx 91\%$ ) de tamaño fino, anhedral, algunas botroidales y porosas; también se observó hematita ( $\approx 13\%$ ), subhedral a euhedral, de tamaño medio, además hay granos de tamaño fino que están ligeramente orientados, algunos fragmentos tienen bordes irregulares, están fracturados y remplazando a la ilmenita; le sigue muy escaso grafito ( $\approx 13\%$ ), de tamaño fino, llenando una fractura que atraviesa la muestra, en forma de banda colofórmica y bordeada por hematita; también se observa restos de ilmenita, de tamaño muy fino, en forma de islas en la hematita; además hay magnetita, de tamaño muy fino, anhedral, asociada con la hematita; por último se observó pirita en restos esqueléticos de tamaño muy fino.

**OBSERVACIONES:** al igual que la muestra SP-0170, se realizó microreacción a una porción del mineral negro observado, para definir si era manganeso o grafito, dio como resultado grafito, se recomienda hacer difracción de rayos X.