

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**COMPORTAMIENTO GEOQUÍMICO SUPERFICIAL DEL Au Y  
ELEMENTOS TRAZAS EN EL DEPÓSITO DE ANTONIO  
(YANACOCCHA – CAJAMARCA)**

## **INFORME DE SUFICIENCIA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PRESENTADO POR:

KARIN ALICIA DAVALOS FLORES

LIMA – PERÚ

2012

## INDICE

Resumen	10
Introducción	11

### **CAPITULO I : GENERALIDADES** 12

#### 1.1 Generalidades Del Trabajo

1.1.1 Planteamiento del problema

1.1.2 Objetivos del trabajo

1.1.3 Metodología

1.1.4 Trabajos previos

#### 1.2 Generalidades Del Depósito

1.2.1 Ubicación y acceso

1.2.2 Clima y geomorfología

1.2.3 Reseña histórica de Yanacocha

### **CAPITULO II : GEOLOGÍA REGIONAL** 19

#### 2.1 Estratigrafía

- 2.1.1 Rocas Del Basamento
- 2.1.2 Volcánicos Llama
- 2.1.3 Volcánicos Porculla
- 2.1.4 Volcánico Regalado
- 2.1.5 Formación Huambos
- 2.1.6 Unidades Del Cuaternario

Glaciación del Pleistoceno

Recientes Depósitos Inconsolidados

2.2 Rocas Intrusivas

2.3 Rasgo Estructural

2.4 Metalogenia

### **CAPÍTULO III : RASGOS GEOLÓGICOS DEL DEPÓSITO**

31

3.1 Litología

3.1.1 Andesita Inferior

3.1.2 Maqui Maqui Ignimbrita

3.1.3 Andesita Superior

3.1.4 Brechas

3.1.5 Depósitos Recientes

3.2 Alteración

3.2.1 Zona Central Silíceo

3.2.2 Zona Argílica Avanzada

3.2.3 Zona Marginal Argílica

3.2.4 Zona Periférica Propilítica

3.3 Mineralización

3.4 Rasgos Estructurales

## **CAPÍTULO IV: GEOQUÍMICA DEL DEPÓSITO**

58

4.1 Muestreo Geoquímico

4.2 Tratamiento Estadístico De Datos Geoquímicos Del Oro

4.3 Distribución Del Oro En Superficie Por Tipo De Roca

4.4 Distribución Del Oro En Superficie Por Tipo De Alteración

4.5 Correlación Superficial Del Oro Con Elementos Trazas

4.6 Plano De Zoneamiento Superficial

4.7 Anomalías Geoquímicas Y Niveles De Prioridad

4.8 Perfiles Litogeoquímicos

## **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

82

5.1 Conclusiones

5.2 Recomendaciones

Referencias Bibliográficas

85

ANEXO

88

## **RELACIÓN DE FOTOS**

FOTO N°1 : Rasgo Geomorfológico	18
FOTO N°2 : Vista Panorámica del depósito de Antonio	33
FOTO N°3 : Unidad Andesita Inferior	34
FOTO N°4 : Textura Eutaxítica	35
FOTO N°5 : Unidad Ignimbrita Maqui Maqui	36
FOTO N°6 : Andesita Superior	37
FOTO N°7 : Afloramiento de Domo	37
FOTO N°8 : Brecha Hidrotermal y craquel	39
FOTO N°9 : Brecha Hidrotermal	39
FOTO N°10 : Alteración Sílice Masiva	44
FOTO N°11 : Alteración Sílice Vuggy	44
FOTO N°12 : Alteración Argílica Avanzada	45
FOTO N°13 : Alteración Propilítica	47
FOTO N°14 : Sección Delgada ANT-22 – 16.6m	53
FOTO N°15 : Sección Delgada ANT-14 – 3m	53
FOTO N°16 : Sección Delgada ANT-14 – 6m	53
FOTO N°17 : Afloramiento de Fallas	57
FOTO N°18 : Inyecciones de sílice crema con presencia de baritina	57

## **RELACIÓN DE FIGURAS**

FIGURA 1 : Gráfico de Rosetas y Densidad de Polos para Fallas	54
FIGURA 2 : Gráfico de Rosetas y Densidad de Polos para Fallas con Leyes de Au >0.7ppm	55
FIGURA 3 : Gráfico de Rosetas y Densidad de Polos para Brechas	56
FIGURA 4 : Gráfico de Rosetas y Densidad de Polos para Brechas con leyes de Au >0.7ppm	56
FIGURA 5 : Histograma de Distribución Logarítmica de Au ppm	61
FIGURA 6 : Gráfico de frecuencia acumulada escala logarítmica para Au	62
FIGURA 7 : Diagrama de Box Plot Au (g/t) vs Litología	63
FIGURA 8 : Diagrama de Box Plot Au (g/t) vs Alteración	66
FIGURA 9 : Elementos Guía para exploración de alta sulfuración	

## **RELACIÓN DE PLANOS**

PLANO N°1 : Plano de Ubicación	17
PLANO N°2 : Plano de Geología Regional Simplificado	24
PLANO N°3 : Corredor estructural Chicama – Yanacocha	27
PLANO N°4 : Mapa Metalogenético	30
PLANO N°5 : Plano Litológico proyecto Antonio	41
PLANO N°6 : Sección Litológica AA'	42
PLANO N°7 : Sección Litológica CC'	42
PLANO N°8 : Plano Alteración proyecto Antonio	48
PLANO N°9 : Sección Alteración AA'	49

PLANO N°10 : Sección Alteración CC'	49
PLANO N°11 : Plano de Distribución Superficial del Oro	69
PLANO N°12 : Plano de Distribución Superficial de Plata	70
PLANO N°13 : Plano de Distribución Superficial de Mercurio	71
PLANO N°14 : Plano de Distribución Superficial de Antimonio	72
PLANO N°15 : Plano de Distribución Superficial de Plomo	73
PLANO N°16 : Plano de Distribución Superficial de Zinc	74
PLANO N°17 : Plano de Distribución Geoquímica de Elementos	75
PLANO N°18 : Distribución de Elementos Zona 1	77
PLANO N°19 : Sección Litológica CC'	79
PLANO N°20 : Sección Geoquímica CC' de Elementos Trazas	79
PLANO N°21 : Sección Geoquímica CC' de Metales Base	81

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo agradecer a la empresa Minera Yanacocha SRL. Por todo el apoyo recibido para la elaboración del presente informe, en especial al Ing. Lloyd Mc Evers, por el permiso para utilizar la información y datos de la empresa a los Ingenieros José Quispe y Rita Pinto, por facilitarme toda la información del proyecto, a los ingenieros Carlos Loayza, Pedro Reyes, Nirio Mendoza y Richard Pilco, por las revisiones preliminares a Rossana Cabrera, Romina Pinillos y Joel Fuentes, por los apoyos recibidos en la elaboración de gráficos y extracciones en base de datos, a mis amigos Samuel Gargate, Fernando Saez e Ivan Ramírez por enseñarme y aportar ideas para realizar el presente informe y a Ruth Carrillo e Iván Ramírez por apoyarme con mis amores, mis pequeños traviesos.



## **DEDICATORIA**

*Dedico el presente trabajo a mis padres, quienes me apoyaron para estudiar esta carrera, y a mis amores mis hijos y mi esposo, quienes han estado conmigo todo el tiempo.*

## RESUMEN

El depósito de Antonio forma parte de una serie de depósitos auríferos localizados dentro del distrito Minero de Yanacocha en el departamento de Cajamarca.

Estudiado desde 1998 con últimos estudios realizados el 2004, este depósito presenta características geológicas y geoquímicas similares a depósitos de alta sulfuración, presentando una alteración con un centro silíceo de bajo pH gradando hacia niveles de pH más neutro. Los resultados del estudio indican que la mineralización económica por oro se encuentra alojada sobre el paquete piroclástico localmente denominado Ignimbritas Maqui Maqui y en brechas del tipo hidrotermal.

Encontrar posibles extensiones en este depósito podría mejorar la expectativa del mismo y hacerlo más rentable.

## INTRODUCCIÓN

La geoquímica es una gran herramienta en la búsqueda de depósitos, estudiar el comportamiento geoquímico de Au y otros elementos trazas, nos proporcionará gran ayuda para la búsqueda de otros depósitos similares.

El presente trabajo busca determinar patrones geoquímicos superficiales, así como los elementos a tomar en cuenta para la búsqueda de oro y determinar nuevos rangos para las anomalías de elementos.

## **CAPITULO I**

### **GENERALIDADES**

#### **1.1 Generalidades del Trabajo**

##### **1.1.1 Planteamiento del problema**

El área de Antonio fue inicialmente explorada entre los años 1998 al 2001, registrándose pequeñas anomalías de oro en zonas con alteración hidrotermal. A fines del año 2002 se reingresó al área para realizar un muestreo geoquímico en una escala más al detalle (1:1000), el cual permitió un mejor enfoque de blancos y el posterior descubrimiento del depósito.

Un estudio geoquímico que ayude a mejorar el entendimiento del comportamiento del Au y elementos traza relacionados a la mineralización en el depósito, permitirá continuar con una posible extensión de éste, y servirá a su vez para comparar el comportamiento del Au con depósitos similares.

##### **1.1.2 Objetivos del Trabajo**

- Mejorar el entendimiento del zoneamiento geoquímico del Au y su relación con los demás elementos trazas.

- Identificar los elementos superficiales a tomar en cuenta para la búsqueda de Oro.
- Encontrar relaciones mineralógicas.
- Establecer el modelo geoquímico superficial del oro.
- Presentar el estudio y sus resultados como informe de suficiencia, para obtener el título Profesional de Ingeniero Geólogo.

### **1.1.3 Metodología**

Para la preparación del presente trabajo, se recopilaron los datos de geología regional, distrital y local, mapas geológicos, perfiles e informes en general; esta información fue resumida y los planos geológicos necesarios fueron elaborados, reinterpretados y digitalizados. La información del trabajo de campo fue procesada para los respectivos análisis e interpretaciones estructurales y geoquímicas.

Con respecto al capítulo de la geología distrital, se realizaron compilaciones de informes mineralógicos y petrográficos del área y alrededores a fin de encontrar la paragénesis y petrología del depósito.

El estudio geoquímico permitió tipificar la afinidad geoquímica de las rocas. Los resultados de estos análisis fueron procesados estadísticamente, para finalmente construir la relación superficial entre los elementos trazas y el oro, objetivo principal del presente trabajo.

#### 1.1.4 Trabajos Previos

Los primeros trabajos en la zona de Antonio fueron realizados en 1998, en esta primera etapa se obtuvieron datos de cartografiado geológico, geoquímica superficial y geofísica.

En Junio de 1999, se realizó la primera campaña de perforación, teniendo como objetivo verificar una zona de moderada resistividad y anomalía superficial de Au.

En el 2001, se continua con el proyecto, reconociéndose estructuras de dirección NNE-SSW, que estarían controlando la mineralización (Trujillo, 2002). Un nuevo taladro es perforado, esta vez para verificar una anomalía superficial, cerca de la zona de alta resistividad, interceptando sólo los bordes de la zona alterada.

En Octubre del 2002, durante la campaña de perforación dos taladros interceptaron pequeños horizontes, con menos de 2m de espesor, con anomalías de oro con valores alrededor de 1ppm a cargo del geólogo J. Velíz.

Posteriormente en el año 2003, R. Pinto plantea un nuevo muestreo geoquímico, con una escala más al detalle (1:1000), la cual permitió un mejor enfoque de blancos, y un replanteo de toma de datos geofísicos, con resultados favorables el cual permitió realizar más trabajos en la zona con el posterior descubrimiento del depósito.

En el año 2004 inician trabajos de desarrollo en el área, para la evaluación y continuidad de este proyecto, encontrando extensiones en la zona este por J. Quispe, sin embargo el proyecto es pasado a segunda prioridad por problemas metalúrgicos.

Adicional a estos trabajos de campo realizados, existen estudios mineralógicos realizados en el 2004 a cargo de B. Geller, y D. Brosnahan, y estudios metalúrgicos en el 2005 a cargo de NMS (Newmont Metallurgical Service). Parte de estos estudios son presentados en este informe.

## **1.2 Generalidades del Depósito**

### **1.2.1 Ubicación y Acceso**

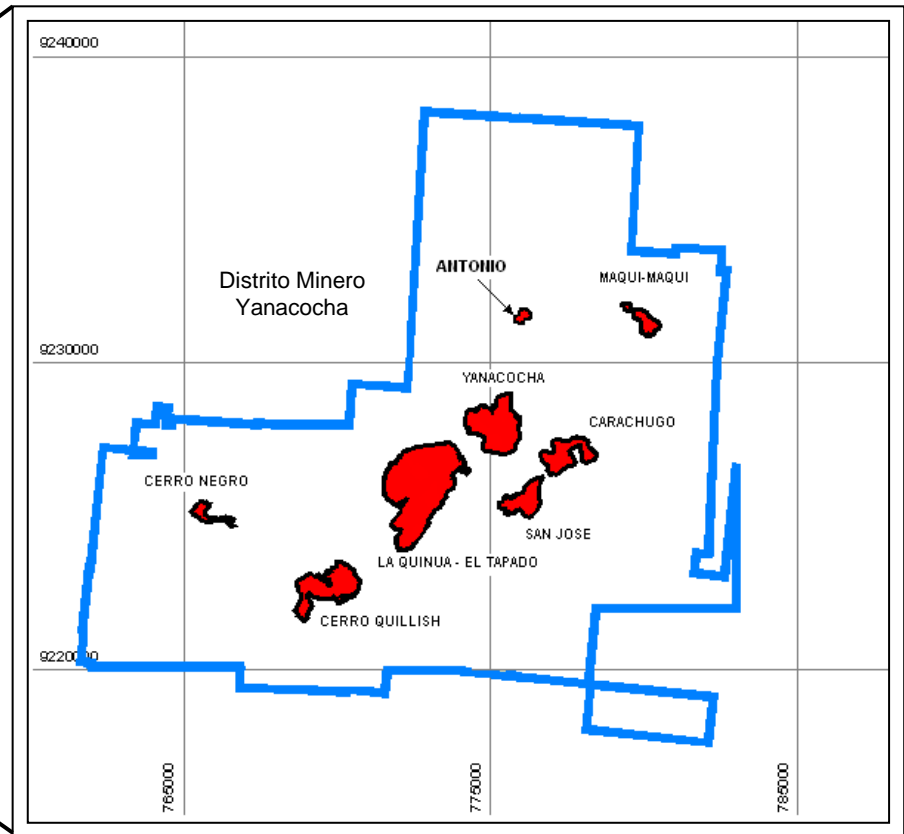
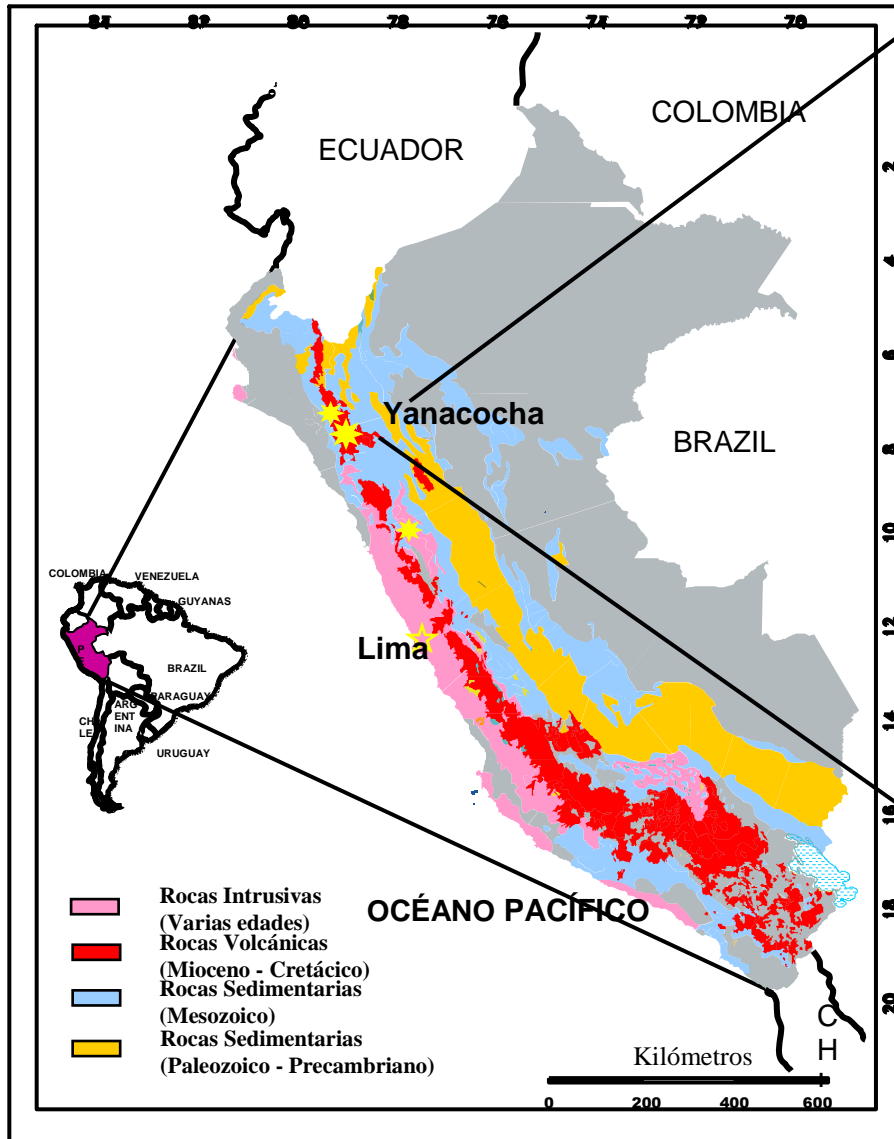
Antonio, está situado en la zona norte de la Cordillera de los Andes del Perú, en el departamento de Cajamarca, y forma parte de una serie de depósitos auríferos localizados dentro del distrito minero Yanacocha. Este se localiza aproximadamente a 20 Km. al Norte de la ciudad de Cajamarca; a 2Km en línea recta, hacia el Noreste del Cerro Yanacocha (ver figura 1).

El acceso al depósito se realiza desde la ciudad de Cajamarca por un desvío a la altura del Kilómetro 33 de la carretera Cajamarca-Hualgayoc, tramo asfaltado, continuando el recorrido hasta la altura del Kilómetro 48 del acceso al Cerro Yanacocha, y terminando en un desvío 2Km al noreste de carretera afirmada.

### **1.2.2 Clima y Vegetación**

La región presenta dos estaciones características una lluviosa de Diciembre a Marzo y otra seca de Abril a Noviembre, con rangos de temperaturas que varían entre los 3° a 21°C. La vegetación en las laderas de los cerros está cubierta por vegetación del tipo alpina de pradera (ichu), y no se registra zonas con nieve.





<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>	
MINERA YANACocha SRL.	
<b>PLANO DE UBICACIÓN</b>	
AUTOR: MYSRL	FECHA: 2011
Kilómetros	
<b>PLANO N°1</b>	

### 1.2.3 Rasgos Geomorfológicos

La morfología del distrito Yanacocha es de relieve moderado, que evidencia una erosión glacial de probable edad Miocena Media a Tardía (Reyes, 1980). El relieve ha sido modificado en el sector este, donde las pendientes redondeadas erosionadas por la glaciación en el Pleistoceno (Wilson & Coronado, 1970), se vuelven muy pronunciadas en las cumbres de los cerros, a lo largo de estos son comunes las cuevas escarpadas con gruesos conos de escombros acumulados en la base (CEDIMIN, 1984). Es posible reconocer superficies de erosión glacial, depósitos fluvioglaciales y morrenas en zonas de cuencas o en zonas de quebradas en “U”.



**FOTO N°1:** Rasgo Geomorfológico, en la foto se observa la topografía con relieve moderado, con valle en U, producto de la glaciación.

## **CAPÍTULO II**

### **GEOLOGÍA REGIONAL**

El distrito de Yanacocha está conformado por una serie de depósitos minerales con características principalmente del tipo epitermal y pórfido Cu-(Mo-Au) como parte del cinturón de depósitos metálicos que están presentes a lo largo de la Cordillera de los Andes.

La mineralización se encuentra asociada con el vulcanismo Cenozoico del norte del Perú, hospedada dentro del paquete volcánico denominado localmente Complejo Volcánico Yanacocha (CVY), cuya ubicación estratigráfica más aceptada, indicaría que esta formación se encontraría dentro de la formación Porculla del grupo Calipuy (Turner, 1997) (Figura 2), pero cabe indicar que existen diversas hipótesis dependiendo del autor la cual se presenta en el anexo1.

Estructuralmente se encuentran estructuras de dirección NW, de patrón andino, fallas NE patrón trasandino y zonas de intersección entre ambas (Turner 1997) que han ayudado a la formación de depósitos minerales; y que a su vez dieron lugar a eventos volcánicos, intrusiones y etapas de alteración hidrotermal; con estrecha relación a las fases orogénicas que originaron el desarrollo de los Andes, principalmente durante el ciclo Andino.

## **2.1 Estratigrafía**

### **2.1.1 Rocas del Basamento**

Afloran en el este, norte y sur del distrito. En la zona este, el basamento está constituido por rocas carbonatadas del grupo Pulluicana del Cretáceo Medio (Rivera 1980; Wilson 1985); mientras que en el norte y sur afloran rocas silíceas o silicoclásticas consistentes de cuarcitas y limolitas del grupo Goyllarisquizga del Cretáceo Inferior (Wilson, 1985), estas rocas son evidenciadas también como xenolitos en flujos de domos (Turner, 1997).

### **2.1.2 Grupo Calipuy**

Denominado así por Cossio (1964) y Cobbing et al. (1981); sobreyacen a las rocas sedimentarias del Cretáceo por una discordancia erosional. Conformado por el emplazamiento de secuencias volcánicas continentales, que van desde andesitas basálticas a riolitas, con una orientación promedio de N30°W (Steward et. al, 1974), sucedidas entre el Eoceno Superior y el Mioceno Superior (10 - 33 Ma) (Steward et. al, 1974; Sirvas & Hollister, 1979).

Esta secuencia volcánica está dividida en dos unidades la Fm. Llama (Wilson, 1984), equivalente a la parte inferior y Fm. Porculla (Reyes et al., 1987) que representan la parte superior (Sanchez & León, 1995), separadas entre sí por una discordancia angular (Wilson, 1985); localmente la unidad volcánica

dentro del distrito minero ha sido denominada Complejo Volcánico Yanacocha cuyas dataciones la ubican dentro de la formación Porculla.

### **2.1.2.a Formación Llama**

Los volcánicos Llama del Eoceno Superior, forman la base de toda la secuencia volcánica. Descrita como una avalancha de brechas y tufo andesítico gradando a niveles más ácidos con intercalaciones de arenisca y limonitas (Reyes, 1980). Estas rocas se presentan como flujos de lava, flujos conglomerados de detritos volcánicos y estratos volcanoclásticos que afloran en el sur del distrito (Turner, 1997).

### **2.1.2.b Formación Porculla**

Conocido dentro del distrito como el Complejo Volcánico Yanacocha (Turner, 1997) consiste en una secuencia de rocas piroclásticas del tipo andesítico intercalado con niveles lávicos, cortada por multifases de eventos intrusivos. La secuencia basal es dominada por niveles lávicos andesíticos e intercalada con flujos piroclásticos ricos en cristales, con una datación que va desde 19.5Ma – 15.5Ma (Longo, 2005). La secuencia media corresponde a una secuencia piroclástica, con presencia de niveles laminados lacustrinos de poco espesor en la base y mitad de secuencia, con un espesor promedio de 550m; mientras que el nivel superior se caracteriza por la presencia de una secuencia piroclástica con niveles de ignimbrita consolidada infrayaciendo a

niveles de lava andesítica con una datación que va desde 12.4Ma – 11.2Ma (Longo, 2005).

### **2.1.3 Volcánicos Regalado**

Formado por una secuencia de lavas andesíticas ligeramente alteradas, ocurren en el norte, oeste y sudeste del Complejo Volcánico Yanacocha, sobreyace discontinuamente al flujo de domos alterados.

Los flujos presentan fuerte textura fluidal, con finos flujos bandeados y foleados; han sido datadas como Mioceno Medio (Turner, 1997).

### **2.1.4 Formación Huambos**

Definida como un tufo ignimbrítico de edad Mioceno Superior a Plioceno (Reyes 1980, Wilson 1985), datado entre 8.4 – 8.8 Ma (Turner, 1997) la formación Huambos tiene dos distintas secuencias, el Miembro los Fraylones y el Miembro Otuzco, correspondientes a dos centros eruptivos distintos, en el norte y sur del Complejo Volcánico Yanacocha respectivamente. Generalmente la formación Huambos es un valle relleno de tufo de flujo de ceniza con una composición desde andesítica (Miembro Otuzco), a dacítica (Miembro Fraylones).

### **2.1.5 Unidades del Cuaternario**

Formado por diversos sedimentos inconsolidados de origen glacial a fluvioglacial, que han sido depositados sobre los valles en U y cuencas tectónicas. Ello ha permitido la formación de yacimientos en gravas, algunos de ellos económicos, como el depósito de la Quinoa (Velazco, 1991).

## **2.2 Rocas Intrusivas**

Estos cuerpos cortan las rocas sedimentarias y al Complejo Volcánico Yanacocha; se ubican en el centro y este del depósito, son de composición pórfido diorítica a pórfido granodiorítica, su identificación es difícil debido a la sobreimposición de alteración hidrotermal. Dentro del distrito la distinción de estos cuerpos intrusivos se basa en la cantidad de ojos de cuarzo, siendo el más antiguo el intrusivo Yp de composición pórfido diorítica con datación de 12.1 Ma (Noble et al, 1990), seguido por Ypq de composición pórfido granodiorítica con una edad de  $9.9 \pm 0.05$  Ma (Turner, 1997) y el más joven Ypb determinado así por la presencia de biotitas de edad  $8.4 \pm 0.06$  Ma (Turner, 1997).





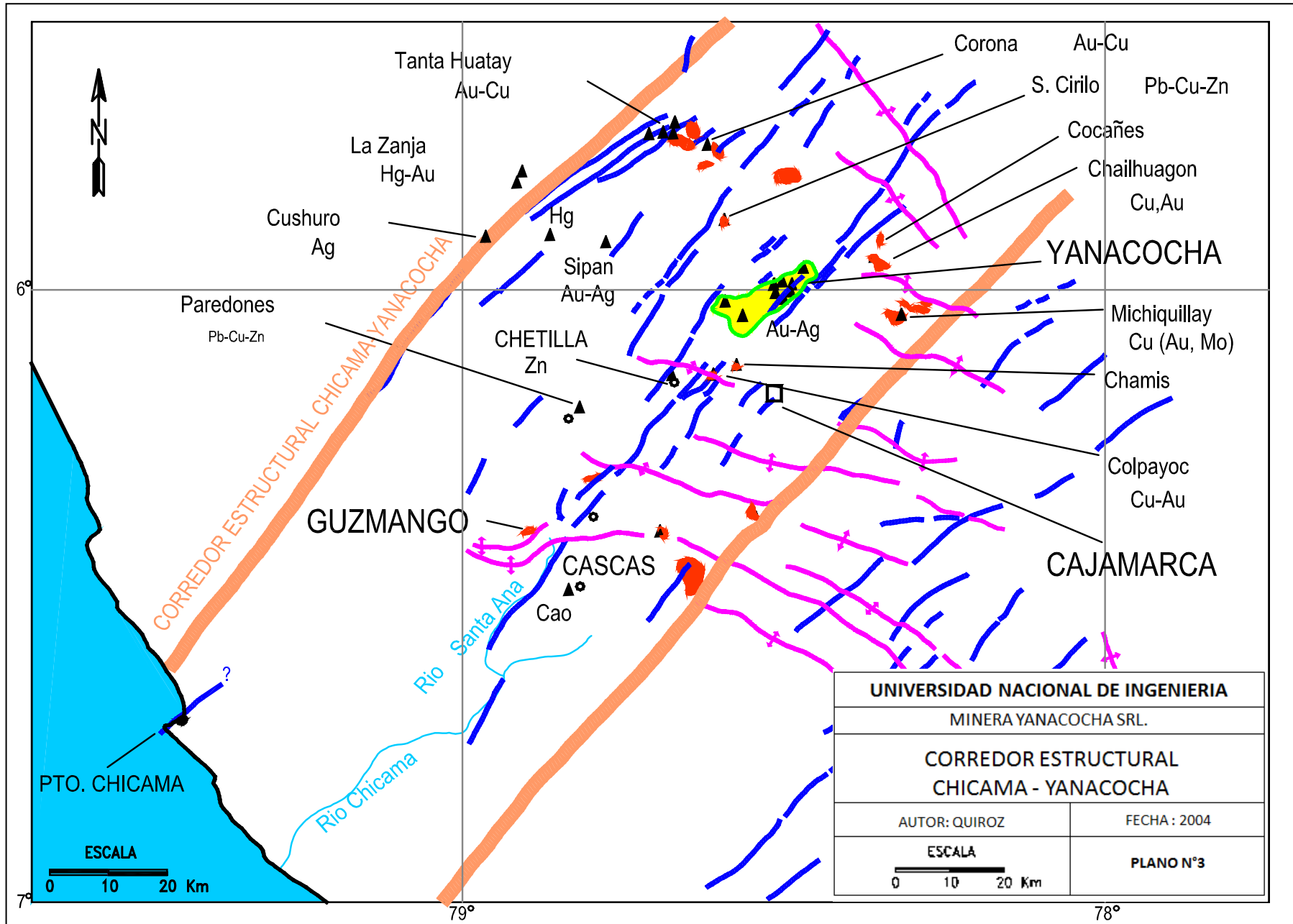
### 2.3 Rasgo Estructural y Evolución Tectónica

Basados en la información de Longo, 2005; en la región de Cajamarca se han reconocido cuatro estructuras principales. Una de las cuales es conocida como la tendencia Chimú, de dirección andina  $N30^{\circ}W$  a  $N45^{\circ}W$  (Megard, 1987), atribuida al temprano Cenozoico (Benavides, 1999). El segundo mayor rasgo estructural de dirección EW, atribuido a la deflexión Cajamarca-Huancabamba, corta sistemáticamente todas las estructuras de la región (Megard, 1987).

Una importante tendencia NE, es definido por las fallas y fracturas de dirección  $N40^{\circ}-60^{\circ}E$ , y hospeda numerosos depósitos dentro de los corredores La Zanja – Tantahuatay, Sipan – Hualgayoc (Longo, 2005) y el corredor estructural Chicama – Yanacocha (Quiroz, 1997), (Figura 3). Finalmente una tendencia NW definida por sistemas de pórfidos de Cu-Au, está situado a 20Km al NE del distrito de Yanacocha extendiéndose 125Km desde Michiquillay a la Granja. (Llosa et al., 1999; Torres et al., 2001)

Muchos de estos lineamientos regionales tienen una estrecha relación con las fases orogénicas que dieron lugar al desarrollo de los Andes, principalmente durante el ciclo Andino, siendo la fase Incaica desarrollada entre el Eoceno Medio a Tardío considerada como la principal (Megard, 1984; Palacios, 1995). Esta fase compresiva genera pliegues, y fallas inversas, generándose posterior a ello un volcanismo generalizado en la cordillera Occidental (Palacios, 1995).

Los últimos eventos compresivos desarrollados durante la fase Quechua en el Plioceno fueron desarrollados en tres fases (Steinman, 1929); la fase Quechua I entre 20 y 12.5 Ma (Megard, 1984) afecta el oeste de la cordillera aunque con esfuerzos menores y reactiva las estructuras Incaicas con una dirección NE – SW. El segundo pulso Quechua II desarrollado entre 9.5 – 8.5 Ma (Megard, 1984) causa un fallamiento dextral a lo largo de una tendencia principalmente NW-SE. La última fase Quechua III está caracterizada por una tendencia EW y está datada en 6 Ma (Megard, 1984).



6°

7°

79°

78°

PTO. CHICAMA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
MINERA YANACOCCHA SRL.	
CORREDOR ESTRUCTURAL CHICAMA - YANACOCCHA	
AUTOR: QUIROZ	FECHA: 2004
ESCALA	
PLANO N°3	

CORREDOR ESTRUCTURAL CHICAMA-YANACOCCHA

Tanta Huatay Au-Cu  
 La Zanja Hg-Au  
 Cushuro Ag  
 Paredones Pb-Cu-Zn  
 Sipan Au-Ag  
 Hg  
 CHETILLA Zn  
 GUZMANGO  
 CASCAS Cao  
 Corona Au-Cu  
 S. Cirilo Pb-Cu-Zn  
 Cocañes  
 Chailhuagon Cu,Au  
 YANACOCCHA  
 Michiquillay Cu (Au, Mo)  
 Chamis  
 Colpayoc Cu-Au  
 CAJAMARCA

## 2.4 Metalogenia

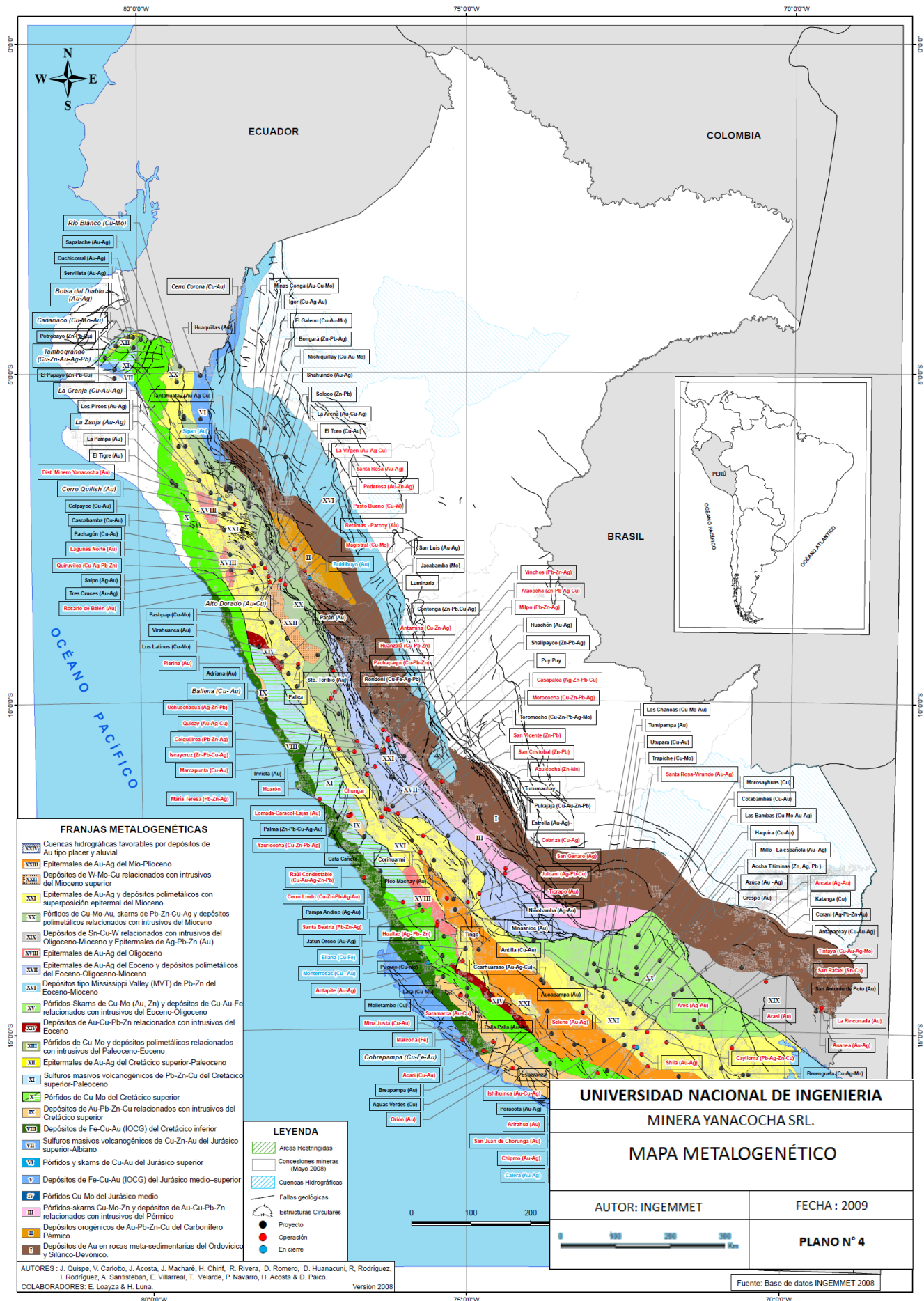
El origen de los recursos metálicos del Perú, está relacionado a los ciclos orogénicos, principalmente al andino. Los numerosos yacimientos en este ciclo y su distribución espacial establecen provincias o franjas metalogénicas, las que en general muestran una orientación sub-paralela a la cadena andina (Canchaya & Aranda, 1995).

Yanacocha se encuentra ubicado dentro de la franja XXI, conocida como la Franja de epitermales de Au-Ag del Mioceno hospedados en rocas volcánicas Cenozoicas (J. Acosta et, al. 2009) (Figura 4), anteriormente conocido como Provincia Metalogenética de Ag, Au y polimetálica de la franja volcánica Cenozoica de la Cordillera Occidental (Tumialán, 2003).

Esta franja fue generada por un fuerte magmatismo de efusión de rocas volcánicas de composición andesítica a dacítica (Megard, 1984), ocurrido durante el Mioceno medio a superior (Entre los 18 a 6 Ma), alcanzando su máxima extensión hacia el norte de la Cordillera Occidental y el altiplano (Petersen & Vidal, 1983).

Con este magmatismo se encuentran relacionados numerosos yacimientos con mineralización de oro, oro-plata y cobre-oro. Los más conocidos y de mayor volumen son los yacimientos epitermales del tipo alta sulfuración tales como

Yanacocha, Sipan, Tantahuatay, la Zanja, Santa Rosa, La Virgen, El Toro y la Arena alojado en areniscas (Noble & McKee, 1999); así mismo encontramos yacimientos epitermales del tipo baja sulfuración (LS) en vetas, como Los Pircos, Lucero (Achiramayo), Chilihuisa-Mishahuanca, Las Astillas, Corrales, Diablo Rojo, Paredones, Coshuro, Huayquisongo, etc (Enriquez et. al, 2006), y los yacimientos porfiríticos de Cu-Au como Galeno, Minas Conga, Michiquillay, Toromocho, La Granja, Cerro Corona, La Carpa, entre otros. Además esta franja alberga yacimientos polimetálicos del tipo Cordillerano entre los que se encuentran Quiruvilca, Cordillera Negra, el distrito minero de Ticapampa y el prospecto Colquirumi.



### **CAPÍTULO III**

#### **RASGOS GEOLÓGICOS DEL DEPÓSITO**

El depósito de Antonio, ubicado aproximadamente a 2Km en línea recta al noreste del cerro Yanacocha, presenta características geológicas del tipo alta Sulfuración.

En cuanto a litología, está compuesta por tres paquetes volcánicos siendo la principal unidad el paquete piroclástico localmente denominado Ignimbritas Maqui Maqui, el cual presenta una fuerte alteración hidrotermal, mientras que los flujos de lava tanto infrayacente (Andesita Inferior) como suprayacentes (Andesita Superior) se encuentran en su mayoría frescos o con una leve a incipiente alteración hidrotermal. Todos estos paquetes se encuentran cortados por brechas del tipo hidrotermales que presentan un fuerte control estructural.

Estructuralmente tres tendencias principales son reconocidas, siendo la tendencia principal la de dirección N42°E, representada por la falla Yanacocha – Antonio, la cual se localiza dentro del corredor Chicama – Yanacocha, alineado con otros depósitos como los de Maqui Maqui, Cerro Yanacocha, El Tapado, Corimayo y Cerro Quillish.

Cabe mencionar que el depósito se encuentra parcialmente oculto por presencia de domos frescos o con incipiente alteración hidrotermal, aflorando sólo una pequeña

superficie aproximada de 400x200m de ventana de alteración hidrotermal (ver foto N°2).





**FOTO N°2** : Vista panorámica del depósito de Antonio; foto mirando al noroeste.

### 3.1 Litología

#### 3.1.1 Andesita Inferior (LA)

Está constituida por roca volcánica, de composición andesítica enriquecido en biotita, con una ligera orientación de cristales, y presencia de esporádicos fragmentos, en su mayoría porfiríticos y fragmentos líticos de basamento Cretácico (presencia de cuarcita). Es la secuencia volcánica más antigua reportada dentro del depósito, sobreyace en discordancia al basamento Cretácico. Tiene una edad de  $15.5 \pm 0.13$  Ma (Longo, 2005); aflora a unos 400m al noreste de Antonio.

Interpretada como un flujo de lava, originada desde un centro volcánico o un complejo volcánico de domo (Saderholm et. al., 2002) Su potencia no está bien definida dentro del depósito. Esta unidad se puede apreciar mediante los logeos de testigos de perforación.



**FOTO N°3** : Unidad Andesita Inferior, roca volcánica. En la foto se observa la direccionalidad de cristales y esporádicos fragmentos.

### 3.1.2 Maqui Maqui Ignimbrita (MMI)

Es una secuencia de flujo piroclástico de composición andesítica, que se caracteriza por la presencia de pómez, y fragmentos polimíctos (porfiríticos, cuarcita, etc). La secuencia, presenta esporádicos fiames, que podría interpretarse como una secuencia ignimbrítica soldada. Toda esta unidad se encuentra intercalada con niveles de rocas laminadas de poco espesor.

Sobreyace discordante a la secuencia Andesita Inferior datada entre 12.4 – 12.7 Ma (Longo, 2005). Dentro del área de estudio, presenta una potencia promedio de 120m. Esta unidad aflora en la zona norte y centro del depósito.



**FOTO N° 4** : Textura Eutaxítica, característica del noroeste del depósito, obsérvese elongamiento y fiames, producto de compactación litostática.





**FOTO N° 5** : Unidad Maqui Maqui, presencia de esporádicos fragmentos elongados con laminaciones en la base.

### 3.1.3 Andesita Superior (UphA)

Discordante a la secuencia anterior, es la parte superior de toda la secuencia estratigráfica de Antonio, representada por rocas volcanoclásticas y domos de composición andesítica con Hornblenda y piroxenos, con una datación de 11.6 a 12.2 Ma (Longo 2005). Su espesor varía de 40m hasta 200m aproximadamente (Quispe & Pinto, 2006).

Esta secuencia aflora en la parte sur y este del depósito, en la zona este de Antonio aflora esta unidad presentando un alineamiento de cristales (flow banding), con estructuras radiadas indicando la presencia de un domo de composición andesítica.

La parte central del depósito, está caracterizado por la presencia de rocas con matriz porfirítica y de polvo de roca con fragmentos monolíticos del tipo porfiríticos con una mala selección, rodeando la zona de domos, estos serían interpretados como zonas de lahares.



**FOTO N° 6** : Unidad Andesita Superior, la roca presenta textura porfirítica, con esporádicos fragmentos heterolíticos.



**FOTO N° 7** : Afloramiento de domo. Foto mirando al este, obsérvese la geometría circular.

### **3.1.4 Brechas**

Dentro del depósito se presentan principalmente brechas del tipo freático y del tipo hidrotermal, cortando toda la secuencia. Las primeras caracterizadas con fragmentos generalmente monolítico de subangulosos a redondeados, en una matriz de polvo de roca y las segundas por brechas que contienen fragmentos angulares a subangulares, generalmente monolíticos, en una matriz con contenido de óxidos e inyecciones de sílice crema y con presencia de baritina. (Ver fotos: 8 y 9).

Generalmente estas unidades se emplazan a través de fallas y son las principales responsables de la mineralización en el depósito.





**FOTO N° 8 :** Brecha hidrotermal y craquel, fragmentos heterolíticos subangulosos, en matriz de óxidos con baritina, obsérvese en la parte superior del gráfico la roca craquelada con matriz de óxidos.

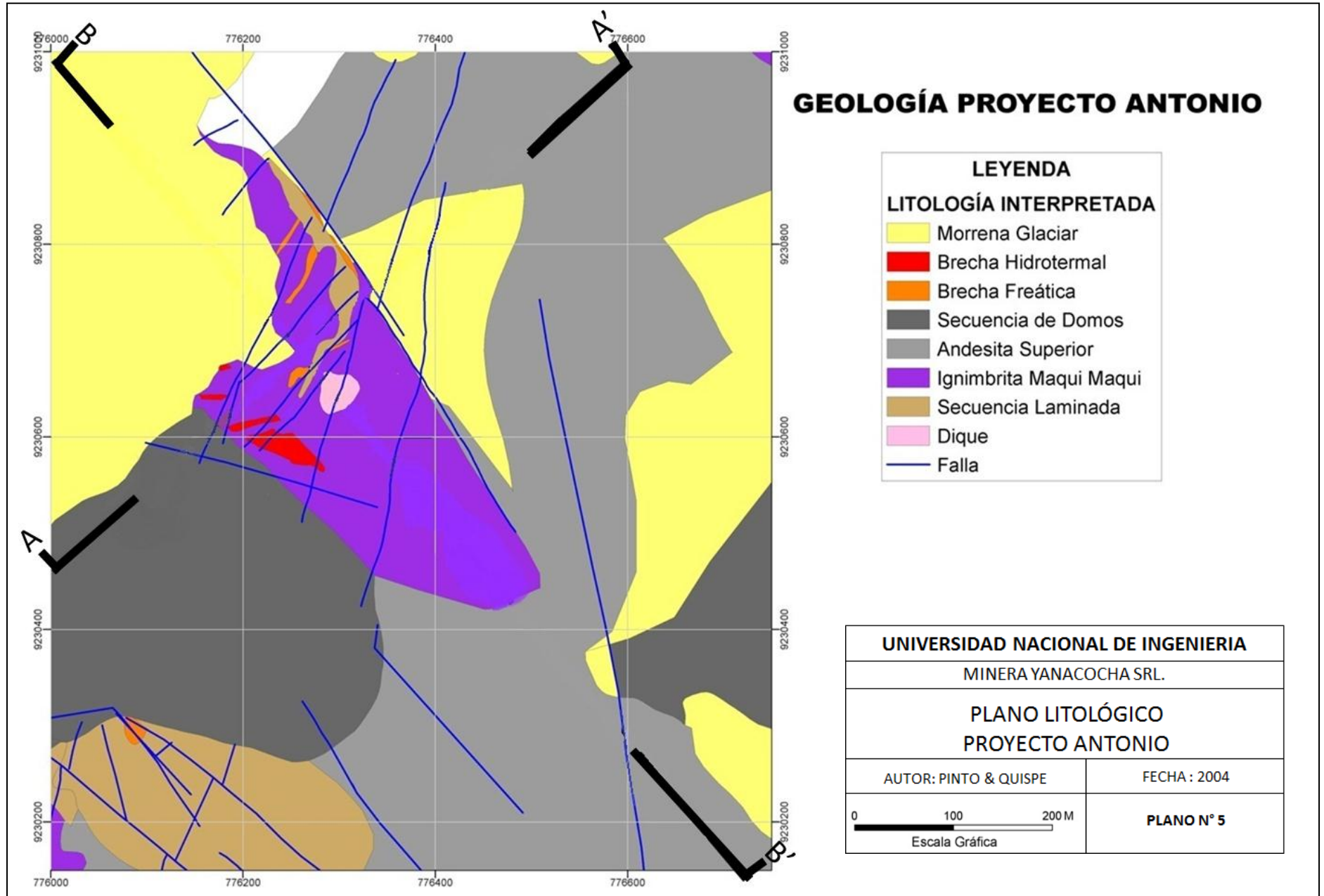


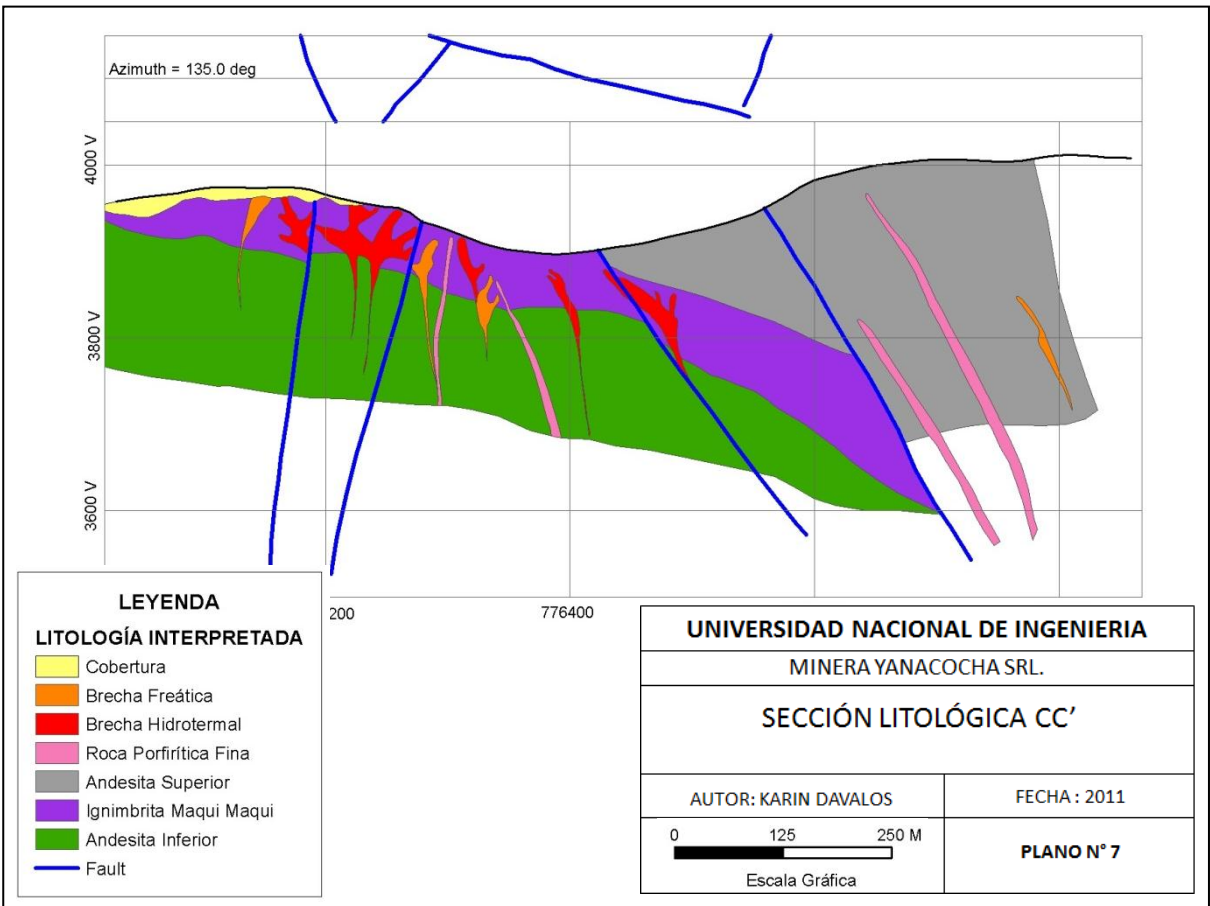
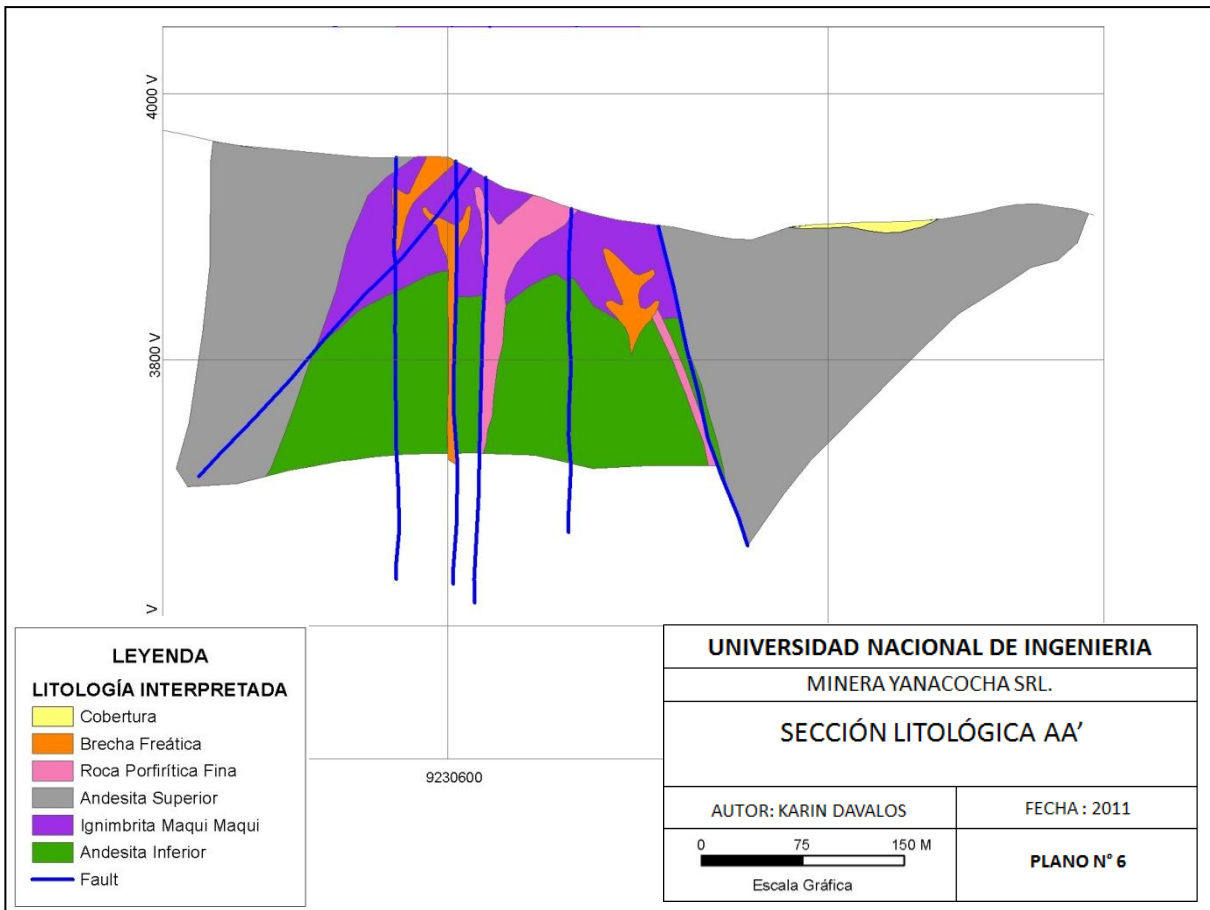
**FOTO N° 9 :** Brecha hidrotermal, obsérvese las inyecciones de sílice con sulfuros, matriz de óxidos con alunita.

### **3.1.5 Depósitos Recientes**

Depósitos glaciares Cuaternarios cubren gran parte del área, siendo su expresión más notable las morrenas localizadas al norte del depósito (Pinto & Quispe, 2003).







## **3.2 Alteración**

Este depósito presenta una alteración típica de un sistema de alta sulfuración con una zona central silíceea, la cual presenta las mejores leyes de oro, sobre todo en zonas de sílice lixiviada (sílice vuggy) y en zonas de sílice masiva fracturada.

### **3.2.1 Zona Central Silíceea**

Esta alteración afecta principalmente a las Ignimbritas Maqui Maqui y a esporádicas zonas brechadas, teóricamente este centro silíceo está formado por una sílice residual a muy bajo  $\text{pH} < 2$  (Corbett and Leach, 1995) y contiene características de minerales del grupo de la sílice (opalina, tridimita, cristobalita, calcedonia y cuarzo).

Esta silicificación se presenta mayormente del tipo pervasiva (masiva), borrando la textura original de la roca, se cree se forma preferencialmente en ignimbritas porque ellas constituyen acuíferos de agua meteórica, al momento de la alteración y mineralización (Sillitoe, 1996). Dentro de esta zona central se presentan zonas con textura Vuggy, indicando niveles de intensa lixiviación ácida.



**FOTO N°10** : Alteración sílice masiva, sobre roca laminada dentro de la unidad Ignimbrita Maqui Maqui.



**FOTO N° 11** : Alteración sílice vuggy, obsérvese las oquedades producto de la lixiviación ácida.



### 3.2.2 Zona Argílica Avanzada

Gradando hacia afuera de la zona altamente silicificada ocurren los minerales del grupo de la alunita, como lo confirman los estudios de XRD realizados sobre 142 muestras de pulpa, teóricamente formado sobre un ligeramente alto rango de acidez en el fluido (pH 2-3) (Corbett and Leach, 1995), este tipo de alteración es encontrada en los márgenes de la Unidad Ignimbritas Maqui Maqui y en parte de la secuencia de Andesita Inferior.



**FOTO N° 12 :** Zona argílica avanzada. En la foto se observa el centro silíceo, gradando hacia niveles de alunita oxidados.

### **3.2.3 Zona Marginal Argílica**

Esta zona rodea la zona central silíceo y la argílica avanzada, es caracterizada por el grupo del caolín (dickita, caolinita), los cuales teóricamente son indicativos de una formación de un pH alrededor de 4. Este grupo gradúa hacia fuera al grupo de minerales de la illita (sericita, illita, illita-esmectita, esmectita) con un pH alrededor de 5 (Corbett and Leach, 1995), En cuanto a la temperatura de formación la caolinita se forma a temperaturas bajo 300°C, típicamente en el rango <150°-200°C. Sobre los 300°C la fase estable es pirofilita.

La zona marginal argílica es encontrada sobre las unidades sello Andesita superior y Andesita Inferior con Hornblenda y Biotita.

### **3.2.4 Zona Periférica Propilítica**

El grupo de la illita gradúa hacia afuera a la periferia subpropilítica de clorita y carbonatos o a un ensamble propilítico de epidota/actinolita-albita-clorita-carbonatos.

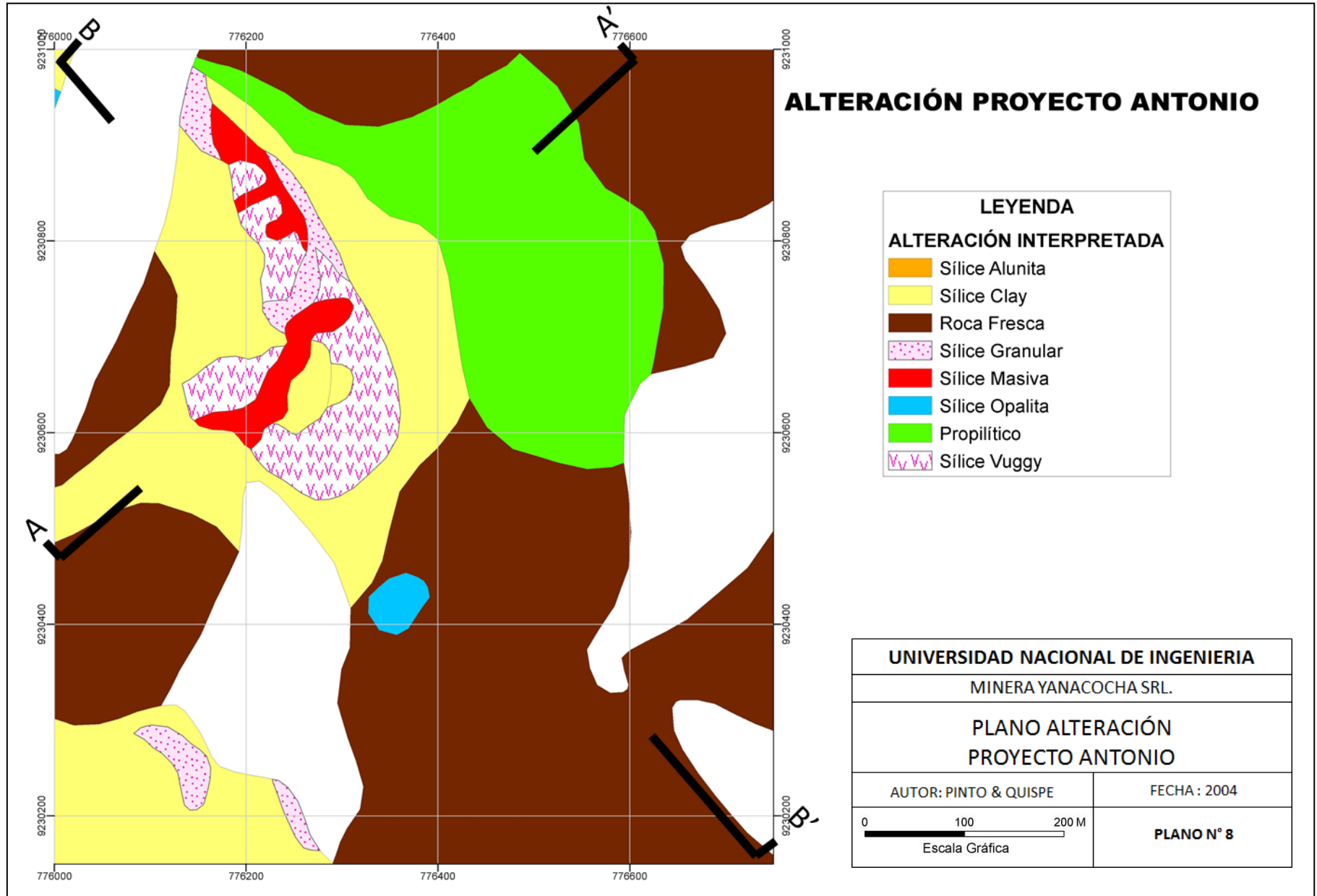
Esta zona, al igual que la zona marginal argílica, es encontrada sobre las unidades Andesita Inferior y Andesita Superior.

El zoneamiento de alteración está formado en respuesta a una sobre imposición de fluidos hidrotermales, desde condiciones ácidas de alta temperatura, a condiciones neutras de menor temperatura (200°-250°C).

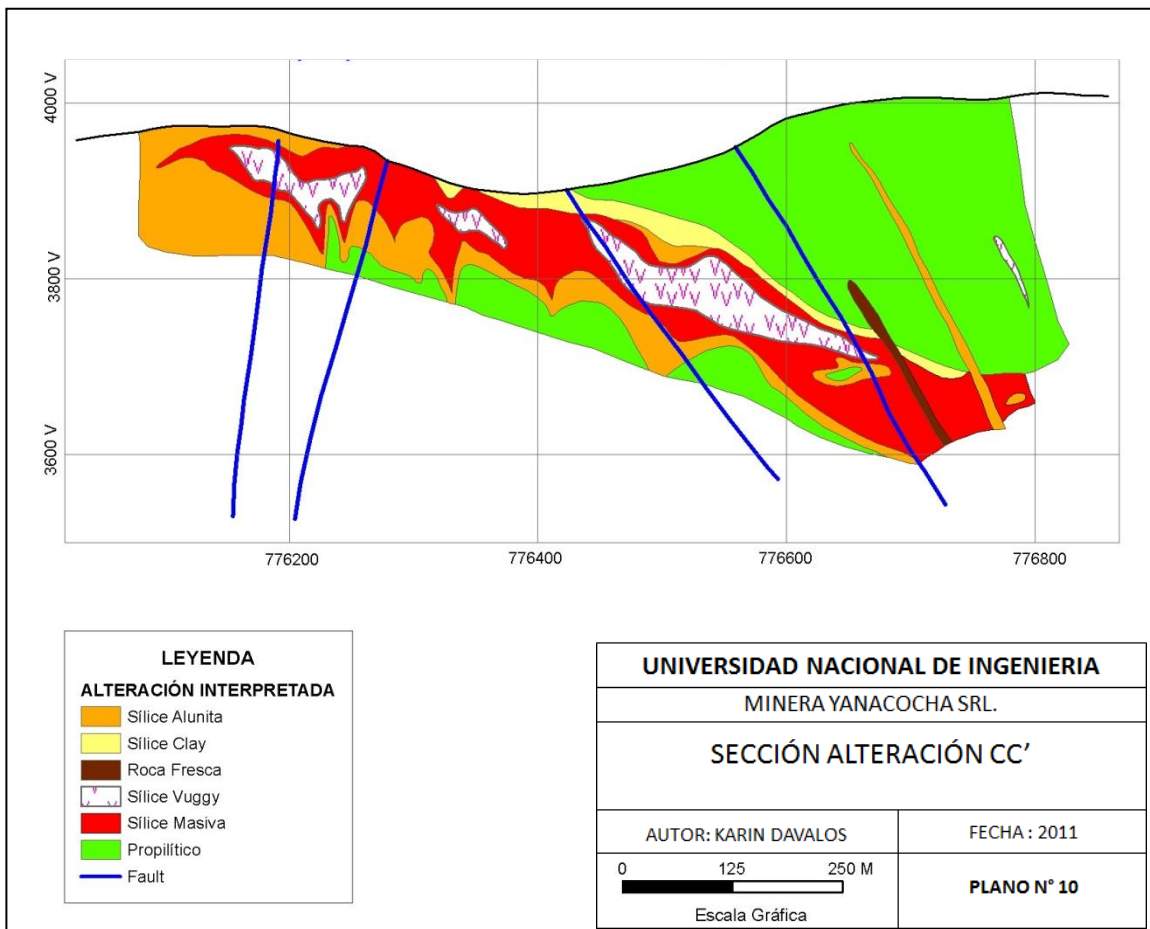
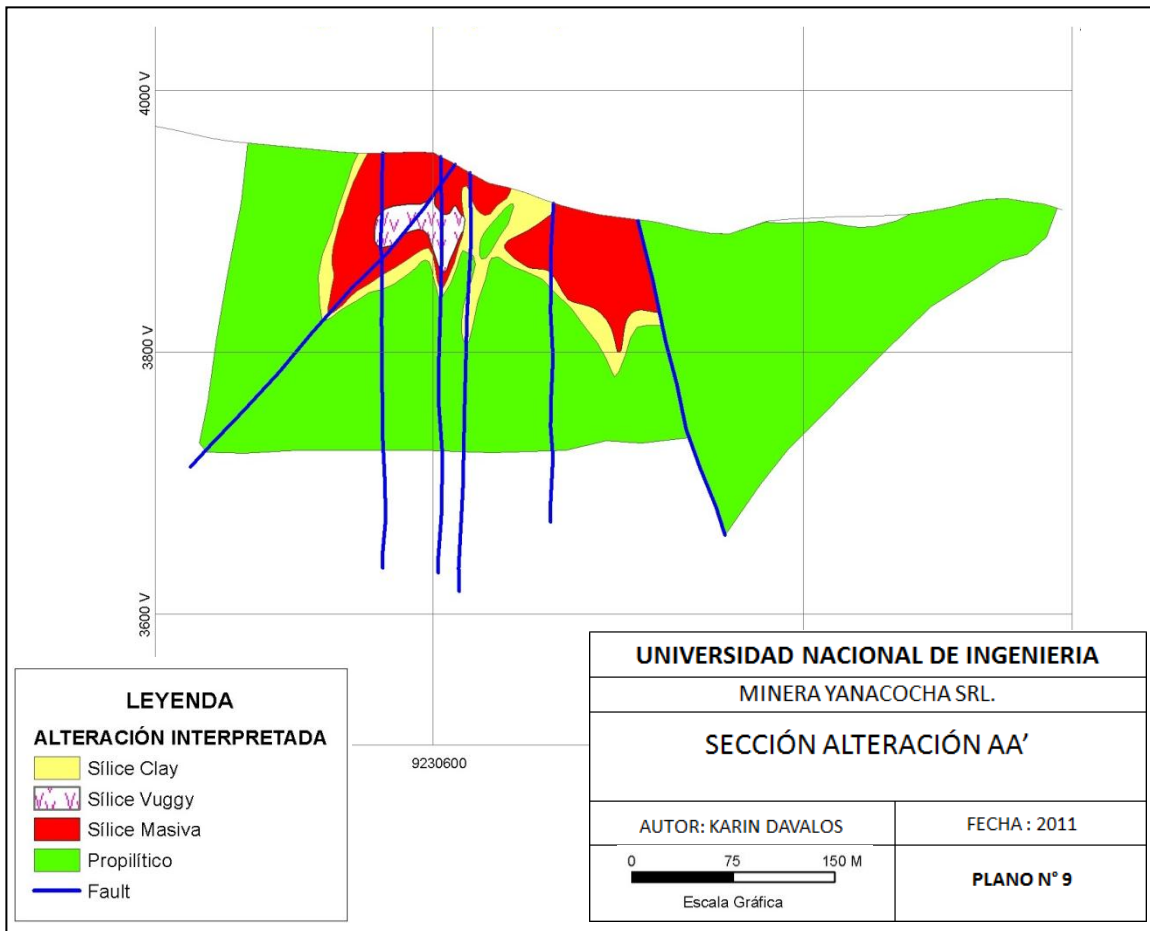
En zonas alejadas de esta periferie encontramos las unidades Lower Andesite y Upper Pyroxene Hornblende Andesite sin alterar, es decir como rocas frescas.



**FOTO N° 13** : Alteración propilítica. Obsérvese la roca verde por presencia de cloritas alterando la unidad de andesita superior (UphA).







### 3.3 Mineralización

A fin de determinar la paragénesis en este depósito, se han realizado estudios mineralógicos y petrográficos en muestras de taladros de alta ley ANT-017, ANT-014 y ANT-022.

Por interpretación de secciones y ensayos químicos podemos mencionar que los mejores resultados se encuentran sobre las brechas, del tipo hidrotermal, las cuales se encuentra asociada a zonas de debilidad. Estas producirían el principal aporte de mineralización sobre el depósito, actuando inicialmente sobre la unidad MMI (Maqui Maqui Ignimbrita) mediante microbrechamientos debido a la alta permeabilidad de esta roca. Como consecuencia de estos microbrechamientos se produciría un aporte inicial de titanio, seguido de una silicificación por inyecciones hidrotermales que posteriormente serían cementados por un gel silíceo (sílice crema) y pirítico, el cual trae consigo una fase de sulfuros que posiblemente sería la fase en la que se deposita el oro del tipo invisible, asociado a la pirita.

Posteriormente, estas zonas de aporte primario producirían óxidos y sulfatos, como producto de infiltraciones sobre los niveles piríticos, tal como lo evidencian los sulfatos de hierro (szonmolokita), con una posterior alunitización superficial, la cual se encuentra rellenando oquedades, ello explicaría la baja

ley presentada en estas zonas. Y como último evento se presenta un intenso fracturamiento rellenado por inyección de esfalerita coloidal.

En cuanto al transporte del oro teóricamente este ocurriría como un complejo del tipo  $AuCl$  que es el complejo dominante dentro del depósito del tipo epitermal de alta sulfuración (Corbett and Leach, 1995). Una gran solución de flujo hidrotermal debió ser producida a fin de saturar el cuerpo de mena y poder producir así la precipitación de Au.

La secuencia paragenética basada en Geller (2003) puede describirse como sigue:

**Unidad Ignimbrita Maqui Maqui**

Cuarzo \_\_\_\_\_  
 Plagioclasa \_\_\_\_\_  
 Zircón \_\_\_\_\_

**Temprana Alteración con Ti**

Leucoxeno \_\_\_\_\_  
 Anatasa \_\_\_\_\_  
 Cuarzo \_\_\_\_\_

**Sulfuros con estadio de Au?**

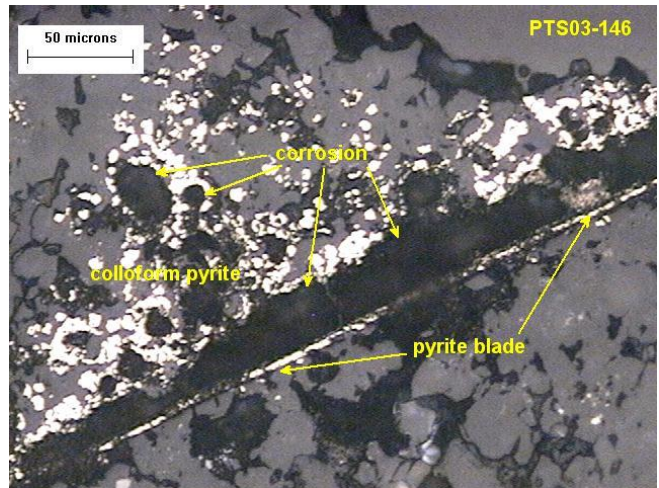
Pirita \_\_\_\_\_  
 Marcasita \_\_\_\_\_  
 Enargita ? \_\_\_\_\_ ?  
 Esfalerita ? \_\_\_\_\_ ?  
 Galena \_\_\_\_\_

**Estadio Tardío**

Baritina ? \_\_\_\_\_ ?  
 Anglesita ? \_\_\_\_\_ ?  
 FeOx \_\_\_\_\_  
 Jarosita ? \_\_\_\_\_ ?  
 Alunita ? \_\_\_\_\_ ?  
 Esfalerita \_\_\_\_\_  
 Szomolnokita \_\_\_\_\_

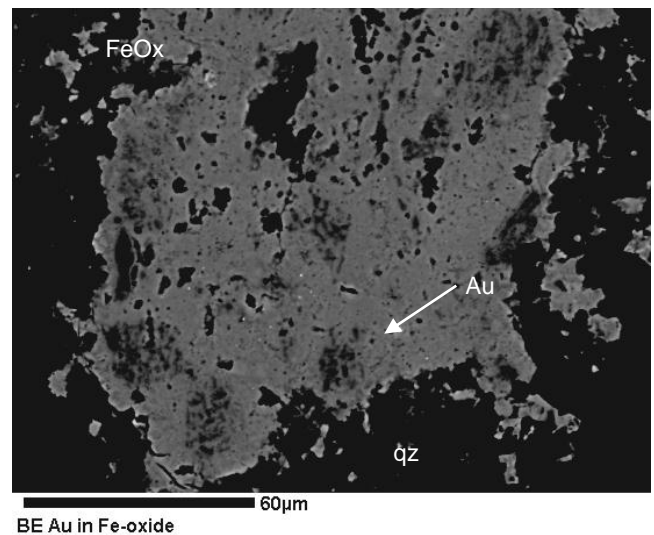
**FOTO N°14**  
**Sección Delgada ANT-22 – 16.6m**

Se observa pirita en venilla y botroidal, note que los bordes de ambas presentan corrosión.



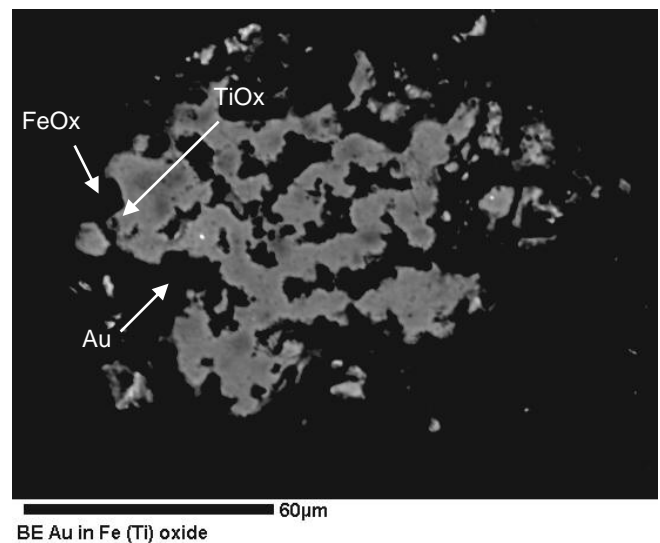
**FOTO N°15**  
**Sección Delgada ANT-14 – 6m**

Óxido de Fe (en color gris) en una matriz de cuarzo (negra), áreas de enriquecimiento de Au en un aspecto brillante.



**FOTO N°16**  
**Sección Delgada ANT-14 – 3m**

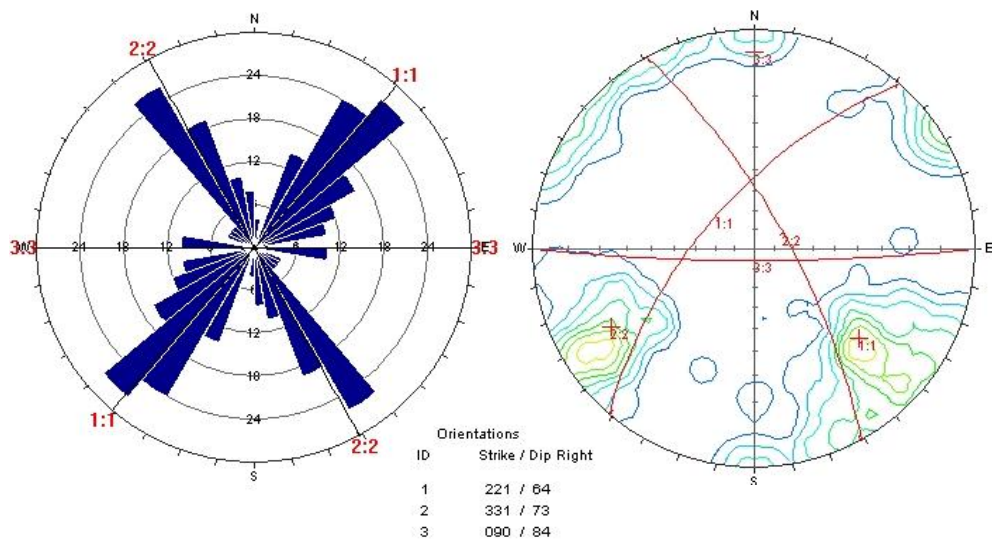
Mezcla de óxido de Fe y Ti. Las áreas más claras muestran el enriquecimiento de Fe, y las oscuras el enriquecimiento de Ti. Un micrón de oro se observa en el óxido de Fe (aspecto brillante). Todo en matriz de cuarzo (negro).



Todas las fotos tomadas de Geller (2003)

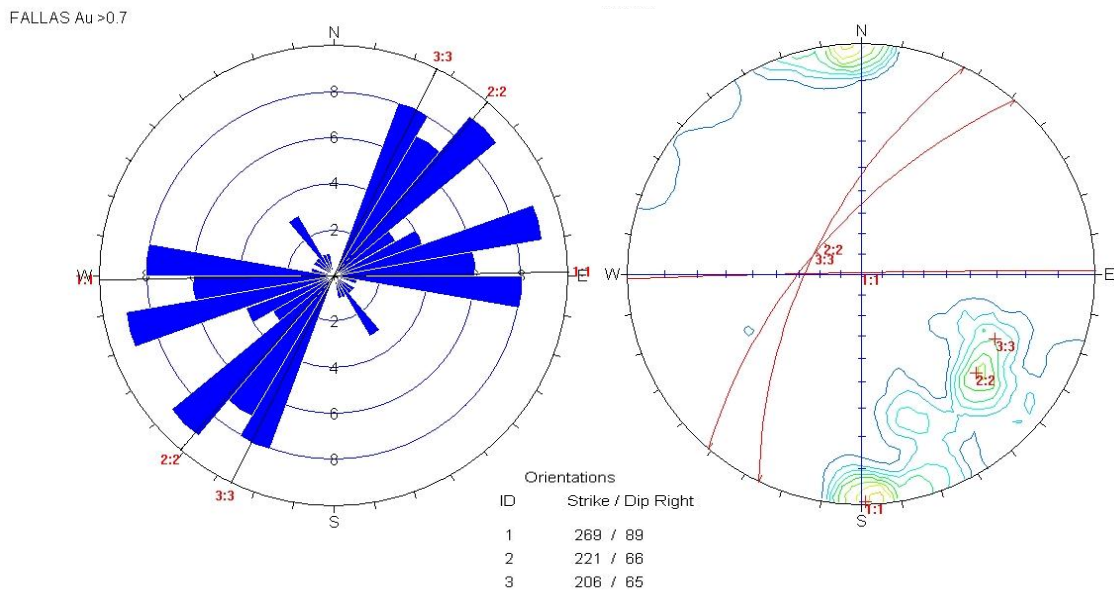
### 3.4 Rasgos Estructurales

Para el caso de fallas, el depósito presenta tres tendencias principales (figura N°1), la primera tendencia la N42°E, buzando 64°SE, esta tendencia está representada por el corredor principal Yanacocha – Antonio; este corredor controla las características de otros depósitos como los de Maqui Maqui, Cerro Yanacocha, El Tapado, Corimayo y Cerro Quillish que se encuentran dentro del corredor Chicama – Yanacocha. La segunda tendencia principal de las fallas está representada por las fallas de dirección N29°W, con buzamiento 73°NE, donde encontramos las fallas Baritina y El Águila. Y el tercer grupo de fallas tienen la dirección EW con un alto grado de buzamiento 84°N.



**FIGURA 1:** Gráfico de roseta y densidad de polos para fallas

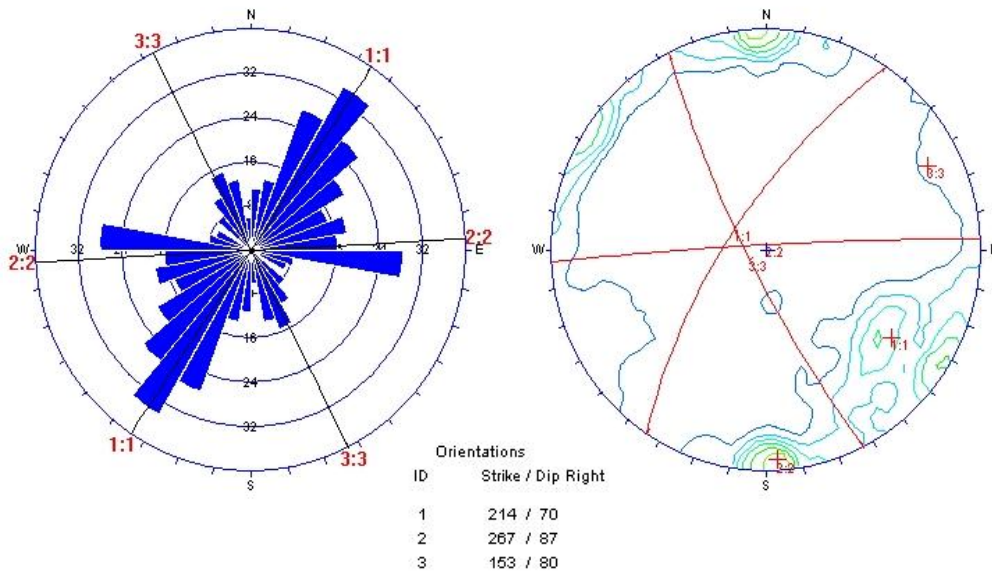
Sin embargo si tomamos los datos de fallas considerando leyes de oro mayores a 0.7ppm, vemos que la tendencia principal tienen la dirección 269°/89° (azimut y buzamiento considerando regla de la mano derecha) casi planos EW con ángulos de buzamiento muy altos (figura N°2).



**FIGURA 2:** Gráfico de roseta y densidad de polos para fallas con leyes de Au >0.7ppm

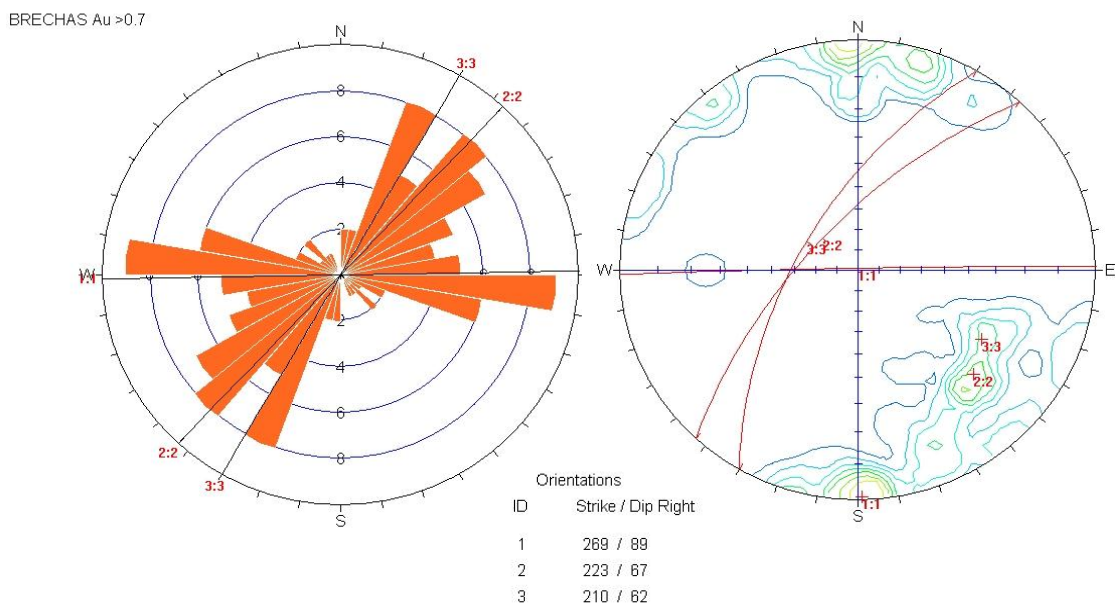
En cuanto a las brechas, estas se encuentran relacionadas a zonas de debilidad según la figura 3, podríamos mencionar que la tendencia principal concuerda con las tendencias de las fallas mostradas en la figura 1.





**FIGURA 3:** Gráfico de roseta y densidad de polos para brechas.

Mientras que las brechas con alta ley de oro (figura N°4), están relacionadas a las brechas del tipo hidrotermal, y tienen la misma tendencia de fallas con alta ley, por lo que se podría afirmar que las brechas estarían reflejando zonas de apertura de mineralización.



**FIGURA 4:** Gráfico de roseta y densidad de polos para brechas con leyes de Au >0.7ppm





**FOTO N°17:** Afloramiento de fallas, obsérvese de izquierda a derecha las fallas Baritina y el Águila respectivamente, foto mirando hacia el sur oeste.



**FOTO N°18:** Inyecciones de sílice crema con presencia de baritina, conductos mineralizados de brecha hidrotermal

## **CAPITULO IV**

### **GEOQUIMICA SUPERFICIAL**

Este capítulo está basado en entender el comportamiento del oro en superficie parte principal en la que se basa este estudio, de tal forma que se puedan hallar los “pathfinders” o patrones superficiales que nos permitan identificar la ocurrencia de oro en relación a los otros elementos. Así mismo se comparará el comportamiento del oro para cada litología y alteración para poder corroborar la relación mineralógica, para esta parte diagramas box Plot serán presentados para mostrar la distribución del oro en los diferentes tipos de litología y alteración.

#### **5.1 Muestreo Geoquímico**

Dentro del área de estudio, el muestreo se realizó por dos tipos: por muestreo sistemático y por muestreo selectivo, ambos realizados sobre muestras de roca; cabe mencionar que todas las interpretaciones de este capítulo se han realizado sobre muestras sistemática, a fin de hallar los patrones de dispersión primaria.

### **5.1.1 Muestreo Sistemático**

A la fecha existe un total 898 muestras superficiales del tipo sistemáticas, realizado sobre accesos y afloramientos en el área, en el primer caso incluye muestras en canales de 5m de potencia, en el segundo caso el muestreo fue realizado sobre una malla de espaciamiento de 30x30m a lo largo del cuerpo aflorante, en rock chip (muestras tomadas en un radio de 5m a la redonda).

Sobre zonas de cobertura se realizaron trincheras a fin que las muestras siempre fueran tomadas sobre roca.

### **5.1.2 Muestreo Selectivo**

Este muestreo se orienta a definir posibles controles de mineralización relacionados a estructuras, los resultados de este muestreo fueron utilizados en el capítulo anterior con un total de 814 muestras. Para el caso de las estadísticas de este capítulo no se están tomando en cuenta, ya que los valores están sesgados a estructuras y sus resultados son puntuales.

## **5.2 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS GEOQUÍMICOS DEL ORO**

### **5.2.1 METODOLOGÍA**

Las muestras del tipo sistemático, han sido evaluadas en 2 distintos laboratorios, con diferentes límites de detección. Se han considerado para este análisis sólo las muestras que sean mayores al límite de detección más

alto (es decir mayor o igual a 0.005ppm), las muestras menores a este intervalo fueron descartadas, debido a que su valor es muy aleatorio y podría causar algún error al momento de la interpretación.

Para realizar los cálculos de estadística y correlaciones, se han eliminado valores erráticos, sin embargo en los planos de distribución todos los datos originales son presentados.

### **5.2.2 Histograma de Distribución y Frecuencia Acumulada**

La figura 5, muestra una distribución con doble campana, estas dos campanas nos indicarían que probablemente la distribución de oro es debida a dos eventos principales, la primera campana es asimétrica a la izquierda, que indica que existen muestras con valores muy bajos, probablemente relacionados a los valores de background y una segunda campana desde 0.1ppm aproximadamente con una distribución lognormal, probablemente relacionado al treshold.

Esta afirmación podría corroborarse en campo ya que se observa la presencia de rocas frescas, relacionadas a cuerpos de domos y zonas con alteración hidrotermal, relacionadas al paquete central piroclástico, tal como se muestra en las secciones AA' y CC'(ver capítulo III)

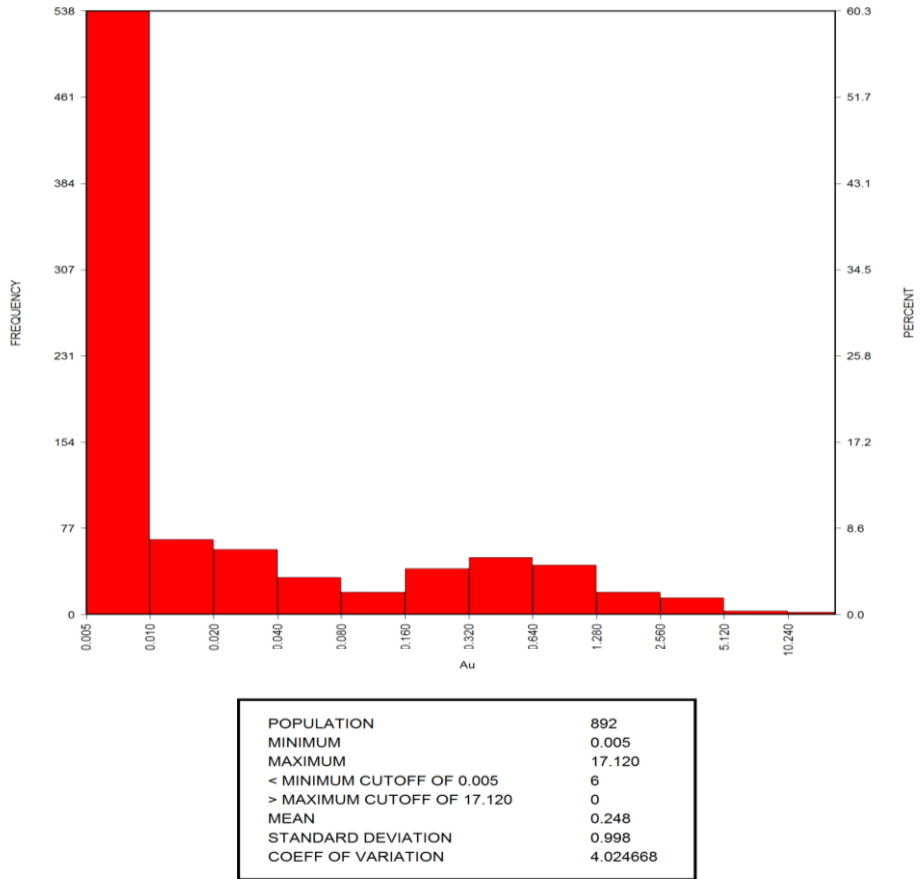


FIGURA 5 : Histograma de Distribución Logarítmica de Au (ppm)

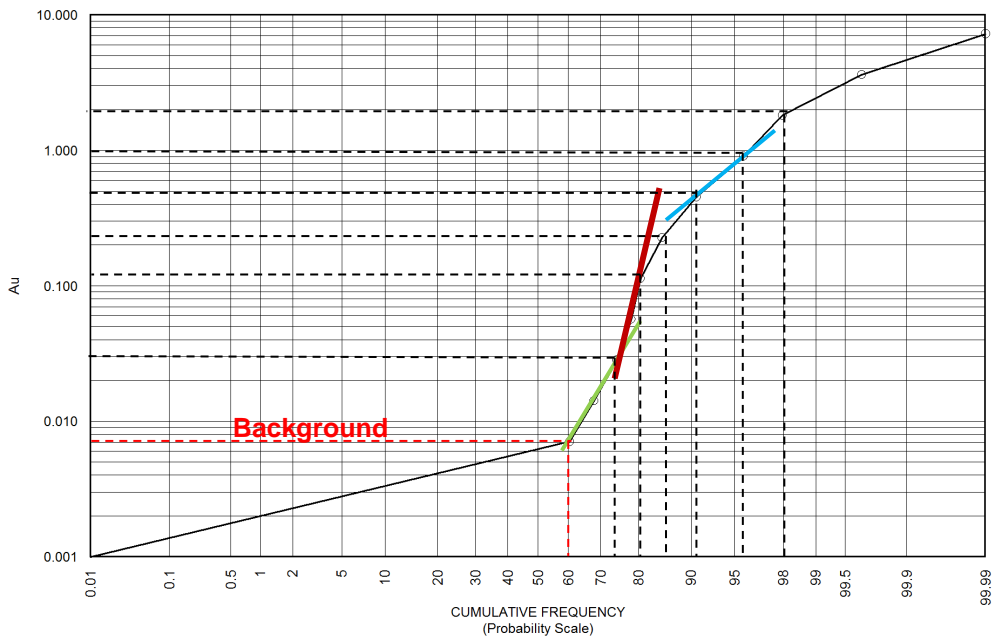


FIGURA 6 : Gráfico de frecuencia acumulada escala logarítmica, para Au (ppm)

Utilizando la curva de frecuencia acumulada vemos que existe un fuerte quiebre al 60%, probablemente referido al Background. En base a esta misma curva se tomarán los rangos para mostrar la distribución del oro basado en los cambios de pendiente de la curva en mención. Bajo el mismo criterio se tomará para presentar los demás elementos en los planos de distribución de elementos.

### 5.2.3 Estadística Básica del Oro y los Elementos Traza

La tabla adjunta muestra la estadística básica, de todos los elementos:

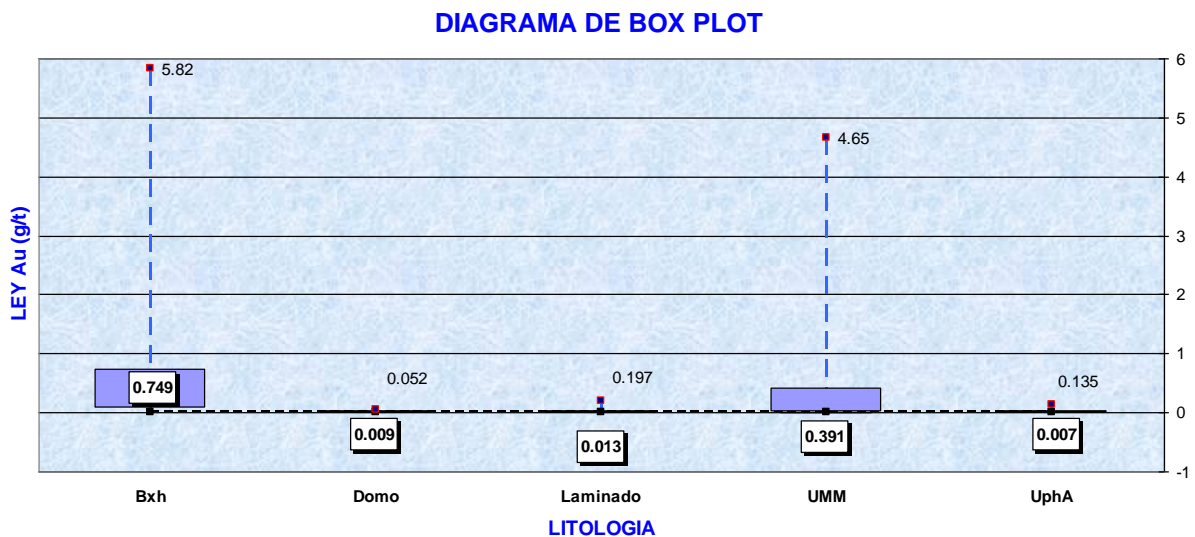
<i>Campo</i>	<i>Datos</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Background</i>	<i>Treshold</i>
<b>Au</b>	898	0.002	17.12	0.2455	0.9948	0.007	1.14
<b>Ag</b>	898	0.005	655	19.9017	66.3966	0.14	121
<b>Cu</b>	898	1.3	733	44.3248	62.5146	24.8	176.5
<b>Hg</b>	898	0.005	276.235	8.0557	19.6075	0.49	38.2
<b>As</b>	898	0.05	12000	808.5344	1683.811	218	4070
<b>Sb</b>	898	0.025	7390	170.9691	573.6528	5.85	783
<b>Ba</b>	898	2.2	2182	241.2003	296.6788	160	935
<b>Fe</b>	898	2500	150000	39749.44	41654.0692	26700	150000
<b>Pb</b>	898	0.1	98900	2508.4259	6613.9555	706	10700
<b>Zn</b>	898	1	65700	285.3708	3036.2857	54	390
<b>S</b>	898	50	100000	4054.677	10136.3948	2000	16600
<b>Te</b>	898	0.005	4.43	0.2595	0.484	0.1	1.24
<b>Bi</b>	898	0.005	2480	45.0928	202.2369	0.46	272
<b>Tl</b>	898	0.01	1000	10.2962	47.3963	1.02	44.4
<b>Al</b>	898	100	63300	8467.038	10427.529	4400	30600
<b>K</b>	898	50	4600	572.995	593.4825	500	1700
<b>Na</b>	898	50	2300	265.2561	349.1206	100	1000
<b>Mg</b>	898	50	8200	385.8575	721.327	100	1900
<b>Cr</b>	898	0.5	630	82.0161	92.01	53	278
<b>Ti</b>	898	50	1400	188.3408	235.9658	100	800

Obsérvese que en superficie el depósito presenta valores económicos por Au, Ag, Pb y Zn, si se compara el treshold con los valores máximos para estos

elementos, los cuales en muchos casos están relacionados a las sulfosales presentes en el depósito.

### 5.3 Distribución del Oro en Superficie por Tipo de Roca

El diagrama inferior (ver figura 7), muestra la dispersión y simetría del oro para cada tipo de unidad litológica, en él se representan los valores máximos y mínimos, así como la mediana. De este gráfico se puede observar que las mayores dispersiones por litología son presentadas por la Brecha Hidrotermal y las rocas de la Unidad Maqui Maqui, obteniéndose en estas unidades los mayores valores de oro con 5.82 g/t y 4.65 g/t respectivamente, con lo que podríamos mencionar que la mineralización está más relacionada a estas unidades, mientras que los domos son las unidades que presentan los menores valores de oro.



**FIGURA 7:** Diagrama de Box Plot Au (g/t) vs Litología

### 5.3.1 Correlación entre Au y Otros Elementos Traza por Litología

La **Brecha hidrotermal**, que como se ha visto es una de las unidades más importantes por presentar las mayores leyes de oro, presenta una buena correlación positiva con **Ag, Sb y Hg**, y además estos elementos se correlacionan entre sí. Esta unidad dentro del depósito se comporta como un “feeder” o canal de alimentación por donde se inyecta la mineralización, y se desarrolla principalmente a través de estructuras.

La **Unidad UphA**, que es la unidad que actuaría como roca sello superior, presenta una buena correlación positiva con **Te**, y el Teluro a su vez presenta una buena correlación con Cu, Ag, Sb y Hg, sin embargo estos elementos para esta unidad no tienen una relación directa con el Au.

La **Unidad Maqui Maqui**, que es la segunda unidad más importante, por ser la roca porosa receptora de la mineralización, **no presenta una buena correlación con oro**, probablemente debido a que este paquete no tiene una alteración única, sino que presenta varios tipos de alteración dependiendo de la cercanía a la zona mineralizada.

La **Unidad Laminada**, que es la unidad que actuaría como roca sello inferior, posee una buena correlación positiva con Cr, Tl, Ag, Te y Sb, presentado estas tres últimas una buena correlación entre sí.

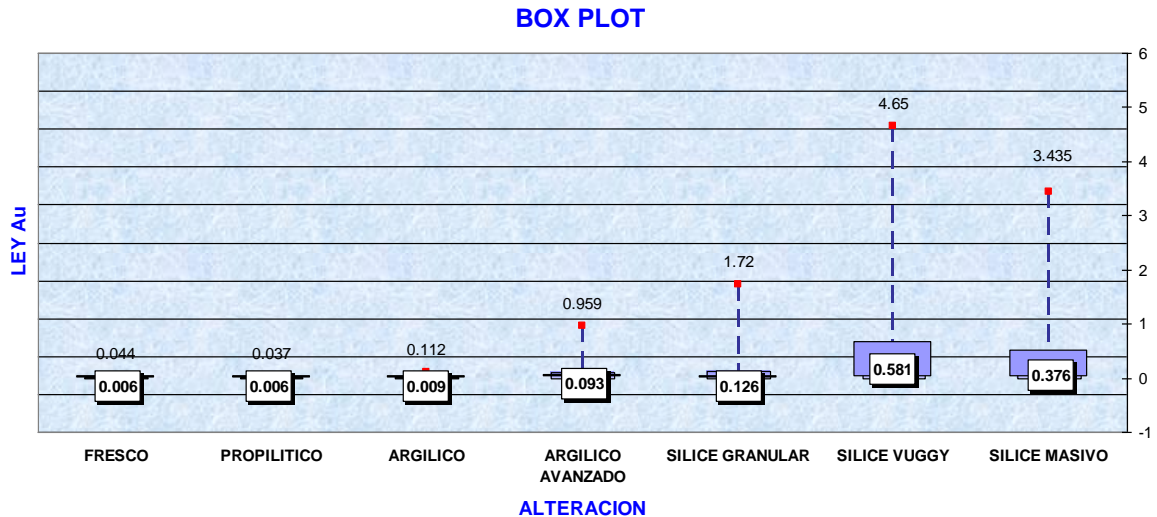


En resumen de la litología podemos mencionar que las zonas de mayor mineralización por Au, poseen una buena correlación positiva con Ag, Sb y Hg, que las rocas sello, presentan una buena correlación con Te principalmente, y la roca que actuaría como receptora de mineralización no se observa una buena correlación, probablemente porque otro parámetro debe ser tomado en cuenta al realizar la correlación y este sería la alteración.

De los otros elementos económicos, podemos mencionar que para todas las unidades litológicas el cobre (Cu) tiene una buena correlación positiva con el hierro (Fe). La plata (Ag) tiene buena correlación positiva con el mercurio (Hg) y antimonio (Sb) (Para mayores detalles ver anexo 2). Sin embargo estos elementos a excepción de la plata no tienen correlación con el oro.

#### **5.4 Distribución del Oro en Superficie por Alteración**

De la figura 8, podemos observar que la mayor dispersión por tipo de alteración se encuentra en las sílices, lo cual es típico en todo el distrito Yanacocha, siendo la sílice vuggy la que posee los mayores valores de oro con 4.65 g/t y una ley promedio de 0.581 g/t.



**FIGURA 8:** Diagrama de Box Plot Au (g/t) vs Alteración

#### 5.4.1 Correlación Entre Au y Otros Elementos Traza por Alteración

De la roca **sin alteración o roca fresca**, se puede mencionar que el oro tiene buena correlación positiva con el S y K. De la alteración **Propilítica**, el oro no tiene correlación con ningún elemento.

De la alteración argílica, el oro tiene buena correlación positiva con el Zn, S y Tl. Mientras que para el argílico avanzado se puede ver una buena correlación con Hg, Tl y Cr. Existiendo buena correlación entre cada elemento a excepción del Hg con Tl.

Para la sílice granular el oro tiene buena correlación positiva con el Te y este tiene a su vez con el Hg, Sb y Ag. La "sílice vuggy" no tiene buena correlación con Au, probable porque esta alteración esté relacionada a más de una unidad litológica. Y por último la sílice masiva tiene buena correlación de Au con Hg y Sb.

En resumen de la alteración, podemos mencionar que las rocas frescas y con alteración argílica que son las que poseen menores valores importantes de

oro, tienen buena correlación con el S, probablemente debido a venillas de sulfuros o pirita diseminada en roca; mientras que las sílices tienen buena correlación con Sb y Hg, coincidiendo con los mejores valores de oro en las unidades litológicas.

De los elementos económicos, podríamos mencionar que el Cu tiene buena correlación con el Fe, mientras que la Ag en la mayoría de los casos tiene buena correlación con Hg, Sb y Bi.

## 5.5 Correlación Superficial del Oro con Elementos Trazas

	Au	Ag	Cu	Hg	As	Sb	Ba	Fe	Pb	Zn	S	Te	Bi	Tl	Al	K	Na	Mg	Cr	Ti	
Au	1																				
Ag	0.250437	1																			
Cu	0.004214	0.010543	1																		
Hg	0.346296	0.752663	0.050742	1																	
As	0.013113	-0.00722	0.346817	0.064572	1																
Sb	0.306595	0.588176	0.005291	0.670342	0.089564	1															
Ba	0.270258	0.286938	-0.02271	0.366844	-0.04678	0.331027	1														
Fe	-0.05038	-0.13182	0.607555	-0.01168	0.640913	-0.0809	-0.13394	1													
Pb	0.031297	0.036227	0.27711	0.080582	0.835031	0.124506	-0.00934	0.429096	1												
Zn	-0.0058	-0.01198	0.007409	0.011472	0.084379	0.002377	-0.05834	0.191221	0.02186	1											
S	-0.02001	0.01952	0.030282	-0.0012	0.120003	-0.00754	-0.14802	0.229439	0.089858	0.599273	1										
Te	0.094479	0.344	0.220304	0.413319	0.253545	0.258766	0.206227	0.221895	0.217883	-0.00114	-0.00737	1									
Bi	0.174769	0.798296	-0.00103	0.637462	0.036828	0.53972	0.198508	-0.10262	0.056714	-0.01171	0.011638	0.365566	1								
Tl	0.030169	0.017078	-0.01906	0.183876	0.2373	0.390219	-0.01306	0.135357	0.180469	0.333863	0.317436	0.173592	0.018816	1							
Al	-0.19578	-0.21529	-0.24606	-0.32024	-0.27625	-0.22595	-0.23825	-0.20537	-0.23053	-0.03609	0.006327	-0.29684	-0.17807	-0.12109	1						
K	-0.15166	-0.12229	-0.1319	-0.13231	-0.02845	-0.1284	-0.15034	-0.03088	0.066829	0.039115	0.095745	-0.04409	-0.11758	0.045937	0.164001	1					
Na	-0.15852	-0.17915	-0.23824	-0.26304	-0.2798	-0.1893	-0.215	-0.29756	-0.21875	-0.05027	-0.13977	-0.28632	-0.14971	-0.12678	0.33083	0.382009	1				
Mg	-0.12083	-0.14489	-0.17433	-0.21949	-0.2151	-0.15011	-0.13933	-0.19784	-0.169	-0.03437	-0.03714	-0.21888	-0.11856	-0.1025	0.448646	0.257443	0.473027	1			
Cr	0.231215	0.376092	0.075638	0.360464	0.122036	0.243014	0.277722	-0.04898	0.104922	-0.0134	-0.00809	0.310665	0.314796	0.035614	-0.53805	-0.34117	-0.38141	-0.30609	1		
Ti	-0.14688	-0.17183	-0.13425	-0.2501	-0.22467	-0.17226	-0.15386	-0.18995	-0.18654	-0.03474	-0.1739	-0.25448	-0.14075	-0.11211	0.44835	0.09542	0.653643	0.410765	-0.33744	1	

### Considerando:

**0.70~1.00** MUY BUENA CORRELACIÓN

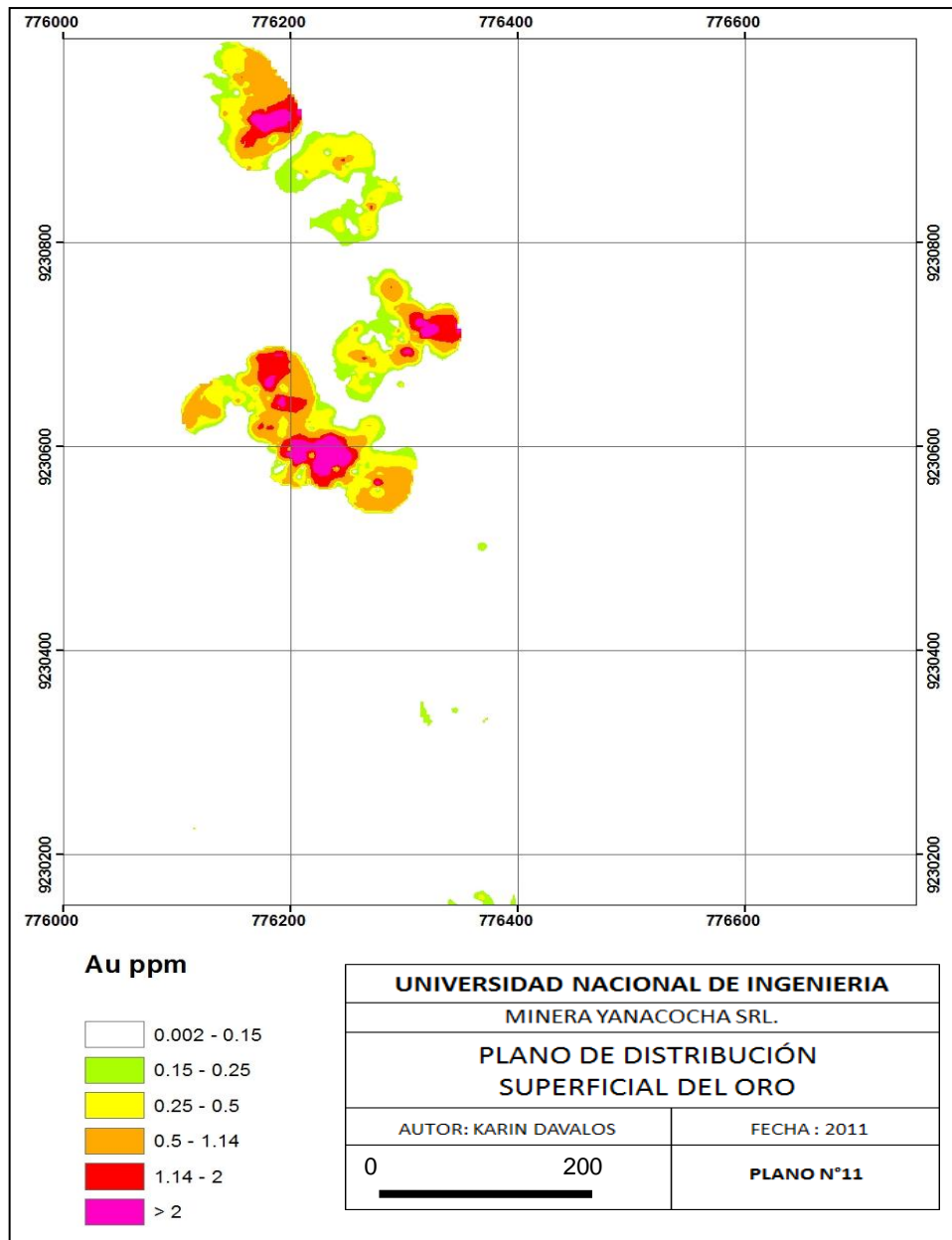
**0.50~0.69** BUENA CORRELACIÓN

**0.30~0.49** MODERADA CORRELACIÓN

De la matriz de correlación de oro con los demás elementos, vemos que existe una correlación moderada con mercurio (Hg) y antimonio (Sb); mientras que el Hg y Sb se correlacionan entre sí y a su vez estos se correlacionan con Ag y Bi, con lo que podríamos decir que el oro tiene correlación directa con Hg y Sb, mientras que con Ag y Bi tiene una correlación indirecta.

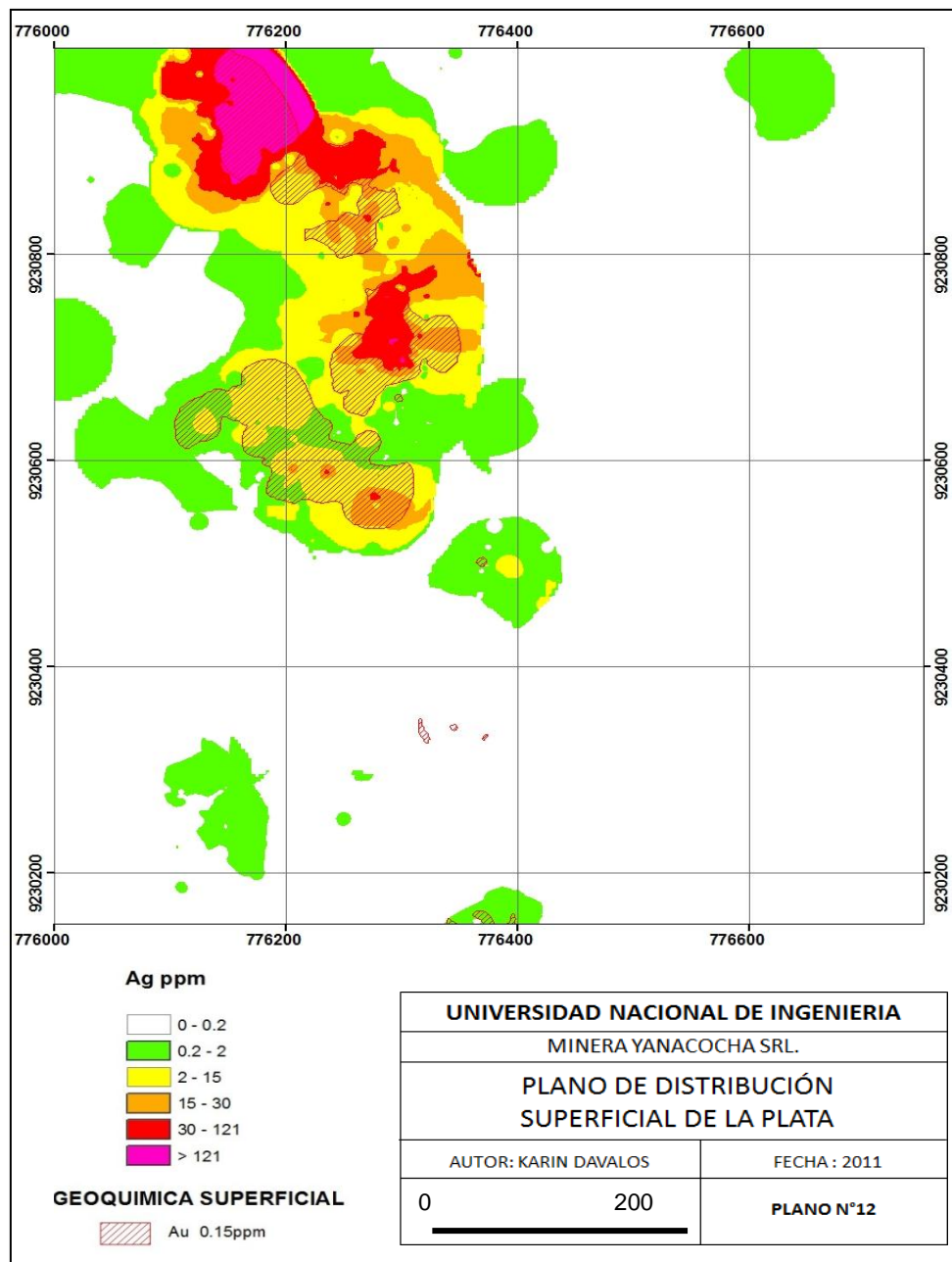
## 5.6 Zoneamiento Superficial

### 5.6.1 Oro



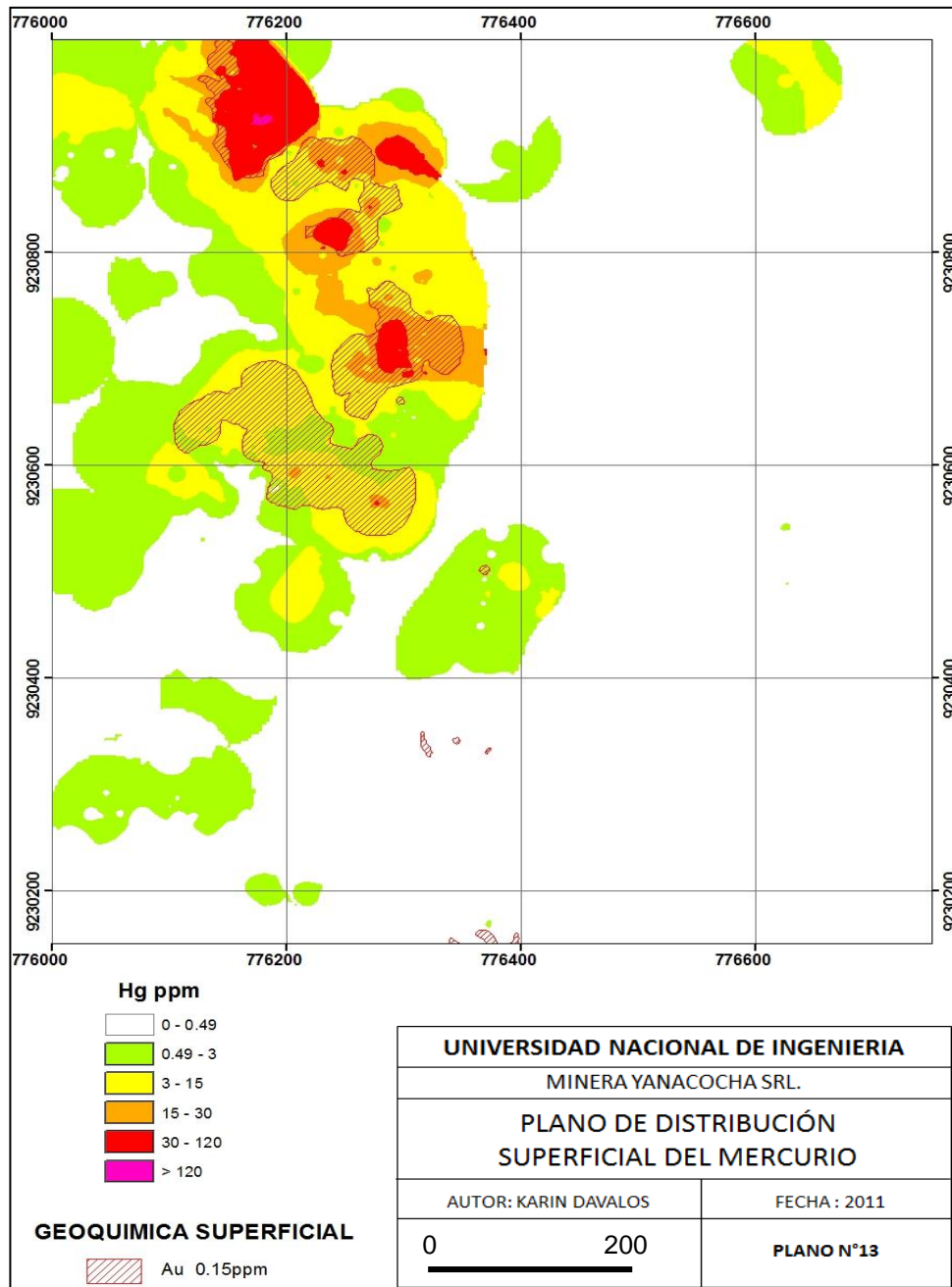
En el plano N°11, vemos que existe una clara tendencia NW del cuerpo principal de oro, con una ley promedio de 0.35ppm, controlado por las fallas principales Baritina y El Águila, que tienen la misma orientación, y se observa que las mayores anomalías se encuentran en la parte central y norte de este corredor, mientras que en el sur sólo se observan pequeñas anomalías.

## 5.6.2 Plata



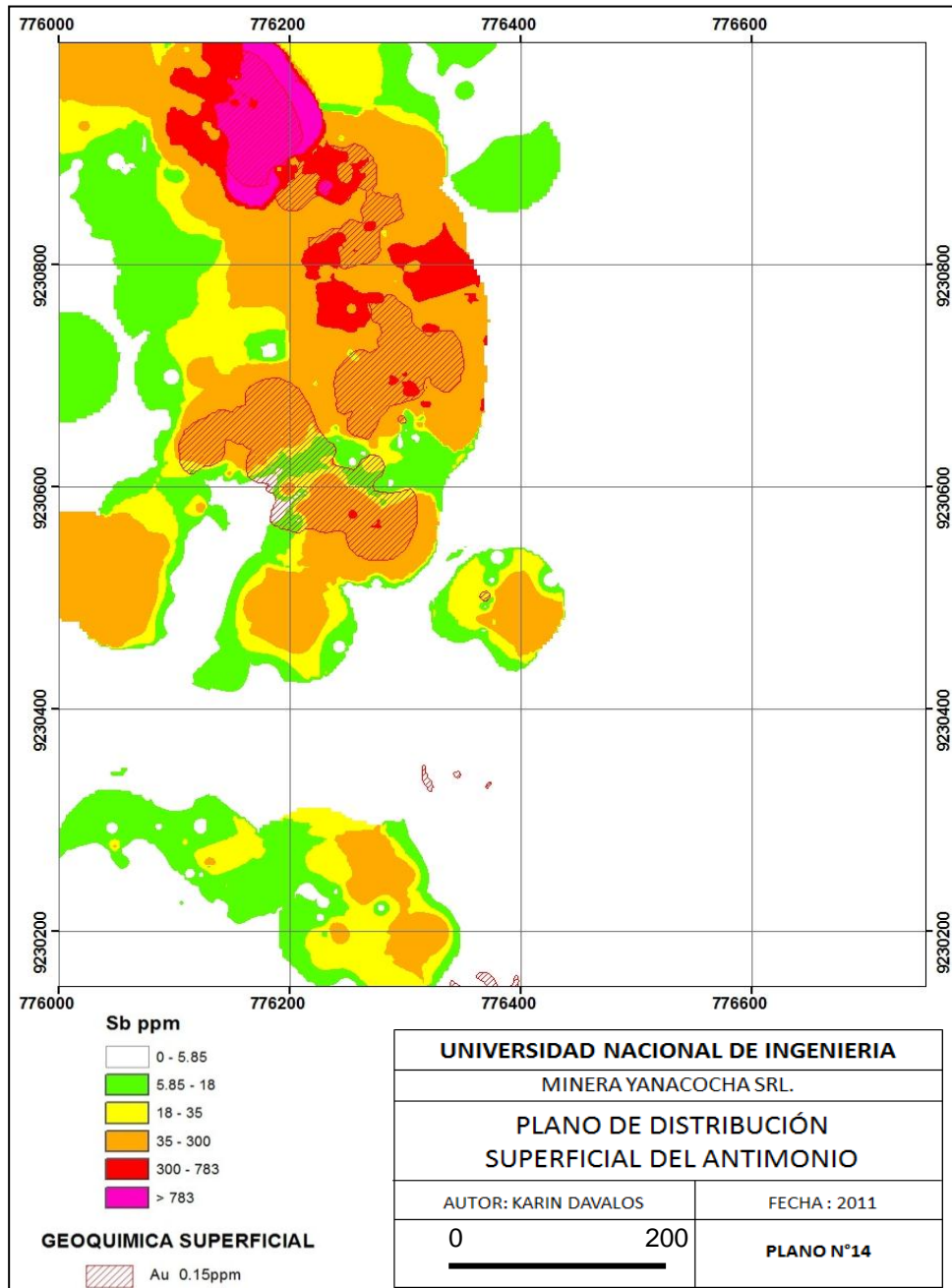
Del plano N°12, vemos que la plata presenta la misma tendencia del oro dentro de este corredor NW, pero con una mayor anomalía hacia el norte. De acuerdo a la correlación, existe una correlación moderada entre el oro y este valor.

### 5.6.3 Mercurio



En el plano N°13, vemos que el mercurio se encuentra dentro de este mismo corredor NW, pero al igual que la plata, este presenta una mayor anomalía hacia el norte, de acuerdo a la correlación, existe una correlación moderada entre el oro y este valor.

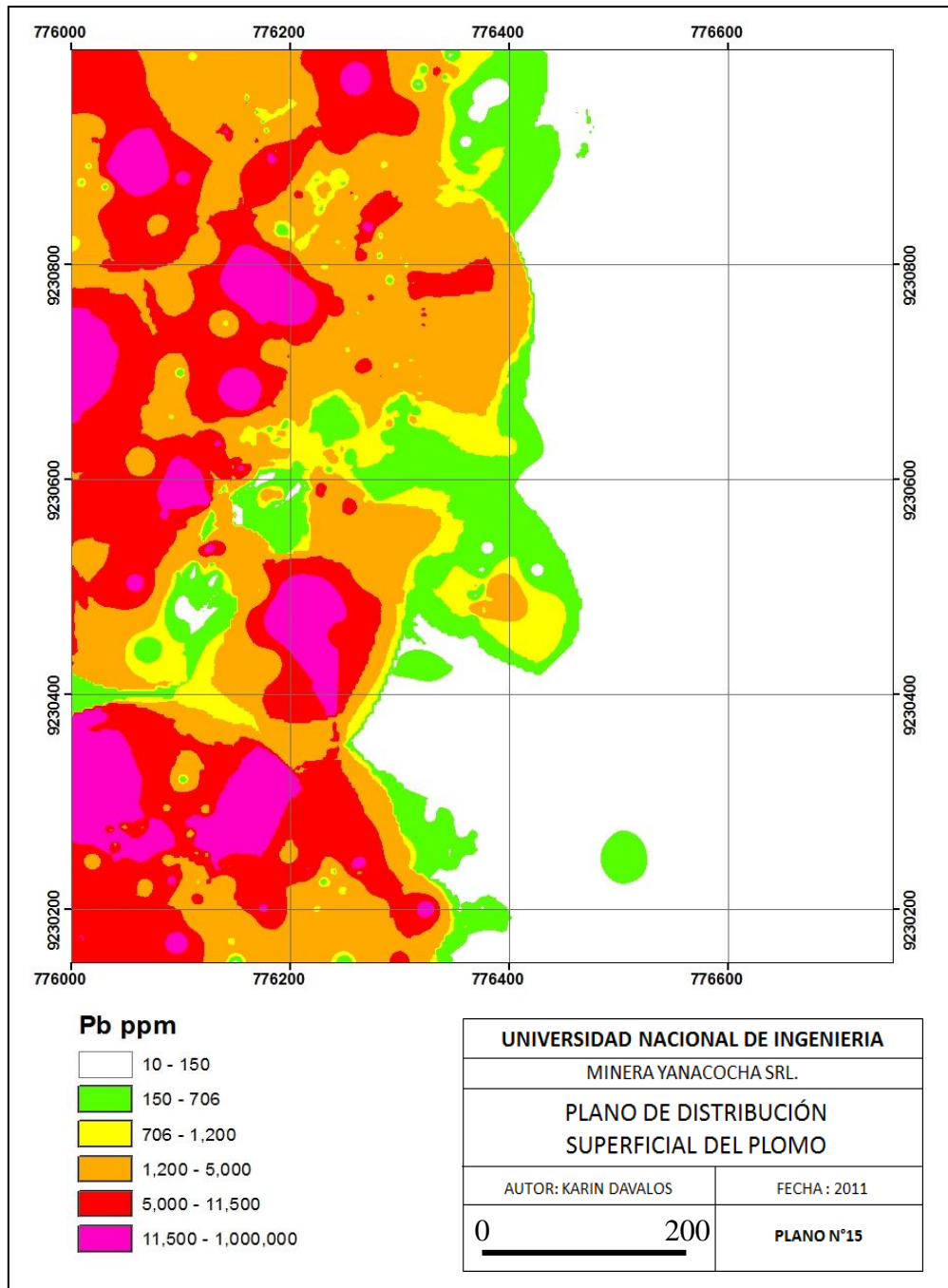
### 5.6.4 Antimonio



De acuerdo al plano N°14, vemos que el antimonio al igual que los elementos anteriores, se encuentra dentro de este mismo corredor NW, pero al igual que la plata y el mercurio presenta una mayor anomalía hacia el norte, de acuerdo a la correlación, existe una correlación moderada entre el oro y este valor y una buena correlación entre la plata y el mercurio.

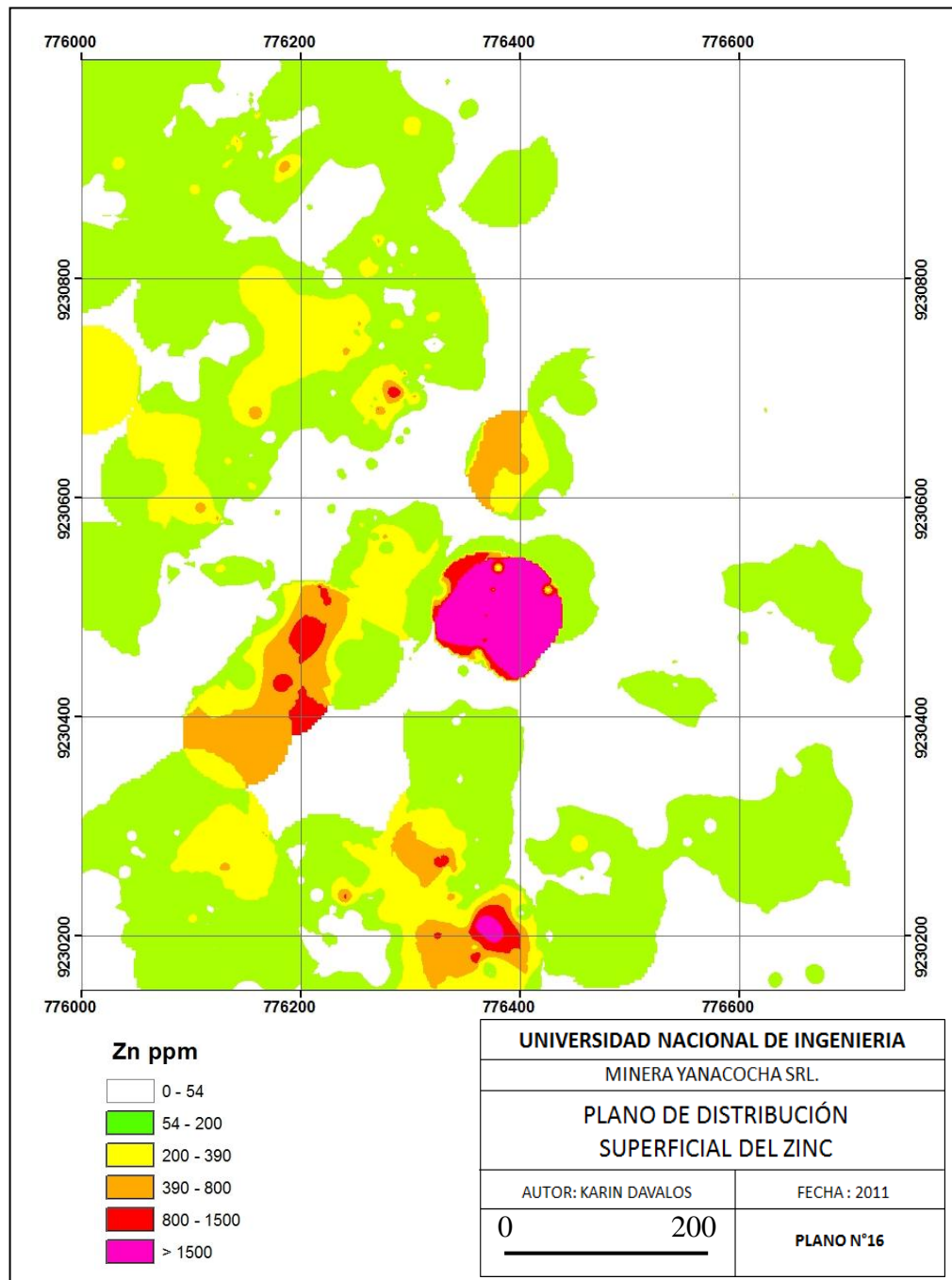


### 5.6.5 Plomo



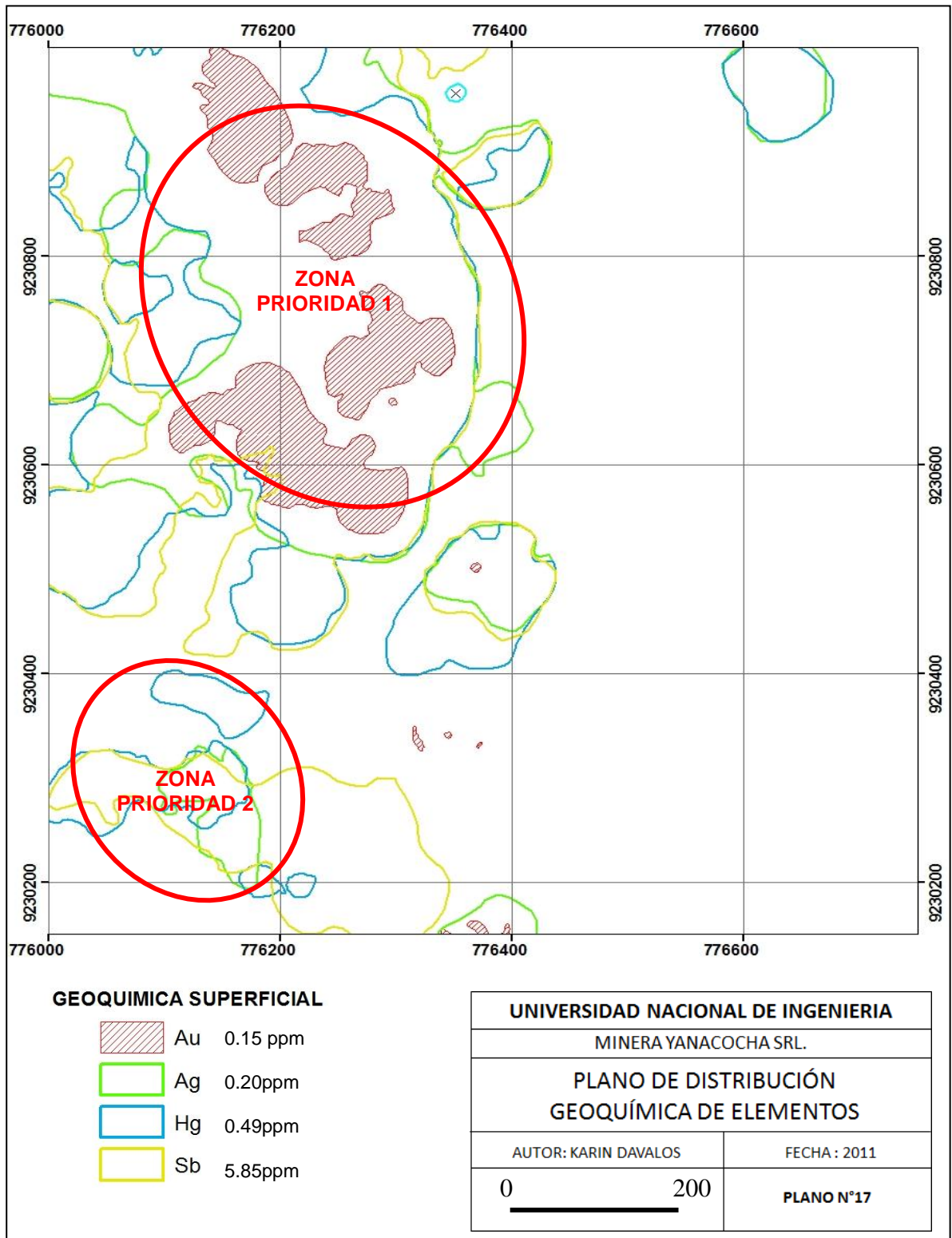
A diferencia de los elementos anteriores que tiene una moderada correlación con Au, vemos que el plomo presenta otro comportamiento, y en este caso se observa que el plomo presenta dos tendencias, una con dirección NW y NE, relacionados a las estructuras en el depósito (Plano N°15).

### 5.6.6 Zinc



La distribución del zinc a diferencia del oro tiene una tendencia NE, con aparente cruce de estructuras al sur. Las mayores anomalías se presentan en la zona central y sur (Plano N°16).

## 5.7 Anomalías Geoquímicas y Niveles de Prioridad

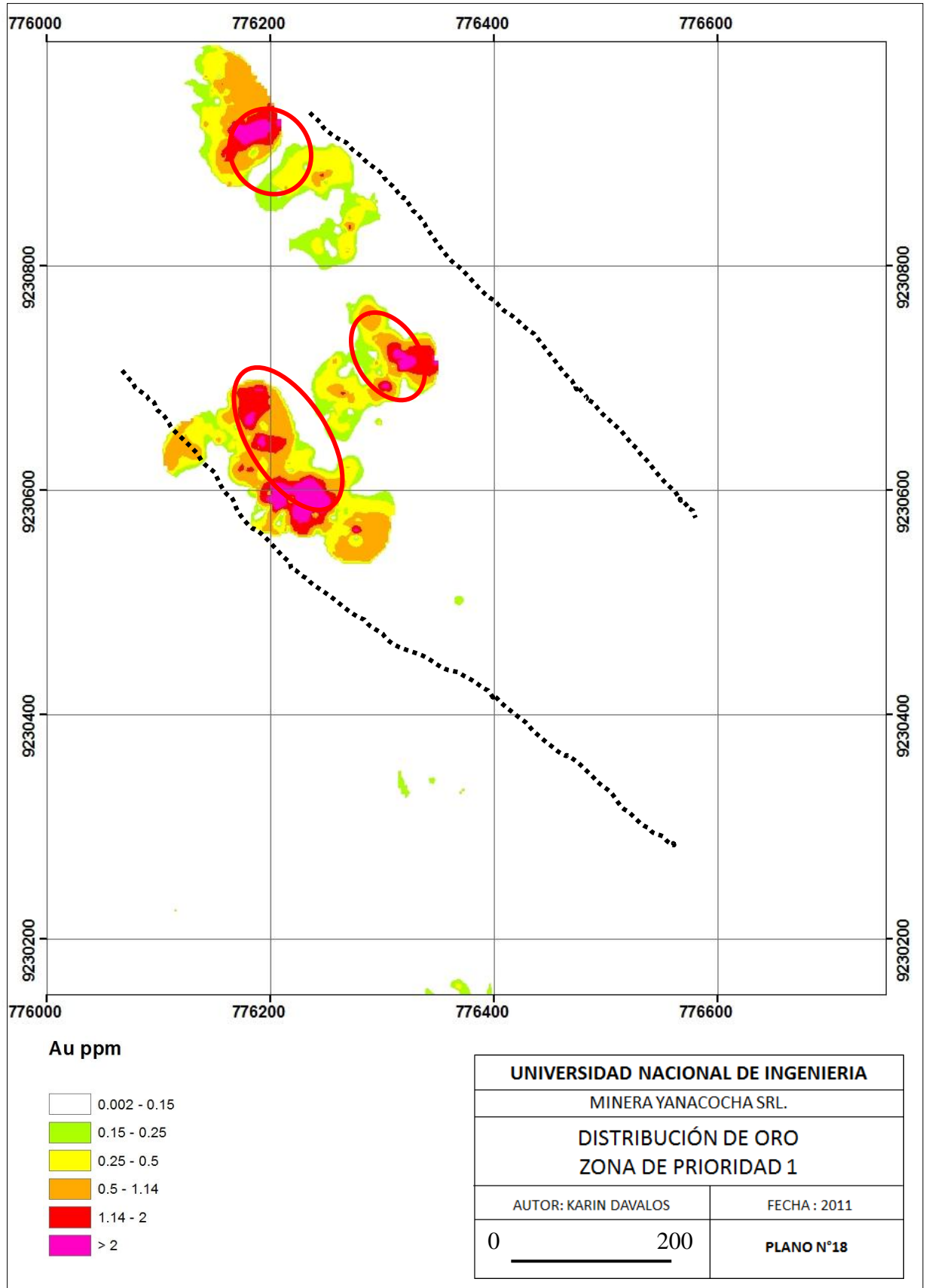


En base a la correlación de elementos presentado en el punto 5.5, vemos que en superficie la Ag, Hg y Sb tienen casi el mismo comportamiento, y sus

anomalías afloran dentro de este corredor NW y se comportan como un halo de dimensión mayor para el oro en el NW de esta área, mientras que en el sur, se presentan estos mismos elementos, pero el oro no aflora.

De acuerdo a lo presentado existen dos zonas prioritarias, como se muestra en el plano N°17, la zona 1 al norte, que presenta una anomalía de oro en superficie y una zona 2 en el sur, en la cual el oro no aflora, pero los demás elementos “patfinders” se encuentran presentes.

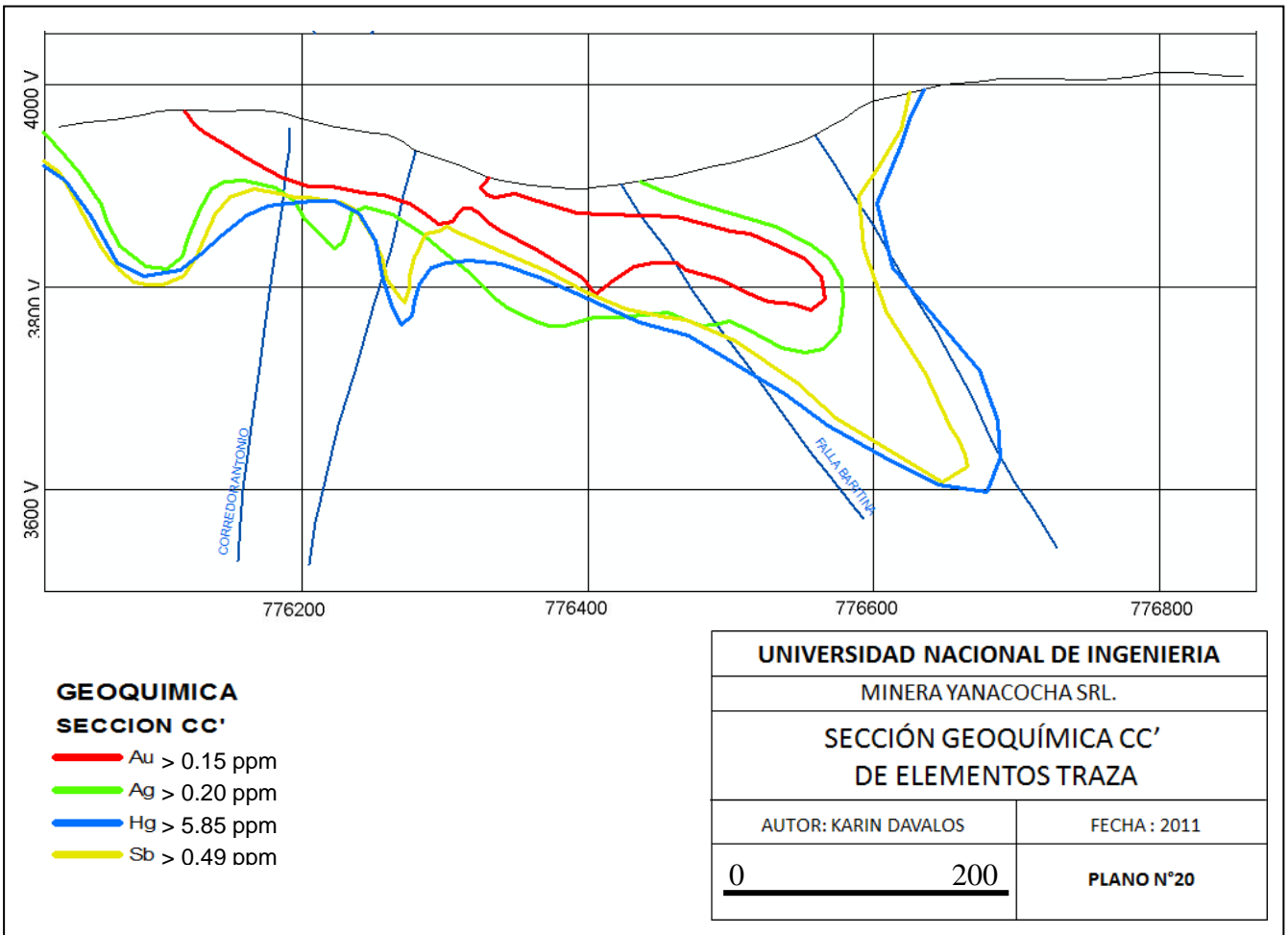
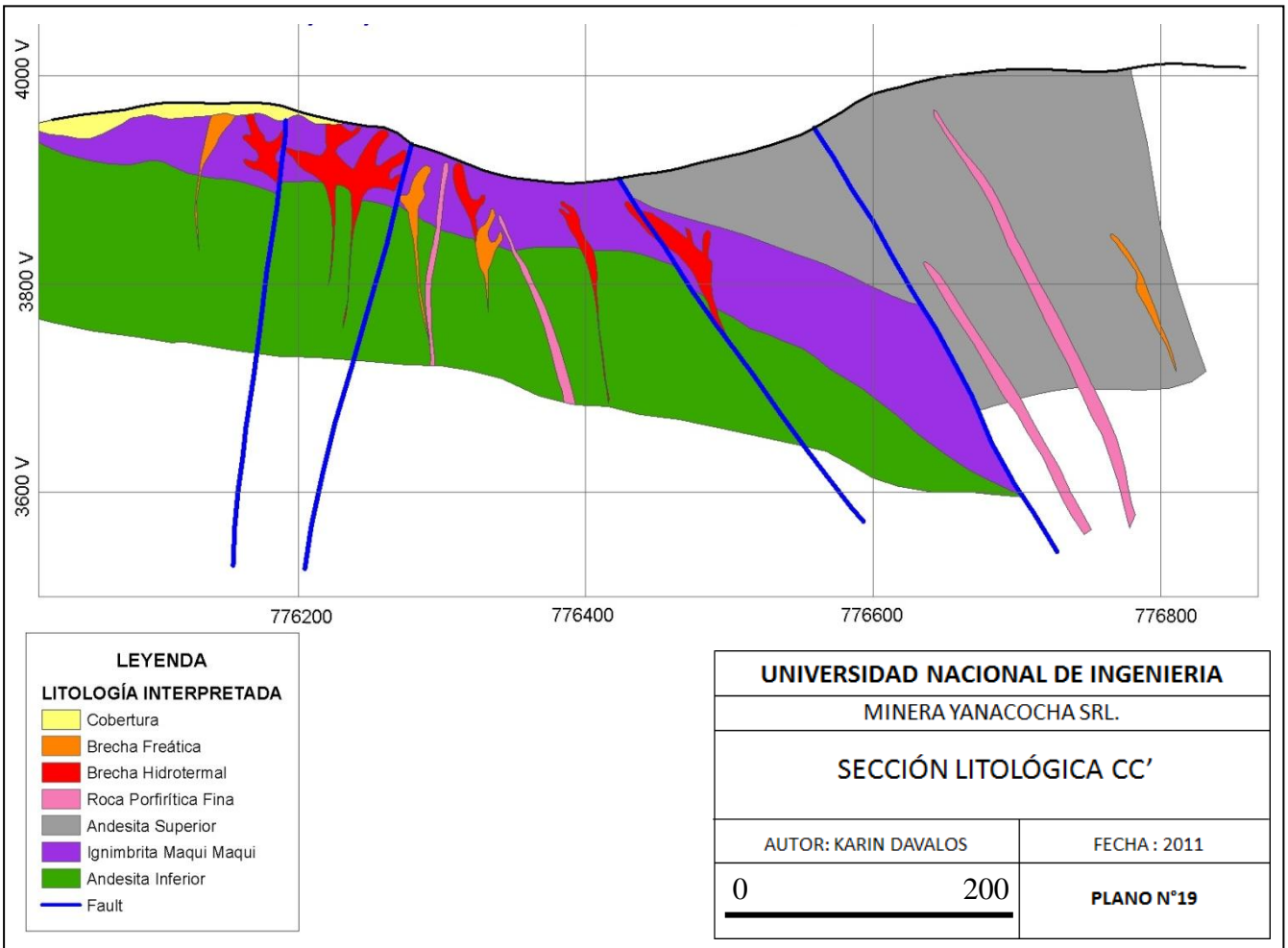
El plano N°18 muestra la distribución de oro, y encerrados en círculos rojos se observan dentro de la zona de prioridad 1, los puntos principales de mineralización, que nos podrían indicar que esta se extiende hacia el norteoeste y hacia el sureste dentro de un posible corredor, ubicado entre las líneas punteadas.



## 5.8 Perfiles Litogeoquímicos

En función a la sección CC' que atraviesa el depósito en dirección NW - SE, el oro con respecto a los otros elementos se comporta como un núcleo con halos de Ag, Sb y Hg tal como se presentó en superficie, se observa en profundidad una relación de estos elementos con el oro.

En cuanto a la litología, se observa que el oro está relacionado a la unidad Ignimbrita Maqui Maqui, que como se mencionó anteriormente esta roca es una roca muy permeable y ha sido receptora de la mineralización proveniente de brechas hidrotermales relacionadas a fallas, y aparentemente existe una posible fuente de alimentación de oro relacionada a la falla "Ya fuiste" que como se observa en las secciones el contenido de oro se incrementa en esta falla, indicando que posiblemente hacia esa zona existe una fuente o aporte de mineralización.



Debido a la presencia de valores de Pb y Zn en profundidad el depósito de Antonio fue referido inicialmente como un posible depósito de intermedia a baja sulfuración, sin embargo, vemos que existe una gradación y el oro según la secuencia paragenética también está relacionado a minerales como enargita y pirita, así mismo este depósito presenta ensambles de alteración típicos de un sistema de alta sulfuración corroborados por XRD por la presencia de alunita y sílice Vuggy, adicional a todo ello según las correlaciones vemos que el oro tiene moderada correlación con elementos volátiles como Hg, Sb y Ag (ver figura N°9) que son típicos de las zonas adyacentes de la mineralización en sistemas de alta sulfuración.

H																			H	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne			
K	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar			
Na	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr			
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe			
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn			
Fr	Ra	Ac																		
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu				
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr				

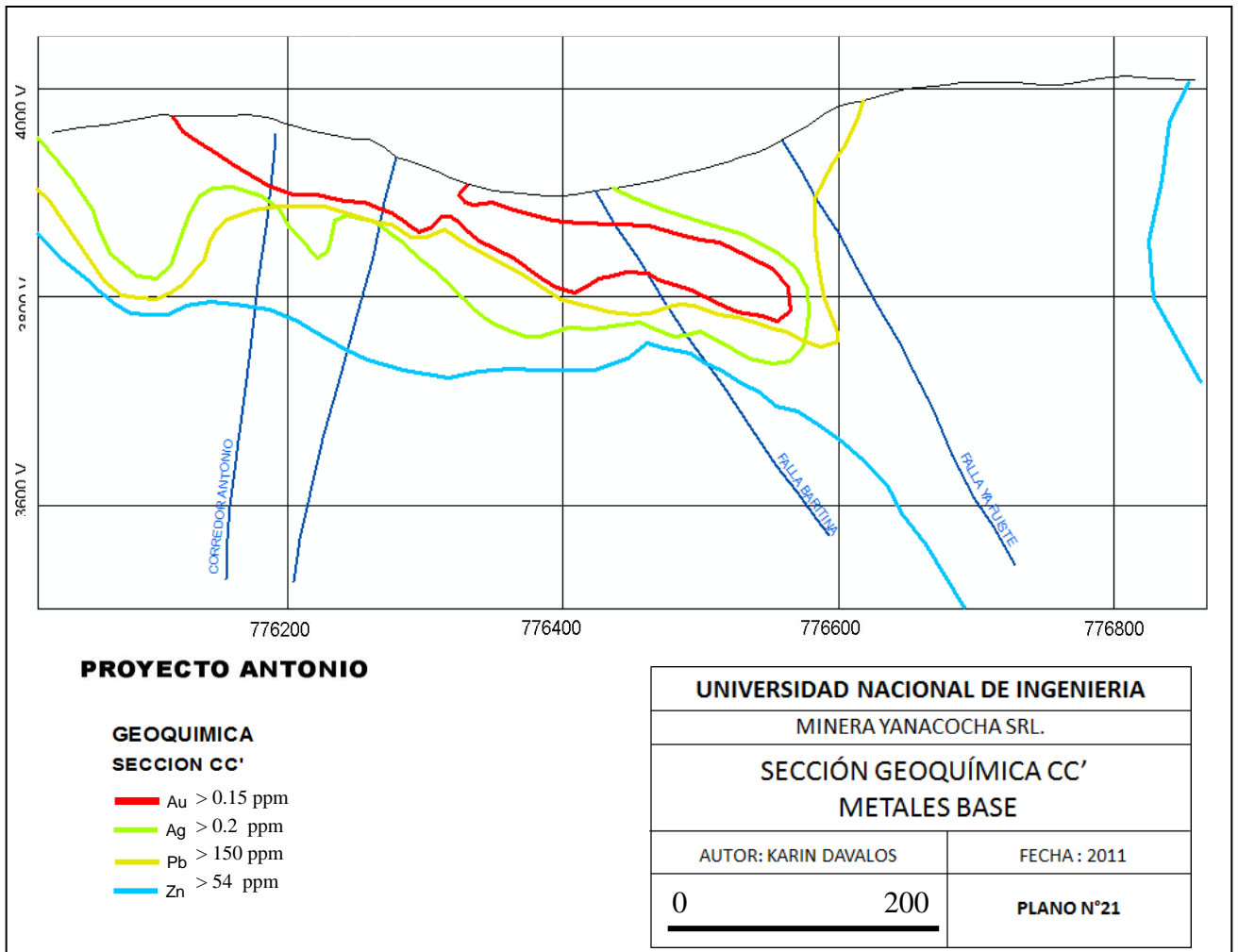
  

■	■	■
Mineral	Adyacente	Distal

**Figura N°9** : Elementos Guía para exploración de alta sulfuración. Geología UNI 2010.



Con respecto a los metales base el oro se presenta como un centro rodeado por un halo de plata, seguido por plomo y zinc, lo que corroboraría la mineralización de un punto de alta temperatura a menor temperatura.



## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Este depósito presenta ensambles de alteración típicos de un sistema de alta sulfuración corroborados por XRD por la presencia de alunita y sílice Vuggy, adicional a todo ello según las correlaciones vemos que el oro tiene moderada correlación con elementos volátiles como Hg, Sb y Ag que son típicos de niveles adyacentes a la mineralización en sistemas de alta sulfuración.
  
- Se puede concluir además que la distribución del oro en el depósito se debe a dos eventos principales de mineralización esto lo corrobora el histograma en doble campana y los planos de distribución de oro. Uno de la roca caja con valores cercanos al background y el otro relacionados a los paquetes volcánicos y zonas de brechas, esto último se corrobora con los gráficos de box plot donde se observa que la mayor distribución de mineralización económica por oro se encuentra alojada en los paquetes piroclásticos localmente denominados Ignimbritas Maqui Maqui y en brechas del tipo hidrotermal

- Las brechas hidrotermales tienen un fuerte control estructural, el cual se refleja en los gráficos de rosetas por fallas, coincidiendo los lineamientos de estas con las brechas hidrotermales. Estas serían las fuentes principales por donde se inyecta la mineralización.
- Los flujos de lava tanto infrayacente (Andesita Inferior) como suprayacentes (Andesita Superior) se encontrarían actuando como sellos, permitiendo que la mineralización quede atrapada.
- La mayor dispersión por tipo de alteración se encuentra en las sílices, lo cual es típico en todo el distrito Yanacocha, siendo la sílice Vuggy la que posee los mayores valores de oro.
- Existe una clara tendencia NW del cuerpo principal de oro, controlado por las fallas principales Baritina y El Águila.
- La mineralización se extiende hacia la falla Ya fuiste al SE del depósito.
- Existe una correlación moderada del Oro con la plata, antimonio y mercurio, que se refleja en superficie y se acentúa en profundidad, la cual se encuentra adyacente a las zonas mineralizadas.
- No existe correlación superficial de oro con los minerales base, sin embargo a profundidad existe un zoneamiento del Au, con Pb y Zn que se comportaría como elementos distales lo cual corroboraría con los elementos distales para depósitos de alta sulfuración.

## 5.2 Recomendaciones

- Debe ser seguida la tendencia principal de prioridad 1, y verificar las continuidades geoquímicas con las zonas de fallas.
- Se recomienda verificar las zonas de prioridad 2 para verificar si existe la presencia de oro a profundidad, ya que esta zona tiene el zoneamiento de Sb, Hg y Ag como en la zona de prioridad 1, y al parecer estos elementos guías podrían llevarnos al valor de oro en profundidad.

## BIBLIOGRAFÍA

**Bartra, R, 1999.** Geología del Distrito Minero Yanacocha, Primer Volumen de Monografías de Yacimientos Minerales Peruanos. PRO EXPLO 99. Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. Lima, Perú, pp. 13-22.

**Bell, P, Gómez J, Loayza, C & Pinto, R 2004.** Geology of the Gold Deposits of the Yanacocha District, Northern Peru, in Proceedings PACRIM 2004, pp.1-6 (The Australasian Institute of Mining and Metallurgy: Melbourne)

**Brian K. Townley 2002.** Hidrotermalismo. Geología Económica Departamento de Geología, Universidad de Chile. [http://cabierta.uchile.cl/revista/11/biblioteca/1\\_31/](http://cabierta.uchile.cl/revista/11/biblioteca/1_31/)

**Bruce Geller, 2003.** Mineralización en los taladros ANT-017 y ANT-022, (memorando interno) Cajamarca, Perú, pp. 1-20.

**Canchaya S, & Aranda A, 1995.** Geología Económica. Boletín N° 55 Serie A: Carta Geológica Nacional, INGEMMET, Lima, Perú, pp. 131 – 160.

**CEDIMIN, 1984.** Proyecto Yanacocha, Síntesis de Trabajos Realizados (1981-1983), (Informe interno) Cajamarca, Perú. 15 p.

**Enríquez, J, Rodríguez, O & Rodríguez, R, 2006.** Geología de los Yacimientos Epitermales del tipo de Baja Sulfuración en el corredor estructural San Pablo – Porculla, Norte del Perú. XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos, pp. 724-726.

**Harvey, B, Myers, S, & Klein, T 1999.** Yanacocha Gold District Yanacocha Gold District, Northern Peru, in Proceedings PACRIM 99, pp 445-459 (The Australasian Institute of Mining and Metallurgy: Melbourne)

**Loayza, C, 2002.** Geologic study of Cerro Yanacocha gold-silver deposit, Yanacocha district, northern Peru, Master thesis, 94p, University of Nevada, Reno, USA

**Noble, D, McKee, E, Mourier, T & Megard, F, 1990.** Cenozoic stratigraphy, magmatic activity, compressive deformation, and uplift in northern Peru. Geological Society of America Bull. 102, pp. 1105- 1113.

**Mégard, F, 1984.** The Andean orogenic period and its major structures in central and northern Peru. Geological Society of London, Vol. 141 pp. 893-900

**Mégard, F, 1987.** Structure and evolution of the peruvian Andes. The anatomy of mountain ranges. Princeton University Press, pp. 179-210

**Palacios, O, 1995.** Geología Histórica y Evolución Tectónica. Boletín N° 55 Serie A: Carta Geológica Nacional, INGEMMET, Lima, Perú, pp. 15 - 44

**Petersen, G & Vidal, C, 1983.** Tres épocas metalogénicas evidenciadas en el Cenozoico del Perú, Bol. Sociedad Geológica del Perú N° 71, pp. 107 – 112.

**Quiroz, A, 1997.** El Corredor Estructural Chicama – Yanacocha y su Importancia en la Metalogenia del Norte del Perú, Resúmenes extendidos IX Congreso Peruano de Geología, pp. 149-154, (Sociedad Geológica del Perú).

**Quiroz, A, 2002.** Estudio de rasgos circulares en el distrito aurífero Yanacocha y su relación con estructuras y mineralización. (Informe interno). Cajamarca – Perú. 27p.

**Quispe, J & Pinto, R 2006.** Geología del depósito Antonio distrito minero de Yanacocha. Congreso de Geología, Cajamarca, Perú

**Reyes, L, 1980.** Boletín N°31, Serie A. Carta Geológica Nacional. Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, Lima, Perú, p.

**Rivera M., Monge R., Navarro P. (2005).** Nuevos datos sobre el volcanismo cenozoico (Grupo Calipuy) en el norte del Perú: departamentos de La Libertad y Ancash. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, v. 99, 7-21.

**Sanchez, A & León W, 1995.** Rocas Ígneas. Boletín N° 55 Serie A: Carta Geológica Nacional, INGEMMET, Lima, Perú, pp. 87 - 130.

**Saderholm, E, Steve Moore & The Yanacocha Geology Team, 2002.** Yanacocha District Stratigraphic Summary, Cajamarca, Perú

**Sillitoe, Richard H, 1996.** Comments on Geology and Exploration of the Yanacocha Gold District, Cajamarca, Perú (Informe interno)

**Sirvas, E, Hollister V, 1979.** La formación Calipuy del Norte del Perú. Boletín N°64. Sociedad Geológica del Perú, pp, 1-12.

**Tumialán, P, 2003.** Boletín N°10, Serie B. Compendio de Yacimientos Minerales del Perú; Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, Lima, Perú, pp. 79-431.

**Turner, S, 1997.** The Yanacocha Epithermal Au Deposits, Northern Peru; High Sulfidation Mineralization in a Flow Dome Setting, PhD thesis. Colorado School of Mines, Colorado USA

**Wilson, J, 1984.** Boletín N°38, Serie A. Carta Geológica Nacional. Geología de los cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo, Chepen. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, Lima, Perú, 104 p.



**ANEXO****ANEXO I****DISCUSIÓN SOBRE LA UBICACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL COMPLEJO  
VOLCÁNICO YANACOCCHA**

Durante la recopilación de datos y elaboración del capítulo de geología regional se encontraron algunas controversias sobre la ubicación del paquete volcánico Yanacocha este se resume como sigue:

Turner (1997) plantea que este complejo datado con  $11.79 \pm 0.14$  Ma se encontraría dentro de la formación Porculla del grupo Calipuy, ya que según sus estudios la Fm. Llama infrayace al CVY con una edad de  $15.78 \pm 0.17$  Ma, mientras que el Volcánico Regalado se encontraría sobreyaciendo al CVY con una edad de  $12.26 \pm 0.24$  Ma a  $11.58 \pm 0.36$  Ma y la Fm. Huambos estaría sobreyaciendo a este último con una datación de  $8.42 \pm 0.08$  Ma.

Por el contrario, Longo (2005) basado en las interpretaciones y dataciones de Noble (1990) y dataciones propias, plantea que este complejo (CVY) es más joven que Huambos ( $39.3 \pm 1$ Ma a  $35.1 \pm 1.2$  Ma) y sobreyace a la Secuencia Chala ( $23.2 \pm 1.5$  Ma) denominada así por Noble (1990).

Sin embargo, la secuencia denominada Chala fue anteriormente mapeada por Wilson (1984) como la Fm Huambos con una datación de  $11.4 \pm 0.6$  Ma y  $8.2 \pm 0.2$  Ma.

Últimas dataciones del Calipuy basados en estudios del INGEMMET describen este grupo con una edad que va entre los 52.5 Ma método K/Ar (Webb, 1976) a 14.6 Ma (Noble, 1976) y estudios más recientes del vulcanismo Calipuy mencionan que este grupo se encuentra datado entre 35 – 18 Ma lo cual nos daría una edad comprendida entre el Eoceno Superior y el Mioceno Inferior (Rivera et al., 2005). Lo cual concordaría con las dataciones de Turner, por lo que estos datos están siendo presentados en la estratigrafía regional.

Wilson 1984	Noble 1990	Turner 1997	Longo 2005
Cuaternario	Cuaternario	Cuaternario	Cuaternario
			Volcánicos Yanacocha
	Secuencia Chala		Secuencia Chala
Formación Huambos	Formación Huambos	Formación Huambos	Formación Huambos
		Miembro Fraylones	
		Miembro Otuzco	
Volcánicos Porculla	Volcánicos Porculla	Volcánicos Porculla	Volcánicos Porculla
		Regalado	
		Volcánicos Yanacocha	
Volcánicos Llama	Volcánicos Llama	Volcánicos Llama	Volcánicos Llama
Basamento Cretacico	Basamento Cretacico	Basamento Cretacico	Basamento Cretacico

Comparación De La Columna Por Varios Autores Para El Área De Yanacocha

## ANEXO II

TABLAS DE CORRELACIÓN POR LITOLOGÍA

## 2.1 BRECHA HIDROTHERMAL

	Au	Ag	Cu	Hg	As	Sb	Ba	Fe	Pb	Zn	S	Te	Bi	Tl	Al	K	Na	Mg	Cr	Ti
Au	1																			
Ag	0.469	1																		
Cu	-0.188	-0.055	1																	
Hg	0.552	0.630	0.104	1																
As	0.218	-0.085	0.110	-0.007	1															
Sb	0.617	0.711	-0.051	0.700	-0.025	1														
Ba	0.106	0.206	-0.274	-0.158	-0.046	0.261	1													
Fe	-0.268	-0.289	0.639	-0.075	0.517	-0.190	-0.294	1												
Pb	0.238	0.075	-0.063	-0.051	0.827	0.125	0.258	0.174	1											
Zn	-0.213	-0.149	-0.008	-0.087	0.277	-0.152	-0.050	0.391	0.206	1										
S	-0.192	0.053	-0.119	-0.162	0.245	-0.104	0.133	-0.019	0.457	0.307	1									
Te	-0.244	-0.057	0.668	0.115	0.234	-0.046	-0.111	0.531	0.241	0.023	0.063	1								
Bi	0.042	0.687	0.096	0.262	-0.052	0.318	-0.012	-0.107	0.034	-0.071	0.066	0.084	1							
Tl	-0.202	-0.096	0.003	-0.071	0.607	-0.068	-0.020	0.315	0.497	0.229	0.382	0.149	-0.061	1						
Al	-0.151	0.060	0.333	-0.058	0.226	-0.102	0.040	0.312	0.240	0.155	0.341	0.418	0.023	0.054	1					
K	-0.176	0.194	-0.100	-0.084	0.302	-0.070	0.210	-0.031	0.467	0.052	0.513	0.224	0.027	0.506	0.599	1				
Na	-0.209	-0.090	0.216	-0.083	-0.174	-0.186	-0.090	0.006	-0.188	-0.037	0.206	-0.008	-0.111	-0.147	0.552	0.181	1			
Mg	-0.287	-0.143	0.160	-0.007	-0.184	-0.270	-0.034	0.119	-0.182	0.376	-0.185	0.212	-0.186	-0.147	0.046	-0.004	0.105	1		
Cr	-0.182	0.010	-0.160	-0.290	-0.218	0.057	0.317	-0.312	0.020	0.030	0.257	-0.260	0.234	-0.085	-0.293	-0.146	-0.100	-0.049	1	
Ti	-0.315	-0.128	0.158	-0.006	-0.182	-0.259	-0.052	0.108	-0.134	0.300	-0.153	0.251	-0.178	-0.146	0.024	0.038	0.105	0.973	-0.052	1

## 2.1 DIQUE

	Au	Ag	Cu	Hg	As	Sb	Ba	Fe	Pb	Zn	S	Te	Bi	Tl	Al	K	Na	Mg	Cr	Ti
Au	1																			
Ag	0.135	1																		
Cu	0.365	-0.158	1																	
Hg	0.156	0.614	-0.277	1																
As	0.749	0.685	0.099	0.566	1															
Sb	0.205	0.791	-0.279	0.946	0.70	1														
Ba	-0.125	-0.289	0.034	0.289	-0.11	0.189	1													
Fe	0.928	0.252	0.335	0.190	0.79	0.262	-0.140	1												
Pb	0.270	0.703	-0.306	0.606	0.77	0.744	-0.098	0.314	1											
Zn	0.767	0.684	0.110	0.495	0.96	0.605	-0.300	0.820	0.673	1										
S	-0.016	0.979	-0.255	0.621	0.60	0.783	-0.255	0.136	0.723	0.598	1									
Te	0.749	0.591	0.015	0.527	0.93	0.618	-0.183	0.735	0.771	0.917	0.505	1								
Bi	0.156	0.775	-0.259	0.551	0.62	0.657	-0.258	0.142	0.733	0.577	0.740	0.708	1							
Tl	-0.111	0.875	-0.363	0.576	0.55	0.739	-0.181	0.043	0.826	0.508	0.940	0.453	0.683	1						
Al	-0.301	-0.433	0.259	-0.687	-0.48	-0.662	0.136	-0.206	-0.594	-0.493	-0.421	-0.500	-0.335	-0.418	1					
K	-0.158	-0.077	-0.484	-0.020	-0.01	-0.046	-0.131	0.018	0.344	0.024	0.060	0.122	0.016	0.238	-0.051	1				
Na	-0.335	-0.382	-0.132	-0.418	-0.44	-0.489	-0.123	-0.253	-0.163	-0.312	-0.264	-0.260	-0.333	-0.175	0.220	0.707	1			
Mg	-0.364	-0.448	0.020	-0.598	-0.50	-0.583	0.102	-0.224	-0.308	-0.456	-0.351	-0.434	-0.511	-0.251	0.559	0.513	0.830	1		
Cr	-0.064	0.503	-0.179	0.958	0.51	0.898	0.426	0.196	0.482	0.400	0.498	0.408	0.402	0.465	-0.603	-0.163	-0.576	-0.651	1	
Ti	-0.409	0.226	-0.216	-0.046	-0.47	-0.159	0.588	-0.362	-0.138	-0.530	-0.371	-0.414	-0.538	-0.206	0.054	0.485	0.612	0.653	-0.040	1

## 2.2 DOMO

	Au	Ag	Cu	Hg	As	Sb	Ba	Fe	Pb	Zn	S	Te	Bi	Tl	Al	K	Na	Mg	Cr	Ti	
Au	1																				
Ag	0.076	1																			
Cu	0.069	0.139	1																		
Hg	0.138	0.386	0.114	1																	
As	0.419	0.267	0.484	0.312	1																
Sb	0.013	-0.005	0.073	0.277	0.473	1															
Ba	0.197	-0.169	0.289	-0.010	0.169	0.159	1														
Fe	0.234	-0.006	0.766	0.155	0.742	0.260	0.333	1													
Pb	0.348	0.285	0.503	0.394	0.946	0.434	0.158	0.734	1												
Zn	0.304	0.135	0.526	0.349	0.863	0.313	0.249	0.820	0.914	1											
S	0.431	-0.001	0.496	0.246	0.631	0.308	0.313	0.662	0.736	0.694	1										
Te	-0.049	-0.168	0.140	0.047	0.392	0.865	0.153	0.277	0.265	0.170	0.217	1									
Bi	0.377	0.200	0.125	0.503	0.613	0.369	0.071	0.446	0.710	0.669	0.556	0.079	1								
Tl	0.121	0.107	0.345	0.397	0.515	0.352	0.131	0.518	0.687	0.627	0.763	0.141	0.687	1							
Al	0.113	-0.672	-0.029	-0.197	-0.157	-0.122	0.349	0.146	-0.157	0.106	0.027	-0.109	-0.088	-0.110	1						
K	-0.051	-0.354	0.352	-0.041	0.116	0.019	0.390	0.439	0.254	0.297	0.646	0.039	0.135	0.611	0.254	1					
Na	-0.137	-0.649	-0.087	-0.218	-0.249	-0.189	0.215	-0.042	-0.235	-0.021	-0.092	-0.189	-0.151	-0.129	0.732	0.311	1				
Mg	0.000	-0.480	-0.060	-0.139	-0.137	-0.105	0.396	0.017	-0.133	0.121	0.032	-0.105	-0.067	-0.103	0.576	0.222	0.651	1			
Cr	0.234	-0.061	0.296	0.071	0.612	0.785	0.322	0.517	0.481	0.391	0.396	0.762	0.283	0.214	-0.036	0.170	-0.105	-0.037	1		
Ti	-0.080	-0.606	0.014	-0.222	-0.078	-0.111	0.316	0.133	-0.104	0.067	-0.095	-0.101	-0.110	-0.092	0.739	0.268	0.860	0.496	0.042	1	

## 2.3 LAMINADO

	Au	Ag	Cu	Hg	As	Sb	Ba	Fe	Pb	Zn	S	Te	Bi	Tl	Al	K	Na	Mg	Cr	Ti
Au	1																			
Ag	0.443	1																		
Cu	-0.167	-0.286	1																	
Hg	0.230	0.735	-0.227	1																
As	0.181	-0.070	0.260	-0.101	1															
Sb	0.490	0.809	-0.291	0.714	0.012	1														
Ba	0.047	0.446	-0.120	0.338	-0.230	0.412	1													
Fe	-0.126	-0.251	0.551	-0.045	0.575	-0.203	-0.168	1												
Pb	0.122	-0.052	0.222	-0.081	0.802	0.025	-0.178	0.373	1											
Zn	0.188	0.178	0.106	0.477	0.349	0.261	-0.072	0.395	0.340	1										
S	0.145	0.032	0.164	0.014	0.497	0.112	-0.217	0.296	0.644	0.479	1									
Te	0.530	0.475	0.169	0.350	0.221	0.579	0.419	0.122	0.215	0.208	0.228	1								
Bi	0.140	0.676	-0.170	0.498	-0.183	0.537	0.316	-0.274	-0.122	-0.021	-0.003	0.198	1							
Tl	0.509	0.339	-0.172	0.167	0.083	0.484	0.079	-0.061	0.044	0.185	0.181	0.398	0.078	1						
Al	-0.127	-0.095	-0.199	-0.045	-0.204	-0.145	-0.149	-0.151	-0.146	0.030	-0.183	-0.232	-0.138	-0.085	1					
K	0.041	0.200	-0.316	0.178	0.198	0.144	-0.151	0.021	0.358	0.218	0.416	-0.039	0.001	0.092	0.131	1				
Na	0.015	0.068	-0.256	0.064	-0.158	-0.032	-0.125	-0.307	-0.002	0.130	0.086	-0.036	0.070	0.002	0.232	0.302	1			
Mg	0.058	0.069	-0.169	0.022	-0.145	-0.010	-0.124	-0.294	0.021	-0.043	-0.145	0.053	0.018	0.019	0.733	0.054	0.438	1		
Cr	0.518	0.262	-0.032	0.065	-0.053	0.419	0.297	-0.216	-0.030	-0.125	0.047	0.444	0.388	0.371	-0.339	-0.280	-0.232	-0.144	1	
Ti	-0.006	-0.049	0.442	-0.096	-0.116	-0.124	0.060	-0.006	-0.168	-0.167	-0.061	0.132	0.137	-0.064	-0.054	-0.388	-0.124	0.009	0.189	1

## 2.4 UNIDAD MAQUI MAQUI

	Au	Ag	Cu	Hg	As	Sb	Ba	Fe	Pb	Zn	S	Te	Bi	Tl	Al	K	Na	Mg	Cr	Ti
Au	1																			
Ag	0.043	1																		
Cu	-0.024	0.029	1																	
Hg	0.169	0.528	0.066	1																
As	-0.029	0.027	0.145	0.098	1															
Sb	-0.053	0.588	-0.042	0.548	0.087	1														
Ba	0.070	0.235	-0.211	0.368	-0.166	0.446	1													
Fe	-0.072	-0.029	0.401	0.223	0.497	0.018	-0.188	1												
Pb	-0.029	0.115	0.023	0.212	0.825	0.245	0.042	0.298	1											
Zn	0.160	0.173	-0.042	0.417	0.395	0.198	0.046	0.238	0.384	1										
S	-0.036	-0.040	-0.001	0.017	0.129	-0.017	-0.115	0.125	0.212	0.033	1									
Te	-0.026	0.511	0.138	0.566	0.139	0.330	0.101	0.205	0.258	0.195	0.081	1								
Bi	-0.049	0.728	-0.005	0.333	0.089	0.550	0.154	-0.038	0.137	0.039	-0.014	0.454	1							
Tl	-0.029	0.031	-0.102	0.193	0.394	0.116	-0.021	0.181	0.569	0.374	0.220	0.316	0.126	1						
Al	-0.118	0.042	-0.019	-0.026	-0.041	-0.049	-0.009	0.059	0.045	-0.084	0.053	0.101	-0.015	0.015	1					
K	-0.145	0.065	-0.003	0.167	0.060	0.019	0.009	0.186	0.092	-0.056	0.349	0.262	0.031	0.188	0.433	1				
Na	-0.060	-0.026	0.168	0.128	-0.037	-0.073	-0.040	0.098	-0.001	-0.030	0.194	0.071	-0.050	0.028	0.329	0.572	1			
Mg	0.075	-0.041	0.156	0.099	0.011	-0.053	0.079	0.021	0.124	0.103	-0.069	0.002	-0.122	-0.021	0.347	-0.088	0.334	1		
Cr	0.087	-0.003	-0.061	-0.197	-0.116	-0.071	0.138	-0.168	-0.054	-0.052	0.195	-0.086	0.069	-0.017	-0.262	-0.288	-0.154	0.010	1	
Ti	0.071	-0.020	0.148	0.150	-0.026	0.005	0.144	-0.001	0.079	0.106	-0.083	0.028	-0.115	-0.005	0.198	-0.123	0.314	0.872	0.063	1

## 2.5 ANDESITA SUPERIOR

	Au	Ag	Cu	Hg	As	Sb	Ba	Fe	Pb	Zn	S	Te	Bi	Tl	Al	K	Na	Mg	Cr	Ti
Au	1																			
Ag	0.173	1																		
Cu	0.242	0.214	1																	
Hg	0.269	<b>0.802</b>	<b>0.404</b>	1																
As	0.062	0.131	0.285	0.254	1															
Sb	0.169	<b>0.632</b>	<b>0.441</b>	<b>0.691</b>	<b>0.325</b>	1														
Ba	0.148	<b>0.630</b>	0.164	<b>0.587</b>	0.172	<b>0.614</b>	1													
Fe	0.121	0.106	<b>0.661</b>	<b>0.396</b>	<b>0.575</b>	<b>0.335</b>	0.122	1												
Pb	0.045	0.134	0.232	0.222	<b>0.977</b>	<b>0.316</b>	0.182	<b>0.502</b>	1											
Zn	0.004	-0.035	0.084	-0.007	0.095	0.005	-0.063	0.103	0.072	1										
S	0.081	-0.046	0.051	-0.044	0.023	-0.044	-0.132	0.010	0.004	<b>0.593</b>	1									
Te	<b>0.610</b>	<b>0.442</b>	<b>0.545</b>	<b>0.655</b>	<b>0.365</b>	<b>0.638</b>	<b>0.391</b>	<b>0.454</b>	<b>0.342</b>	-0.017	-0.007	1								
Bi	0.105	<b>0.585</b>	0.172	<b>0.566</b>	<b>0.576</b>	<b>0.320</b>	<b>0.425</b>	0.297	<b>0.594</b>	-0.024	-0.028	<b>0.312</b>	1							
Tl	0.124	0.200	0.179	<b>0.487</b>	<b>0.333</b>	<b>0.349</b>	0.087	<b>0.365</b>	0.272	<b>0.304</b>	0.243	<b>0.375</b>	0.232	1						
Al	-0.128	-0.288	-0.191	<b>-0.314</b>	-0.222	-0.386	-0.280	-0.085	-0.229	0.126	0.107	<b>-0.366</b>	-0.243	-0.110	1					
K	0.049	-0.155	-0.084	-0.160	-0.049	-0.081	-0.079	-0.104	-0.054	-0.185	0.045	-0.078	-0.178	-0.135	-0.181	1				
Na	-0.119	-0.236	-0.253	-0.288	-0.283	-0.289	-0.244	<b>-0.309</b>	-0.268	-0.276	<b>-0.321</b>	<b>-0.337</b>	-0.236	-0.310	-0.104	<b>0.446</b>	1			
Mg	-0.062	-0.185	-0.132	-0.228	-0.222	-0.243	-0.142	-0.159	-0.211	-0.036	0.019	-0.249	-0.175	-0.220	0.172	<b>0.374</b>	0.226	1		
Cr	0.039	<b>0.313</b>	0.295	<b>0.323</b>	<b>0.364</b>	<b>0.427</b>	0.265	0.192	<b>0.402</b>	0.048	0.059	<b>0.523</b>	<b>0.307</b>	0.113	<b>-0.343</b>	0.008	-0.132	-0.129	1	
Ti	-0.180	-0.214	-0.175	-0.264	-0.231	-0.245	-0.205	-0.166	-0.215	-0.172	<b>-0.431</b>	-0.348	-0.167	-0.250	0.193	-0.070	<b>0.504</b>	0.129	-0.241	1



## ANEXO III

TABLAS DE CORRELACIÓN POR ALTERACIÓN

## 3.1 SILICE MASIVO

	Au	Ag	Cu	Hg	As	Sb	Ba	Fe	Pb	Zn	S	Te	Bi	Tl	Al	K	Na	Mg	Cr	Ti
Au	1																			
Ag	0.214	1																		
Cu	-0.101	0.077	1																	
Hg	<b>0.532</b>	<b>0.514</b>	0.113	1																
As	-0.051	-0.034	<b>0.328</b>	0.001	1															
Sb	<b>0.520</b>	<b>0.685</b>	-0.021	<b>0.718</b>	-0.062	1														
Ba	0.050	<b>0.377</b>	-0.153	0.091	-0.194	<b>0.437</b>	1													
Fe	-0.093	-0.124	<b>0.530</b>	-0.007	<b>0.563</b>	-0.161	-0.237	1												
Pb	0.024	0.195	0.139	0.044	<b>0.805</b>	0.171	0.100	<b>0.329</b>	1											
Zn	0.086	0.046	0.046	0.095	<b>0.384</b>	0.051	0.052	0.298	<b>0.480</b>	1										
S	-0.057	0.119	0.233	0.010	0.221	-0.046	0.027	<b>0.367</b>	<b>0.368</b>	0.087	1									
Te	-0.020	<b>0.355</b>	<b>0.356</b>	0.251	0.180	0.112	0.128	<b>0.321</b>	0.242	0.145	<b>0.325</b>	1								
Bi	0.039	<b>0.829</b>	0.051	0.293	-0.086	<b>0.467</b>	0.292	-0.145	0.090	0.011	<b>0.044</b>	<b>0.365</b>	1							
Tl	0.151	-0.011	0.040	0.016	<b>0.334</b>	-0.010	-0.036	0.287	<b>0.405</b>	<b>0.339</b>	0.297	0.233	-0.037	1						
Al	-0.250	-0.030	0.213	-0.037	0.179	-0.093	-0.050	<b>0.325</b>	0.246	-0.047	<b>0.373</b>	0.230	-0.037	0.039	1					
K	-0.227	0.069	0.202	0.055	0.130	-0.065	-0.026	0.250	0.215	-0.060	<b>0.552</b>	<b>0.432</b>	-0.005	0.084	<b>0.669</b>	1				
Na	-0.133	-0.091	0.201	-0.026	-0.112	-0.148	-0.050	0.050	-0.109	-0.038	<b>0.323</b>	0.042	-0.124	0.021	<b>0.400</b>	<b>0.447</b>	1			
Mg	-0.014	-0.173	0.079	-0.017	-0.020	-0.161	-0.006	0.058	0.023	0.169	-0.131	0.021	-0.169	0.061	0.217	-0.009	0.285	1		
Cr	0.054	0.018	-0.226	-0.183	-0.282	0.058	0.221	<b>-0.300</b>	-0.196	-0.103	-0.056	-0.156	0.190	0.005	<b>-0.408</b>	<b>-0.412</b>	-0.188	-0.072	1	
Ti	0.014	-0.128	0.091	0.048	-0.063	-0.099	0.090	0.049	-0.071	0.237	-0.144	0.048	-0.156	0.091	-0.174	-0.101	0.211	<b>0.760</b>	0.050	1

## 3.2 SILICE VUGGY

	Au	Ag	Cu	Hg	As	Sb	Ba	Fe	Pb	Zn	S	Te	Bi	Tl	Al	K	Na	Mg	Cr	Ti
Au	1																			
Ag	0.253	1																		
Cu	-0.059	-0.053	1																	
Hg	0.123	0.499	0.122	1																
As	0.119	0.116	0.059	0.145	1															
Sb	-0.035	0.210	-0.065	0.325	0.166	1														
Ba	0.119	0.223	-0.308	0.244	-0.169	0.363	1													
Fe	-0.099	-0.002	0.451	0.337	0.462	0.106	-0.245	1												
Pb	0.129	0.158	-0.054	0.145	0.911	0.241	-0.048	0.256	1											
Zn	0.174	0.307	-0.057	0.558	0.458	0.180	0.011	0.419	0.408	1										
S	-0.050	0.082	-0.094	0.023	0.237	0.027	-0.172	0.071	0.305	0.214	1									
Te	-0.013	0.266	0.347	0.456	0.276	0.242	-0.007	0.320	0.339	0.208	0.037	1								
Bi	-0.059	0.709	0.117	0.375	0.148	0.177	0.026	0.132	0.149	0.137	0.205	0.367	1							
Tl	-0.043	0.168	-0.114	0.157	0.438	0.133	-0.041	0.174	0.523	0.375	0.248	0.445	0.132	1						
Al	-0.135	0.129	-0.033	0.122	-0.024	-0.038	-0.066	0.181	-0.073	0.073	0.099	-0.006	0.112	0.051	1					
K	-0.139	0.262	-0.142	0.144	0.194	0.065	-0.012	0.145	0.182	0.150	0.343	0.015	0.205	0.270	0.703	1				
Na	-0.085	0.068	0.061	0.067	-0.149	-0.117	-0.120	-0.077	-0.145	-0.026	0.166	-0.122	0.071	-0.058	0.456	0.438	1			
Mg	0.057	0.014	0.167	0.115	-0.136	-0.070	0.008	-0.110	-0.107	-0.061	0.025	-0.038	0.007	-0.103	-0.007	-0.188	0.487	1		
Cr	0.170	-0.106	0.017	-0.241	-0.051	-0.184	0.064	-0.180	0.026	-0.037	0.289	-0.085	-0.087	-0.037	-0.409	-0.319	-0.078	0.163	1	
Ti	0.031	0.014	0.163	0.098	-0.151	-0.071	0.013	-0.106	-0.112	-0.094	0.025	0.024	0.021	-0.091	-0.045	-0.190	0.415	0.940	0.158	1

### 3.3 SILICE GRANULAR

	Au	Ag	Cu	Hg	As	Sb	Ba	Fe	Pb	Zn	S	Te	Bi	Tl	Al	K	Na	Mg	Cr	Ti
Au	1																			
Ag	0.368	1																		
Cu	0.015	-0.226	1																	
Hg	0.181	0.721	-0.212	1																
As	-0.102	-0.157	0.791	-0.150	1															
Sb	-0.034	0.412	-0.151	0.532	-0.029	1														
Ba	0.019	0.395	-0.137	0.397	-0.198	0.373	1													
Fe	-0.073	-0.299	0.832	-0.140	0.728	-0.116	-0.195	1												
Pb	-0.084	-0.113	0.721	-0.122	0.840	-0.043	-0.161	0.497	1											
Zn	0.002	0.032	0.333	-0.094	0.419	-0.121	-0.234	0.228	0.517	1										
S	-0.112	-0.156	0.477	-0.122	0.565	-0.022	-0.253	0.363	0.592	0.599	1									
Te	0.615	0.445	0.296	0.521	0.239	0.484	0.183	0.248	0.164	0.018	0.131	1								
Bi	-0.028	0.212	-0.075	0.209	0.039	0.499	0.064	-0.059	-0.019	-0.116	-0.022	0.186	1							
Au	0.029	0.179	-0.076	0.278	0.184	0.457	-0.095	0.037	0.051	0.021	0.215	0.255	0.408	1						
Ag	-0.057	-0.129	-0.147	-0.085	-0.131	-0.099	-0.128	-0.102	-0.086	-0.123	-0.074	-0.091	-0.052	-0.041	1					
Cu	0.018	0.021	-0.046	0.077	0.115	0.088	-0.071	-0.022	0.158	-0.035	0.333	0.204	-0.011	0.113	0.152	1				
Hg	-0.046	-0.015	0.034	-0.078	0.022	0.020	-0.113	-0.031	0.118	0.250	0.312	0.130	-0.036	-0.157	0.265	0.561	1			
As	-0.041	0.143	-0.136	-0.020	-0.079	0.125	0.105	-0.257	0.136	0.074	-0.084	-0.031	-0.169	-0.132	0.196	0.209	0.547	1		
Sb	-0.027	0.128	-0.111	0.131	-0.107	0.258	0.250	-0.161	-0.070	-0.101	0.059	-0.003	0.063	0.168	-0.225	-0.098	-0.248	-0.075	1	
Ba	-0.125	0.065	0.044	-0.122	-0.124	0.100	0.189	-0.107	-0.133	-0.142	-0.082	-0.067	-0.119	-0.217	0.050	-0.097	0.020	0.359	0.194	1

### 3.4 ARGILICO AVANZADO

	Au	Ag	Cu	Hg	As	Sb	Ba	Fe	Pb	Zn	S	Te	Bi	Tl	Al	K	Na	Mg	Cr	Ti
Au	1																			
Ag	0.181	1																		
Cu	-0.194	-0.109	1																	
Hg	0.486	0.737	-0.201	1																
As	-0.163	-0.037	0.336	-0.121	1															
Sb	0.395	0.876	-0.129	0.877	-0.049	1														
Ba	-0.015	0.231	-0.100	0.332	-0.181	0.254	1													
Fe	-0.228	-0.173	0.656	-0.266	0.744	-0.180	-0.216	1												
Pb	-0.113	-0.007	0.152	-0.072	0.831	-0.019	-0.128	0.551	1											
Zn	-0.066	-0.080	0.372	-0.039	0.377	-0.046	-0.134	0.495	0.197	1										
S	0.366	-0.054	0.035	0.198	0.213	0.163	-0.297	0.154	0.382	0.319	1									
Te	0.043	0.512	0.405	0.330	0.136	0.439	0.182	0.254	0.115	0.204	0.027	1								
Bi	0.145	0.851	0.026	0.648	0.071	0.800	0.189	-0.054	0.043	-0.027	-0.056	0.497	1							
Tl	0.523	0.001	-0.202	0.331	-0.141	0.277	-0.038	-0.213	0.020	0.003	0.616	-0.072	-0.032	1						
Al	-0.254	-0.014	-0.301	-0.210	-0.327	-0.167	-0.053	-0.355	-0.234	-0.009	0.007	-0.186	-0.127	-0.195	1					
K	-0.162	-0.092	-0.118	-0.148	0.218	-0.126	-0.248	0.270	0.506	-0.090	0.285	-0.027	-0.117	0.036	-0.048	1				
Na	-0.214	-0.088	-0.249	-0.169	-0.274	-0.142	-0.080	-0.312	-0.197	-0.237	-0.184	-0.133	-0.068	-0.118	0.131	0.414	1			
Mg	-0.214	0.022	-0.259	-0.171	-0.279	-0.129	0.013	-0.325	-0.182	-0.079	-0.262	-0.114	-0.099	-0.150	0.469	0.108	0.449	1		
Cr	0.614	0.397	0.010	0.561	-0.034	0.557	0.266	-0.097	-0.018	-0.007	0.302	0.303	0.390	0.468	-0.321	-0.177	-0.239	-0.296	1	
Ti	-0.343	-0.007	0.308	-0.224	-0.086	-0.169	0.300	-0.027	-0.103	0.086	-0.255	0.112	-0.163	-0.280	0.255	-0.181	0.040	0.358	-0.191	1

## 3.4 ARGÍLICO

	Au	Ag	Cu	Hg	As	Sb	Ba	Fe	Pb	Zn	S	Te	Bi	Tl	Al	K	Na	Mg	Cr	Ti
Au	1																			
Ag	0.205	1																		
Cu	0.027	0.108	1																	
Hg	0.106	0.376	0.260	1																
As	0.108	-0.014	0.425	0.278	1															
Sb	0.062	0.389	0.470	0.520	0.154	1														
Ba	-0.034	0.169	0.198	0.081	0.033	0.284	1													
Fe	0.279	-0.002	0.738	0.200	0.725	0.306	0.180	1												
Pb	0.056	-0.026	0.418	0.341	0.954	0.151	0.025	0.696	1											
Zn	0.885	-0.023	0.057	0.040	0.113	0.048	-0.066	0.341	0.077	1										
S	0.766	-0.022	0.061	0.014	0.103	0.042	-0.048	0.323	0.082	0.904	1									
Te	0.015	0.114	0.391	0.205	0.339	0.514	0.113	0.415	0.292	0.028	0.013	1								
Bi	0.182	0.791	0.210	0.594	0.358	0.582	0.207	0.286	0.394	0.011	0.021	0.239	1							
Tl	0.643	0.004	0.149	0.212	0.303	0.143	0.061	0.453	0.381	0.750	0.818	0.064	0.241	1						
Al	-0.036	-0.124	-0.160	-0.281	-0.201	-0.208	0.293	-0.059	-0.216	-0.017	0.070	-0.184	-0.182	-0.031	1					
K	-0.044	-0.059	0.262	-0.053	0.097	0.031	0.250	0.374	0.219	-0.017	0.021	0.091	0.029	0.267	0.170	1				
Na	-0.080	-0.124	-0.102	-0.243	-0.229	-0.145	0.101	-0.081	-0.229	-0.075	-0.153	-0.170	-0.190	-0.208	0.490	0.436	1			
Mg	-0.046	-0.099	-0.077	-0.210	-0.165	-0.146	0.144	-0.053	-0.165	-0.073	-0.121	-0.125	-0.137	-0.187	0.601	0.204	0.648	1		
Cr	0.126	0.263	0.557	0.279	0.549	0.577	0.281	0.646	0.439	0.073	0.112	0.544	0.491	0.127	-0.100	0.232	-0.067	-0.050	1	
Ti	-0.118	-0.145	-0.052	-0.285	-0.140	-0.168	0.186	-0.008	-0.164	-0.120	-0.166	-0.188	-0.205	-0.187	0.583	0.313	0.825	0.653	-0.078	1

## 3.5 PROPILÍTICO

	Au	Ag	Cu	Hg	As	Sb	Ba	Fe	Pb	Zn	S	Te	Bi	Tl	Al	K	Na	Mg	Cr	Ti	
Au	1																				
Ag	-0.016	1																			
Cu	0.027	<b>0.903</b>	1																		
Hg	-0.014	<b>1.000</b>	<b>0.904</b>	1																	
As	0.058	<b>0.940</b>	<b>0.886</b>	<b>0.939</b>	1																
Sb	-0.015	<b>0.998</b>	<b>0.902</b>	<b>0.997</b>	<b>0.948</b>	1															
Ba	-0.039	<b>0.485</b>	<b>0.375</b>	<b>0.484</b>	<b>0.435</b>	<b>0.487</b>	1														
Fe	-0.117	<b>0.660</b>	<b>0.754</b>	<b>0.661</b>	<b>0.657</b>	<b>0.662</b>	<b>0.340</b>	1													
Pb	0.189	<b>0.762</b>	<b>0.670</b>	<b>0.754</b>	<b>0.867</b>	<b>0.793</b>	<b>0.402</b>	<b>0.474</b>	1												
Zn	0.040	0.021	0.266	0.026	0.225	0.023	-0.232	0.186	0.068	1											
S	0.073	-0.022	0.151	-0.014	0.208	-0.028	-0.218	0.011	0.048	<b>0.815</b>	1										
Te	0.051	<b>0.937</b>	<b>0.851</b>	<b>0.934</b>	<b>0.911</b>	<b>0.947</b>	<b>0.574</b>	<b>0.606</b>	<b>0.813</b>	-0.015	-0.083	1									
Bi	-0.013	<b>0.999</b>	<b>0.901</b>	<b>0.998</b>	<b>0.947</b>	<b>1.000</b>	<b>0.489</b>	<b>0.659</b>	<b>0.789</b>	0.022	-0.027	<b>0.947</b>	1								
Tl	0.173	0.092	0.220	0.096	<b>0.356</b>	0.094	-0.184	0.044	0.256	0.835	<b>0.854</b>	0.045	0.094	1							
Al	0.069	-0.296	-0.130	-0.295	-0.174	-0.289	-0.148	-0.005	-0.206	0.203	0.134	-0.291	-0.292	0.251	1						
K	0.031	-0.225	<b>-0.381</b>	-0.229	<b>-0.315</b>	-0.228	0.093	<b>-0.398</b>	-0.176	<b>-0.394</b>	<b>-0.333</b>	-0.109	-0.224	<b>-0.370</b>	-0.504	1					
Na	-0.189	-0.294	<b>-0.440</b>	<b>-0.300</b>	<b>-0.462</b>	<b>-0.301</b>	-0.122	<b>-0.394</b>	<b>-0.351</b>	<b>-0.417</b>	<b>-0.387</b>	<b>-0.363</b>	<b>-0.301</b>	<b>-0.465</b>	-0.188	<b>0.362</b>	1				
Mg	-0.033	<b>-0.326</b>	<b>-0.306</b>	<b>-0.326</b>	<b>-0.478</b>	<b>-0.336</b>	-0.035	-0.243	<b>-0.463</b>	<b>-0.356</b>	<b>-0.458</b>	-0.274	<b>-0.334</b>	<b>-0.547</b>	0.184	0.267	0.240	1			
Cr	-0.007	0.087	0.064	0.086	0.163	0.091	0.035	-0.025	0.269	0.027	0.030	0.147	0.091	0.213	-0.026	0.140	0.042	-0.059	1		
Ti	0.006	0.149	-0.210	-0.238	<b>-0.328</b>	-0.236	-0.264	-0.213	-0.277	-0.064	-0.270	-0.279	-0.237	-0.230	0.167	0.001	<b>0.396</b>	0.509	0.041	1	

## 3.7 FRESCO

	Au	Ag	Cu	Hg	As	Sb	Ba	Fe	Pb	Zn	S	Te	Bi	Tl	Al	K	Na	Mg	Cr	Ti
Au	1																			
Ag	0.119	1																		
Cu	0.172	0.221	1																	
Hg	-0.025	<b>0.767</b>	0.066	1																
As	-0.034	<b>0.329</b>	0.265	0.287	1															
Sb	-0.024	0.061	0.046	<b>0.350</b>	<b>0.644</b>	1														
Ba	-0.001	-0.017	0.046	0.041	0.169	0.144	1													
Fe	-0.013	0.262	<b>0.817</b>	0.141	<b>0.534</b>	0.229	0.080	1												
Pb	-0.032	<b>0.309</b>	0.256	0.291	<b>0.992</b>	<b>0.670</b>	0.163	<b>0.513</b>	1											
Zn	0.257	0.076	<b>0.329</b>	0.012	0.151	0.055	-0.006	0.227	0.145	1										
S	<b>0.440</b>	0.053	0.178	-0.014	0.023	0.003	-0.083	0.007	0.023	<b>0.497</b>	1									
Te	0.042	<b>0.404</b>	0.091	<b>0.639</b>	<b>0.597</b>	<b>0.906</b>	0.119	0.230	<b>0.616</b>	0.088	0.063	1								
Bi	-0.028	0.175	0.203	0.021	<b>0.700</b>	0.110	0.101	<b>0.380</b>	<b>0.715</b>	0.044	0.017	0.060	1							
Tl	0.063	0.156	0.212	0.205	<b>0.508</b>	<b>0.473</b>	0.084	0.265	0.500	<b>0.491</b>	0.259	<b>0.446</b>	0.183	1						
Al	-0.038	-0.166	<b>0.333</b>	-0.078	-0.179	-0.178	0.128	<b>0.305</b>	-0.191	0.110	0.016	-0.196	-0.177	-0.072	1					
K	<b>0.377</b>	-0.124	0.159	-0.163	-0.098	-0.087	0.126	-0.023	-0.107	0.280	<b>0.458</b>	-0.104	-0.139	0.171	-0.010	1				
Na	-0.028	-0.257	-0.105	-0.218	-0.264	-0.159	0.014	-0.202	-0.257	-0.085	-0.192	-0.225	-0.194	-0.258	-0.130	<b>0.451</b>	1			
Mg	0.152	-0.162	0.022	-0.172	-0.153	-0.106	0.206	-0.049	-0.149	<b>0.368</b>	0.249	-0.117	-0.112	-0.118	0.152	<b>0.460</b>	0.111	1		
Cr	0.039	<b>0.605</b>	0.113	<b>0.725</b>	0.547	<b>0.585</b>	0.109	0.225	<b>0.547</b>	0.114	0.150	0.776	0.263	<b>0.361</b>	-0.278	0.049	-0.071	-0.037	1	
Ti	-0.222	-0.273	0.001	-0.252	-0.164	-0.103	0.020	0.021	-0.159	-0.149	<b>-0.470</b>	-0.173	-0.088	-0.296	0.254	-0.143	<b>0.432</b>	-0.053	-0.191	1