

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA



**“GEOLOGÍA Y MINERALIZACIÓN DEL PROYECTO
AURÍFERO SABAJO Y SU CORRELACIÓN CON LA
GEOQUÍMICA DEL ARSÉNICO - SURINAM”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO GEÓLOGO**

**ELABORADO POR:
VICTOR IVAN CABRERA HEREDIA**

**ASESOR
MSC. DAVID ROLANDO ROJAS CABALLERO**

**Lima - Perú
2015**

DEDICATORIA

*Con gratitud a mi padre: Victor Oswaldo
Cabrera Cacho, a mi madre: Griselda Heredia
de Cabrera.*

*Con mucho amor a mi esposa : Sandra Pérez, a
mis hijas Sandra Ivonne, Samantha Valentina y a
mi hijo Leonardo Ivan.*

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Ingeniería, alma máter de ilustres profesionales.

A los señores Docentes de la Facultad en especial de la escuela profesional de Ingeniería Geológica, quienes con su esfuerzo y dedicación van formando nuevos profesionales.

Al Ing. David Rojas Caballero como asesor de tesis por su valioso e incondicional aporte para realizar este proyecto, al Ing. Atilio Mendoza A. especialista de tesis por haberme apoyado con sus ideas para realizar el presente trabajo, y a la Ing. Carmen Tuiro segundo especialista de tesis, por sus sugerencias y apoyo.

A los Ingenieros de la Compañía Newmont Mining Corp. por haberme dado la oportunidad de supervisar los trabajos del presente estudio en el proyecto Sabajo, un agradecimiento especial al Msc. Lewis Teal e Ing. Jose Wilson Ribeiro director y gerente de exploraciones en Surinam respectivamente y al equipo de trabajo integrado por los profesionales como los ingenieros Russell Evans y Joel Melgar y a todo el personal de apoyo que trabaja en la empresa.

RESUMEN

El área de Sabajo está ubicada en el distrito de Para cerca a los límites de los distritos de Brokopondo y Sipaliwini.

De acuerdo con la información geológica recolectada de los taladros de perforación y descripciones de afloramientos, la falla Cassador separa unidades meta-volcánicas félsicas, de la Formación Paramaka, de unidades meta-sedimentarias, de la Formación Armina. La falla Cassador tiene una orientación NW-SE y un buzamiento de 70°-75° al NE. Ambas secuencias estratigráficas (Fm. Paramaka y Fm. Armina) se encuentran sub paralelas a la falla Cassador y tiene un alto buzamiento hacia el NE. La falla Cassador puede ser seguida por más de 10 km, pero es más conspicua en el área del depósito donde pone en contacto secuencias oscuras gráficas de meta-lutitas carbonosas con rocas dacíticas de color claro. Meta-lutitas carbonosas intensamente cizalladas son típicamente encontradas dentro de la falla Cassador. Esta roca es fácilmente distinguida por su alta reflectancia, grafito de color oscuro, abundantes espejos de falla y pequeños plegamientos.

La mineralización hipogénica de oro está asociada con potentes vetas de cuarzo, venillas y silicificación emplazadas preferentemente a lo largo de la falla Cassador y a fallas de menor magnitud asociadas al contacto con los diques.

La información geoquímica del área de Sabajo muestra una moderada correlación entre oro y arsénico, la asociación de estos dos elementos nos indican los principales blancos de exploración para perforación diamantina y trincheras. Contornos de oro y arsénico en las anomalías geoquímica de suelos indican un corredor NW-SE coincidente con la

mineralización de oro en saprolita y roca fresca asociados con el corredor de la falla Cassador.

La geofísica de Dipolo-Dipolo IP, es una herramienta principal de exploración. La secuencia sedimentaria con carbón grafito y menor contenido (1-5%) de sulfuros nos da como respuesta baja resistividad-alta cargabilidad.

Con la interpretación de estos estudios determinaremos las características geológicas y estructurales que controlan la mineralización de oro en el depósito orogénico de Sabajo y determinar la correlación geoquímica de oro y arsénico; además mostrar las características geofísicas magnéticas y eléctricas de las diferentes secuencias litológicas que subyacen en el área de Sabajo.

ABSTRACT

The Sabajo area is located in the district of Para - Suriname. This property lies at the boundary of the districts of Para, Brokopondo and Sipaliwini.

According with the geology data collected from the drill holes and outcrop descriptions, this area consists of sequences of various meta-volcanic and meta-sedimentary rocks divided by the Cassador fault. This fault separates a dacitic volcanic unit, probably Paramaka Formation rocks, from volcano-clastic and meta-sedimentary rocks, probably Armina Formation rocks. The Sabajo Fault dips steeply NE at 75 degrees and strikes NW-SE. Both Paramaka and Armina rocks lie sub-parallel to the Sabajo Fault and dip steeply NE. The fault can be traced over a distance in excess of 10 km, but is most conspicuous in the deposit area where it juxtaposes highly graphitic meta-mudstone against sheared, light colored, dacitic rocks. Black, highly graphitic, intensely sheared, meta-mudstone is found within the Cassador shear zone. The rock is easily distinguished by its high reflectance, coal black color, abundant slip surfaces and minor folds.

Hypogene gold mineralization is associated with quartz veins, veinlets and silicification emplaced along the Cassador fault and also extensional faults along the contacts with the dikes.

Gold and arsenic geochemistry data collected from soil auger sampling indicate primary targeting vectors for trenching and drilling. Gold and arsenic anomalies in soil auger samples outline northwest trend coincident with gold mineralization in saprolite and bedrock associated with the Cassador fault trend. At Sabajo, correlation matrix from surface soil and

drill hole geochemistry data shows gold is positively low correlation with arsenic and sulfur. This likely reflects gold association with silicification, especially higher grade intervals. Geophysics dipole–dipole IP, is a primary exploration tool. The Sabajo sedimentary sequence with carbon, graphite, and minor (1-5%) but rather ubiquitous sulfide content, gives conspicuous low-resistivity – high-chargeability responses.

The interpretations of these studies conclude the geology and structural characteristics that control gold mineralization in the orogenic Sabajo deposit and determinate the gold-arsenic geochemistry correlation, as well as, shown the magnetic and electric geophysics characteristics of the lithology sequences at Sabajo area.

ÍNDICE

CAPÍTULO I : GENERALIDADES

1.1	UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD.....	15
1.2	CLIMA Y VEGETACIÓN.....	17
1.3	ASPECTO GEOMORFOLÓGICO	17
1.4	HIDROGRAFÍA	18
1.5	ANTECEDENTES.....	18

CAPÍTULO II : GEOLOGÍA REGIONAL

2.1	PROVINCIAS TECTÓNICAS DEL ESCUDO DE LA GUAYANA.....	21
2.2	SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA	22
2.2.1	ARCAICO.....	22
2.2.2	PROTEROZOICO INFERIOR	23
2.2.3	PERMOTRIÁSICO.....	28
2.2.4	CRETÁCICO	28
2.3	DEPÓSITOS DE ORO EN EL ESCUDO DE LA GUAYANA.....	1
2.3.1	DEPÓSITOS OROGÉNICOS.....	1

CAPÍTULO III : GEOLOGÍA DEL PROYECTO SABAJO

3.1	GEOLOGÍA LOCAL.....	1
3.1.1	LITOLOGÍA	1
3.1.2	MINERALOGÍA.....	9
3.1.3	SULFUROS	9
3.2	REGOLITO.....	11
3.2.1	MATERIAL ORGÁNICO	12
3.2.2	SUELO LATERÍTICO.....	12

3.2.3	ZONA ARCILLOSA	12
3.2.4	SAPROLITA.....	12
3.2.5	SAP-ROCA.....	13
3.2.6	ROCA	13
3.3	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	13
3.3.1	CONTACTOS ESTRATIGRÁFICOS (SO).....	14
3.3.2	FOLIACIÓN (S1)	16
3.3.3	PLEGAMIENTOS DE MENOR ESCALA (S-M-Z-W)	16
3.3.4	DIRECCIÓN DE DEPOSICIÓN (Decreciente).....	17
3.4	METAMORFISMO	17
3.5	ALTERACIÓN HIDROTERMAL.....	20
3.6	MINERALIZACIÓN	21

CAPÍTULO IV : GEOQUÍMICA

4.1	GEOQUÍMICA SUPERFICIAL Y DE TALADROS	26
4.1.1	MUESTREO DE SUELOS	27
4.1.2	MUESTREO CANALES	27
4.1.3	MUESTREO SELECTIVO.....	28
4.1.4	MUESTREO DE TESTIGOS	28
4.2	CORRELACIONES Y GEOESTADÍSTICAS DE MUESTRAS SUPERFICIALES.....	28
4.3	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS GEOQUÍMICOS.....	31
4.4	DETERMINACIÓN DEL BACKGROUND Y THRESHOLD	34
4.5	INTERPRETACIÓN DE LA GEOQUÍMICA SUPERFICIAL	37
4.5.1	NIVELES DE PRIORIDAD Y PERFIL LITOGEOQUÍMICO DE ANOMALÍAS GEOQUÍMICAS	37
4.6	PERFIL LITOGEOQUÍMICO DE ANOMALÍA DE PRIORIDAD “I”	40

CAPÍTULO V : GEOFÍSICA

5.1	MÉTODOS GEOFÍSICOS.....	46
5.1.1	MAGNETOMETRÍA AEROTRANSPORTADA.....	47
5.1.2	INTESIDAD MAGNÉTICA TOTAL (RAW)	48
5.1.3	REDUCIDA AL POLO (RTP).....	48
5.1.4	INTESIDAD MAGNÉTICA TOTAL-1 ^{era} DERIVADA (RAW-HGRAD)	48
5.1.5	REDUCIDA AL POLO – 1 ^{era} DERIVADA (RTP-HGRAD).....	48
5.1.6	DIPOLO IP	48
5.2	INTERPRETACIÓN GEOFÍSICA EN EL PROYECTO SABAJO.....	52

CAPÍTULO VI : EVOLUCIÓN Y MODELO GEOLÓGICO

6.1	EVOLUCIÓN GEOLÓGICA.....	55
6.2	MODELO GEOLÓGICO.....	59

CONCLUSIONES.....	62
--------------------------	-----------

RECOMENDACIONES.....	64
-----------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA.....	65
--------------------------	-----------

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de ubicacion y acceso.	166
Figura 2. Evolución del Escudo de la Guayana - Período Arcaico (2.30 Ga – 1.50 Ga).....	22
Figura 3. Columna Estratigráfica de la Provincia Trans-Amazonian.	288
Figura 4- Columna Estratigráfica del Proyecto Sabajo - Surinam.	17
Figura 5- Histograma de Frecuencia Au (Logarítmica).....	70
Figura 6- Histograma de Frecuencia As (Logarítmica).	3371
Figura 7- Diagrama de Frecuencia Acumulada de Au (Logarítmica), mostrando la manera gráfica (cambio de pendiente) del cálculo de rangos estadísticos.....	74
Figura 8- Diagrama de Frecuencia Acumulada de As (Logarítmica), mostrando la manera gráfica (cambio de pendiente) del cálculo de rangos estadísticos.....	75
Figura 9- Vulcanismo Intermedio (Fm. Paramaka-Superior) e inicio de Orogenia.	93
Figura 10- Sedimentación Clástica Fina (Formación Armina).	94
Figura 11- Emplazamiento de diques.	94
Figura 12- Culminación de la Primera Fase Orogenia y Mineralización.	95
Figura 13- Segunda Fase de la Orogenia Trans-Amazonian.	96
Figura 14- Modelo Geológico del área de Sabajo.	98

LISTA DE FOTOS

- Foto 1-** Roca de fragmental monolítica, con fragmentos de roca > 1cm de textura porfirítica media con feldespatos en matriz afanítica se encuentran en matriz gris clara fina y con desarrollo de Cloritas.2
- Foto 2-** Plano de la falla Cassador (Grafito) mostrando estrías de falla sub-verticale. En el bloque techo de la falla se muestra brechas de falla (fragmentos ángulos de cuarzo blanco en matriz de clástica fina carbonosa), seguido de la secuencia de meta-lutitas carbonosas.....3
- Foto 3-** Veta-brecha de Cuarzo-Ca-Py-Apy de color gris claro rellena con vetas de cuarzo-Ca-Py-Apy de color blanco, Py (3%) y Apy (<1%) se presenta disseminada gruesa y rellenando a lo largo de fracturas.4
- Foto 4-** Roca de textura clástica fina de color negro debido a su gran contenido carbonoso, intercalado con delgadas capas de limolitas.5
- Foto 5-** Roca de textura clástica con fragmentos líticos (>0.3cm) de meta-lutita y meta-limonita en matriz media a fina de arenisca y arcilla.....6
- Foto 6-** Roca de textura clástica, mostrando intercalaciones entre delgadas capas meta limolitas y de meta-areniscas.7
- Foto 7-** Roca de textura clástica con fragmentos heterolíticos elongados de de meta-lutitas carbonosas, meta-limolitas, meta-areniscas, fragmentos de rocas ígneas básicas-félsicas y fragmentos de cuarzo en matriz fina a media de arcilla y arenisca.8
- Foto 8-** Roca de textura clástica fina de color negro debido a su gran contenido carbonoso cortada por venillas Cuarzo-Ca-Py, mostrando desarrollo euhedral de Apy (7-10%), Py (1-2%).....10
- Foto 9-** Roca de textura clástica fina de color negro debido a su gran contenido carbonoso, mostrando pirrotita masiva, Po (5%), Py (3%).11

Foto 10- Muestra el contacto entre diferentes capas sedimentarias de textura fina como meta-lutitas / meta-limolitas / meta-areniscas.	15
Foto 11- Muestra contacto entre roca volcánica (afanítica de textura fina con desarrollo de porfiroblastos de ankerita) y rocas clástica de textura fina.	15
Foto 12- Muestra plegamientos en la secuencia sedimentaria con fallas de menor escala. ...	17
Foto 13- Meta-areniscas con desarrollo de porfiroblastos de magnetita a lo largo y paralelas a las capas sedimentarias y foliación.	19
Foto 14- Roca de textura clástica fina carbonácea afectada por fuerte tectonismo (falla Cassador), mostrando la superficie de falla (Grafito) y estrías de falla.	20
Foto 15- Brecha monolítica compuesta de fragmentos angulosos de meta lutitas carbonosas, en matriz de Cuarzo-Ca-Py-Apy.	23
Foto 16- Roca de textura clástica fina de color negro debido a su gran contenido carbonoso cortada por venillas Cuarzo-Ca, mostrando desarrollo sub-euhedral de Apy (8%), Py (5%) y Po(2%).	24
Foto 17- Roca de textura volcánica fina (Esquistos verdes), presenta clorita-sericita y Po (5%)-Py(3-5%)-Apy(1%) diseminada, cortada por venillas de Cuarzo-Ca-Py.	25

LISTA DE MAPAS

Mapa 1- Mapa Geológico Interpretado del Escudo de la Guayana y sus principales depósitos de oro.	1
Mapa 2- Mapa y Sección geológica interpretada del Proyecto Rosebel - Surinam.	4
Mapa 3- Sección geológica interpretada del Proyecto Merian - Surinam.	1
Mapa 4- Mapa - Sección geológica interpretada del Proyecto Omai - Guyana.	1
Mapa 5- Mapa geológico interpretado del Proyecto Sabajo - Surinam.	1
Mapa 6- Mapa Geoquímico, mostrando anomalías de Au utilizando los rangos estadísticos calculados.	41
Mapa 7- Mapa Geoquímico, mostrando anomalías de As utilizando los rangos estadísticos calculados.	¡Error! Marcador no definido.
Mapa 8- Mapa Geoquímico mostrando resultados de Trincheras y Niveles de prioridad para el Proyecto Sabajo.	¡Error! Marcador no definido.
Mapa 9- Sección Litológica interpretada 9650E – Au del Proyecto Sabajo - Surinam.	44
Mapa 10- Sección Litológica interpretado – As del Proyecto Sabajo -Surinam.	45
Mapa 11- A) Mapa geofísico de intensidad magnética total (RAW). 12-B) Mapa geofísico de intensidad magnética total 1era derivada (RAW-HGRAD). 12-C) Mapa geofísico de intensidad magnética reducida al polo (RTP). 12-D) Mapa geofísico de intensidad magnética reducido al polo 1era derivada (RTP-HGRAD).	50
Mapa 12- Mapa geofísico de Dipolo IP, Resistividad - Cargabilidad. ¡Error! Marcador no definido.	
Mapa 13- Modelo Geológico del área de Sabajo.	99

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1-** Matriz de Correlación de Pearson para el Proyecto Sabajo (43 elementos traza)..30
- Tabla 2-**Muestra los rangos estadísticos (%) y Rangos geoquímicos (ppm) del Oro.....35
- Tabla 3-** Muestra los rangos estadísticos (%) y Rangos geoquímicos (ppm) del Arsénico..35

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

Newmont Exploraciones se encuentra realizando estudios en la parte NE del Escudo de la Guayana, específicamente en el área de Sabajo ubicado en el distrito de Para - Surinam. El Proyecto Sabajo abarca un área de aproximadamente 8330 ha y se encuentra adyacente a otras concesiones de exploración como Santa Barbara, Margo Mining y Sarafina también pertenecientes a Newmont.

En esta parte del Escudo de la Guayana predominan rocas del Grupo Marowijne compuestas por secuencias meta-volcánicas y meta-sedimentarias de bajo grado de metamorfismo y de edad Proterozoica (inferior). Estas secuencias de orientación predominante NW-SE forman parte de los cinturones de esquistos verdes a lo largo del margen NE del Escudo de la Guayana.

En Surinam estos cinturones de esquistos verdes son importantes por la ocurrencia de varios depósitos orogénicos de oro de gran escala como Rosebel (12M oz) y Merian (6M oz).

1.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

Surinam es uno de los cinco países que pertenecen al Escudo de la Guayana, se encuentra ubicado en la parte central del Escudo de la Guayana y colinda al Norte con el Océano Atlántico, al Este con la Guayana Francesa, al Sur con Brasil y al Oeste con la Guyana. El Proyecto Sabajo abarca un área de 8330 Ha y se encuentra ubicado en la parte NE de Surinam, distrito de Para, El marco geográfico que delimita esta área, comprende las siguientes coordenadas:

(Latitud / Longitud - WGS84)

- Latitud Norte $05^{\circ} 06' 40''$ / $05^{\circ} 03' 25''$
- Longitud Oeste $-54^{\circ} 52' 00''$ / $-54^{\circ} 47' 10''$

El Proyecto Sabajo está ubicado aproximadamente a 90 km al sur de la ciudad de Paramaribo (Capital de Surinam), el acceso al proyecto se hace partiendo desde la ciudad de Paramaribo a través una vía principal asfaltada hasta una pequeña ciudad Affobakka (100 km. de distancia aproximadamente) que se encuentra a orillas del lago Brokopondo y luego desde la ciudad de Affobakka se toma una vía afirmada hasta el Proyecto Sabajo (40 km de distancia aproximadamente).

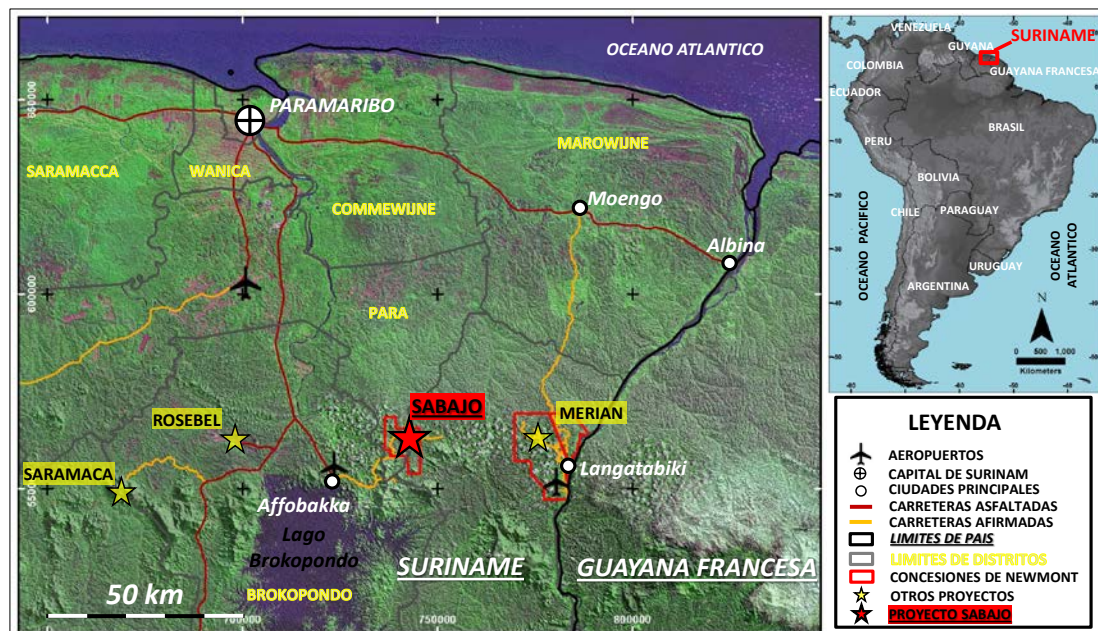


Figura 1-Mapa de ubicacion y acceso.

1.2 CLIMA Y VEGETACIÓN

El clima en Surinam es clasificado como Tropical húmedo durante todo el año. El clima esta dado principalmente por vientos del Noreste y del Sureste que convergen en la zona conocida como Inter-Tropical Convergente (ITC zone), estos vientos atraviesan Surinam dos veces al año resultando 4 estaciones climáticas:

- Corta estación seca (primeros días de Febrero hasta fines de Abril)
- Larga estación de lluvias (fines de Abril hasta mediados de Agosto)
- Larga estación seca (mediados de Agosto hasta los primeros días de Diciembre)
- Corta estación de lluvias (primeros días de Diciembre hasta fines de Febrero)

El promedio anual de precipitación fluvial es 2 797 milímetros por año.

La variación diaria de temperatura en el interior de Surinam varía entre 10 y 12 grados Celsius, la máxima temperatura durante el año llega hasta aproximadamente 35.2 grados Celsius y la mas baja hasta 18.3 grados Celsius.

La humedad relativa promedio es aproximadamente 89% resultado de las lluvias y los cambios de temperatura.

1.3 ASPECTO GEOMORFOLÓGICO

Surinam está constituido, desde el punto de vista físico, por una llanura costera pantanosa que en algunos casos se extiende hasta varios kilómetros de ancho, luego consta de una plataforma central con zonas de sábanas, extensiones de dunas y áreas pobladas de árboles y al sur una región montañosa con densos bosques.

En la parte central de Surinam y hacia el Oeste se encuentra las montañas Bakhuis cuyas elevación llega hasta 1026.9 msnm siendo esta la elevación mas importante de todo Surinam. Dentro del Proyecto Sabajo las elevaciones varían aproximadamente desde 30 msnm en zonas de quebradas y hasta 150 msnm aprox. al Noreste del depósito de Sabajo.

1.4 HIDROGRAFÍA

En Surinam el drenaje de las aguas de río está dirigido hacia el Océano Atlántico, Entre sus numerosos ríos destacan el Marowijne (Maron), que traza parte de la frontera con la Guayana Francesa; el río Corantijn describe la frontera con Guyana Inglesa; el río Coppename, el río Saramacca y el río Surinam.

El río Surinam nace en el lago Brokopondo y se encuentra ubicado a unos 100 km aproximadamente al Sur de Paramaribo, es el lago mas importante de Surinam debido a su gran tamaño y a la hidroeléctrica que ahí se encuentra construida.

El drenaje en Surinam es esencialmente dendrítico; en zonas de baja elevación dentro del proyecto y en zonas cerca de la costa el drenaje y el regolito probablemente han sido afectados por fluctuaciones del nivel del mar en tiempos geológicos recientes.

1.5 ANTECEDENTES

Mineros ilegales

Desde los años 90's hasta la fecha, en el área de Sabajo, mineros ilegales trabajaron el material aluvial a lo largo de zonas de quebrada con el objetivo de lavar oro residual; el método consiste en remover con un excavador el material aluvial para luego ser lavado con agua a gran presión acumulándose este lodo en una poza previamente diseñada, luego este lodo es bombeado a una parte alta (2-3m) en donde se deja caer sobre unas cajas diseñadas para atrapar el oro por gravedad. Este proceso gravitacional sumado al proceso de amalgamiento es la manera artesanal que los mineros ilegales conocidos también como "Porknockers" extraen el oro residual del material aluvial.

A partir del 2007 y cerca de la falla Cassador, estas operaciones mineras ilegales se empezaron a desarrollar en el material primario (Saprolita) encontrando así mineralización de oro alrededor de la falla Cassador.

Exploración Moderna

El 20 de Julio 2005 Newmont presentó la Aplicación de exploración en el área de Sabajo.

Durante el periodo 2008, se desarrollaron de trabajos de exploración regional alrededor del área de Sabajo, consistió en muestreo de sedimentos (BLEG), muestreo de rocas, muestreo de suelos en las cumbres de los cerros encontrándose así anomalías de oro.

El 9 de abril del 2009, Newmont obtuvo la licencia de exploración para el área de Sabajo.

Ese mismo año (2009) se desarrollaron muestreos sistemáticos de suelos en mallas 25m * 100m en el área de Sabajo confirmando y delimitando las zonas anómalas a lo largo de la falla Cassador.

A finales del año 2009, se realizó la primera campaña de perforación diamantina, siete (7) taladros confirmaron zonas de mineralización a lo largo de la falla Cassador.

Del 2010 al 2012 se realizaron varias campañas de perforación que permitieron definir un sistema orogénico de 3M oz, también diversos estudios metalúrgicos se están llevando a cabo con la finalidad de definir la viabilidad del depósito de Sabajo.

CAPÍTULO II

GEOLOGÍA REGIONAL

Surinam está ubicado en la parte central del Escudo de la Guayana, con una superficie cerca de 900 000 km², el Escudo de la Guyana representa el segmento norte del Cratón Amazónico en América del Sur y está ubicado entre las cuencas de los ríos Amazonas en el norte de Brasil y Orinoco en Venezuela.

La mayor parte del Escudo de la Guayana está compuesto por rocas graníticas que forman parte del basamento Arcaico, en la parte norte del Escudo de la Guayana extensos cinturones de rocas volcánicas y sedimentarias cubren gran parte del Escudo de la Guayana y se encuentran fuertemente plegadas y metamorfizadas a facies de esquistos verdes debido a la Orogenia Trans-Amazonian (Entre 2.26 y 1.93 Ga), esto sugiere que este extensivo cinturón del Proterozoico representa un ambiente de cuenca Back-Arc marginal a un continente.

La acumulación y formación de secuencias volcánicas-sedimentarias y las subsecuentes orogenias que afectaron el Escudo de la Guayana son descritas como facies de convergencia y subducción de placas.

En la parte norte del Escudo de la Guayana hay predominantemente tres cinturones de esquistos verdes entre Venezuela y la Guayana Francesa. En Surinam el cinturón de esquistos verdes está orientado NW-SE y se extiende una distancia de 200 km de norte a sur.

2.1 PROVINCIAS TECTÓNICAS DEL ESCUDO DE LA GUAYANA

El Escudo de la Guayana comprende cinco provincias tectónicas caracterizadas por específicos arreglos tectónicos-estratigráficos que fueron acrecionados a ambos lados de núcleos rocosos Arcaicos creando corredores regionales sub-paralelos de orientación NW-SE.

Las provincias tectónicas de Imataca-Amapá (3.4-2.4 Ga) y Bartica (2.3 Ga) están compuestas de rocas gneis, rocas meta-sedimentarias y granitoides, ubicados en la parte central y norte del Escudo de la Guayana respectivamente, forman el basamento Arcaico del Escudo de la Guayana, entre ambos núcleos arcaicos se acrecionaron y levantaron debido a varios procesos orogénicos, la más antigua de las provincias tectónicas Trans-Amazonian (2.25-2.0 Ga). Provincias geológicas ligeramente más jóvenes fueron acrecionados

progresivamente en la parte sur del Escudo de la Guayana, creando primero la provincia geológica de Parima (2.0-1.78 Ga) y luego la provincia geológica de Río Negro (1.8-1.2 Ga).

Estas fases de acreciones fueron seguidas por tres fases de tectonismo extensional empezando con el evento Uatuma-Roraima (ca. 1.9 Ga) seguida del evento Nickerian (ca. 1.2 Ga) y que posteriormente fue reactivado durante la abertura del océano Atlántico por el evento que generó graben Takutu-Amazon (ca 190 Ma). Todas las rocas Pre-cambrianas fueron intruidas por rocas ígneas del Proterozoico medio y diques Pérmico-Triásico.

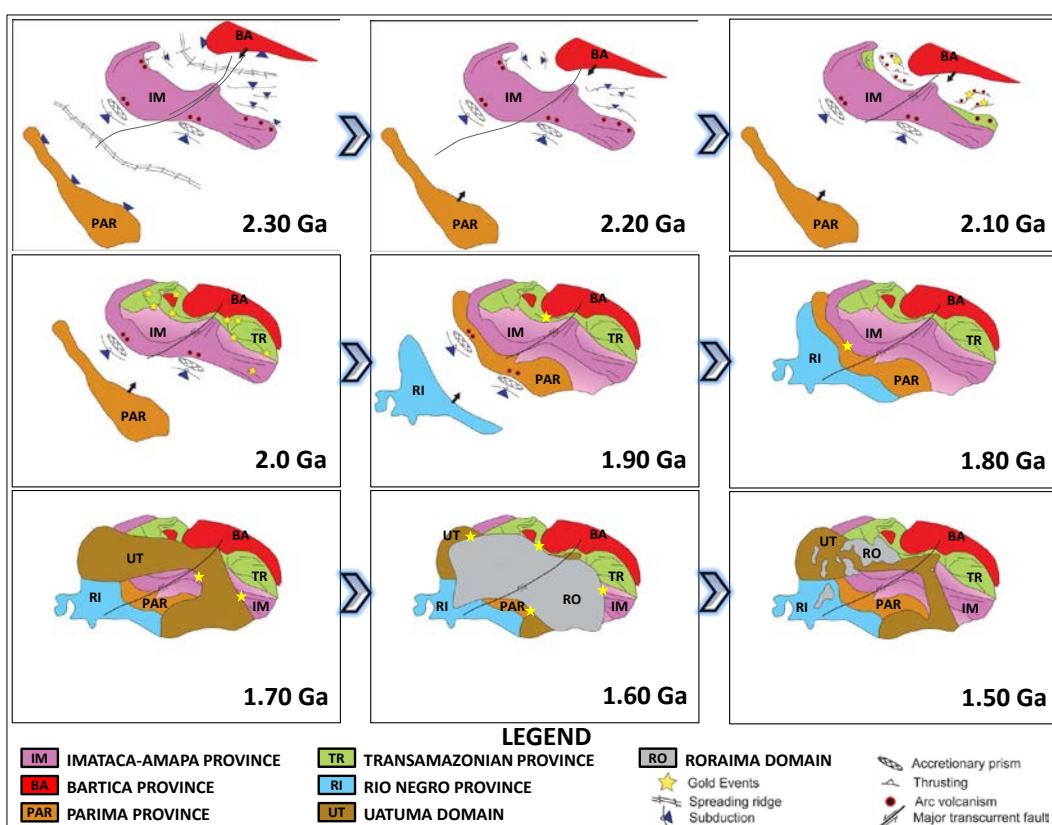


Figura 2-Evolución del Escudo de la Guayana - Período Arcaico 2.30 Ga – 1.50 Ga (Reporte interno de Newmont).

2.2 SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA

2.2.1 ARCAICO

BASAMENTO DEL ESCUDO DE LA GUAYANA (3.3-2.5 Ga)

El basamento del Escudo de Guayana está compuesto por rocas Arcaicas pertenecientes a las provincias geológicas de Imataca-Amapá, (3.4-2.4 Ga) y Bartica (2.3 Ga) que estuvieron presentes al momento de la Formación del Escudo de la Guayana y sus posteriores acreciones continentales.

Rocas constituidas esencialmente por gneis de alto grado metamorfismo, granulitas y cuarcitas ferruginosas del Complejo de Imataca, se extienden desde el estado de Amapá al NE de Brasil hasta el complejo de Imataca en el NE de Venezuela, sin embargo solo esporádicos afloramientos entre las dos regiones separadas cerca de 1500 km como la presencia de domos de gneis en el área de Coeroeni al borde de Surinam y Guyana (Berrange, 1977, Kroonenberg 1976) y el basamento de rocas Arcaicas inferido debajo la gruesa secuencia de molasas pertenecientes a la Formación Roraima.

Las rocas Arcaicas fueron afectadas por el tectonismo de la era Arcaico y luego afectadas por las orogenias del Proterozoico inferior que deformaron y produjeron metamorfismo estas rocas a condiciones desconocidas. Al menos dos sistemas estructurales de fallas fueron identificados; en la parte Oeste de Surinam, el sistema estructural más antiguo NE-SW se encuentra paralelo al graben de Takutu y al Complejo de Imataca al Noreste de Venezuela.

El mejor desarrollo de estructuras se presenta en la provincia de Amapá en el Noreste de Brasil, la mayoría de estas estructuras esta orientados NW-SE y definen un patrón estructural complejo y paralelo al patrón principal que afecto las secuencias del corredor de Trans-Amazonian de Surinam y la Guayana Francesa que probablemente fueron reactivadas

durante la orogenia Trans-Amazonian. En Surinam el basamento es conocido como Grupo Falawatra.

2.2.2 PROTEROZOICO INFERIOR

En la parte Norte de Guyana secuencias volcánicas-sedimentarias están distribuidas a lo largo de la compleja y deformada cuenca Cuyuní, por lo menos tres distintas secuencias de arco de isla y back-arc han sido identificadas. Sistema de fallas parecen ser transprecionales por su desarrollo lejos de la zona de colisión del bloque Bartica.

En el Noreste de Surinam y el Norte de la Guayana Francesa, secuencias volcánicas-sedimentarias ocurren a lo largo de la cuenca Marowijne donde hasta tres eventos oceanic-arc o back-arc y también eventos intra-continentales han sido identificados. Deformación, fallas y plegamientos se desarrollaron bajo condiciones de compresión entre los bloques colisionantes, en la parte central de la Guayana Francesa representa island-arc y se extiende al Norte del estado de Amapá en Brasil.

GRUPO MAROWIJNE

Este grupo se caracteriza por rocas de ensamble pre-graníticas meta-sedimentarias y asociaciones meta-volcánicas del proterozoico inferior, este ensamble comprende la Formación Paramaka, la Formación Armina y la Formación Rosebel en la parte Este de Surinam.

La secuencia estratigráfica observada para el Grupo Marowijne es la siguiente:

FORMACIÓN PARAMAKA (2.25- 2.15 Ga)

Esta Formación representa la unidad más antigua conocida en Surinam, compuesta por rocas de bajo metamorfismo predominantemente por volcánicas básicas y en menor proporción rocas volcánicas extrusivas ácidas.

En la parte inferior de esta formación comprende secuencias meta-volcánicas máficas, toleítica meta-basaltos y meta-gabros con texturas porfirítica relítica, amigdaloides y fluidal, algunas veces se observan estructuras tipo pillow lava; pequeños cuerpos intrusivos de similar composición meta-gabros y meta-doleritas cortan esta secuencia. En la parte superior esta formación presenta secuencias volcánicas intermedias que varían en composición de andesitas a dacitas y localmente riolitas. Secuencias clásticas finas de bajo grado de metamorfismo y secuencias de tufo se encuentran intercaladas con secuencias meta-volcánicas (Gibbs and Barron, 1993).

La orogenia Trans-Amazonian originó el fuerte plegamiento, fallamiento y foliación de esta formación produciendo anticlinales y sinclinales de diferente escala; la foliación tienen una orientación NW-SE y es paralela al eje axial de los pliegues, el metamorfismo regional es de bajo grado principalmente a esquistos verdes (actinolita-epidota-clorita-feldespato sódico).

Dentro del área de Sabajo esta formación forma parte del bloque piso de la falla Cassador y aflora en la parte SW de la misma.

FORMACIÓN ARMINA (2.15 – 2.115 Ga)

Está formada por rocas clásticas como meta-lutitas, meta-limolitas, meta-areniscas de bajo grado de metamorfismo.

Estas secuencias están constituidas por sedimentos tipo flysch, presenta facies de sedimentación de una plataforma marina poco profunda, también estructuras sedimentarias indican deposición en ambientes turbidíticos; esta formación descansa de manera discordante sobre las rocas de la Formación Paramaka y del basamento Amapá-Itamaca.

Al igual que las formaciones subyacentes estas secuencias también fueron afectadas por las diversas fases de la orogenia Trans-Amazonian, originando fuerte plegamiento y foliación, como resultado anticlinales y sinclinales de diferente escala fueron formados, estos pliegues parecen estar superpuestos en estructuras isoclinales de escala regional.

Plegamiento de menor escala y la superposición de foliación indican una segunda fase orogénica (Bosma et al, 1983).

Dentro del área de Sabajo esta formación forma parte de bloque techo de la falla Cassador, aflora en la parte NE de la misma y se encuentra intruida por rocas volcánicas de textura fina las mismas que presentan débil metamorfismo (esquistos verdes).

FORMACIÓN ROSEBEL (2.115 – 2.090 Ga)

Está formada por rocas sedimentarias de bajo grado metamórfico como meta-areniscas de grano grueso y meta-conglomerados predominantemente monolíticas, localmente heterolíticos, intercalados con filitas y en algunos casos con secuencias meta-volcánicas. Estas rocas sedimentarias están constituidas de sedimentos molásicos que presentan estructuras sedimentarias bien preservadas predominantemente ripple-marks y estratificación cruzada.

El contacto entre la Formación Armina y Rosebel no está expuesto, estas formaciones sobreyacen de manera discordante sobre las rocas de la Formación Paramaka, presenta facies de sedimentación de un delta aluvial del paleo-proterozoico.

La Formación Rosebel también fue afectada por las diversas fases de la orogenia Trans-Amazonian, originando fuerte plegamiento formándose anticlinales y sinclinales con planos axiales sub horizontales, pervasiva esquistosidad no está siempre presente pero clastos elongados indican una elongación tectónica de más de 100%.

Los sedimentos que forman las rocas en las Formaciones Armina, Rosebel son principalmente sedimentos que resultan de la erosión de la Formación Paramaka.

COMPLEJO DE UATUMA (1984 – 1850 Ma)

Rocas volcánicas del Complejo de Uatuma se formaron a partir de un gigante cono volcánico de hasta 400 km de diámetro en el sur de Surinam, este Complejo está constituido de rocas volcánicas félsicas ligeramente orientadas N-S. Este corredor de rocas volcánicas félsicas y los intrusivos relacionados a este evento se extienden cerca de 300 km de ancho y 800 km de largo y representa el ambiente magmático más extenso en el mundo.

FORMACIÓN RORAIMA (1900 – 1800 Ma)

Sedimentos molásicos constituyen las rocas sedimentarias que forman parte de esta formación como areniscas y conglomerados, se encuentran localmente intercaladas con secuencias de tufos volcánicos que afloran en la parte central de Surinam.

Estas secuencias se presentan sub-horizontales tienen una potencia aproximada de 650m y descansan discordantemente sobre las rocas del Grupo Marowijne y del basamento del Escudo del Guayana.

FORMACIÓN AVANAVERO (1800 – 1500 Ma)

Está formada por diques, sills y cuerpos intrusivos básicos de composición gabro-dolerítica, estos cuerpos intrusivos doleríticos de textura fina (>1mm) pueden gradar hacia gabros y es comúnmente caracterizado por la presencia de pigeonita e hiperstena.

Los cuerpos doleríticos irregulares en el área de Avanavero probablemente representan múltiples intrusiones y en zonas de cumbre que parecen estar cubiertas estos cuerpos intrusivos representan sills.

2.2.3 PERMOTRIÁSICO

FORMACIÓN APATOE (227 +/- 10 Ma)

También conocidas como doleritas jóvenes, está formada por largos y delgados diques doleríticos que son particularmente abundantes en Surinam, y se caracteriza por la presencia de pigeonita y falta de hiperstena de origen primario.

2.2.4 CRETÁCICO

GRUPO CORANTIJN

Está formado por sedimentos de la planicie costera del periodo cretácico hasta nuestros tiempos que se encuentran poco consolidados, por el norte se extiende desde el borde

continental de Surinam hasta aproximadamente 100 km al sur donde el basamento proterozoico se encuentra expuesto; en la parte NW de Surinam cerca de la frontera con Guyana tiene una potencia de 2000m. **Ver Mapa 1.**

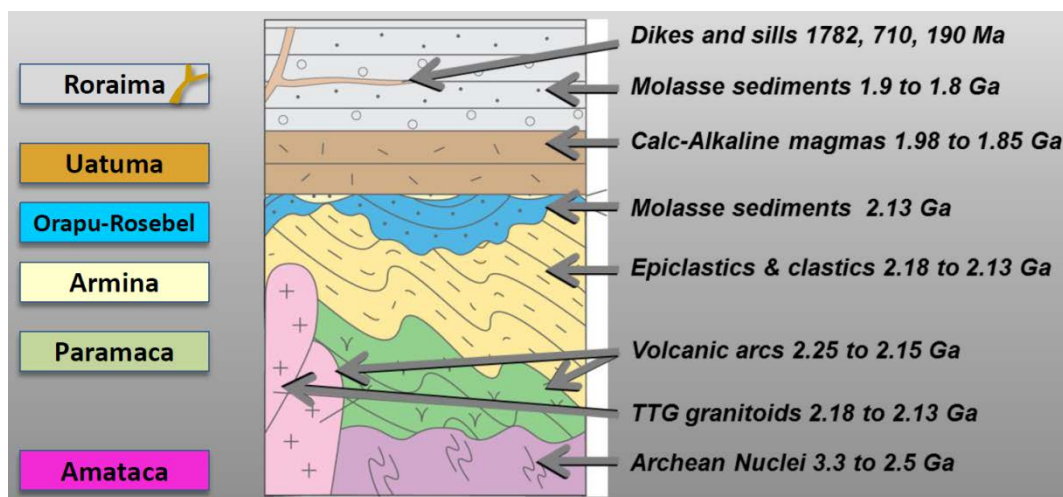
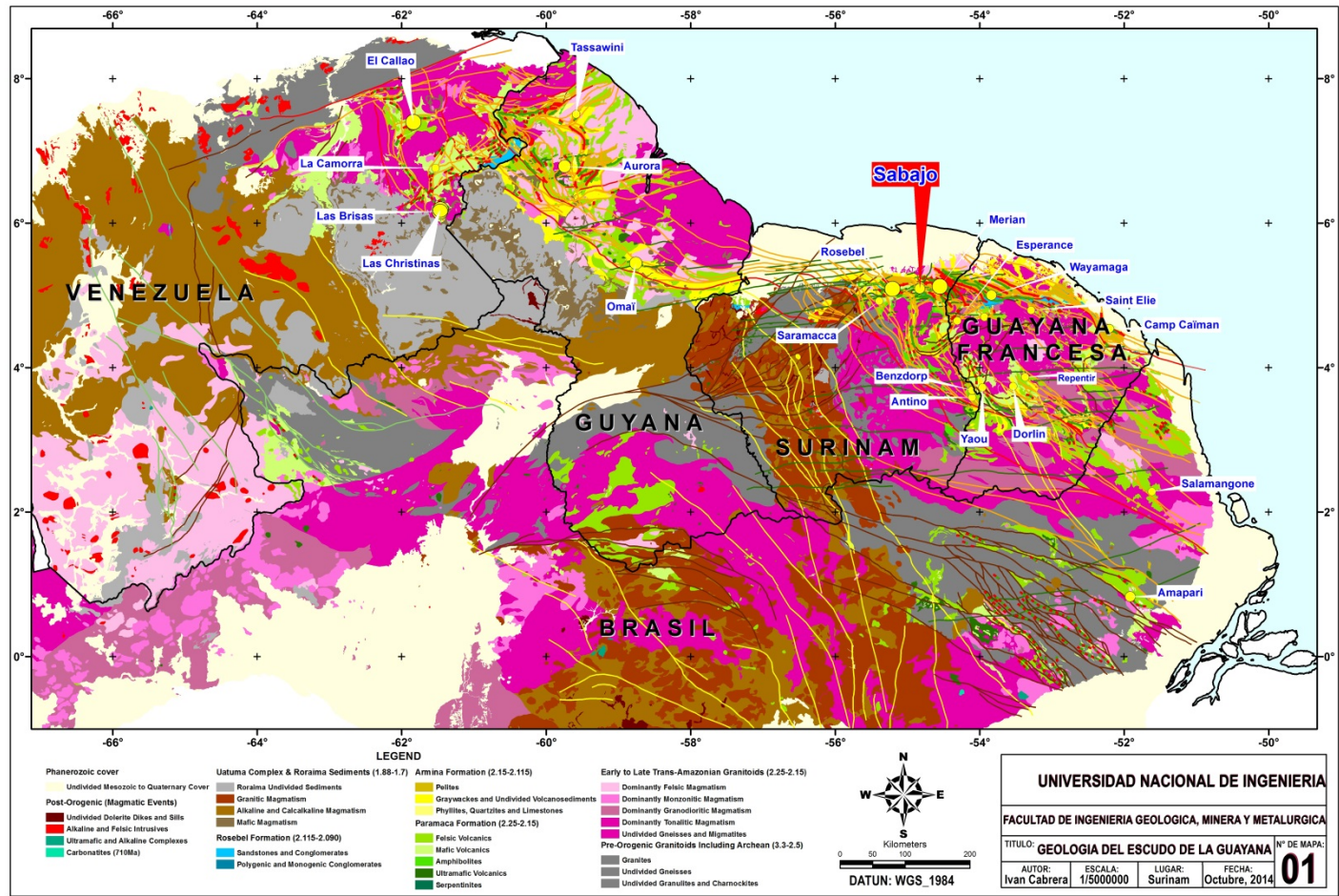


Figura 3-Columna Estratigráfica de la Provincia Trans-Amazonian.



Mapa 1-Mapa Geológico Interpretado del Escudo de la Guayana y sus principales depósitos de oro.

2.3 DEPÓSITOS DE ORO EN EL ESCUDO DE LA GUAYANA

El período Proterozoico es prolífico para la deposición de oro en todo el mundo, los depósitos de oro en la provincia tectónica Trans-Amazonian son de la misma edad y categoría que los grandes depósitos del Oeste de África (Ashanti, Loulo, Sadiola), Brasil (Gurupí, Jacobina), Escandinavia, Ucrania, África del Sur (Drakensberg), Norte de Australia (Tanami) y en USA (Honestake).

Con un estimado de 95M oz de oro, el Escudo de la Guayana está considerado como una región emergente con un potencial para grandes recursos de oro de baja ley.

En la provincia tectónica Trans-Amazonian y Amapá los depósitos de oro son generalmente controlados por fallas regionales y comúnmente por fallas de segundo orden. A la escala del depósito la mineralización está emplazada en simples a complejos arreglos tensionales, zonas de cizalla o en los ejes de los anticlinales y sinclinales. La mayoría de los depósitos están hospedados en secuencias sedimentarias epiclásticas y clásticas o en secuencias de flujos piroclásticos próximos a rocas volcánicas máficas. Muchos depósitos también están relacionados a intrusivos y se encuentran hospedados completamente dentro de pequeños intrusivos o cercanos a ellos.

2.3.1 DEPÓSITOS OROGÉNICOS

La mayoría de ocurrencias de oro en el Escudo de la Guayana tienen componentes de trampas estructurales, geometría y elementos que indican deformación regional y distrital, muchas de las características de los depósitos y su relación con el ambiente donde se hospedan son compatibles con los depósitos orogénicos (Groves et al. 1998).

Muchos depósitos tienen características de ambientes meso-termales con la excepción del

depósito de Salamangone en el norte del estado de Amapá en Brasil el cual está hospedado en tonalitas cizalladas metamorfizadas al grado de anfibolita.

MINERALIZACIÓN RELACIONADO A ZONAS DE PLEGAMIENTOS

La mineralización de oro se emplaza en estructuras regionales controladas por plegamientos a diferente escala.

A lo largo del borde oeste de la cuenca Marowijne, en el NE de Surinam, la mineralización comúnmente presentan un plunge predominante hacia el SE. La gran deformación entre las áreas de Merian y Rosebel está relacionada a estructuras profundas sobreimpuesta en ambas áreas.

Los corredores están orientados NW-SE paralelas a numerosos arreglos de fallas.

PROYECTO ROSEBEL (SURINAM)

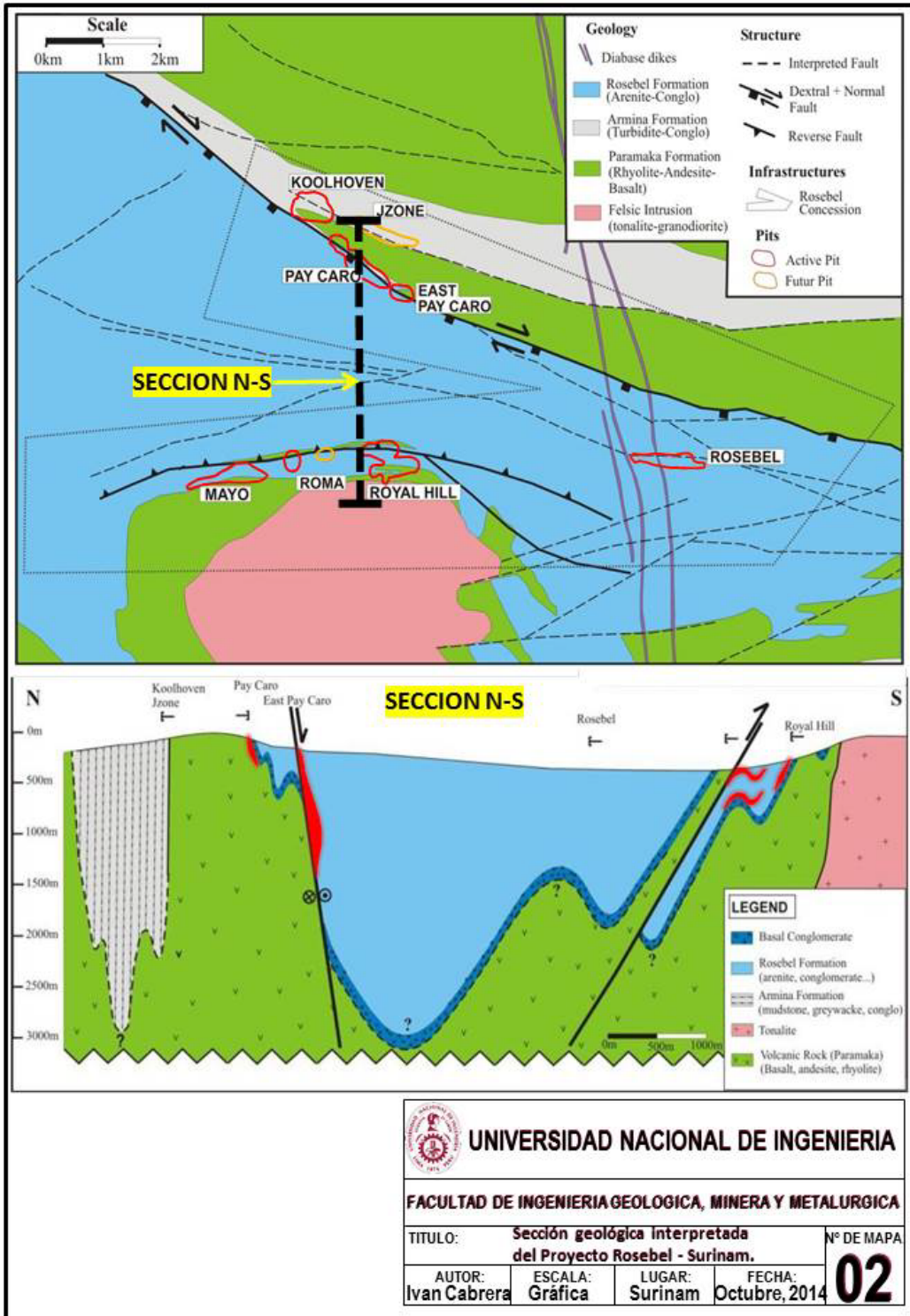
La mineralización de oro está emplazada en rocas sedimentarias (areniscas y conglomerados) epiclásticas de la Formación Rosebel que se encuentran en contacto con secuencias volcánicas máficas de la Formación Paramaka, ambas se encuentran intensamente deformadas, formando una estructura sinclinal de orientación E-W y con un plunge hacia el W; un intrusivo félsico se encuentra cortando ambas formaciones previamente descritas. La mineralización ocurre a lo largo del flanco norte y del flanco sur del sinclinal regional. **Ver Mapa 2.**

PROYECTO MERIAN (SURINAM)

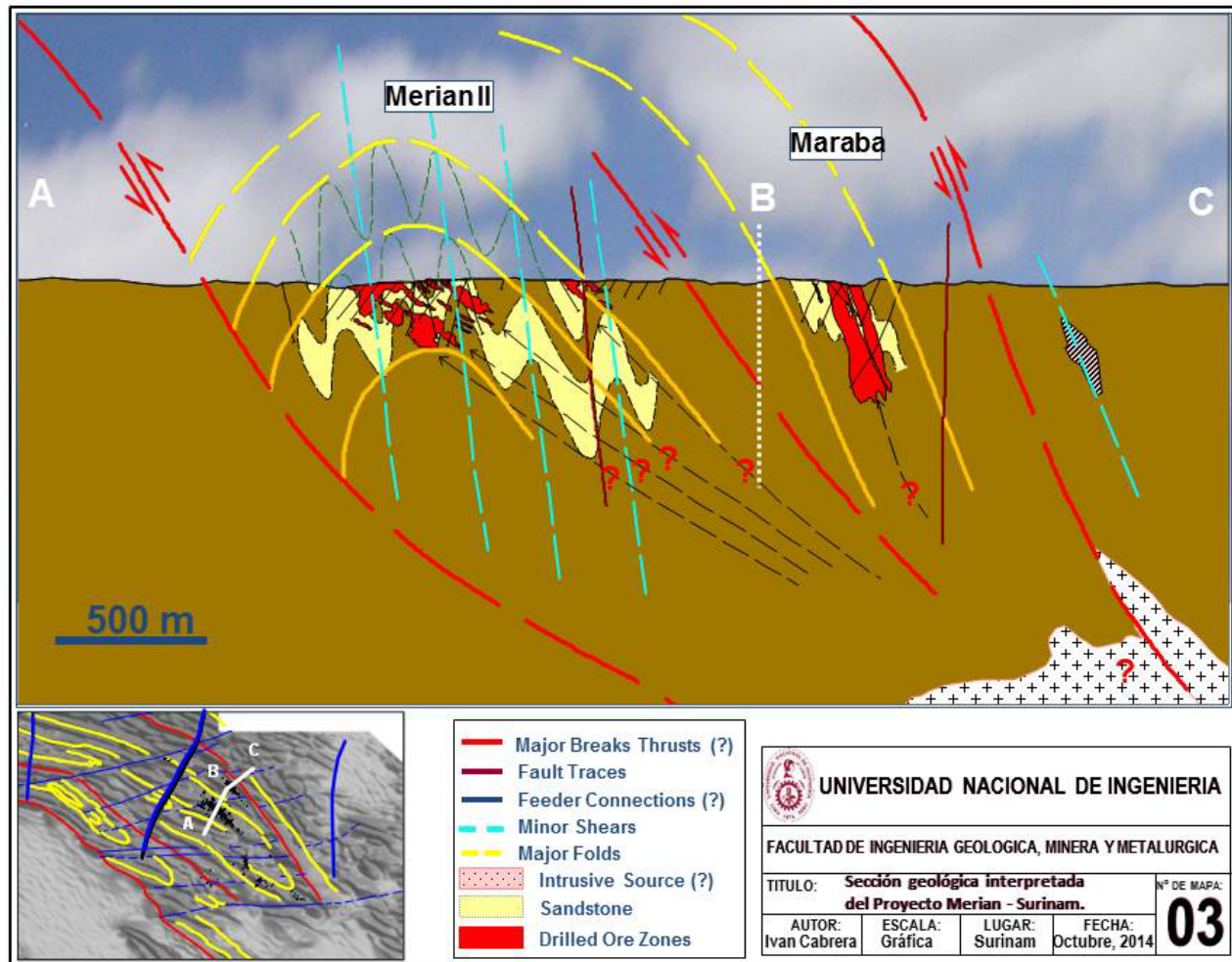
Constituido por dos depósitos Merian II y Maraba se encuentran hospedados en la secuencia sedimentaria de la Formación Armina y presentan arreglos estructurales diferentes.

La mineralización en Merian II está asociada a vetas masivas y vetas brecha de cuarzo-calcita-pirita y se encuentra emplazada en estructuras a lo largo de los ejes axiales de anticlinales y sinclinales que son los principales controles de la mineralización hipógena de oro, estas vetas se alinean con la posición de los planos axiales.

El depósito Maraba presenta mineralización emplazada en las secuencias sedimentarias favorables lo largo del flanco norte de la misma estructura anticlinal. Los dos principales depósitos están ligeramente alineados en una orientación N-S. **Ver Mapa 3.**



Mapa 2-Mapa y Sección geológica interpretada del Proyecto Rosebel - Surinam.



Mapa 3- Sección geológica interpretada del Proyecto Merian - Surinam.

MINERALIZACIÓN RELACIONADO A INTRUSIONES

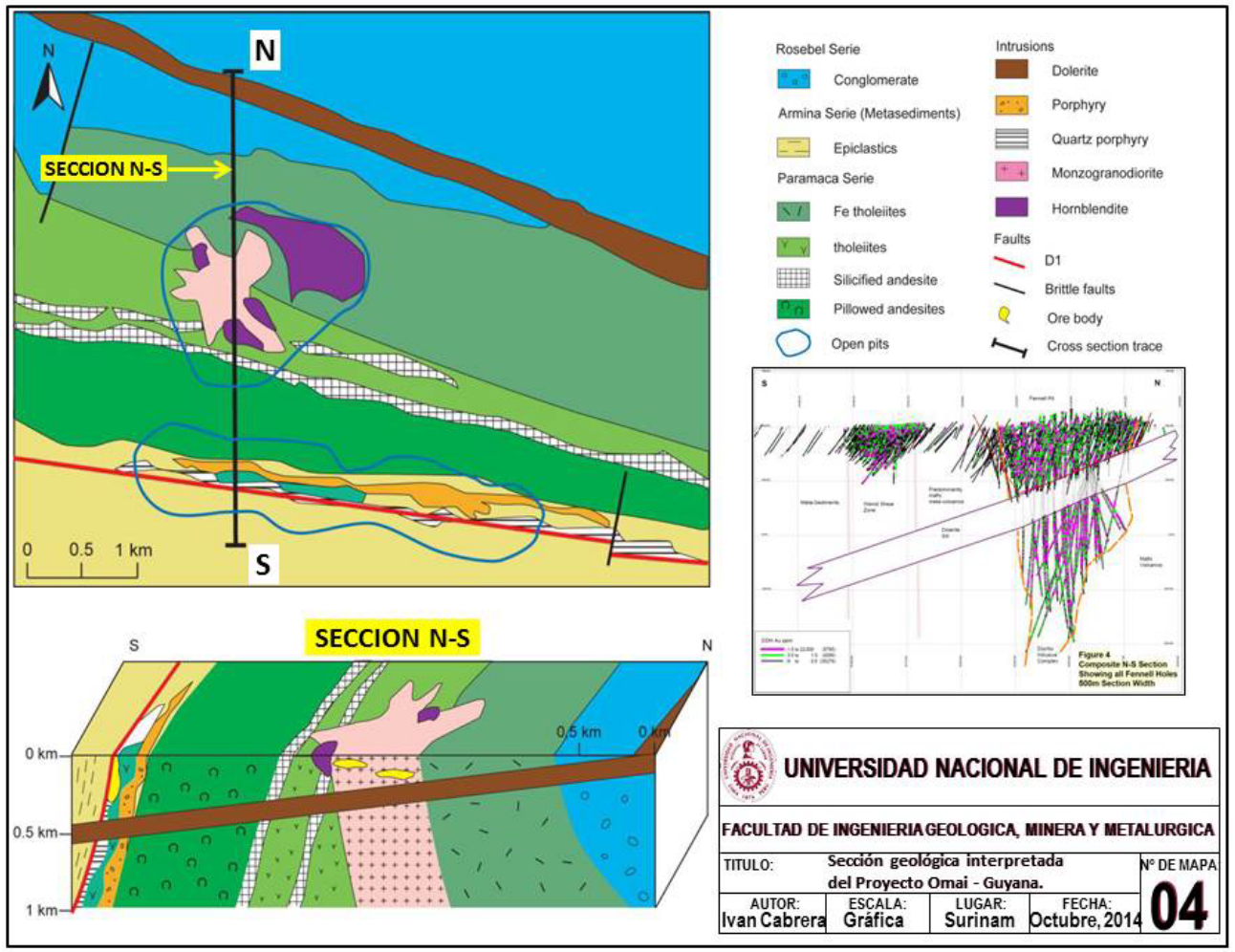
La mayoría de los depósitos orogénicos agrupados en esta categoría involucran rocas volcánicas intrusivas como roca huésped, o como roca mineralizante de las secuencias rígidas hospedantes en zonas favorables de dilatación.

Los depósitos de Omai y Aurora están hospedados en pequeños cuerpos intrusivos sub-verticales afectados por esfuerzos de compresión.

PROYECTO OMAI

Pequeños cuerpos intrusivos (<400m) de composición félsica que se encuentran cortando secuencias volcánicas toleíticas y calco-alcalinas; en la parte sur y en contacto con una falla regional (kilométrica) diques porfiríticos comagmático están emplazados en las secuencias sedimentarias epiclásticas que sufrieron compresión por su proximidad a la falla regional.

En la parte N de la falla regional la mineralización se presenta en stockwork indicando un plunge sub vertical de los cuerpos en los diques porfiríticos, dentro de la estructura de cizalla regional los cuerpos mineralizados se presenta en vetas extensionales de hasta 2m de espesor, paralelas y de bajo buzamiento (N). **Ver Mapa 4.**



Mapa 4-Mapa - Sección geológica interpretada del Proyecto Omai - Guyana

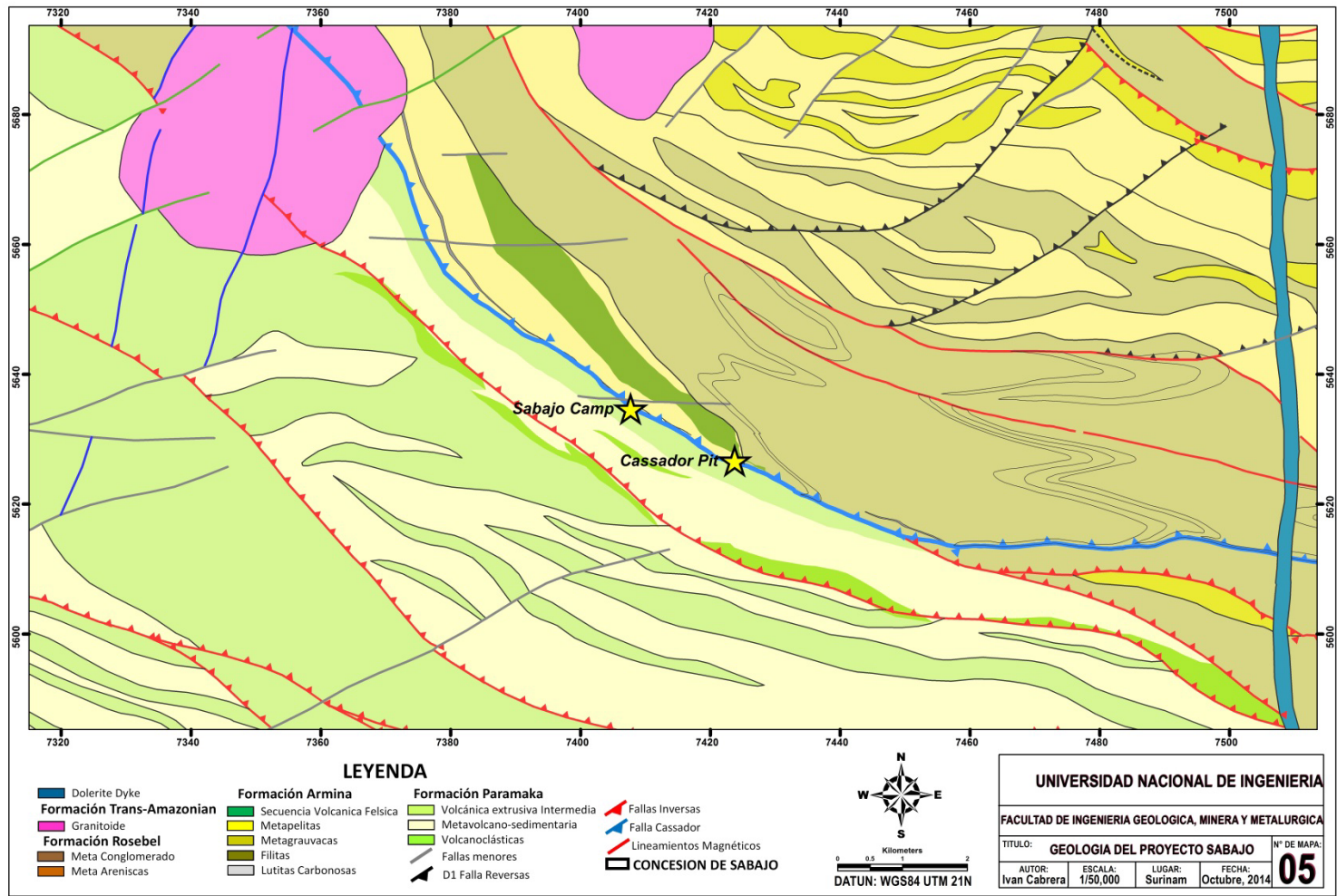
CAPÍTULO III
GEOLOGÍA DEL PROYECTO SABAJO

3.1 GEOLOGÍA LOCAL

En el área de Sabajo afloran rocas del Grupo Marowijne, principalmente secuencias de rocas meta-volcánicas de la Formación Paramaka y secuencias meta-sedimentarias de la Formación Armina que se encuentran intruida por diques de composición básica que presentan débil metamorfismo (esquistos verdes). En el área del yacimiento de Sabajo ambas formaciones se encuentran en contacto debido a la falla Cassador. Estas formaciones forman parte de los corredores de esquistos verdes del Escudo De La Guayana que se encuentran fuertemente plegados, formando anticlinales y sinclinales a diferente escala, fallados, metamorizados debido a las diferentes fases de la orogenia Trans-Amazonian. **Ver Mapa 5.**

Eon	Era	Litología	Formación	Descripción
Precambriano	Proterozoico		Formación Armina (2.15-2.115 Ga)	Secuencias meta sedimentarias clásticas formadas en diferentes facies sedimentarias : Meta lútilas y meta limonitas frecuentemente con contenido de carbonoso indicando su deposición en ambientes sedimentarios de muy baja energía y en condiciones anaeróbicas. Meta arenisca y meta grauvacas líticas formadas en ambientes de moderada a baja energía. Meta conglomerados polimíctico formado en ambientes turbidítico de alta energía. En el área de Sabajo esta secuencia sedimentaria se encuentra cortada por diques Afanítica de composición intermedia.
			Formación Paramaka (2.25-2.15 Ga)	Roca de textura volcánica (?) alterada a Cuarzo-Sericita-Clorita-Carbonatos, interpretados como diques.
	Arcaico	Grupo Falawatra (2.5 – 3.3 Ga)	Secuencias volcánicas félsicas de textura fina compuestas de feldspatos en matriz afanítica esta secuencias presentan porfidoblastos de ankerita y clorita como resultados del débil metamorfismo. Esta secuencia en la parte norte del proyecto esta cortada por granitoides. El contacto con la formación sobreyacente es irregular.	
				Basamento arcaico constituido por rocas graníticas principalmente de cuarzo dioritas que han sido fuertemente metamorizadas a gneis de biotita, granate y piroxenos, esta secuencia no aflora en el área de Sabajo. El contacto con la formación sobreyacente es irregular.

Figura 4-Columna Estratigráfica del Proyecto Sabajo - Surinam.



Mapa 5-Mapa geológico interpretado del Proyecto Sabajo - Surinam.

3.1.1 LITOLOGÍA

En el área de Sabajo se ha distinguido facies de rocas volcánicas de composición félsica a intermedia, denominadas “Dacitas” que forma parte del bloque piso (Formación Paramaka) de la falla Cassador, en el bloque techo de esta misma falla las secuencias sedimentarias (Formación Armina) que se encuentran intruida por diques de composición básica que presentan débil metamorfismo de esquistos verde. La Formación Armina presenta diversas facies de deposición denominadas: Facies de Lutitas, Facies de Limolitas, Facies de Areniscas, Facies de Intercalaciones, Facies de Conglomerados, Facies de Esquistos verdes. A continuación se detalla las principales características de cada una de estas facies empezando por el bloque piso y terminado en el bloque techo.

VOLCÁNICAS FÉLSICAS (DA)

Estas secuencias de volcánicas félsicas de color gris claro a gris oscuro (roca fresca), presenta textura afanítica a porfirítica fina intercalada con algunas secuencias volcánicas fragmentales (brecha volcánica), la roca se encuentra fuertemente cizallada y alterada a cuarzo-sericita/illita-clorita + carbonatos de Fe-Mg (Ankerita) y pirita, localmente presenta silicificación y desarrollo de venillas delgadas de cuarzo.

Estas secuencias volcánicas félsicas son las menor deformación en el área de Sabajo, presenta un orientación paralela (300°) a la falla Cassador y buzando moderadamente (40°-50°) hacia el norte.

La roca dacita en el proyecto Sabajo no hospeda mineralización y se encuentra inmediatamente después de cruzar la falla Cassador.



Foto 1-Roca de fragmental monolítica, con fragmentos de roca > 1 cm de textura porfirítica media con feldespatos en matriz afanítica se encuentran en matriz gris clara fina y con desarrollo de Cloritas.

FALLA CASSADOR (CSF)

Constituido de meta-lutitas carbonosas de color negro que fueron afectadas por un intenso cizallamiento produciendo grafito, esta unidad tiene un espesor aproximado de 5 a 10m, se distingue por su alta reflectancia, color negro con brillo metálico y abundantes planos de falla. El sentido de movimiento de la falla Cassador es interpretado con falla normal con desplazamiento sinextral.



Foto 2-Plano de la falla Cassador (Grafito) mostrando estrías de falla sub-vertical. En el bloque techo de la falla se muestra brechas de falla (fragmentos ángulos de cuarzo blanco en matriz de clástica fina carbonosa), seguido de la secuencia de meta-lutitas carbonosas.

VETAS DE CUARZO Y SILICIFICACIÓN (VN & BX)

Varios tipos de vetas se presentan en el proyecto Sabajo, vetas masivas, vetas brecha, vetas extensionales y vetas plegadas.

La veta principal se caracteriza por ser una veta de cuarzo masiva y brechada de cuarzo gris oscuro y cuarzo blanco, está compuesta de cuarzo-calcita-pirita-arsenopirita, se encuentra adyacente y paralela a la falla Cassador, tiene un potencia de hasta 20m de ancho en la parte central del depósito y se extiende por mas de 2 km. La roca huésped adyacente a la veta principal de cuarzo comúnmente presenta una alteración pervasiva, debido a la intensa silicificación, algunas veces, en las secuencias clásticas, se conservan las líneas de las capas sedimentarias, contienen sulfuros de pirita y arsenopirita, se observan de color gris-oscuro a negras cuando es el resultado de una intensa silicificación de rocas con alto contenido de

carbón (meta-lutitas carbonosas) y de color gris claro cuando la roca protolito son meta-areniscas. La mineralización de oro se encuentra asociada a estas vetas-brecha y silicificación a lo largo de la falla Cassador.



Foto 3-Veta-brecha de Cuarzo-Ca-Py-Apy de color gris claro rellena con vetas de cuarzo-Ca-Py-Apy de color blanco, Py (3%) y Apy (<1%) se presenta disseminada gruesa y rellenando a lo largo de fracturas.

FACIES DE LUTITAS CARBONOSAS (SEDmu)

Estas secuencias de lutitas, al igual que toda la secuencia sedimentaria, se encuentran buzando hacia el norte, casi verticalmente (85° - 90°), y orientadas paralelas a la foliación (315° - 335°) ligeramente en ángulo con la falla Cassador (300°); esta lutitas se presentan generalmente de color gris oscuro a negro indicando su contenido carbonoso y cerca a zonas de falla contienen grafito debido al intenso cizallamiento, la abundancia de carbón probablemente representa la deposición en condiciones anaeróbicas.

Estas lutitas carbonosas presentan arsenopirita gruesa euhedral diseminada y venillas delgadas de cuarzo-carbonatos cerca de la zona de brechas silicificada, se observan plegamientos de menor escala en taladros y afloramientos debido a su maleabilidad.



Foto 4-Roca de textura clásica fina de color negro debido a su gran contenido carbonoso, intercalado con delgadas capas de limolitas.

FACIES DE META-LIMOLITAS (SEDsi)

Estas secuencias de meta-limolitas, al igual que toda la secuencia sedimentaria, se encuentran buzando hacia el norte, casi verticalmente (85° - 90°), y orientadas paralelas a la foliación (315° - 335°) ligeramente en ángulo con la falla Cassador (300°); estas meta-limolitas se presentan de color gris a gris oscuro, en algunos intervalos cerca a los contactos con Lutitas contiene cantidades menores de material carbonoso, presentan venillas delgadas de cuarzo-carbonatos. Se observan plegamientos de menor escala en taladros y afloramientos debido a su maleabilidad.

FACIES DE META ARENISCAS, META-GRAUVACAS LÍTICAS (SEDsa)

Estas secuencias de meta-areniscas y meta-grauvacas, al igual que toda la secuencia sedimentaria, se encuentran buzando hacia el norte, casi verticalmente (85° - 90°), y orientadas paralelas a la foliación (315° - 335°) ligeramente en ángulo con la falla Cassador (300°); estas meta-areniscas y meta-grauvacas son las más abundantes dentro del depósito, las areniscas de grano medio a grueso se presentan de colores claros, las grauvacas presentan fragmentos de rocas clásticas (meta-lutitas, meta-limolitas) en matriz de arcillas y areniscas, usualmente presentan porfidoblastos de magnetita, las meta-areniscas y meta-grauvacas líticas a diferencia de las meta limolitas y las meta lutitas son muy frágiles y tienden a fracturarse ante los esfuerzos de deformación generando un alto desarrollo de vetas cuarzo-calcita-arsenopirita-pirita y zonas de brecha con intensa silicificación especialmente cerca de la falla Cassador.

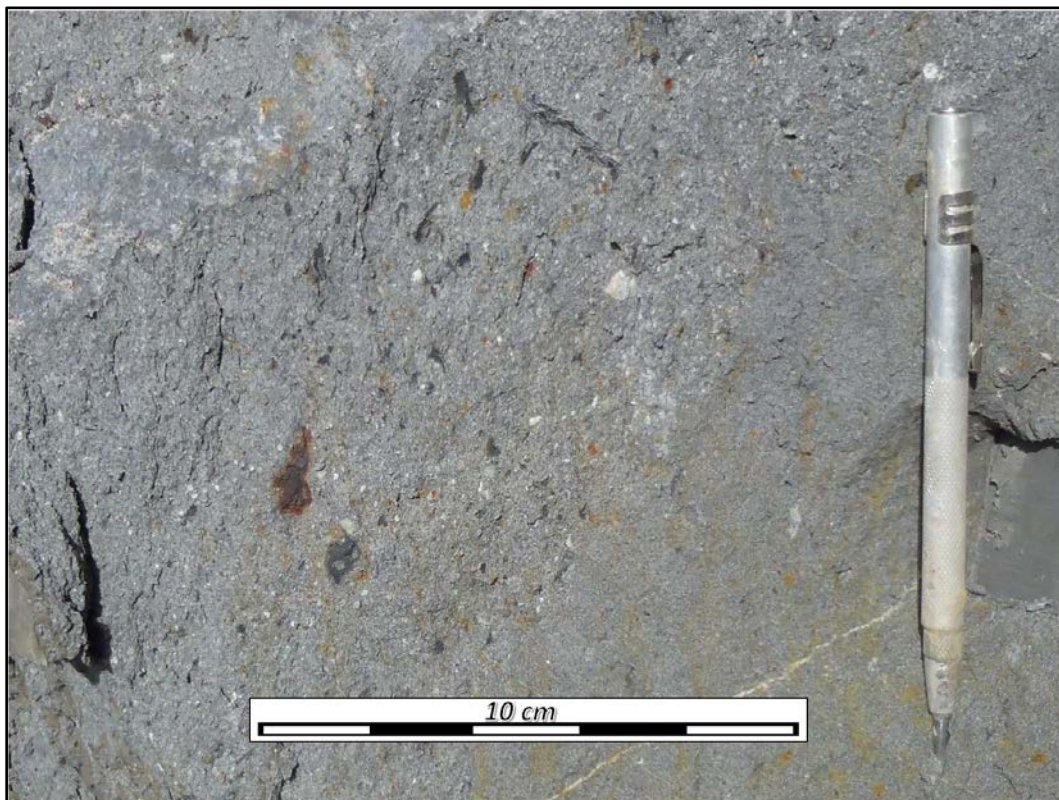


Foto 5-Roca de textura clástica con fragmentos líticos (>0.3cm) de meta-lutita y meta-limonita en matriz media a fina de arenisca y arcilla.

FACIES DE INTERCALACIONES (SEDint)

Estas secuencias de intercalaciones, al igual que toda la secuencia sedimentaria, se encuentran buzando hacia el norte, casi verticalmente (85° - 90°), y orientadas paralelas a la foliación (315° - 335°) ligeramente en ángulo con la falla Cassador (300°); estas intercalaciones de capas delgadas entre meta-lutitas, meta-limolitas y meta-areniscas con bajo contenido carbonoso están presentes en estas facies, localmente silicificadas y con un desarrollo moderado de venillas.

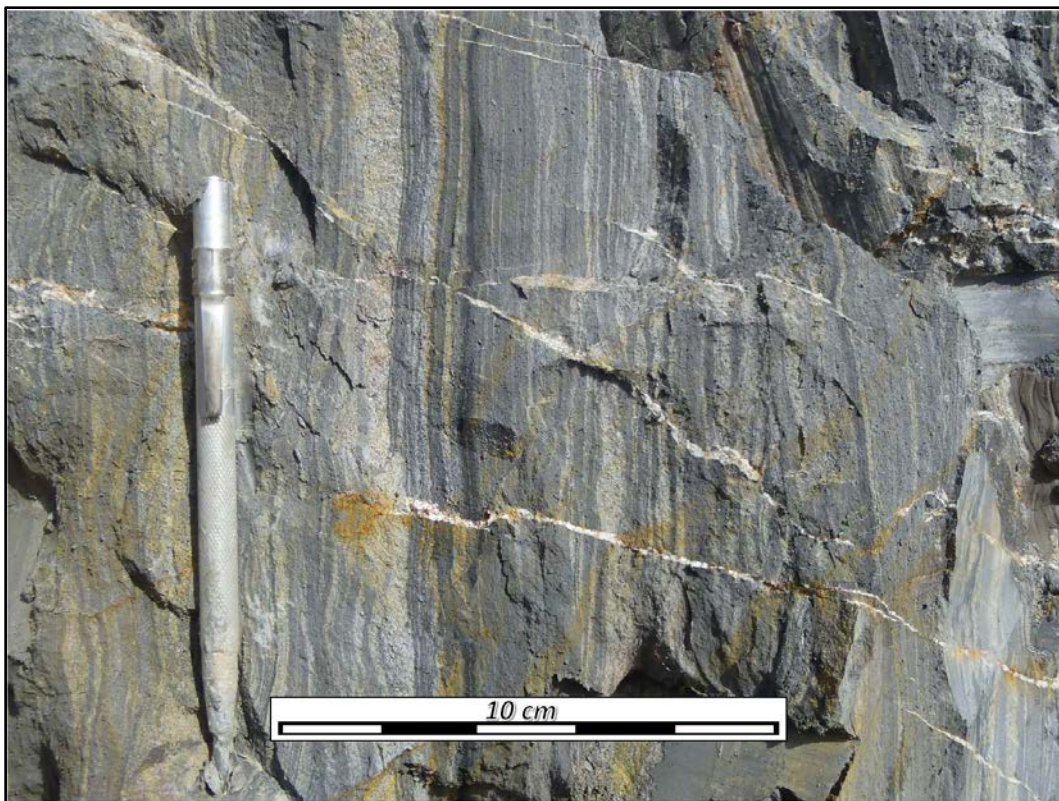


Foto 6-Roca de textura clástica, mostrando intercalaciones entre delgadas capas meta limolitas y de meta-areniscas.

FACIE FRAGMENTAL POLIMÍCTICO (F_{xg})

Esta secuencia fragmental, al igual que toda la secuencia sedimentaria, se encuentran buzando hacia el norte, casi verticalmente (85° - 90°), y orientadas paralelas a la foliación (315° - 335°) ligeramente en ángulo con la falla Cassador (300°); estas secuencias

fragmentales está constituido por fragmentos líticos (>20%) sub-elongados de meta-lutitas carbonosas, meta-limolitas, meta-areniscas, fragmentos de rocas ígneas básicas-félsicas y fragmentos de cuarzo en matriz (>80%) de meta-areniscas finas. Los fragmentos pobremente seleccionados se encuentran elongados debido a las diferentes fases de deformación de la orogenia Trans-Amazonian. Esta unidad es interpretada como secuencia volcanoclástica.

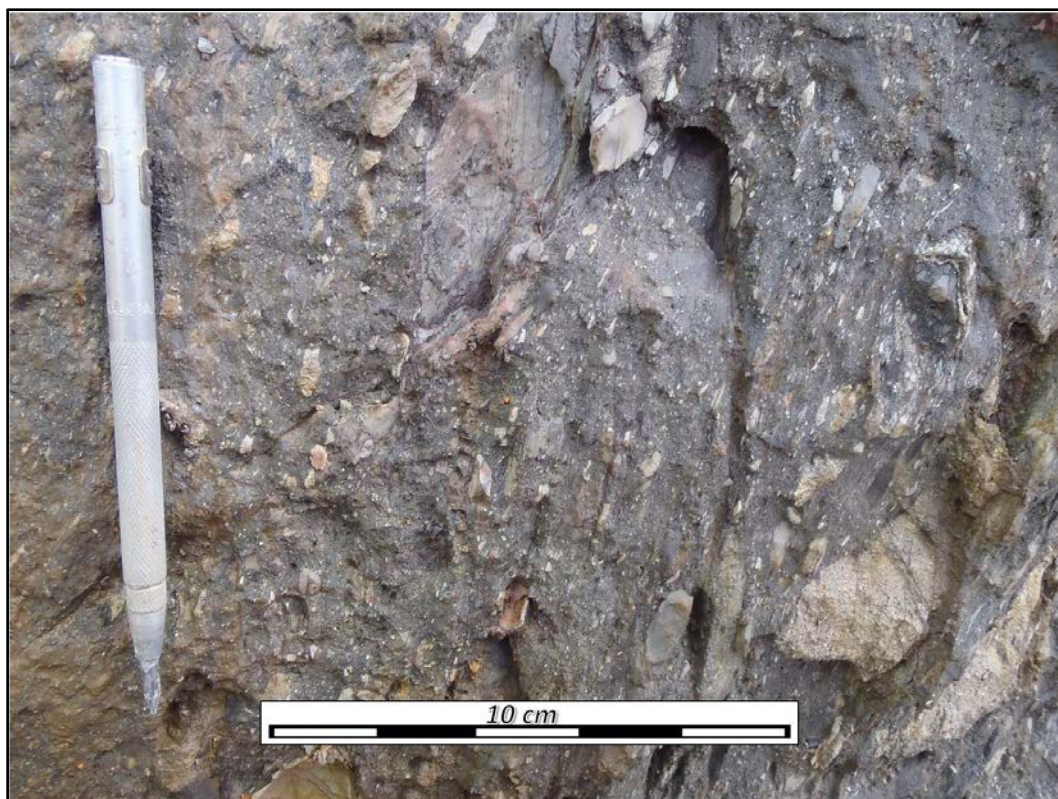


Foto 7-Roca de textura clástica con fragmentos heterolíticos elongados de de meta-lutitas carbonosas, meta-limolitas, meta-areniscas, fragmentos de rocas ígneas básicas-félsicas y fragmentos de cuarzo en matriz fina a media de arcilla y arenisca.

FACIES DE ESQUISTOS VERDES (GRN)

Constituido por rocas de textura volcánicas de composición intermedia a básica de grano fino a medio, afectadas por un débil metamorfismo produciendo clorita-sericita-calcita-ankerita, cuarzo +/-magnetita +/-sulfuros, los blastos son generalmente alterados a carbonatos de Fe-Mg. Esta unidad es interpretada como diques de rocas volcánicas finas con algunos intervalos que muestran texturas amigdaloides rellenas de carbonatos y zeolitas.

Esta unidad se presenta a lo largo de todo corredor de Sabajo siendo más potente (>200m) en la parte central del depósito.

3.1.2 MINERALOGÍA

- Cuarzo-Muscovita/Illita: Cuarzo de grano fino, muscovita/illita son los minerales dominantes dando a la roca un color gris claro.
- Clorita: Mineral dominante a lo largo de las fracturas, dando un color verde oscuro a verde claro. Es más abundante en rocas meta volcánicas o intrusivas.
- Carbonatos (Ankerita): Carbonatos de Fe-Mg ocurre principalmente en la secuencia de esquistos verdes como porfidoblastos y a lo largo de venillas.
- Calcita: Es el carbonato dominante en esquistos verdes donde este puede comprender hasta 20% de la roca, también ocurre en venillas de calcita de hasta 10cm de espesor.
- Turmalina: Fina de color oscuro se encontraron en esquistos verdes.
- Carbón y Grafito: Carbón varía desde 1% hasta 50% y se presenta a través de toda la sección sedimentaria, el grafito a lo largo de las zonas de cizalla se presenta con brillo metálico, el contenido de carbón en estas zonas es mayor a 50%.
- Magnetita: Se presenta como porfiroblastos de grano fino a medio.

3.1.3 SULFUROS

Tres sulfuros ocurren predominantemente arsenopirita, pirita, pirrotita; la mineralización de oro muestra una correlación positiva con la arsenopirita.

ARSENOPIRITA: está asociada con la mineralización de oro, se presenta fina, en cristales euhedrales generalmente asociada con débil a pervasiva silicificación. En rocas carbonosas se presenta en granos gruesos (>0.5cm) y llega a comprender hasta el 20% de la roca.



Foto 8-Roca de textura clástica fina de color negro debido a su gran contenido carbonoso cortada por venillas Cuarzo-Ca-Py, mostrando desarrollo euhedral de Apy (7-10%), Py (1-2%).

PIRITA: Probablemente se presenten varias generaciones de pirita.

- a) Pirita fina diseminada asociada con esquistos verdes (metamorfismo de bajo grado).
- b) Pirita porfiroblástica de grano grueso de varios milímetros de tamaño asociada en lutitas carbonosas quizá originalmente asociada a diagénesis.
- c) Pirita asociada con intensa silicificación hidrotermal pervasiva.
- d) Pirita en venillas y diseminada en la roca caja.

PIRROTITA: Se encuentra localmente en algunas partes de la secuencia sedimentaria carbonosa, esta se presenta sub-hedral de grano fino y diseminado. Pirrotita también se encuentra asociado a los otros sulfuros, pero se presenta en menor proporción.

Pirrotita puede ser el resultado de los procesos diagenéticos en las secuencias carbonosas o resultado de la alteración de la pirita en condiciones de bajo Eh.



Foto 9-Roca de textura clásica fina de color negro debido a su gran contenido carbonoso, mostrando pirrotita masiva, Po (5%), Py (3%).

3.2 REGOLITO

El área de Sabajo, al igual que todo el Escudo de la Guayana, está sometida a procesos de meteorización desde la era terciaria que afectan las rocas existentes en la superficie produciendo cambios en su naturaleza. Estos largos procesos de meteorización sobreimpuestos en rocas hipógenas originan cambios irreversibles como aumento de volumen, disminución de la densidad y del tamaño de las partículas, formando un perfil de meteorización con nuevos minerales que son más estables bajo estas condiciones.

En el área de Sabajo el perfil de regolito varía entre 50-80m de profundidad, estas considerables variaciones probablemente se dan debido a la meteorización diferencial a lo largo de estructuras que presentan mayor fracturamiento y por lo tanto mayor infiltración de aguas supérgenas produciendo meteorización.

Las unidades de regolito logueadas son:

3.2.1 MATERIAL ORGÁNICO

Debido a su extensa cobertura vegetal en el Escudo de la Guayana y en Surinam el material orgánico se forma a partir de residuos de procedencia vegetal o animal, también contiene cantidades menores de fragmentos lateríticos y concreciones de $OxFe$, usualmente de color marrón, marrón oscuro a negro. La cobertura de material orgánico en el área de Sabajo tiene una potencia menor a 20cm.

3.2.2 SUELO LATERÍTICO

Suelos característicos de climas tropicales, se caracteriza por su color rojo ladrillo debido a su alto contenido (90-95%) de hierro-aluminio y pisolitos (nódulos de hierro). En el área de Sabajo su potencia es variable comúnmente < 50 cm, frecuentemente contienen pisolitos $>15\%$ en una matriz de arcilla de color amarillenta clara.

3.2.3 ZONA ARCILLOSA

Es el resultado de la infiltración y circulación de aguas supérgenas sobre la roca, donde las texturas primarias de la roca fueron destruidas con incremento de volumen (deflación), concentraciones de óxidos de fierro (debido a la circulación de fluidos supergenos) representan incipiente formación de pisolitos. En el área de Sabajo la zona arcillosa tiene una potencia menor 3m y se presenta de colores pálidos (blanco-cremoso) con manchas rojizas y marrones claros que representan las concentraciones de óxidos de fierro.

3.2.4 SAPROLITA

Se produce en la zona de la napa freática donde las estructuras primarias de las rocas como la textura, la foliación y las capas aún se conservan, los minerales primarios son alterados a

minerales secundarios como Kaolinita, goetita y óxidos de fierro, solamente minerales resistentes como el cuarzo, turmalina y magnetita permanecen inalterados. En el área de Sabajo la saprolita es fácilmente destruida con los dedos, esta unidad comprende entre 60-80m de profundidad pudiendo llegar hasta los 100m de profundidad.

3.2.5 SAP-ROCA

Zona de transición entre saprolita y roca fresca con menos de 20% de minerales alterados, presenta formación de smectita en la base de esta unidad con un incremento de Kaolín hacia el tope de la unidad.

En el área de Sabajo el Sap-Roca no se puede quebrar fácilmente con los dedos y solamente se puede rayar con la navaja, esta unidad comprende entre 5-20m.

3.2.6 ROCA

Rocas sedimentarias, volcánicas (extrusiva o intrusivas) y metamórficas con o sin alteración hipógena pero sin alteración supergena.

3.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Los principales blancos de exploración dentro del área de Sabajo ocurren a lo largo de la falla Cassador, esta falla de orientación NW-SE (300°) se encuentra buzando 70°-75° al NE y puede ser seguida por más de 10 km de distancia, es más notoria en el área del depósito donde lutitas gráficas negras cizalladas se encuentran en contacto con rocas dacíticas de color claro.

En el área de Sabajo el bloque piso de la falla Cassador está formado por secuencias de dacitas esquistosas de la Formación Paramaka, el bloque techo está compuesto por rocas sedimentarias fuertemente plegadas, estas secuencias sedimentarias en el área del depósito se

han interpretado como un anticlinal volcado con plunge de alto ángulo hacia el SE y fallado a lo largo de su eje anticlinal por la falla Cassador.

El principal sistema estructural en el área de Sabajo es NE-SW que está dado por la foliación y son casi paralelos a la falla Cassador y a la secuencia estratigrafía sedimentaria.

Sistemas estructurales de orientación E-W posteriores a la mineralización han sido interpretados de los lineamientos magnéticos geofísicos; esto basado en similares lineamientos en el área de Merian y donde se ha demostrado que estos lineamientos de orientación corta las unidades geológicas.

Teniendo en cuenta que la dirección (210°) y la inclinación (-55°) de perforación de los todos los taladros es la misma, a continuación se detallan algunas características geológicas que se han observado durante el logueo.

3.3.1 CONTACTOS ESTRATIGRÁFICOS (SO)

Los contactos de las capas sedimentarias observados en los taladros se presentan bien definidos, en algunos casos ligeramente irregulares. Es conocido que los contactos de los taladros no están orientados en su forma original, la relación angular que existe entre el eje del testigo y los contactos es muy variable, comúnmente esta relación varía ente 45° - 60° pero también se observa contactos perpendiculares y paralelos al eje del testigo, estas variaciones nos indican la fuerte deformación y plegamientos que ha sufrido la roca.

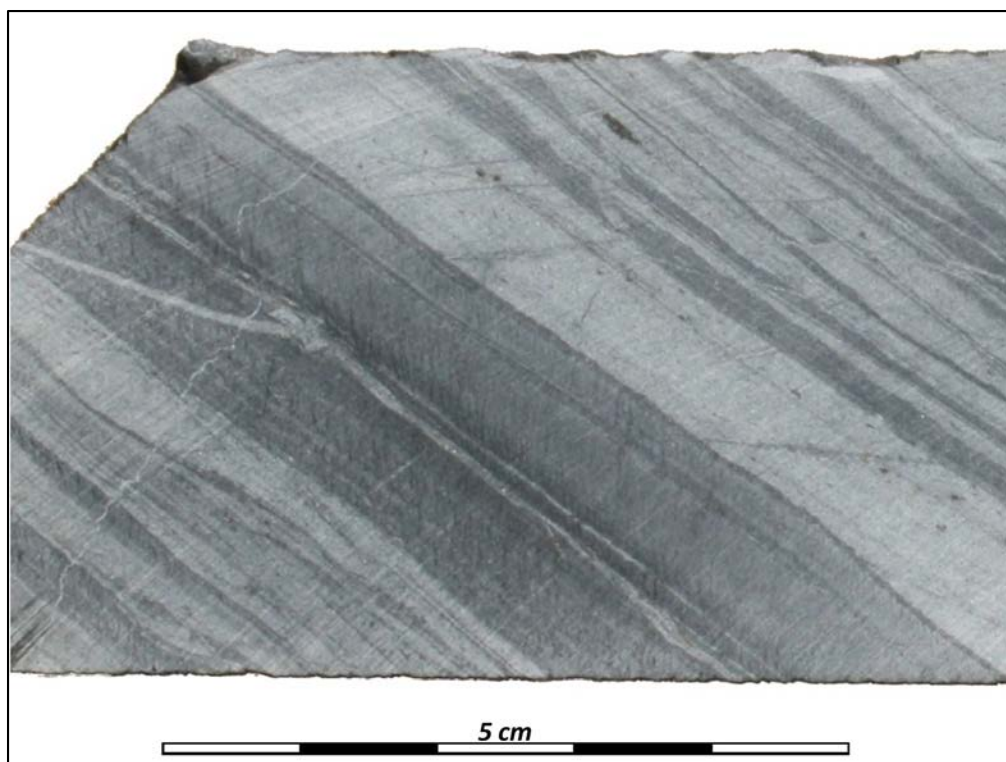


Foto 10-Muestra el contacto entre diferentes capas sedimentarias de textura fina como meta-lutitas / meta-limolitas / meta-areniscas.

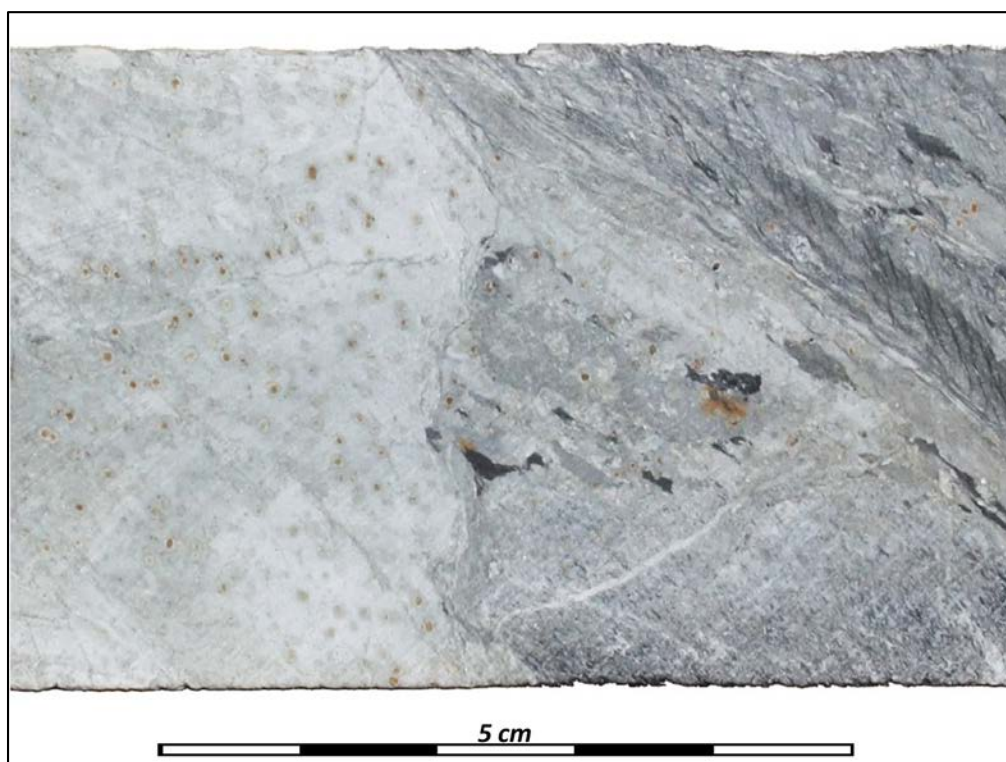


Foto 11-Muestra contacto entre roca volcánica (afanítica de textura fina con desarrollo de porfiroblastos de ankerita) y rocas clástica de textura fina.

3.3.2 FOLIACIÓN (S1)

Debido los esfuerzos a los que ha sido sometido estas secuencias de rocas se produce la foliación y metamorfismo, los minerales que componen la roca se alinean y adquieren formas alargadas perpendiculares a la dirección de esfuerzos.

En el área de Sabajo la foliación presenta una orientación 285° con un buzamiento de 75° , en un testigo comúnmente la relación entre la foliación y el eje del testigo varía entre 45° - 55°

3.3.3 PLEGAMIENTOS DE MENOR ESCALA (S-M-Z-W)

Debido a los esfuerzos que ha sido sometido estas secuencias de roca se produce la deformación y metamorfismo, estas secuencias sedimentarias se encuentran fuertemente plegados, formando anticlinales y sinclinales a diferente escala, en el área del depósito se observan algunas muestras de testigos con pequeños pliegues de anticlinales y sinclinales especialmente en las secuencias finas (lutitas, limolitas).



Foto 12-Muestra plegamientos en la secuencia sedimentaria con fallas de menor escala.

3.3.4 DIRECCIÓN DE DEPOSICIÓN (Decreciente)

Es una característica sedimentaria de las rocas que nos permiten conocer la secuencia de la deposición de los sedimentos, en el área del depósito debido al intenso plegamiento y fallamiento de estas secuencias sedimentarias esta característica geológica no es muy usada en las interpretaciones.

3.4 METAMORFISMO

Secuencias sedimentarias de grano fino a medio, secuencias volcánicas intrusivas y volcánicas sufrieron metamorfismo regional de bajo grado produciendo secuencias meta-sedimentarias y esquistos verdes. En el área de Sabajo las secuencias meta-sedimentarias son generalmente de color gris claras - gris oscuras a negras, presentan un metamorfismo insipiente de muy bajo grado (débil desarrollo de cloritas), las secuencias de esquistos verdes de bajo grado de metamorfismo son interpretadas como el resultado del metamorfismo de

secuencias volcánicas/volcano-clásticas o intrusivas debido a la mayor presencia de minerales verdes clorita-smectita que en las secuencias sedimentarias. Los minerales dominantes en este grado de metamorfismo son clorita-actinolita-albita-calcita-cuarzo. En el área del depósito la clorita es muy abundante en la roca y especialmente a lo largo de fracturas, la calcita esta diseminada en la mayoría de las rocas siendo más abundante en rocas ígneas, cuarzo es microcristalino a fino.

Producto del metamorfismo se produce porfiroblastos de magnetita, alteración carbonatada y grafitización en las rocas meta-sedimentarias.

PORFIROBLASTOS DE MAGNETITA

Está definida por la presencia de blastos de tamaño de grano mayor que el resto de los minerales que forman la matriz en la que se engloban. En el área de Sabajo se presenta subhedral de grano fino a medio y se encuentra presente en la sección sedimentaria, pero presenta mejor desarrollo en rocas meta-ígneas.

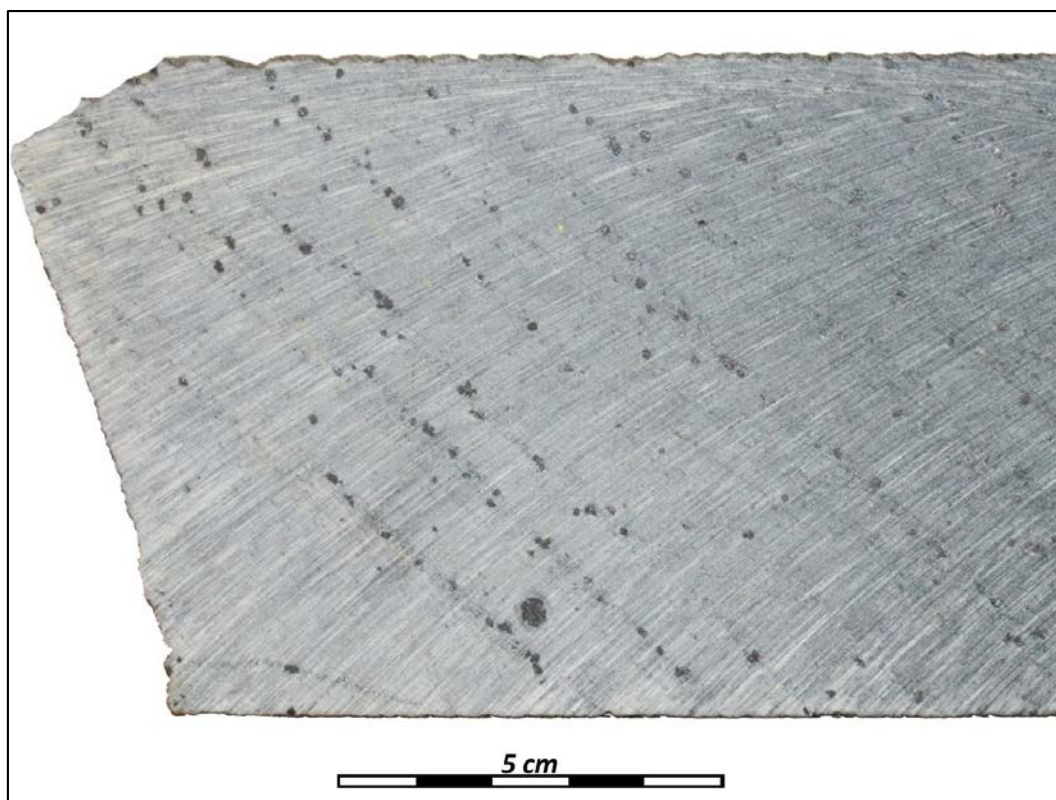


Foto 13-Meta-areniscas con desarrollo de porfiroblastos de magnetita a lo largo y paralelas a las capas sedimentarias y foliación.

ALTERACIÓN CARBONATADA

Los carbonatos como ankerita y calcita son los minerales más presentes en la mayoría de las rocas frescas; algunos carbonatos pueden tener origen en las unidades de margas que fueron remobilizadas durante el metamorfismo, otros carbonatos fueron introducidos durante el proceso metamórfico y algunos carbonatos son el producto de alteración hidrotermal. Carbonatos de Fe-Mg usualmente asociados con los sulfuros en venillas pero no está asociada con silicificación intensa.

GRAFITIZACIÓN

Grafito a lo largo de la falla Cassador en lutitas carbonosas es el resultado de la compresión tectónica.

El carbono presente en los sedimentos (rocas carbonaceas) como restos orgánicos o sustancias carbonosas o bituminosas, las cuales sometidas a temperaturas $+650^{\circ}\text{C}$ debido al fuerte cizallamiento fueron descompuestas en grafito “C” y de vapor de agua. Los óxidos de carbono formados migraron y al descender la temperatura por debajo de los $+650^{\circ}\text{C}$ reaccionaron con el hidrógeno para formar grafito y agua. Las ecuaciones que representan estas reacciones son las siguientes.

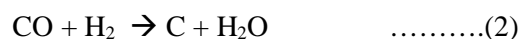
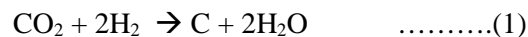


Foto 14-Roca de textura clásica fina carbonacea afectada por fuerte tectonismo (falla Cassador), mostrando los superficie de falla (Grafito) y estrías de falla.

3.5 ALTERACIÓN HIDROTHERMAL

La alteración en el depósito de Sabajo es principalmente silicificación la cual refleja moderada a alta sulfuración.

SILICIFICACIÓN

En el área de Sabajo, la silicificación es la alteración predominante y varía de débil a fuerte intensidad, comúnmente a lo largo de fracturas y contactos litológicos.

Moderada a pervasiva silicificación y venillas de cuarzo comúnmente se encuentran cerca de las zonas de falla.

En la secuencia meta-sedimentaria de Sabajo, brechas de silicificación moderada a intensa está asociada a mineralización de oro.

La mineralización tiene correlación positiva con secuencias sedimentarias intensamente silicificadas de color oscuro. Silicificación es menos predominante en los esquistos verdes siendo la silicificación muy débil asociado con venillas centimétricas de cuarzo y arsenopirita.

3.6 MINERALIZACIÓN

La mineralización en el depósito de Sabajo esta exclusivamente en el bloque techo de la Falla Cassador y es controlado predominantemente por estructuras (Falla Cassador) de orientación NW-SE (300°); dentro del depósito las zonas mineralizadas más potentes y de mejor ley en oro están desarrolladas en la intersección del eje del anticlinal interpretado con la Falla Cassador, zonas mineralizadas secundarias y menos continuas se encuentran asociadas a fallas de menor magnitud asociadas al contacto con los diques.

La mineralización hipógena de oro en el depósito de Sabajo está asociada a las vetas de cuarzo, silicificación, arsenopirita, pirita, pirrotita y carbonatos. Comúnmente oro visible a escala milimétrica se encuentra asociado a zonas vetas de cuarzo y de intensa silicificación a lo largo de venillas delgadas o fracturas.

Varios tipos de mineralización hipógena de oro pueden ser encontrados dentro del depósito de Sabajo.

a) Mineralización en vetas / vetas-brechas de cuarzo-calcita-pirita-arsenopirita adyacente a la falla Cassador.

- Potentes vetas massivas y vetas-brechas de cuarzo (> 0.5m) de color blanco y gris oscura.
- Estas potentes vetas y vetas brecha se encuentran adyacente a la falla Cassador.
- Vetas de cuarzo brechadas indican movimiento post mineralización.
- El oro se presenta de grano fino (a escala microscópica) a lo largo de fractura, planos de falla o a los borde de los granos.
- Las vetas y vetas-brechas de cuarzo están brechadas mas no foliadas.
- Fuerte correlación geoquímica entre oro y arsénico reflejando la asociación oro-arsenopirita.
- Vetas y vetas brecha de cuarzo están asociadas con evento de mineralización que produjo la asociación de mineralización con sulfuros.

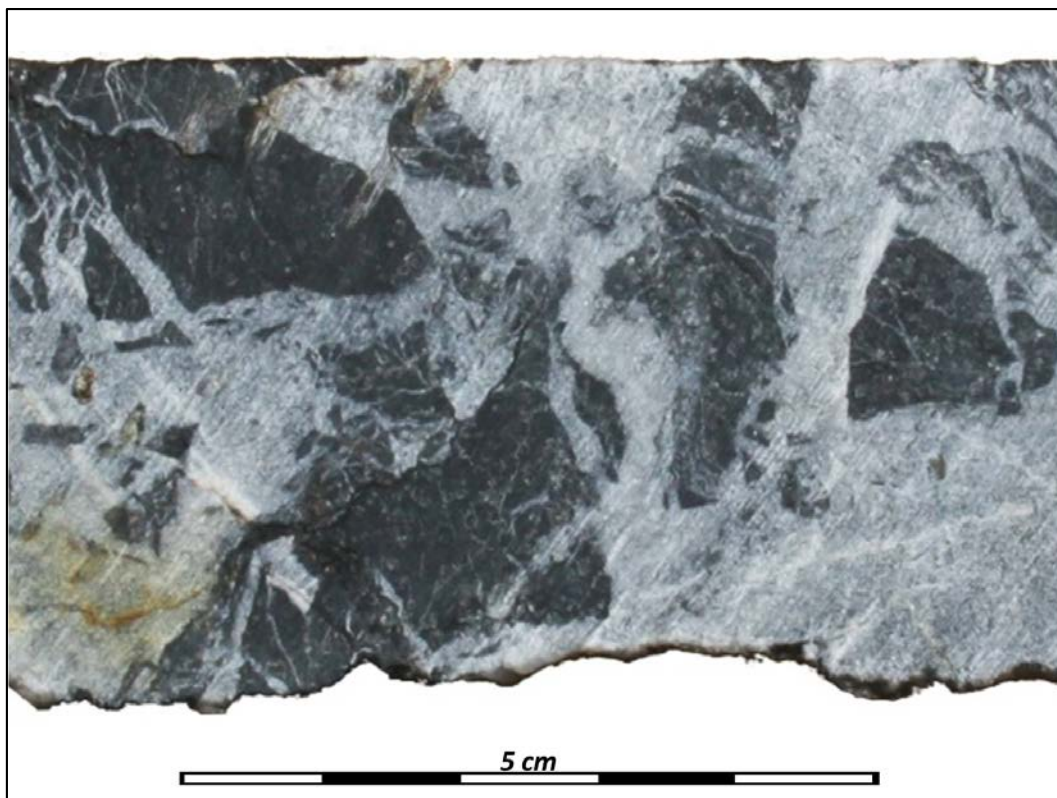


Foto 15-Brecha monolítica compuesta de fragmentos angulosos de meta lutitas carbonosas, en matriz de Cuarzo-Ca-Py-Apy.

- b) Mineralización asociada a intensa silicificación en secuencias sedimentarias al margen de veta y veta-brechas.
- Intensa silicificación al margen de las vetas principales de cuarzo.
 - Pervasiva alteración en la roca caja debido a la intensa silicificación.
 - Intensa silicificación contiene pirita y arsenopirita diseminada.
- c) Mineralización en venillas de cuarzo hospedada en secuencias sedimentarias carbonosas al margen de veta y veta-brechas.
- El margen de las vetas principales de cuarzo presenta alta densidad de venillas de cuarzo milimétricas a centimétricas debido al intenso fracturamiento de la roca caja cerca de la

falla Cassador.

- La roca caja contiene venillas de cuarzo milimétrica a centimétrica con carbonatos de Fe-Mg (+albita).
- En las secuencias carbonosas presenta arsenopirita gruesa euhedral diseminada.
- Esta generalmente dentro del halo de 5-10% de pirita + pirrotita.

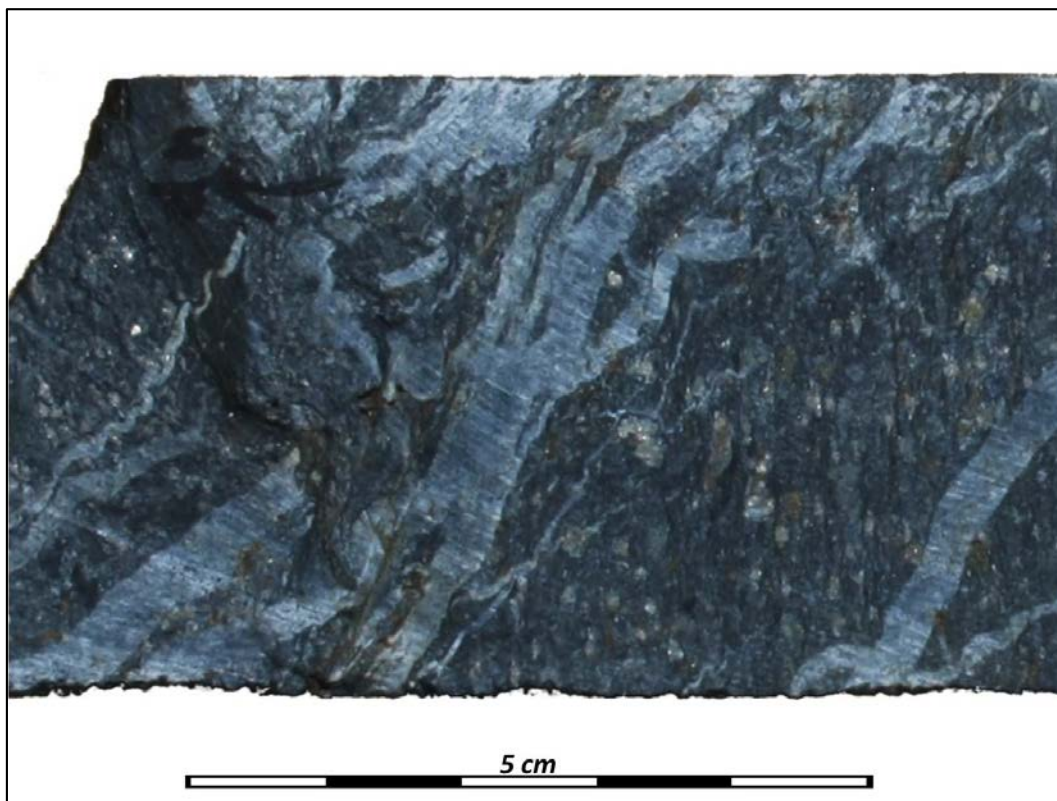


Foto 16-Roca de textura clásica fina de color negro debido a su gran contenido carbonoso cortada por venillas Cuarzo-Ca, mostrando desarrollo sub-euhedral de Apy (8%), Py (5%) y Po(2%).

d) Mineralización en esquistos verdes.

- Está asociado con venillas de cuarzo centimétricas.
- Está asociada con arsenopirita fina.
- Está asociada con una débil silicificación de la roca caja.



Foto 17-Roca de textura volcánica fina (Esquistos verdes), presenta clorita-sericita y Po (5%)-Py(3-5%)-Apy(1%) diseminada, cortada por venillas de Cuarzo-Ca-Py.

CAPÍTULO IV

GEOQUÍMICA

La geoquímica superficial es considerada como una de las herramientas más importantes en la prospección y tiene como objetivo la identificación de anomalías de Au y sus patrones geoquímicos de los distintos elementos guías asociados a los depósitos orogénicos.

La perforación diamantina se realiza con la finalidad de brindarnos mayor información geológica y geoquímica de las anomalías superficiales identificadas.

4.1 GEOQUÍMICA SUPERFICIAL Y DE TALADROS

En el área de Sabajo entre los años 2008 y 2010 se llevaron a cabo diferentes campañas de geoquímica superficial; empezando con un muestreo de sedimentos en quebradas llamado BLEG (Bulk Leach Extractable Gold) y seguidas de campañas de reconocimiento, muestreo de rocas en afloramientos y muestreo de suelos en las líneas cumbres, se identificaron múltiples anomalías de Au. Finalmente muestreo sistemático de suelos, rocas, canales y trincheras confirmaron y definieron las anomalías de Au.

Varias fases de perforación fueron llevadas a cabo entre los años 2009 y 2012 permitieron descubrir un depósito económico en el área de Sabajo.

TIPOS DE MUESTREO

4.1.1 MUESTREO DE SUELOS

Este tipo de muestreo sistemático se realiza sobre una grilla de suelos, la línea base de esta grilla tiene una orientación 300° (paralela a la falla Casador) y líneas separadas cada 100m que cortan a la línea base son perpendiculares (30°), el muestreo de suelos se realiza en cada una de la líneas perpendiculares, cada 25m y hacia ambos lados de la línea base.

El muestreo consiste en recolectar sistemáticamente muestras del suelo laterítico que se encuentra atravesando el nivel de material orgánico ($< 20\text{cm}$).

Este muestreo se realiza principalmente en zonas de poca información geoquímica para poder tener una idea generalizada sobre las anomalías.

4.1.2 MUESTREO CANALES

Este tipo de muestreo sistemático se realiza sobre afloramientos de saprolita o de excavaciones continuas poco profundas que dejan expuesta las zonas de saprolita denominadas trincheras. Este método consiste en la toma del material para la muestra de un corte rectangular denominado canal, la longitud de esta muestra está dada por las características geológicas del terreno hasta un máximo de longitud de 2m. Esta línea de canal comúnmente está orientada perpendicular a la falla Cassador.

Debido a la gran cobertura vegetal, el muestreo las trincheras se realiza en donde las muestras de suelos presentan sobresalientes anomalías geoquímicas de Au.

4.1.3 MUESTREO SELECTIVO

Este tipo de muestreo se orienta principalmente para definir posibles controles estructurales relacionados con la mineralización del oro e identificar zonas de alta ley como estructuras de vetas, zonas de brechas y/o contactos litológicos. Generalmente se toman muestras en vetas de cuarzo, en vetas brechas, en contactos litológicos y en zonas específicas.

4.1.4 MUESTREO DE TESTIGOS

Este tipo de muestreo sistemático es muy similar al de muestreo de canales, consiste en el muestreo de la mitad del testigo, la longitud de esta muestra está dada por las características geológicas (contactos litológicos, alteración, estructuras) hasta un máximo de longitud de 1.5m y una longitud mínima de 30cm.

4.2 CORRELACIÓN Y GEOESTADÍSTICA DE MUESTRAS SUPERFICIALES

La base de datos de geoquímica de superficial incluye 1937 muestras de suelos recolectadas entre los años 2008 hasta el 2012, estas muestras de suelos fueron analizadas en el laboratorio de FILAB-Surinam; el método de análisis fue ensayo al fuego (Fire Assay) para Au y digestión de aqua regia (ICP) para los demás elementos.

Para el desarrollo del presente estudio geoquímico se ha empleado únicamente la información de datos sistemáticos (Muestreo de suelos) con la finalidad de encontrar la dispersión geoquímica y la asociación con los elementos trazas relacionados al oro.

Durante la revisión de esta base de datos se ha identificado valores negativos que corresponden a valores por debajo al límite de detección, entonces, todos los valores menores al límite de detección son cambiados a la mitad de su valor absoluto.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriormente mencionadas en el área de Sabajo se realizó la matriz de correlación de Pearson con 44 elementos químicos por cada muestra observándose que el Au presenta una moderada correlación con As (**0.49**) identificándose la asociación Au-As.

0.70 <	Muy Buena Correlación	< 1.00
0.50 <	Buena Correlación	< 0.70
0.30 <	Moderada Correlación	< 0.50
0.10 <	Baja Correlación	< 0.30
0.00 <	Muy baja Correlación	< 0.10

La correlación de As con el Au en el muestreo superficial realizado en el área de Sabajo nos indica que en sectores donde la dispersión geoquímica de estos elementos coinciden están relacionadas a un mismo evento mineralizante y en otros sectores donde las dispersiones se encuentran zonificadas probablemente se encuentren relacionadas a diferentes eventos mineralizantes.

Se ha identificado la correlación que existe entre familias geoquímicas constituido por elementos trazas que guardan relación con oro y entre si mismas. Para identificar las familias se ha considerado a partir de las correlaciones bajas a muy buena correlación.

Población Geoquímica Sistemática

Familia del Oro: Au-Sb-K

Familia del Arsénico: As-Ga-Sb-Hg-Fe-Mo-V-W

	Au	Ag	Al	As	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	Ge	Hg	K	La	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Ni	P	Pb	S	Sb	Sc	Se	Sn	Sr	Ta	Te	Ti	Tl	U	V	W	Y	Zn	Zr										
Au	1.00																																																					
Ag	-0.06	1.00																																																				
Al	0.03	-0.19	1.00																																																			
As	0.49	-0.11	0.08	1.00																																																		
B	-0.04	0.10	-0.01	-0.08	1.00																																																	
Ba	0.02	0.10	-0.05	-0.08	0.12	1.00																																																
Be	-0.07	0.53	-0.21	-0.13	0.40	0.09	1.00																																															
Bi	-0.09	0.29	-0.12	-0.10	0.55	0.05	0.53	1.00																																														
Ca	-0.04	0.09	-0.16	-0.13	0.08	0.25	0.22	0.17	1.00																																													
Cd	-0.07	0.92	-0.20	-0.14	0.14	0.11	0.59	0.23	0.10	1.00																																												
Co	-0.01	0.05	0.03	-0.09	0.08	0.18	0.09	0.08	0.14	0.10	1.00																																											
Cr	-0.08	0.11	0.40	-0.09	0.04	-0.22	0.00	0.04	-0.14	0.09	0.12	1.00																																										
Cu	0.04	-0.11	0.41	0.00	-0.07	-0.21	-0.11	-0.11	-0.07	-0.06	0.45	0.39	1.00																																									
Fe	-0.03	-0.03	0.43	0.25	0.05	-0.17	-0.11	0.00	-0.19	-0.07	0.09	0.44	0.40	1.00																																								
Ga	0.08	-0.43	0.61	0.31	-0.14	-0.19	-0.46	-0.29	-0.28	-0.46	-0.14	0.30	0.18	0.45	1.00																																							
Ge	-0.09	0.80	-0.29	-0.18	0.28	0.10	0.80	0.56	0.22	0.81	0.09	0.03	-0.17	-0.18	-0.57	1.00																																						
Hg	0.06	-0.42	0.39	0.25	-0.15	-0.12	-0.46	-0.28	-0.22	-0.45	-0.14	0.24	0.10	0.55	0.67	-0.56	1.00																																					
K	0.11	0.14	0.01	0.10	0.06	0.67	0.04	-0.04	0.11	0.20	-0.03	-0.24	-0.27	-0.12	-0.11	0.09	-0.07	1.00																																				
La	0.05	-0.63	0.18	0.09	-0.21	0.06	-0.61	-0.46	-0.11	-0.61	-0.03	-0.08	0.10	0.05	0.38	-0.77	0.39	-0.02	1.00																																			
Li	-0.05	0.42	-0.16	-0.10	0.35	0.03	0.50	0.66	0.10	0.44	0.07	0.03	-0.06	-0.10	-0.35	0.61	-0.34	0.07	-0.47	1.00																																		
Mg	0.00	0.09	0.08	-0.06	0.08	0.14	0.13	0.13	0.21	0.10	0.03	-0.01	-0.04	-0.08	-0.08	0.14	-0.09	0.11	0.02	0.11	1.00																																	
Mn	0.04	0.01	0.02	0.00	0.01	0.37	0.00	0.00	0.03	0.03	0.58	0.02	0.23	0.03	-0.06	0.01	-0.06	0.02	0.04	0.01	-0.02	1.00																																
Mo	0.05	0.08	-0.07	0.23	0.06	0.10	0.04	0.06	-0.03	0.05	-0.14	-0.03	-0.25	0.14	0.11	0.06	0.10	0.20	-0.07	0.03	-0.04	-0.07	1.00																															
Na	-0.01	-0.08	0.16	-0.04	0.09	0.61	-0.06	-0.05	0.28	-0.05	0.12	-0.15	-0.01	-0.01	-0.02	-0.09	0.04	0.60	0.16	-0.07	0.12	0.03	0.07	1.00																														
Nb	-0.06	0.66	-0.13	-0.11	0.12	0.05	0.39	0.31	0.06	0.56	0.02	0.20	-0.10	-0.04	-0.33	0.59	-0.33	0.00	-0.47	0.29	0.07	-0.01	0.03	-0.09	1.00																													
Ni	-0.04	0.05	0.19	-0.16	0.14	0.00	0.23	0.06	0.02	0.17	0.37	0.41	0.39	0.15	-0.06	0.15	-0.12	-0.07	-0.12	0.06	0.03	0.15	-0.13	0.06	0.06	1.00																												
P	0.01	-0.33	0.13	-0.01	-0.09	0.10	-0.28	-0.21	0.03	-0.32	0.21	-0.01	0.36	0.37	0.08	-0.40	0.21	-0.01	0.34	-0.24	-0.04	0.14	-0.12	0.21	-0.24	0.23	1.00																											
Pb	0.07	0.28	0.00	0.04	-0.01	0.20	0.15	-0.01	-0.01	0.45	0.16	0.04	0.08	0.05	-0.09	0.24	-0.05	0.33	-0.15	0.28	0.03	0.31	0.02	0.07	0.04	0.14	-0.01	1.00																										
S	-0.03	-0.13	0.39	0.08	0.09	-0.14	-0.08	0.03	-0.08	-0.19	0.01	0.34	0.17	0.57	0.42	-0.19	0.36	-0.13	0.07	-0.13	-0.05	-0.04	0.10	-0.04	-0.04	0.06	0.20	-0.17	1.00																									
Sb	0.12	0.22	-0.09	0.27	0.19	0.16	0.29	0.21	0.01	0.19	-0.04	0.02	-0.13	0.13	-0.04	0.25	-0.06	0.13	-0.21	0.17	0.01	0.04	0.29	0.05	0.25	-0.01	-0.08	0.10	0.07	1.00																								
Sc	-0.01	-0.12	0.63	0.00	-0.06	-0.31	-0.17	-0.14	-0.15	-0.11	0.30	0.59	0.81	0.48	0.44	-0.22	0.25	-0.39	0.12	-0.12	-0.04	0.15	-0.23	-0.09	-0.07	0.36	0.26	0.01	0.35	-0.13	1.00																							
Se	-0.09	0.68	-0.27	-0.16	0.22	0.08	0.68	0.62	0.22	0.66	0.08	0.01	-0.16	-0.18	-0.51	0.89	-0.50	0.05	-0.69	0.61	0.13	0.00	0.05	-0.09	0.51	0.11	-0.36	0.18	-0.18	0.21	-0.21	1.00																						
Sn	-0.04	0.32	-0.09	-0.06	0.05	0.00	0.32	0.18	0.06	0.24	0.01	0.17	-0.06	-0.04	-0.19	0.33	-0.19	-0.06	-0.28	0.10	0.05	-0.01	0.02	-0.08	0.59	0.01	-0.13	-0.03	0.09	0.21	-0.04	0.27	1.00																					
Sr	-0.04	-0.04	-0.05	-0.06	0.23	0.45	0.07	0.52	0.31	-0.09	0.12	-0.15	-0.15	-0.09	-0.16	0.11	-0.09	0.35	-0.04	0.18	0.14	0.15	0.09	0.44	0.01	-0.03	0.06	0.04	-0.06	0.04	-0.24	0.21	-0.04	1.00																				
Ta	-0.05	0.25	-0.16	-0.09	0.30	0.03	0.57	0.37	0.15	0.27	0.07	0.02	-0.09	-0.10	-0.29	0.50	-0.28	-0.01	-0.41	0.27	0.10	-0.01	0.03	-0.07	0.26	0.07	-0.20	0.10	0.05	0.18	-0.11	0.44	0.62	0.05	1.00																			
Te	-0.04	0.24	-0.10	-0.07	0.46	0.02	0.35	0.55	0.09	0.25	0.04	0.03	-0.08	-0.03	-0.24	0.43	-0.24	-0.02	-0.34	0.60	0.08	0.00	0.02	-0.07	0.22	0.03	-0.17	0.09	-0.04	0.13	-0.10	0.37	0.10	0.08	0.21	1.00																		
Ti	-0.17	0.04	0.46	-0.23	0.01	-0.23	-0.08	-0.01	-0.12	-0.02	-0.07	0.42	0.20	0.22	0.29	0.00	0.17	-0.31	-0.04	-0.03	0.00	-0.04	-0.17	-0.21	0.09	0.06	-0.15	-0.14	0.25	-0.11	0.45	-0.03	0.04	-0.20	-0.05	0.02	1.00																	
Tl	-0.04	0.43	0.19	0.07	-0.08	-0.10	-0.41	0.00	-0.08	-0.48	0.00	0.07	0.17	0.13	0.28	-0.45	0.29	-0.15	0.32	-0.14	0.05	0.06	-0.04	-0.01	-0.29	-0.06	0.18	-0.07	0.07	-0.15	0.17	-0.25	-0.19	0.22	-0.25	-																		

4.3 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS GEOQUÍMICOS

Para aplicar el tratamiento geoestadístico en el proyecto Sabajo, se ha revisado toda la información geoquímica, en la cual se han identificado valores negativos que corresponden a valores por debajo al límite de detección, entonces, todos los valores menores al límite de detección son cambiados a la mitad de su valor absoluto. La generación e interpretación de los histogramas de frecuencia y frecuencia acumulada es para identificar una zona anómala y construir los rangos geoquímicos de un elemento a partir de rangos estadísticos.

Utilizando el programa Stones se realizó el cálculo de algunos valores estadístico (media, desviación estándar y coeficiente de variación) y los diferentes gráficos (histograma de frecuencia y frecuencia acumulada) para el Oro y Arsénico. La construcción de histogramas de frecuencia para los elementos a analizar (Au y As) muestra un comportamiento log-normal (Gaussiana), esto es debido a que se cambiaron los valores a una base logarítmica, y representa la distribución de la población de muestras en un determinado rango de leyes. Para obtener una buena interpretación de cada histograma se corrige lo más semejante a una “campana de gauss”.

El objetivo del análisis de la información obtenida durante la exploración geoquímica también consiste en detectar estas distribuciones superpuestas, con lo cual se identificarían los diferentes eventos geológicos que han ocurrido y que puedan haber contribuido al enriquecimiento de algunos elementos de interés.

HISTOGRAMA DEL AU

Muestra un histograma casi perfectamente uni-modal con una tendencia hacia valores relativamente bajos. La curva de frecuencia acumulada al 50% de la población muestra una anomalía geoquímica de 0.016 ppm.

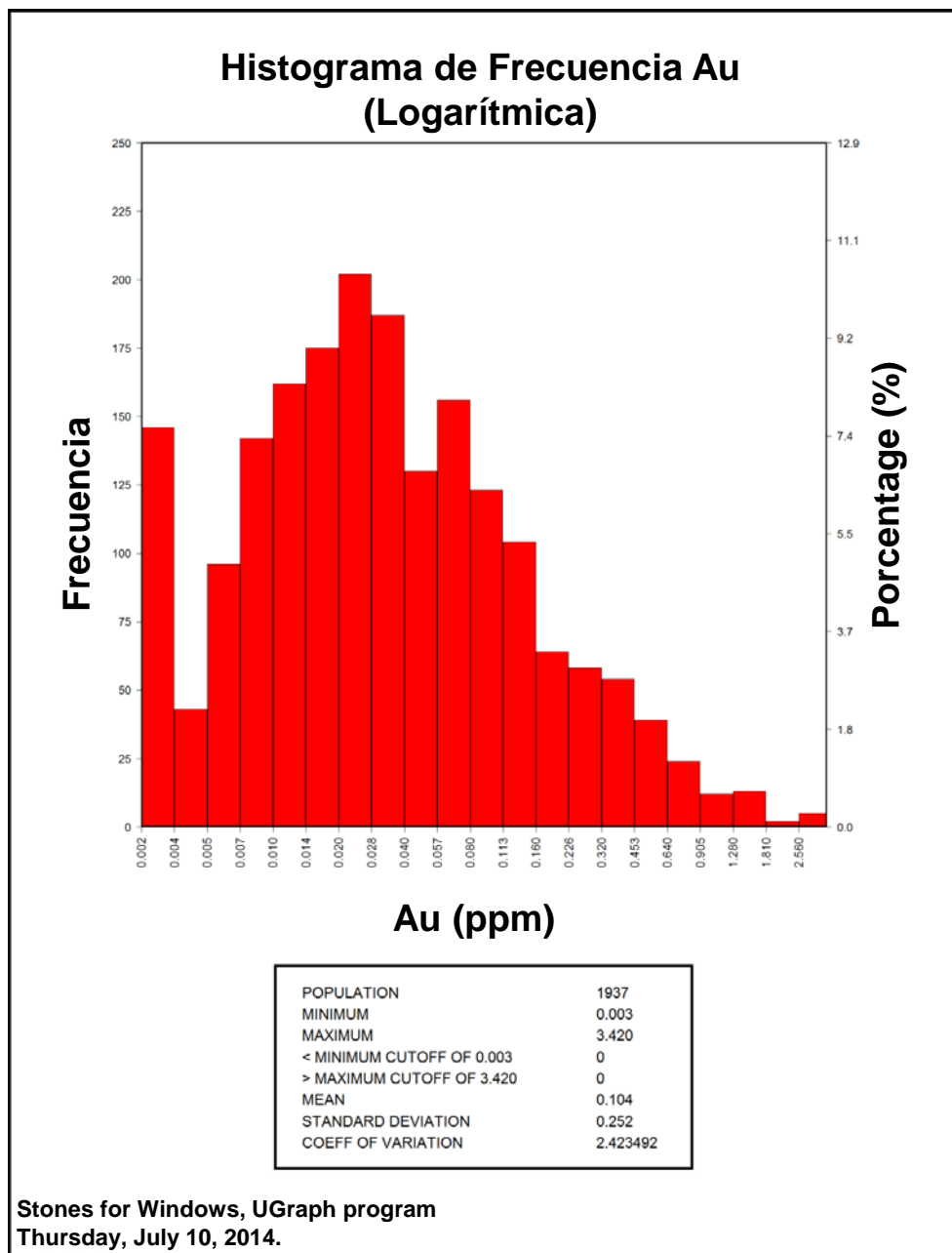


Figura 5-Histograma de Frecuencia Au (Logarítmica).

HISTOGRAMA DEL AS

Muestra un histograma uni-modal con una tendencia hacia valores relativamente moderados a altos. Probablemente exista una re-movilización de As en superficie. La curva de frecuencia acumulada al 50% de la población muestra una anomalía geoquímica de 100 ppm.

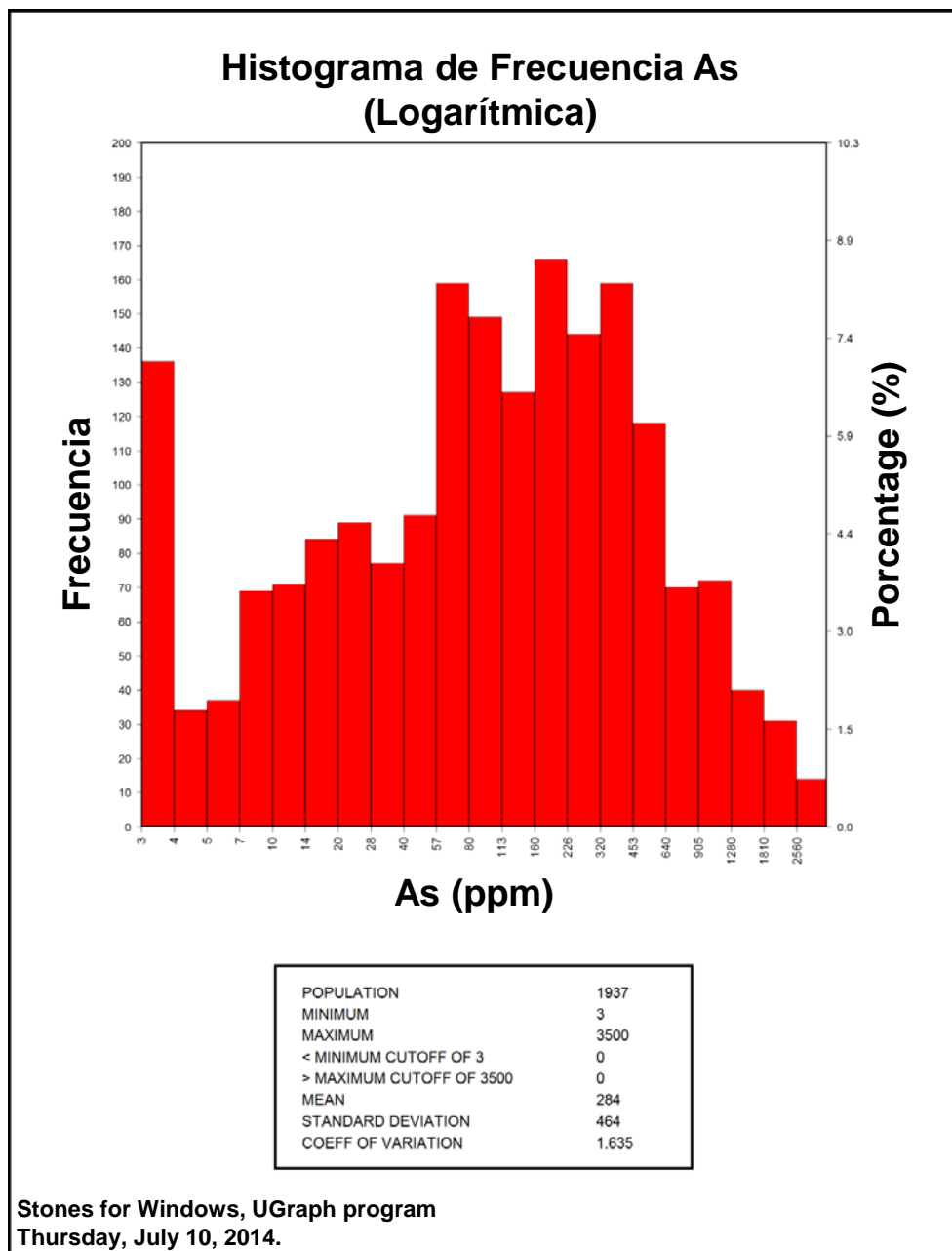


Figura 6-Histograma de Frecuencia As (Logarítmica).

4.4 DETERMINACIÓN DEL BACKGROUND Y THRESHOLD

Existen varios métodos para la determinación del background y threshold por lo tanto puede existir mas de un valor para el mismo conjunto de datos geoquímicos.

- ✓ Métodos estadísticos. Promedio \pm 2 desviaciones estándar y cuantil 90.
- ✓ Métodos gráficos. Utilizando histogramas de frecuencia y diagramas frecuencia acumulada.
- ✓ Métodos fractales. Concentración – área.
- ✓ Métodos geoestadísticos. Krigueaje factorial y Krigueaje robusto.

El presente trabajo se enfoca en la determinación del background y threshold para el área de Sabajo utilizando métodos gráficos, estos métodos se basan en la inspección visual de gráficos estadísticos (Figura 14,15,16,17) en donde es posible diferenciar grupos con características definidas. El criterio que se emplea en este caso es la identificación de quiebres de pendiente, con lo cual quedaría definido el valor de background y threshold. Generalmente para cumplir este propósito se emplean diagramas histogramas de frecuencia (Figuras 14 y 15) o frecuencia acumulada (Figuras 16 y 17). Este tipo de diagramas se emplean para determinar si una distribución se ajusta a un modelo predeterminado (normal, lognormal, gumbel, entre otros) para comparar distribuciones de probabilidad.

En el caso de los diagramas de frecuencia acumulada (Figuras 16 y 17) se grafican los valores de la variable de interés (Au_ppm / As_ppm) contra su probabilidad acumulada y si se ubican en una línea recta de pendiente positiva, los quiebres de pendiente en los diagramas representan valores que no se ajustan a la distribución global y que pueden estar caracterizados por parámetros diferentes.

Estos métodos tienen la ventaja de ser de fácil utilización, ya que solo requiere el manejo de un paquete de software que permita la elaboración del diagrama y además el valor de umbral se puede identificar fácilmente con lo cual deja de ser subjetivo o interpretativo.

El background se define como la concentración promedio que tiene un elemento en una roca de un tipo particular excluyendo las muestras mineralizadas; el threshold es valor por encima del cual una concentración geoquímica puede considerarse anómala, estos rangos de valores se puede determinar a partir de los resultados de los análisis químicos de muestra de rocas.

De los diagramas de frecuencia acumulada (Figuras 16 y 17) se calculan los rangos estadísticos y rangos geoquímicos.

Tabla 2-Muestra los rangos estadísticos (%) y Rangos geoquímicos (ppm) del Oro.

Rangos Estadísticos Au(%)	Rangos Geoquímicos Au(ppm)
0-58%	< 0.035
58% - 85%	0.035 - 0.16
85% - 95%	0.16 - 0.40
95%- 99.2%	0.40 - 1
> 99.2%	> 1

Tabla 3-Muestra los rangos estadísticos (%) y Rangos geoquímicos (ppm) del Arsénico.

Rangos Estadísticos As(%)	Rangos Geoquímicos As(ppm)
0-60%	< 180
60% - 85%	180 - 500
85 - 93%	500 - 1000
93 - 98.4%	1000 - 2000
> 98.4	> 2000

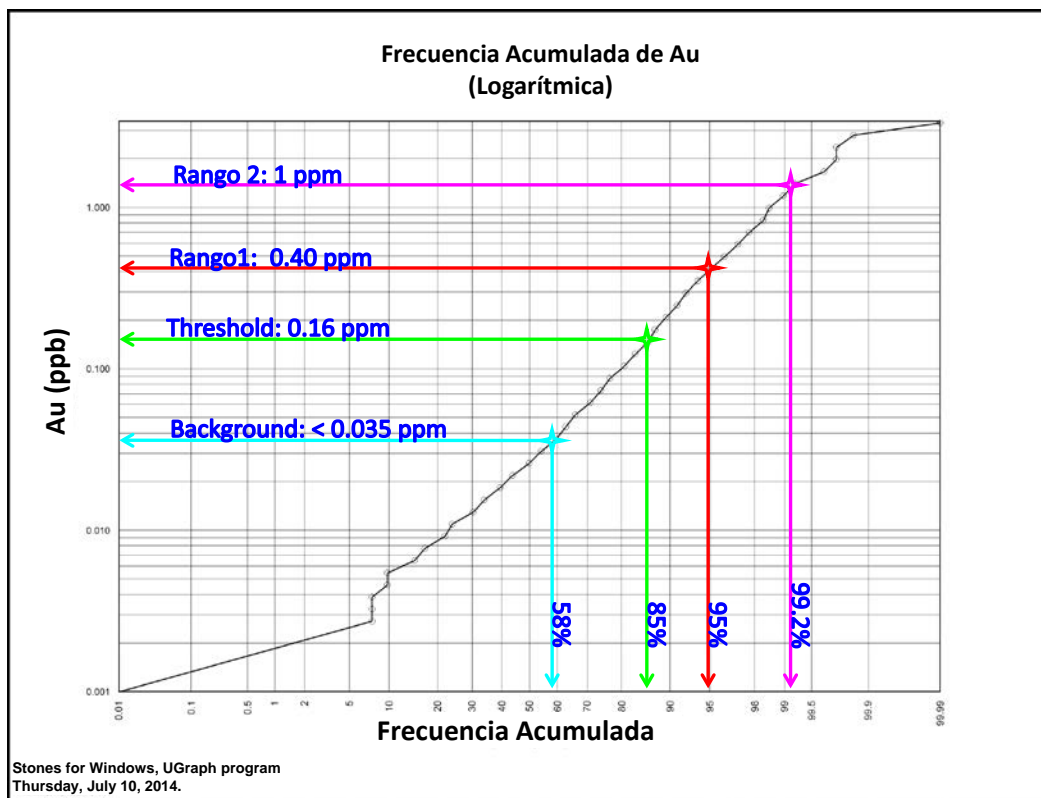


Figura 7-Diagrama de Frecuencia Acumulada de Au (Logarítmica), mostrando la manera gráfica (cambio de pendiente) del cálculo de rangos estadísticos.

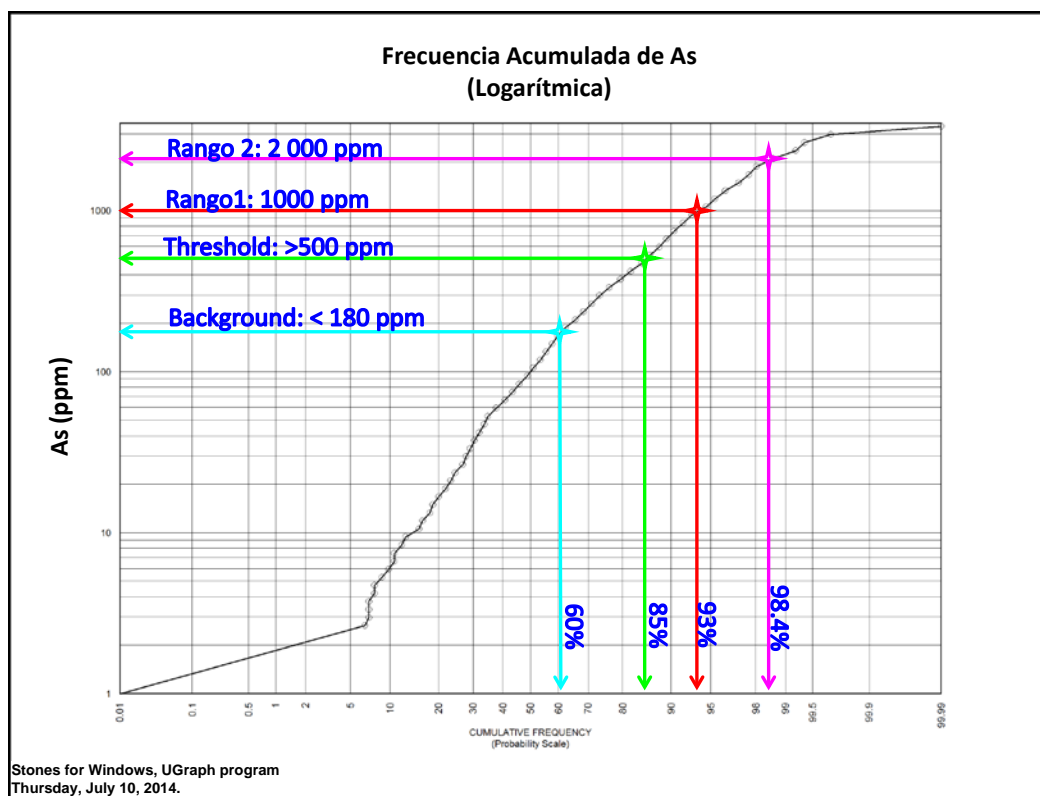


Figura 8-Diagrama de Frecuencia Acumulada de As (Logarítmica), mostrando la manera gráfica (cambio de pendiente) del cálculo de rangos estadísticos.

4.5 INTERPRETACIÓN DE LA GEOQUÍMICA SUPERFICIAL

Basado en los rangos geoquímicos obtenidos en la sección anterior se procedió a contornear las anomalías de suelo para el oro y el arsénico. La distribución del oro en superficie nos permite delinear los niveles de prioridad de las áreas de interés en el proyecto Sabajo.

4.5.1 NIVELES DE PRIORIDAD Y PERFIL LITOGEOQUÍMICO DE ANOMALÍAS GEOQUÍMICAS

La prioridad de las áreas de interés en proyecto Sabajo han sido determinados considerando las anomalías geoquímicas de oro, su correlación con el arsénico, características geológicas - estructurales y las propiedades geofísica eléctrica de Dipolo IP. **Ver Mapas 7, 8 y 9.**

A continuación detallamos las principales características de los niveles de prioridad.

Anomalía de **Prioridad 1**

Esta zona está ubicada en la parte central del Proyecto Sabajo mostrando:

- Tamaño de contornos de suelo para el oro: $>0.16\text{ppm} \rightarrow 1\text{ km} \times 350\text{m}$; $>0.4\text{ppm} \rightarrow 750\text{m} \times 200\text{m}$; $>1\text{ppm} \rightarrow 450\text{m} \times 75\text{m}$ y hasta un valor máximo de 3.42g/t Au .
- Tamaño de contornos de suelo para el arsénico: $>1000\text{ppm} \rightarrow 650\text{ m} \times 200\text{ m}$ y $>2000\text{ppm} \rightarrow 320\text{m} \times 80\text{m}$.
- Geoquímica de rocas: 76.4m con 1.62g/t Au , 23.5m con 4.07 g/t Au , 44m con 4.86g/t Au , 10.5m con 2.37g/t Au , 28m con 2.47g/t Au , etc.
- Anomalía de prioridad 1, está ubicada a lo largo de la falla Cassador en la intersección con el eje del anticlinal volcado. Esta presenta anomalía geofísica de alta cargabilidad y baja resistividad a lo largo de la zona gráfica de la falla Cassador.

Anomalía de **Prioridad 2**

Esta zona está ubicada a 1 km hacia el SE de la anomalía de Prioridad 1, a lo largo de la falla Cassador mostrando:

- Tamaño de contornos de suelo para el oro: $>0.16\text{ppm} \rightarrow 530\text{m} \times 180\text{m}$ y $>0.4\text{ppm} \rightarrow 300\text{m} \times 100\text{m}$.
- Tamaño de contornos de suelo para el arsénico: $>1000\text{ppm} \rightarrow 400\text{m} \times 100\text{m}$ y $>2000\text{ppm} \rightarrow 120\text{m} \times 70\text{m}$.
- Geoquímica de rocas: 38m con 2.52g/t Au , 4m con 0.7g/t Au y 17m con 0.75g/t Au .
- Anomalía de prioridad 2, es la extensión SE de la anomalía de Prioridad 1, está ubicada a lo largo de la falla Cassador en la intersección con el eje del anticlinal volcado. Esta presenta anomalía geofísica de alta cargabilidad y baja resistividad a lo largo de la zona gráfica de la falla Cassador.

Anomalía de **Prioridad 3**

Esta zona está ubicada a 2 km hacia el NNW de la anomalía de Prioridad 1, dentro de la secuencia sedimentaria mostrando.

- Tamaño de contornos de suelo para el oro: >0.16ppm →500m x 200m, >0.4ppm →350m x 100m y >1ppm → 100m x 50m.
- Tamaño de contornos de suelo para el arsénico: >500ppm →400m x 100m.
- Geoquímica de rocas: 32m con 1.11g/t Au y 8m con 4.16g/t Au.
- Anomalía de prioridad 3, está ubicada en la secuencia sedimentaria cerca al contacto-falla con los diques de esquistos verdes. Esta presenta anomalía geofísica de alta cargabilidad de baja resistividad a lo largo de la zona gráfica de contacto.

Anomalía de **Prioridad 4**

Esta zona está ubicada a 1 km hacia el E de la anomalía de Prioridad 1 mostrando.

- Tamaño de contornos de suelo para el oro: >0.16ppm →350m x 100m, >0.4ppm →250m x 50m.
- Tamaño de contornos de suelo para el arsénico: >1000ppm →450m x 200m y >2000ppm →350m x 100m.
- Geoquímica de rocas: 7.2m con 1.66g/t Au, 27m con 1.05g/t Au y 14m con 0.4g/t.
- Anomalía de prioridad 4, está ubicada en la secuencia sedimentaria cerca al contacto-falla con los diques de esquistos verdes. Esta presenta anomalía geofísica de alta cargabilidad y anomalía geofísica de baja resistividad a lo largo de la falla (gráfica) de contacto.

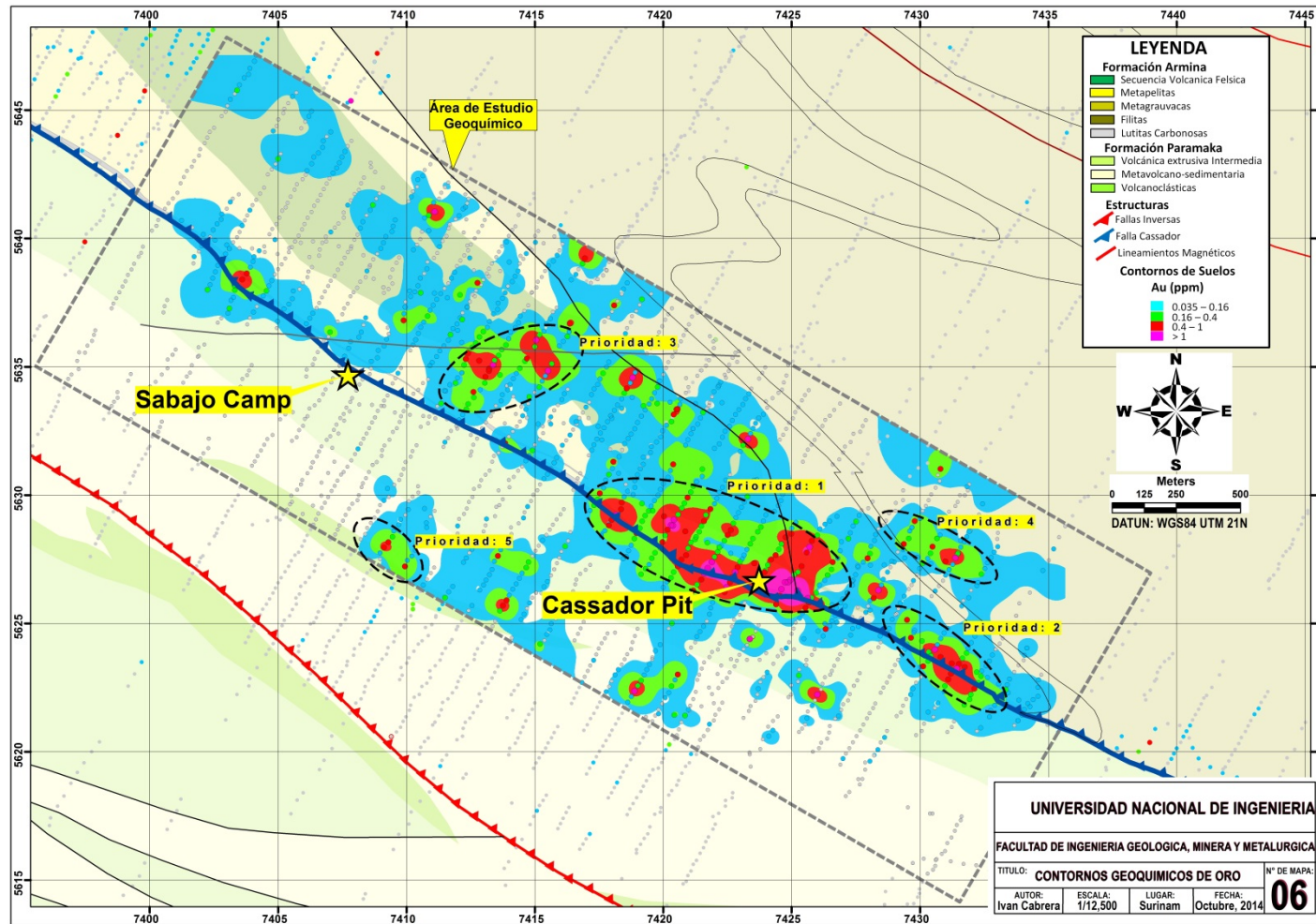
Anomalía de **Prioridad 5**

Esta área está ubicada en la parte SW a 1 km del área de interés de Prioridad 1, dentro de la secuencia volcánica.

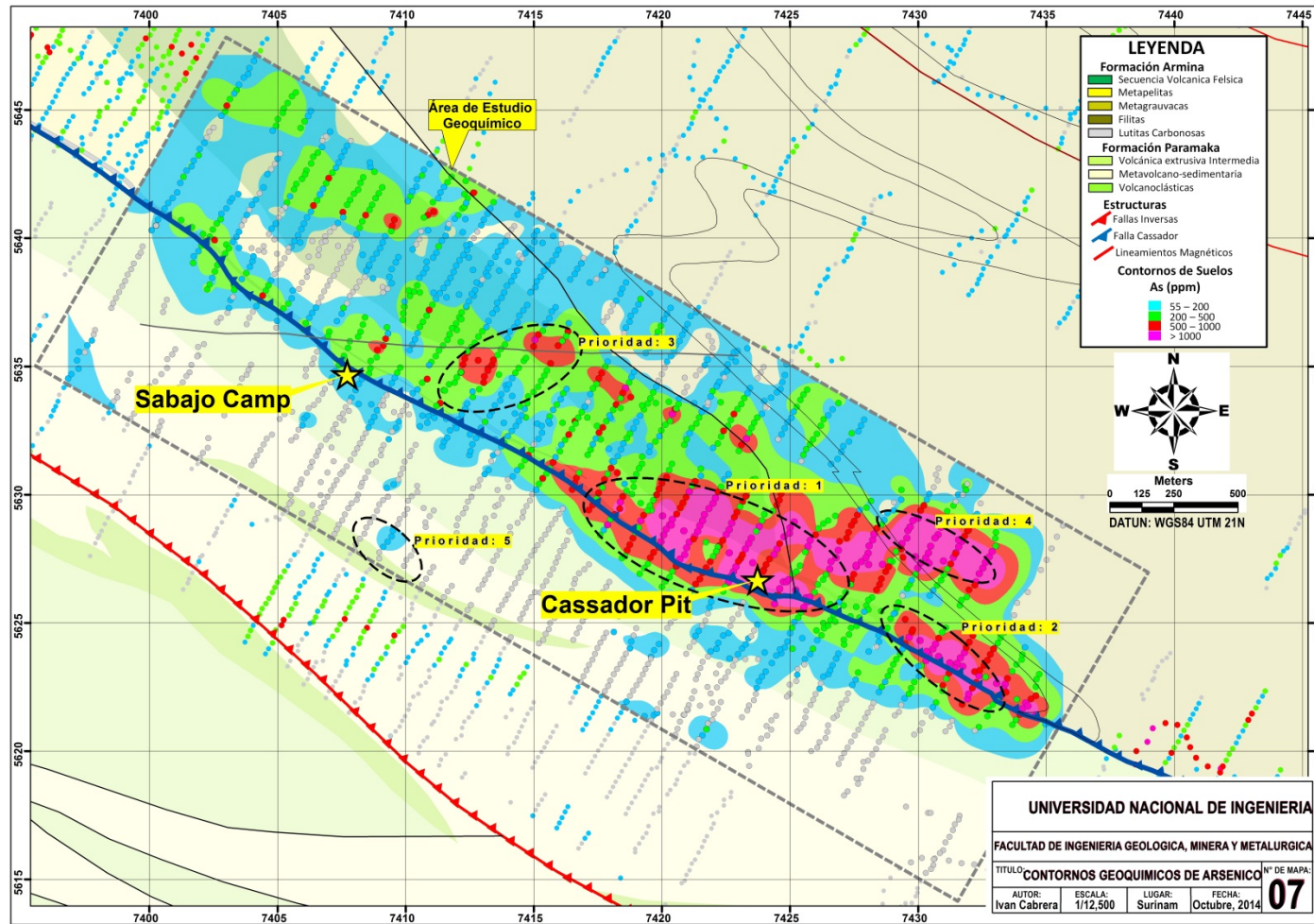
- Tamaño de contornos de suelo para el oro: $>0.16\text{ppm}$ $\rightarrow 200\text{m} \times 100\text{m}$ y $>0.4\text{ppm}$ $\rightarrow 150\text{m} \times 50\text{m}$.
- Geoquímica de rocas: 7.2m con 1.66g/t Au, 27m con 1.05g/t Au y 14m con 0.4g/t.
- Anomalía de prioridad 5, está ubicada paralela a la falla Cassador y dentro de la secuencia volcánica (Dacita) del bloque piso. Está asociada a anomalía geofísica de alta cargabilidad y baja resistividad similares a las de la falla Cassador indicando probablemente similar mineralización.

4.6 PERFIL LITO-GEOQUÍMICO DE ANOMALÍA DE PRIORIDAD “T”

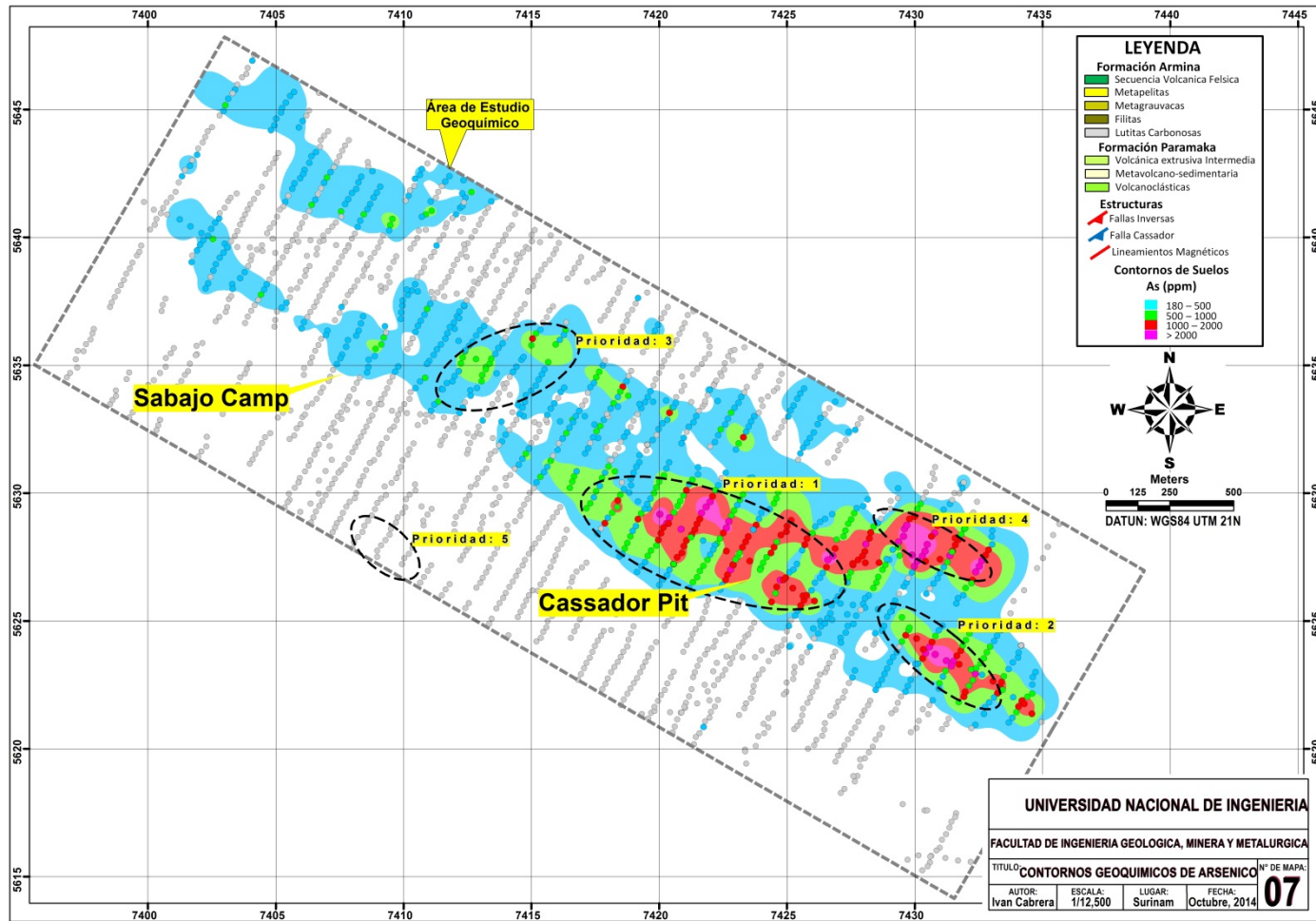
La sección 9650E corta la parte central de la anomalía de Prioridad 1 del depósito Sabajo, en este estudio se presenta la interpretación litológica-estructural (detallada en la sección 3.7) y los resultados geoquímicos de oro y arsénico en superficie y en los taladros mostrando la dispersión geoquímica de oro y arsénico en superficie. **Ver Mapa 10 y 11.**



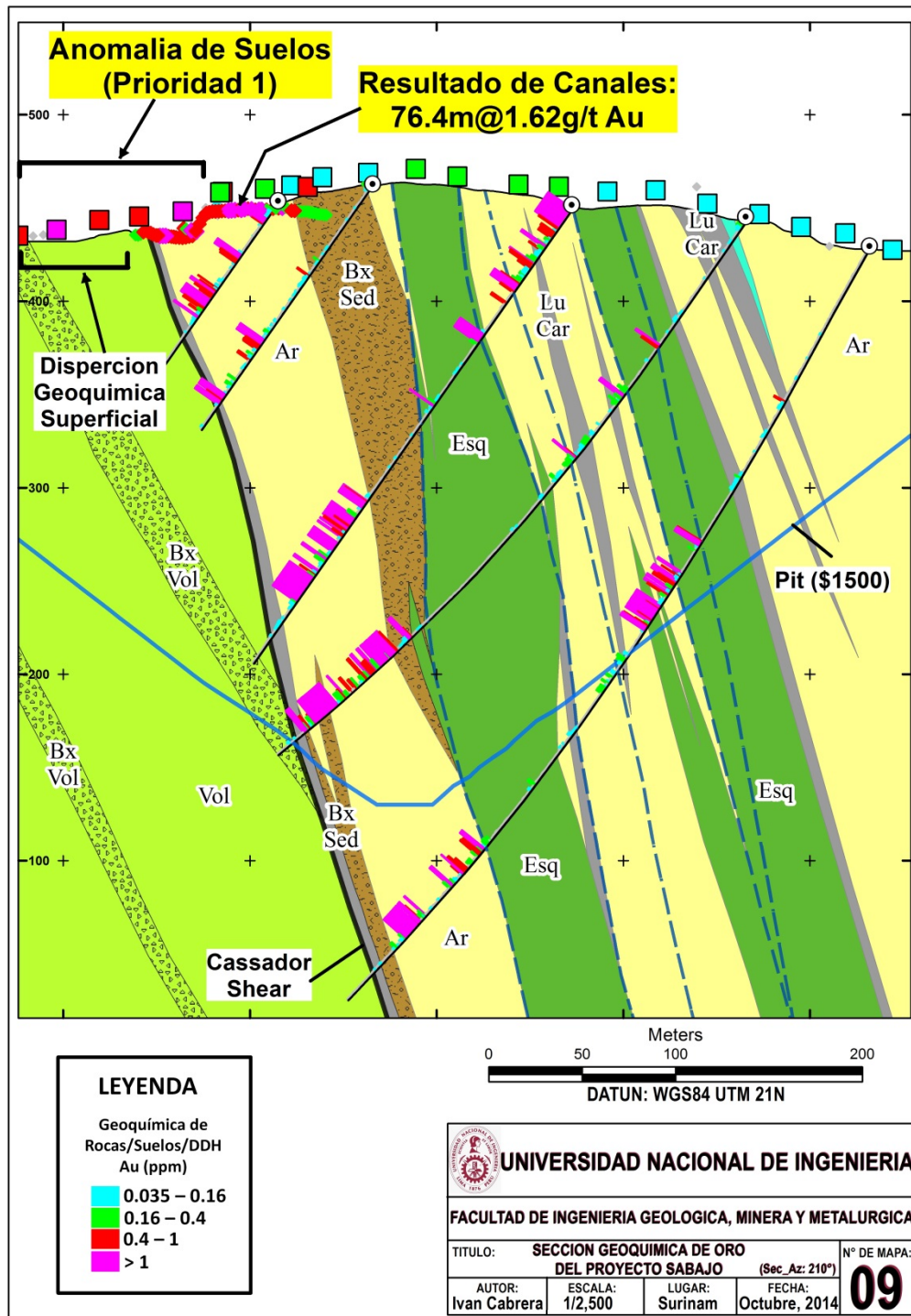
Mapa 6-Mapa Geoquímico, mostrando anomalías de Au utilizando los rangos estadísticos calculados.



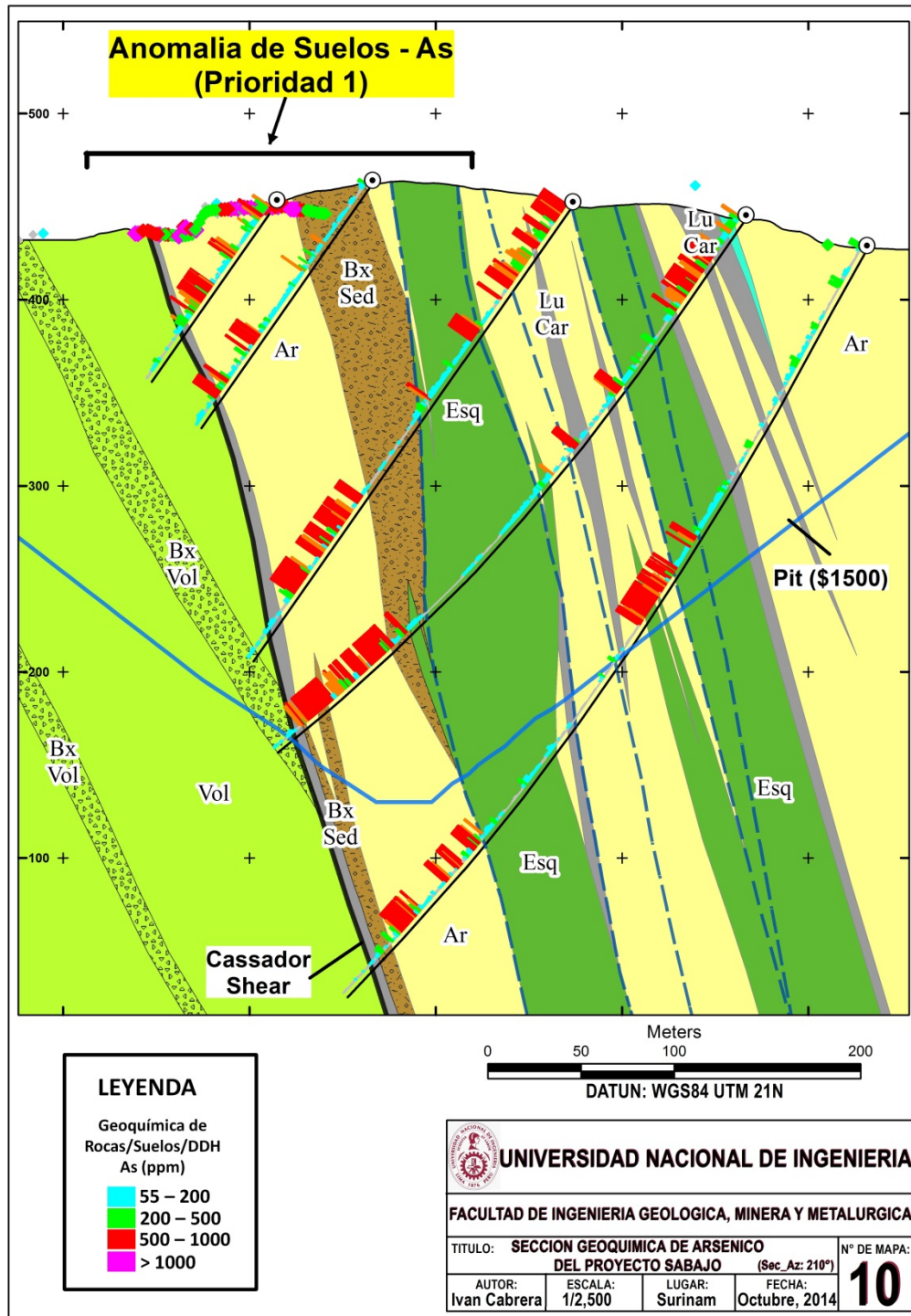
Mapa 7-Mapa Geoquímico, mostrando anomalías de As utilizando los rangos estadísticos calculados.



Mapa 8-Mapa Geoquímico mostrando resultados de Trincheras y Niveles de prioridad para el Proyecto Sabajo.



Mapa 9-Sección Litológica interpretada 9650E – Au del Proyecto Sabajo - Surinam.



Mapa 60-Sección Litológica interpretado – As del Proyecto Sabajo -Surinam.

CAPÍTULO V

GEOFÍSICA

La geofísica como parte de la geología abarca todos los fenómenos relacionados con la estructura, propiedades físicas e historia evolutiva de la Tierra. Al ser una disciplina experimental, usa para su estudio métodos cuantitativos físicos como la medida de la gravedad, la medida de campos electromagnéticos y magnéticos o eléctricos. En algunos casos dichos métodos aprovechan campos o fenómenos naturales (gravedad y magnetismo terrestre) y en otros son inducidos por el hombre (campos eléctricos y campos electromagnéticos).

5.1 MÉTODOS GEOFÍSICOS

Los métodos geofísicos intentan evaluar las características del terreno basándose en la medida de ciertas magnitudes físicas tomadas generalmente en la superficie del terreno. Si las características de los terrenos son tales que las magnitudes físicas medidas son bastante diferentes entre sí, es posible localizar los contactos entre las distintas capas de terreno. Sin embargo, esto no siempre sucede así, por lo que estos métodos tienen serias limitaciones.

Los métodos geofísicos deben ser considerados siempre como métodos complementarios de reconocimiento, debiendo estar acompañados por prospecciones directas como sondeos, y los datos obtenidos mediante estos sistemas refrendados y contrastados por los resultados de dichos sondeos.

Los trabajos de campo e interpretación de las medidas deben estar realizados por personal altamente cualificado y con experiencia en la ejecución y procesamiento de resultados.

A continuación revisaremos los métodos geofísicos mas usados en el área de Sabajo, y además las interpretaciones geofísicas de los resultados.

5.1.1 MAGNETOMETRÍA AEROTRANSPORTADA

Es método geofísico directo que estudia el campo magnético producido por los cuerpos y estructuras en el subsuelo, su intensidad depende del contenido de magnetita y materiales magnéticos en ellos. Permite ubicar zonas y cuerpos minerales, zonas de falla y modelar estructuras geológicas a pequeña y gran escala.

En el Escudo de la Guyana y en el área de Sabajo la geofísica regional mas usada para exploración es la magnetometría aerotransportada debido al intenso desarrollo de porfiroblastos de magnetita en las rocas como producto del metamorfismo. En el año 2006, Newmont realizó vuelos para obtener información de magnetometría aerotransportada con el objetivo determinar los principales lineamientos regionales.

Características del vuelo: 1 km de espaciamiento de líneas de vuelo, N45E dirección de vuelo sobre Sabajo y 156m/400m de altura de vuelo.

El procesamiento de datos geofísicos en imágenes es muy importante dado que este proceso transforma información recogida en el campo en mapas los cuales serán usados para interpretaciones geológicas y estructurales.

Los métodos usados para el procesamiento de datos son:

5.1.2 INTENSIDAD MAGNÉTICA TOTAL (RAW)

Este proceso consiste en presentar la información geofísica recolectada en el campo sin ninguna variación en colores grises o varios colores.

5.1.3 REDUCIDA AL POLO (RTP)

Este proceso recalcula la intensidad magnética total como si el campo magnético presentara una inclinación de -90° , esto debido a que el Escudo de la Guayana está localizado a 20° sobre de la línea Ecuatorial. Este proceso ubica la anomalía magnética observada directamente sobre la fuente de los cuerpos magnéticos.

5.1.4 INTENSIDAD MAGNÉTICA TOTAL – 1^{era} DERIVADA (RAW-HGRAD)

Este proceso calcula la primera derivada de la intensidad magnética total, esta imagen tiende a mejorar las altas variaciones magnéticas y resulta muy importante para el mapeo de estructuras y lineamientos.

5.1.5 REDUCIDA AL POLO – 1^{era} DERIVADA (RTP-HGRAD)

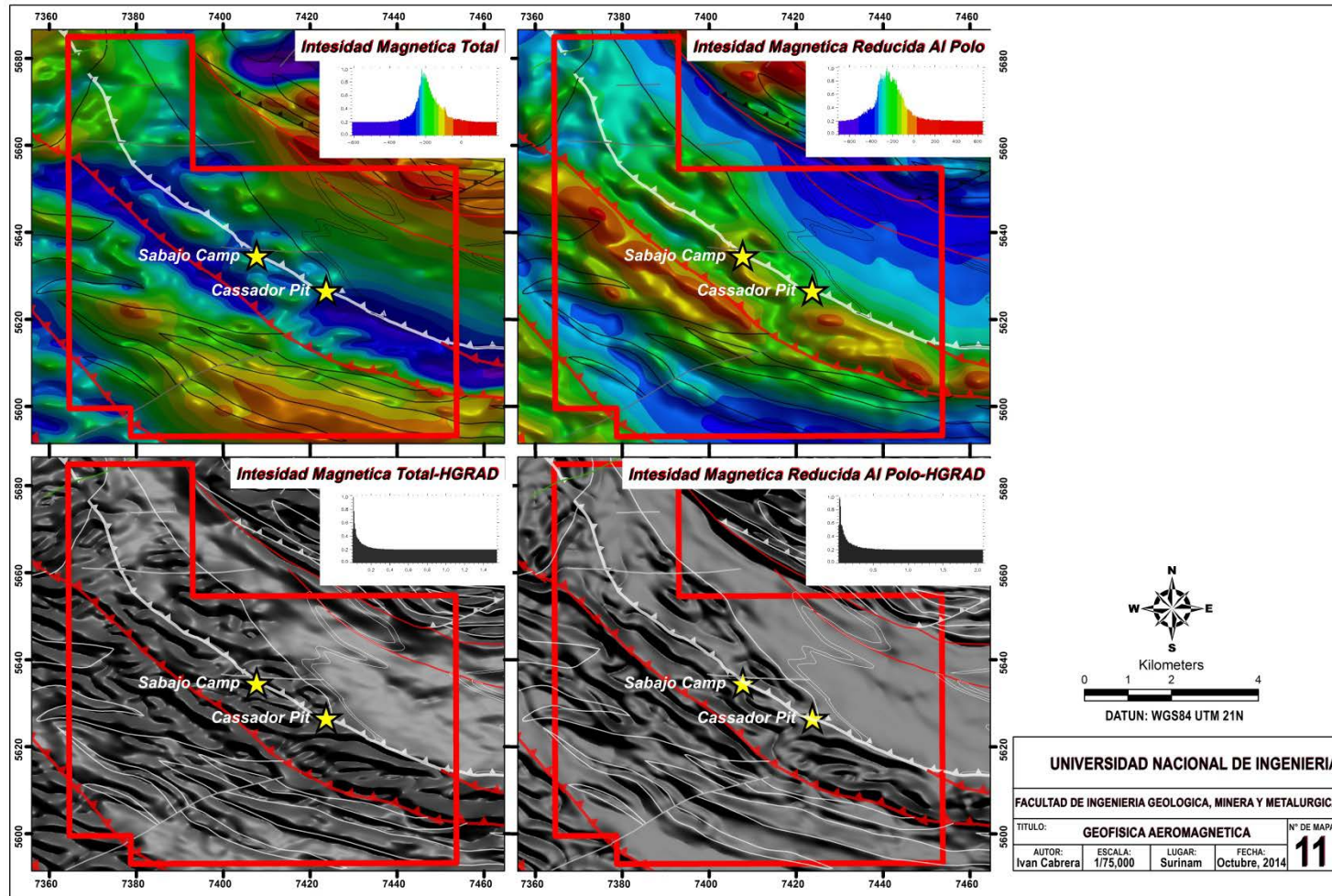
Este proceso calcula la primera derivada de la ya recalculada y reducida al polo, esta imagen tiende a mejorar las altas variaciones magnéticas y resulta muy importante para el mapeo de estructuras y lineamientos.

5.1.6 DIPOLO IP

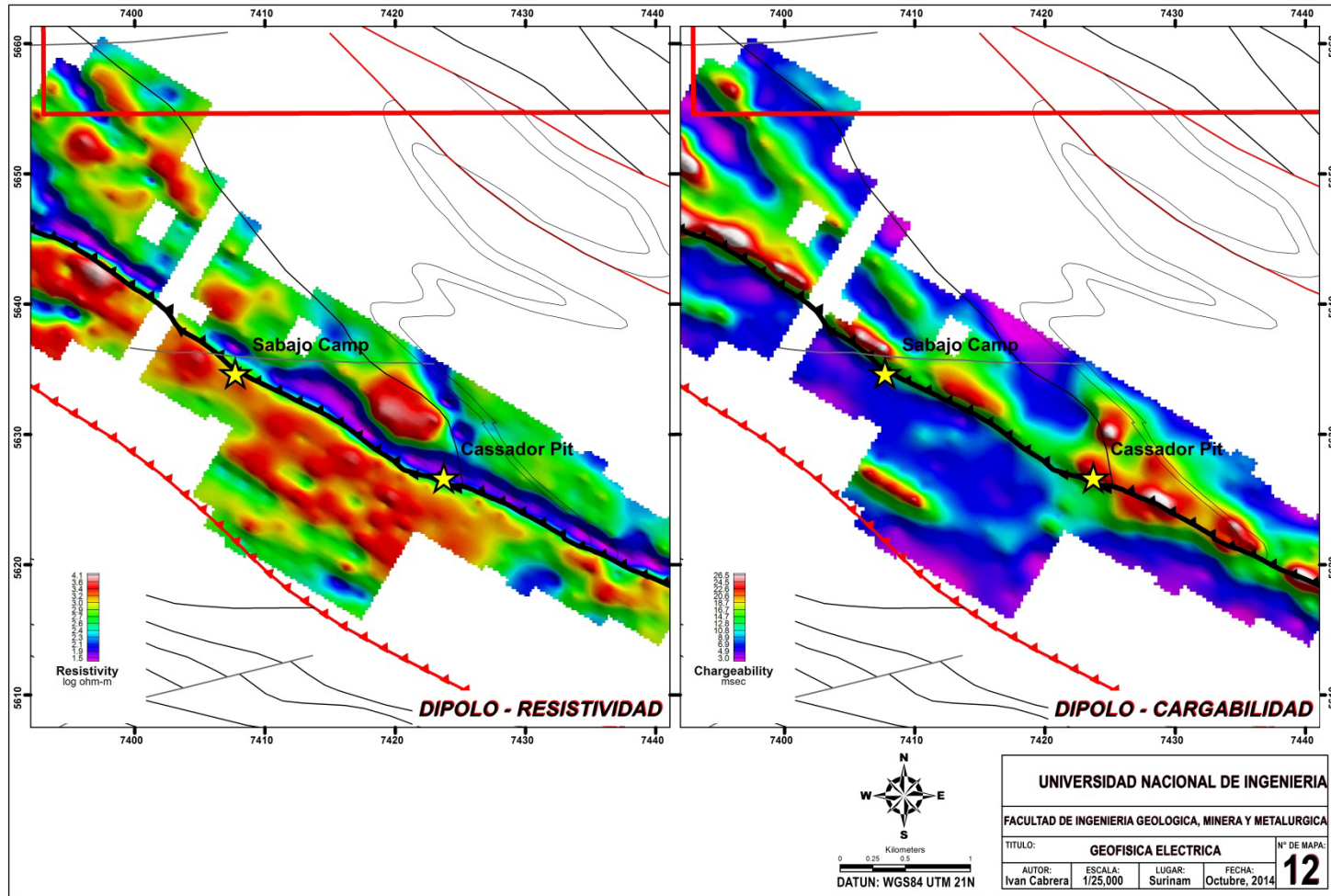
Es método geofísico indirecto mide la resistividad aparente resultado del efecto de la Polarización Inducida en cuerpos y estructuras en el subsuelo.

Entre los años 2009 y 2011 varios programas geofísicos de Dipolo IP y gravimetría fueron realizados en el área de Sabajo y tuvieron como objetivo determinar la presencia de

anomalías geofísicas relacionadas a cuerpos de sílice-sulfuros (resistividad y cargabilidad) y cuerpos de mayor densidad.



Mapa 71-A) Mapa geofísico de intensidad magnética total (RAW). 12-B) Mapa geofísico de intensidad magnética total 1era derivada (RAW-HGRAD). 12-C) Mapa geofísico de intensidad magnética reducida al polo(RTP). 12-D) Mapa geofísico de intensidad magnética reducido al polo 1era derivada (RTP-HGRAD).



Mapa 82-Mapa geofísico de Dipolo IP, Resistividad - Cargabilidad.

5.2 INTERPRETACIÓN GEOFÍSICA EN EL PROYECTO SABAJO

- Los mapas magnéticos generados de la primera derivada (RAW-HGRAD, RTP-HGRAD) para el área de Sabajo nos indican lineamientos magnéticos NW-SE, en algunas zonas pueden ser usadas para indicar las secuencias sedimentarias o secuencias volcánicas. Falta de continuidad en los lineamientos y desplazamientos conlleva a la identificación de fallas, fracturas y plegamientos. El sentido de movimiento de los planos de falla puede ser deducido de los lineamientos.

- Unidades lito-magnéticas comprende cuerpos geológicos con características magnéticas uniformes esto como resultado del uso de los diferentes mapas magnéticos (RAW, RTP, RAW-HGRAD, RTP-HGRAD), estos cuerpos geológicos pueden o no coincidir con los previos contornos geológicos debido a que el campo magnético de las rocas se verá afectado por las rocas magnéticas o no magnéticas subyacentes.

- En la parte NW y NE cerca de los límites del área de Sabajo, pulsos intrusivos aparecen como altos y bajos lineamientos circulares aislados esto como resultado de la interpretación de los diferentes mapas magnéticos (RAW, RTP, RAW-HGRAD, RTP-HGRAD).

- En el bloque techo al N de la falla Casador se presenta una extensa área de bajos magnéticos esto suele darse debido a la presencia de rocas sin magnetita, tanto en el área de Sabajo como en el área de Merian estos bajos magnéticos están asociados a secuencias sedimentarias finas (limolitas, lutitas) caracterizadas por la ausencia o pobre desarrollo de porfiroblastos de magnetita.

- A lo largo de la falla Casador se presentan zonas irregulares de intensidad magnética promedio a baja, están asociadas a la destrucción de magnetita debido a la inyección de fluidos de alteración.
- Mapas y secciones de Dipolo IP en área de Sabajo muestran claramente una anomalía de cargabilidad a lo largo de la falla Casador, esto debido a alto contenido de lutitas gráficas producidas por fallamiento a lo largo de lutitas carbonosas.
- Hacia el lado S de la falla Cassador corredores paralelos también presentan las mismas características geofísicas de alta cargabilidad; perforaciones en esta zona indican presencia de secuencia de lutitas carbonosas concordante con secuencias volcánicas, esto demuestra que anomalías de cargabilidad no necesariamente está ligada a estructuras regionales.
- Las secuencias dacíticas del bloque piso de la falla Cassador usualmente se presenta con alta anomalía de resistividad y con baja anomalía de cargabilidad, esto probablemente al contenido de ojos de cuarzo en las secuencias dacíticas.
- La mineralización que está emplazada en secuencias sedimentarias del bloque techo y adjuntas a la falla Cassador (Cargable), presentan baja a moderada anomalía de resistividad y alta anomalía de cargabilidad, esto debido a que parte de la mineralización compuesta de cuarzo (resistivo) está contenida en las secuencias de lutitas gráficas (cargables).

- En las secuencias sedimentarias y al norte del tajo Cassador, una anomalía alta de resistividad asociada una baja anomalía de cargabilidad es interpretada como un cuerpo intrusivo, que también presenta lineamientos circulares en los más magnéticos.

CAPÍTULO VI

EVOLUCIÓN Y MODELO GEOLÓGICO

6.1 EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

El modelo geológico propuesto ha sido definido en base a las características geológicas recopiladas en el proceso de exploración y complementadas con literatura existente.

I) Vulcanismo Intermedio (Fm. Paramaka-Superior) e inicio de Orogenia.

La parte superior de la Fm. Paramaka presenta secuencias volcánicas intermedias que varían en composición de andesitas a dacitas y localmente riolitas. Secuencias clásticas finas de bajo grado de metamorfismo y secuencias de tufo se encuentran intercaladas con secuencias meta-volcánicas, pequeños cuerpos intrusivos de composición similar meta-dacitas y meta-riolitas cortan esta secuencia. Esta secuencia volcánica fue afectada por el comienzo de la primera fase de la orogenia Trans-Amazonian. **Ver figura 10.**

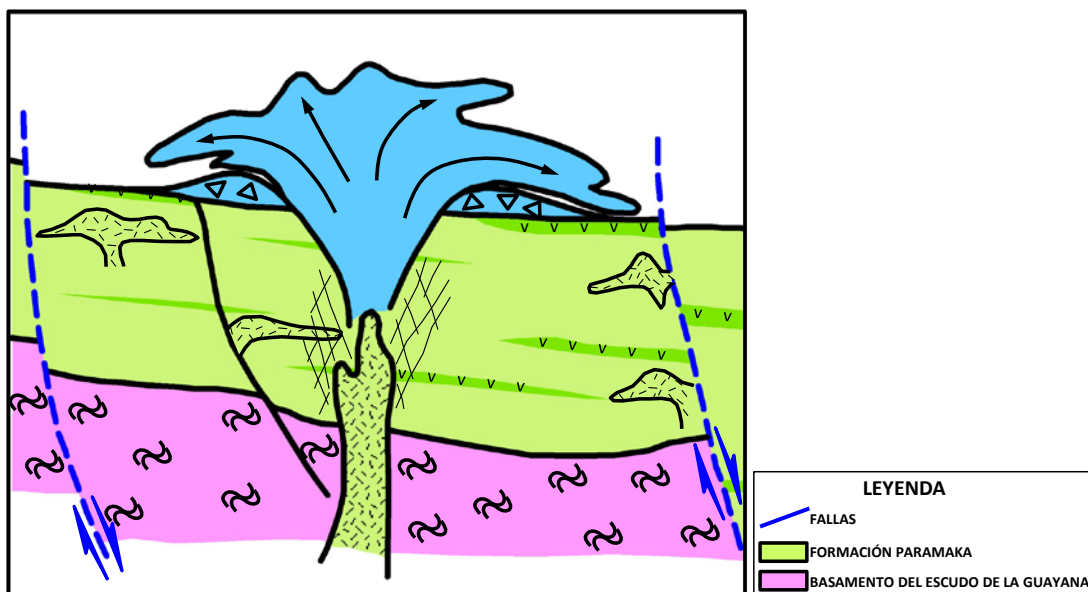


Figura 91-Vulcanismo Intermedio (Fm. Paramaka-Superior) e inicio de Orogenia.

II) Sedimentación Clástica Fina (Formación Armina).

Debido al inicio de la orogenia Trans-Amazonian la deposición de sedimentos tipo Flysch sobreyace de manera irregular sobre la secuencia volcánica intermedia, estos sedimentos presentan facies de sedimentación de una plataforma marina profunda y en ambientes anaeróbicos formado por rocas de meta-lutitas carbonosas; y también facies de sedimentación de una plataforma marina poco profunda formando rocas clásticas como meta-areniscas. También estructuras sedimentarias indican deposición en ambientes turbidíticos.

La primera fase de la orogenia Trans-Amazonian afecto toda esta secuencia sedimentaria produciendo deformación y alteración de la roca. Vetas de cuarzo sin mineralización fueron emplazadas. **Ver figura 11.**

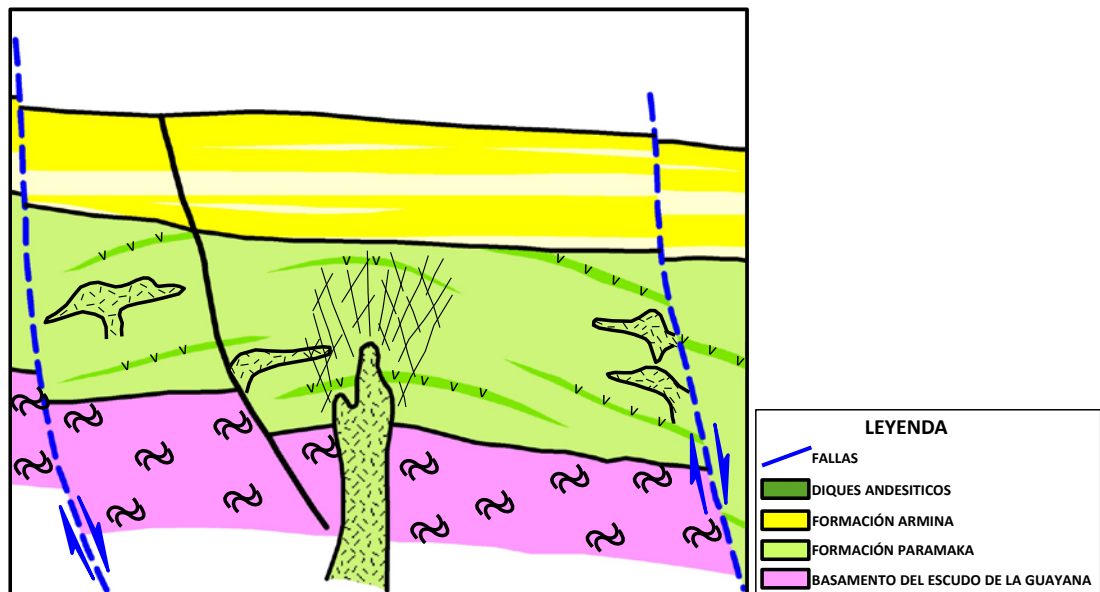


Figura 2-Sedimentación Clástica Fina (Formación Armina).

III) Emplazamiento de diques.

Cuerpos intrusivos de textura fina a media y de composición intermedia (meta-dacitas y meta-riolitas) se emplazaron a lo largo de estructuras de fallas, estos cortan las secuencias sedimentarias anteriormente mencionadas. Ver figura 12.

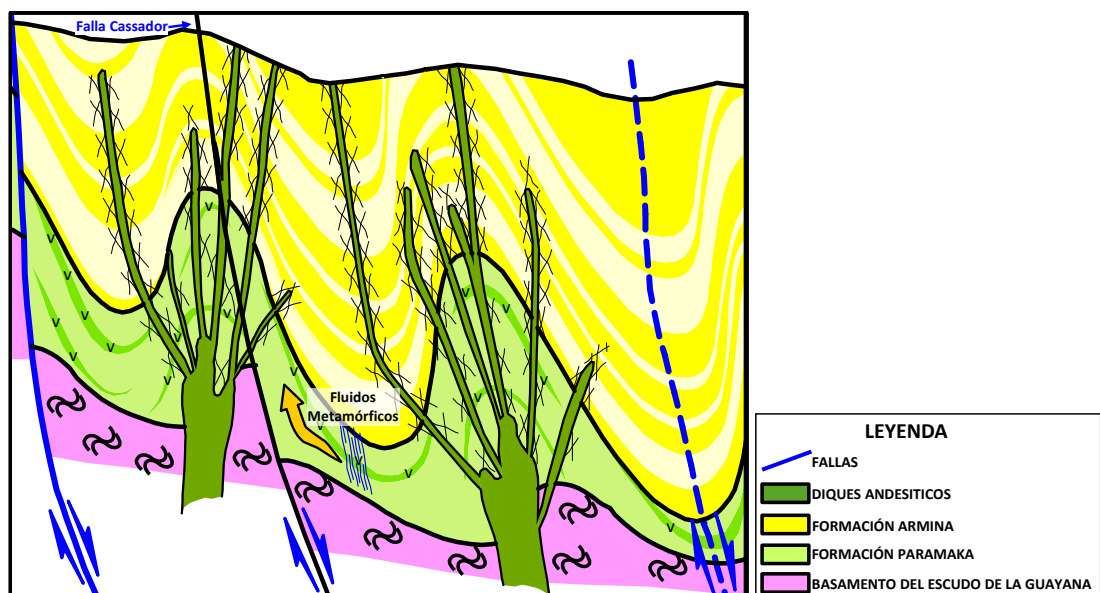


Figura 11-Emplazamiento de diques.

IV) Culminación de la Primera Fase Orogenia y Mineralización.

Continúa la primera fase de la orogenia Trans-Amazonian hasta su culminación produciendo una serie de anticlinales-sinclinales y fuerte fallamiento, la Falla Cassador se emplaza a lo largo de un eje anticlinal y pone en contacto secuencias volcánicas intermedias de la Formación Paramaka con secuencias sedimentarias clásticas de la Formación Armina, fallas secundarias o de menor magnitud se emplazaron a lo largo del contacto de los diques.

La Mineralización se emplaza a lo largo de la falla Cassador y en rocas sedimentarias clásticas permeables (meta-lutitas, meta-limolitas y meta-areniscas) produciendo fuerte silicificación y vetas de cuarzo de hasta 10m de ancho.

Venillas sin mineralización anteriormente emplazadas presentaran plegadas. **Ver figura 13.**

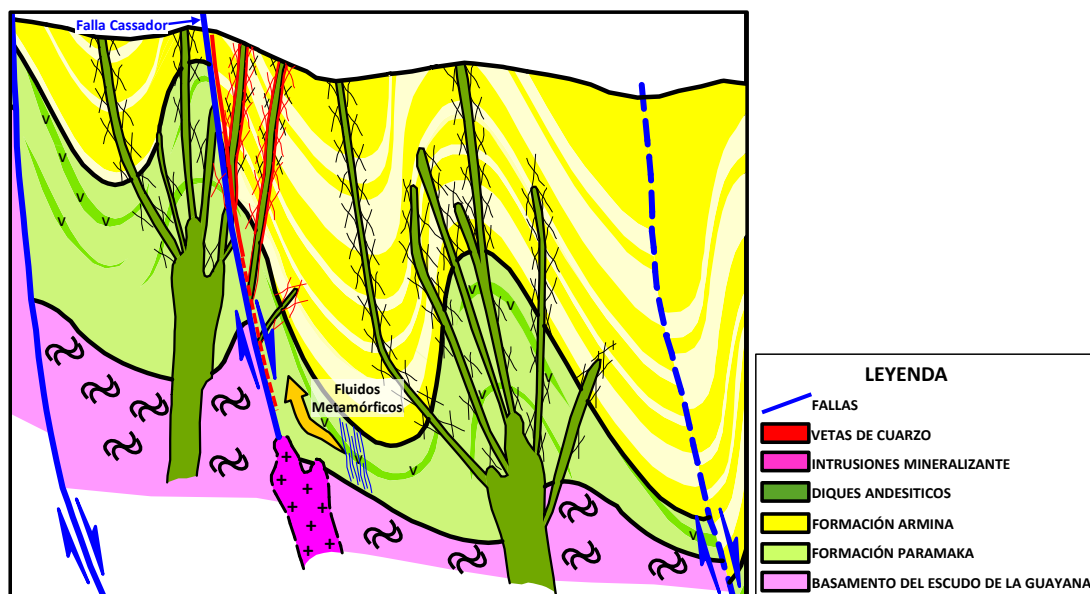


Figura 32-Culminación de la Primera Fase Orogenia y Mineralización.

V) Segunda Fase de la Orogenia Trans-Amazonian.

Esta fase de la orogenia produce una reactivación de la Falla Cassador produciendo en la brechamiento de las estructuras mineralizadas que posteriormente son re-cementadas por nuevos fluidos hidrotermales produciendo brechas de cuarzo y silicificación. **Ver figura 14.**

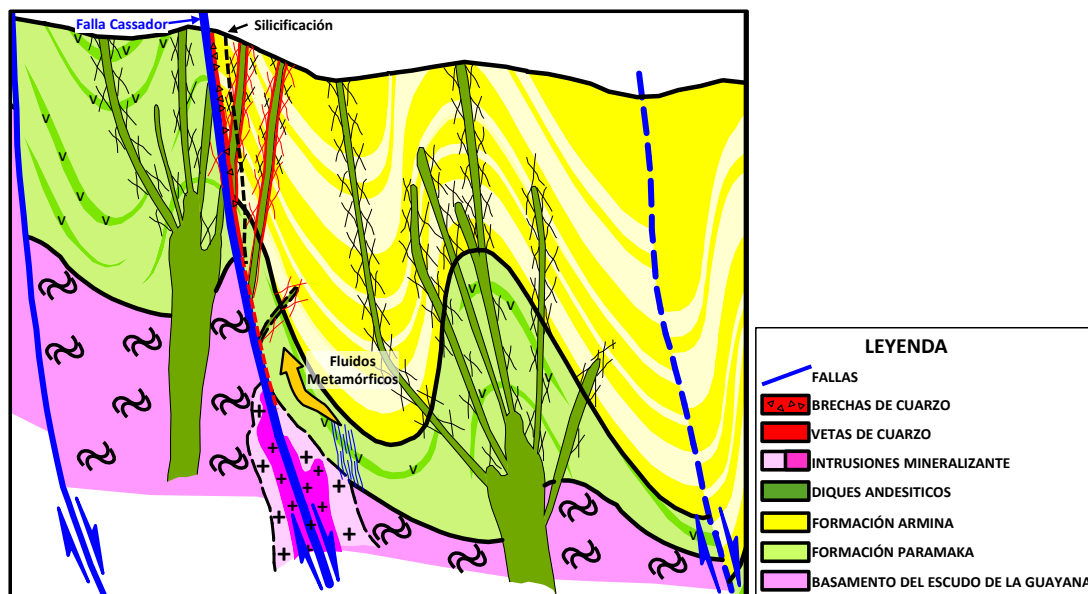


Figura 43-Segunda Fase de la Orogenia Trans-Amazonian.

6.2 MODELO GEOLÓGICO

El depósito de Sabajo pertenece a la clase de depósitos Orogénicos de Oro, estos depósitos están asociados con cinturones de esquistos verdes como en el Norte del Escudo de la Guayana y extensamente desarrollados en la era Proterozoica.

El modelo geológico de Sabajo se ha realizado en base al mapa interpretado del área de Sabajo (ver Mapa 05), secciones geológicas interpretadas y complementadas con literatura existente.

La sección tipo utilizada para este estudio, está ubicada en la parte central del depósito de Sabajo, Sección 9650E (Figura 15), tiene una orientación N30°E y una inclinación de 90°, en este estudio se presenta la interpretación litológica y estructural basado en los datos de logeo y re-logeo de los testigos perforados con un Azimut: 210° y una inclinación: -55°.

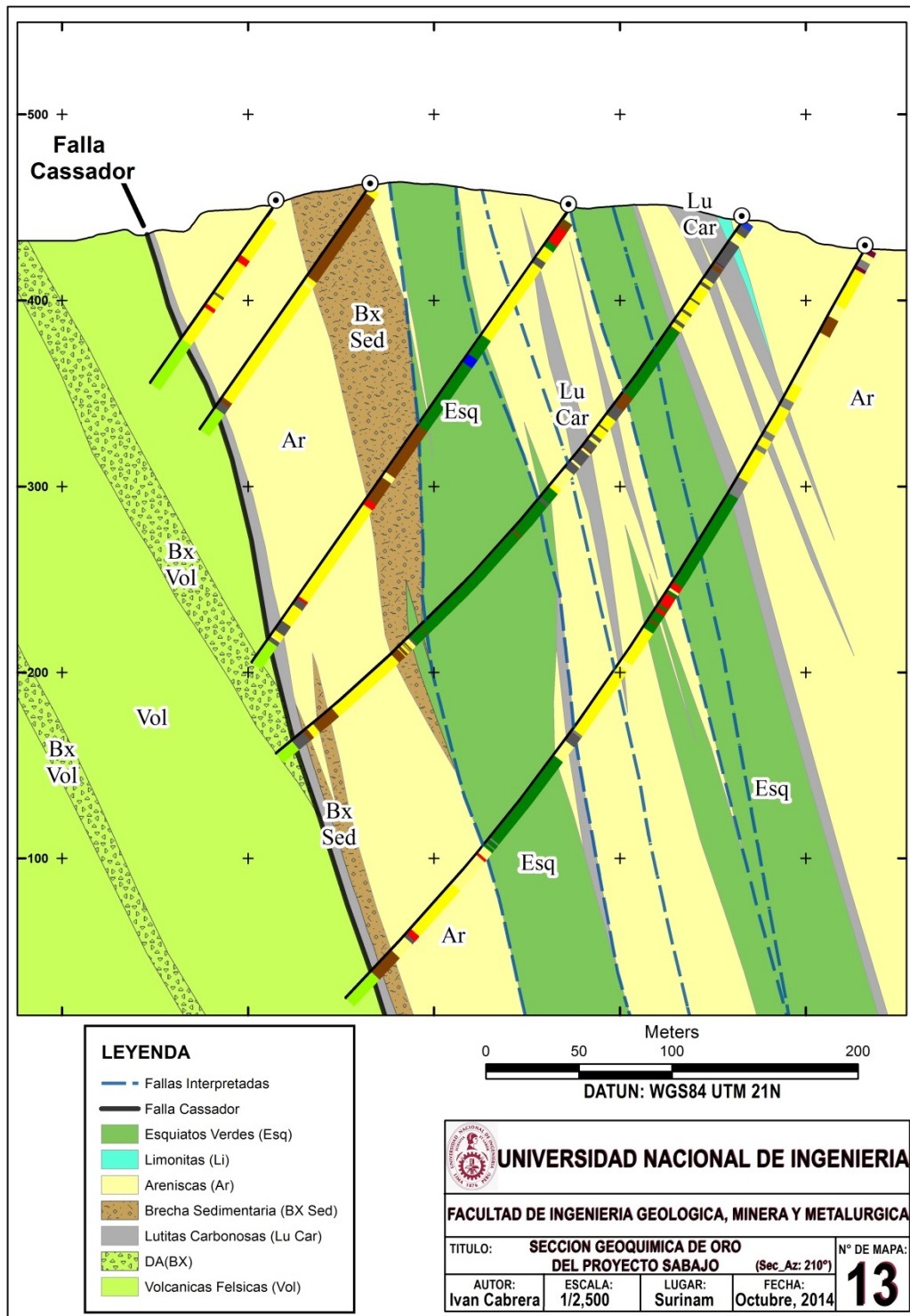
En esta sección se interpreta secuencias volcánicas y volcánicas fragmentales (Vol, Bx Vol) de composición dacíticas débilmente metamorizadas formando parte del bloque piso y

rocas sedimentarias desde lutitas carbonosas hasta meta-grauvacas líticas (Ar, Bx Sed, Lu Car y Esq) fuertemente plegadas y débilmente metamorfasadas forman parte del bloque techo, ambos bloques se encuentran separadas por una falla regional normal de orientación NW-SE (300°) buzando 70°-75° al NE interpretada como la falla Cassador.

Las secuencias volcánicas y sedimentarias se presentan fuertemente afectadas por la orogenia Trans-amazónica produciendo fuerte plegamiento y fallas. Los diques volcánicos (Esq) que se emplazaron a lo largo de fallas, cortando secuencias volcánicas y sedimentarias.

La mineralización de oro se encuentra asociada a vetas de cuarzo-ca-py-apy y silicificación, está controlada principalmente por estructuras y se encuentra hospedada principalmente en la secuencia sedimentaria (bloque techo de la falla Cassador) a lo largo de la falla Casador y en los contactos-falla de los diques volcánicos con la secuencia sedimentaria. Ver figura 15.

En el área de Sabajo se cubrió un recurso inferido de 76.6 Mt @ 1.24g/t Au (3.05M oz Au) entre óxidos y sulfuros. En la sección 9650E (ver figura mapa 10) muestra la distribución espacial del Au > 0.2 g/t y su correlación con la geoquímica superficial.



Map 53-Modelo Geológico del área de Sabajo.

CONCLUSIONES

- La deposición, la formación de rocas y la mineralización fueron afectadas por las diferentes eventos tectónicos durante el período de la orogenia Trans-Amazonian.
- La litología sedimentaria clástica es muy variada (meta-lutitas carbonceas hasta conglomerados) indicando diferentes ambientes de depositación; desde sedimentación marina profunda en ambientes anaeróbicos (meta-lutitas carbonceas), sedimentación marina poco profunda (meta-areniscas) y ambientes turbidíticos (meta-conglomerados).
- Sabajo es un proyecto con características típicas de un sistema orogénico de Au, hospedado principalmente en rocas sedimentarias clásticas y controlado principalmente por la falla Cassador que a la vez se encuentra emplazada a lo largo de un eje anticlinal regional de plunge SE.
- La mineralización se encuentra relleno de los espacios abiertos formando vetas-vetas brecha de Cuarzo-Calcita-Py, soluciones hidrotermales producen silicificación y minerales de sulfuros en la roca caja y en las estructuras mineralizadas.
- La geoquímica muestra una moderada a buena correlación del Au con el As; y una baja correlación del Au con el Sb y K. por lo tanto desde el punto de vista geoquímico Sabajo

es considerado un sistema Orogénico Au-As, (probablemente una zona de transición entre Hypozonal y Mesozonal).

- La alteración en Sabajo es predominantemente silicificación-sulfuros en las rocas, esto evidencia la presencia de fluidos hidrotermales que se liberaron debido a la continua presión sobre las rocas. La silicificación está relacionada eventos hidrotermales tardíos que se superponen a las estructuras de vetas.
- El sistema de fallamiento NW-SE han sufrido procesos de reactivación durante la primera y segunda fase de la orogenia Trans-Amazonian generando posteriormente fallas tensionales E-W que son consideradas tardías en el sistema.
- La geofísica Dipolo IP ha sido una herramienta muy usada en esta área ya que existen patrones como la alta cargabilidad y baja resistividad de las zonas de cizalla así como también alta resistividad en zonas adyacentes a las zonas de cizalla que estaría relacionado a la presencia de vetas de cuarzo.
- En área de Sabajo se ha estimado un recurso mineral de 76.6 MT @ 1.24g/t Au equivalente a 3.06M oz de oro.

RECOMENDACIONES

- Con el objetivo de tener mayor conocimiento de la geología y estructuras del área de Sabajo, mapeo de detalle en el actual Cassador pit y afloramientos en el área de Sabajo son necesarios.
- Teniendo en cuenta que depósitos orogénicos presentan incremento en la ley de oro con el incremento de la profundidad, taladros profundos son recomendados (>700m), especialmente en la zona SE del depósito donde las zonas los interceptos mineralizados son de mayor espesor.

BIBLIOGRAFÍA.

- BOSMA W. (1971) **“GEOLOGICAL RECONNAISSANCE IN SURINAM”**
(Corantijn, western Surinam). Geology Mijnd Surinam, Mededeling 2, Pág 101 – 120.
- Cannon, R. T. (1964). **“THE GEOLOGY OF THE BARTICA ASSEMBLAGE. GEOLOGICAL SURVEY OF BRITISH GUYANA”** Boletín 35, Pág 1-83.
- García-Cabrejo, MORENO-SÁNCHEZ, (2006) **“HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y ESPACIAL APLICADAS EN LA SEPARACIÓN LÍNEA BASE” Anomalía Geoquímica. Implicaciones en Exploración de Recursos Naturales. Pág. 27 – 35.**
- GUICHERIT R. (1969) **“GEOLOGY OF THE BOVEN TAPANAHONY AREA”**
Geology Mijnd Surinam, Mededeling 20, Pág 25 – 32.
- Federic R. Siegel (1992) **GEOLOGÍA APLICADA - EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS DATOS GEOQUÍMICOS.** Pág. 73-89
- Groves, D. I., (2006) **“LITHOSPHERIC CONTROLS ON THE FORMATION OF PROVINCES HOSTING GIANT OROGENIC GOLD DEPOSITS”** Mineralium Deposits, Vol. 40, Pag 874-887.
- Groves, D. I., (1998) **“OROGENIC GOLD DEPOSITS: A PROPOSED CLASSIFICATION IN THE CONTEXT OF THEIR CRUSTAL DISTRIBUTION AND RELATIONSHIP TO OTHER GOLD DEPOSIT TYPES”** Ore Geology Review, Pag 16-18.
- Jorge Paz-FerreiroI, Eva Vidal VázquezI; Sidney Rosa VieiraII (2010) **ANÁLISES GEOESTADÍSTICO DE UNA SÉRIE DE DATOS GEOQUÍMICOS,** Reporte.
- Lafrance, J., Bardoux, M. (1999) **GEOLOGICAL AND METALLOGENIC ENVIRONMENTS OF GOLD DEPOSITS OF THE GUIANA SHIELD,** a

comparative study between St-Elie (French Guiana) and Omai (Guyana). *Exploration and Mining Geology*, Vol. 8 Pag. 117-135.

- Priem, H. N. A., Boelrijk, N. A. I. M., Hebeda, E. H., Verdumen, E. A. T. , and Vershure, R. H. (1973) **AGE OF THE PRECAMBRIAN RORAIMA FORMATION IN NORTHEASTERN SOUTH AMERICA. EVIDENCE FROM ISOTOPIC DATING OF RORAIMA PYROCLASTIC VOLCANIC ROCKS IN SURINAM.** Geological Society of America, Pag.1677-1684.
- Tappert, R., Stachel, T., Harris, J. W., Muehlenbachs, K., and Brey, G. P., 2006. **INDICATORS OF THE COMPOSITION OF THE EARTH'S MANTLE AND THE DISTANCE TO THEIR KIMBERLITIC SOURCES**, *Economic Geology*, Vol. 101, Pag. 453-470.