

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA
Y MELURGICA**



“GEOLOGIA DEL PROYECTO AURIFERO QUECHER, DISTRITO MINERO YANACOCHA. CAJAMARCA-PERU”

**INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL PARA
OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
GEOLOGO**

PRESENTADO POR:

EDUARDO DIAZ ARIAS

**LIMA – PERU
2008**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a las personas que confiaron en mí, y a todos los que confían en mí ahora.

AGRADECIMIENTO

En especial a mi familia porque estoy absolutamente seguro que sin alguno de ellos muchas cosas serian diferentes ahora, gracias Bruno, Josefina, Heidi & Meche.

A cada una de las personas que me brindaron la oportunidad de aprender mucho de sus experiencias personales y profesionales como Lewis Teal, Rita Pinto & Werner Warscheid.

También, a Cindy Williams por haber autorizado esta publicación en su debido momento y por creer que Eduardo tiene habilidades para ser un explorador. A Carlos Loayza por haber aportado a la compilación de información para este trabajo.

Una especial mención a César Vidal por dirigirme hacia esta gran empresa “Yanacocha” y a Bruce Harvey por darme la oportunidad aquí, por haber estado cerca de mi en los inicios de mi vida profesional.

En general, a mis amigos laborales del área de geología MYSRL como Cecilia Ventocilla, Doris Dávalos, Iván Ramírez, Julio Rodas, Pedro Martínez, Percy Zamora, Hernando Terrones, César Velazco, María Marquina, Javier Mercado, Inés Cuadros, Jhonny Peralta, José Portal, Julián Castrejón.

RESUMEN

El depósito de oro "Quecher" está ubicado en el sector nor-este del campo volcánico que contiene Yanacocha, dentro del Corredor estructural NE Yanacocha.

Quecher está asociado a un centro volcánico de rocas freáticas, freatomagmáticas e hidrotermales pertenecientes a un "horst" geológico, limitadas por fallas NW-SE.

La mineralización está controlada principalmente por brechas freáticas y freatomagmáticas afectadas por fases hidrotermales. La alteración hidrotermal se constituye principalmente por un ensamble de cuarzo-alunita (SA) y cuarzo-arcillas (SC) que nos indican una alteración argílica avanzada, con una sílice lixiviada granular (SG) hacia los extremos.

Por otro lado, existen patrones geoquímicos con buena distribución en superficie como lo muestra el Cu, Ag, Mo, Sn, As, Sb y Fe los cuales se encuentran directamente relacionados al Au.

Quecher ha desarrollado un nuevo sistema de mineralización para el área de exploraciones de Minera Yanacocha debido a que no es un típico sistema alta sulfuración porque la mineralización aurífera se encuentra asociada a un evento hidrotermal tardío relacionado principalmente a un ensamble cuarzo-alunita y es por esta razón que como parte de nuestros objetivos a futuro deberán ser estudiadas.

INDICE

	Página
Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
Resumen	iii
Índice	iv
Lista de figuras	vii
Lista de diagramas	vii
Lista de dibujos	vii
Lista de fotos	viii
1. GENERALIDADES	1
1.1 Introducción	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Ubicación y Acceso del Complejo Minero Yanacocha	2
1.4 Clima, Vegetación	4
1.5 Aspectos Geomorfológicos	4
1.6 Antecedentes del Distrito Minero de Yanacocha	5
1.6.1 Periodo Pre-Hispánico y colonial	5
1.6.2 Exploración moderna	5
2. GEOLOGIA REGIONAL	8
3. SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA	11
4. GEOLOGÍA DEL PROYECTO QUECHER	13
4.1 Ubicación	13
4.2 Historia de Exploración	13
4.3 Características del depósito	14
4.4 Litología	14
4.4.1 Rocas porfíricas	15
4.4.2 Flujos piroclásticos	16
4.4.3 Diques de brecha	18

	Página
4.5 Rasgos Estructurales	21
4.6 Alteraciones Hidrotermales	23
4.6.1 Silicificación	23
4.6.2 Argílica Avanzada	24
4.6.3 Argílica	24
4.6.4 Propilítica	25
4.7 Controles de Mineralización	28
5. GEOQUIMICA	30
5.1 Geoquímica Superficial	30
5.1.1 Introducción	30
5.1.2 Tipos de muestreo	30
5.1.3 Geoestadística y Correlaciones	31
5.1.3.1 Correlaciones Geoquímicas	31
5.1.3.2 Geoestadística de elementos	35
5.1.4 Resúmen de la campaña Geoquímica en Quecher	37
6. GEOFISICA	47
6.1 Introducción	47
6.2 Métodos Geofísicos	47
6.2.1 Inducción Polarizada	48
6.2.2 Electromagnetismo con tiempos	48
6.2.3 Magnetometría Aerotransportada	48
6.2.4 Gravimetría	48
6.3 Interpretación Geofísica en Quecher	49
7. EVOLUCION Y MODELO GEOLOGICO	51
7.1 Evolución Geológica	51
7.2 Modelo Geológico	54
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
8.1 Conclusiones	56
8.2 Recomendaciones	57

APENDICES

- Fotos adicionales.
- Base de datos Geoquímica.

Lista de figuras	Página
Fig.01 Plano de ubicación del Distrito minero Yanacocha.	3
Fig.02 Produccion anual de oro en Yanacocha.	7
Fig.03 Plano de Geología Regional de Yanacocha.	10
Fig.04 Correlación del Grupo Calipuy.	12
Fig.05 Cuadrángulos de Cajamarca.	12
Fig.06 Columna Estratigráfica de Quecher.	20
Fig.07 Plano Litológico y estructural de Quecher.	22
Fig.08 Plano Alteraciones Hidrotermales.	26
Fig.09 Detalle del muestreo geoquímico superficial en Quecher	31
Fig.10 Frecuencia acumulada de oro.	38
Fig.11 Frecuencia acumulada de cobre.	39
Fig.12 Frecuencia acumulada de arsénico.	40
Fig.13 Frecuencia acumulada de mercurio.	41
Fig.14 Frecuencia acumulada de bismuto	42
Fig.15 Frecuencia acumulada de molibdeno.	43
Fig.16 Frecuencia acumulada del bario.	44
Fig.17 Frecuencia acumulada de antimonio.	45
Fig.18 Interpretación Geofísico en Quecher	50
Fig.19 Evolución Geológica, Vulcanismo Inicial	51
Fig.20 Evolución Geológica, Vulcanismo Explosivo	52
Fig.21 Evolución Geológica, Erupciones Freáticas	52
Fig.22 Evolución Geológica, Alteración y Mineralización principal	53
Fig.23 Evolución Geológica, Pulso Hidrotermal	53
Fig.24 Modelo Geológico de Quecher, Sección A-A' (N30E)	55

Lista de diagramas

Diagrama 01. Diagrama de Correlación de Oro en Quecher.	34
---------------------------------------------------------	----

Lista de Tablas

Tabla 01. Matriz de Correlación de Pearson para Quecher.	33
Tabla 02. Rangos estadísticos (Owen, Newmont).	35

Página

Lista de esquemas

Dibujo 1	Venillas finas en microfracturas asociadas a la mineralización de oro.	28
Dibujo 2	Reemplazamiento de alunita fina en manchas.	29

Lista de fotos

Foto 01	Roca porfirítica (flujo de lava).	15
Foto 02	Roca porfirítica (diques)	16
Foto 03	Roca tufo lítico	17
Foto 04	Roca tufo rico en cristales.	17
Foto 05	Roca brecha freática	19
Foto 06	Roca tufo rico en cristales con intensa alunización	27
Foto 07	Roca tufo de cristales con alteración cuarzo-alunita	27
Foto 08	Campaña geoquímica de Quecher, 2002.	46

1. GENERALIDADES

1.1 Introducción

El presente trabajo tiene como finalidad de definir las características principales que controlan la mineralización de oro en el sector Quecher con el objetivo de identificar otras áreas mineralizadas con oro en el distrito minero de Yanacocha. Los trabajos realizados durante esta fase tuvieron una duración de 05 meses, desde Agosto 2002 hasta Diciembre del mismo año.

El informe presenta en la primera parte la ubicación del depósito y los aspectos geomorfológicos, con datos adicionales de clima y vegetación. Asimismo contiene antecedentes generales del distrito minero de Yanacocha y del depósito Quecher.

En la parte geológica se muestra, analiza y describe la geología regional y distrital así como la secuencia estratigráfica del distrito. Luego, se discute sobre las características litológicas, alteraciones existentes, los controles estructurales dominantes y la geofísica aplicada en el depósito Quecher, también se muestra el estudio de la geoquímica de elementos trazas para ubicar centros de mineralización y su relación con un sistema epitermal; finalmente se muestra secciones geológicas y se interpreta un modelo geológico con la posible evolución geológica del depósito. Adicionalmente, se busca determinar patrones geológicos que gobiernan la mineralización aurífera en Quecher.

En este trabajo se muestran aspectos importantes de exploración, con trabajo sistemático y actualizado, a partir de los trabajos de campo, recopilación bibliográfica, interpretación geofísica y geoquímica para poder tener un mejor entendimiento de la geología del área.

En este trabajo no se muestran los datos de las perforaciones (leyes) realizadas en Quecher pero si se utilizarán los datos de geología (litología) para correlacionarla con la geología de superficie y desarrollar algunas secciones geológicas.

Finalmente, indica que el depósito Quecher presenta concentraciones de oro asociadas a una alteración argílica avanzada (ensamble cuarzo alunita-arcillas) y no a las alteraciones típicas en Yanacocha como la alteración sílice masiva, evidenciando una posibilidad que a profundidad exista este tipo de alteración hidrotermal. También da a conocer algunas recomendaciones para trabajos posteriores a realizarse.

1.2 Objetivos

- Demostrar que el autor tiene los conocimientos y las habilidades que le permitan optar el título de Ingeniero Geólogo.
- Conocer los controles geológicos que tiene la mineralización de oro en Quecher.
- Definir el modelo geológico y proponer el trabajo de exploración para el desarrollo del depósito Quecher.
- Definir nuevas áreas mineralizadas con oro y buscar nuevos recursos dentro del distrito.

1.3 Ubicación y Acceso

El distrito minero aurífero Yanacocha se encuentra ubicado entre los flancos occidental y oriental de la cordillera de los Andes del Perú, a 20 Km. de la ciudad de Cajamarca y a unos 700 Km. de la ciudad capital de Lima (Fig. 01, pág. 03), entre las cotas 3400 a 4200 msnm. El distrito abarca un área de 120 km², y está centrado en los 78°30' de longitud Oeste y 7°00' de latitud Sur, cuyas coordenadas UTM son: 9220,000N a 9240,000N y 760,000E a 785,000E, zona 17S.

Políticamente, el distrito minero Yanacocha pertenece al distrito de la Encañada, Provincia de Cajamarca, Departamento de Cajamarca, en la región Nor-Oriental del Marañón.

El acceso a las instalaciones del Km. 24 se hace primero a la ciudad de Cajamarca (vía aérea: Lima-Cajamarca ó vía terrestre: Lima-Cajamarca, Trujillo-Cajamarca y/ó Chiclayo-Cajamarca) y finalmente por la carretera de Cajamarca hacia Hualgayoc. Son aproximadamente 49 Km. de carretera desde la ciudad de Cajamarca hasta las instalaciones de la mina Yanacocha.

El proyecto Quecher se encuentra dentro del distrito Yanacocha, en la parte Nor-Este, aproximadamente a unos 3.0 Km. hacia el NEE de la mina Yanacocha, comprende un área de estudio de 2.0Km², cuyas coordenadas UTM son: 9226200 a 9228200 y 777200 a 779200, entre las cotas de 3700 y 4200 msnm.

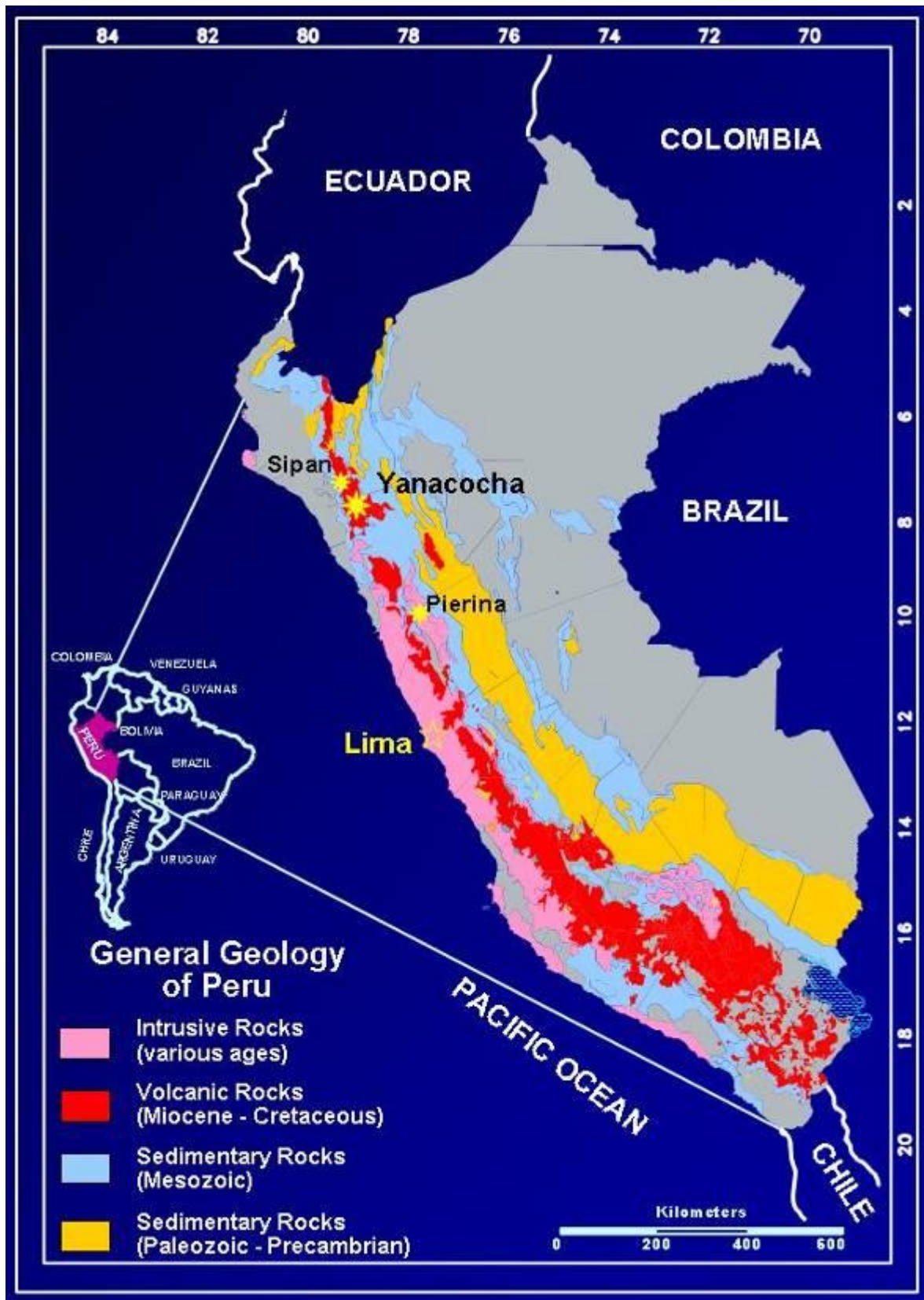


Fig.01. Plano de ubicación del distrito minero Yanacocha dentro del Plano Geológico del Perú. Fuente INGEMMET. Se observa una relación directa entre los depósitos epitermales de oro como Sipán, Yanacocha y Pierina, emplazados en los volcánicos del Mioceno-Plioceno.

1.4 Clima y Vegetación

El clima que presenta el distrito es seco, con un rango de temperatura de 3⁰C a 21⁰C, con la estación lluviosa entre los meses de noviembre hasta abril, no se registran zonas de nieve. Las lluvias son frecuentes, pocas veces granizo y raras veces nieve. Entre los meses de mayo a octubre las lluvias son escasas, son típicas las heladas en esa temporada, asimismo los vientos son fuertes y arremolinados.

En general presenta una vegetación típica de la región Puna. Sus laderas están cubiertas por vegetación alpina de pradera (ichus), otras por pinos, y otras por sembríos de papa y maíz. El distrito se encuentra en un altiplano entre dos cuencas de drenaje, una hacia el Este, con la Cuenca Amazónica y la otra hacia el Oeste, con la Cuenca Costera.

1.5 Aspectos Geomorfológicos

Las principales unidades geomorfológicas han sido modeladas por los procesos de erosión, levantamiento y fallamiento de la Tectónica Andina (Mioceno-Plioceno), por los eventos volcánicos del Cenozoico y por la Glaciación cuaternaria.

Las principales elevaciones son en todos los casos, afloramientos de rocas silicificadas de la Formación Volcánicos Porculla. La morfología de las cumbres son subredondeadas, como algunos casos en los Cerros San José Norte y Sur, Cerro Negro Este, Yanacocha Suroeste, Quecher; y en otros casos se tornan muy pronunciados como en el Cerro Carachugo Este, Yanacocha Norte, Yanacocha Sur, Cerro Negro Oeste, Cerro Baúl, Cerro Collotán, etc. En las laderas de los cerros es común encontrar abundante material coluvial.

Esta área es el límite de la glaciación ocurrida en los Andes, por lo cual su intensidad fue relativamente baja (M. Cardozo, 1994).

La actual geomorfología la dan superficies de erosión glacial, destacando algunas geoformas semicirculares de circos erosionados, prueba de esto son las estrías labradas en las rocas con silicificación. Las zonas modeladas por la glaciación son las lagunas Yanacocha, Chaupicocha y Plateros, la quebrada Encajón (Kupfertal) y los depósitos fluvio-glaciales como La Quinoa.

Las quebradas que bordean las altiplanicies de Yanacocha, forman un tipo de drenaje juvenil reticulado con cañones abruptos y tributarios principales en la dirección NNW y secundarios NE – SW como la quebrada Encajón, los cuales aportan sus aguas tanto a la cuenca del Pacífico y del Atlántico.

1.6 Antecedentes del Distrito Minero de Yanacocha

1.6.1 Periodo Pre-Inca y Colonial

El distrito aurífero minero de Yanacocha tiene una larga historia en prospección, y estudios arqueológicos han descubierto actividad minera que se inició en los tiempos Pre-Incas por la cultura Cajamarca (100 a 700AC) quizás por cinabrio con la finalidad de colorear su cerámica. La sílice calcedónica era extraída de las cuevas para la construcción de las puntas para las flechas.

Posteriormente los españoles también ejecutaron labores de explotación durante los siglos XVII y XIX, por la zona de Carachugo y partes bajas. (A. Raimondi, 1859, en su viaje a Hualgayoc mencionó en sus escritos, haber observado labores mineras en cerro Carachugo con el objetivo de extraer oro, pero lo más probable es que trabajaban para extraer cinabrio.)

1.6.2 Exploración Moderna

En el año 1968, la Nippon Mining Company realizó exploraciones por anomalías de Cu y Ag, realizando un programa de perforación diamantina en la Quebrada Encajón (13 taladros), con resultados desconocidos.

En los años 1969 a 1972, el British Geological Survey (BGS) inicia una exploración por Au, con un extenso programa regional de "Stream Sediment", hallándose anomalías de Ag y Pb cerca de Yanacocha.

En 1981, CEDIMIN, sucursal de Bureau de Recherches Geologiques e Minéres (BRGM), inicia la exploración con mapeo geológico, fotogeología, geoquímica y geofísica y denunció el área, inclusive perfora algunos sondajes diamantinos con resultados desconocidos.

En 1983, Newmont Mining Corporation realizó su primera visita al distrito, se forma el Joint Venture entre Buenaventura (BISA), Newmont Perú Limited (NPL) y BRGM de Francia para explorar por plata.

En 1985, Newmont realiza un muestreo sistemático de afloramientos con malla 50m X 100m. Encontrando anomalías de oro y plata en los cerros Yanacocha Norte y Sur.

En el año 1986, se hicieron 7 sondajes que permitieron el descubrimiento de los depósitos de Yanacocha Norte y Sur. Asimismo, comenzaron los trabajos de geología distrital (Cartografiado geológico E: 1/25000), llegando hasta Cerro Negro y Cerro Quillish. El muestreo también cubrió Cerro Carachugo, San José y Maqui Maqui.

En el año 1988, se perforan 5 taladros diamantinos en Carachugo, la geoquímica superficial de malla efectuada en Maqui Maqui tiene buenos resultados.

En el año 1992, se constituye Cía. Minera Yanacocha con el aporte de capitales nacionales y extranjeros, durante esos años con el objetivo de definir la mineralización en Carachugo, se efectúa un intenso programa de perforación.

En el año 1993, Cía. Minera Yanacocha inicia sus operaciones en el mes de Agosto, explotando el yacimiento Carachugo (con reservas aproximadas de 1.3 millones de Onzas de Au), produciendo 85500 onzas en ese año. Otra campaña de perforación define el cuerpo de Maqui Maqui.

En el año 1994, en el mes de Octubre se inicia la producción del yacimiento Maqui Maqui con reservas estimadas de 2.5 millones de onzas de oro.

En el año 1995, en Setiembre se termina la campaña exploratoria en San José Sur.

En el año 1996, en Enero entra en producción el tercer yacimiento San José Sur. En Febrero Cía. Minera Yanacocha alcanza el Millón de onzas de oro producidas acumuladas. Concluye la campaña de exploraciones en Yanacocha Sur y Oeste.

En el año 1997, Finaliza la campaña de exploraciones en Encajón. En Noviembre entra en producción Yanacocha Sur.

Durante 1997 y 1998, se descubre y desarrolla la campaña exploratoria de La Quinoa, el Tapado y Chaquicocha Sur.

En el año 1998, Mayo finaliza la etapa de exploración de La Quinoa. En Noviembre finaliza la etapa de exploración de El Tapado.

En el año 1999, Se inicia un programa de exploración llamado La Quinoa Basamento, con el descubrimiento de Corimayo.

En el año 2000, se constituye Minera Yanacocha SRL y en Febrero llega a los 6 millones de onzas de oro en producción.

En el año 2001, se construye la planta de chancado y aglomeración para el yacimiento de la Quinoa.

En el año 2003, se descubre y desarrolla el yacimiento Antonio, y se empieza una agresiva campaña de exploración regional.

Actualmente es la mina de oro más importante de toda América Latina con una producción en el año 2002 de 2.33 millones de onzas de oro y 11.83 millones de onzas de oro como producción acumulada. Este logro se ha obtenido gracias al trabajo y esfuerzo de todos los trabajadores, que han colaborado para alcanzar los objetivos de la empresa y convertir a Cajamarca en un importante polo de desarrollo en el Norte del Perú.

“Producción de oro en Yanacocha”

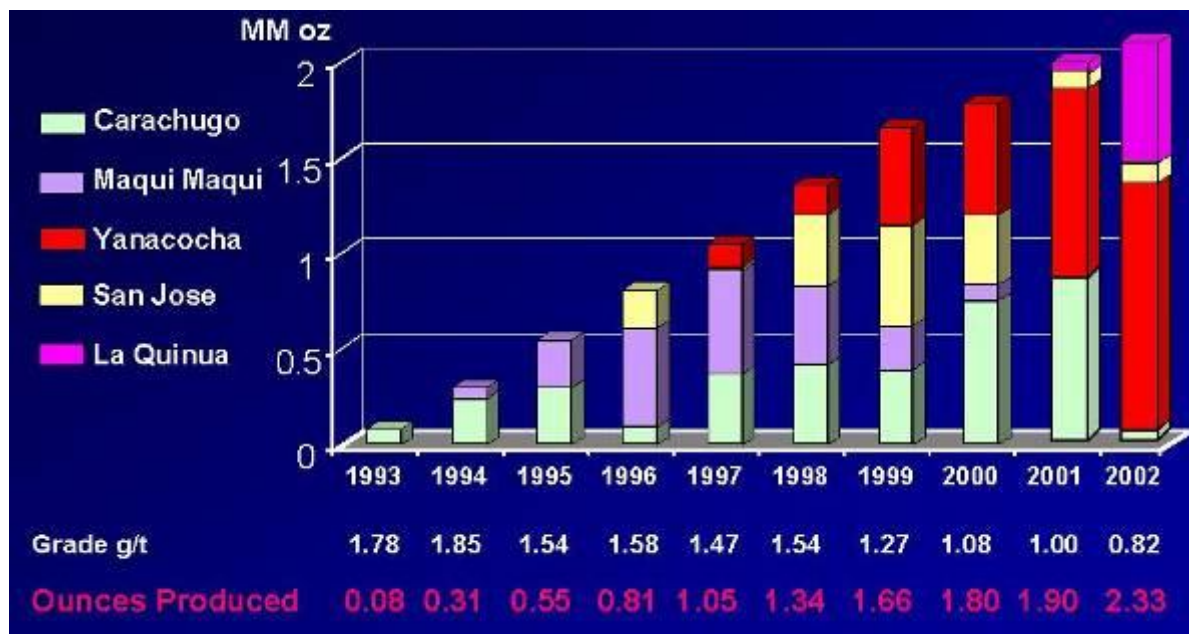


Figura 02. “Producción anual de oro en Yanacocha”. Nótese la producción anual de Yanacocha desde el año 1993 con 0.08 millones de onzas de oro y el aumento de la producción al transcurrir los años, logrando una producción de 2.33 millones de onzas de oro en el año 2002.

2. GEOLOGÍA REGIONAL

El distrito aurífero Yanacocha se encuentra en el cinturón volcánico del Terciario al Cuaternario, el cual se extiende a lo largo de los Andes Peruanos con dirección N-S. El distrito se ubica cerca a la intersección de un cambio en la orientación del paralelo andino de orientación NNW a casi EW, con una zona trans-andina NNE (Turner, 1997). El lineamiento del paralelo andino está representado por un patrón de pliegues orientados, sobre rocas Mesozoicas, y con un alineamiento de efusiones volcánicas Terciarias en el área de Cajamarca (Wilson, 1985). El patrón trans-andino conocido como el corredor estructural Chicama-Yanacocha, se extiende en dirección N40E, con por lo menos 200 kilómetros de largo y unos 30 a 40 kilómetros de ancho, pasando por Guzmango y Contumazá hacia Cajamarca, La Encañada, Yanacocha y Hualgayoc, extendiéndose hacia el este. En él se presentan fallas transversales al rumbo andino transandinas, eventos magmáticos alineados en la misma dirección, lo mismo que fenómenos de alteración hidrotermal y mineralización metálica (Fig. 02, pág. 10 - Corredor Chicama Yanacocha, Quiroz, 1997).

Las rocas volcánicas Terciarias en Yanacocha suprayacen a un basamento de calizas del Cretáceo medio (Grupo Pulluicana) y cuarcitas del Cretáceo inferior (Grupo Goyllarisquiza), las cuales están cortadas por intrusiones Terciarias (Rivera, 1980; Wilson 1985).

El distrito minero de Yanacocha es parte de un numeroso grupo de yacimientos ubicados a lo largo de la cordillera de los Andes que se extienden subparalelamente a la costa sudamericana y su origen se relaciona a la subducción de la Placa de Nazca debajo de la Placa Sudamericana.

Yanacocha está situada en el sector septentrional de la cordillera Occidental y al sur de varias secuencias volcánicas Terciarias que llegan hasta el Ecuador.

Según Soler et.al (1986), las provincias metalogenéticas sub paralelas a la costa peruana pueden dividirse en cuatro segmentos principales, por tal motivo Yanacocha esta situado dentro del denominado segmento Norte que alberga gran cantidad de yacimientos tales como: Tambogrande (sulfuros masivos), Cerro Corona, La Granja, Michiquillay, Cañariaco (pórfidos de cobre) y también Tantauatay, Yanacocha y Sipán (epitermales). Las secuencias volcánicas Terciarias conforman en conjunto el grupo Calipuy (Wilson, 1985) el cual se divide en los Volcánicos Llama, Formación Porculla y Formación Huambo que descansan discordantemente sobre el basamento Cretácico, que consiste de rocas sedimentarias intensamente plegadas y falladas (Cretáceo). La Formación Porculla alberga

al Distrito Minero Yanacocha con más de 14 yacimientos de Au-Ag relacionadas a la alteración epidermal tipo ácido-sulfato.

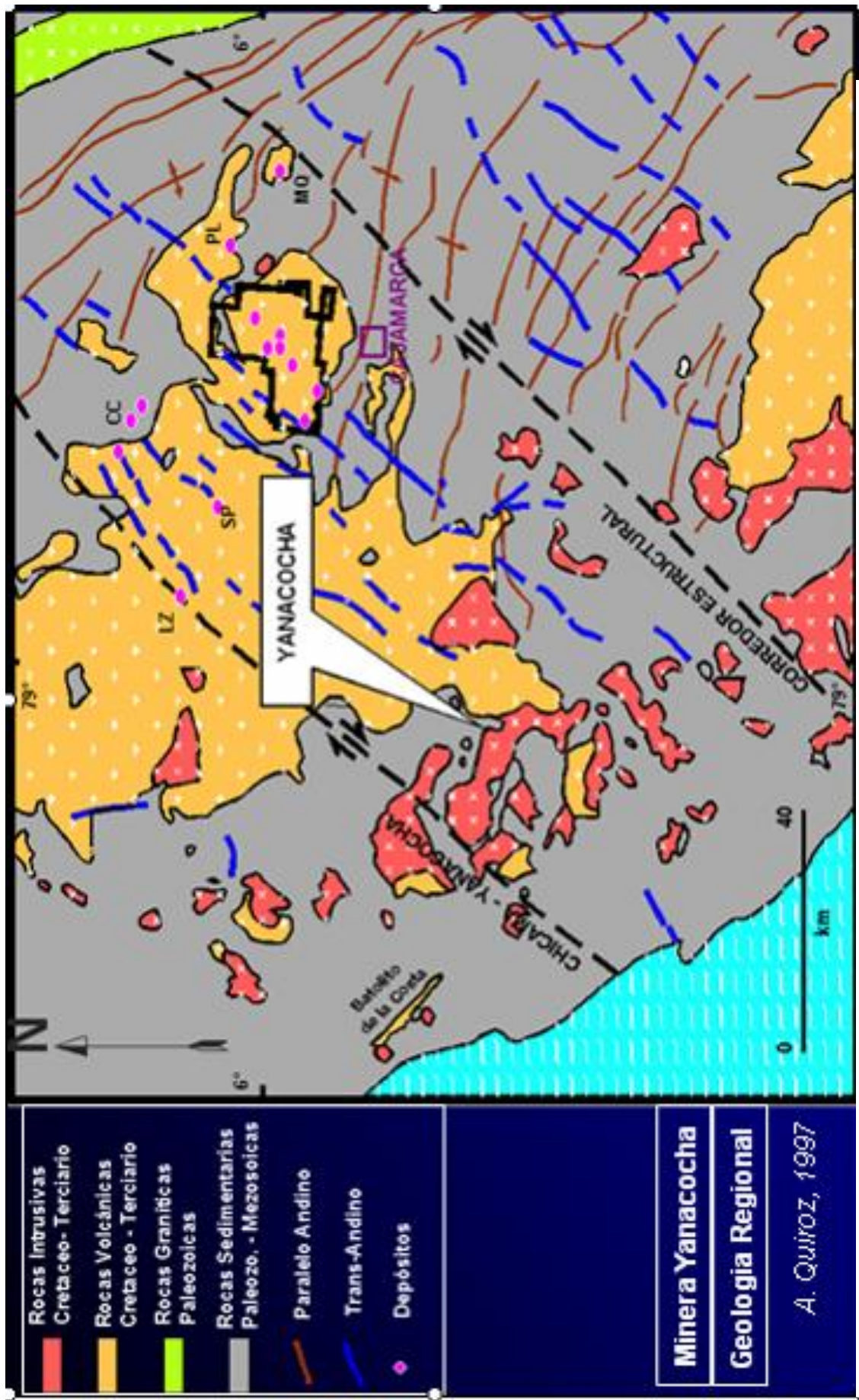


Fig.03. Plano de la Geología Regional de Yanacocha. Nótese el Corredor Estructural Chicama-Yanacocha, con dirección N40E y un movimiento dextral.

3. SECUENCIA ESTRATIGRAFICA

En el distrito aurífero predominan afloramientos de rocas de edad desde el Cretáceo Superior hasta el Terciario, las cuales se han depositado sobre la denominada cuenca Cajamarca. (Fig.03, pág.12 – Correlación del grupo Calipuy, Turner, 1997)

- **Unidades Litológicas del Cretaceo**

Roca Basamento: Grupo Gollarisquizga – Formación Farrat y Formación Santa-Carhuaz.

- **Unidades Litológicas del Cenozoico**

Formación Volcánicos Llama: Es la unidad más antigua del Terciario (Eoceno), conformada por material piroclástico, interpretado como tufos de caída con abundantes componentes cineríticos (cenizas y lapillis), mostrando un ligero plegamiento.

Formación Volcánicos Porculla (Complejo Volcánico Yanacocha): Esta unidad tiene una edad entre Plioceno Inferior y Mioceno Superior, y representa a un vulcanismo de alta energía, rico en su fase gaseosa y líquida con intensa actividad hidrotermal, conformado por depósitos vulcanoclásticos (tufos, ignimbritas y piroclásticos)

Formación Lacustre Yanacocha: Esta unidad corresponde al Mioceno y se presenta aisladamente en el distrito. Está formada por un conglomerado basal (10 -15 metros), seguido de areniscas y limolitas con intercalaciones carbonosas y niveles de caolín (ambiente acuoso). Representa una época tectónica poco activa dentro de la cuenca.

Formación Volcánicos Regalado: A esta unidad se le asigna una edad Mioceno. Está formada por flujos de lava, composición andesitas porfiríticas, formadas por potentes niveles (50-75 metros) frescos a débilmente propilitizados, que sobreyacen a los volcánicos Porculla.

Formación Volcánicos Huambos: Esta unidad representa la última fase importante del vulcanismo Cenozoico en Cajamarca y se le asigna una edad Terciaria Superior. Son depósitos piroclásticos con altos contenidos de cristales de composición dacítica a riódacítica, subhorizontales de distribución regional en bancos potentes (hasta de 15 metros), rellenando los relieves bajos y sobreyacen a los volcánicos Regalado y Llama.

Depósitos Cuaternarios: Son particularmente depósitos fluvio-glaciales formados por erosión glacial. Estos depósitos varían desde unos cuantos metros hasta unos 250 metros de potencia (La Quinua). La secuencia esta formada por gravas pobremente clasificadas y no consolidadas con fragmentos del tamaño de arena hasta bloques aislados de 4 a 5 metros de diámetro, en una matriz de arcillas y limolitas. En la Quinua, las gravas gradan a limolitas y lodolitas hacia las zonas distales (Malette & Trujillo, 1997)

		YANACOCHA DISTRICT	CAJAMARCA SHEET	CHOTA SHEET	SAN MARCOS SHEET	CELENDIN SHEET
CALIPUY GROUP	PORCULLA FORMATION	Huambos Formation	Huambos Formation	Huambos Formation <ul style="list-style-type: none"> — Fraylones Member — Otuzco Member 	Cajabamba Fm	Huambos Formation
		Regalado Volcanics	San Pablo Volcanics	Porculla Volcanics <ul style="list-style-type: none"> — Regalado Volcanics — Yanacocha Volcanics 	San Pablo Volcanics	Porculla Volcanics → Quecher
	Yanacocha Flow Dome Complex	Chilete Volcanics				
	Llama Volcanics	Tembladera Volcanics	Llama Volcanics			
	Cretaceous Basement	Cajamarca Formation	Chota Formation	Chota Formation	Chota Formation	Chota Formation

Fig.04. Correlación del Grupo Calipuy entre el Distrito Minero Yanacocha (complejo volcánico Yanacocha) y las diferentes formaciones volcánicas depositadas en la cuenca volcánica de Cajamarca. (Turner, 1997).

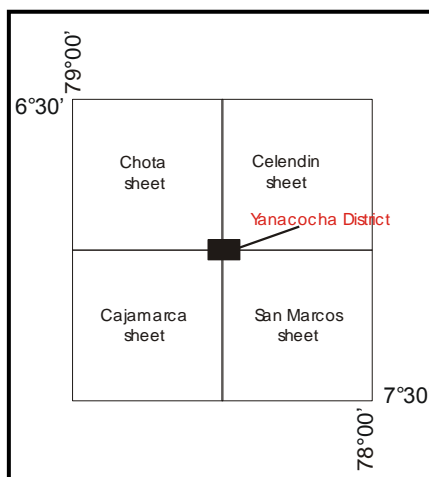


Fig. 05. La figura muestra los cuatro cuadrángulos del sector Cajamarca que comprenden al Distrito Minero Yanacocha. Fuente INGEMMET. Plano Cuadrángulos del Perú.

4. GEOLOGÍA DEL PROYECTO QUECHER

4.1 UBICACIÓN

Quecher se encuentra ubicada dentro de la propiedad de Minera Yanacocha, al este del tajo Carachugo, al Noreste del cerro Chaquicocha y al SE del proyecto Azufre.

El área de estudio abarca 2 km² y está centrado en los 78°30' de longitud Oeste y 7°00' de latitud Sur, se encuentra dentro de las coordenadas UTM: 9226200N a 9228200N y 777200E a 779200E, zona 17S.

Tiene una elevación que varía desde los 3700 msnm en la parte norte hasta 4200 msnm en la parte central.

4.2 HISTORIA DE EXPLORACION

En los alrededores del depósito Quecher, existen labores artesanales antiguas, donde probablemente extraían mercurio.

Los trabajos de exploración en Quecher empiezan a mediados del año 1998, con Tony Longo y Carlos Loayza, bajo el proyecto Distrital Este que comprendía las zonas de Chaquicocha, Quecher y Ocucho. En este periodo, que termina a fines del año 1999, se perforan 23 taladros entre los proyectos Escalón y Quecher.

En el año 2000, Steve Masterman y Rafael Bartra, con el objetivo de ampliar las reservas y de encontrar una conexión entre la parte central y norte, perforan 02 taladros en Quecher, encontrando la continuidad del cuerpo con estructuras interesantes pero no económicas en ese momento.

A mediados del año 2002, se desarrolló el programa de “Esterilización (*) Quecher”, teniendo como principales objetivos:

- Encontrar mineralización en óxidos para incrementar los recursos y reservas de oro del proyecto Quecher.
- Mejor entendimiento de la geología de Quecher, usando nuevos conceptos litológicos-estructurales.

(*) Nota 01.- “Esterilización”.- término utilizado para realizar un programa rápido de geología y perforación con el objetivo de probar ó eliminar todas las posibilidades económicas de una zona. Generalmente, se aplica en lugares donde se desea hacer alguna construcción como caminos, almacenes, o depósitos de algún material.

Esta campaña empezó con trabajos geoquímicos como la toma de muestras selectivas en estructuras, trincheras y canales sobre accesos existentes, encontrando valores

interesantes de oro (hasta 5.80 g/t Au) en muestreo de accesos. Producto de esta campaña se logran determinar algunos puntos para las perforaciones con lo cual se logra calcular un pequeño recurso de oro. Este periodo se desarrolló durante los meses de agosto hasta noviembre del 2002.

4.3 CARACTERISTICAS DEL DEPÓSITO

En la parte Norte, se encuentra una secuencia delgada de rocas fragmentales, interpretadas como flujos piroclásticos. También se tiene una capa rica en cristales con textura porfirítica (flujos lávicos que tiene composición andesítica típico piroxeno-hornblenda), y algunas intrusiones de composición granodiorítica con plagioclasas perfectamente rectangulares y numerosas hornblendas de diferentes tamaños.

En Quecher Central, se aprecia una unidad porfirítica de composición andesítica correspondiente a unos intrusivos del centro volcánico de Quecher, cortando a las unidades volcanoclásticas y todas estas secuencias han sido cortadas por un gran cuerpo de brecha freática y hacia los niveles mas bajos se puede apreciar una secuencia de textura porfirítica rica en cristales, con algunos fragmentos líticos finos a medios con cristales rotos.

Las rocas tienen una alteración sílice granular a sílice vuggy (Ver Nota 02, pág.23). Todas estas secuencias han sufrido fuerte fracturamiento, generando fallas y fracturas en distintas direcciones entre las intercepciones de ellas. Además estos fallamientos han sido aprovechados por brechas freáticas e hidrotermales usándolos como canales para aportar mineralización de oro en diferentes eventos, siendo controladas por intersección de estructuras NE-EW.

Posee también varias zonas que presentan un hidrofracturamiento (tipo stockwork) relleno con venillas de sílice acompañadas de óxidos con una potencia de hasta 10 cm. cada venilla, que han originado una porosidad secundaria favoreciendo a la mineralización diseminada de oro en las diferentes litologías de la zona.

4.4 LITOLOGIA

En Quecher se han reconocido 04 tipos de roca de origen volcánico: las **rocas porfiríticas** que se interpretan como flujos de lava y/o probables intrusivos de composición andesítica, que cortan a la unidad fragmental existente (**rocas piroclásticas**) presentes en todo el sistema y que afloran únicamente en la parte norte del depósito; dos tipos de brechas: las **brechas freáticas** que se interpretan como secuencias explosivas subverticales que cubren la mayor parte del sistema, y las **brechas hidrotermales** cortando todas las secuencias

anteriores generalmente subverticales y se encuentran ubicadas en casi todo del sistema Quecher, que se interpreta como los conductos de mineralización.

4.4.1 ROCAS PORFIRÍICAS

Flujos de lava andesíticas que afloran en los bordes de la parte norte y de la parte central han sufrido una alteración de contacto como producto del emplazamiento de cuerpos intrusivos y de flujos de lava. Cuando estas rocas están frescas presentan los fenocristales de plagioclasas y de anfíboles alterándose débilmente a arcillas y carbonatos.

Existen rocas con textura porfirítica de composición granodiorítica alterados por fluidos hidrotermales que se comportan como diques subverticales cortando a las unidades fragmentales (flujos piroclásticos y brechas freáticas), estos diques se componen por fenocristales que se alteran principalmente a caolín, que luego son lixiviados por los fluidos hidrotermales formando cavidades y espacios, que posteriormente son rellenados por cuarzo-alunita.



Foto. 01. Roca con textura porfirítica, nótese un ligero alineamiento de los cristales en la matriz, relacionada a flujos de lava. Afloran al norte de Quecher.



Foto. 02. Roca con textura porfírica relacionada a diques intrusivos de la parte norte de Quecher. La roca presenta una alteración cuarzo-caolín.

4.4.2 FLUJOS PIROCLASTICOS

Estas unidades de roca fragmental se ubican discontinuamente en todo el sistema, siendo cortados por diques porfíricos y por unidades de brechas freáticas e hidrotermales.

En el área de Quecher, los flujos piroclásticos se pueden dividir en varias unidades diferentes:

- Una secuencia de tufos andesíticos rico en cristales de hornblenda, que presenta localmente una foliación muy débil.
- Una secuencia de tufos líticos andesíticos rico en cristales de hornblenda, caracterizados por presentar fragmentos líticos alterados con ensambles sílice alunita hasta sílice lixiviada (vuggy-granular) y clastos laminados. (Ver Nota 02, pág.23)
- Flujos ricos en cristales, la característica principal de esta unidad es el contenido de cuarzo (fragmentos rotos de sílice y ojos de cuarzo) que inclusive pueden tener algunos fragmentos de cuarcita muy redondeados, como también algunos fragmentos previamente silicificados (no es muy común).



Foto. 03. Roca con fragmentos líticos (<1.5cm) dentro una matriz con cristales rotos, secuencia piroclástica de tufos líticos en Quecher.



Foto. 04. Roca piroclástica rica en cristales, secuencia de tufos de lapillo. Presenta una alteración fuerte de cuarzo-alunita.

4.4.3 DIQUES DE BRECHA

Ocurren a lo largo de todo el área de Quecher (Central y Norte) variando de tamaño y de forma, evidenciándose en superficie y en los taladros diamantinos.

Estas brechas en varios casos presentan mineralización de oro.

En Quecher se encuentran dos tipos de brechas:

- Brechas freáticas y brechas hidrotermales.

1. Brechas Freáticas

Brechas freáticas están constituidas por una matriz de polvo de roca granular fina a gruesa y con fragmentos líticos muy finos (mm). Esta compuesta por fragmentos angulosos a subangulosos con diferentes grados de silicificación desde sílice masiva hasta sílice granular. En la mayoría de casos son monolíticas y ocurren frecuentemente como canales, diques y cuerpos irregulares producto de una fase gaseosa de una explosión volcánica.

En Quecher Central aflora una brecha freática con dimensiones de 1000 m X 800 m. aproximadamente, y hacia la parte norte se evidencian brechas freáticas mayormente expuestas como diques de brechas muy angostas desde 10cm hasta 10 m, que están cortando a toda la secuencia piroclástica existente. Presentan una matriz fina y texturalmente arenosa soportando fragmentos heterolíticos subangulares, y también se encuentran fragmentos redondeados.

2. Brechas Hidrotermales

Las brechas hidrotermales están constituidas por una matriz variada principalmente por sílice con abundantes limonitas, alunita y sulfuros. Se componen generalmente por fragmentos heterolíticos (mm – cm) con diferentes intensidades de alteración desde sílice masiva, sílice vuggy, cuarzo-alunita hasta sílice granular. (Ver Nota 02, pág.23). Algunas cavidades y/o espacios vacíos son rellenados por una sílice residual, por drusas de cuarzo y/o con baritina en algunos casos.

En Quecher, estas brechas cortan a toda la secuencia piroclástica incluso a las brechas freáticas y en algunos casos ascienden por ellas hasta la superficie.

Generalmente se encuentran silicificadas y se distinguen de otras por sus texturas de flujo cortando a la matriz, y en algunos casos con mineralización de baritina.

La matriz esta compuesta de material fino asociada a una mezcla de fragmentos heterolíticos.



Foto. 05. Roca fragmental heterolítica, con fragmentos de sílice gris semiredondeados a subangulosos, dentro de una matriz polvo de roca y posteriormente reemplazada por alunita. Se aprecian canales irregulares de alunita asociada a la mineralización de Au. Esta roca tiene una ley de 0.82 g/t Au.

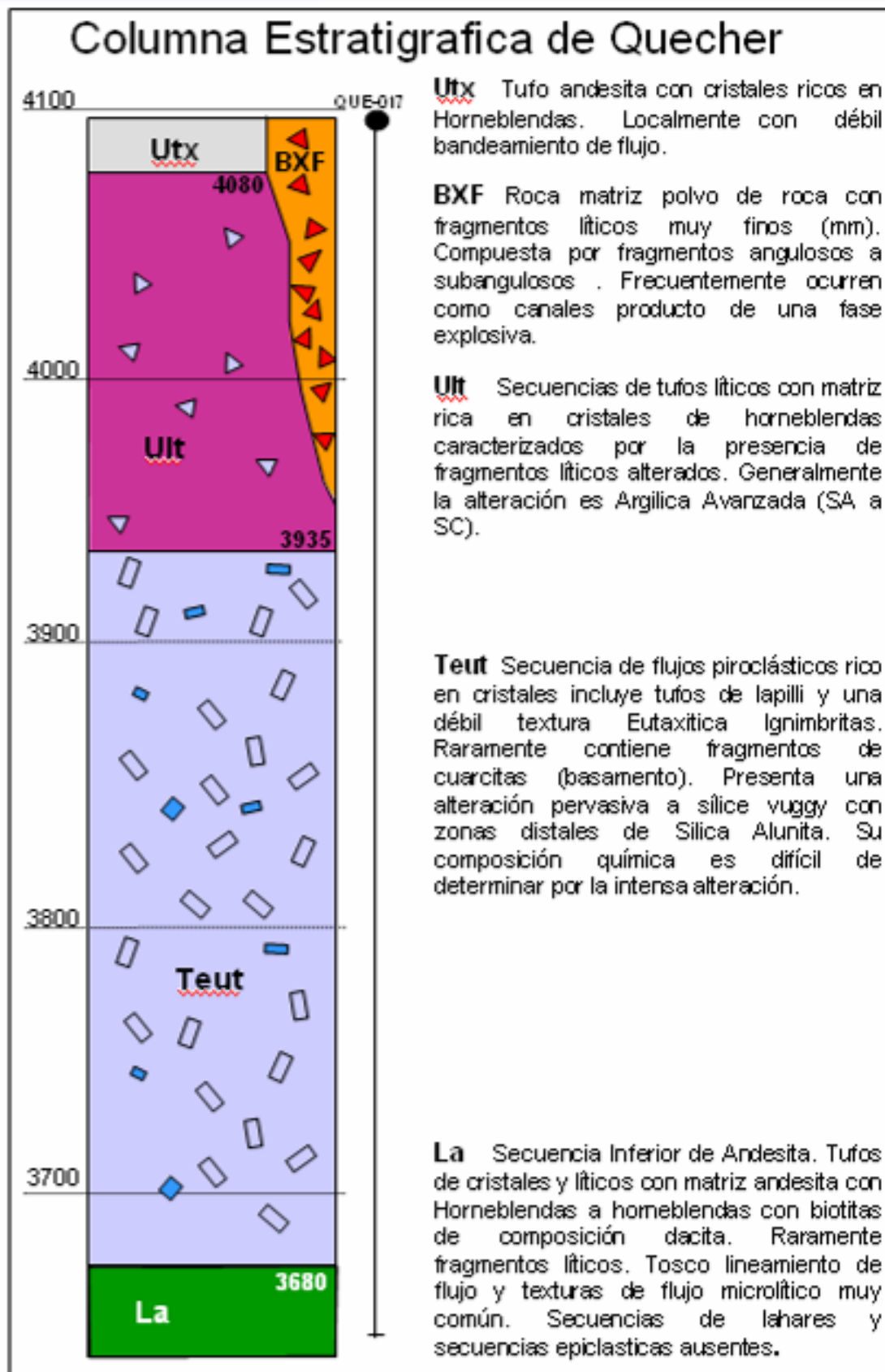


Fig.06. Columna volcano-estratigráfica de Quecher realizada en base a datos de campo y al taladro QUE-17. (Según Eric Saderlhom, Diciembre 2002).

4.5 RASGOS ESTRUCTURALES

Quecher es un depósito epitermal de oro, por lo que es necesario entender los rasgos estructurales y su implicancia en el emplazamiento de los flujos piroclásticos, rocas porfíricas, brechas freáticas, hidrotermales, alteración y mineralización.

En esta área se han identificado una serie de fallas principales con tendencia Noreste como el corredor La Fuente, otras estructuras secundarias con tendencia Noroeste paralelas a la Falla Yanacocha-Carachugo (Yan-Car) y estructuras con tendencia Este-Oeste (más tardías), apreciándose en la intercepción de éstas estructuras un control sobre la mineralización de oro.

A continuación, los Controles Estructurales identificados en Quecher:

Sistema estructural NW-SE

Este fracturamiento está asociado al lineamiento de la cordillera de los Andes; todas estas fallas constituyeron una serie de graben(es) hacia el norte siendo la parte de Quecher Central la más elevada y conservada.

Sistema estructural NE-SW

Este sistema estructural, es relacionado a la tendencia estructural (Corredor Estructural Chicama-Yanacocha por A. Quiroz, 1997). Los eventos de alteración hidrotermal y posterior mineralización están alineados según esta dirección.

Otras estructuras

Se han reconocido por mapeos y fotos aéreas unas estructuras tardías con dirección E-W hacia la parte norte cortando a las otras estructuras (NE-SW y NW-SE)

Esta intercepción de fallas NE y NW en el sector de Quecher está asociada a alta mineralización de oro.

Es importante recalcar que los **sistemas NW-SE y NE-SW** han sufrido procesos de reactivación durante todo el ciclo andino superior generando posteriormente las **fallas tensionales E-W** (que son consideradas tardías en el sistema y que forman un control estructural de mineralización de oro en Quecher).

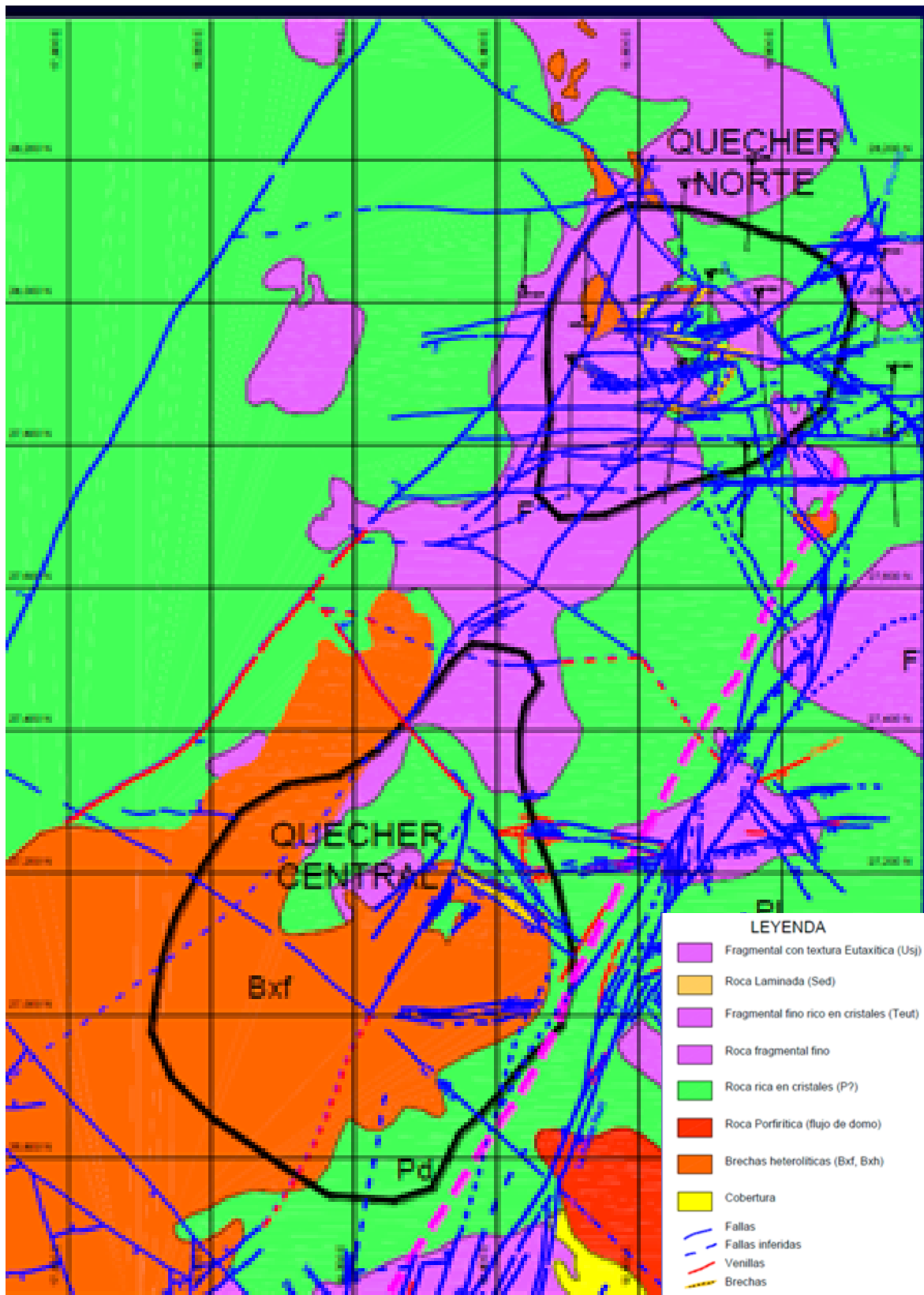


Fig.07. Plano de interpretación litológica con la interpretación de fallas y lineamientos estructurales en Quecher. Interpretado por C. Williams, 2002. También, se observan las zonas de Quecher Norte y Quecher Central.

4.6 ALTERACIONES HIDROTERMALES

En el área de Quecher se observa un zonamiento de alteración hidrotermal típica de los yacimientos de alta sulfuración y asimismo una gradación en profundidad que corresponde a un sistema epitermal.

Quecher presenta en la parte central una alteración argílica avanzada (ensamble sílice alunita, sílice arcillas) con fases de sílice lixiviada (sílice granular-vuggy) y hacia los extremos del sistema se tiene una alteración argílica (arcillas), cortadas por estructuras de brechas que presentan alteración sílice granular y débilmente masiva.

En los bordes SW y W de Quecher, son típicos los ensambles de alteración silícea donde se encuentran los depósitos de alta sulfuración con oro gradando en profundidad hacia una alteración cuarzo-alunita-caolín y cuarzo-caolín. Pueden ocurrir algunas interrupciones de este zonamiento, debido a los controles estructurales que permiten el ascenso de fluidos hidrotermales ácidos y ocasionan alteraciones tardías y locales que se superponen a las iniciales.

En el borde Norte de Quecher, se aprecia una alteración argílica (arcillas) bordeando al ensamble cuarzo-alunita-caolín, evidenciando el límite del sistema epitermal.

A continuación se describen las alteraciones hidrotermales identificadas en Quecher:

4.6.1 SILICIFICACION

Hacia el extremo sur del área de Quecher central, existen dos sistemas epitermales de Alta Sulfuración del tipo Ácido sulfato como Cerro Carachugo (al sur) y Chaquicocha Alta (al sur oeste) que tienen grandes volúmenes de rocas silíceas. Esta alteración se habría formado en diferentes eventos de alta sulfuración y uno de ellos en dirección norte sería Quecher.

Diferentes tipos de sílice se pueden observar en los depósitos que se ubican al sur de Quecher, entre las alteraciones predominantes: sílice granular, sílice vuggy, sílice masiva, sílice óxidos, esta última restringida a estructuras ó zonas de falla.

Asimismo, la sílice en algunas zonas está limitada solo a crestones formando costillas silíceas a lo largo de lineamientos NW-. En Quecher, este tipo de alteración se forma generalmente en flujos piroclásticos.

Nota 02.- Para evitar confusiones se dan a conocer algunos conceptos de términos muy usados para describir a la sílice lixiviada, como son:

- ❖ **Sílice granular.-** llamada también como sílice residual, es un término usado para describir una lixiviación ácida de la roca producto de la condensación de los fluidos hidrotermales, especialmente el H₂S, al mezclarse con las aguas subterráneas. Aquí

los feldespatos y demás componentes de la roca son lixiviados y aún es posible observar texturas de roca original generándose una roca deleznable de muy baja densidad con aspecto de arena (granular) con restos solamente de sílice y algunos fragmentos líticos o silíceos. La textura de la roca es parcial ó totalmente borrada (R. Sillitoe, 1996)

- ❖ **Sílice Vuggy.**- asociada a la sílice granular, en contacto gradacional hacia fuera y en profundidad, esta roca presenta numerosas cavidades o huecos, producto de la lixiviación de los fenocristales de la roca original. Esta alteración se forma como producto de la condensación de los gases magmáticos especialmente SO_2 , durante el descenso de la temperatura en rocas saturadas con agua. (R. Sillitoe, 1996)
- ❖ **Sílice Masiva.**- asociada generalmente a eventos hidrotermales donde las rocas pierden la textura original y presentan un aspecto criptocristalino intensamente silicificado con varias tonalidades de color variando de blanco humo a gris claro). Esta alteración se forma a causa de la mezcla entre los fluidos hidrotermales (ácidos) que ascienden a superficie con las aguas meteóricas de baja temperatura y menor acidez. (R. Sillitoe, 1996)

4.6.2 ARGÍLICA AVANZADA

Esta alteración se presenta debajo de la alteración silícea y también se evidencia hacia la parte norte del área central. La matriz es silícea y los cristales están alterados a alunita-pirofilita-caolinita-diáspora.

Los minerales de éste ensamble casi siempre se presentan alterando a los feldespatos a alunita-pirofilita-caolinita-diáspora, la alunita también ocurre rellenando fracturas, y en algunos casos acompaña a brechas.

Este tipo de alteración destruye casi completamente la textura original de la roca, inclusive existen diferentes eventos de alteración, por lo que en algunos casos es imposible determinar la litología original.

El zonamiento típico de los sistemas epitermales es formado como consecuencia de una progresiva neutralización y enfriamiento de los fluidos magmáticos ácidos por reacción con la roca caja (Steven & Rate, 1960; Stoffregen, 1987) y por mezcla de los fluidos hidrotermales con aguas neutras (ph=7)

4.6.3 ARGÍLICA

Esta alteración es típica la parte norte de Quecher, evidenciando el límite del sistema epitermal hacia el norte.

Asimismo, es una alteración típica de diques tardíos, que se observan en algunos taladros y por lo general en el sector norte, así como en las zonas de falla.

En Quecher, se puede observar la alteración argílica cuando la matriz esta compuesta por caolín, dickita y monmorillonita, en muchos casos es de color gris plumiza por efecto de contener pirita de grano muy fino. La textura es preservada en la mayoría de casos y los fenocristales han sido alterados a caolín.

4.6.4 PROPILÍTICA

Desarrollada en el borde Este del depósito, donde las rocas tienen una coloración ligeramente verdosa por la presencia moderada de cloritas y contiene hasta 1% de pirita diseminada en la matriz.

Este tipo de alteración por lo general solo altera parcialmente a las rocas afectadas, sin destruir su textura original. Las plagioclasas están débilmente alterándose a arcilla, los minerales máficos aún conservan su forma original o están alterándose a arcillas y carbonatos.

Los constituyentes minerales de la roca fresca tales como plagioclasa, biotitas, hornblenda, etc. Indican que estamos en la periferie hidrotermal en donde ocurrió una muy débil alteración.

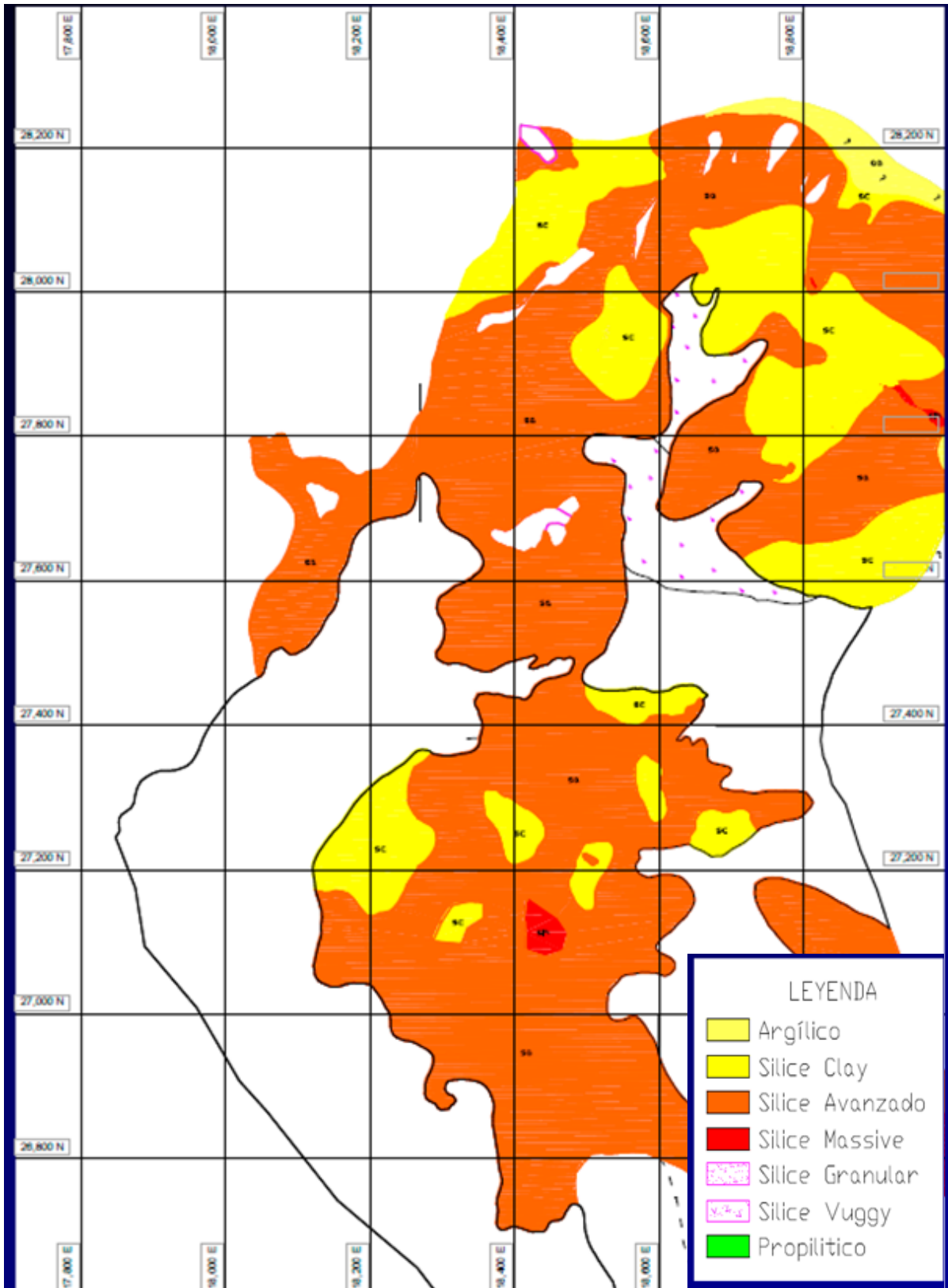


Fig.08. Plano de interpretación de alteraciones hidrotermales en Quecher. Interpretado por C. Williams, 2002.



Foto. 06. Roca piroclástica cortada por venillas de SiOx acompañadas por una intensa alunitización. Roca con 1.2 g/t Au.



Foto. 07. Roca piroclástica mostrando una alteración argílica avanzado, ensamble cuarzo alunita. Nótese el proceso de oxidación entre el fracturamiento de la roca. Roca con 1.0 g/T Au.

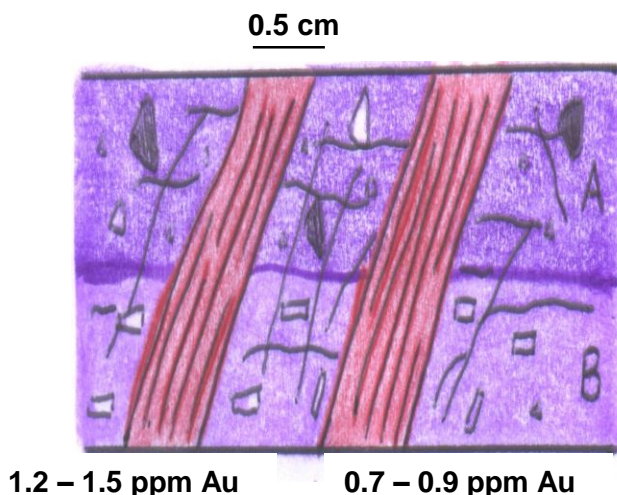
4.7 CONTROLES DE MINERALIZACION

La mineralización se encuentra asociada a dos tendencias principales: a estructuras NE-SW y a estructuras EW, originándose entre ellas zonas de moderado a fuerte fracturamiento (porosidad secundaria) rellenas con SiO_x (producto de inyecciones hidrotermales con sílice que contiene óxidos como limonitas-goetitas-hematita). También, estas zonas son aprovechadas por brechas freáticas/ hidrotermales y por brechas crackel (tipo de brecha hidrotermal producto de autobrechas con poco movimiento rellenas con inyecciones de sílice, generalmente oxidadas con limonitas-goetitas-hematita).

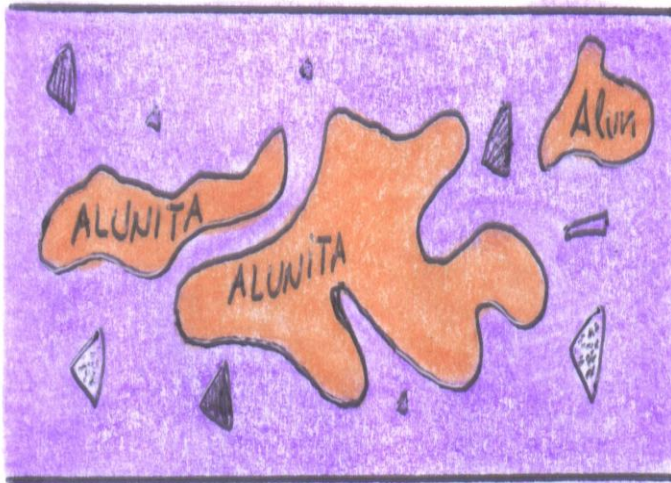
En Quecher, la mineralización no tiene control litológico porque ésta puede estar alojada en cualquier fase de la secuencia piroclástica que se encuentre más porosa y/o permeable, es decir que se encuentra actualmente muy fracturada, formando brechas crackel con inyecciones finas de brechas hidrotermales oxidadas con alunita en algunos casos.

También, la mineralización se encuentra relleno de espacios en las paredes fracturadas de las brechas, también en las brechas freáticas que son reactivadas e intruídas posteriormente por soluciones hidrotermales y en la mayoría de casos éstas brechas son nuevamente intruídas y reemplazadas por brechas hidrotermales tardías.

Estas brechas hidrotermales son multi-generacionales como las brechas freáticas. En Quecher las brechas hidrotermales y freáticas están asociadas con mineralización de Oro. La mineralización se esta alojando principalmente sobre alteraciones de sílice lixiviada (sílice granular y sílice vuggy) y en la alteración argílica avanzada (cuarzo-alunita, cuarzo-arcillas) tomando valores de hasta 10 g /T Au.



Esquema 1. Se aprecian venillas finas (<1 cm) cortando diferentes secuencias piroclásticas (A: roca con fragmentos líticos y silicios (mm) en la matriz y, B: roca rica en cristales en la matriz) con fuertemente micro fracturamiento que genera una porosidad secundaria en la roca caja. Nótese, las venillas de sílice con óxidos acompañados con alunita, aprovechando zonas de fracturamiento dentro la roca encajonante (dos litologías).



1 cm

Esquema 2. Se observa el reemplazamiento de alunita en una roca matriz de cristales con fragmentos finos (tufo de cristales con fragmentos líticos), presenta una alteración argílica avanzada (sílice alunita 75% y sílice arcillas en un 25%); generalmente asociado a eventos de sobreimposición de alunita con Au.

5. GEOQUÍMICA

5.1 GEOQUÍMICA SUPERFICIAL

5.1.1 INTRODUCCION

El estudio de la geoquímica superficial tiene como objetivo identificar las anomalías y patrones geoquímicos de los distintos elementos guías asociados a los depósitos epitermales de alta sulfuración y por ende su posible correlación superficial con el oro.

La base de datos geoquímicos actual es una compilación de varias etapas de exploraciones previas, y esta formada por un total de 689 muestras, de las cuales 125 muestras son selectivas y 564 muestras son sistemáticas (10 rock chips, 139 canales, 146 trincheras y 269 taludes).

En el distrito de Yanacocha, entre los años 2002 y 2003 se llevó acabo una campaña agresiva de prospección geoquímica superficial aplicada a domos y márgenes de domos. Después de varios estudios e interpretaciones (Domos: Hornamo, Montura, La Casita, Mandrake, etc.) se llegó a la conclusión de que existían elementos con cierta correlación y que estos mismos elementos se volvían a repetir en cada estudio que se hiciera de un determinado depósito, relacionado a un sistema hidrotermal de alta sulfuración. Los elementos Zn, V, Mn, Ti, Co, P, Ni, identifican a la roca fresca de textura porfírica, los elementos de Sr y K indican zona alterada a arcillas, mientras que los indicadores de márgenes de domo son Sn, Se, Sb, Mo, Hg, Tl con una correlación inversa con el oro (**J. Trujillo, J. Espinoza, 2003**).

5.1.2 TIPOS DE MUESTREO

- **MUESTREO SISTEMÁTICO:** Tiene como objetivo identificar una posible anomalía geoquímica y tendencias relacionadas a un sistema de mineralización, este muestreo se realiza principalmente en zonas de poca información geoquímica para poder tener una idea generalizada sobre la anomalía. Tenemos algunos tipos de muestreo sistemático como son: muestreo en malla, en accesos y trincheras (desarrollando canales de 5.0 metros).
- **MUESTREO SELECTIVO:** Se orienta principalmente para definir posibles controles estructurales relacionados con la mineralización del oro e identificar zonas de alta ley como estructuras, zonas de brechas y/o contactos litológicos. Generalmente se toman muestras en paredes de falla, en brechas en contactos litológicos y en zonas específicas (algunas de ellas son de tamaños de hasta 0.1m de potencia).

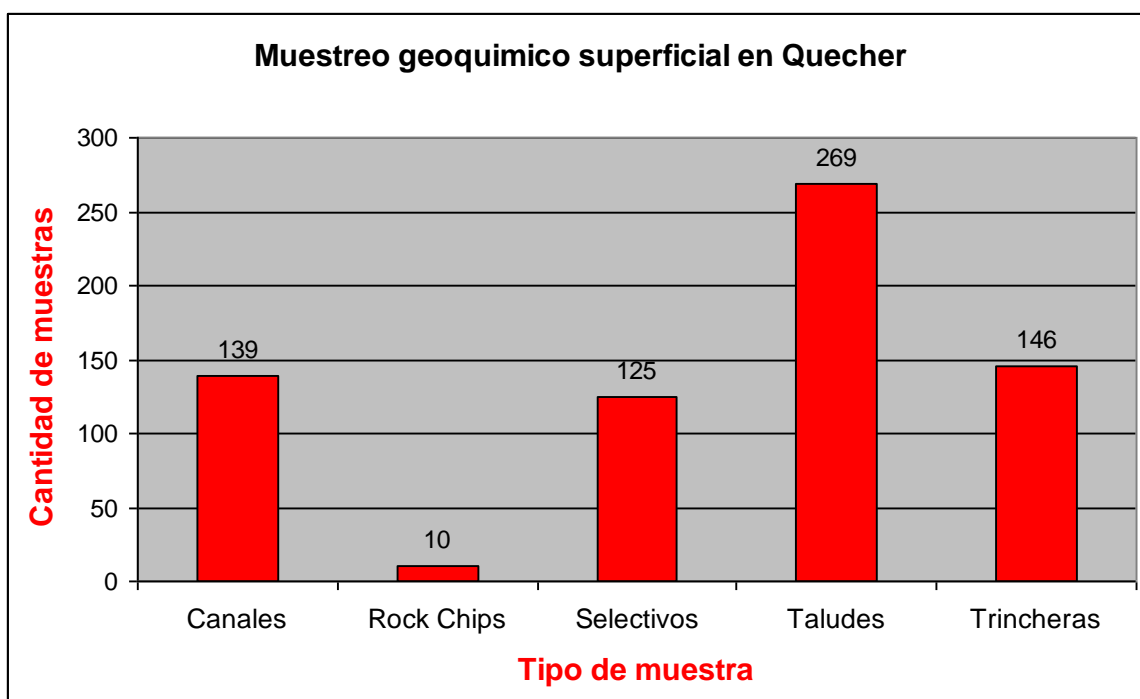


Figura 09. Se observa el detalle del muestreo geoquímico desarrollado en Quecher. Nótese la cantidad total de muestras distribuidas por cada tipo de muestreo empleado.

5.1.3. CORRELACIONES Y GEOESTADISTICA

La base de datos geoquímica incluye trabajos anteriores (muestreos selectivos y sistemáticos). Durante la revisión de esta base de datos se ha identificado valores negativos y otros valores indeterminados que corresponden a valores negativos de leyes menores por debajo al límite de detección. Entonces, todos los valores menores al límite de detección son cambiados a la mitad de su valor absoluto.

5.1.3.1 CORRELACIONES GEOQUIMICAS

Las correlaciones permiten identificar la afinidad entre los diferentes elementos químicos, formando familias geoquímicas que están directamente relacionados con las concentraciones de oro, para este caso. Para este estudio se emplea únicamente la información de datos sistemáticos porque se busca encontrar la dispersión geoquímica y la asociación con los elementos trazas relacionados al oro. Se ha utilizado el software SYSDAT para generar la Matriz de Correlación de Pearson, con 52 elementos químicos por cada muestra.

Con los trabajos de muestreo superficial realizados en Quecher se generó un tratamiento estadístico. Los rangos de valores experimentales del grado de correlación son:

0.70 <	Muy Buena Correlación	< 1.0
0.50 <	Buena Correlación	< 0.7
0.20 <	Moderada Correlación	< 0.5

Ha partir de la Matriz de Correlación de Pearson (Tabla 1, pág. 33); para Quecher se ha observado una moderada correlación (según rangos de valores experimentales, pág 31), con el Cu (0.47), Ag (0.31), In (0.31), Sn (0.26), Fe (0.24), As (0.21), Sb (0.21); identificándose la familia del oro: **Au-Cu-Ag-In-Sn-Fe-As-Sb**.

La moderada correlación entre estos 07 elementos (**Cu, Ag, In, Sn, Fe, As y Sb**) con el **Au** nos esta indicando que existen sectores donde la dispersión geoquímica de todos los elementos coinciden con el Au relacionados a un mismo evento hidrotermal y en otros sectores donde las dispersiones se encuentren zonificadas, probablemente se encuentren relacionados a otros eventos hidrotermales.

Ahora, se ha identificado la correlación que existe entre familias geoquímicas constituido por elementos trazas que guardan relación con oro y entre si mismas. Para identificar las familias se ha considerado a partir de las correlaciones moderadas a muy buena correlación. (Según rangos de valores experimentales, pág 34).

Población Geoquímica Sistemática

- Familia del Cobre:

Cu-Fe-In-Ga-Te-Sc-As-Se-Nb-V-U-Ge-Re-Sn

- Familia de la Plata:

Ag-Cu-In-Fe-Rb-Cs-V-La

- Familia del Indio:

In-Sc-V-Sn-Th-U-Te-Rb-Ti-Nb

- Familia del Sn:

Sn-Zr-Te-Th-U

- Familia del Fe:

Fe-Ge-In-Nb-Ga-Re-V-Se-Te-Th-Mo

- Familia del Arsénico:

As-Bi-Te-Sb-Fe-In-Se-Sn-Ge-Ga-V-Cd-Nb

- Familia del Sb:

Sb-Bi-Te-Zr

“DIAGRAMA DE CORRELACION DEL ORO PROYECTO QUECHER”

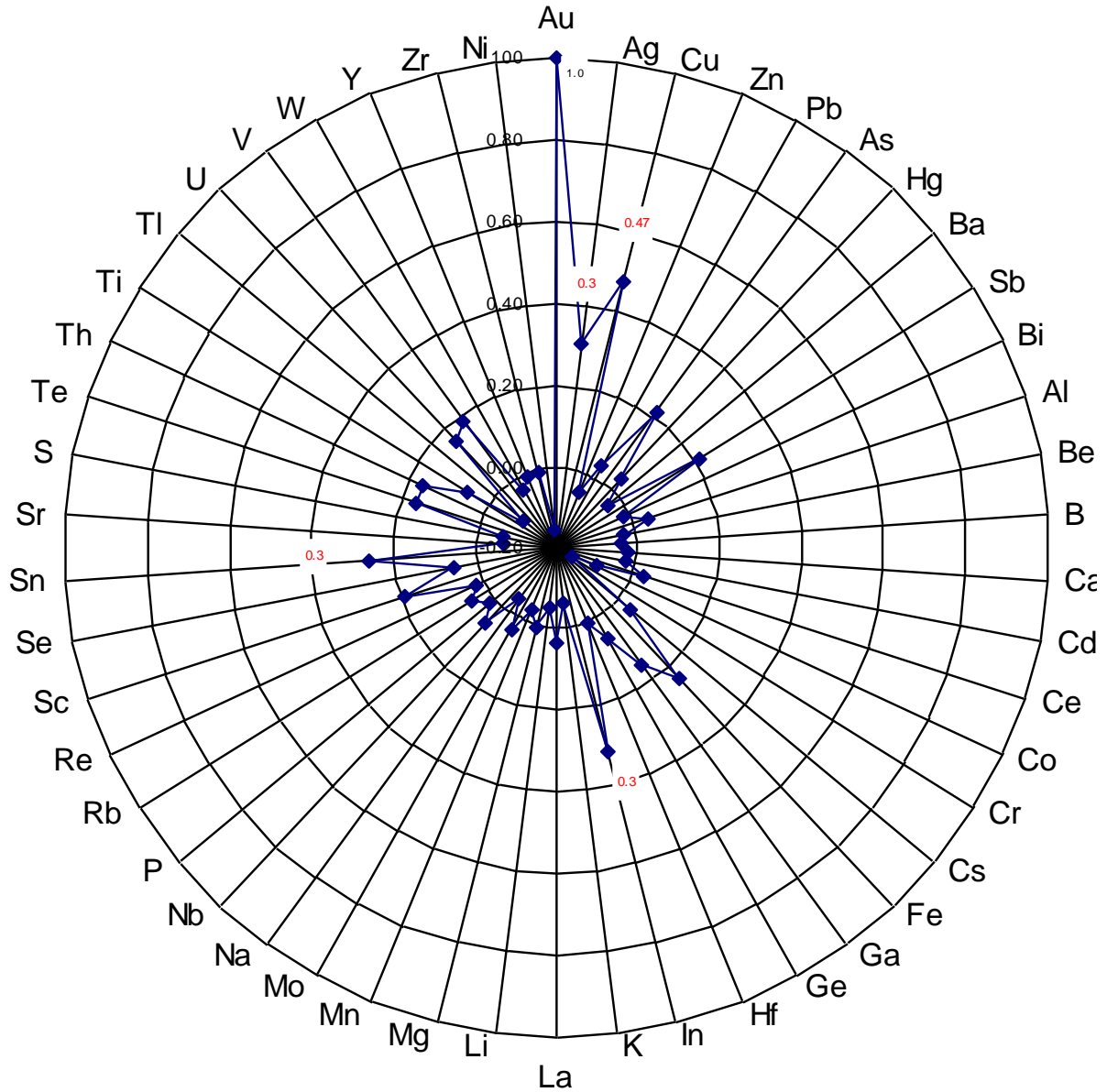


Diagrama 01. Se muestra la correlación de Au. Se observa una moderada correlación que tiene el Oro con el Cu (0.47), Ag (0.31), In (0.31), Sn (0.26), Fe (0.24), As (0.21), Sb (0.21).
La Familia Geoquímica del Oro en Quecher. E. Díaz, Oct. 2002.

GEOSTADISITICA DE ELEMENTOS

Para aplicar el tratamiento geoestadístico en Quecher, se ha revisado toda la información y data geoquímica, en la cual se han identificado valores negativos que corresponden a leyes menores por debajo al límite de detección. La generación e interpretación de los histogramas y frecuencia acumulada es para identificar una zona anómala y construir los rangos geoquímicos de un elemento a partir de rangos estadísticos (Tabla 02).

	25		40		50		60		75	
3 columnas	0	25	0	40	0	50	0	60	0	75
	25	75	40	80	50	83	60	87	75	92
	75	100	80	100	83	100	87	100	92	100
4 columnas	0	25	0	40	0	50	0	60	0	75
	25	68	40	74	50	79	60	83	75	89
	68	89	74	91	79	93	83	94	89	96.4
	89	100	91	100	93	100	94	100	96.4	100
5 columnas	0	25	0	40	0	50	0	60	0	75
	25	65	40	72	50	77	60	81	75	88
	65	85	72	88	77	90	81	92	88	95
	85	95	88	96	90	96.7	92	97.3	95	98.3
	95	100	96	100	96.7	100	97.3	100	98.3	100
6 columnas	0	25	0	40	0	50	0	60	0	75
	25	64	40	71	50	76	60	81	75	88
	64	83	71	86	76	89	81	91	88	94
	83	93	86	94	89	95.2	91	96.4	94	97.6
	93	97.6	94	98.1	95.2	98.4	96.4	99	97.6	99.2
	97.6	100	98.1	100	98.4	100	99	100	99.2	100
7 columnas	0	25	0	40	0	50	0	60	0	75
	25	62	40	70	50	75	60	80	75	87
	62	81	70	85	75	88	80	90	87	94
	81	91	85	93	88	94	90	95.6	94	97.2
	91	96	93	97	94	97.6	95.6	98.1	97.2	98.8
	96	98.8	97	99	97.6	99.2	98.1	99.4	98.8	99.6
	98.8	100	99	100	99.2	100	99.4	100	99.6	100

Tabla 02. Rangos estadísticos para el tratamiento de datos geoquímicos. (Owen L., Newmont, 2000). La columna de color rojo es la que utilizaremos para la geoquímica superficial en Quecher.

Utilizando el programa Stones se realizan los diferentes gráficos (histograma y frecuencia acumulada) para el Oro, Cobre, Arsénico, Antimonio, Estaño, Molibdeno, Bismuto, Bario, Mercurio. La construcción de histogramas para los elementos a analizar muestra un comportamiento log-normal, por lo que se cambiaron los valores a una base logarítmica, y representa la distribución de la población de muestras en un determinado rango de leyes. Para obtener una buena interpretación de cada histograma se corrigió lo más semejante a una “campana de gauss”. Se establecieron 06 intervalos de clase utilizando el 50% de la población para obtener una mayor representatividad de las muestras con baja ley, que representan la mayoría de la población.

Análisis de los histogramas y frecuencias acumuladas realizados en Quecher:

- **Histograma del Au (Fig. 10, pag. 38)**, muestra un histograma bimodal con una tendencia hacia valores relativamente bajos. Los dos picos evidencian dos eventos hidrotermales, probablemente un primer evento con valores bajos a moderados de Au, y otro posterior relacionado a una alta ley (restringido a fracturas). La curva de frecuencia acumulada al 50% de la población muestra una anomalía geoquímica de 20 ppb.
- **Histograma del Cu (Fig. 11, pag.39)**, muestra un histograma unimodal con una tendencia hacia valores altos. Probablemente exista una remobilización de Cu en superficie. La curva de frecuencia acumulada al 50% de la población muestra una anomalía geoquímica de 40 ppm.
- **Histograma del As (Fig. 12, pag.40)**, muestra un histograma casi perfectamente unimodal con una tendencia hacia valores relativamente altos. La curva de frecuencia acumulada al 50% de la población muestra una anomalía geoquímica de 18 ppm.
- **Histograma del Hg (Fig. 13, pag.41)**, muestra un histograma bimodal con una tendencia relativa hacia valores bajos. Los dos picos evidencian dos eventos hidrotermales diferentes. La curva de frecuencia acumulada al 50% de la población muestra una anomalía geoquímica de 0.15 ppm.
- **Histograma del Bi (Fig. 14, pag.42)**, muestra un histograma unimodal con una tendencia relativa hacia valores de bajas leyes. La curva de frecuencia acumulada al 50% de la población muestra una anomalía geoquímica de 0.3 ppm.
- **Histograma del Mo (Fig. 15, pag. 43)**, muestra un histograma unimodal con una tendencia relativa hacia valores altos. Muestra una mejor distribución en la parte superficial

del depósito. La curva de frecuencia acumulada al 50% de la población muestra una anomalía geoquímica de 40 ppm.

- **Histograma del Ba (Fig. 16, pag. 44)**, muestra un histograma perfectamente unimodal con una tendencia hacia valores relativamente altos. La curva de frecuencia acumulada al 50% de la población muestra una anomalía geoquímica de 60 ppm.

- **Histograma del Sb (Fig. 17, pag.45)**, muestra un histograma casi perfectamente unimodal con una tendencia hacia valores bajos. La curva de frecuencia acumulada al 50% de la población muestra una anomalía geoquímica de 0.15 ppm

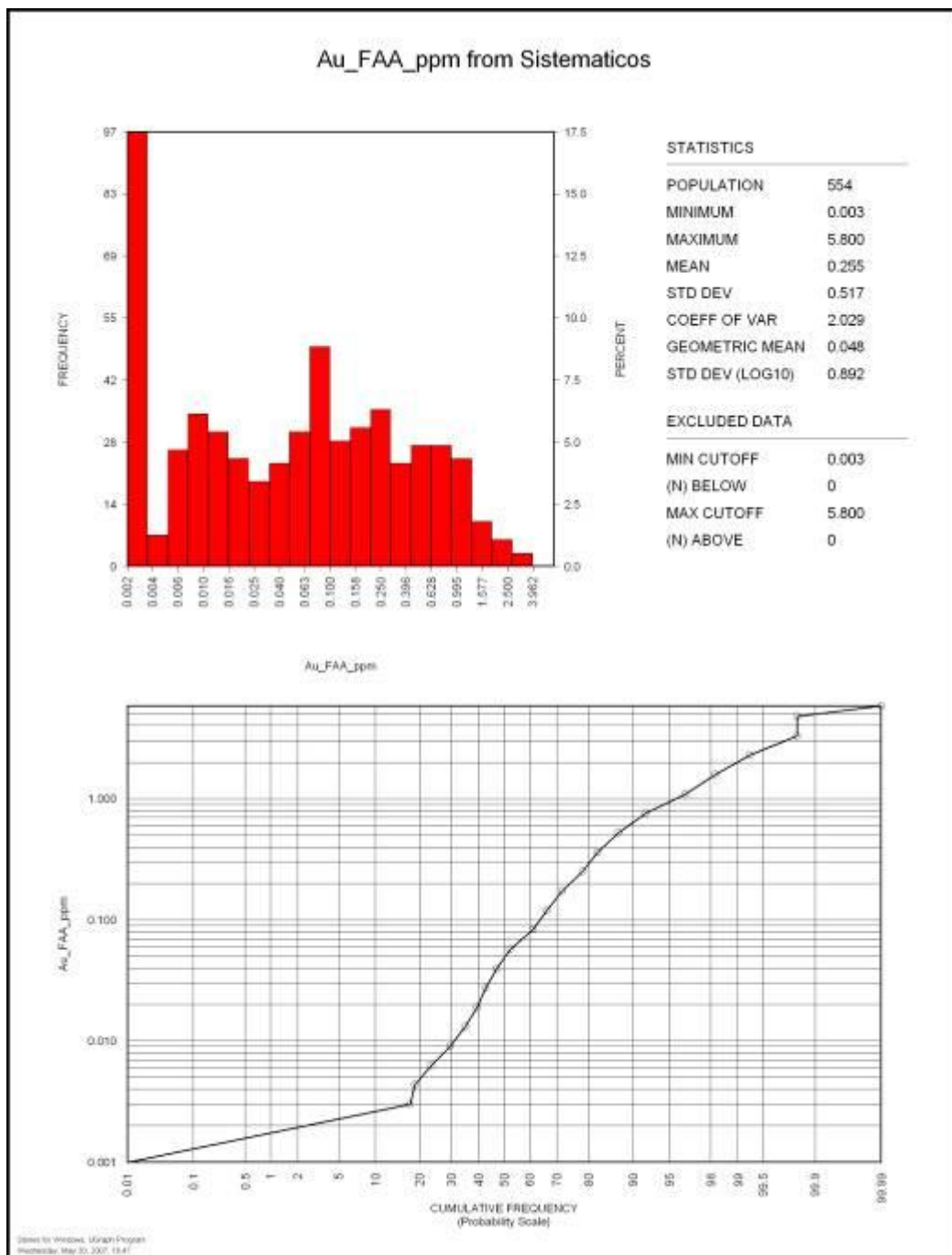
5.1.3.3. RESUMEN DE LA CAMPAÑA GEOQUIMICA EN QUECHER

Durante esta campaña (Agosto hasta Noviembre del 2002), en Quecher norte se han realizado muestreos geoquímicos superficiales sistemáticos sobre accesos, 09 trincheras realizadas, y quebradas (Qda. Ocucho y Qda. Norte).

La geoquímica descubre valores de 70 metros con 1.4 g /T Au (Ox), 240 m con 1.0 gr / T Au (Ox), 300 m con 0.7 g / T Au (Ox), y con 60 m con 1.2 g / TM Au (Ox).

En Quecher central se aprecian anomalías de oro, con algunos valores que varían desde 0.1 – 0.8 gr / TM Au y en promedio 0.55 gr. / TM Au.

La geoquímica presenta también una alta correlación entre Au, Cu, Mo y una anticorrelación de los elementos Hg, As y Sb con respecto al Au, manifestando una aparente migración de éstos hacia el sur oeste.



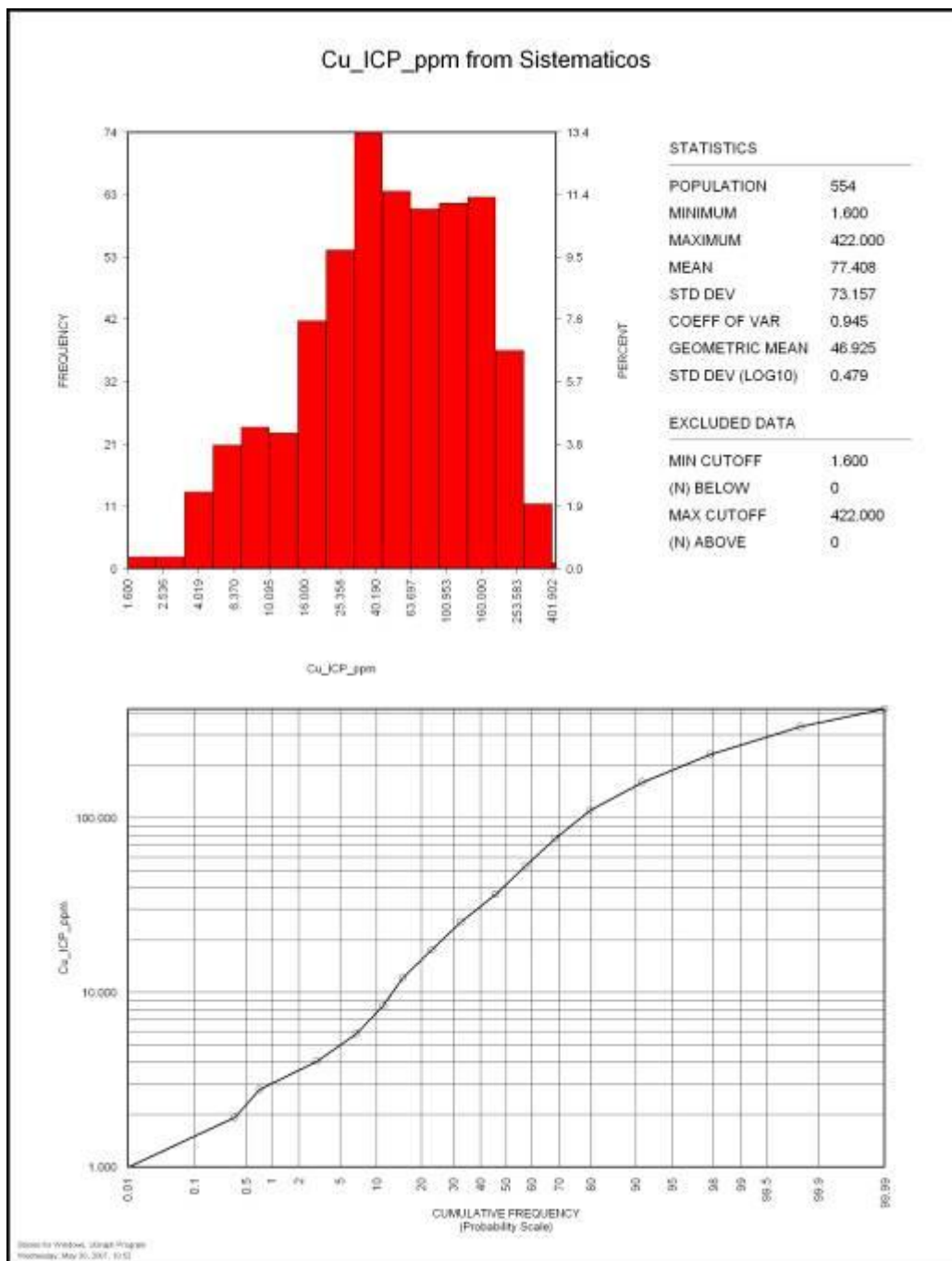
RANGOS ESTADÍSTICOS

- 0.00 - 50.0
- 50.0 - 76.0
- 76.0 - 89.0
- 89.0 - 95.2
- 95.2 - 98.4
- 98.4 - 100

RANGOS GEOQUÍMICOS

- [Au ppm]**
- [0.000 – 0.05>
 - [0.05 – 0.2>
 - [0.2 – 0.6>
 - [0.6 – 1.0>
 - [1.0 – 2>
 - >=2.0

Fig. 10. Histograma y frecuencia acumulada del oro. En el grafico de la frecuencia acumulada al 50% de la población se observa la anomalía geoquímica de oro (0.05 ppm).



RANGOS ESTADÍSTICOS

0.00 - 50.0
 50.0 - 76.0
 76.0 - 89.0
 89.0 - 95.2
 95.2 - 98.4
 98.4 - 100

RANGOS GEOQUÍMICOS

[Cu ppm]
 [0.000 – 40.00>
 [40.00 – 100.0>
 [100.0 – 500.0>
 [500.0 – 800.0>
 [800.0 – 1200.0>
 >=1200

Fig. 11. Histograma y frecuencia acumulada de Cu. En el grafico de la frecuencia acumulada al 50% de la población se observa la anomalía geoquímica de Cu (40 ppm).

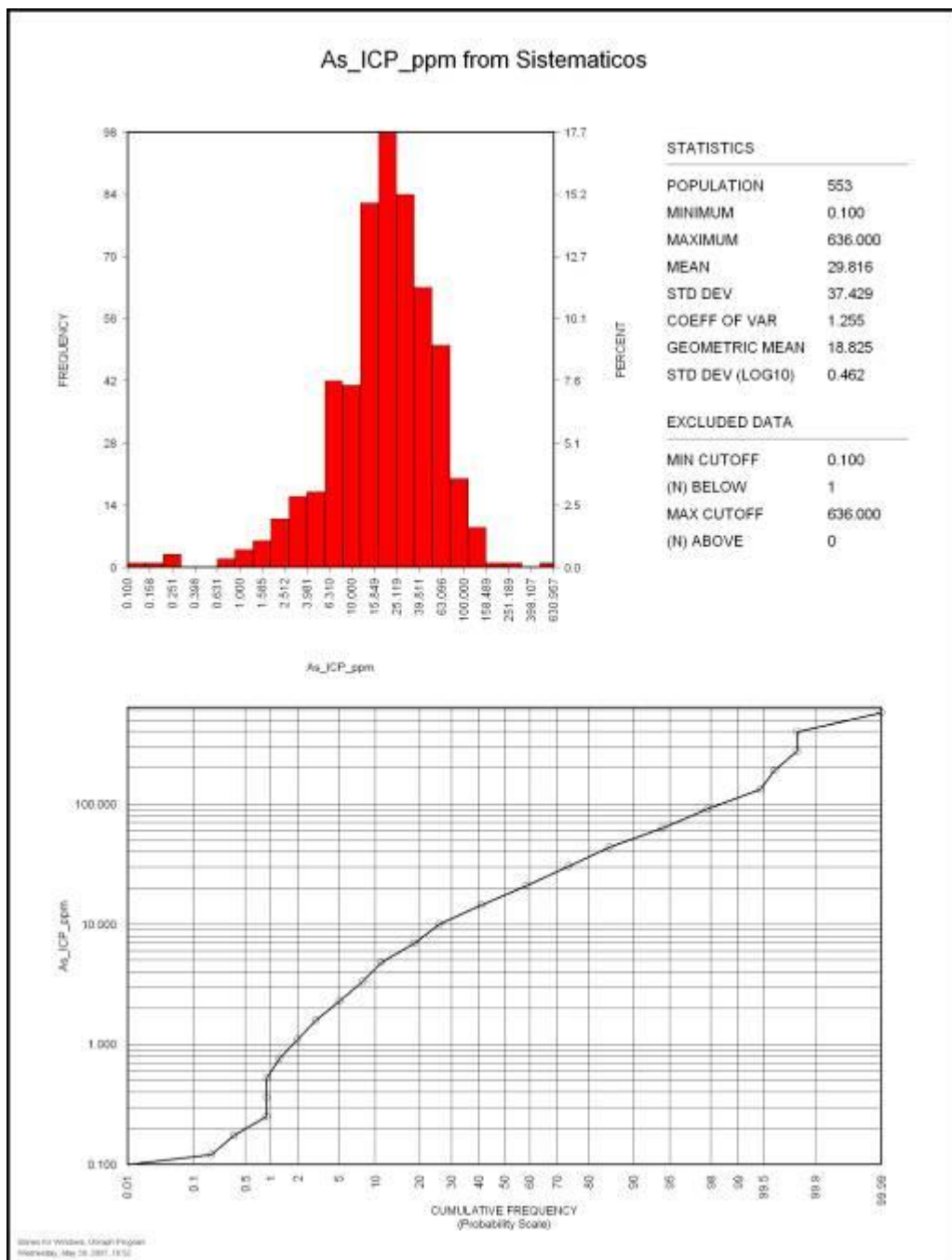
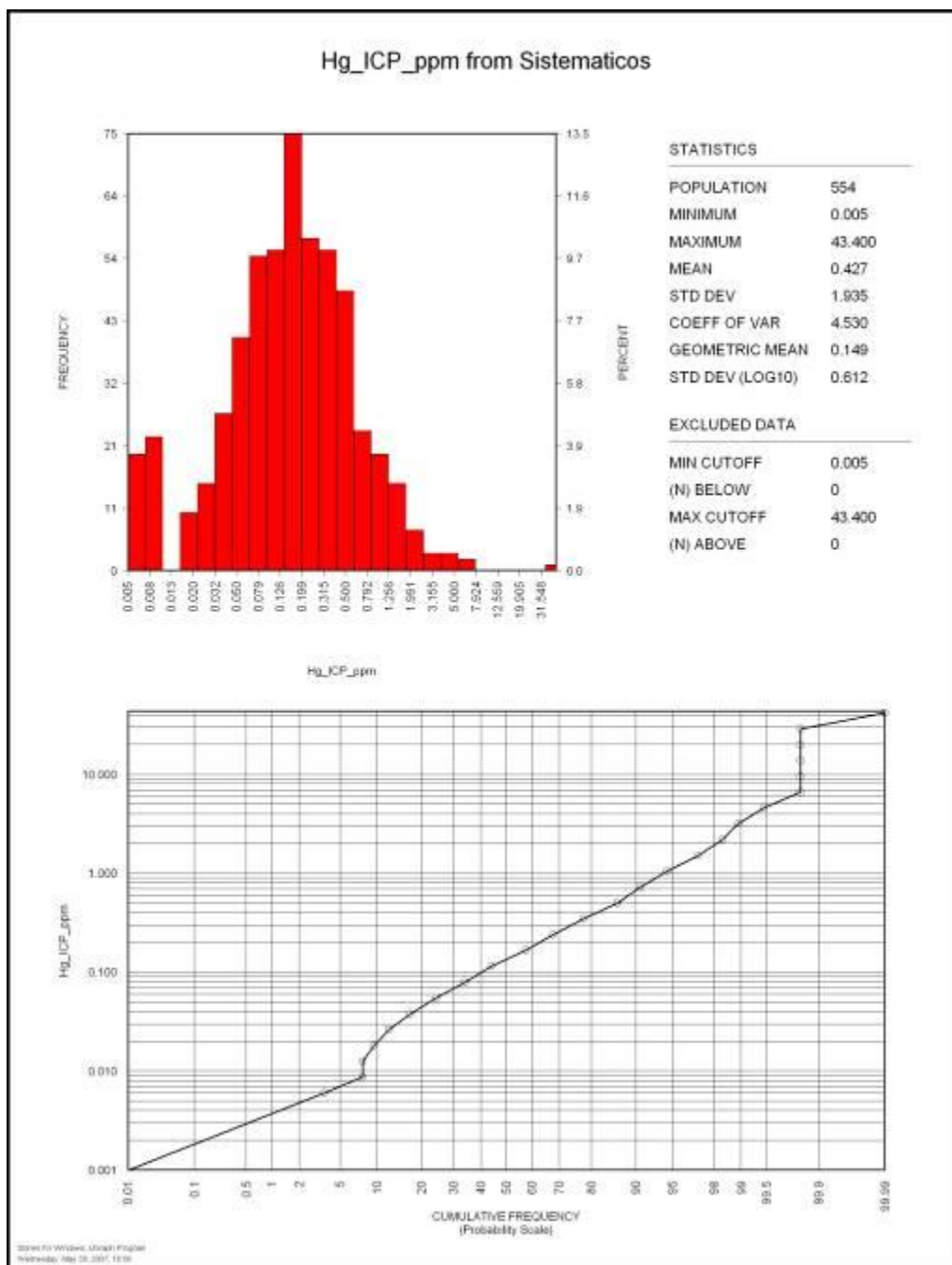


Fig. 12. Histograma y frecuencia acumulada del As. En el grafico de la frecuencia acumulada al 50% de la población se observa la anomalía geoquímica del As (18 ppm).



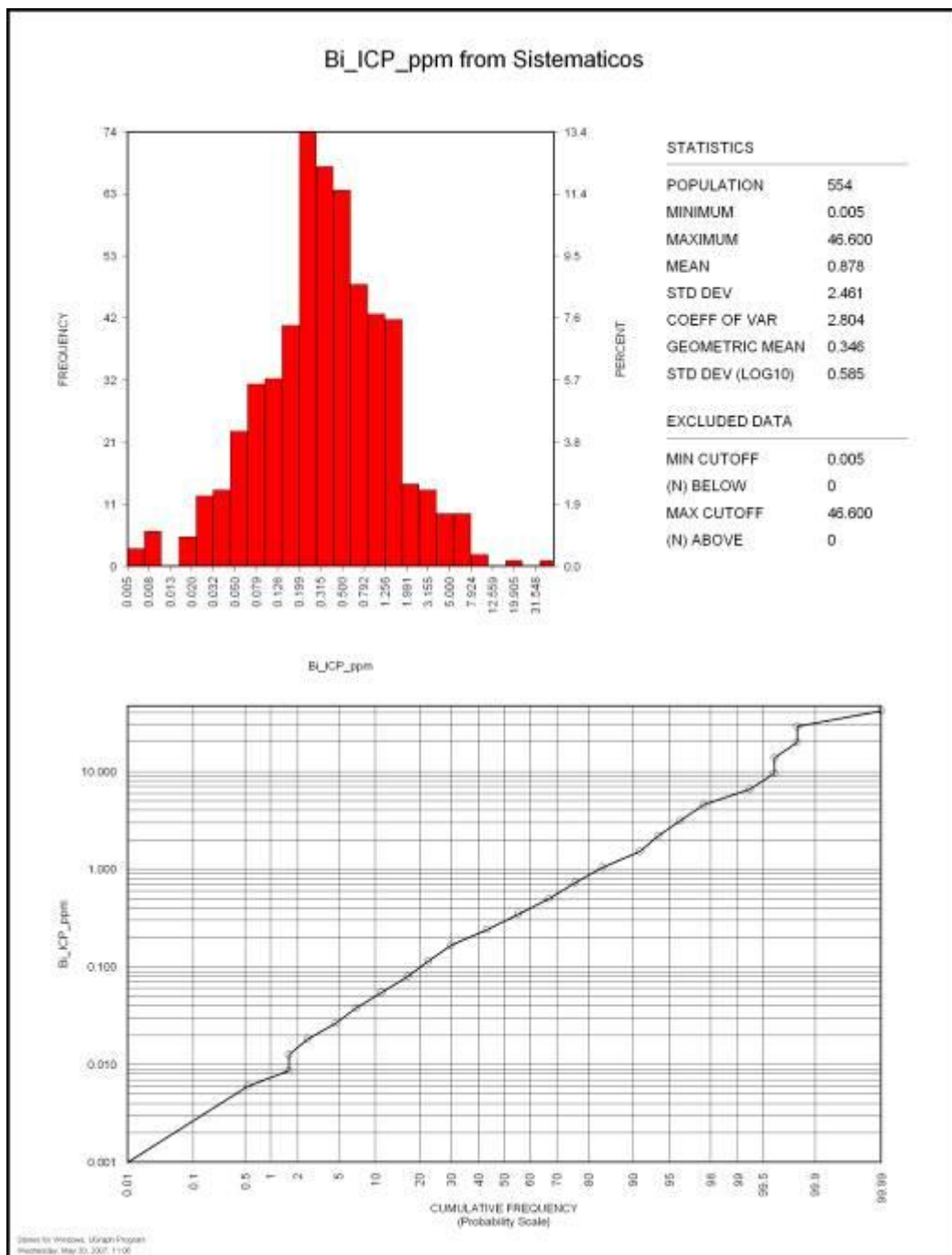
RANGOS ESTADÍSTICOS

- 0.00 - 50.0
- 50.0 - 76.0
- 76.0 - 89.0
- 89.0 - 95.2
- 95.2 - 98.4
- 98.4 - 100

RANGOS GEOQUÍMICOS

- [Hg ppm]**
- [0.00 - 0.15>
 - [0.15 - 0.3>
 - [0.3 - 0.7>
 - [0.7 - 1.0>
 - [1.0 - 2.5>
 - >=2.5

Fig. 13. Histograma y frecuencia acumulada del Hg. En el gráfico de la frecuencia acumulada al 50% de la población se observa la anomalía geoquímica del Hg (0.15 ppm).



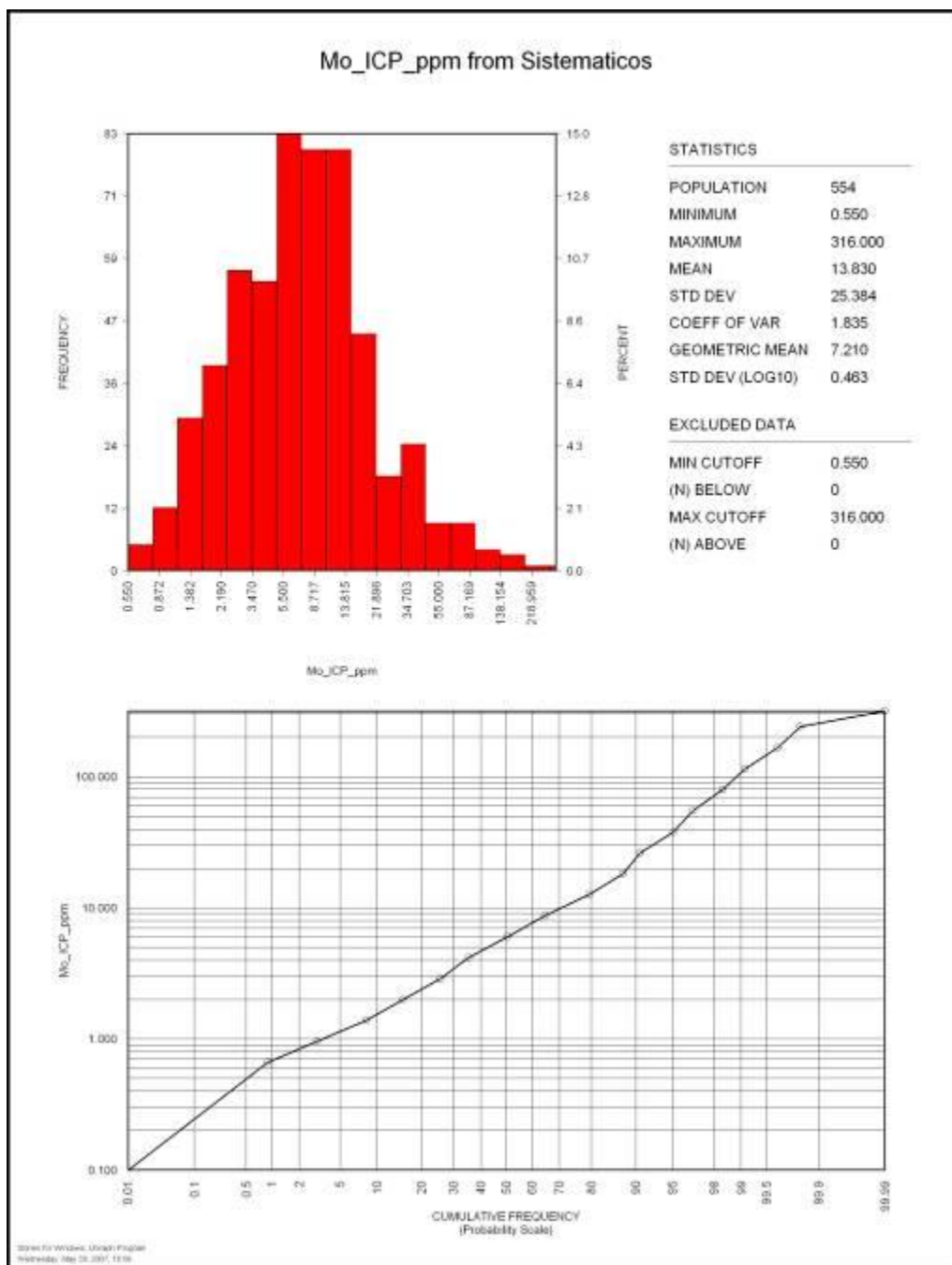
RANGOS ESTADÍSTICOS

- 0.00 - 50.0
- 50.0 - 76.0
- 76.0 - 89.0
- 89.0 - 95.2
- 95.2 - 98.4
- 98.4 - 100

RANGOS GEOQUÍMICOS

- [Bi ppm]**
- [0.000 – 0.3>
 - [20.00 – 0.7>
 - [45.00 – 1.5>
 - [85.00 – 2.5>
 - [200.0 – 5.5>
 - >=5.5

Fig. 14. Histograma y frecuencia acumulada del Bi. En el grafico de la frecuencia acumulada al 50% de la población se observa la anomalía geoquímica del Bi (0.3 ppm).



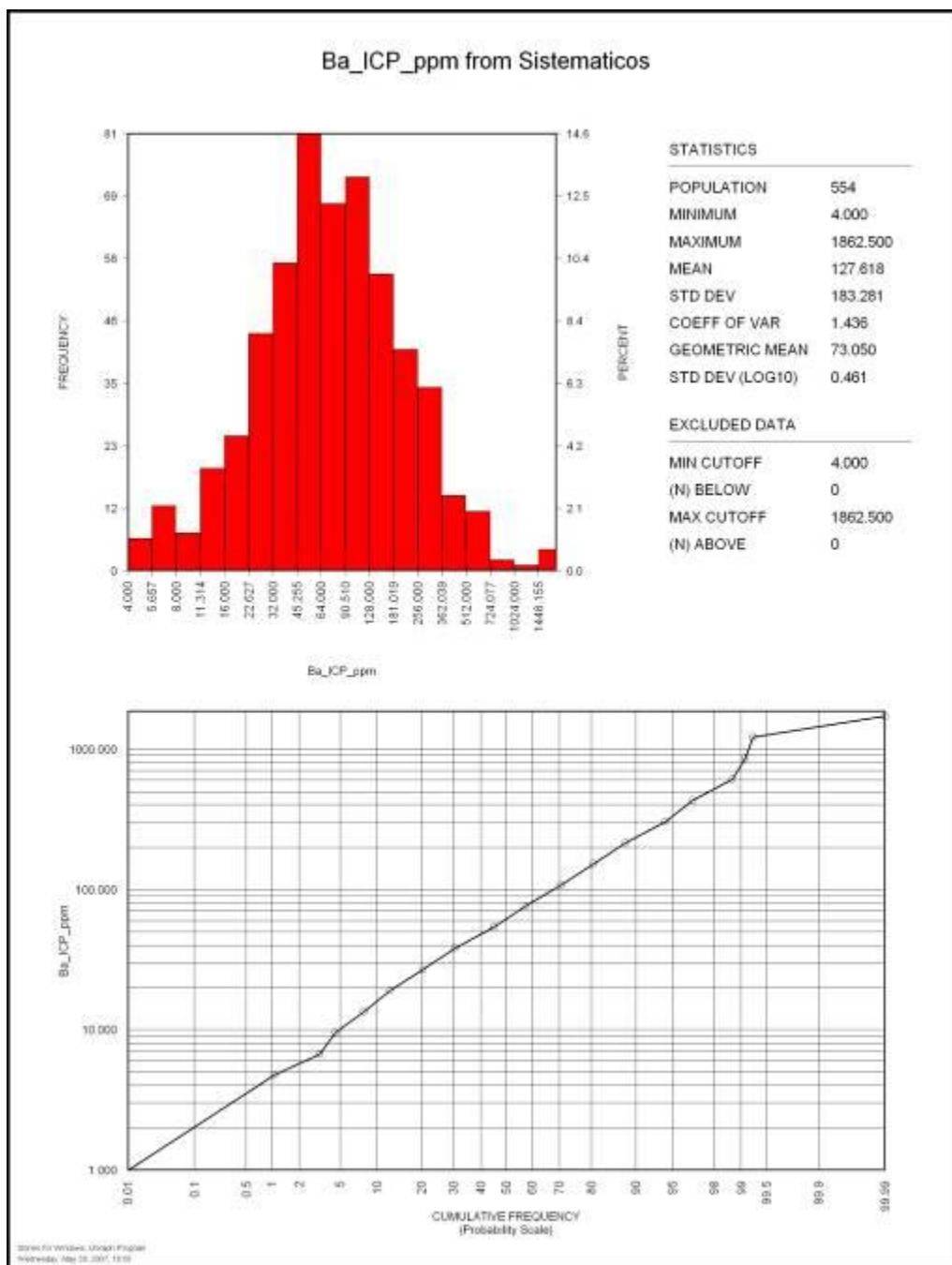
RANGOS ESTADÍSTICOS

- 0.00 - 50.0
- 50.0 - 76.0
- 76.0 - 89.0
- 89.0 - 95.2
- 95.2 - 98.4
- 98.4 - 100

RANGOS GEOQUÍMICOS

- [Mo ppm]**
- [0.00 - 6.0>
 - [1.20 - 15.0>
 - [15.0 - 25.0>
 - [25.0 - 40.0>
 - [40.0 - 90.0>
 - >=90.0

Fig. 15. Histograma y frecuencia acumulada del Mo. En el grafico de la frecuencia acumulada al 50% de la población se observa la anomalía geoquímica del Mo (6 ppm).



RANGOS ESTADÍSTICOS

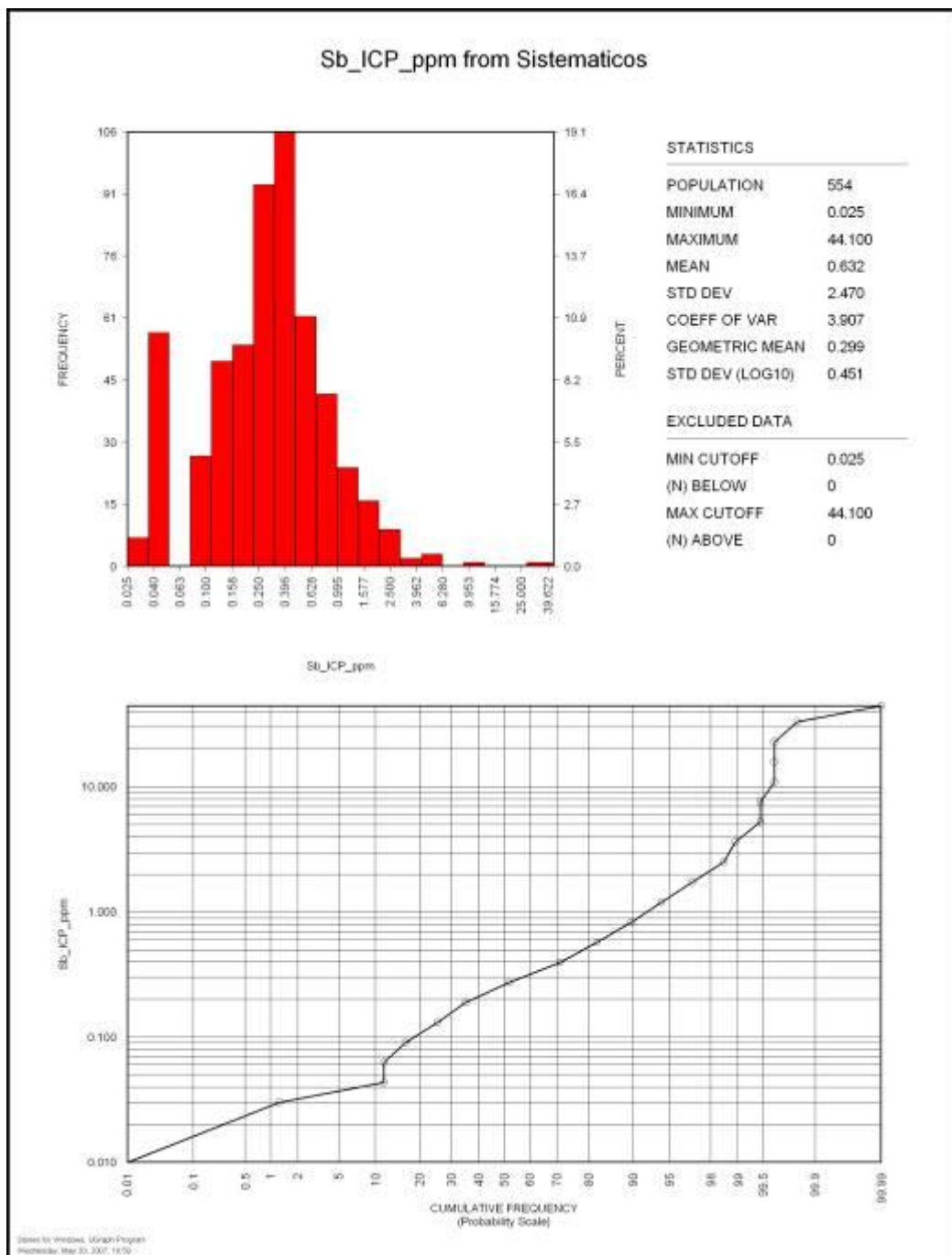
- 0.00 - 50.0
- 50.0 - 76.0
- 76.0 - 89.0
- 89.0 - 95.2
- 95.2 - 98.4
- 98.4 - 100

RANGOS GEOQUÍMICOS

[Ba ppm]

- [0.00 - 60.00>
- [90.00 - 105.0>
- [175.0 - 115.0>
- [400.0 - 125.0>
- [125.0 - 145.0>
- >=145.0

Fig. 16. Histograma y frecuencia acumulada del Ba. En el grafico de la frecuencia acumulada al 50% de la población se observa la anomalía geoquímica del Ba (60 ppm).



RANGOS ESTADÍSTICOS

- 0.00 - 50.0
- 50.0 - 76.0
- 76.0 - 89.0
- 89.0 - 95.2
- 95.2 - 98.4
- 98.4 - 100

RANGOS GEOQUÍMICOS

- [Sb ppm]**
- [0.00 – 0.15>
 - [0.15 – 0.25>
 - [0.25 – 0.8>
 - [0.8 – 1.5>
 - [1.5 – 2.5>
 - >=2.5

Fig. 17. Histograma y frecuencia acumulada del Sb. En el gráfico de la frecuencia acumulada al 50% de la población se observa la anomalía geoquímica del Sb (0.15 ppm).

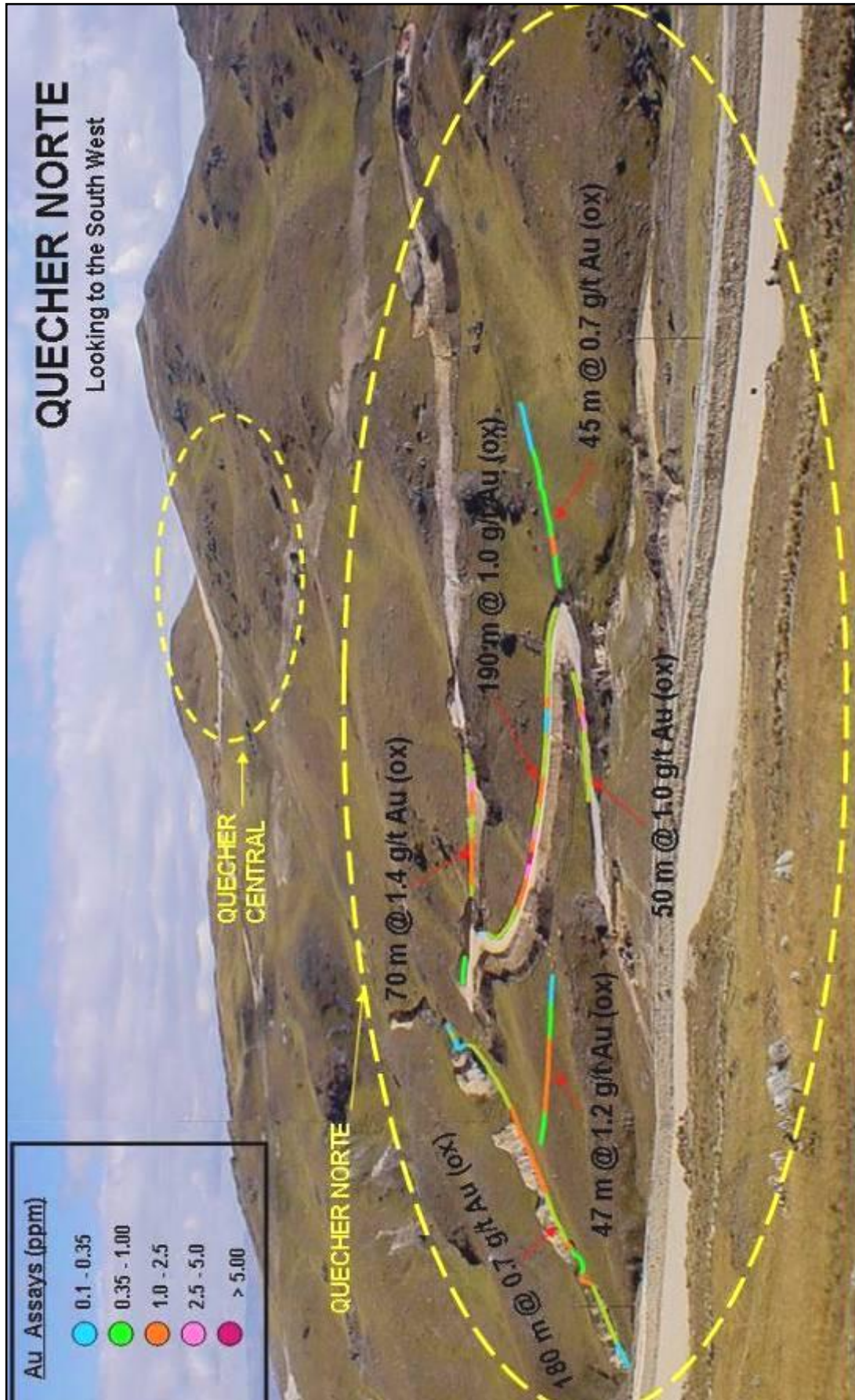


Foto. 08. Se observa el muestreo que se desarrollo en los accesos de Quecher Norte, Oct-Nov, 2002. Nótese también a Quecher Norte y Central. Por E. Ugarte y E. Díaz, Octubre 2002.

6. GEOFISICA

6.1. INTRODUCCION

Geofísica es el estudio de las propiedades físicas de la tierra. Ejemplos de propiedades físicas son densidad, susceptibilidad magnética (propiedad física que consiste en la habilidad magnética de los materiales para ser magnetizados), parámetros eléctricos y otros. El trabajo del geofísico, es hacer una interpretación de propiedades físicas que tienen significado en un sentido geológico.

Las campañas geofísicas que fueron realizadas en Yanacocha tuvieron como objetivo determinar la presencia de anomalías geofísicas relacionadas a cuerpos de sílice (resistividad, cargabilidad), así como detectar zonas con mineralización de sulfuros (Fe, Cu). También se desarrollan pruebas para determinar anomalías relacionadas con centros intrusivos que son concentraciones de alto magnetismo.

Estas pruebas nos permiten interpretar la profundidad de 50 hasta 600 metros.

Los trabajos de campo como las mediciones y la toma de datos son realizados por técnicos de campo especializados en geofísica de Minera Yanacocha, liderados por el geofísico M. Goldie. En todos los casos, el geofísico elabora los planos interpretados y luego en coordinación con el geólogo elaboran las conclusiones e interpretaciones finales.

Para este trabajo participaron en la interpretación M. Godie, C. Williams, R. Lujan, E. Ugarte y E. Díaz.

6.2. METODOS GEOFISICOS

A continuación revisaremos algunas técnicas más comunes, para medir las propiedades físicas de la tierra, y las maneras de interpretaciones de los resultados.

6.2.1 Gradient IP Survey (Polarización Inducida)

Este método de Polarización Inducida se desarrolló en Yanacocha a partir del año 1999 y está caracterizado por mediciones de cargabilidad y conductividad.

Por lo general, las anomalías de alta resistividad están relacionadas a sílice y también se puede correlacionar con las alteraciones hidrotermales de alta sulfuración como son: sílice masiva, sílice granular y sílice alunita, así como las anomalías de baja resistividad y/o alta conductividad, son indicativas de zonas con alteración fílica a una alteración cuarzo-arcillas hasta argílica.

También se determinan anomalías de alta cargabilidad donde se muestran zonas con mineralización de sulfuros, como piritita; y anomalías de baja cargabilidad como calizas.

Estos datos se leen en msc. (Milisegundos).

6.2.2 TDEM (Electromagnetismo con tiempos)

Este método de TDEM se desarrolla en Yanacocha a partir del año 2000 y está caracterizado por mediciones de electromagnetismo está caracterizado por mediciones de resistividad y conductividad

Las anomalías de alta resistividad son aquellas con baja conductividad que están asociadas a cuerpos silíceos, que no emiten respuesta conductiva.

Las anomalías de alta conductividad son aquellas zonas que están relacionadas a Sulfuros.

Esta prueba se realiza desde un helicóptero a unos 40 metros de altura ó desde una línea sobre la superficie a 1.2m de altura.

Estos datos se leen en Ohm-metros

6.2.3 Airborne Magnetic Survey (Magnetometría Aerotransportada)

Este método se desarrolló en Yanacocha desde el año 1994 y está caracterizado porque define zonas anómalas asociadas a minerales magnéticos como magnetita, pirrotita e illmenita, principalmente con alteración potásica y propilítica, diferenciándola de zonas con alteración fílica a argílica donde la magnetita se encuentra destruida o alterada.

Aquí se desarrollan planos RTP (Reduce to Pole) donde permite observar estructuras y las curvas-formas de la anomalía.

Estos datos se leen en Gammas.

6.2.4 Gravimetría

Este método Gravimétrico se desarrolló en Yanacocha durante los años 1999 – 2000 con líneas cada 500m en dirección E-W, y con lecturas tomadas cada 250 metros.

Está caracterizado por definir zonas controladas de acuerdo a su densidad (alta densidad y cuerpos compactos) permitiendo correlacionar los diferentes tipos de

Nota 03.- La sílice es muy densa y muy compacta. Con este método podemos decir que los altos gravimétricos están relacionados a cuerpos intrusivos-pórfidos, así como los bajos gravimétricos se relacionan con lavas, brechas freáticas, hidrotermales.

Estos datos nos muestran densidades.

Interpretación geofísica de Quecher (Plano de interpretación geofísica)

Estas interpretaciones se han realizado en base a los resultados geofísicos obtenidos por el geofísico M. Goldie, 2002.

* Del plano de "IP 100m DEPTH SLICE", se observa una zona de moderada cargabilidad de 1000 oh/m (Plano de interpretación geofísica, pag. 50; la línea color verde) indicando la presencia de alteración argílica. Esta respuesta geofísica presenta una alta correlación con la alteración argílica (Plano de alteraciones hidrotermales, pag. 26). Esta alteración indica el fin del sistema epitermal hacia la parte norte y sur-este.

* Del plano de "TDEM 100m DEPTH SLICE" se observa a Quecher Central y Norte dentro de una zona con alta resistividad mayor a 1000 oh/m (Plano de interpretación geofísica, pag. 50; la línea color rojo) lo que nos indica una posibilidad de una buena alteración sílicea (sílice masiva y sílice granular) en profundidad. Esta respuesta geofísica presenta una alta correlación con la alteración sílice granular (Plano de alteraciones hidrotermales, pag. 26).

* Del plano de "Gravimetría" se observa que Quecher Central se encuentra en un bajo gravimétrico, lo cual se correlaciona con el marco tectónico de la zona, debido a que Quecher esta en una secuencia de graven(es) alineados en dirección NW. La gravimetría grafica la tendencia NW- EW de este graven.

Esta respuesta geofísica presenta una alta correlación con la litología de Quecher indicando un buen tipo de roca hospedante como brechas freáticas con lavas volcánicas y secuencias piroclásticas. (Plano de alteraciones hidrotermales, pag. 26).

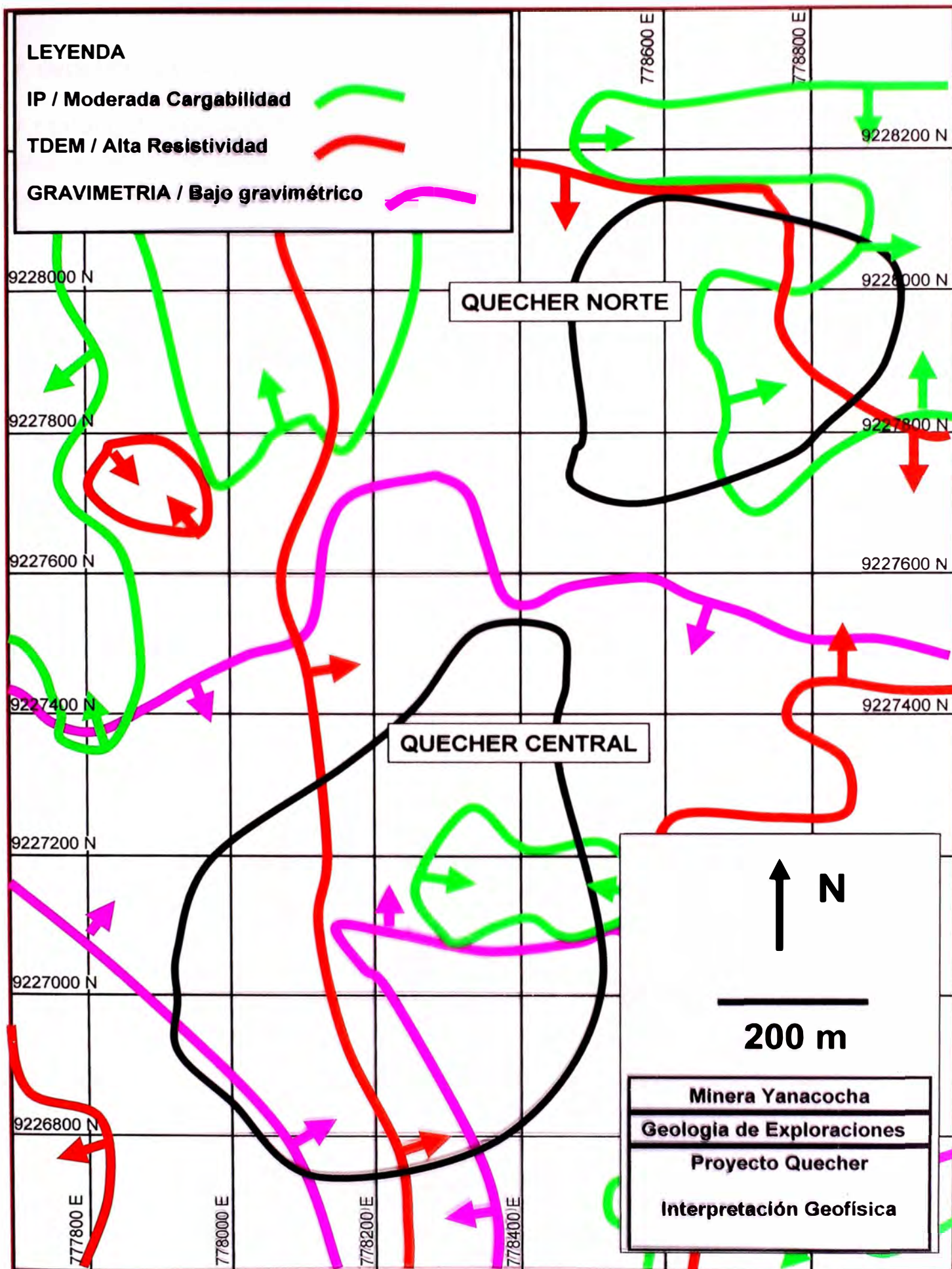


Fig. 18. Plano de Interpretación geofísica de Quecher, M. Godie, C. Williams, R. Luján, E. Ugarte y E. Díaz. Oct. 2002

7. EVOLUCION Y MODELO GEOLOGICO

7.1 EVOLUCION GEOLÓGICA

Este modelo se ha definido en base a las características geológicas recopiladas en el proceso de exploración y complementadas con la literatura existente.

- a) **Vulcanismo inicial:** actividad magmática temprana con desarrollo de masas andesíticas, flujos de lava y rocas piroclásticas /interpretadas como una secuencia basamento.

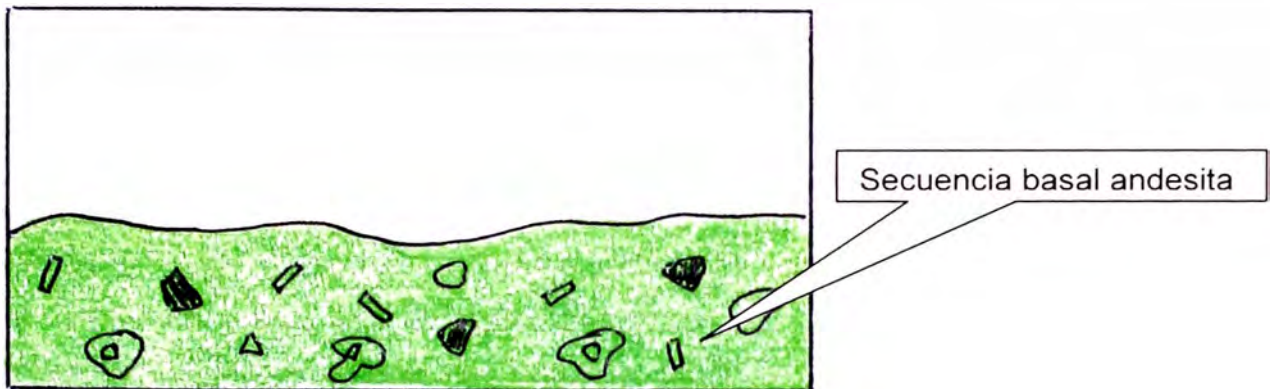


Fig. 19. La figura muestra un evento de vulcanismo inicial en Quecher, una secuencia de tufos de cristales y algunos fragmentos líticos de composición andesítica.

- b) **Vulcanismo Explosivo:** nuevo evento de vulcanismo explosivo, produciendo flujos piroclásticos heterolíticos con fragmentos silicificados (cuarцитas). Se diferencian tres fases de depositación:

- 1) Una secuencia superior delgada conformada por lavas andesíticas rica en cristales de hornblenda (escasos afloramientos)
- 2) Una secuencia piroclástica conformada por una matriz rica en cristales con fragmentos líticos (tufo cristalolítico)
- 3) Una secuencia piroclástica conformada por una matriz rica en cristales (píroxeno-biotita-hornblenda) de composición andesítica (tufo de cristales).

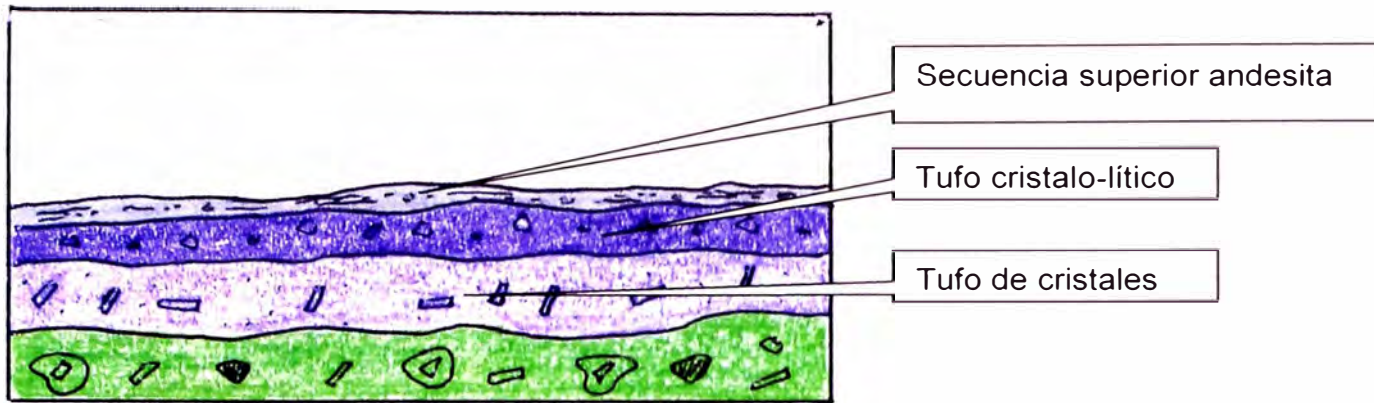


Fig. 20. La figura muestra un evento de vulcanismo explosivo con tres fases diferentes, nótese el evento 1, 2 y 3; sobre el evento de vulcanismo inicial.

c) Erupciones freáticas: durante el desarrollo del sistema, se origina la interacción de magma o fluidos magmáticos calientes con aguas subterráneas frías posiblemente en la secuencia de rocas de vulcanismo inicial como consecuencia se producen múltiples explosiones y depósitos freáticos; produciendo fracturamiento en la roca caja.

Posiblemente por enfriamiento del sistema y el inicio de la introducción de agua meteórica origina el desarrollo de la alteración argílica intermedia hacia una zona de sílice lixiviada (sílice granular).

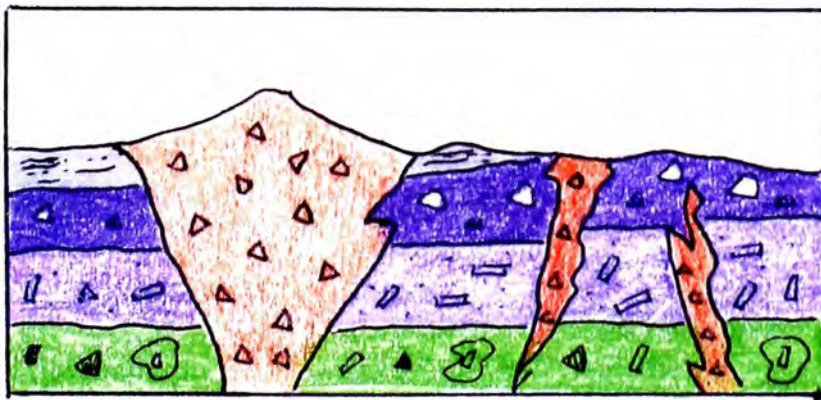


Fig. 21. La figura muestra la intrusión de una serie de **brechas freáticas** aprovechando una serie de fallas inversas al Norte, generando fracturamiento en las secuencias volcánicas existentes.

- **Tectónica con una serie de fallas inversas NE, generando otras tencionales EW (observadas en campo).**

d) Alteración y mineralización principal: Los fluidos invaden el sistema y son canalizados hacia las zonas permeables, El oro precipita con piritita (Py) y con menos enargita (En).

En este evento se forman brechas hidrotermales con mineralización de oro (Au) y hierro (Fe) desarrollándose mineralización diseminada en algunos horizontes permeables (la mineralización se deposita generalmente en los flujos piroclásticos del vulcanismo explosivo (los tufos cristalolíticos y flujos de cristales).

La alteración predominante es argílica avanzada con abundante alunita.

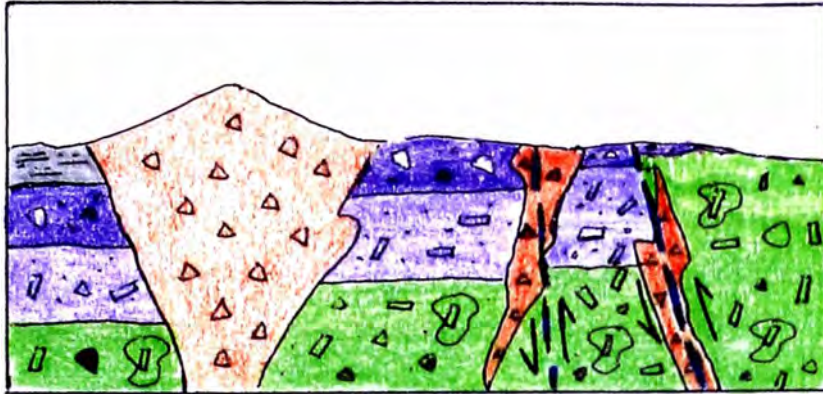


Fig. 22. La figura muestra un desplazamiento de bloques en el sistema de fallas inversas, subiendo la secuencia del vulcanismo inicial hasta la superficie, en la parte norte.

e) Vulcanismo Tardío: Se depositan flujos de lava, sin alteración hacia la parte este, emplazamiento del domo Ocucho hasta la parte NorEste de Quecher.

- Emplazamiento de diques, estos diques cortan todas las unidades anteriormente mencionadas, con débil alteración.

f) Pulso hidrotermal final: Un evento hidrotermal final desarrolla vetas/crestones de sílice y estructuras de sílice alunita y sílice clay-arcillas; también un hidrofracturamiento (tipo stockwork).

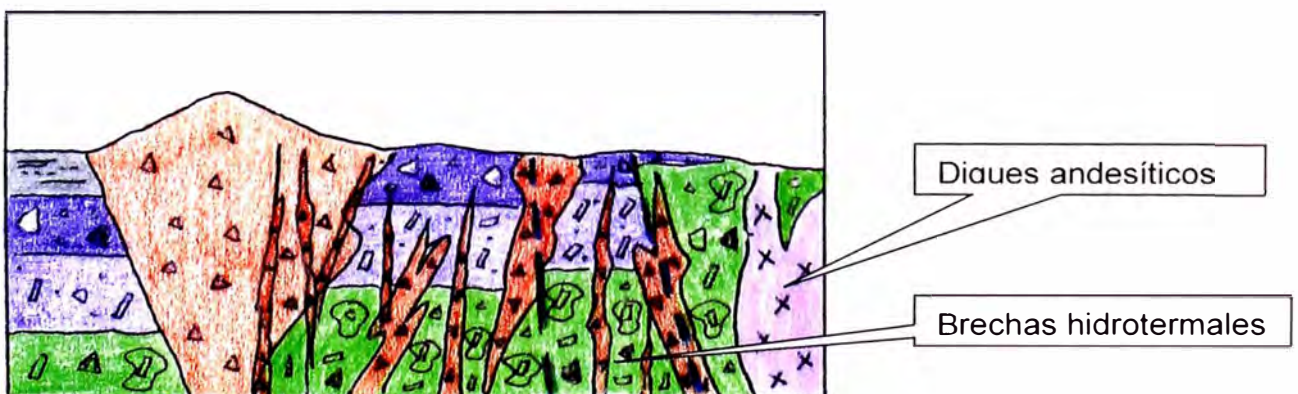


Fig. 23. La figura muestra el desarrollo del evento hidrotermal final con brechas freáticas e hidrotermales, relacionadas a la mineralización de Au. Estos fluidos aprovechan que la roca hospedante (diferentes secuencias volcánicas) está fracturada para poder depositarse en todo el paquete volcánico.

- g) Intemperismo y Oxidación:** Luego del pulso hidrotermal, las rocas fueron meteorizadas, las partes altas del sistema modificaron y se produjeron oxidaciones hasta de 350 metros
- h) Glaciación y Cuaternario:** La glaciación erosiona partes altas del sistema, y los glaciares transportan y depositan partes de estas rocas en algunas zonas del Norte y Nor-Oeste de Quecher.

7.2 MODELO GEOLÓGICO

El modelo geológico de Quecher se ha realizado en base a una sección esquemática N30E (*Plano de interpretación litológica con la interpretación de fallas y lineamientos estructurales en Quecher. Interpretado por C. Williams, 2002., pag. 22*).

La sección esquemática N30E (pág. 55) muestra la distribución espacial del Au > 0.2 g/t relacionado con la zona de óxidos (línea color blanco). Aquí, se ha estimado 1'200,00 onzas de Au diseminado.

También, indica el límite entre la zona de óxidos y sulfuros (línea color negro). En Quecher central, el límite se encuentra en la cota 3750 metros y disminuye 150 metros en dirección norte (hasta la cota 3900 metros), debido a una serie de fallas inversas.

Nótese, una buena correlación entre la litología y alteración en Quecher, así como:

las brechas freáticas/ hidrotermales con la alteración silicea (granular)

la secuencia superior rica en cristales (lavas andesitas) con la alteración argílica avanzada (cuarzo-arcillas).

la secuencia de tufos rico en cristales con la alteración argílica avanzada (cuarzo alunita).

los diques tardíos (andesita) con la alteración fresca (en la parte norte)

la secuencia inferior andesita con la alteración cuarzo-arcillas.

Modelo Geológico de Quecher

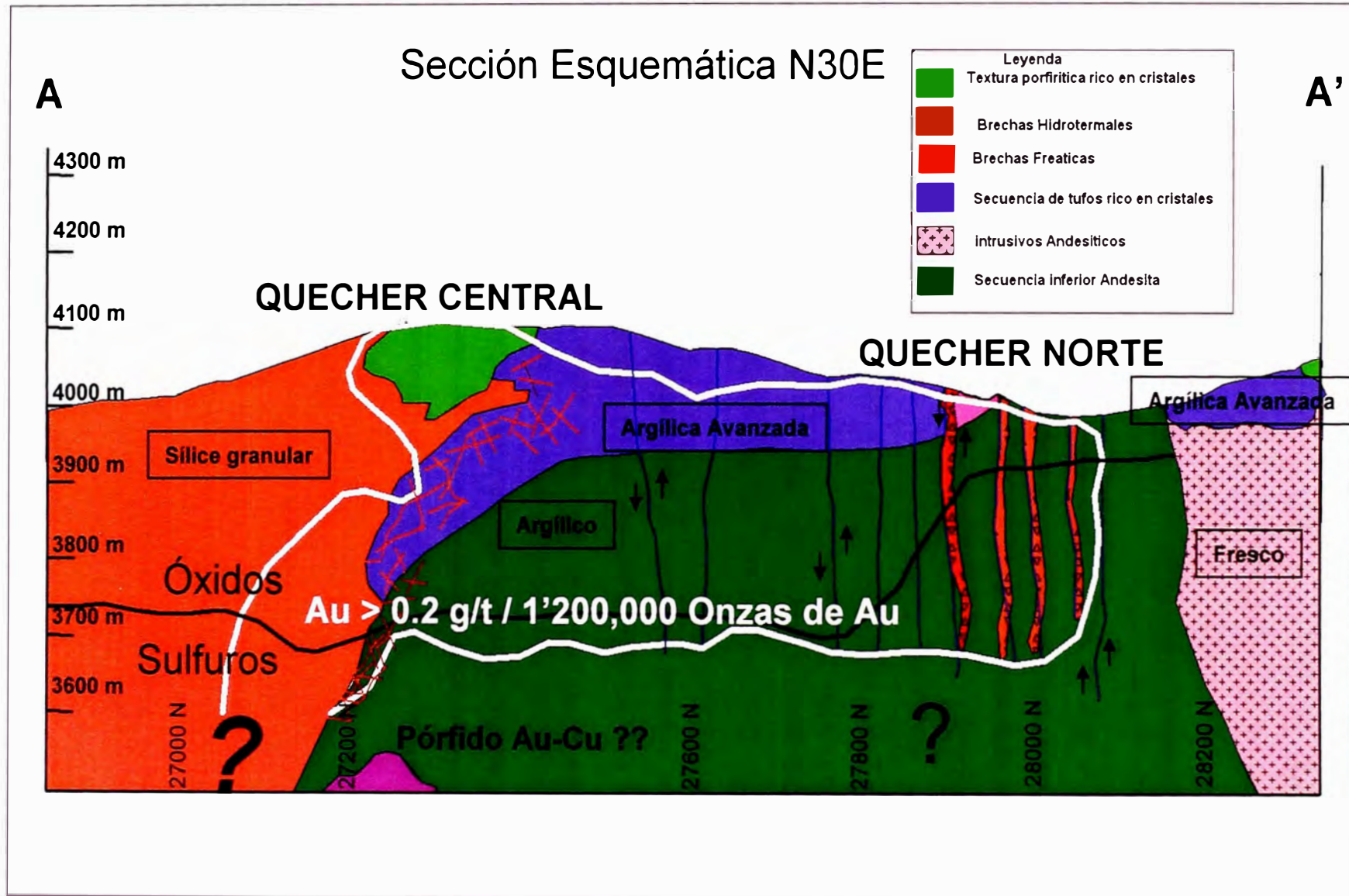


Fig. 22. Modelo geológico de Quecher, Sección M30E. Eduardo Díaz, Oct. 2002.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

- La geoquímica muestra una buena correlación del Au con el Cu, Ag, Mo y Ba; así como una correlación inversa con el Hg, As, Sb que son típicos elementos de un sistema de alta sulfuración, por lo tanto Quecher es un sistema epitermal con la presencia de elementos que indican mayor temperatura y profundidad en el sistema (probablemente una zona en transición a tipo pórfido Au-Cu).
- La litología en Quecher es variada y no presenta un control importante en la mineralización aurífera debido a que toda la secuencia se encuentra relacionada a brechas freáticas reactivadas en varios eventos, incluyendo reactivaciones hidrotermales sobre imponiéndose a las brechas freáticas.
- La alteración en Quecher es predominantemente Argílico Avanzado (cuarzo alunita - cuarzo arcillas - arcillas) con variaciones a sílice lixiviada (sílice granular). La alteración sílice alunita esta relacionada con las brechas freáticas e hidrotermales tardías que se superponen a la alteración sílice granular con ligera mineralización aurífera en Quecher. Este tipo de alunita (tardía) es muy fina y muy cristalizada con valores de oro hasta de 10.0 g/TN.
- La mineralización se encuentra relleno de los espacios abiertos de las paredes fracturadas por las brechas, también en las brechas freáticas que son inyectadas posteriormente por soluciones hidrotermales y en la mayoría de casos, éstas son intruídas y reemplazadas por brechas hidrotermales tardías acompañadas de alunita.
- Los sistemas de fallamiento NW-SE y NE-SW han sufrido procesos de reactivación durante todo el ciclo andino superior (fase Quechua II) generando posteriormente fallas tensionales E-W. (que son consideradas tardías en el sistema y que forman un control estructural de mineralización de oro en Quecher).
- En Quecher, se observa un zoneamiento de alteración hidrotermal típica de los sistemas hidrotermales (argílico en los extremos y alteración argílico avanzado hacia el centro del sistema cortando a una alteración sílice granular. Asimismo, se observa una gradación en profundidad desde un sistema epitermal hacia un probable sistema tipo pórfido Au-Cu.
- En Quecher (Norte y Central) se ha logrado estimar 1'200,00 onzas de Oro diseminado en óxidos, Diciembre del 2002.

8.2 RECOMENDACIONES

- De acuerdo a las conclusiones obtenidas se recomienda realizar una próxima etapa de exploración con sondajes diamantinos con el objetivo de conocer mejor la distribución de Au del depósito Quecher.
- Se necesita llegar a un buen entendimiento entre los diferentes geólogos de proyectos entre geología de Mina y de Exploraciones para generalizar terminologías y uniformizar símbolos y colores para la representación de las litologías y alteraciones.

9. BIBLIOGRAFIA

- **Martínez T. Pedro; 2006.** Geología y Controles de mineralización en el Deposito de Chaquicocha Sur asociado a rocas piroclásticas pertenecientes al Complejo Volcánico Yanacocha, Informe de Ingeniería, Universidad Nacional de Ingeniería.
- **Díaz A. Eduardo; Marzo 2003.** Presentación a Universidad Nacional de Cajamarca. Geología del Proyecto Quecher.
- **Moore Steve, Saderholm Eric; Diciembre 2002.** Modelo litológico del sector este del distrito y su aplicación a los diferentes depósitos.
- **Warscheid Werner, Espinoza Jorge, Flores Elmer, Trujillo José; Octubre, 2002.** Caracterización del estudio geoquímico para domos intrusivos sin volcánico en el proyecto Montura y Chaquicocha Sur.
- **Teal Lewis y Veliz J; 2001.** Compiled regional geologic map around the Yanacocha district. Unpublished Minera Yanacocha SRL.
- **Goldie Mark; 2000.** Análisis Geofísico en la historia del Distrito Aurífero Yanacocha. Newmont Mining Corporation.
- **Rutti Miguel;** Geología del Yacimiento Epitermal de Oro de El Tapado – Yanacocha, Cajamarca – Perú. Informe de Ingeniería, Universidad nacional de Ingeniería, 2000.
- **Myers S y Williams C.; 2000.** Geology evolution of the Yanacocha district high sulfidation gold system, in geology and ore deposit.
- **Harvey B.A., Myers S.A. and Klein T., 1999.** Yanacocha Gold district, northern Perú, in Australian Institute of mining and metallurgy, Pac Rim 1999. Bali, Indonesia (10-13 Oct) proceedings, p.445-459
- **Dr. Stephen J. Turner; 1997.** The Yanacocha Epithermal Gold Deposit: high sulfidation mineralization in flow dome setting. Unpublised PhD thesis, Colorado School of Mine.
- **Quiroz Andrés; Julio 1997.** Corredor estructural Chicama-Yanacocha y su importancia en la metalogénia del norte del Perú. XI Congreso Peruano de Geología.
- **Sillitoe R.; 1996.** Comments on geology and exploration of the Yanacocha gold distric-Perú. Unpublished report to Newmont Exploration Limited.
- **INGEMMET; 1995.** Geología del Perú. Instituto Geológico Minero Metalúrgico, boletín 55.

- **Cardozo, M. y Cedillo, E.; 1994.** Geologic-metallogenetic evolution of the Peruvian Andes, in Fontbote, L., Amstutz G.C., Cardozo, M, Cedillo, E. y Frutos, J., eds, Stratabound ore deposits in the Andes, Special publication number 8 of the Society of Geology Applied to Mineral deposits, p. 37 – 60.
- **Quiroz Andrés; 1994.** Geología del Distrito Aurífero de Yanacocha. Newmont Internal Memorando.
- **Reyes L.; 1980.** Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico-Lima, boletín 31 serie A.

APENDICES

Apendice 2 .

Base de datos geoquimica de Quecher.

Apendice 1.

Fotos adicionales



Foto A. La foto muestra el intenso hidrofracturamiento (tipo stockwork) relleno con venillas de sílice acompañadas de óxidos, con una potencia promedio de 1 a 2 cm. La roca caja presenta una matriz porfirítica con alteración argílica.



Foto B. Se observa, una visita de varios geólogos de Minera Yanacocha, a una trinchera de las 04 realizadas en Quecher con fines exploratorios, Agosto 2002.



Foto C. Se observa una roca piroclástica rica en cristales, cortada por venillas irregulares de sílice alunita con escaso contenido de oro.



Foto D. Se muestra una brecha hidrotermal (BXH), se observa una roca con fragmentos heterolíticos y heterogéneos con una alteración sílice granular con venillas irregulares de Alunita.



Foto E. Se muestra una roca tufo de cristales fino cortado por venillas de SiO_x acompañadas con alunita fina dentro de la venilla. Evento tardío asociado al evento principal de oro.

Apendice 2 .

Base de datos geoquimica de Quecher.

1.8	50	0.001	0.05	22	0.025	0.2	1.3	2.8
0.8	50	0.001	0.15	40	0.025	0.15	1.3	8
0.4	50	0.001	0.15	40	0.025	0.35	1	2.2
0.1	50	0.001	0.15	8	0.8	0.15	0.5	2.2
0.1	50	0.001	0.025	1	0.05	0.05	0.25	5.8
0.1	50	0.001	0.025	3	0.025	0.1	1.5	4.8
0.2	50	0.02	0.025	28	0.05	0.1	0.25	1.6
0.1	50	0.001	0.025	1	0.025	0.15	0.5	2
0.8	50	0.08	0.05	21	0.025	0.5	0.25	0.8
0.8	50	0.001	0.05	30	0.025	0.2	1.5	1.8
0.1	50	0.001	0.025	1	0.025	0.05	0.5	2.4
1.8	50	0.56	0.15	17	0.025	1.85	0.5	0.2
2.8	50	0.2	0.3	80	0.005	1.05	0.25	0.2
0.2	50	0.02	0.025	25	0.025	0.2	1	0.6
0.2	50	0.1	0.05	12	0.05	0.45	0.25	0.4
0.1	50	0.001	0.05	78	0.05	0.05	0.5	2.8
0.6	50	0.04	0.05	50	0.025	0.15	0.5	1
1.8	50	0.14	0.15	35	0.025	0.85	0.25	0.6
2.4	50	0.22	0.2	43	0.025	0.75	0.25	0.2
0.8	50	0.12	0.05	34	0.025	0.3	0.25	1
0.8	50	0.1	0.05	18	0.025	0.5	0.25	0.8
0.2	50	0.04	0.05	18	0.05	0.4	2.5	4.8
0.1	50	0.001	0.025	3	0.025	0.15	1.8	9.1
1.2	50	0.14	0.15	47	0.025	2.1	1.8	0.1
0.2	50	0.02	0.025	7	0.025	0.05	0.5	8.4
0.2	50	0.22	0.05	16	0.025	0.4	0.25	0.6
0.2	50	0.04	0.025	7	0.05	0.15	0.9	8.8
1.8	50	0.001	0.05	50	0.05	0.25	3	1
2.8	400	0.08	0.2	71	0.025	1.15	0.25	0.1
2.8	50	0.24	0.2	78	0.025	1.2	0.25	0.4
0.2	50	0.1	0.025	24	0.025	0.4	0.25	0.2
0.1	50	0.001	0.025	14	1.3	0.05	0.25	3.2
1.8	50	0.08	0.2	80	0.025	0.5	2.5	0.1
0.1	50	0.001	0.025	2	0.05	0.15	0.25	3
0.8	50	0.34	0.1	35	0.05	1.55	1.5	0.2
1	50	0.44	0.15	27	0.025	1.7	1.5	0.1
0.1	50	0.001	0.05	0.05	0.05	0.25	2.4	
0.8	50	0.18	0.05	12	0.025	0.6	0.25	0.2
0.4	100	0.02	0.15	16	0.05	0.4	7.5	3.2
0.2	50	0.08	0.05	42	0.025	0.2	0.5	1.8
0.2	50	0.001	0.025	10	0.025	0.15	0.5	3.8
3	50	0.08	0.15	82	0.025	1.3	0.25	0.1
0.2	50	0.001	0.05	11	1.8	0.05	0.5	3.8
1.2	50	0.001	0.05	39	0.025	0.2	1	0.2
0.1	50	0.001	0.05	2	0.05	0.05	0.5	2.2
3	100	0.18	0.35	81	0.025	1.45	0.25	0.4
2	50	0.14	0.15	16	0.1	2.25	0.25	0.4
1.2	50	0.44	0.2	48	0.05	0.8	0.5	0.2
1.4	50	0.32	0.2	45	0.025	1.7	0.25	0.2
1.2	50	0.3	0.15	36	0.025	2.35	0.25	0.1
0.2	50	0.18	0.05	29	0.025	0.4	0.25	5.4
0.2	50	0.08	0.05	24	0.025	0.25	0.25	0.2
0.8	50	0.04	0.05	18	0.025	0.2	1	3.2
0.2	50	0.2	0.1	13	0.025	1	0.25	5.8
0.2	50	0.001	0.025	18	0.025	0.15	1	1.2
2.4	200	0.18	0.35	50	0.025	1.8	0.25	0.1
0.2	50	0.001	0.15	22	0.025	0.15	1.5	7
2.8	100	0.18	0.35	46	0.025	1.8	0.25	0.2
0.2	50	0.02	0.05	17	0.025	0.15	0.25	2.8
2.8	50	0.42	0.2	47	0.025	0.85	0.25	0.1
0.4	50	0.001	0.025	14	0.025	0.1	1	1
2.4	50	0.18	0.15	58	0.025	1.25	0.5	0.2
8.2	400	0.14	0.5	71	0.025	0.8	3	0.2
0.8	50	0.28	0.05	32	0.025	1	0.25	0.1
0.1	50	0.001	0.025	1	0.025	0.05	0.25	1.8
1.8	50	0.001	0.05	21	0.05	0.25	1.5	2.2
2.8	50	0.14	0.25	43	0.025	5.35	0.25	0.8
1	50	0.2	0.1	80	0.025	0.6	0.5	0.1
0.8	50	0.08	0.1	80	0.025	0.55	0.5	0.6
1.8	50	0.08	0.15	37	0.025	1.2	0.5	0.4
2.4	50	0.001	0.1	34	0.025	0.45	3.5	0.8
1	50	0.08	0.15	52	0.025	0.75	0.5	0.8
2.8	400	0.08	0.3	53	0.025	1.7	1	0.1
3.2	400	0.18	0.3	51	0.025	2.15	0.5	0.1
1.2	50	0.02	0.3	75	0.025	1	1	0.1
1.8	50	0.02	0.8	123	0.025	1.1	3	0.4
1.8	50	0.18	0.05	23	0.025	2	0.25	0.1
2	50	0.22	0.2	68	0.025	1.85	0.25	0.2
3.2	400	0.08	0.45	86	0.025	1.85	1.5	0.1
4	1000	0.04	0.85	75	0.025	2.85	2.5	0.1
1	50	0.02	0.2	23	0.025	0.5	3	0.4
1.4	50	0.04	0.15	36	0.025	0.6	2	0.8
0.8	50	0.001	0.15	45	0.025	0.35	1	0.2
1	50	0.14	0.3	81	0.025	1.45	0.5	0.8
1.8	50	0.1	0.05	45	0.025	1.8	0.25	0.1
0.2	50	0.001	0.25	8	0.025	0.85	0.5	0.8
0.8	50	0.001	0.2	47	0.025	0.4	2	0.6
0.4	50	0.001	0.05	36	0.025	0.25	0.5	0.8
0.2	50	0.001	0.05	16	0.025	0.1	1	0.8
0.8	50	0.02	0.15	22	0.025	1.1	0.25	0.6
1	50	0.02	0.15	72	0.025	0.85	1.8	0.2
0.4	50	0.001	0.15	26	0.025	0.2	1	0.2
0.8	50	0.08	0.15	77	0.025	0.85	1	0.8
2.2	50	0.001	0.25	2	0.025	0.25	2.5	1.2
1	50	0.22	0.15	33	0.025	1.55	0.5	0.6
0.8	50	0.18	0.1	57	0.025	1	0.5	0.2
0.24	50	0.5	12	0.025	0.7	0.5	0.2	
0.02	50	0.25	76	0.05	0.5	3	1.4	

Table with columns for chemical element symbols (e.g., QUE-43151, TAlUDES) and numerical data values. The table contains multiple rows of data for various elements and their associated values.

0.8	50	0.001	0.15	40	0.025	0.4	1.8	1
3	50	0.18	0.35	42	0.025	2.15	2	0.2
0.4	50	0.001	0.2	17	0.025	0.3	4	1
2.8	50	0.1	0.15	34	0.025	1.5	0.8	0.1
0.2	50	0.001	0.15	1	0.05	0.15	1	2
1.4	50	0.12	0.2	82	0.025	1.9	0.25	0.1
2.2	200	0.18	0.3	81	0.025	2.8	0.5	0.8
0.2	50	0.001	0.15	1	0.05	0.15	1	2
2.2	50	0.04	0.2	34	0.025	0.75	3.5	1.4
0.1	50	0.001	0.05	3	0.05	0.1	0.5	2
1.2	50	0.02	0.25	53	0.15	0.75	3	1.4
1	50	0.05	0.15	34	0.025	0.85	1.5	0.8
0.2	50	0.02	0.2	3	0.05	0.2	0.5	1.8
1.8	50	0.1	0.25	92	0.025	1.3	0.5	0.2
1.8	50	0.02	0.25	49	0.025	1.1	3	1
2.6	50	0.001	0.2	81	0.025	0.5	2.5	0.4
0.1	50	0.02	0.025	1	0.05	0.025	0.5	8.8
0.8	50	0.001	0.05	12	0.025	0.15	3	3.4
0.1	50	0.001	0.025	4	0.025	0.05	1	8.8
1.8	100	0.28	0.1	121	0.025	0.8	0.5	0.2
0.2	50	0.001	0.025	8	0.025	0.1	0.5	5.2
0.2	50	0.02	0.05	21	0.05	0.2	1.5	2.2
0.8	50	0.52	0.05	21	0.025	0.3	0.5	8.4
0.8	50	0.12	0.15	35	0.025	0.5	1	1.4
0.8	50	0.02	0.05	28	0.025	0.15	1.5	2
0.8	50	0.001	0.05	4	0.025	0.25	8	5
2	50	0.001	0.15	13	0.025	0.1	13	2.8
0.8	50	0.02	0.05	35	0.025	0.2	4	1.2
0.8	50	0.05	0.05	27	0.025	0.15	1.5	2.2
0.8	50	0.001	0.1	11	0.025	0.2	2.5	2.2
0.1	50	0.001	0.025	3	0.025	0.05	0.5	8.4
1.8	50	0.28	0.15	47	0.025	1.35	0.5	1.8
1	50	0.28	0.15	38	0.025	0.85	0.5	1
1.2	50	0.16	0.1	30	0.025	0.45	0.5	1
1.4	50	0.001	0.2	21	0.025	0.85	3	3.6
1.4	50	0.001	0.50	6	0.025	0.6	23	2.6
3	400	0.04	0.25	54	0.025	0.7	0.5	4.2
0.1	50	0.02	0.025	3	0.025	0.05	0.25	7.4
0.2	50	0.02	0.025	36	0.05	0.2	11.5	1.4
1.8	50	0.5	0.15	40	0.025	0.3	0.25	0.2
1.8	50	0.1	0.05	25	0.025	0.85	0.5	0.8
1.4	50	0.001	0.2	9	0.025	0.25	31	3.8
1.2	50	0.001	0.4	11	0.025	0.15	16.5	4
0.1	50	0.04	0.025	5	0.025	0.05	0.25	8.4
0.2	50	0.02	0.025	13	0.025	0.05	2	8
0.8	50	0.12	0.15	38	0.025	0.55	2	1.4
0.2	50	0.04	0.05	81	0.025	0.25	0.5	5.8
1.8	50	0.12	0.25	23	0.025	2.1	0.25	0.1
1.8	50	0.24	0.1	14	0.025	0.8	0.25	2
0.4	50	0.001	0.15	8	0.025	0.2	13.5	3.8
0.2	50	0.001	0.1	4	0.025	0.15	18	5.2
0.4	50	0.001	0.1	40	0.025	0.25	2	3.8
0.2	50	0.001	0.05	29	0.025	0.35	2	1.8
2.8	400	0.08	0.35	48	0.025	2.45	0.25	0.8
1.8	50	0.001	0.15	62	0.025	0.55	2	1
2.4	100	0.22	0.3	32	0.025	2.15	0.25	0.1
1.4	50	0.3	0.2	19	0.025	1.45	0.5	0.2
1.4	50	0.2	0.15	18	0.025	1.85	0.25	0.1
0.4	50	0.42	0.1	32	0.025	1.8	1	0.8
2.8	50	0.001	0.15	42	0.025	0.35	2.5	1.2
1.8	50	0.18	0.2	25	0.025	3.2	0.25	0.4
1.8	50	0.38	0.15	38	0.025	0.46	0.5	0.2
1.4	50	0.001	0.25	18	0.025	0.2	4	2.2
0.8	50	0.001	0.35	20	0.025	0.25	7	3.2
1.8	50	0.2	0.15	40	0.025	0.85	0.5	1
2.8	50	0.16	0.25	32	0.025	1.55	0.5	0.1
0.1	50	0.001	0.05	9	0.025	0.3	1	2.2
0.2	50	0.001	0.05	9	0.025	0.2	11	1.8
1.2	50	0.05	0.15	49	0.025	0.55	2	1.8
0.8	50	0.02	0.25	42	0.05	1.25	3	2.8
1.8	50	0.18	0.2	27	0.025	2.85	0.25	0.1
0.4	50	0.28	0.1	43	0.025	0.8	0.25	2.8
0.8	50	0.02	0.4	27	0.025	1.3	3.5	2
3.4	50	0.001	0.3	36	0.025	0.75	0.25	0.8
1.8	50	0.2	0.2	32	0.025	0.45	0.5	0.1
1.2	50	0.22	0.1	25	0.025	0.85	0.5	1.4
0.8	50	0.05	0.15	22	0.025	0.85	1.5	1
0.8	50	0.32	0.05	81	0.025	0.7	0.25	0.2
3	50	0.001	0.2	37	0.025	1.25	0.25	0.4
0.4	50	0.14	0.05	74	0.025	0.25	0.5	0.8
0.8	50	0.02	0.35	45	0.025	1.35	2	1.8
0.2	50	0.02	0.15	20	0.025	0.7	0.5	1
0.2	50	0.02	0.1	53	0.025	0.25	1	2.2
0.1	50	0.05	0.2	8	0.1	0.4	1.5	3.8
0.8	50	0.2	0.2	28	0.025	0.8	0.5	0.4
0.4	50	0.08	0.05	9	0.025	0.1	0.5	3
0.2	50	0.18	0.05	58	0.025	0.4	0.25	1.8
0.8	50	0.001	0.15	48	0.025	0.25	0.5	2.2
0.8	50	0.001	0.2	178	0.2	0.25	1	5.2
0.2	80	0.001	0.025	8	0.025	0.05	0.5	3.8
0.2	50	0.001	0.1	22	0.025	0.2	0.5	2.8
0.4	50	0.001	0.1	29	0.025	0.15	1.5	0.8
2.2	50	0.18	0.3	50	0.025	1.15	1.5	0.4
0.2	50	0.05	0.15	32	0.025	0.2	1	1.8
2.4	50	0.08	0.25	30	0.025	8.3	0.25	0.8
0.2	50	0.08	0.05	21	0.025	0.2	0.5	2.4
0.4	50	0.34	0.05	50	0.025	0.46	0.25	0.8

Th ppm Ti ppm U ppm V ppm W ppm Y ppm Zr ppm Ni ppm

This image shows a page of musical notation, likely a score for a multi-instrument ensemble or a choir. The page contains ten staves of music, arranged vertically. Each staff begins with a clef (likely a soprano or alto clef) and a key signature (one flat). The notation is dense, featuring a variety of note values, rests, and dynamic markings. The music appears to be in a common time signature, possibly 4/4 or 3/4. The notation is written in black ink on a white background, with a clear and legible layout. The page is numbered '1' in the bottom right corner.