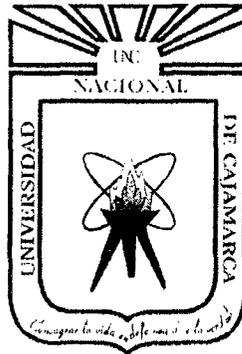


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



T E S I S

**"ESTUDIO GEOLÓGICO DEL DEPÓSITO EPITERMAL DE ALTA
SULFURACIÓN UTUNSA, APURIMAC - PERÚ**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

ELABORADO POR:

Bach. CLEVER WILLAM CARUAJULCA CARUAJULCA

ASESOR:

Ing. JOSÉ ALFREDO SIVERONI MORALES

CAJAMARCA - PERÚ

2016

AGRADECIMIENTOS

A Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hizo realidad este sueño anhelado.

Mi profundo agradecimiento a la Empresa minera ARUNTANI SAC; Unidad Minera ANABI, y en especial al Ingeniero Miguel Rutti Villayzan, Gerente de Geología por haberme brindado la oportunidad y facilidades para desarrollar la presente Tesis, con el cual pretendo optar el título de Ingeniero geólogo; asimismo Al Ing William Arenas Superintendente General; a Juan Carlos Estela Chilón y todo el grupo de Exploraciones ANABI por sus consejos y enseñanzas brindadas desde el primer día de mi llegada al Proyecto.

Agradezco al Ing, José Siveroni Morales, quien fue revisor y asesor de esta tesis; a los Ingenieros Zenón Quispe Mamani, Alejandro Lagos Manrique y Roberto Gonzalez Yana docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional de Cajamarca por brindarme sus conocimientos, experiencia, paciencia y motivación.

Mi profundo y sincero agradecimiento al Ing. Reinaldo Rodríguez Cruzado por brindarme sus consejos, su enseñanza y más que todo su amistad que ayudaron a formarme como persona y profesional.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando estuve a punto de caer; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

De igual forma, dedico esta tesis a mis padres Marcial y Rosa que son mi motor y motivo, que a pesar de la distancia han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mis hermanos Omar y Luis que son mi fuerza y mi reto para salir adelante, por ser grandes amigos y compañeros ya que juntos hemos pasado momentos inolvidables, a Brayan por llenar mi vida de alegría y amor cuando más lo hemos necesitado.

A Vicki Mariño mi grandiosa esposa que siempre estuvo alentándome en todo momento

RESUMEN

La presente Tesis titulada "Estudio Geológico del Depósito Epitermal de alta sulfuración Utunsa, Apurímac – Perú", se desarrolló en el Sur del Perú en el departamento de Apurímac, en la provincia de Cotabambas, distrito de Haqira, lugar donde se descubre una chimenea volcánica con halos alteración hidrotermal, el trabajo consistió en estudiar las características estructurales, geoquímicas y geológicas, identificando los tipos de litología y alteración hidrotermal en trabajos de gabinete, campo y análisis de laboratorio; Se ha determinado el modelo geológico del proyecto en donde se postula que al centro del yacimiento se encuentran BxFm, a los bordes niveles de Tuf y Pyx, suprayacendo a niveles de andesitas, cortadas por Brechas hidrotermales subverticales; los sectores con anomalías geoquímicas de Oro se encuentra a los bordes del yacimiento; Las fallas tensionales Nor-Este (N50°E-N40°W), también han servido de conducto ascendente de fluidos mineralizantes y se encuentran con evidente silicificación (Sílice Masiva, Sílice Granular, Sílice Vuggy) y cortada por inyecciones de Sílice Gris, sílice Crema. Estos fluidos tardíos con Sílice Gris y crema en el sector SE, también reportan anomalías de oro y cortan a todos los demás eventos litológicos, de alteración y mineralización

Palabras clave: Litología, Estructuras, Mineralogía, Geoquímica, Alteración

ABSTRACT

This thesis entitled "Geological Survey of deposit high sulfidation epithermal Utunsa, Apurimac - Peru", was developed in southern Peru in the department of Apurimac, in the province of Cotabambas, haquira district, where a volcanic chimney is discovered hydrothermal alteration halos with, the work was to study the structural, geochemical and geological characteristics, identifying the types of lithology and hydrothermal alteration in lab work, field and laboratory analysis; It has been determined the geological model of the project where it is postulated that the center of the site are BXFM, the edges levels Tuf and Pyx, suprayacendo levels of andesite cut by subvertical hydrothermal breccias; sectors with gold geochemical anomalies is the edges of the reservoir; Tensional faults North East (N50 ° E-N40 ° W), have also served riser of mineralizing fluids and are in obvious silicification (silica Mass, Silica Granular, Silica Vuggy) and cut by injections of silica Gray, silica Cream. These late fluids with silica Grey and cream in the sector also report anomalies of gold and cut all other events lithological, alteration and mineralization

Key words Lithology, Structures, Mineralogy, Geochemistry, Alteration

INDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
Dedicatoria	I
Agradecimientos	II
Resumen	III
Abstract	IV
Índice de contenidos	V
Lista de Tablas	IX
Lista de Figuras	IX
Lista de Imágenes	XI
Lista de Microfotografías	XII
Lista de Planos	XIV
Lista de Abreviaturas	XV
CAPITULO I	Pág.
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.3 DELIMITACIÓN	2
1.4 JUSTIFICACIÓN	2
OBJETIVOS	2
1.5 OBJETIVO GENERAL	3
1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	4
2.1 ANTECEDENTES	4
2.2 MODELOS DE DEPÓSITOS RELACIONADOS AL YACIMIENTO	6
2.2.1 Depósitos Epitermales de Alta Sulfuración	6
2.2.2 Características Geológicas de Formación	14
2.2.3 Alteraciones Hidrotermales en Depósitos de Alta Sulfuración	17

2.3	MARCO TECTÓNICO REGIONAL	21
2.4	DEFINICIONES BASICAS	22
2.5	PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA	25
2.6	FORMULACION DE HIPOTESIS	33
2.6.1	Hipótesis	33
2.6.2	Variables	34

CAPÍTULO III

	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN Y MATERIALES	35
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	35
3.2	PROCEDIMIENTO Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	35
3.3	CONTROL DE CALIDAD	36
3.3.1	Universo y Muestra	36
3.4	TECNICAS DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS	38
3.4.1	Compilación Bibliográfica	38
3.4.2	Trabajo de Campo	38
3.4.3	Trabajo de gabinete	39
3.4.4	Trabajos de laboratorio	39
3.4.5	Elaboración del presente texto	40
3.5	MATERIALES Y ÚTILES	40

CAPITULO IV

	GENERALIDADES	42
4.1	LOCALIZACIÓN Y ACCESO	42
4.2	CLIMA Y VEGETACION	44
4.3	RELIEVE TOPOGRÁFICO	46
4.4	RECURSOS	46
4.4.1	Hídricos	46
4.4.2	Fauna	47
4.4.3	Población	47

CAPITULO V

GEOMORFOLOGÍA	49
5.1 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	49
5.1.1 Montes de pendientes fuertes	49
5.1.2 Peniplanicies andinos	50
5.1.3 Altiplanicies andinas	51
3.1.4 Valles interandinos	51
5.2 DRENAJE E HIDROLOGÍA	52

CAPITULO VI

GEOLOGIA REGIONAL	55
6.1 ROCAS SEDIMENTARIAS	57
6.1.1 Grupo Yura (JsKi-Yu)	57
6.1.2 Formación Murco (KI-MA)	60
6.1.3 Formación Arcurquina (Kis-Fe):	61
6.2 ROCAS VOLCÁNICAS	63
6.2.1 El grupo Tacaza (PgN-Tac):	63
6.2.2 Grupo Barroso (Nq-Ba)	64
6.3 ROCAS INTRUSIVAS.	70
6.4 DEPÓSITOS RECIENTES	68
6.5 MARCO TECTONICO REGIONAL	69
6.6 GEOLOGIA ESTRUCTURAL	74

CAPITULO VII

GEOLOGÍA LOCAL	76
7.1 LAVA ANDESÍTICA	77
7.2 DACITAS	78
7.3 BRECHA HIDROTERMAL	78
7.4 DEPÓSITOS RECIENTES - MORRENAS.	78
7.5 RASGOS ESTRUCTURALES LOCALES	79

CAPITULO VIII	
GEOLOGIA ECONOMICA	82
8.1 MINERALIZACION	82
8.1.1 Ourrencias de mineralización	82
8.2 ALTERACION	83
CAPITULO IX	
PROSPECCION GEOQUÍMICA Y GEOFÍSICA	90
9.1 GEOQUÍMICA SUPERFICIAL	90
9.2 GEOQUÍMICA DE SUPERFICIE	91
9.3 GEOFÍSICA	104
CAPITULO X	
DISCUSION DE RESULTADOS	107
10.1 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	107
10.2 ANALISIS MICROSCOPICO	107
10.3 CONTROLES DE MINERALIZACION	137
10.4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	138
10.3.1 Modelo Geológico de Utunsa	138
10.4 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	143
<i>CONCLUSIONES</i>	146
<i>RECOMENDACIONES</i>	147
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	148

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 01: Minerales de diagnóstico de varios estados del PH	12
Tabla N° 02: Nomenclatura aplicada a los depósitos epitermales	13
Tabla N° 03: Definición de variables	34
Tabla N° 04: Área geográfica del proyecto Utunsa	43
Tabla N° 05: Distancia de accesos y tipos de vías	43
Tabla N° 06: Columna estratigráfica regional	56
Tabla N° 07: Columna tectónica regional	72
Tabla N° 08: Correlación de Pearson del muestreo superficial	97

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 01: Modelo conceptual simplificado	9
Figura N° 02: Modelo conceptual simplificado de ambientes hidrotermales.	10
Figura N° 03: Estilos y geometría de los depósitos epitermales	11
Figura N° 04: Zonamiento típico de alteración para un depósito de alta sulfuración	14
Figura N° 05: Zonamiento típico de alteración para los depósitos de baja e intermedia sulfuración	14
Figura N° 06: Ubicación de minas y prospectos bordeando a la placa del pacífico en las zonas de subducción	15
Figura N° 07: Sistemas epitermales de alta y baja sulfuración y su relación con pórfidos	16
Figura N° 08: Modelo de alteración y mineralización en sistemas de alta sulfuración	17
Figura N° 09: Ubicación geográfica del proyecto Utunsa	42
Figura N° 10: Ruta de accesos hasta el proyecto Utunsa	44
Figura N° 11: Elementos guía para la exploración de depósitos de alta	91

	sulfuración	
Figura N° 12:	Histogramas de elementos geoquímicos normales y log_normal del Au	92
Figura N° 13:	Histogramas de elementos geoquímicos normales y log_normal del Ag	92
Figura N° 14:	Histogramas de elementos geoquímicos normales y log_normal del As	93
Figura N° 15:	Histogramas de elementos geoquímicos normales y log_normal del Ba	93
Figura N° 16:	Histogramas de elementos geoquímicos normales y log_normal del Cu	93
Figura N° 17:	Histogramas de elementos geoquímicos normales y log_normal del Hg	94
Figura N° 18:	Histogramas de elementos geoquímicos normales y log_normal del Mo	94
Figura N° 19:	Histogramas de elementos geoquímicos normales y log_normal del P	94
Figura N° 20:	Histogramas de elementos geoquímicos normales y log_normal del Pb	95
Figura N° 21:	Histogramas de elementos geoquímicos normales y log_normal del Sb	95
Figura N° 22:	Histogramas de elementos geoquímicos normales y log_normal del Zn	95
Figura N° 23	Gráfico de cota Vs Ley	104

LISTA DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen N° 01: Vista panorámica del proyecto Utunsa mirando al Norte	46
Imagen N° 02: Vista del relieve topográfico en la zona de estudio	46
Imagen N° 03: Vista de algunas lagunas existentes en el sector de estudio	47
Imagen N° 04: Vista de algunas lagunas existentes en el sector de estudio	47
Imagen N° 05: Vista de algunas vicuñas salvajes en el área de estudio	47
Imagen N° 06: Vista de algunos pobladores aledaños de la zona de estudio	48
Imagen N° 07: Vista de algunos pobladores aledaños de la zona de estudio	48
Imagen N° 08: Vista de fuertes pendientes topográficas	50
Imagen N° 09: Vista de fuertes pendientes topográficas	50
Imagen N° 10: Vista de fuertes pendientes topográficas	50
Imagen N° 11: Vista de fuertes pendientes topográficas	50
Imagen N° 12: Vista de las principales geomorfologías del área de estudio	52
Imagen N° 13: Muestra de mano de Andesita	77
Imagen N° 14: Muestra de mano de Dacita	77
Imagen N° 15: Muestra de mano de Brecha Hidrotermal	78
Imagen N° 16: Muestra de mano de Brecha Hidrotermal	78
Imagen N° 17: Vista panorámica de depósitos morrénicos	79
Imagen N° 18: Vista panorámica de depósitos morrénicos	79
Imagen N° 19: Muestra de mano con alteración Sílice Masiva	83
Imagen N° 20: Muestra de mano con alteración Sílice Granular	84
Imagen N° 21: Muestra de mano con alteración Sílice Vuggy	85
Imagen N° 22: Muestra de mano con alteración Sílice Alunita	86
Imagen N° 23: Muestra de mano con alteración Sílice Calcedónica	86
Imagen N° 24: Muestra de mano con alteración Sílice Arcillas	87

Imagen N° 25:	Muestra de mano conteniendo Arcillas	87
Imagen N° 26:	Muestra de mano de alteración Sílice Opalina	88
Imagen N° 27:	Muestra de mano de alteración Propilítica	88
Imagen N° 28:	Muestra de mano para sección delgada N° 01	109
Imagen N° 29:	Muestra de mano para sección delgada N° 02	111
Imagen N° 30:	Muestra de mano para sección delgada N° 03	113
Imagen N° 31:	Muestra de mano para sección delgada N° 04	114
Imagen N° 32:	Muestra de mano para sección delgada N° 05	117
Imagen N° 33:	Muestra de mano para sección delgada N° 06	119
Imagen N° 34:	Muestra de mano para sección delgada N° 07	123
Imagen N° 35:	Muestra de mano para sección delgada N° 08	125
Imagen N° 36:	Muestra de mano para sección delgada N° 09	128
Imagen N° 37:	Muestra de mano para sección delgada N° 10	131
Imagen N° 38:	Muestra de mano para sección delgada N° 11	133
Imagen N° 39:	Muestra de mano para sección delgada N° 12	135
Imagen N° 40:	Vistas panorámicas del sector de estudio	142
Imagen N° 41:	Modelo conceptual del proyecto Utunsa	144

LISTA DE MICROFOTOGRAFÍAS

	Pág.
Microfotografía N° 01: Sección delgada Muestra N° 01	109
Microfotografía N° 02: Sección delgada Muestra N° 01	109
Microfotografía N° 03: Sección delgada Muestra N° 01	109
Microfotografía N° 04: Sección delgada Muestra N° 02	111
Microfotografía N° 05: Sección delgada Muestra N° 02	111
Microfotografía N° 06: Sección delgada Muestra N° 02	111
Microfotografía N° 07: Sección delgada Muestra N° 03	112
Microfotografía N° 08: Sección delgada Muestra N° 03	112
Microfotografía N° 09: Sección delgada Muestra N° 03	113
Microfotografía N° 10: Sección delgada Muestra N° 04	114

Microfotografía N° 11: Sección delgada Muestra N° 04	114
Microfotografía N° 12: Sección delgada Muestra N° 04	114
Microfotografía N° 13: Sección delgada Muestra N° 05	116
Microfotografía N° 14: Sección delgada Muestra N° 05	116
Microfotografía N° 15: Sección delgada Muestra N° 05	117
Microfotografía N° 16: Sección delgada Muestra N° 05	117
Microfotografía N° 17: Sección delgada Muestra N° 06	119
Microfotografía N° 18: Sección delgada Muestra N° 06	119
Microfotografía N° 19: Sección delgada Muestra N° 06	119
Microfotografía N° 20: Sección delgada Muestra N° 06	119
Microfotografía N° 21: Sección pulida Muestra N° 06	120
Microfotografía N° 22: Sección pulida Muestra N° 06	120
Microfotografía N° 23: Sección pulida Muestra N° 06	121
Microfotografía N° 24: Sección delgada Muestra N° 07	123
Microfotografía N° 25: Sección delgada Muestra N° 07	123
Microfotografía N° 26: Sección delgada Muestra N° 07	123
Microfotografía N° 27: Sección delgada Muestra N° 08	125
Microfotografía N° 28: Sección delgada Muestra N° 08	125
Microfotografía N° 29: Sección delgada Muestra N° 08	125
Microfotografía N° 30: Sección delgada Muestra N° 09	127
Microfotografía N° 31: Sección delgada Muestra N° 09	127
Microfotografía N° 32: Sección delgada Muestra N° 09	127
Microfotografía N° 33: Sección delgada Muestra N° 09	127
Microfotografía N° 34: Sección pulida Muestra N° 09	129
Microfotografía N° 35: Sección pulida Muestra N° 09	129
Microfotografía N° 36: Sección pulida Muestra N° 09	129
Microfotografía N° 37: Sección delgada Muestra N° 10	131
Microfotografía N° 38: Sección delgada Muestra N° 10	131
Microfotografía N° 39: Sección delgada Muestra N° 10	131
Microfotografía N° 40: Sección delgada Muestra N° 11	133
Microfotografía N° 41: Sección delgada Muestra N° 11	133

Microfotografía N° 42: Sección delgada Muestra N° 11	133
Microfotografía N° 43: Sección delgada Muestra N° 12	135
Microfotografía N° 44: Sección delgada Muestra N° 12	135
Microfotografía N° 45: Sección delgada Muestra N° 12	135
Microfotografía N° 46: Sección delgada Muestra N° 12	135
Microfotografía N° 47: Sección pulida Muestra N° 12	136
Microfotografía N° 48: Sección pulida Muestra N° 12	136
Microfotografía N° 49: Sección pulida Muestra N° 12	136

LISTA DE PLANOS

	Pág.
Plano N° 01: Geomorfológico altitudinal	54
Plano N° 02: Geología regional	73
Plano N° 03: Estructuras regionales	75
Plano N° 04: Mapeo geológico factual del proyecto Utunsa	80
Plano N° 05: Estructuras locales	81
Plano N° 06: Plano factual de alteraciones	89
Plano N° 07: Isovalores de Au	99
Plano N° 08: Isovalores de Ag	100
Plano N° 09: Isovalores de As	100
Plano N° 10: Isovalores de Ba	101
Plano N° 11: Isovalores de Cu	101
Plano N° 12: Isovalores de Mo	102
Plano N° 13: Isovalores de Pb	102
Plano N° 14: Isovalores de Sb	103
Plano N° 15: Isovalores de Zn	103
Plano N° 16: Cargabilidad	105
Plano N° 17: Resistibilidad	106
Plano N° 17: Líneas de sección	140
Plano N° 18: Sección A - A'	141
Plano N° 19: Sección B - B'	142

ABREVIATURAS, NOMENCLATURA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS ESPECIES MINERALES MENCIONADAS EN EL INFORME DE MICROSCOPIA

<u>abreviatura</u>	<u>nombre</u>	<u>composición química</u>
ccd	calcedonia	(cuarzo criptocristalino)
cz	cuarzo	SiO ₂
dg	digenita	Cu ₉ S ₅
hm	hematita	Fe ₂ O ₃
jar	jarosita	KFe ₃ (SO ₄) ₂ (OH) ₆
LMs	"limonitas"	mayormente FeO(OH)
opl	ópalo	(cuarzo criptocristalino, hidratado)
PGLs	plagioclasas	(Na,Ca) (Al ₁₋₂ ,Si ₁₋₂)O ₄
py	pirita	FeS ₂
rt	rutilo	TiO ₂
sil	sílice	SiO ₂

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El yacimiento minero "Utunsa" es parte del distrito minero Anabi, que comprende 7000 has, de concesiones mineras pertenecientes a la Empresa ANABI SAC.

La presente tesis se desarrolló en el sector Sur-Oeste de la concesión; está constituido por un cuerpo mineralizado de origen hidrotermal.

Existen diferentes etapas de brechamiento, cementación y mineralización, lo que dificulta determinar la secuencia mineral paragenética y cuál de ellas se asocia a la mineralización económica de oro (Au), siendo esto un obstáculo que no ha permitido la correcta definición del modelo geológico del yacimiento.

El problema del área en estudio, es que no cuenta con estudios geológicos tales como la caracterización geológica, estructural, geoquímica, alteraciones, tipos de rocas y sus implicancias con los recursos mineros de la zona, etc. Motivo por el cual mediante la exploración Geológica nos permite conocer, interpretar, aplicar los conceptos geológicos, y metodologías más convenientes para resolver las incógnitas, mediante análisis de técnicas directas e indirectas.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son las anomalías geoquímicas de superficie en el Proyecto Utunsa?

¿Qué tipos de Litologías y alteraciones hidrotermales encontramos en el yacimiento y cuál es su comportamiento estructural?

¿Cómo es el modelo geológico propuesto?

1.3 DELIMITACIÓN

La concesión en la que se encuentra el proyecto Utunsa consta de 7000 hectáreas (acumulación Anabi), sin embargo, el trabajo desarrollado se hizo en 300 hectáreas en el sector Sur-Oeste, políticamente está ubicado en la región de Apurímac, Provincia de Cotabambas, distrito de Haqira; que tiene una altitud promedio de 4700 m.s.n.m y una temperatura promedio de 7 °C, fue desarrollada durante los años 2011-2013

1.4 JUSTIFICACIÓN

Durante la exploración de los recursos minerales se presentan diferentes problemáticas de carácter geológico, surgiendo la necesidad de dar alternativas de solución a estas situaciones problema para continuar con los procesos exploratorios y llevar adelante los proyectos; El tema de la presente tesis es importante porque permitirá entender de manera adecuada los diferentes eventos geológicos que se han suscitado en el Proyecto Minero Utunsa, ubicado en el departamento de Apurímac y orientar de manera adecuada los trabajos de exploración futura mediante la propuesta de un modelo geológico.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

- Caracterizar la geología del depósito epitermal Utunsa en lo relacionado a sus controles geológicos y la mineralización además de realizar un modelo del tipo de yacimiento Epitermal epitermal.

1.5.2 Objetivos Específicos

- **Determinar las anomalías geoquímicas de superficie en el proyecto Utunsa**
- **Reconocer tipos de litologías y alteraciones hidrotermales en dicho yacimiento.**
- **Determinar el comportamiento estructural del Proyecto Utunsa.**
- **Establecer la relación entre la mineralización y los controles geológicos presente en el proyecto Utunsa**
- **Proponer un modelo geológico en el Proyecto Utunsa.**

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

El distrito Minero Anabi tiene una larga historia de exploración desde su descubrimiento (Proyecto Minaspata) así como la visita de diversos consultores (Sillitoe, Corbett, Hedenquits, Harvey etc.); la presente tesis pretende mostrar los trabajos realizados en los 3 últimos años, el cual ha permitido definir área con potencial económico.

Víctor Pecho (INGEMMET) en el año 1984 en su reporte sobre la carta geológica del cuadrángulo de Santo Tomas (hoja-29 R), describe la existencia de una chimenea volcánica con un extenso halo de alteración hidrotermal en las inmediaciones de la laguna Pistoro.

- En los años de 1992 – 1993; el proyecto Utunsa, conocido previamente como Minaspata, fue descubierto como parte de un programa de exploración regional por Sothwestern Golg, Se identificó un sistema de tipo pórfido de Cu-Mo (Prospecto Pistoro), zonas de alteración tipo alta sulfuración fueron reconocidos en los cerros Utunsa – Umasapa, el muestreo inicial reporta valores de hasta 0.98 g/t de Au.
- En 1995 la empresa CAMBIOR se realizó la primera evaluación sistemática en Utunsa, realizando los trabajos de:
 - Cartografía a varias escalas, Geoquímica superficial recopilándose 700 muestras, trabajos de trincheras un total de

1750m, geofísica 88.7 Km de IP y 102 Km de magnetometría, y perforación DDH: un total de 1064.50m.

- En 1996 – 1997 la empresa Cominco Perú S.R.L. desarrolló un segundo programa de exploraciones, cuyos trabajos incluyeron:
 - Cartografiado adicional y geoquímica complementaria, mapeo de Alteración con PIMA y Geofísica (extensión de líneas IP), perforación DDH; 12 sondajes y RC, 19 sondajes (Incluyen proyectos aledaños a Utunsa como son Chihuanima, Huisamarca y Quellocirca); donde el mejor intercepto fue 82m@ 0.3 g/T Au.
- En los años 1998-1999; Southwestern realiza una reinterpretación y trabajos adicionales concluyendo que los blancos económicos no fueron adecuadamente explorados.
- En los años 2000 – 2001; Barrick realiza trabajos complementarios de exploración dentro de ellos:
 - Reconocimiento de toda la propiedad, Re-cartografiado 1:5000 de las zonas de Utunsa y Huisamarca, geoquímica; 488 muestras, mapeo de Alteración con PIMA
- En 2004 – 2006; Newmont evalúa el área de Huisamarca, donde define y cubica recursos con los siguientes trabajos:
 - Geoquímica; 469 muestras en roca y 900 muestras en gravas, geofísica; 18.5 km de IP, definiendo resistividades > 1000 ohm.; perforación, 1000 metros con RC en 12 sondajes y 660 metros en 7 sondajes de core.
- En el año 2007 Minaspatha es adquirida por la Empresa Minera Anabi (parte de la corporación Aruntani) donde se continúan con trabajos exploratorios en diferentes etapas, se priorizan sectores de exploración asimismo se obtienen algunos datos que serán utilizadas en la presente tesis.

2.2 MODELO DE DEPÓSITOS RELACIONADOS CON EL YACIMIENTO UTUNSA

2.2.1 Depósitos Epitermales de Alta Sulfuración, Tipo Ácido-Sulfato.

El término epitermal se deriva de la clasificación propuesta en 1911 por Lindgren en un intento de sistematizar los depósitos minerales hidrotermales (Lindgren, 1911; enley, 1985). En su clasificación genética, Lindgren definió los depósitos como "depósitos metalíferos formados cerca de la superficie por aguas termales en ascenso y conectados genéticamente con rocas ígneas". El estimó un rango de temperatura de 50 a 200 °C y una profundidad máxima de 1000 m para éstos depósitos. Sus deducciones se basaron en los límites de estabilidad de ciertos minerales, tal como adularia, similares con las texturas de vetas de los depósitos "hot spring" (ambientes geotermales) y reconstrucciones geológicas. Descripciones más detalladas de los ambientes epitermales en la literatura geológica moderna incluyen también a Buchanan (1981), Berger y Eimon (1983), Henley (1985, 1991), Berger y otros. (1985), White y Hedenquist (1990), Sillitoe (1977, 1993a, 1995c), Corbett y Leach (1998), Hedenquist y otros. (2000), Cooke y Simmons (2000), Corbett (2002), Simmons y otros (2005), entre muchos otros.

En un amplio sentido, los depósitos epitermales son definidos como productos relacionados a volcanismo con actividad hidrotermal a poca profundidad y bajas temperaturas, (Guilbert y Park, 1986). Simmons y otros. (2005), especificaron que aquellos depósitos epitermales de baja profundidad, en sistemas hidrotermales de altas temperaturas se desarrollaron en arcos volcánicos; por otro lado, Sillitoe (1977) asegura que, en su totalidad, los depósitos epitermales están asociados directamente a márgenes de subducción activos, en diferentes épocas

geológicas. Hedenquist, (2005) establece que la precipitación de oro normalmente toma lugar extendiéndose a temperaturas de 150 a 250 °C y profundidades de 50 a 650 m debajo del nivel freático (Figura 2). En la mayoría de los casos, éstos depósitos están relacionados en forma espacial y temporal con volcanismo subaéreo, de carácter ácido a intermedio y subvolcanismo asociado, pudiendo el basamento ser de cualquier tipo, el encajonante volcánico suele ser del tipo central proximal, muy típicamente con rocas efusivas o piroclásticas (Sillitoe y Bonham, 1984), aunque excepcionalmente puede ser del tipo distal (Wark y otros, 1990).

Un gran número de depósitos epitermales están asociados a estructuras de origen volcánico, en especial calderas y complejos andesíticos. Así mismo, existe un importante control de éste tipo de depósitos por parte de fallas de escala regional, en zonas de intenso fracturamiento dentro de un régimen extensional (Nieto-Samaniego y otros, 2005). Dichas fallas determinan la localización de los depósitos y actúan como guía para el emplazamiento de la fuente de calor magmática necesaria para la subsecuente actividad hidrotermal (Hedenquist, 1986; Fournier, 1987), que controla la duración de dicha actividad. Pero, aunque las fallas de orden mayor ejercen un control directo sobre el emplazamiento de la mineralización, ésta suele disponerse de forma preferencial en fallas subsidiarias (White y Hedenquist, 1990).

Los principales factores que influyen las condiciones físicas del ambiente epitermal y que, en último término, determinan el carácter y la localización de la mineralización son:

- 1) La geología regional de la zona en la que se halla el depósito en cuestión, como su estructura, la estratigrafía, las intrusiones a las que se asocia la mineralización y la naturaleza de dichas rocas ígneas, factores que controlan

directamente el tipo y el grado de permeabilidad, así como la reactividad de la roca o rocas encajonantes.

- 2) Las características hidrológicas de la zona, es decir, la relación existente entre la permeabilidad y la topografía que controla el movimiento de los fluidos, y las características de los fenómenos de recarga/descarga de fluidos, así como el acceso de aguas calentadas por vapor ("steam-heated waters")
- 3) Las condiciones de presión y temperatura de los fluidos mineralizantes, en lo que es el ambiente epitermal, que se hallan estrechamente ligadas a la ebullición (cambios de presión litostática a hidrodinámica produciendo "boiling"), determinado a su vez por la composición de los fluidos.
- 4) Las características químicas y el contenido total en gas de los fluidos mineralizantes, que son los factores determinantes en su reactividad, en su capacidad para el transporte de metales y en la paragénesis mineral, tanto por lo que respecta a la alteración del encajonante como la mineralización entre sí.
- 5) El posible desarrollo de permeabilidad contemporáneamente al hidrotermalismo y/o cambios en el gradiente hidráulico de la zona. (White y Hedenquist, 1990).

Una primera división de los depósitos epitermales en alta sulfuración (AS) y baja sulfuración (BS), basada en alteración y mineralogía, se ha aceptado ampliamente (Hedenquist, 1987; Bonham, 1986; Helad y otros, 1987; Sillitoe, 1993; Corbett y leach, 1998). Otros nombres dados a estos sistemas son alto azufre/ácido sulfato y bajo azufre/adularia-sericita, respectivamente (Bonham, 1986, 1988; Hayba y otros, 1985; Heald y otros, 1987). Estas categorías son definidas en base al criterio mineralógico, que procede de dos diferentes fluidos, uno ácido y otro con pH cercano a neutro, respectivamente.

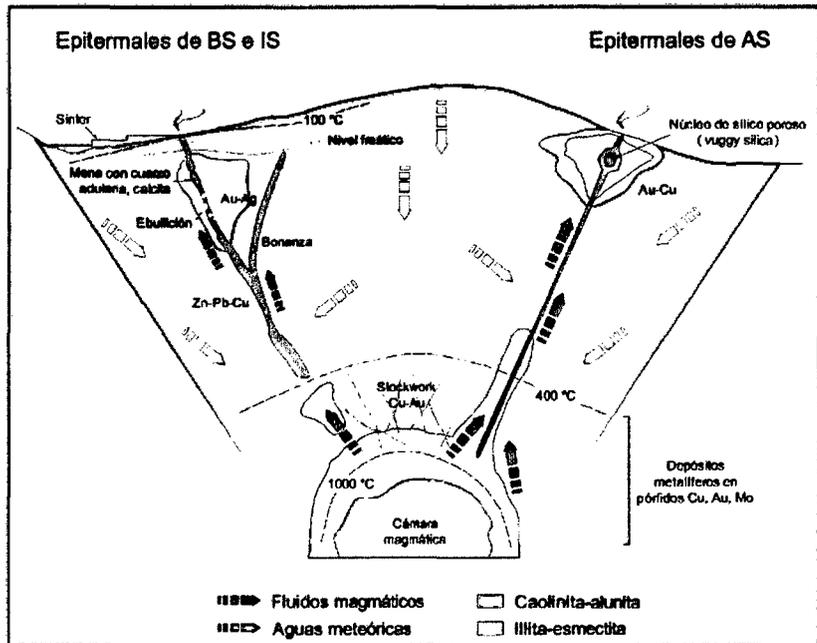


Figura 1- Modelo conceptual simplificado de los depósitos epitermales de baja (BS), intermedia (IS) y alta sulfuración (AS) (modificado de Sillitoe, 1995).

Los depósitos epitermales de baja sulfuración son desarrollados en un ambiente geotermal, dominado por aguas cloruradas donde hay un fuerte flujo de circulación de aguas a profundidad (principalmente de origen meteórico), conteniendo CO_2 , NaCl y H_2S . Los depósitos epitermales de alta sulfuración son desarrollados en un ambiente magmático-hidrotermal, dominado por fluidos hidrotermales ácidos, donde hay un fuerte flujo de líquido magmático y vapor, conteniendo H_2O , CO_2 , HCl , H_2S y SO_2 ; con aporte variable de aguas meteóricas (Sillitoe, 1977; Henley y Ellis, 1983; Hayba y otros, 1985; Heald y otros, 1987; Bonham 1986, 1988; Hedenquist 1987; Berger y Henley 1989; Hedenquist y Lowenster 1994; Hedenquist y otros 2000; Simmons y otros 2005). En ambos tipos de depósitos los fluidos circulan hacia la superficie a través de fracturas en las rocas y la mineralización a menudo se presenta en esos conductos (mineralización estructuralmente controlada), pero también pueden circular por niveles de rocas permeables y eventualmente mineralizar ciertos estratos. Los fluidos de BS, generalmente forman vetas de relleno con metales preciosos o series de vetas/vetillas más finas, denominadas “stockwork” o “sheeted-

veins". Los fluidos de AS más calientes y ácidos penetran más en las rocas encajonantes originando cuerpos mineralizados vetiformes, pero también diseminación en las rocas (Figura 2) Los típicos sistemas geotermales ocurren a cierta distancia de un edificio volcánico, algunas veces pueden ocurrir en áreas sin actividad volcánica contemporánea, generalmente, son derivados de intrusiones localizadas a 5-6 km debajo de la superficie (Hedenquist y otros, 2000).

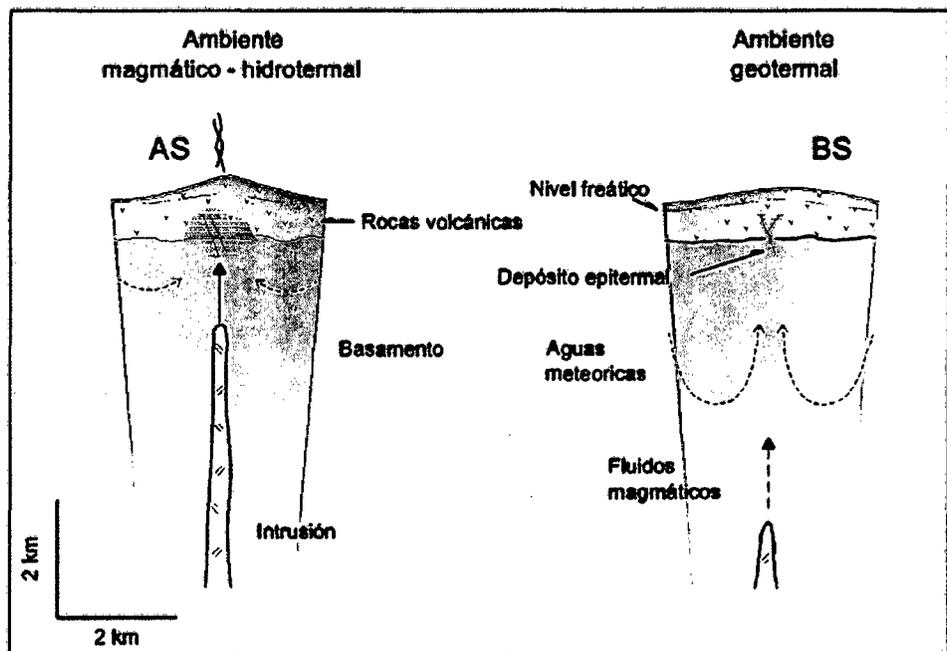


Figura 2 - Modelo conceptual simplificado de ambientes hidrotermales y la relación entre depósitos epitermales, intrusiones magmáticas, circulación de fluidos, rocas volcánicas y basamento (modificado de Simmons y otros, 2005).

Debido a la baja presión y las condiciones hidrostáticas bajo las cuales se forman, los depósitos epitermales muestran una gran variedad de formas y estilos de mineralización (Figura 3), que incluyen vetas, cuerpos de brechas hidrotermales, "stockworks" y diseminaciones o reemplazamientos (Arribas, 1995; Sillitoe, 1999). En los depósitos de BS son dominantes las vetas con stockworks asociados; en los depósitos de AS son dominantes los diseminados con vetas asociadas (Arribas y Hedenquist, 2000). La diversidad de formas refleja la influencia de los controles de mineralización, los cuales representan zonas de permeabilidad

dentro de las partes bajas de los sistemas hidrotermales activos anteriormente (Simon y otros, 2005). La permeabilidad de las rocas determina el flujo de los fluidos y los mecanismos de precipitación del mineral (“boiling” o “mixing”). La roca permeable en los depósitos epitermales puede ser provista estructural, hidrotermal, y/o litológicamente (Sillitoe, 1993).

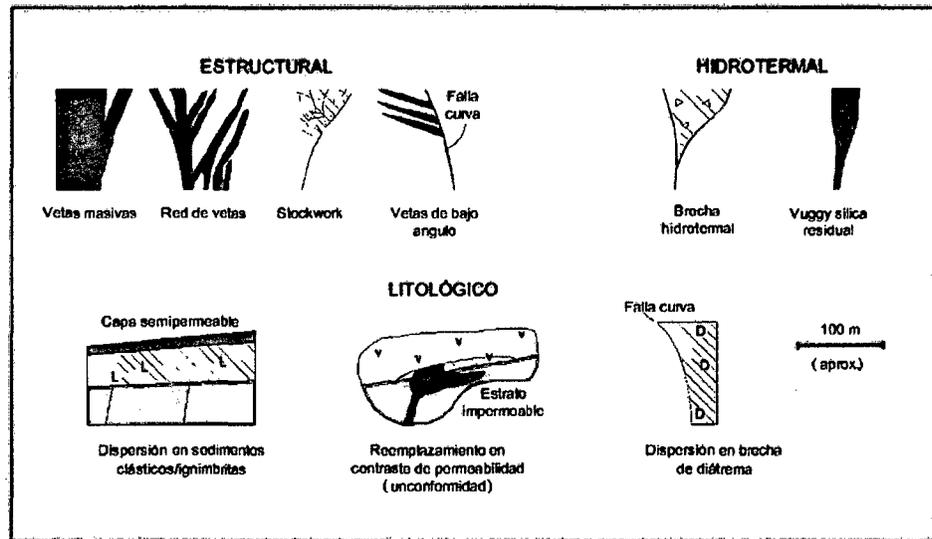


Figura 3 - Estilos y geometría de los depósitos epitermales, ilustran la influencia estructural, hidrotermal y permeabilidad litológica (modificado de Sillitoe, 1993a; y Hedenquist y otros, 1996).

Los depósitos auríferos de BS pueden contener cantidades económicas de Ag y cantidades menores de Pb, Zn y Cu, mientras los de sistemas auríferos de AS a menudo producen cantidades económicas de Cu y algo de Ag.

Las características claves que distinguen a un depósito epitermal son particularmente mineralógicas, con los minerales de ganga y las alteraciones hidrotermales. Los minerales de ganga característicos del estado de AS son: alto contenido de pirita, enargita, luzonita, digenita, calcosita, famatinita, covelita; y una alteración argílica avanzada caracterizada por cuarzo, cuarzo residual (“vuggy”), alunita, pirofilita y caolinita/dickita. (Arribas, 1995; Sillitoe, 1999). Los minerales de ganga característicos del estado de BS son: cuarzo (incluyendo calcedonia), pirita,

esfalerita, arsenopirita, pirrotita y loellingita; y una alteración argílica-sericítica caracterizada por cuarzo, adularia, illita y calcita

PH ácido Alunita, caolinita (dickita) pirofilita, sílice residual, cuarzo vuggy	Sulfuración Intermedia Ternnantita, tetraedrita, hematita- pirita-magnetita, pirita, calcopirita, esfalerita – pirita pobre en Fe	PH neutro Cuarzo-Adularia+, calcita
Alta sulfuración Pirita-enargita-luzonita, covelita- digenita,famatinita, oropimente		Baja sulfuración Arsenopirita-loellingita- pirrotita, pirrotita, esfalerita-pirita rica en Fe
Oxidado Alunita, hematita – magnetita		Reducido Magnetita-pirita-pirrotita, clorita-pirita

Tabla 1 - Minerales de diagnóstico de varios estados de pH, estados de sulfuración y oxidación, usados para distinguir ambientes epitermales formadores de mineral (modificado de Einaudi y otros, 2003).

El estado inicial de formación de los depósitos de AS es caracterizado por una extensa lixiviación de las rocas encajonantes por fluidos ácidos con $pH < 2$. La lixiviación produce sílice residual poroso ($>95\%$ SiO_2) o cuarzo “vuggy” (Stoffregen, 1987). El carácter de los fluidos en los depósitos de AS es en su mayor parte de baja salinidad (1-24% en peso de NaCl eq.); aunque algunos pueden tener alta salinidad hasta casi 50% en peso de NaCl eq. En condiciones oxidadas. En el caso de los de BS son de baja salinidad (1-15% en peso de NaCl eq.), en condiciones reducidas.

Actualmente, los términos alta y baja sulfuración son ampliamente usados para distinguir los dos extremos del estado de sulfuración. Estos términos modernos introducidos por Hedenquist (1987) son resultado de una evolución de la nomenclatura aplicada a sistemas epitermales (Tabla 3) donde estudios más recientes en

las variaciones de éstos estilos dirigen a la introducción del término sulfuración intermedia (SI), (Hedenquist y otros, 2000).

NOMENCLATURA			AUTOR
Epitermal			Lindgren, 1911; Buchanan, 1971
Ácido	Alcalino		Sillitoe, 1977
Oro - enargita			Ashley, 1982
		Tipo hot-spring	Giles y Nelson, 1982
Alto azufre	Bajo azufre		Bonham, 1986, 1988
Ácido Sulfato	Adularia - sericita		Hayba y otros 1985; Heald, 1987
Alta sulfuración	Baja sulfuración		Hedenquist, 1987
Alunita - caolinita	Adularia - sericita		Berger y Henley, 1989
	Tipo 1 adularia - sericita	Tipo 2 adularia - sericita	Albino y Margolis, 1991
Alta sulfuración	Alto sulfuro + metal base, baja sulfuración	Bajo sulfuro + metal base, baja sulfuración	Sillitoe, 1989, 1993a
Alta sulfuración	Baja sulfuración		Corbett y Leach, 1998
Alta sulfuración	Sulfuración intermedia	Baja sulfuración	Hedenquist y otros, 2000

Tabla 2 - Nomenclatura moderna aplicada a los depósitos epitermales (modificado de Sillitoe y Hedenquist, 2003).

Los depósitos del subtipo de sulfuración intermedia son estructuralmente muy similares a los de baja sulfuración, ambos conforman el conjunto de epitermales alcalinos según Sillitoe (1977), aunque las características geoquímicas de los fluidos mineralizantes asociados y de las mineralizaciones metálicas en sulfuración intermedia suele guardar una mayor afinidad con los depósitos de alta sulfuración (Einaudi y otros, 2003; Sillitoe y Hedenquist, 2003).

En general, el zoneamiento de la alteración característica de los depósitos de alta sulfuración parte desde un núcleo silíceo constituido de cuarzo poroso, que alberga la parte más importante de la mineralización económica, seguido de alteración argílica avanzada constituida de cuarzo-alunita, caolinita e illita, para terminar en alteración propilítica que incluye la montmorillonita y clorita (Figura 4).

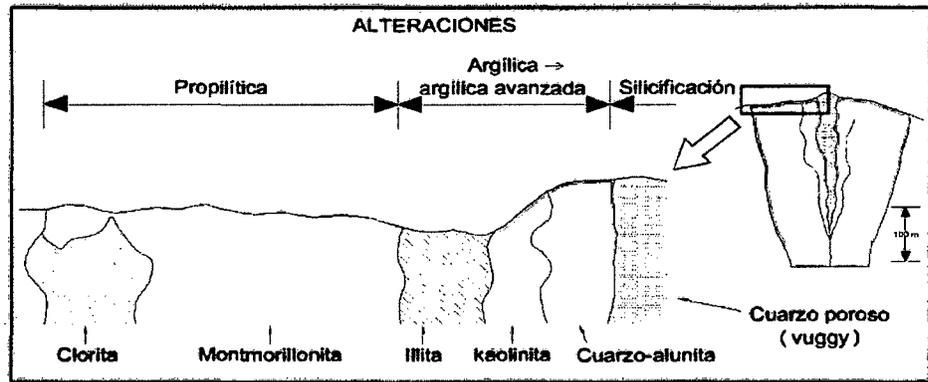


Figura 4 - Zonamiento típico de alteración para un depósito de alta sulfuración (modificado de Stoffregen, 1987).

Por otro lado, el zonamiento en los depósitos de baja e intermedia sulfuración, se inicia a partir de una estructura de cuarzo-sericita que contienen las menas metálicas, con el desarrollo de un halo de alteración argílica a sericítica, seguida de alteración argílica avanzada, para terminar con alteración propilítica (Figura 5).

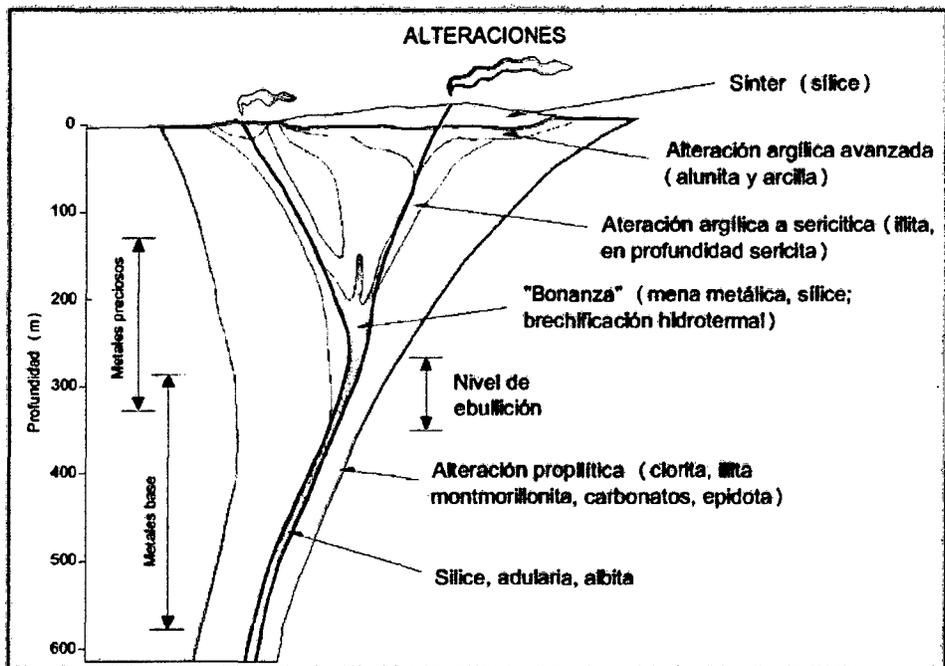


Figura 5 - Zonamiento típico de alteración para los depósitos de baja e intermedia sulfuración (modificado de Buchanan, 1981).

2.2.2 Características Geológicas de Formación:

Estos depósitos están asociados a las márgenes continentales en zonas de subducción. Se tienen los mejores ejemplos en el círculo de fuego en la placa del Pacífico. Los depósitos de alta sulfuración están hospedados principalmente en rocas volcánicas de composiciones calcoalcalinas (andesita, dacita, riolita), relacionados a calderas, complejos de domos, feeders y maar – diatremas; y algunas veces al basamento sedimentario. (Figura 6) (Corbbet – ProExplo 2005). En relación con otros depósitos, está ligado a los sistemas de pórfidos y por nivel de emplazamiento a los depósitos de baja sulfuración (Fig 7).

La mineralización epitermal de metales preciosos puede formarse a partir de dos tipos de fluidos químicamente distintos. Los de “baja sulfuración” son reducidos y tienen pH cercano al neutro y los de “alta sulfuración” que son oxidados y ácidos, pH de 1 – 5, (Hedenquist, 1987).

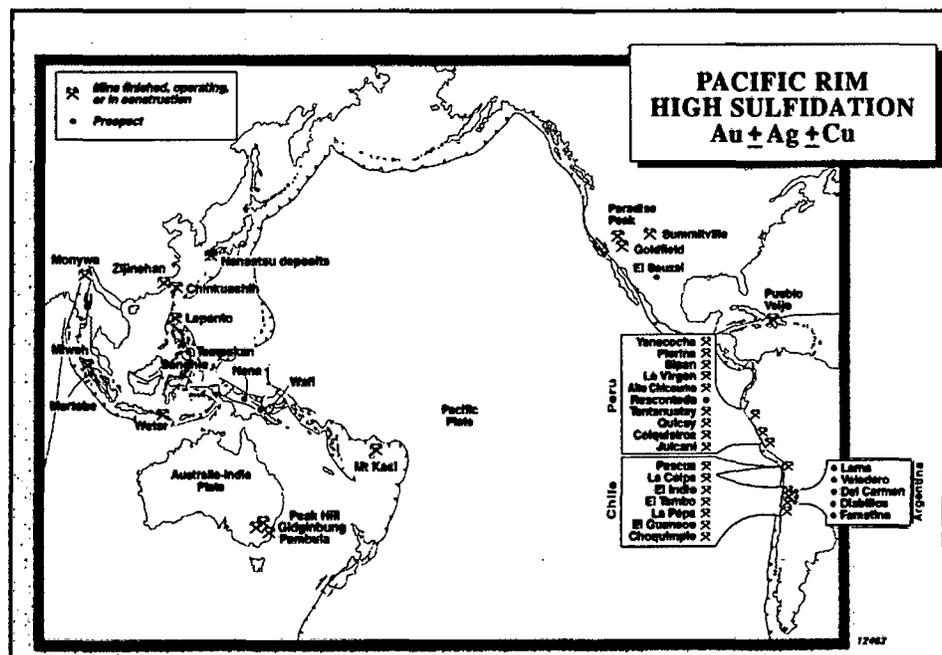


Figura 6: Ubicación de minas y prospectos bordeando a la placa del pacifico en las zonas de subducción. (Fuente: G. Corbbet –ProExplo 2005)

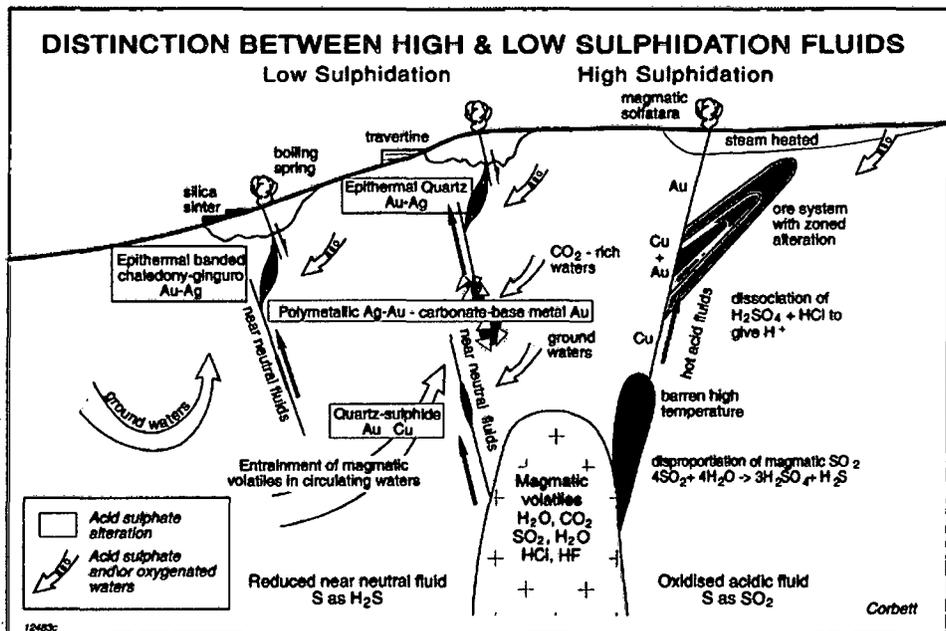


Figura 7.: Sistemas epitermales de alta y baja sulfatación y su relación con pórfidos. (Fuente: G. Corbett -ProExplor2005).

En este tipo de depósitos epitermales la mineralización ocurrió mediante fluidos hidrotermales calientes (100°C a 320°C) y ácidos (pH: 1-5 (Hedenquist, 1987)) a profundidades de 1 a 2 km de profundidad, se da en dos estadios (Corbett & Leach) (figura 2.8) **Estadio I**. Por la formación de los halos de alteración y neutralización de los fluidos calientes estos mediante vapores de baja densidad (H₂O, CO₂, SO₂, H₂S, HCl, etc.) y líquidos hipersalinos (Hedenquist 1994), **Estadio II**. Por la presencia de minerales de Sílice, Pirita, Cobre y Oro; estos en brechas, debido al enfriamiento de los fluidos por reacción y mezcla de las aguas meteóricas, los resultados de la mineralización están sobre impuestos en las zonas de alteración y fases tempranas de vapor (Corbett & Leach 1997).

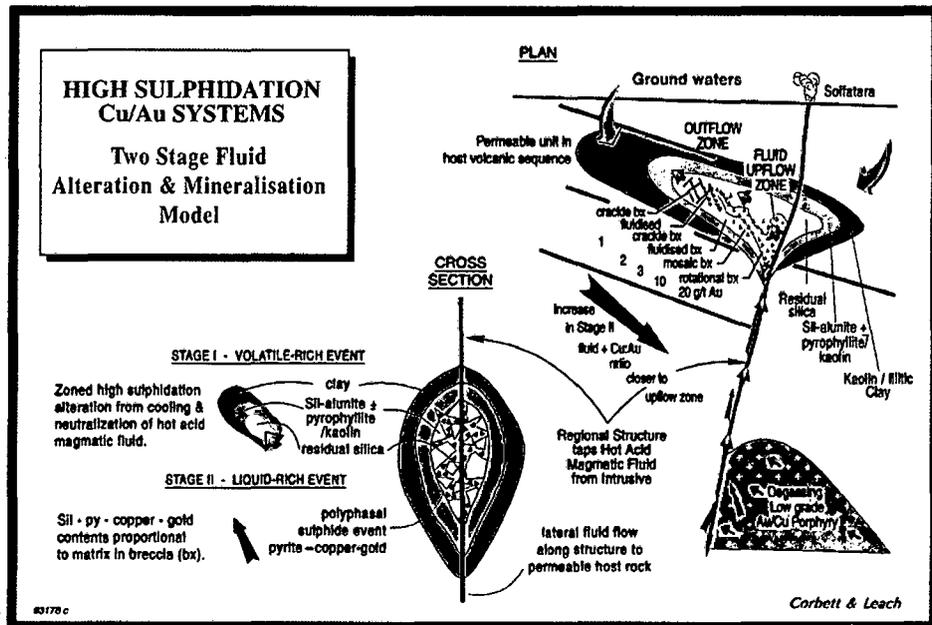


Figura 8: Modelo de alteración y mineralización en sistemas de alta sulfuración. (Fuente: G. Corbbet -ProExplo2005).

2.2.3 Alteraciones Hidrotermales en Depósitos de Alta Sulfuración:

Alteración Silíceas:

Alteración que se presenta generalmente en la primera etapa de la formación de un sistema de alta sulfuración. Se caracteriza por la interacción de fluidos hidrotermales ácidos, pH 1 -2, con la roca caja (en color amarillo de la figura 8) Obteniéndose las siguientes alteraciones:

Sílice granular:

Se forma encima de la paleotabla de agua por condensación de H_2S y $pH < 2$.

Por disminución de la temperatura se convierte en deleznable de baja densidad y aspecto granular.

Sílice vuggy:

Se forma dentro de la paleotabla de agua, por condensación de SO_2 , con $pH < 2$.

Durante el descenso de la temperatura en rocas saturadas con H₂O, esta sílice se obtiene debido a la lixiviación de los componentes primarios de las rocas (feldespatos).

Sílice Masiva:

En rocas permeables que tienen la capacidad de almacenar agua, ya sea flujos piroclásticos, por la mezcla de fluidos hidrotermales con pH bajo, producen la Sílice Masiva, por procesos de lixiviación y remplazamiento de sílice.

Sílice Calcedónica:

Aparece como fluidizaciones hidrotermales asociados a sílice masiva, muchos autores consideran que es una transición de sílice opalina a sílice masiva (A. Arrivas 2005).

Alteración Argílica Avanzada:

Se forma alrededor de la alteración sílica, manifiesta ensambles de alunita (K, Ca) / natroalunita + pirofilita + dickita + kaolinita + zunyita + diáspora. El pH en que se forman varía de 1 - 3.5; (en color verde turquesa de la figura 8) esta alteración puede ser coetánea con la mineralización (Deyell et al., 2005). Los fluidos ácidos que causan alteración argílica avanzada son de 03 tipos hipógenos, steam heated y supérgenos (Sillitoe, 1993).

a) Hipógeno:

Los ambientes volcánicos contienen elementos hipógenos de carácter ácido, siendo en orden descendente HCl, SO₂ y HF (Hedenquist, 1995). La disociación del HCl y H₂SO₄ (Ecuaciones 1 y 3 respectivamente) ocurren a <300 – 350 °C, previamente a estas reacciones ocurre la absorción, por parte del agua subterránea de vapores magmáticos de alta

temperatura, <400 °C, conteniendo SO₂, obteniendo los compuestos de la ecuación 2.



El contenido de HCl y H₂SO₄ en el agua manifiesta pH cercano a 1, suficientemente ácido para lixiviar la mayoría de componentes de la roca incluyendo aluminio, dejando como resultado sílice “vuggy”.

b) Steam Heated

En los depósitos de alta y baja sulfuración está presente el H₂S que al contacto con el oxígeno atmosférico origina ácido sulfúrico (Ecuación 4).

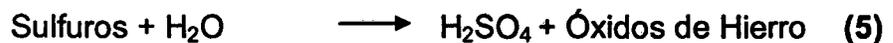


reacción se produce en la zona vadosa a temperaturas de 100° – 120° C. Si se produjera erosión sin – hidrotermal el nivel freático del agua subterránea descendería ocasionando sobreimposición de la alteración argílica avanzada en profundidad. El pH del agua ácida originada mediante este proceso es típicamente de 2 – 3, la causa de esto es la disminución del contenido de HCl en la solución. Esta acidez es suficiente para disolver vidrio volcánico y algunos otros minerales, sin embargo, no afecta al aluminio el cual es prácticamente insoluble a pH > 2, estos formarían aluminosilicatos como kaolinita, pirofilita y alunita; mientras que el silicio obtenido de la disolución del vidrio volcánico origina silicificación en las rocas previamente lixiviadas. La

baja presión y temperatura en la que se genera agua ácida mediante steam heated no permite el transporte de NaCl o metales, excepto algunas especies volátiles como Hg y As. Por lo tanto, los ensambles originados mediante este proceso no manifiestan anomalías, excepto cuando existe sobreimposición en una zona mineralizada.

c) Supérgeno:

Las aguas ácidas obtenidas en este proceso se deben a la oxidación de sulfuros (Ecuación 5).



La oxidación supérgena se produce en condiciones similares al steam heated, en la zona vadosa y dependen del nivel freático. La temperatura característica es de 30 – 40 °C formando minerales secundarios como kaolinita, alunita y jarosita. El proceso en mención es post hidrotermal, tiene mucha importancia en la geología económica de los depósitos de alta sulfuración, pues al oxidarse los sulfuros hacen posible el proceso de lixiviación.

Alteración Argílica:

Varía en dos rangos de pH de acuerdo a los ensambles que presente. En las arcillas como: Kaolinita, dickita, halloysita, el pH varía de 4 – 5; en las arcillas como: Illita, esmectita, illita + esmectita, montmorillonita, el pH varía de 4.5 – 6.

Alteración Propilítica

Se forma en la parte distal del sistema debido a que las soluciones ácidas que originaron la alteración sílica van neutralizándose al interactuar con la roca caja, por tal razón el pH

en que se forman los ensambles de alteración propilítica, clorita + epidota + carbonatos; varía de 5.5 – 6.5 (en color verde de la figura IV-3). Es importante distinguir los términos alteración sílicea y silicificación, pues el primero se produce por lixiviación ácida como se mencionó anteriormente mientras que el segundo es ocasionado por la introducción de sílice en las rocas; ambos procesos se manifiestan en los depósitos HS. En la mayoría de los depósitos HS la principal etapa de mineralización de oro ocurre durante la parcial o total silicificación de la alteración sílica.

Guías Para la Exploración de Depósitos de este Tipo

Se deben analizar imágenes de satélite y mapas geológicos para localizar edificios volcánicos subaéreos, fallas, calderas y anomalías espectrales que puedan indicar zonas de alteración hidrotermal. En base a los resultados de estos estudios se debe realizar la cartografía geológica detallada (zonas fracturadas, alunita hipógena, zonas con sílice residual). La prospección geoquímica con la toma de muestras de rocas y sedimentos de quebradas es importante. Las muestras deben ser analizadas por oro, arsénico, cobre, plomo, cinc. Basándose en los resultados de la cartografía geológica y las anomalías de la prospección geoquímica se deben establecer zonas de trincheras, calicatas y en casos positivos sondajes de perforación.

2.3 MARCO TECTÓNICO REGIONAL

El sur del Perú ha sido afectado por distintas fases tectónicas, estas fueron descritas en la publicación de la sociedad Geológica del Peru, en las que determinan en algunos sectores las características (estilos, dirección de los acortamientos y la edad cuando es posible) de las fases tectónicas superpuestas, estudio que fue realizada en la cordillera Occidental, en un segmento de cadena de alrededor de 500 Km. de largo.

Muchas de estas fases han sido identificadas por Audebaud y Debelmas (1971), Marocco (1971) y Megard (1973).

Regionalmente el proyecto Utunsa ha sido afectado por la fase tectónica **Quechua I**; esta fase inicia a finales del Eoceno hasta el Mioceno, es de carácter compresiva con esfuerzos menores a la de la fase Inca, generándose fallamiento, levantamiento, erosión y vulcanismo (intenso vulcanismo donde rellenaron valles y superficies pre-establecidas). Es en esta fase donde se da el emplazamiento de los domos volcánicos en la deflexión de Abancay siendo estas de carácter dacítico-riolítico.

2.4 DEFINICIONES BASICAS

En la presente tesis, tomamos como referencia a las denominaciones, conceptos y términos propuestos en el Diccionario de Geología preparado por Jorge Davila Burga – 2011 (Ingemet)

Alteración Hidrotermal: Proceso de metamorfismo, mediante el cual los minerales de las rocas se alteran por acción de las soluciones hidrotermales a alta temperatura. Las alteraciones hidrotermales son indicadores de la presencia de yacimientos minerales de origen hidrotermal.

Andesita: Roca ígnea volcánica (intermedia) de textura afanítica o porfirítica, generalmente de color verde, pudiendo variar a rojizo, violáceo y otros colores, adquiridos por la alteración de los ferromagnesianos que contiene. Sus minerales esenciales son plagioclasas y ferromagnesianos, el cuarzo puede presentarse hasta en un 10% en cuyo caso se le denomina andesita cuarcífera.

Brecha hidrotermal: Brecha volcánica que se halla influenciada por una aureola de alteración hidrotermal y por lo tanto acompañada de diseminaciones de diferente tipo de mineralización

Domos: Estructura geológica convexa, de forma de una semiesfera, dando lugar a una montaña redondeada, producto de la erosión de rocas masivas generalmente graníticas. Domo también se usa para describir un plegamiento cuyos estratos buzan divergentemente en todas direcciones a partir de un punto central. La mayoría de los domos presentan una disección madura, siendo ésta mayor en el centro, así mismo se hallan muy fallados con grandes desplazamientos por lo que generalmente se observa solamente una parte de estos domos (semi-domos), otras veces las fallas dividen a los domos, discurriendo a través de la falla un río, generando un valle al cual se le denomina "portachuelo" o "cluse" desarrollándose en el área del domo un drenaje anular.

La erosión de los domos permite desarrollar estratos circundantes con entrantes y salientes. Las salientes o espinazos corresponden a los estratos de mayor dureza y las entrantes a los de menor dureza o menor resistencia a la erosión.

Los estratos más antiguos se ubican en el centro y los más jóvenes o más modernos hacia la periferia.

Genéticamente los domos se forman por intrusiones magmáticas (stocks, lacolitos) y salinas (diapiros) y presencia de sustancias o materiales expansivos a cierta profundidad de la superficie terrestre, o estructuras cripto-volcánicas.

Epigenética: Minerales formados a partir de cualquier tipo de alteración de los minerales pre-existentes (singenéticos o primarios), en la superficie terrestre o cerca de ella. Epi = encima, genesis = origen. Sinónimo: Secundario.

Época Metalogénica: Es una unidad de tiempo geológico favorable para la depositación de menas o caracterizada por una agrupación particular de depósitos minerales. En una misma área pueden estar representadas varias épocas metalogénicas.

Hipógeno: Término relacionado a la zona de mineralización que se halla por debajo de la zona de oxidación o enriquecimiento supergénico, contiene mineral primario o que no ha sido alterado por la oxidación, formados por soluciones ascendentes (hidrotermales).

Metalogénesis: Término derivado del griego “metaleion” que significa “mina”, el cual se refiere al estudio de la génesis de depósitos minerales (metálicos o no-metálicos), con énfasis en sus relaciones espaciales y temporales (espacio-tiempo) con los rasgos geológicos regionales (tectónicos, petrográficos, etc). Es decir, el estudio de la relación de los depósitos minerales con su entorno geológico regional.

Metalotecto: Todo tipo o rasgo geológico que influye en la formación de un depósito mineral, especialmente referido a la roca almacén y al proceso metalogenético

Mineralización: Proceso mediante el cual los minerales son introducidos en la roca, dando como resultado la formación de yacimientos minerales de rendimiento económico.

Ocurrencia Mineral: Es una concentración anómala de un mineral que se considera valiosa por alguien en alguna parte o que es de interés científico o técnico.

Provincia Metalogénica: Area que comprende a varios distritos metalogenéticos con características geológicas y mineras (paragénesis) semejantes.

Roca Huésped: Roca que contiene un depósito mineral, petróleo o agua.

Singenética: Mineral, agua o cualquier material formado coetáneamente con la roca que le contiene. Sin = coetáneo, contemporáneo, génesis = origen.

Supérgena o Secundaria: Mineralización o efectos exógenos sobre cuerpos mineralizados, como meteorización, oxidación, descomposición

de minerales y formación de nuevos minerales estables en el ambiente supérgeno.

2.5 PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA.

2.5.1 Principios básicos de la geoquímica.

La geoquímica junto al conocimiento básico de la geología, puede llegar a constituir una excelente herramienta, que contribuirá a resolver los diferentes problemas de la etapa de exploración y como los planteados en los objetivos de esta tesis.

Toda investigación geoquímica, considera de gran importancia las técnicas de muestreo y el análisis químico que se emplea, los cuales son comentados en la metodología del trabajo e investigación.

También es importante analizar la abundancia y distribución de los elementos en las distintas litologías a nivel regional (escala 1:100 000), con la finalidad de conocer los valores de contenido de fondo (Background) y poder establecer la posible existencia de anomalías geoquímicas en el área de estudio.

El procesamiento de datos (valores geoquímicos) mediante métodos estadísticos aplicados en este estudio es fundamental, por cuanto nos permite el manejo de grandes cantidades de valores, donde los parámetros estadísticos son derivados a parámetros geoquímicas, como el valor de fondo (Background), el umbral geoquímico (Threshold), anomalías geoquímicas, etc. facilitando la interpretación de la dispersión de los elementos químicos en la naturaleza.

2.5.2 Movilidad geoquímica.

La relación que tiene un elemento está, sujeto a un proceso de dispersión depende sobre todo de su movilidad; esto es, la

facilidad con la cual el elemento se puede mover en cualquier ambiente.

Los datos empíricos ayudan a comprender la movilidad de algunos elementos muy importantes en la prospección geoquímica. Hawkes y Webb (1962) hicieron hincapié en que, en general, en ambientes silíceos de meteorización de sulfuros, el Zn es muy móvil en tanto que el Cu tiene movilidad intermedia, pero en ambientes calcáreos de meteorización, el Zn tiene movilidad intermedia y el Cu es esencialmente inmóvil, en los dos ambientes, el Pb es bastante inmóvil. De esto se deduce que la dispersión relacionada con un ambiente u otro podría ser espacialmente diferente (siendo igual a otros factores). El Zn mostraría una dispersión más amplia que el Pb en ambientes silíceos, pero podría tener dispersión similar a la del Pb en ambientes calcáreos. La movilidad depende de dos factores:

2.5.3 Asociación geoquímica de los elementos.

Generalmente el principal constituyente de un mineral es el elemento(s), el cual es determinado mediante el estudio de exploración geoquímica. Por ejemplo, el cobre que usualmente suele estar presente en suelos, rocas y sedimentos, está condicionado a un elemento indicador.

Algunos pares o grupos de elementos consistentemente muestran una estrecha asociación indiferente al ambiente en el cual ellos ocurren. En muchos casos, esto es debido a que el elemento menos abundante sustituye libremente en la retícula del cristal formado por el socio más abundante. El conocimiento de las asociaciones geoquímicas lleva al concepto de elementos indicadores o Pathfinder.

2.5.4 Parámetros Estadísticos

a) **Media.**

Es la medida más popular de la tendencia central, es lo que se llama un PROMEDIO y lo que los estadísticos denominan MEDIA ARITMETICA o solamente MEDIA.

“LA MEDIA DE (N) NUMEROS ES LA SUMA DE LOS MISMOS DIVIDIDA ENTRE (N)”

b) **Mediana.**

Para evitar la posibilidad de dejarse llevar por valores muy bajos o muy altos, en ocasiones describimos el “Punto Medio” o “Centro” de un conjunto de datos con medidas estadísticas diferentes de la media. Una de éstas, la mediana de (N) valores, requiere que se acomoden los datos de acuerdo con su tamaño y se define como sigue:

“LA MEDIANA ES EL VALOR DEL ARTICULO MEDIO CUANDO (N) ES NON Y LA MEDIA DE LOS DOS ARTICULOS MEDIOS CUANDO (N) ES PAR

c) **Moda.**

Otra medida que en ocasiones se usa para describir el “Punto medio” o “centro” de un conjunto de datos es la moda, que se define simplemente como el valor que ocurre con la mayor frecuencia y más de una vez. Sus dos ventajas principales son que no requieren de cálculos, solo conteo y que se puede determinar al igual para los datos cualitativos que para datos nominales. Una dificultad adicional de la moda es que se comporta erráticamente cuando se redondean los valores de los datos

d) **Amplitud.**

La Amplitud (A_m) de un conjunto de datos es el valor mayor (V_{max}) menos el valor menor (V_{min}):

$$Am = Vmax - Vmin.$$

El intervalo de una clase es la amplitud dividida entre el número de clases.

$$\text{Intervalo} = (Vmax - Vmin)/N^{\circ} \text{ clase.}$$

e) Desviación Estándar.

Es la medida de variación usada con mayor frecuencia, observemos que la dispersión de un conjunto de datos es pequeña si los valores se acumulan estrechamente alrededor de su media. Por tanto parecería razonable medir la variación de un conjunto de datos en los términos de las cantidades por las que se desvían los valores de su media.

$$De = \sqrt{\sum [(x-m)^2] / N-1}$$

X= Clase
m = Media
N= Número de muestra

Características de la Desviación Estándar

- La desviación estándar es una de las más importantes medidas estadísticas que podemos obtener de una población (o de una muestra), por ser la base de numerosos análisis estadísticos. Sus principales características son las siguientes:
- La desviación estándar es siempre un valor positivo.
- La desviación estándar es influenciada por todos los valores de la población (o de la muestra).
- Los valores extremos ejercen mayor influencia que los que están próximos al promedio, debido a que en el cálculo de la desviación estándar los valores son elevados al cuadrado.
- Si en una distribución normal se levanta una ordenada a uno y otro lado de una distancia igual a la desviación

estándar (promedio +/- desviación estándar), dentro de estos límites quedan incluidos el 68.26% de los valores de X.

- Si en una distribución normal se levanta una ordenada a uno y otro lado del promedio a una distancia igual a dos veces la desviación estándar (Threshold), dentro de estos límites quedan incluidos el 95.46% de los valores.
- Si en una distribución normal se levanta una ordenada a uno y otro lado de una distancia igual a tres veces la desviación estándar (esto es promedio más tres veces la desviación estándar), dentro de estos límites quedan incluidos el 99.73% de los valores.
- Los anteriores porcentajes son exactos únicamente cuando la población sigue la distribución normal perfecta. En caso de que tenga una ligera asimetría los porcentajes serán aproximados.
- Los porcentajes mencionados anteriormente se expresan por lo general redondeados en la forma siguiente: 68%, 95% y 99%.

f) Varianza.

La varianza de un conjunto de datos viene a ser el cuadrado de la desviación estándar, de tal manera que la Varianza poblacional y la Varianza muestral se representarían respectivamente: La Varianza viene a ser otra medida de variación o dispersión, la que se define como el promedio o media de los cuadrados de las desviaciones de las medidas respecto de su media.

g) Coeficiente de Variación.

Una desventaja de la desviación estándar como una medida de variación es que depende de unidades de medida (gr, ppm, Onz/TM, etc.).

El coeficiente de variación es la desviación estándar expresada como porcentaje de la media es decir:

$$CV = (De/m) \times 100$$

h) Kurtosis.

La kurtosis se basa en la cuarta potencia de las desviaciones con respecto a la media:

$$K = [(x - m)^4 / N] / Ds$$

i) Regresión.

El principal objetivo es establecer relaciones que permitan pronosticar una o más variables en términos de otras.

- **Ajuste de Curva**

Siempre que es posible se intenta expresar o aproximar las relaciones entre cantidades conocidas y cantidades que se deben pronosticar en términos de ecuaciones matemáticas. Esto ha tenido éxito en la prospección geoquímica donde se sabe por ejemplo, que la mineralización de níquel está asociada a rocas ultrabásicas.

Siempre que usamos datos observados para llegar a una ecuación matemática que describe la relación entre dos variables, un procedimiento conocido como el Ajuste de Curva, debemos entender tres clases de Curvas:

1. Debemos decidir qué clase de Curva y por tanto que clase de ecuación de "pronóstico" queremos usar.

2. Debemos encontrar la ecuación particular que es “mejor” en cierto sentido.
3. Debemos investigar ciertos aspectos referentes a los méritos de la ecuación particular y de los pronósticos hechos a partir de ésta.

Por lo que respecta a método de trabajo, nos concentramos en esencia, en ecuaciones lineales de dos incógnitas. Estas son de la forma:

$$Y = a + bX.$$

Donde: a es la intersección de Y (el valor de Y para X=0) y b es la pendiente de la línea (específicamente, el cambio en Y que acompaña un incremento de una unidad X).

j) **Correlación.**

El coeficiente de correlación es una medida del grado de asociación lineal que depende del tamaño muestral: un mismo valor de dicho coeficiente, calculado a partir de muestras de distinto tamaño de dos pares de variables, no corresponde a un mismo grado de asociación lineal. Para determinar si la asociación es estadísticamente significativa, se plantea la hipótesis nula de que el coeficiente de correlación lineal es igual a cero:

2.5.5 Parámetros Geoquímicos.

Un problema básico en cuanto a la prospección geoquímica es el determinar los parámetros geoquímicos que establecen los rangos de Background y Threshold. La ausencia de detalles en el análisis de datos con lleva a forzar el resultado, como lo que ocurre en el procesamiento de datos del oro, plata, arsénico y el antimonio, que se caracterizan por tener una gran cantidad de datos por debajo del “Límite de Detección”, considerados como datos probables. Estos detalles crean altas desviaciones que

crean automáticamente varias poblaciones como se puede observar en los diagramas de variabilidad contruidos en base a parámetros geoquímicos.

Una posible solución es demasiado compleja, ya que se procedería a un análisis en cada una de estas poblaciones y en cada una de ellas se resolverían nuevos parámetros.

No es recomendable realizar un análisis estadístico con un número reducido de datos, se recomienda a partir de 30 datos. Este problema se puede apreciar en el análisis estadístico realizado en las poblaciones "Volcánicos" e "Intrusivos" con 20 y 16 muestras respectivamente. Estos resultados son reforzados con la interpretación del tipo de muestreo (Sedimentos de Arroyo) en donde la discriminación se realiza desde el punto de vista de la ubicación geográfica del punto donde se realizó el muestreo de sedimento de arroyo. La información geoquímica de estos sedimentos está influenciada por la pequeña cuenca de recepción de aguas. Por tanto, los parámetros geoquímicos están sujetos al área que influencia a dicha muestra.

a) Valor Promedio o Contenido de Fondo.

Se denomina así a la concentración normal de un elemento en un material terrestre, conocido también como "BACKGROUND". El contenido de fondo de un elemento particular es sujeto a variaciones, según la constitución de la roca u otro material terrestre en el que el elemento ocurre.

Esta concentración no es estable por eso es lógico considerar el valor de fondo como un valor medio (que puede estar dentro de un promedio, media aritmética, media geométrica, media ponderada, etc.) y no como un valor exacto. El contenido de fondo está relacionado al número de muestras.

b) Umbral Geoquímico.

Es un parámetro también denominado **THRESHOLD (T)**, que está en función de la concentración normal más dos veces las cantidades por los que desvían los valores de su contenido de fondo (desviación estándar) Desde un punto de vista nominal, sea el caso de una distribución normal o log_normal, el 95% de los valores individuales caen entre el background más dos veces su desviación estándar; es decir que solamente el 2,5% de la población excede el límite superior ($B + 2De$). Este límite superior es tomado convencionalmente como el nivel Umbral (T), encima del cual son considerados como anómalos.

c) Anomalía Geoquímica.

Una anomalía es una desviación con respecto al contenido normal, de modo que una anomalía geoquímica es una desviación de los valores geoquímicos que son normales para una región. Un yacimiento de minerales es una anomalía geoquímica, entonces también se puede clasificar cuantitativamente desde un punto de vista cualitativo:

2.6 FORMULACION DE HIPÓTESIS

2.6.1 HIPOTESIS

La ocurrencia del yacimiento epidermal de alta sulfuración Utunsa ha sido favorecida por controles geológicos tales como litológicos, estructurales y geoquímicos con lo cual se ha definido un modelo conceptual geológico del yacimiento tipo epidermal de alta sulfuración final.

2.6.2 VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN
Composición del magma Control estructural	Litología	Ciencia que estudia el origen, evolución y clasificación de las rocas.
Litología Tectonismo	Estructuras	es el arreglo y disposición de cuerpos rocosos mayores, lo que podríamos considerar como la disposición arquitectural de los terrenos en una determinada región
Litología Estructuras Fluidos Hidrotermales Eventos mineralizantes	Mineralización	Proceso mediante el cual los minerales son introducidos en la roca, dando como resultado la formación de yacimientos minerales de rendimiento económico.
Control Estructural Permeabilidad Eventos mineralizantes Acidez Salinidad	Geoquímica	Es la ciencia que estudia la distribución de los elementos químicos en la tierra y las reglas que gobiernan dicha distribución.
Tectonismo Permeabilidad Acidez Control estructural	Alteración	Proceso de modificación de los minerales y rocas por acción de los agentes de erosión: agua, viento, hielo, sol, etc.

Tabla N° 3: Definición de variables

CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN Y MATERIALES

Este capítulo abarca el desarrollo metodológico de la investigación planteada, a partir del tipo de investigación, el universo y muestra, las técnicas de recolección de datos, el tratamiento y análisis, hasta llegar a realizar el modelo conceptual geológico final del depósito mineral.

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para definir la geología del yacimiento de Alta Sulfuración Utunsa-Apurímac, se aplicaron métodos lógicos: inductivo, deductivo y analítico, para lo cual fue indispensable trabajar con información recopilada de diversos trabajos precedentes, información de cartografiado, datos geoquímicos de muestreo superficial y sondajes; estudios petrográficos. Todo ello nos conlleva a la interpretación, por ende, a las conclusiones.

3.2 PROCEDIMIENTO Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para elaborar la presente tesis se siguió una determinada secuencia la que mencionamos seguidamente.

A. Etapa Preliminar: Para la elaboración de la presente tesis; fue importante contar con la información de documentos bibliográficos físicos y digitales (trabajos antecedentes); correspondientes al tipo de yacimiento, minerales económicos de explotación, emplazamiento y ambientes de mineralización, litologías, alteraciones, estructuras geológicas, análisis geoquímicos; puesto que con ellas pudimos generar una visión más amplia del tipo de yacimiento, determinar sus

limitaciones y a partir de ella, generar un procedimiento adecuado a desarrollar.

B. Reconocimiento preliminar de campo: Recorrido total de la zona y el área de influencia del proyecto.

C. Etapa de campo: En la zona de trabajo, ante la presencia de afloramientos de roca se tomaron muestras geoquímicas, aleatorias y selectivas, usando diferentes tipos de muestreo.

3.3 CONTROL DE CALIDAD

3.3.1 UNIVERSO Y MUESTRA

3.3.1.1 Universo

El universo de la presente investigación es el yacimiento minero Utunsa, con una extensión de 300 hectáreas, donde se realizó trabajos exploratorios para llegar al final en realizar un modelo conceptual geológico.

3.3.1.2 Muestra

Se recolectaron 2603 muestras, todas ellas ubicadas en puntos estratégicos para encontrar una mejor representatividad de la zona (entre ellas incluye muestras de roca fresca y alterada), que fueron analizadas por multielementos geoquímicos en el laboratorio ALS Chemex Perú con el método ICP, asimismo se tomaron 12 muestras representativas para realizar láminas delgadas de petrografía y 03 de superficies pulidas.

3.3.1.3 Técnicas de Muestreo

Para la toma de muestras utilizamos las siguientes técnicas:

- Muestras en chispas de roca (rock chips), en afloramientos visibles.
- Muestras en canales, cuando la mineralización está en venillas, muestras en calicatas, cuando el afloramiento no es visible.

- Muestras en trincheras, para determinar la consistencia de las zonas mineralizadas.

3.3.1.4 Protocolo Para Control de Calidad de Muestras.

- La toma de muestras fue realizada por técnicos especializados en muestreo, bajo la supervisión directa del encargado del estudio y con el debido cumplimiento de los estándares de control y calidad de muestra recolectada.
- Las muestras para el estudio geoquímico fueron enviadas a los laboratorios de ALS Chémex de Lima para ser analizadas por Au-AA24, ME-ICP41, mientras que los estudios petrográficos y mineragráficos fueron realizados en los laboratorios de la empresa NESERMIN EIRL. Del Dr. César Cánepa I.
- Se implementó un programa de QA-QC para tener una mayor confiabilidad en los resultados obtenidos en el laboratorio local; este programa consistió en muestras con valores Blancos, valores estándares conocidos y muestras duplicadas.

3.3.1.5 Metodología.

La metodología seguida para el muestreo de rocas fue el siguiente:

- Ubicar el punto de muestreo más adecuado.
- Si la muestra es de afloramiento este debe ser tomada haciendo un compósito de las esquirlas obtenidas en un radio aproximado de 5 metros sobre el afloramiento, si se trata de estructuras la muestra se toma a lo largo de un canal perpendicular al rumbo de la estructura, el ancho estará en función del ancho de la estructura. Si se trata de rodados se muestrearon

independientemente aquellos que presenten alteración y/o mineralización.

- El peso mínimo de cada muestra es de 500 gramos, el peso recomendado es de 2 a 3 kilogramos.
- Obtener una muestra de mano de cada muestra que se tome para realizar otros análisis como petrográficos.
- Anotar las coordenadas del GPS y llenar la tarjeta de muestreo considerando el tipo de roca, mineralogía, alteración y mineralización, etc.
- Tomar muestras duplicadas en los lugares que se considere conveniente para el control de calidad del muestreo. Las muestras duplicadas deben representar al menos el 3% del total de muestras enviadas al laboratorio.

3.4 TECNICAS DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

3.4.1 Compilación Bibliográfica

Se realizó una compilación de mapas y trabajos previos (Estudios de geología, informes exploratorios, datos de muestreo y datos de sondajes ejecutados). Local y distrital con el objetivo de tener un enfoque más amplio del sector donde se trabajó la presente tesis

Se revisaron trabajos específicos del yacimiento elaborados en los años anteriores. Esta etapa nos permitió diseñar el programa de trabajo de campo encaminado hacia el logro específicamente de nuestros objetivos.

3.4.2 Trabajo de Campo

Se realizaron varias campañas de trabajo en el yacimiento, donde se reconocieron todos los afloramientos litológicos mediante un cartografiado geológico realizado sobre una base topográfica a escala 1: 2,000, se identificó sectores anómalos interesantes con lo

que posteriormente se realizó 2 campañas de perforación diamantina.

3.4.3 Trabajo de Gabinete

Con toda la información recolectada en campo, se procedió a organizar y procesar toda la data para la elaboración de folios y secciones que nos permitieron proseguir con el estudio, llegándose a elaborar los planos de litología, alteraciones, mineralización, estructuras, isovalores, etc.

3.4.4 Trabajos de laboratorio

Los trabajos de laboratorio se dieron paralelamente con el trabajo en gabinete y campo ya que algunas muestras fueron analizadas íntegramente en el laboratorio de la Empresa Minera Anabi SAC; asimismo se seleccionaron 12 para realizar láminas delgadas de petrografía y 03 de superficies pulidas.

3.4.4.1 Petrografía

En el estudio petrográfico se realizó una descripción macroscópica Y microscópica de las 12 muestras, se analizaron 12 láminas delgadas seleccionadas, con el objeto de determinar la cronología de los eventos de brechamiento, cementación y mineralización.

3.4.4.2 Mineragrafía

De las muestras estudiadas en láminas delgadas, se seleccionaron 03 muestras con abundancia de minerales metálicos, para realizar secciones pulidas y estudiar la sucesión mineral metálica en cada etapa de brechamiento, cementación y mineralización.

3.4.5 Elaboración del presente texto

Con toda la información obtenida de los trabajos de exploración, y resultados de laboratorios, se elaboró la presente tesis.

Cabe precisar que con el mapeo de campo y con datos de laboratorio se elaboraron planos con el soporte del software como el ArcGis 9.3; target for ArcGis 3.1; Oasis Montaj; Autocad 2010; Dips; Vulcan 8.0.1; entre otros.

Con los planos obtenidos y con el análisis del comportamiento geológico, se inició con la interpretación de planos y secciones de la zona en estudio preparada por el tesista.

3.5 MATERIALES Y ÚTILES

Para la obtención de datos en campo y gabinete fue fundamental contar con los siguientes equipos y herramientas:

- Picota de geólogo.
- Gps Garmín 76
- Brújula tipo Brunton Azimutal.
- Lupas de 20X y 10X.
- Lápiz metálico para determinar la dureza de las rocas y minerales.
- Lápiz magnético.
- Protactor de diferentes escalas.
- Fexómetro
- Bases topográficas a escala 1/2000.
- Colores.
- Lápices HB-2 0.5 mm / 0.35 mm.
- Bolsas de muestreo.
- Etiquetas de identificación de muestras.
- Cámara fotográfica digital Nikon S4100.
- Tablero de dibujo.
- Laptop.
- Impresora Xerox A3

- Plotter HP.
- Papel bond A3 / A4
- Papel Bond para plotter
- Papel Myler transparente.
- Hojas de Logueo
- EPP mínimo.

CAPITULO IV

GENERALIDADES

4.1 LOCALIZACIÓN Y ACCESO

El proyecto Utunsa, se ubica en el sur del Perú (*Figura 9*), en el flanco oriental de la cordillera occidental de los andes. Aproximadamente a 20 Km. al Oeste del pueblo de Santo Tomás. Políticamente pertenece a la comunidad de Huanca, Provincia de Cotabambas, distrito de Haqaira, departamento de Apurímac.

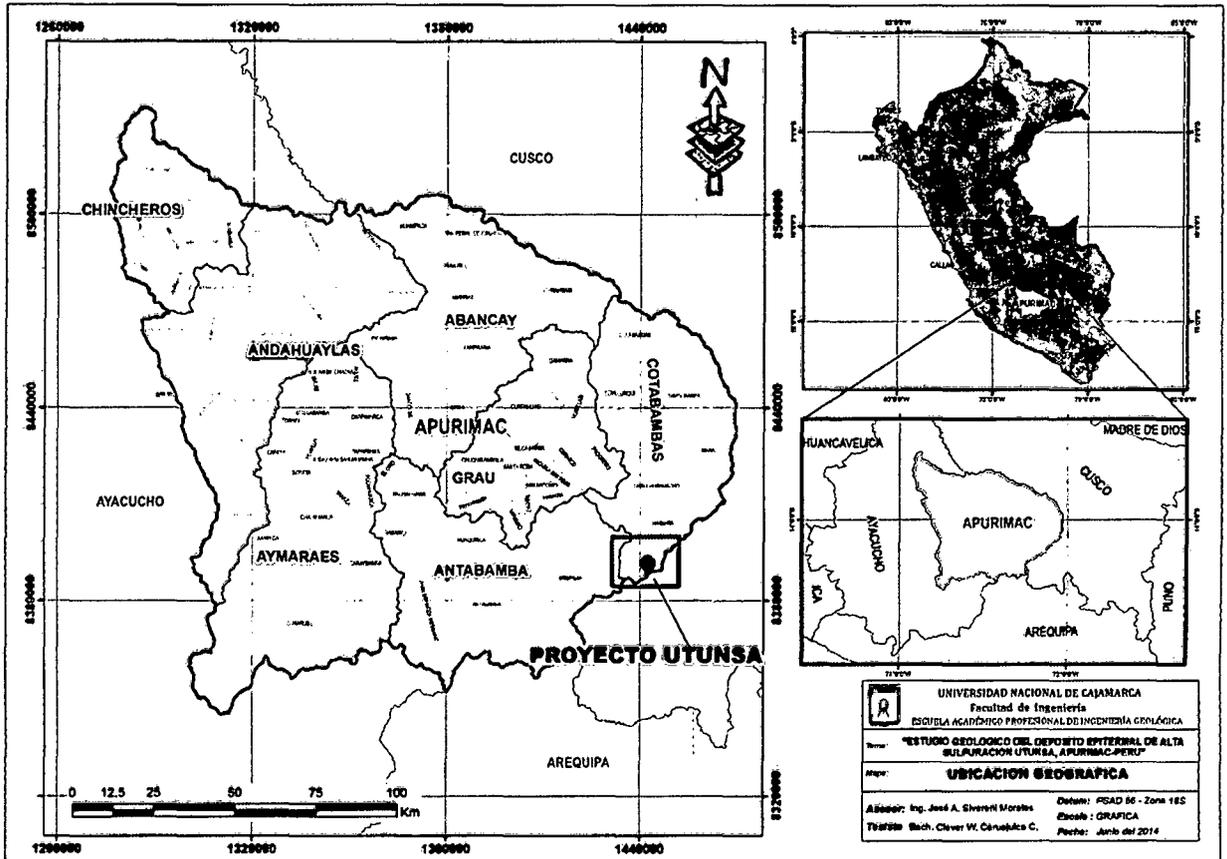


Figura 9 .Ubicación geográfica del Proyecto Utunsa

El área de estudio se enmarca dentro de las coordenadas

VÉRTICE	ESTE	NORTE	COTA PROM.	DATUM	ZONA
V1	791400	8404000	4700 m.s.n.m.	PSAM-56	18-S
V2	792800	8404000			
V3	792800	8403000			
V4	791400	8403000			

Tabla 4. área Geográfica del Proyecto Utunsa

El acceso desde la ciudad de Lima es como sigue:

Para llegar al proyecto desde Arequipa, se sigue la carretera asfaltada en dirección a Juliaca hasta el desvío a la mina Tintaya, posteriormente se toma la carretera afirmada hasta la ciudad de Espinar, luego se toma la trocha que lleva al pueblo de Quiñota (Figura 10); el itinerario es el siguiente.

ORIGEN	DESTINO	DISTANCIA/Tiempo	TIPO DE VÍA
Lima	Arequipa	850 km. / 1.0 horas	Área
Arequipa	Santo Tomas	432 Km. / 8.0 horas	Carretera Asfaltada
Santo Tomas	Quiñota	45 Km. / 1.5 horas	Carretera Asfaltada
Quiñota	Anabi (Utunsa)	39 km. / 1.0 hora	Trocha Carrozable

Tabla 5: Distancia de accesos y tipos de vías.

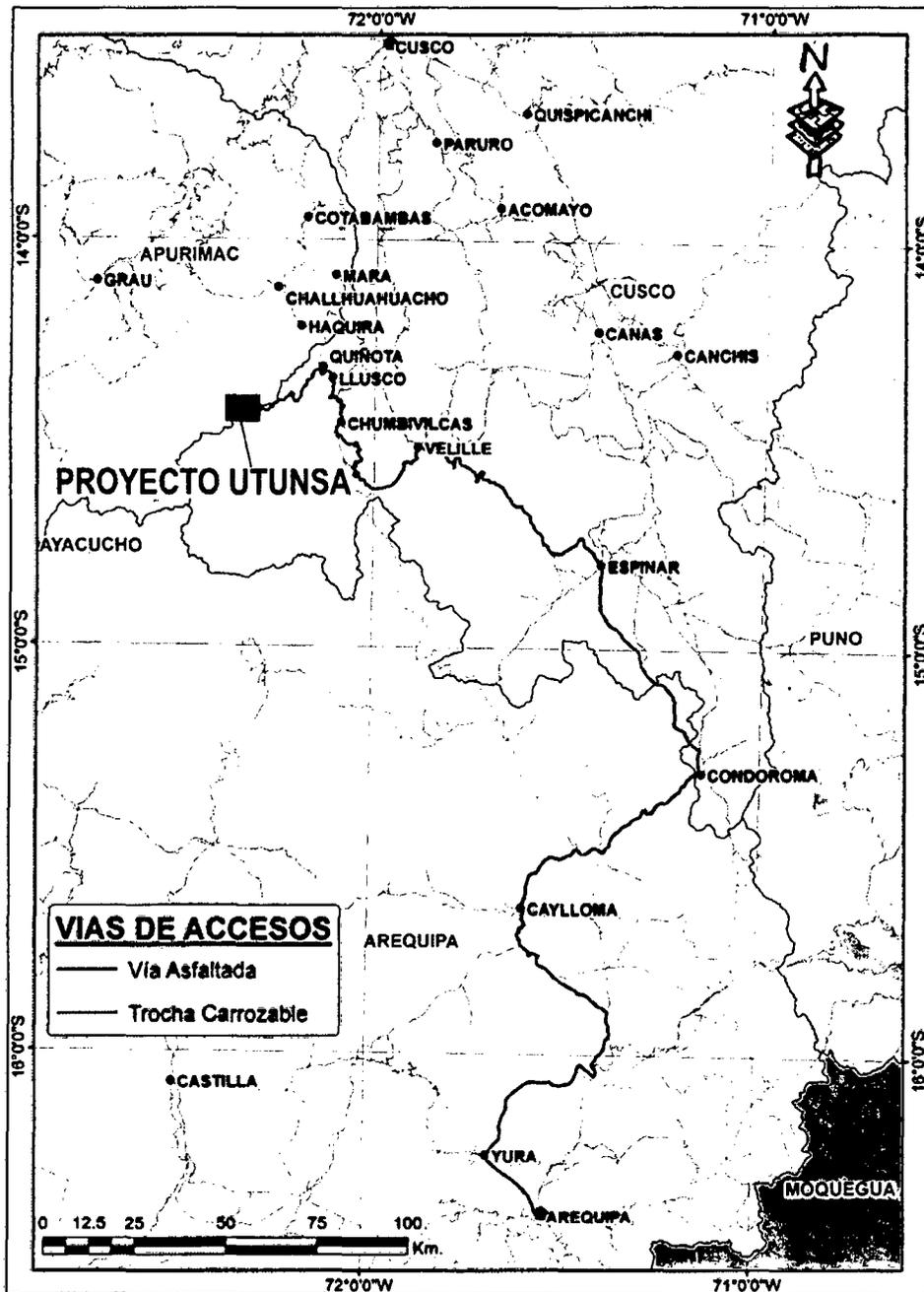


Figura 10: Ruta de accesos hasta el Proyecto Utunsa

4.2 CLIMA Y VEGETACION

El clima en la región de estudios como en gran parte de la cordillera de los Andes, presenta una estación seca durante los meses de abril a noviembre y otra con abundante lluvia de diciembre a marzo.

El clima en los valles profundos según A. TOSI (1960) corresponde al de Estepa Espinoza Montano Bajo, (2100 msnm) y Estepa Montano (3000 a 3500 msnm) Al primero corresponden las partes bajas de los valles más

profundos como Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomás y al segundo los terrenos de moderada gradiente como son las partes intermedias de los principales valles. Las temperaturas máximas están entre 22° y 29° C., que se producen entre enero y marzo y las mínimas entre 10°C y 8°C, en los meses de mayo a agosto. Durante el día la temperatura es siempre mayor de 20°C, bajando a 10° C en las noches, que representan la variación térmica diaria.

Las lluvias se manifiestan entre diciembre a marzo, de las cuales no se tienen registros. Ellas al caer, después de una estación seca, sobre las laderas constituidas por lutitas y areniscas fracturadas, así como sobre el material suelto originan huaycos y deslizamientos que modifican la morfología; esto se observa a lo largo a lo largo de los grandes valles de la región.

El clima entre los 3800m y los 4600msnm según TOSI, se denomina Piso Sub Alpino, el que se caracteriza por su altitud, presión y latitud. Este piso está representado, en el área de estudio por las altas vertientes y mesetas andinas o zonas de puna. El clima de esta zona varía de templado a frío, siendo a mayor altura más frío, con temperaturas media anual comprendida entre 7° C a 10° C. La temperatura máxima absoluta es superior a 20° C y la mínima absoluta es inferior a 0° C, principalmente entre junio y agosto. Las precipitaciones entre diciembre y marzo están comprendidas entre 500 mm³ y 1,000 mm³.

Finalmente, el clima desde los 4,800 m.s.n.m. hacia arriba es denominado Piso Nivel por J. TOSI, que se caracteriza por frío intenso, principalmente durante las noches en que las precipitaciones son intensas; en cambio en el día, la insolación es fuerte registrando temperaturas más altas al medio día. El contenido del oxígeno en el medio ambiente es bajo, lo que origina gran sequedad en el ambiente.

La vegetación de área de estudio es variada correspondiente a las zonas alto andinas, gran parte está cubierto por cobertura vegetal (pasto e ichu básicamente), en las zonas de valles presentan sembríos principalmente papa, en las partes bajas cebada y maíz.



Imagen 1: Vista panorámica del proyecto Utunsa mirando al norte, se aprecia nieve que nos indica el tipo de clima en la zona de estudio.

4.3 RELIEVE TOPOGRÁFICO

El proyecto minero Utunsa se ubica en la zona de Puna con cotas que van desde los 4200 msnm hasta los 3780 msnm (Cerro Surimana), la dureza de la roca alterada (silicificada) ha dado lugar a paredes muy abruptas y verticales con diferencias de cota de hasta 150 metros (C° Utunsa) a excepción de estos lugares las diferentes áreas presentan una topografía moderada de fácil acceso.



Imagen 2: Vista del relieve topográfico en la zona de estudio.

4.4 RECURSOS

4.4.1 HIDRICOS

El principal recurso hídrico en el área lo constituye la laguna de Pistoro con dimensiones de 800 x 400 m. Los ríos y riachuelos que se encuentran en el área llevan muy poca agua, sobre todo en los meses de estiaje. Las redes de energía eléctrica más cercana pasan

a aproximadamente 30 km (Tambobamba-Haquira) en línea recta y corresponde al sistema interconectado de Machu Picchu a la red Nacional.



Imagen 3-4: Vista de algunas lagunas existentes en el sector de estudio,

4.4.2 FAUNA

Las comunidades aledañas a la zona donde se ubica el yacimiento “Utunsa” se dedican generalmente a las actividades de pastoreo de ganado ovino, y ganado vacuno, predominando en un 80% el pastoreo de ovinos. Estos animales son criados para la venta, de éstos aprovechan su carne y su lana, asimismo existen especies de Vicuñas salvajes.



Imagen 5: Vista de algunas vicuñas salvajes en el área de estudio

4.4.3 POBLACIÓN

Mano de obra no calificada se puede encontrar en las comunidades cercanas al proyecto (piscocalla, Miraflores, Acoito): la mano de obra calificada tiene que traerse de Arequipa o Cuzco.



Imagen 6: Vista de pobladores aledaños a la zona de estudio.



Imagen 7: Vista de pobladores aledaños a la zona de estudio.

CAPITULO V

GEOMORFOLOGÍA

La morfología actual del área estudiada está marcada por la intensa actividad volcánica que afectó esta zona entre el Paleógeno - neógeno, y los subsiguientes procesos de erosión y deposición, destacando por su intensidad en estos últimos la actividad glacial, cuya impronta se evidencia en toda el área de estudio.

Utunsa presenta un relieve abrupto con zonas escarpadas y paredes sub-verticales debido al tipo de depósito formado en la zona (epitermal de alta sulfuración). El suelo producto de la erosión de la roca alterada a sílice opalina y steam heated (vapor calentado), abarca la zona central hacia el norte y este. Hacia el oeste no hay mucha presencia de suelos debido al relieve escarpado. La zona norte de Utunsa está cubierta por un suelo de color crema-gris claro producto de la erosión de las andesitas alteradas a sílice opalina. La acción de los glaciales y las escorrentías son los principales causantes de la formación de este tipo de suelos.

La zona noreste presenta un valle glacial (dirección de norte a sur) que depositó el material transportado aguas abajo, en el área de la laguna Angascocha.

5.1 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

5.1.1 Montes de pendientes fuertes

Esta unidad está representada por los cerros Huisamarca, Quellocirca al Sur Chihuinpujro, Chihuanima al Sureste y el Cerro

Surunama al Norte, Dichos cerros en partes son escarpados a manera de picos con taludes promisorios, se presentan con elevaciones mayores a 4450 m.s.n.m. y con pendientes fuertes, conformadas por rocas volcánicas con alteraciones Sílice Masiva, Sílice Vuggy y Sílice Alunita, dichos cerros presentan un alineamiento Noroeste. Esta unidad se forma debido a los agentes erosivos agua - viento, presentándose una erosión diferencial de materiales competentes (sílice - arcilla).

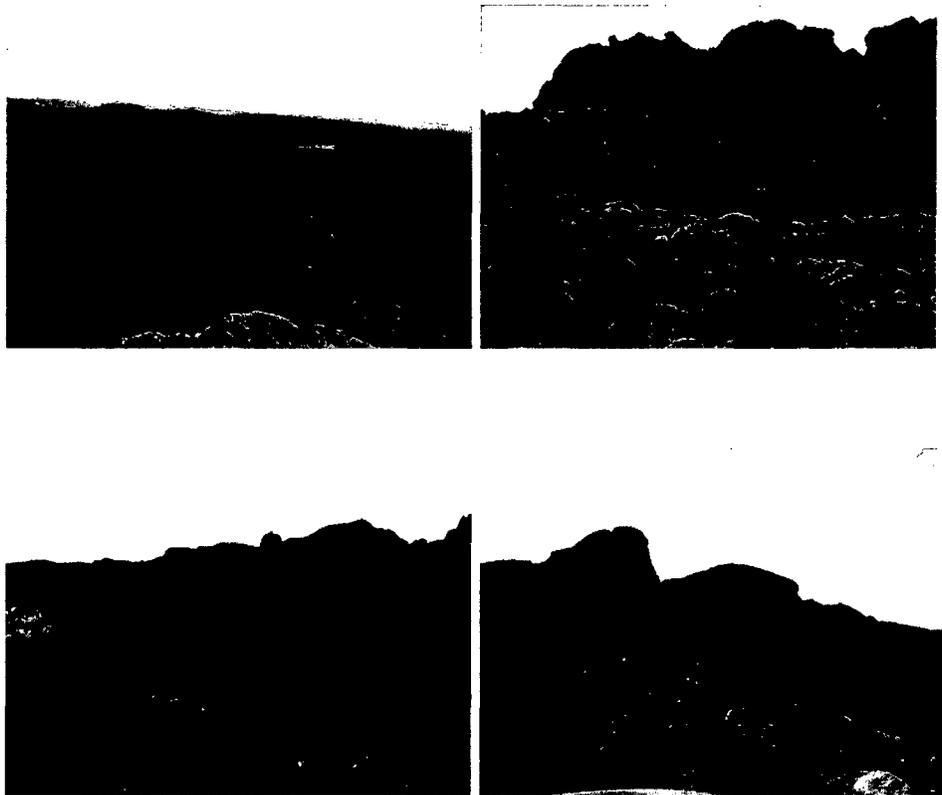


Imagen 8-11: Vista de fuertes pendientes topográficas

5.1.2 Peniplanicies andinos

En esta unidad presentan relieves relativamente onduladas con pendientes de 3 a 5%, preferentemente orientadas al Noreste, en ella hay rocas volcánicas lavas de composiciones andesíticas - dacíticas y flujos piroclásticos normalmente sin alteración, gran parte están cubierto por material orgánico. Esta unidad está poco erosionada, debido a que son flujos volcánicos del grupo Barroso,

estas cubren en gran parte la cadena volcánica cenozoica y están poco afectados por tectonismo y erosionados sólo en los ríos.

Los depósitos coluviales se encuentran al pie de los taludes de los afloramientos, son heterodimensionales que van de 0.5 mts a mayores de 5 mts. De diámetros, los clastos son angulosos principalmente. En el proyecto Utunsa se presenta al pie del cerro Utunsa, en ella presentan clastos alterados principalmente Sílice Vuggy y Sílice Masiva.

Esta geoforma se presenta debido a la desglaciación en el cuaternario, afectando directamente a las rocas alteradas en el cerro Utunsa, durante la desglaciación arrancó rocas aflorantes y trasportándoles por decenas de metros a los derrubios y depositándoles en el cerro Quishuarani.

5.1.3 Altiplanicies andinas

En esta unidad presentan relieves suaves poco ondulados con pendientes suaves, se presenta al sureste, compuesta por flujos piroclásticos de composición dacítica principalmente, estas están presentes a altitudes de 4600 a 4700 m. s. n. m.

5.1.4 Valles interandinos

Esta unidad está representada por quebradas relativamente profundas, son valles del tipo "V", en estos valles se encuentran depósitos aluviales. En el área de trabajo se presentan en las quebradas Antuyo, Chonta y Yahuarmayo, con orientaciones Este - Oeste, Noreste y Noroeste, con profundidades de 100 - 200 mts aproximadamente. Estas presentan pendientes negativas de 5% a 10 % en dirección del flujo del agua.



Imagen 12: Vista de las principales geomorfologías del área de estudios

5.2 DRENAJE E HIDROLOGÍA

El eje de la divisora hidrográfica, que separa la cuenca del pacífico y la del río Amazonas, se encuentra al sur, en la denominada cordillera de Guanza, por lo que los ríos principales que drenan esta región tiene sus nacientes en la cuenca de captación fluvial de dicha cordillera. Estos ríos son de régimen permanente y tienen generalmente un rumbo comprendido entre noreste y noroeste; siendo los principales el Chalhuanca y Antabamba que desaguan con el nombre de Pachachaca en el río Apurímac, los ríos Oropesa y Chuquibambilla que forman el Vilcabamba y el río Santo Tomás.

El patrón principal de drenaje es subparalelo dendrítico, controlado principalmente por factores estructurales como ocurre con los ríos Chalhuanca, Antabamba y Oropesa.

El río principal de en el sector de estudio es el río Santo Tomás, mediante el cual se efectúa la mayor parte del drenaje de esta región. Sus nacientes se encuentran en el cuadrángulo vecino de Cayarani. Recorre con rumbo norte toda la zona oriental con una longitud de más de 150 km. Delimitado en parte los departamentos de Cusco y Apurímac. Es de régimen permanente con variaciones en su caudal, el mismo que es considerable en las épocas de lluvias.

El río Santo Tomás en su tramo norte recorre por un valle bastante estrecho y profundo, principalmente entre cocha y Capacmarca; donde

se desarrolló en rocas sedimentarias fácilmente erosionables como es el caso de las lutitas del Grupo Yura y calizas de la formación Ferrobamba.

En su tramo Sur el control del drenaje es litológico, porque se ha desarrollado en el contacto entre las rocas sedimentarias e intrusivas, en forma general el drenaje de tipo Sub-paralelo a dendrítico.

Los drenajes presentes en el área de estudio son del tipo dendrítico a subdendríticos, donde se tienen rocas volcánicas, subvolcánicas e intrusivos presentan relativamente pendientes fuertes, sin embargo donde se tienen rocas sedimentarias presentan pendientes relativamente suaves, dentro de los principales tributarios se tienen el río Yahuarmayo, río Millo, río Yanama y otros de menor escorrentía, estas forman el río Antuyo y luego el río Santo Tomás; estas aguas corresponden a la cuenca del Atlántico.

Estos drenajes en su mayoría llevan agua todo el año, en los meses de diciembre - abril, presentan fuertes caudales. En los meses de mayo-noviembre, los caudales son muy bajos, estas discurren en una dirección dominante de Este - Oeste a Noreste.

CAPITULO VI

GEOLOGIA REGIONAL

La región está comprendida por el flanco oriental de la Cordillera Occidental de los Andes comprendidos entre altitudes entre 3500 y 5000 m. s. n. m. la secuencia estratigráfica está constituida por rocas sedimentarias y volcánicas que se depositaron entre el Jurásico superior y el cuaternario, están intruidos por rocas plutónicas principalmente de composición diorítica, tonalítica y granodiorítica, presentan emplazamientos de eventos subvolcánicos de composición andesíticos y dacíticos. Por lo general los procesos de alteración y generalización metálica de la región está asociada a estos eventos subvolcánicos (sistemas epitermales) y las rocas plutónicas (sistemas porfíricos – mesotermales).

A continuación, se hace una descripción, de las unidades litológicas que han sido definidas en la región por diferentes autores en trabajos de investigación previos.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA REGIONAL

ERA TEMA	SISTEMA SERIES	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	COLUMNA ESTRATIGRAFICA	Espesores (m)	DESCRIPCION	ESTRATIGRAFIA DE ROCAS PLUTONICAS Y SUBVOLCANICAS			
CENOZOICA	Cuaternario Holoceno	Depositos Aluviales	Qh-al	+80	Componentes clasico a centimetricos polimicticos, en cuencas hidrograficas actuales.				
		Depositos Fluvioglaciares		+50	Depositos de sedimentos formados por granos milimetricos a centimetricos.				
		Depositos Morrenicos		+100	Sedimento con componentes liticos hasta mas de un metro, con matriz arenosa milimetrica a centimetrica.				
		Grupo Barroso	Volcanico Vilcarani	NQ-vi	+600	En la parte superior toba soldada de color gris oscuro, constituida por plagioclasa y plmez, infrayaciendo a esta toba constituida de plagioclasa y liticos de color gris blanquesino, en la parte media flujo piroclastico (toba con ceniza, pomez y biotita) de color gris blanquesina y en la parte inferior depositos volcanicos sedimentarios intercalados con niveles de tobas de cenizas y pomez de color gris blanquesinas.			
			Volcanico Malmaya	NQ-ma	+1000	En la parte superior tobas soldadas de cristales con biotita, plagioclasa dentro de una matriz afanitica de color gris violaceo, en la parte inferior toba fuertemente soldada de color gris constituida por cristales de plagioclasa y biotita dentro de una matriz afanitica.			
			Volcanico Alpbamba	N-al	+300	Secuencia piroclastica con matriz tufacea con pomez y liticos.			
		Grupo Tacaza	Volcanico Tacaza	N-ta	+600	Derrames andesiticos en general de tonos chocolate-rojizo a morado, intercalada con brechas y lavas, en la base areniscas y lutitas.	Subvolcanico de textura porfiritica coherente, de composicion andesitica - dacitica.		
			MESOZOICO	Cretaceo superior	Formacion Arcurquina	Kis-ar	+800	En la parte superior una secuencia de estratos de calizas milimetricas, en la parte media secuencia de calizas milimetricas intercaladas con niveles peliticos y estratos de calizas micriticas centrimetricas y en la parte inferior calizas micriticas masivas.	
					Formacion Murco		+350	Hacia la base intercalaciones de arenas pardo rojizas con limoarenas y lutitas, en la parte media estratos milimetricos de areniscas cuarzosas. En la parte superior intercalaciones de areniscas, limoarcillas y limoareniscas rojizas.	
		Jurasico superior	Grupo Yura	Formacion Hualhuani		+700	Areniscas cuarzosas blancas en estratos metricos de grano medio.		
Formacion Gramadal	Js-gr			+400	Lutitas, areniscas gris oscuras. Al medio calizas hasta de 7 mts. de potencia, al tope lutitas areniscas y niveles carbonosos restringidos.				
Formacion Labra	Js-la			+800	Areniscas cuarzo feldespaticas en estratos milimetricos a centimetricos de color gris, intercaladas con areniscas cuarzosas blanquesinas con arenas lutaceas y un nivel delgado de caliza.				
Formacion Cachios	Im-ca			+700	Intercalacion de lutitas carbonosas con areniscas claras de grano fino.				

FUENTE : Ingemmet

Tabla N° 06: Columna estratigráfica regional

6.1 ROCAS SEDIMENTARIAS

6.1.1 Grupo Yura (JsKi-Yu)

Este grupo, constituido por más de 2200 mts de espesor, de rocas sedimentarias marinas del Jurásico superior – Cretáceo inferior, se tienen reconocidos 5 miembros: Puente, Cachios, Labra, Gramadal y Hualhuani. En el área de estudio se encuentra aflorantes las formaciones Cachíos, Labra, Gramadal y Hualhuani, estas al norte y noreste del proyecto

6.1.1.1 Formación Cachíos:

Anteriormente tomaba el nombre de formación Piste, Litológicamente esta formación consiste en un 70% de lutitas negras y material carbonoso. Areniscas lutáceas de grano fino, de color negro a gris oscuro y de estratificación delgada. El contacto superior de esta formación es concordante con la formación Labra.

En el proyecto se tiene afloramientos en el Cerro Oscollo a 21 Km al Norte del proyecto Utunsa, se tiene afloramientos en la quebrada del río Colchaca al este del pueblo de Haqira, está ubicada a 30 Km al Norte del Proyecto Utunsa.

Edad y Correlación: Se determinó por estudios efectuados en la fauna fosilífera recolectada, estas se hallan muy deformadas y mal conservadas, lo cual no ofrece garantía para su datación, lo cual se le asigna al Jurásico superior, es decir Kimeridgiano. (Ingemmet 1981).

Esta formación se correlaciona con la formación lagunillas que aflora entre Arequipa y Juliaca, con la formación Ataspaca descrita en los cuadrángulos de Pachia y Palca en el sur del Perú.

6.1.1.2 Formación Labra:

Anteriormente llamada con el nombre de Chuquibambilla ya que se encontraba afloramientos alrededores del pueblo de Chuquibambilla. Está constituida por un 60% a 70% de areniscas y el resto por lutitas y calizas.

La litología de esta formación se caracteriza, por la predominancia de areniscas de grano fino a grueso, de color generalmente gris oscuro con algunos niveles que varían de gris claro a rojizo, principalmente en la parte superior. Dentro de esta formación se han encontrado capas calcáreas que se intercalan con las areniscas, fundamentalmente en la parte superior y consiste en calizas negras y gris claras, a veces bastante arenosas; Todo este conjunto litológico se halla bastante plegado (Ingemmet 1981).

Esta formación está asignada al miembro medio del Grupo Yura, con espesores estimadas de 800 metros, estas por la localidad de Chuquibambilla – Antabamba – Apurímac (Ingemmet 1995).

En el área de estudio se encuentra afloramientos al norte del proyecto Utunsa en los cerros Piruro y Pallapaja y al Sureste y Noreste del pueblo de Haqaira en los cerros Puñajaja y Antapata.

Edad y Correlación: Generalmente, en la parte superior de la Formación Labra (Chuquibambilla) se encuentra abundantes restos de plantas mal conservadas que carecen de valor paleontológico. En algunos lugares, estos fósiles están reemplazados por pirita. Los restos paleofaunísticos se distribuyen mayormente en la parte media de la secuencia, siendo los más característicos amonites y pelesípodos, cuyas dimensiones van de 1 cm. a 25 cm. De diámetro; pero estos fósiles no son guías en

esta zona ya que su rango va desde el jurásico superior al Cretáceo inferior. En consecuencia, no es posible precisar su edad, sin embargo, por sus características litológicas estratigráfica se correlacionó con la formación Labra aflorantes alrededores del de pueblo de Yura por lo que se asigna a la serie sedimentaria del Titoniano.

6.1.1.3 Formación Gramadal:

Esta unidad suprayace a la formación Labra e infrayace a la formación Hualhuani, en la región se encuentra con muy pocos espesores y poco aflorantes, está constituida principalmente por intercalaciones de Calizas gris oscuras de grano fino, en el área de estudio se encuentra aflorantes también al norte del proyecto Minas Pata, en las quebradas Chaupi, Escollo, Culluchaca al Suroeste a 10 Km del pueblo de Haqira, también se encuentra aflorante en los flancos del cerro Aychacata y Minamaque también al Suroeste a 4 Km del pueblo de Haqira.

Edad y Correlación: No se tienen muchos estudios de esta unidad en esta área, por las características estratigráficas y litológicas se le asignó como la formación Gramadal aflorantes alrededores del pueblo de Yura con potencias estimadas de 95 mts. Pertenecientes a la serie sedimentaria del Berriasiano (Ingemmet 1995).

6.1.1.4 Formación Hualhuani:

Anteriormente llamada como la formación Soraya, consiste principalmente en areniscas cuarzosas y cuarcitas.

Litológicamente, la Formación Soraya, está constituida por una secuencia monótona de cuarcitas y areniscas cuarzosas de grano fino a medio; aunque existen con

granos gruesos de cuarzo. El color varía de gris blanquecino en la base a rojo blanquecino en el tope, presenta buena estratificación, en bancos medianos a gruesos (desde 0.30 m. a más de 5 m.), bien compactos y macizos que forman notables aristas topográficas que resaltan a gran distancia. Entre las capas de areniscas cuarzosas se intercalan escasos niveles delgados de lutitas negras y areniscas grises, principalmente en la parte inferior de la formación. Las lutitas se presentan en capas delgadas formando paquetes de 10 cm. De grosor, las que por acción del intemperismo, adquieren una coloración gris negro a blanquecina (Ingemmet 1981).

En la región se tiene afloramientos bien pronunciados y de áreas extensas, se tienen afloramientos al norte del proyecto Minas Pata principalmente entre el pueblo de Quiñota y la localidad de Huancasca en los cerros Limac, Huacraloma, Pucajaja y otros.

Edad y Correlación: En la región no se tienen estudios por lo que no se cuenta con dataciones paleontológicas, debido a que los restos de vegetales hallados en esta formación carecen de valor cronológico, la edad de la Formación Hualhuani (Soraya) no se puede precisar(Ingemmet 1981); en la región Arequipa se tienen varios estudios en la que se le asignó a la secuencia estratigráfica del Neocomiano inferior , Cretáceo inferior (Vargas L. 1970), así mismo se le correlaciona con la formación Chimú del norte de Perú.

6.1.2 FORMACIÓN MURCO (KI-MA)

Anteriormente llamada formación Mara (por W. Jenks en 1951), al referirse a unos afloramientos rojizos que se encuentran en los alrededores del pueblo de Mara. La formación Murco consiste de

capas de areniscas lutáceas y lutitas de color rojo; por su amplia extensión constituye un buen nivel guía para la interpretación estratigráfica y estructural. Litológicamente en la Formación Murco se puede distinguir tres miembros. El inferior se caracteriza por la predominancia de areniscas, el intermedio es lutáceo con algunas intercalaciones de areniscas y conglomerados con clastos de cuarcita y el superior está constituido por areniscas, lutitas abigarradas y algunos lugares con caliza amarillentas. El color predominante de esta formación es rojo a marrón rojizo.

Se tienen afloramientos en buena parte de la región con pocas extensiones, afloran a norte del proyecto Minas Pata alrededores del pueblo de Quiñota, al Oeste del pueblo de Llusco en las quebradas Humachuro y Hualaruchi.

Edad y Correlación: A pesar del interés puesto en la búsqueda de macro y microfósiles que permitirán determinar la edad de esta formación, no fue posible hallarlos. Por lo tanto, la edad de esta formación se infiere teniendo en cuenta sus relaciones estratigráficas, principalmente con la Formación Arcurquina (Ferrobamba) de edad albiano – cenomaniano, y además sobreyaciendo a la formación Hualhuani de edad neoconiano inferior; se le asigna a esta formación Aptiana. Se le correlaciona la formación Huancane de la cuenca del Titicaca y con la formación Farrat del grupo Goyllarisquizga del Norte del Perú.

6.1.3 Formación Arcurquina (Kis-Fe):

Llamada También Ferrobamba, (J. Jenks en 1951), describe con este nombre a una secuencia potente de calizas que aflora en el área del proyecto minero Ferrobamba; Litológicamente la formación Arcurquina es una secuencia de calizas negras a gris oscuras.

Las calizas son masivas, bastante compactas, estratificadas en bancos de 0.30m a 2m., en el tope generalmente se observan calizas arenosas, de color gris claro con tintes rojizos y en la base niveles de lutitas carbonosas. Así mismo contiene nódulos de chert de forma alargada de más de 15cm de longitud. El mayor grosor de esta formación es de 800m, calculado en el camino que va del pueblo de Cocha a Mara, cruzando de Sur a Norte.

La formación Ferrobamba yace concordante sobre la formación Mara; sin embargo; en ciertos lugares descansa directamente sobre el Grupo Yura en aparente concordancia paralela y a los conglomerados del grupo Puno (mas regional) con discordancia angular.

Gran parte de la formación Arcurquina ha sido intruída por cuerpos ígneos de diferente naturaleza, los cuales han metamorfozido y recristalizado las calizas, originando en el contacto, mármoles y granates que tienen relación con las zonas mineralizadas de cobre, plata, plomo, zinc, hierro y otros.

En la región se tiene afloramientos de grandes extensiones cercanos al proyecto Minas Pata alrededores de las comunidades de Quinsania, Acoito en los cerros Chocñapata, Machara, y otros.

Edad y Correlación: Se han recolectando gran cantidad de fósiles de las calizas Arcurquina (Ferrobamba), habiendo identificado una serie de moluscos, equinodermos y cefalópodos tales como exogirasquamata. Eolisiponenses Sharpe Arnaudaster, Colaombinaus, Inoceanus, Tenilla, que marcan con precisión el albiano-cenomaniano.

Se correlaciona con la caliza Ayabaca del grupo Moho del área del lago Titicaca; así como también con las formaciones Inca, Chulec, y Pariatambo; con la parte inferior de la formación Jumasha del Norte y Centro del Perú.

6.2 ROCAS VOLCÁNICAS

6.2.1 EL GRUPO TACAZA (PgN-Tac):

Originalmente N. Newell (1949) le asignó el nombre de volcánico Tacaza a una serie de rocas volcánicas que aflora en la mina Tacaza entre Juliaca y Arequipa, departamento de Puno. Posteriormente R. Maroco y M. Del Pino (1966) lo elevaron a la categoría de grupo.

La litología que presenta en la base consiste de conglomerados gruesos, con elementos semi-angulosos de cuarcitas y calizas, con un diámetro de 2 a 3 m. Encima yace una secuencia de 15 a 25 m. compuestas por areniscas de grano medio a grano fino de color gris verde rojizo que se intercalan con capas de brechas, con clastos de cuarcitas y areniscas, algunas calizas de 2 a 5 cm. de diámetro y matriz areno tobacea. Hacia arriba presenta 500 m. de capas de conglomerado con elementos redondeados de cuarcitas y areniscas, siendo la matriz bastante tobácea.

En toda la secuencia se intercalan capas de derrames andesíticos y brechas tobáceas. Sobre esta serie descansa una potente secuencia Volcánica, de derrames lávicos en bancos de 0.5 a 3.0 m., brechas y aglomerados tobáceos, tobas retrabajadas de naturaleza andesítica, dacítica y riolítica, cuya extensión lateral es de forma lenticular. La coloración varía de gris verdosa a rojiza. Las brechas tobáceas y tobas son generalmente de colores claros. El grupo Tacaza yace en discordancia angular sobre rocas de la formación Arcurquina y está cubierto de tobas del volcánico Alfabamba y el grupo Barroso. El grosor estimado para este grupo es de 700 a 800 m. Se encuentra aflorando alrededores del proyecto Minas Pata

Edad y Correlación: La falta de evidencias paleontológicas en las rocas sedimentarias de este grupo no permite asignarlas una edad precisa. Sin embargo, por descansar sobre la formación Arcurquina

y más regional sobre el grupo Puno e infrayace a la formación Alpbamba de Mioceno, se le asigna una edad Oligo-Mioceno.

Por otra parte, una muestra de lava andesítica tomada en el cerro Ampatayo (14 Km., al Oeste de Antabamba) arrojó una edad de 27.16 +/-2.76 MA. Por el método K/Ar, perteneciente al Oligoceno, según comunicación escrita de los doctores A. C. Rocha y G. Amaral de Brasil.

6.2.2 GRUPO BARROSO (Nq-Ba)

Nombre designado por S. MENDIVIL (1965) a un conjunto de rocas volcánicas, formado principalmente por piroclásticos de naturaleza andesítica a dacítica, En el área de estudio está dividido en dos unidades el inferior por el volcánico Malmaya y el superior por el volcánico Vilcarani.

6.2.2.1 Volcánico Malmaya:

Litológicamente está constituida por derrames andesíticos, dacíticos y riodacíticos, son de origen fisural y se presentan en capas horizontales de 1 mts a 5 mts de espesor, bien estratificados. Son de coloración gris verdosa y superficies intemperizadas toman un color claro a rojizo o gris morado.

En el tercio superior de esta unidad se intercalan bancos de brechas y conglomerados tobáceos y con compactación bastante variable, el grosor de los tobas y brechas no es constante, van desde 20 cm a 30 cm y en otros casos desde 5 mts a 8 mts., la coloración de estos piroclastos es variable de tonos claros (blanco, blanco amarillentos, rosados y gris verdoso). Se tiene un espesor estimado de 1000 mts.

6.2.2.2 Volcánico Vilcarani:

Su nombre proviene de las pampas de Vilcarani, ubicadas a 41 km., al Oeste del pueblo de Santo Tomás. Está constituida por una secuencia de piroclastos representada por tobas, brechas, aglomerados, cenizas, etc. De composición andesítica, dacítica y riodacítica, con coloraciones de matices del blanco al rojo.

Su soldamiento es variable, siendo unos muy compactos y otros blandos a deleznales fácilmente erosionables, presentando figuras ruiformes.

Los elementos de las brechas son generalmente rocas volcánicas angulares y de diámetro muy variable desde algunos centímetros a más de 30 cm. En lámina delgada los tobas presentan matriz vítrea y fenocristales de cuarzo y plagioclasas corroídas.

Los espesores de esta unidad se estiman en más de 600 mts., en los cerros Chicurimiyoc, Campanillayoc, Condorhuachana y en ambos márgenes de la quebrada Sallisto al Oeste del pueblo de Santo Tomás. Otros potentes afloramientos se ven en las partes altas de ambos márgenes del río Turpay hacia el sur.

La parte superior de esta formación es casi exclusivamente piroclástica, aunque en ciertos lugares, como en el cerro Ultiaciano y Quello-Quello (al Oeste de Santo Tomás) se observa derrames lávicos en el tope.

Este grupo se halla cubierto por depósitos morrénicos y fluvio-glaciares, productos volcánicos más recientes y sedimentos del cuaternario reciente.

Edad y Correlación: La edad de estos volcánicos es inferida en base a su posición estratigráfica regional, estaría comprendida desde fines del Mioceno hasta el pleistoceno.

El grupo Barroso de esta región puede ser equivalente a afloramientos similares que se exponen en gran parte de la región del sur del Perú, constituyendo los conos volcánicos de la cordillera Occidental.

6.3 ROCAS INTRUSIVAS.

Las rocas plutónicas de esta región constituyen el batolito de Apurímac y están representados por grandes cuerpos de diorita, tonalita y granodiorita, que a su vez han sido intruídas por rocas hipabisales de composición andesítica y monzonítica, las que está mayormente asociadas a la mineralización.

6.3.1 Rocas Subvolcánicas:

Estas rocas están representadas principalmente por andesitas y dacitas, se tienen una orientación preferentemente Norte – Sur donde están emplazadas los eventos subvolcánicos controlados por fallas de orientación Noroeste y Este - Oeste, se tienen eventos subvolcánicos de composición andesítica a dacíticaporfíricas, estas están emplazadas en rocas del tacaza generando halos de metamorfismo y cloritización.

6.3.2 Diorita:

Se encuentran aflorantes al Este y Noreste del cuadrángulo de Santo Tomás, afloran en la margen derecha del río Santo Tomas. Se encuentran intruyendo a la formación Arcurquina (Ferrobanba), otros afloramientos menores se encuentran rompiendo a una serie de estructuras de rocas sedimentarias, especialmente a lo largo del anticlinal del Mara.

Los minerales esenciales son plagioclasa, en un porcentaje que va desde 70% a 80%, dentro de los minerales accesorios se tiene la horblenda, biotita (muy común), entre otros minerales secundarios

se tiene a la esfena, apatito, circón y minerales opacos en porcentajes muy bajos se observan calcita, epidota, actinolita, clorita, Uralita y hematina.

6.3.3 Tonalita:

Los cuerpos de tonalita están intruídas por numerosos diques de diversas composiciones, de distintos espesores desde los 5 cm hasta más de 50 cm.; y longitudes de varios kilómetros, estos diques de granitos (aplíticospegmatíticos), microgramitos; cuyos minerales esenciales son la ortosa y cuarzo, minerales secundarios son biotita, plagioclasa y magnetita y minerales por alteración: clorita y epidota.

Las características petrográficas (trabajos realizados por Ingemmet) son similares en las distintas áreas aflorantes, esencialmente leucocráticas, de grano medio, como minerales esenciales se tienen plagioclasas (20 – 30%) y granos de cuarzo (5 – 10%). Plagioclasas con cristales euhedrales y maclados.

El cuarzo está constituido por fenocristales, en algunos casos bien conformados y otros rellenando los intersticios intergranulares de los componentes y puede presentarse bastante fragmentado y deformado por efecto de presión. Como minerales accesorios se tiene a la biotita y horblenda y otros como esfena y circón.

6.3.4 Granodiorita:

Los afloramientos de granodiorita se encuentran aflorando en la región Norte del cuadrángulo de Santo Tomas.

Microscópicamente, la granodiorita presenta casi las mismas características que las tonalitas, mineralógicamente son casi uniformes. Son faneríticas de grano medio a grueso, varían de leucocráticas a mesócratas, predominan las de color gris.

Se tienen plagioclasas de un mínimo de 54 % hasta un máximo de 70 %, el cuarzo varía de 15 % a 30 % y ortosa 13 % y 8 %.

6.4 DEPÓSITOS RECIENTES

Estos depósitos están representados por glaciares (morrenas), fluvioglaciares y Aluviales.

6.4.1 Depósitos Glaciares y Fluvioglaciares (Q-fg)

Se han diferenciado dos etapas de acumulación morrénica como productos de la actividad glacial cuaternaria. Las más antiguas se hallan bastante erosionadas apenas reconocibles, constituidas por bloques y gravas angulosas de diferentes tipos de rocas (principalmente rocas volcánicas del Tacaza), englobados en una matriz de arena en parte tobácea.

Los depósitos morrénicos más recientes se encuentran bien expuestos en cotas de aproximadamente 4200 hasta 5000 m. s. n. m.

Las morrenas están bien preservados y poco afectados por agentes erosivos y se encuentran circunscritas especialmente a las partes altas de los grandes valles. La cresta de estas morrenas está a más de 100 mts., sobre el piso y con una longitud que pasa los 2000 mts. Estas morrenas están constituidas en un mayor porcentaje por cantos angulosos y semiangulosos en menor proporción, por bloques de más de 1.50 mts. De diámetro de rocas que provienen del volcánico Barroso; la matriz está formada de arenas y arenas tobacea.

Los depósitos fluvioglaciares se emplazaron en antiguos valles y quebradas de origen glacial, así como en extensas llanuras o pampas que se encuentran sobre los 4000 m. s. n. m., y están constituidas por acumulaciones clásticas heterogéneas con un grosor promedio de 30 mts.

La edad de estos depósitos es de pleistoceno reciente de acuerdo a la evidencia geomorfológica.

6.4.2 Depósitos Aluviales (Q-al):

El material Aluvial se halla en los causes recientes y en las laderas de los valles y quebradas, formando respectivamente terrazas y conos aluviales. Algunas terrazas se hallan hasta 150 mts. Sobre el nivel de los causes de los ríos actuales, como consecuencia del levantamiento actual de los andes y el subsiguiente rejuvenecimiento de los ríos que han labrado profundamente valles en V.

Los depósitos aluviales están constituidos mayormente por gravas cantos y otros elementos redondeados y angulosos, dentro de una matriz arenosa-arcillosa, presenta una grosera estratificación, que se acuña entre capas de arena y arcilla.

Los conos aluviales están adosados a las laderas bajas de los cerros y en los flancos de los valles. Las gravas que forman estos depósitos se han acumulado mayormente efectos de la gravedad y evidencian poco transporte.

6.5 MARCO TECTÓNICO REGIONAL

Por la publicación de la Sociedad Geológica del Perú, Las Fases Tectónicas Jóvenes De Los Andes Centrales Del Perú (J.P. Soulas 1975), en las que determinan en algunos sectores las características (estilos, dirección de los acortamientos y la edad cuando es posible) de las fases tectónicas superpuestas, estudio que fue realizada en la cordillera Occidental, en un segmento de cadena de alrededor de 500 Km. de largo. Muchas de estas fases han sido identificadas por Audebaud y Debelmas (1971), Marocco (1971) y Megard (1973).

En el Sur Central y Sur del Perú, también han sido afectadas por las mismas fases tectónicas de la publicación antes mencionada (Ingemmet

1995). (Véase *Tabla N° 07*) Regionalmente el proyecto Utunsa comprendido entre los sectores antes mencionados, por lo que está también ha sido afectado por las mismas fases tectónicas y se detallan a continuación.

6.5.1 Fase Tardihercínica: No se distingue esta fase, se dio a finales del Paleozoico en el Pérmico, en esta fase se da, del Sur al Centro del Perú, es de carácter compresiva afectando a las rocas Permo-Carboníferas (Grupos Ambo y Copacabana). Esta fase da lugar a fallas NO-SE, Durante esta fase se inició el desarrollo las deflexiones de Huancabamba y Abancay (Marocco, 1978).

6.5.2 Fase Finihercínica: En esta fase se produjo por la reactivación de la fase tardihercínica, se da en el Triásico, manifestada del Sur al Centro del Perú, principalmente en el Centro, es de carácter compresiva, durante esta fase se produjo fallamiento longitudinal NNO-SSE y cortadas por fallas NEE-SOO.

6.5.3 Fase Nevadiana: Precursora de la fase tectónica peruana, se da en el Calviano-Oxfordiano (Jurásico Superior), En esta fase se da levantamiento de bloques principalmente en el Centro del Perú, En el Sur continua la subsidencia depositándose las secuencias sedimentarias.

6.5.4 Fase Peruana: Esta fase se da a mediados del Cretáceo medio en el Santoniano, en el Norte y Centro del Perú continua la acumulación de secuencias calcáreas, en esta fase se retiraron los mares de los andes producto por los plegamientos de esta fase peruana (Steinmann).

En esta fase tectónica se tuvo emplazamiento de grandes pulsos intrusivos en el corredor del Batolito de la Costa, al mismo tiempo una actividad erosiva dando lugar a depósitos molásicos Fm Huancané (Capas rojas).

El arco del geoanticlinal Marañón –Mantaro-Vilcanota, fue ligeramente levantado por la fase peruana, En esta fase da

existencia de una faja de actividad volcánica del Sur del Perú y Bolivia.

6.5.5 Fase Inca: En el Eoceno superior al Eoceno inferior según los autores Noble et al (1972, 1973, 1974), Mc Kee et al (1975) y Eyzaguirre et al (1975), se produce fuerte deformación compresional, presentándose plegamiento y fallamiento inverso (en el Norte del Perú), mientras que en Sur la deformación fue menos intensa, y las rocas de la formación Huanca y Grupo Puno moderadamente deformadas.

Esta fase es la más importante ya que fue constante y abarcando una mayor región, fue de carácter compresivo en donde se dieron fallamientos, plutonismo y volcanismo, en esta fase se dio el emplazamiento del batolito de la costa.

6.5.6 Fase Quechua I: Esta fase inicia a finales del Eoceno hasta el Mioceno, es de carácter compresivo con esfuerzos menores a la de la fase Inca, generándose fallamiento, levantamiento y erosión y vulcanismo (intenso volcanismo donde rellenaron valles y superficies pre-establecidas).

Es en esta fase donde se da el emplazamiento de los domos volcánicos en la deflexión de Abancay siendo estas de carácter dacítico-riolítico.

6.5.7 Fase Quechua II: En esta fase se emplazan rocas volcánicas del Mioceno superior, estas cubren por ignimbritas, al sur del proyecto por los volcánicos Alpabamba del Mioceno, al Oeste por los volcánicos Malmaya del Plioceno temprano (INGEMMET, 1981).

6.5.8 Fase quechua III: Es esta fase se dio el levantamiento de los andes, fue de carácter compresional, durante esta fase se profundizaron los valles siguiendo lineamientos estructurales, fallas de rumbo NO-SE y fallas de rumbo NE-SW. A los alrededores del proyecto se emplaza el volcánico Vilcarani del grupo Barroso

En el Pleistoceno y producto del levantamiento de los andes, la glaciación afectó la mayor extensión de las regiones altas de las cordilleras Occidental y Oriental, en esta fase donde se observa los valles glaciares a través de las morrenas.

ERA	PERIODO	CICLO	FASE
CENOZOICA	Cuaternario	Andino	Fase Quechua III: Levantamiento, fallamiento y vulcanismo
	Neógeno		Fase Quechua II: Levantamiento, fallamiento y vulcanismo (Batolito de la costa)
	Paleógeno		Fase Quechua I: Fallamiento, levantamiento, erosión y vulcanismo
			Fase Inca: Plegamiento, fallamiento, plutonismo y vulcanismo (Batolito de la costa)
MESOZOICO	Cretáceo		Fase Peruana: Plegamiento y fallamiento
			Fase Inter Albina: Deformación movimiento nevadino (epirogénico), levantamiento de bloques
	Jurásico		Fase Finihercínica: Deformación localizada, Movimiento epirogénico comprensivo
	Triásico		
PALEOZOICO	Hercínico	Fase Tardihercínica: Plegamiento y levantamiento	

Fuente: SGP – INGEMMET

Tabla N° 7- Columna tectónica regional.

6.6 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

6.6.1 Rasgos Estructurales Regionales

Las estructuras más prominentes siguen el sistema W-NW-WSE como manifestaciones de las estructuras regionales en las imágenes Landsat y fotografías aéreas. Los sistemas NE y NS también son evidentes.

De los diversos juegos de fracturas se tiene 4 sistemas con características y orientaciones definidas.

Sistema 1.- Fallas dextrales N65°E y buzamiento subvertical. Es el sistema principal por su carácter regional (Falla Yahuarmayo), producido por esfuerzos comprensivos.

Sistema 2.- Fallas de separación de rumbo N40 – 50 W y buzamientos subverticales, relacionado a la predominancia de rellenos fisurales evidenciados en los bordes de alteración y dentro de los centros de alteración.

Sistema 3.- Falla dextral del rumbo N45E verticales (Falla Huisamarca, Angascocha) relacionado a la formación de grietas tensionales del sistema 2.

Sistema 4.- Falla de buzamiento gravitacional por relajación de esfuerzos del sistema E-W (falla Apacheta – Chihuanima).

CAPITULO VII

GEOLOGÍA LOCAL

La litología del Proyecto Utunsa corresponde a un ambiente volcánico, consiste en andesita porfirítica cortada por brechas hidrotermales (brechas freáticas, brecha crackel) y brechas piroclásticas en la zona central –sur del área. Las brechas freáticas son monomicticas-polimicticas, con fragmentos sub-angulosos, dentro de una matriz de polvo de roca.

La alteración de Utunsa es típica de un ambiente volcánico asociado con depósitos de alta sulfuración: La alteración sílice-porosa (vuggy sílice) está desarrollada en la zona central sureste de Utunsa producto de la lixiviación de los cristales de la andesita porfirítica, estas cavidades están rellenas por limonitas. La alteración sílice masiva se encuentra desarrollada en los bordes de la diatrema, está asociada con la mineralización en el depósito. La alteración argílica avanzada se encuentra desarrollada en los bordes del sistema, la Alunita se encuentra diseminada en matriz, reemplazando la matriz de brechas hidrotermales, relleno de fracturas. La alteración argílica está desarrollada en las zonas más distales de Utunsa (cotas bajas) asociado con pirita diseminada. La alteración sílice opalina está desarrollada en las partes altas del sector NE-E de Utunsa, reemplazando a la toba dacítica y andesita porfirítica. Hacia el extremo norte, la andesita porfirítica está fresca.

La mineralización de Au en Utunsa esta diseminada, asociada con óxidos de Hierro (limonita-jarosita) y la alteración sílice masiva.

7.1 LAVA ANDESÍTICA

Esta litología representa la base del proyecto Utunsa, presenta una textura porfirítica coherente de grano medio, cristalización merocristalina y forma del cristal Sub Hedral, como minerales principales se tiene Plagioclasas (10% - 15%), biotita (5% - 8%) y sin cuarzo primario, como minerales secundarios hornblenda y en cantidades menores piroxenos con una matriz de textura afanítica oscura.



Imagen 13: Muestra de mano de Andesita

7.2 DACÍTAS

Es de textura porfirítica coherente de grano medio, Cristalización merocristalina y su forma del cristal Sub Hedral, como minerales principales se tiene plagioclasas (5% - 7%) y cuarzo primario 2% - 3%, minerales secundarios se tiene biotita y hornblenda, con una matriz afanítica de color gris plomizo

Presenta dirección de flujo de orientación: Noroeste, Este - Oeste; con buzamientos 40' - 60" a subverticales al Suroeste y Norte, los buzamientos son variados lo cual es característico en domos.

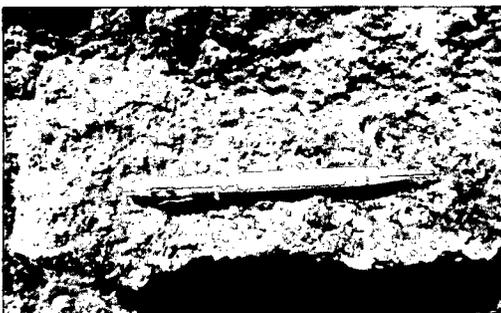


Imagen 14: Muestra de mano de Dacita

7.3 BRECHA HIDROTHERMAL

Estas brechas hidrotermales son las que traen la mineralización y alteran a las rocas volcánicas, se presenta cortando a la andecita con potencias de 30 a 200 mts; son de clasto soportado, los clastos son silicificados (sílice masiva) y matriz sílica con óxidos de hierro.

Se emplaza en una zona de debilidad (shear zone) asociadas a fallas de orientación N30°-40°W y pequeños emplazamientos en estructuras N-S y Noreste, asociadas a fallas de orientación N30°-40°W, en contacto de las brechas hidrotermales con la roca caja, presenta brechas crackel (estas brechas son de menor desplazamiento de los clastos, llamada también brecha de roca, son soportada por Fragmentos. En el proyecto Utunsa se presenta gradando de las brechas hidrotermales a la roca caja), también presentan brechas tectónicas en zonas de fallas (con clastos heterolíticos principalmente de sílice masiva y una matriz de sílice, roca molida y óxidos de hierro).



Imagen 15: Muestra de mano de Brecha Hidrotermal



Imagen 16: Muestra de mano de Brecha Hidrotermal

7.4 DEPOSITOS CUATERNARIOS - MORRENAS.

Estas acumulaciones están presentes cubriendo en las partes bajas a las rocas subvolcánicas (Dacita – Andesita), es heterogénea presentándose

clastos de Sílice masiva (menor cantidad), sílice vuggy, sílice Alunita y brechas hidrotermales con matriz arenosa, limo arenosa y limosa, los clastos son de diámetros muy variados que van desde los 3cm a 10cm, 15cm a 50cm y hasta de 3m.



Imagen 17: Vista panorámica de depósitos morrénicos

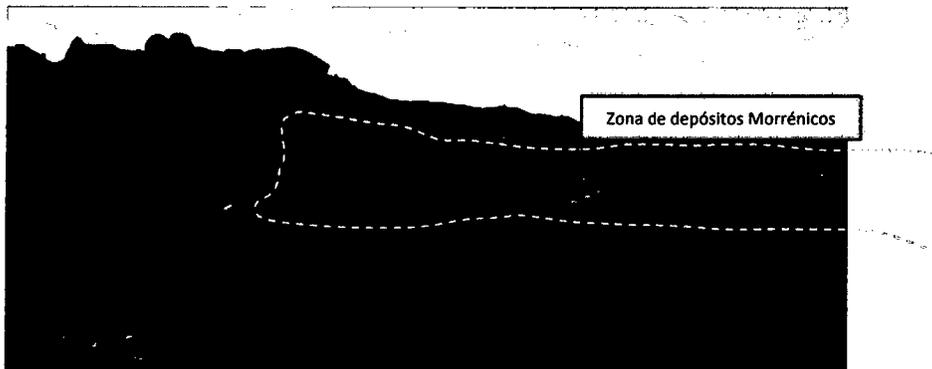


Imagen 18: Vista panorámica de depósitos morrénicos

7.5 RASGOS ESTRUCTURALES LOCALES

Existen dos sistemas principales de fallamiento, los cuales controlan los sectores de mayor alteración hidrotermal (Silicificación – argilización). Un sistema SE-NO consistente en fallas dextrales y normales con movimiento en bloques, los cuales forman en determinados lugares paredes verticales muy agrestes.

Otro sistema importante constituye las estructuras de rumbo SO-NE, consisten mayormente de fallas de rumbo. La importancia de estas estructuras radica en que sirvieron de conducto para el ascenso de soluciones hidrotermales y gases que alteraron las rocas circundantes y controlaron marcadamente la mineralización en el área.

CAPITULO VIII

GEOLOGIA ECONOMICA

8.1 MINERALIZACION

La mineralización en la zona reporta valores sobresalientes de Oro (Au), mismo que se encuentran diseminado y formando estructuras con dirección N50E y N40W.

8.1.1 OCURRENCIAS DE MINERALIZACIÓN

El tipo de ocurrencia de mineralización es diseminado de oro, en los tufos y piroclásticos andesíticos pertenecientes al Grupo Tacaza, están cortados por inyecciones de Sílice Gris y Sílice crema, asociado con valores altos de contenido de Au; Las soluciones mineralizantes ascendentes cuyo origen debe estar ligado al emplazamiento posterior de los intrusivos subvolcánicos de composición dacítica y que han craquelado la roca caja de estos (tobas andecíticas) y han aprovechado el borde de contacto, puesto que los domos han generado una buena porosidad secundaria en la roca, por donde estos fluidos se han emplazado y aprovechado para distribuirse y diseminarse.

Las fallas tensionales Nor-Este (N50°E-N40°W), también han servido de conducto ascendente de fluidos mineralizantes y se encuentran con evidente silicificación (Sílice Masiva, Sílice Granular, Sílice Vuggy) y cortada por inyecciones de Sílice Gris, sílice Crema. Estos fluidos tardíos con Sílice Gris y crema en el

sector SE, también reportan anomalías de oro y cortan a todos los demás eventos litológicos, de alteración y mineralización.

8.2 ALTERACION

Las alteraciones hidrotermales presentes en el proyecto Utunsa son de un ambiente de alta sulfuración, los distintos ensambles de minerales de alteración están en función de la temperatura y Ph, presentándose en forma de halos con respecto al foco (punto caliente), se tienen las siguientes alteraciones: Sílice Masiva (SM), Sílice Granular (SG), Sílice Vuggy (SV), Sílice Alunita (SA), Sílice Calcedónica (SCh), Sílice Arcillas (SC), Arcillas (C), Sílice Opalina (SOp) y Propilítico (P)

8.2.1 Sílice Masiva

Se presenta asociada a las brechas hidrotermales, es de un estilo perbásico de textura obliterada (no preserva la textura original de la roca), en halos restringidos de espesores reducidos, también en los clastos de las brechas hidrotermales. Presenta óxidos de hierro principalmente hematita y gohetita en fracturas.



Imagen 19: Muestra de mano con alteración Sílice Masiva

8.2.2 Sílice Granular.

La sílice granular es la que predomina en este proyecto, Las texturas originales en este tipo de alteración es difícil de reconocer, quedando testigo solamente los líticos de lo que alguna vez fueron unidades piroclásticas frescas y Andesitas. Es

por lo general deleznable con presencia de óxido con arcillas. Se encuentra expuesta al sur del proyecto. Consiste de cuarzo remanente friable, poco compacta y de textura sacaroidea, producido por fluidos ácidos, La lixiviación ácida ocurre cuando volátiles ascendentes tales como SO_2 al encontrar agua meteórica, reaccionan formando H_2SO_4 y H_2S . La lixiviación del ácido sulfúrico sobre la roca caja resulta en la formación de sílice granular, por encima de la napa freática, donde las soluciones tienen $\text{pH} < 2$ y baja temperatura (R. Sillitoe, 1996). A veces sobre la sílice granular se produce una sobre imposición de alteración sílice (textura sílice masiva granular), ya que al formarse un horizonte de sílice granular esta se convierte en buen reservorio de agua. Cuando existe una zona muy caliente, soluciones ricas en sílice y/u oro, P, T, pH es forzada a que la sílice u oro se redeposite dentro de la sílice granular permeable. Dependiendo de cuanta sílice es disuelto dentro de la solución hidrotermal, la sílice granular se convierte en más masiva o parcialmente masiva (T. Klein, 2000), conservando en muchos casos cierta textura granulosa.

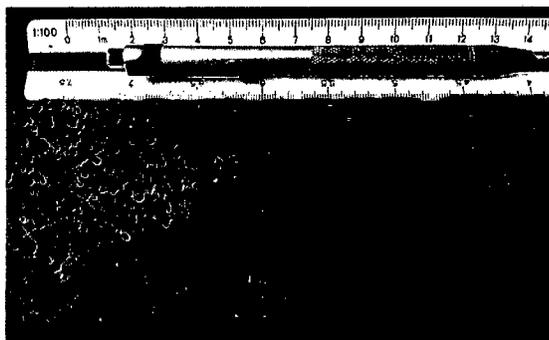


Imagen 20: Muestra de mano con alteración Sílice Granular

8.2.3 Sílice Vuggy

Presenta gradando a la sílice masiva, con una textura oquerosa (porosa), presenta óxidos de hierro principalmente hematita y gohetita y sulfatos como la jarosita en las oquedades y en las fracturas. Presenta en forma de cono inverso, asociadas a las

estructuras con brechas hidrotermales de dimensiones muy variables.

La fuerte lixiviación afectó directamente a las plagioclasas (Foto 9.2), presentando una textura porosa, en partes conserva aún las formas de las plagioclasas, en partes se observa formas convexas, ovaladas y sin forma la cual explica que hubo mayor lixiviación y menor reemplazamiento de sílice.



Imagen 21: Muestra de mano con alteración Sílice Vuggy

8.2.4 Sílice Alunita

Esta alteración se encuentra gradando a la sílice vuggy, dentro de sus ensambles mineralógicos se tiene a la sílice y a la Alunita, es de una textura perbásico selectiva ya que conserva la textura de la roca, la Alunita se encuentra reemplazando a las plagioclasas presentando una textura porfiroblástica.

Presenta en forma alargadas también asociadas a las estructuras donde se emplazaron las brechas hidrotermales, presenta dimensiones muy variables que van 10 - 30 mts (las dimensiones son variables debido a que el protolito original es un domo andecítico coherente porfirítico, lo que no permite fluir con mayor facilidad dejar a los fluidos hidrotermales), óxidos de hierro en fracturas principalmente hematita y en menor cantidad gohetita.

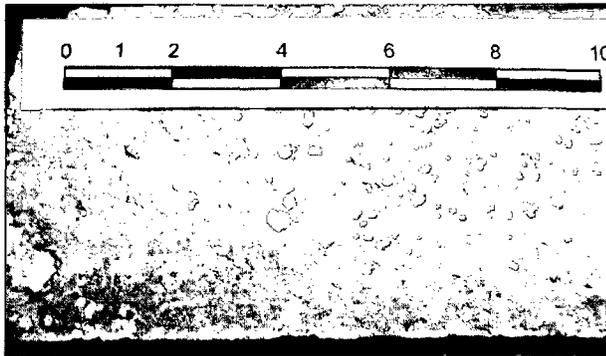


Imagen 22: Muestra de mano con alteración Sílice Alunita

8.2.5 Sílice Calcedónica

Teóricamente esta sílice es una transición entre sílice opalina y sílice masiva, en el proyecto Utunsa presenta con una coloración gris blanquecina a amarillenta, no preserva la textura de la roca original es de un estilo perbásico de textura obliterada.

En el Proyecto Utunsa presenta alejada del sistema, emplazada en el tren principal estructural de mineralización, de dimensiones que van desde 10 - 50 mts hasta 200 - 300 mts, trazas de óxidos de hierro (hematita) en fracturas.



Imagen 23: Muestra de mano con alteración Sílice Calcedónica

8.2.6 Sílice arcillas

Se encuentra gradando a la sílice Alunita (SA), dentro de sus ensambles mineralógicos se tiene a la sílice y arcillas principalmente a la dickita (estudios de pima) y poca illita con

pirita diseminada, conserva la textura original de la roca caja siendo de una textura porfiroblástica, las plagioclasas están alteradas a arcillas conservando su forma original

En el proyecto Utunsa en este tipo de alteración asociada a pequeñas estructuras aflorantes al Sureste del cerro Utunsa, presenta óxidos de hierro principalmente hematita en fracturas.

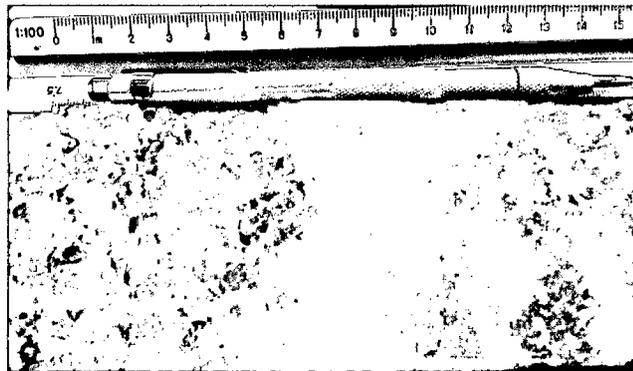


Imagen 24: Muestra de mano con alteración Sílice arcillas

8.2.7 Arcillas

Esta alteración se encuentra gradando a la sílice arcillas, está más alejada del foco (punto caliente), dentro de sus minerales se tiene a la dickita y en menor cantidad a la illita con pirita diseminada, de una textura porfiroblástica deleznable.

En el proyecto presenta mayormente cubierto por material orgánico, también está asociada a las estructuras de brechas hidrotermales (más distantes a esta), normalmente sin óxidos de hierro.



Imagen 25: Muestra de mano conteniendo arcillas

8.2.8 Sílice opalina

Esta alteración se presenta alejada del punto caliente (brecha hidrotermal), presenta sílice de baja temperatura y conserva la textura de la roca caja original, en campo presenta de colores gris oscuros.

En el proyecto no presenta formas definidas y son muy esporádicas, están alejadas del sistema.

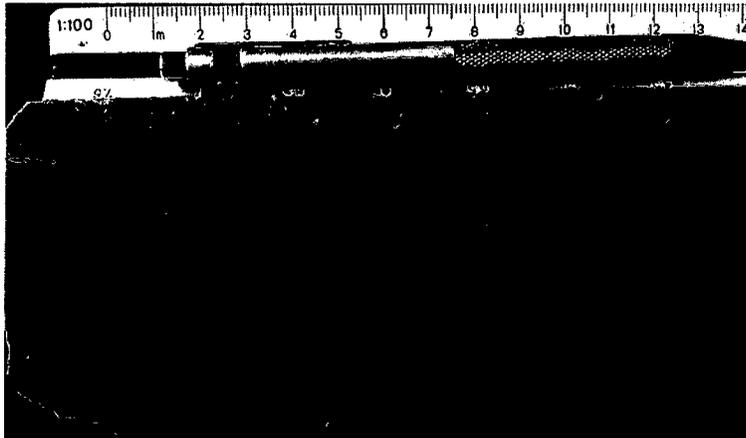


Imagen 26: Muestra de mano de alteración sílice Opalina

8.2.9 Propilítica

En esta alteración presenta minerales principalmente de clorita y poco o casi nada de epidota, se presenta alejado del sistema y de dimensiones muy pequeñas, Gradando a esta, se tiene rocas sin alteración (frescas), óxidos de hierro en fracturas.



Imagen 27: Muestra de mano de alteración propilítica

CAPITULO IX

PROSPECCION GEOQUÍMICA Y GEOFÍSICA

9.1 GEOQUÍMICA SUPERFICIAL

El muestreo aleatorio geoquímico de superficie se realiza para tener una idea inicial de posibles zonas con anomalías por el elemento buscado (Au) y su posible correlación geoquímica de los distintos elementos guías con los cuales está asociado.

El muestreo y análisis geoquímico tuvo como objetivo identificar anomalías geoquímicas y posibles controles de mineralización, asociados a los elementos principales (Ag, Au, Cu, Hg, Mo, Sb, As, Bi, Ba, Zn, Pb).; Los muestreos iniciales de superficie se efectuaron dentro de los afloramientos alterados y oxidados; Se realizaron muestreo tipo rock chips, que permitió identificar anomalías geoquímicas, simultáneamente se realizaron muestreos selectivos (para definir posibles controles de mineralización). Todas estas muestras fueron enviadas y analizadas por multielementos, en el laboratorio de ALS CHEMEX, con el fin de determinar la lito geoquímica de las muestras. Con la data obtenida se realizó el tratamiento estadístico, y ploteo en planos Geoquímicos.

Los elementos guía para la exploración de depósitos de Alta Sulfuración. (Pathfinders)

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									

Figura 11: Elementos guía para la exploración de depósitos de alta sulfuración

9.2 GEOQUÍMICA DE SUPERFICIE

9.2.1 Metodología

Se realizó un tratamiento estadístico para obtener rangos propios del área de estudio "Utunsa" considerando 11 elementos para dicho estudio: Au, Ag, As, Ba, Bi, Cu, Hg, Mo, Pb, Sb, y Zn.

Los muestreos selectivos de superficie se efectuaron dentro de los afloramientos alterados y oxidados así como también en algunos afloramientos frescos que nos permitieron ver los elementos característicos que se encuentran en dichas rocas, estos datos están sustentados por 15 muestras que se obtuvieron en los alrededores del proyecto, que a su vez sirvieron como muestras blancas (muestras con supuestos resultados conocidos, que ayudan a controlar la calidad del muestreo) para poder llevar un mejor control del reporte de leyes del laboratorio.

En el tratamiento estadístico se utilizaron 2,603 muestras sistemáticas (muestreo por canales y tipo Rock Chip) que se recolectaron con la empresa Anabi, cuya mayoría se realizó estrictamente en roca aflorante, siendo analizadas por 32 elementos, todas las muestras fueron analizadas por espectrometría de masa (ICP-MS) por el método de Plasma Acoplado Inductivamente con digestión de agua

regia a excepción del Au que fue analizado por el método de espectrometría de absorción atómica (AAS).

9.2.2 Análisis estadístico de resultados de muestras de roca

Estadísticamente la población presenta una distribución Log normal, por lo tanto los datos fueron transformados a base logarítmica para obtener valores más precisos.

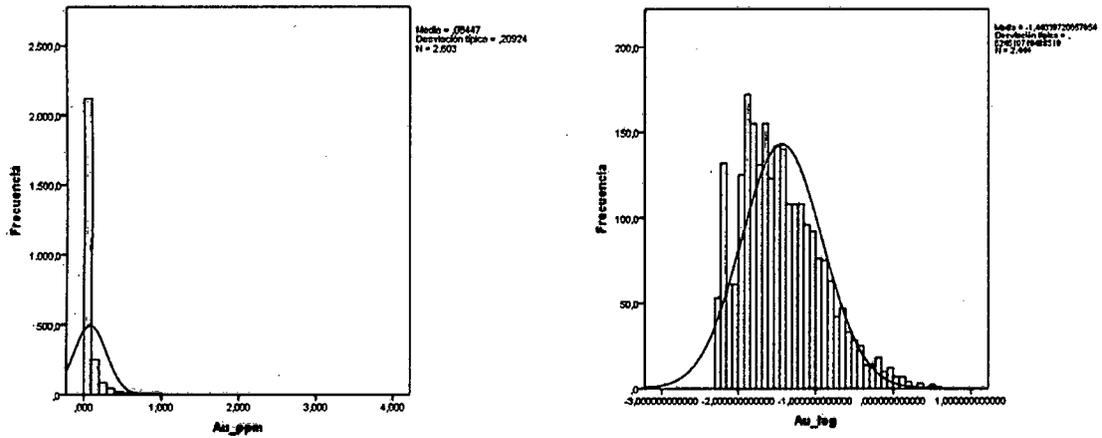


Figura No 12. Histogramas de elementos geoquímicos Normales y Log_normal de la Au.

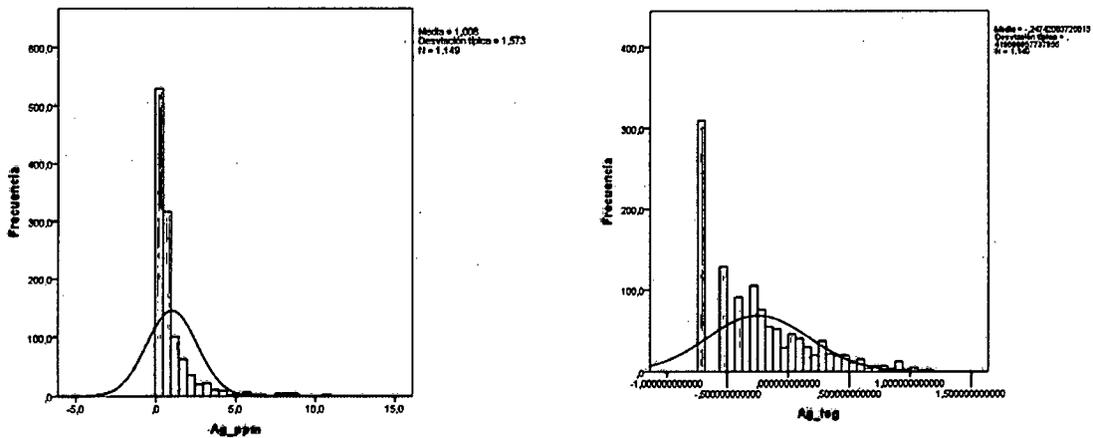


Figura No 13. Histogramas de elementos geoquímicos Normales y Log_normal de la Ag.

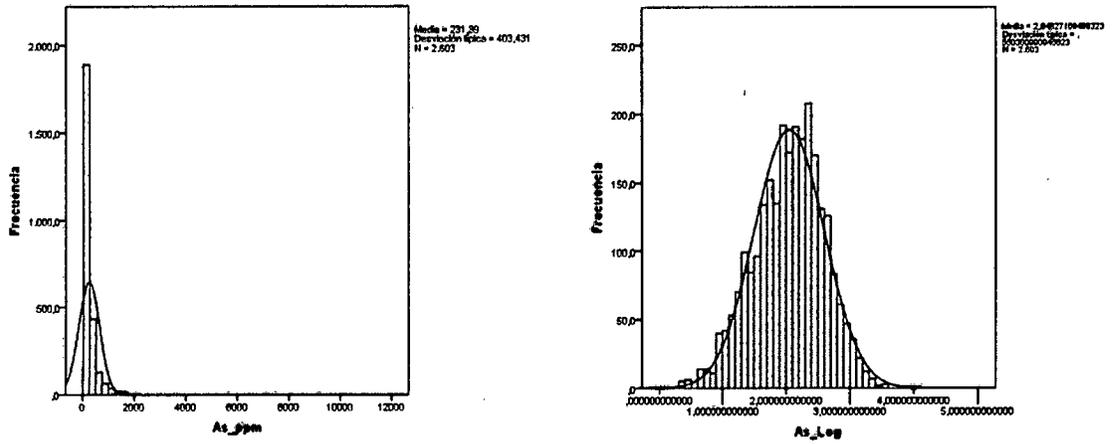


Figura No 14. Histogramas de elementos geoquímicos Normales y Log_normal de la As

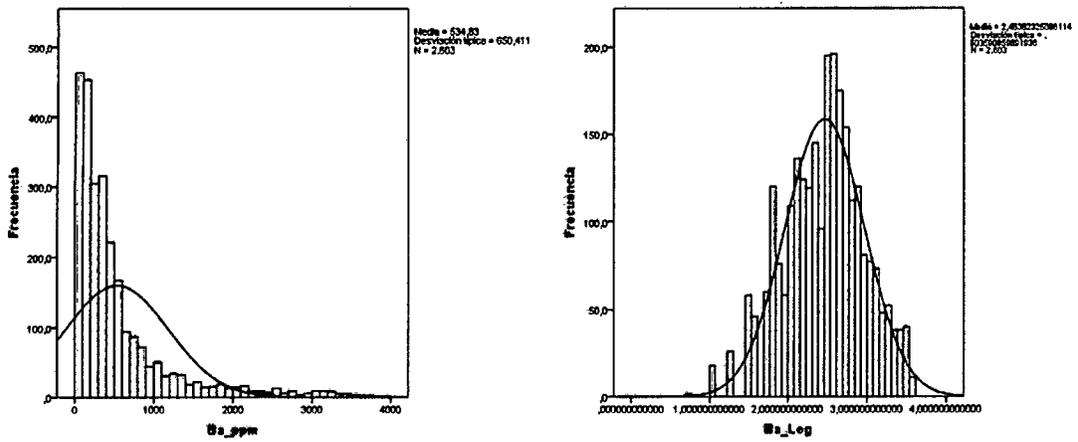


Figura No 15. Histogramas de elementos geoquímicos Normales y Log_normal de la Ba

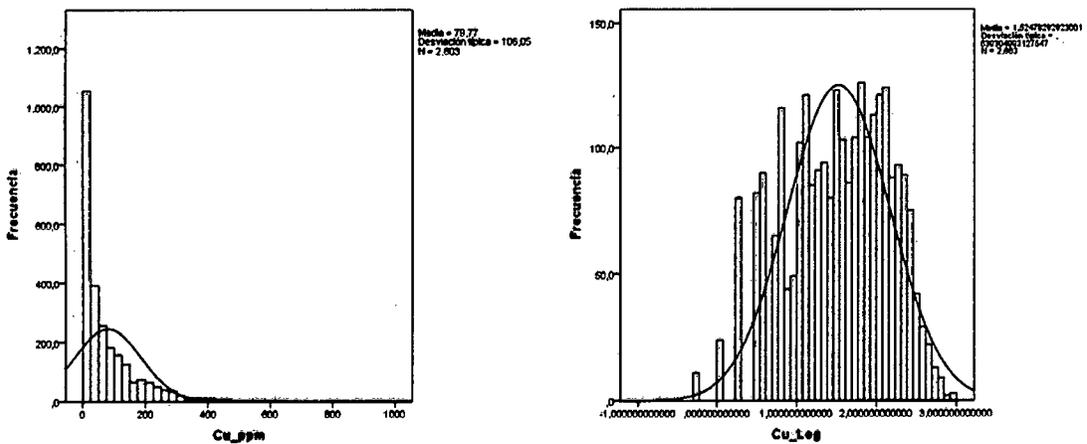


Figura No 16. Histogramas de elementos geoquímicos Normales y Log_normal de la Cu

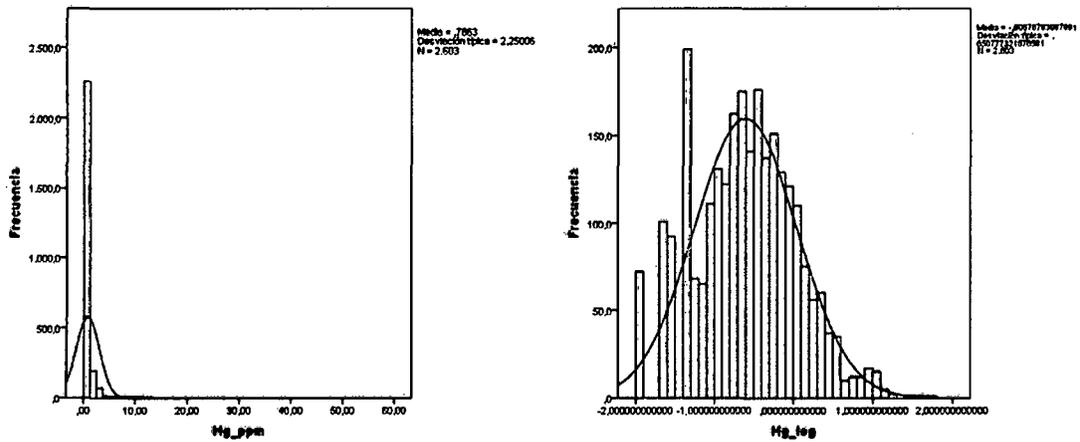


Figura No 17. Histogramas de elementos geoquímicos Normales y Log_normal de la Hg

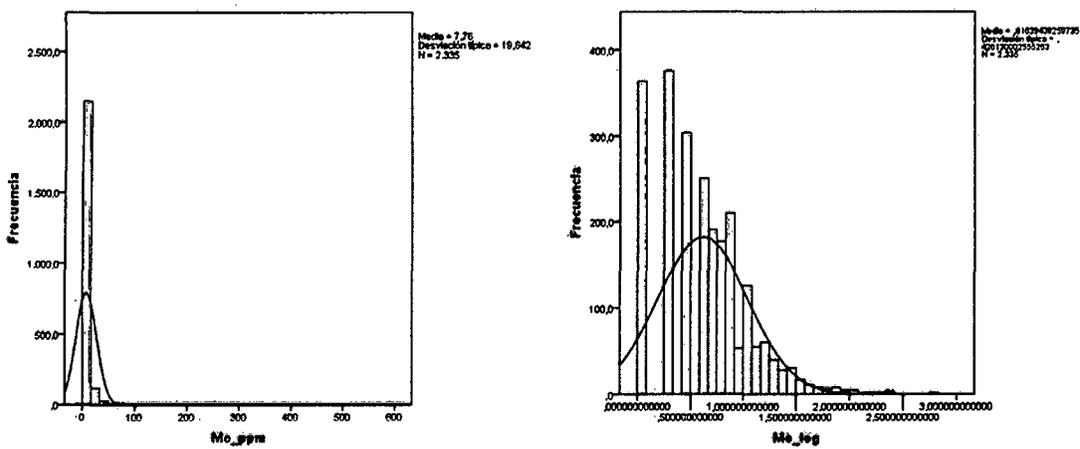


Figura No 18. Histogramas de elementos geoquímicos Normales y Log_normal de la Mo

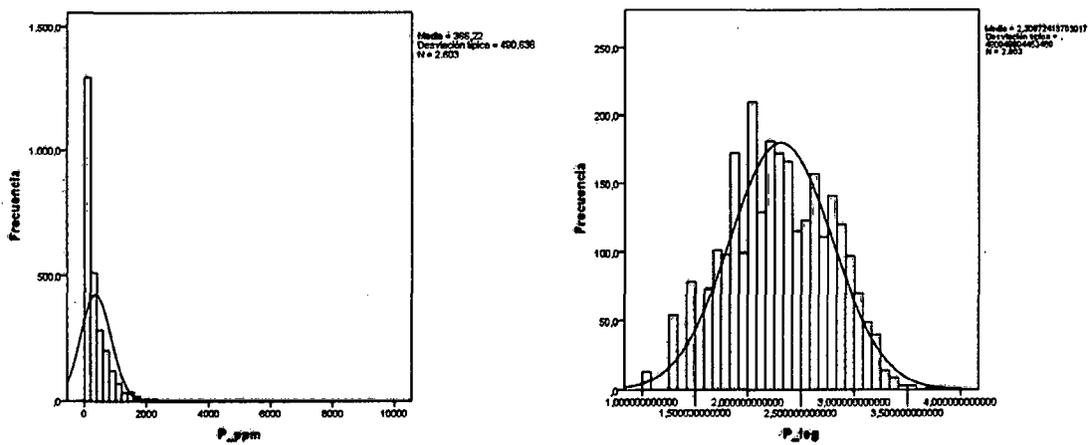


Figura No 19. Histogramas de elementos geoquímicos Normales y Log_normal de la P

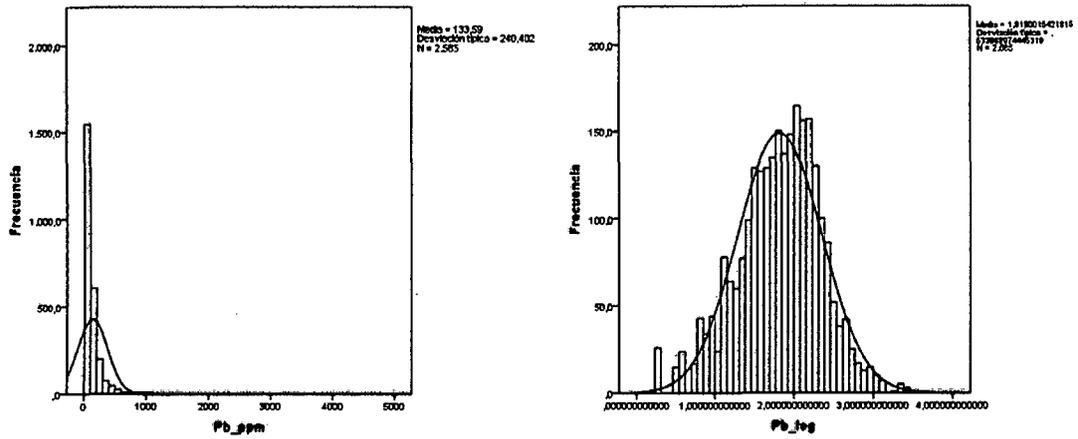


Figura No 20. Histogramas de elementos geoquímicos Normales y Log_normal de la Pb

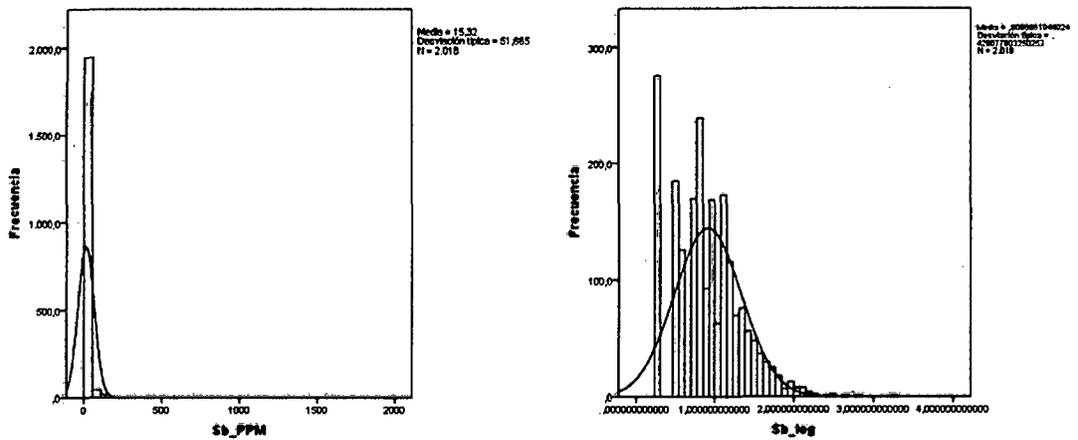


Figura No 21. Histogramas de elementos geoquímicos Normales y Log_normal de la Sb

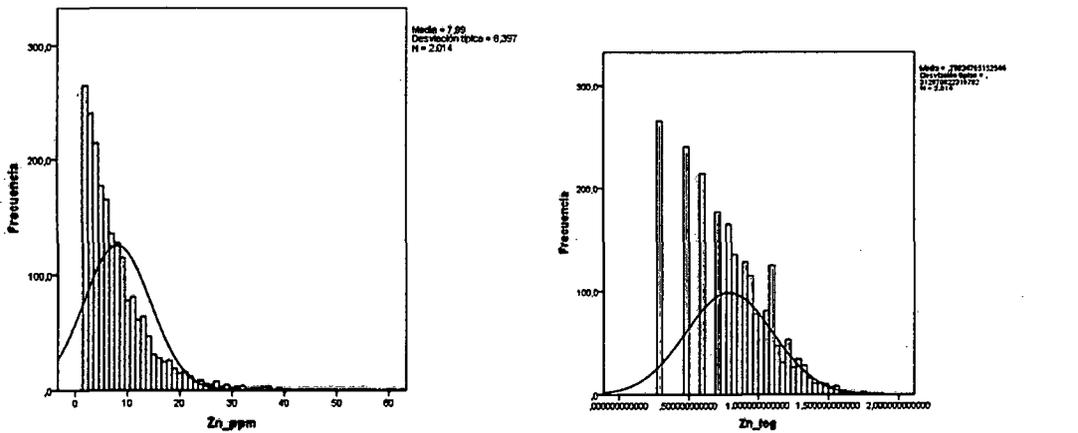


Figura No 22. Histogramas de elementos geoquímicos Normales y Log_normal de la Zn

9.2.3 Análisis de correlación de Muestras de Roca

El coeficiente de correlación de Pearson es un parámetro que se utiliza en prospección geoquímica para establecer la relación existente entre un par de factores (o dos grupos de valores), este puede tener valores entre -1 y +1.

Un valor 0 significa una distribución al azar sin ninguna relación entre los factores que están siendo comparados, mientras que +1 indica una relación directa y -1 indica una relación perfectamente inversa entre los factores comparados. (Rivera 2001).

Los elementos correlacionan de moderado a bajo. Según diagrama existe una moderada correlación del Au con la Ag (0.334) con el Pb (0.238) y Sb (0.245), asimismo presenta una buena correlación del As con el Sb (0.653) y con el Pb (0.472); ver Tabla N° 08

Correlaciones												
		Au_ppm	Ag_ppm	As_ppm	Ba_ppm	Cu_ppm	Hg_ppm	Mo_ppm	P_ppm	Pb_ppm	Sb_PPM	Zn_ppm
Au_ppm	Correlación de Pearson	1	.334	.279	.011	.051	.124	.103	.012	.238	.245	.027
	Sig.		.000	.000	.575	.009	.000	.000	.542	.000	.000	.171
	N	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603
Ag_ppm	Correlación de Pearson	.334	1	.192	.163	.025	.307	.147	-.032	.148	.311	.031
	Sig.	.000		.000	.000	.209	.000	.000	.105	.000	.000	.118
	N	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603
As_ppm	Correlación de Pearson	.279	.192	1	-.013	.368	.118	.319	.190	.472	.653	.088
	Sig.	.000	.000		.523	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	N	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603
Ba_ppm	Correlación de Pearson	.011	.163	-.013	1	-.099	.107	.013	-.081	-.026	.018	-.022
	Sig.	.575	.000	.523		.000	.000	.508	.000	.178	.348	.271
	N	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603
Cu_ppm	Correlación de Pearson	.051	.025	.368	-.099	1	.019	.171	.357	.114	.111	.129
	Sig.	.009	.209	.000	.000		.340	.000	.000	.000	.000	.000
	N	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603
Hg_ppm	Correlación de Pearson	.124	.307	.118	.107	.019	1	.127	-.023	.087	.083	.035
	Sig.	.000	.000	.000	.000	.340		.000	.242	.000	.000	.078
	N	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603
Mo_ppm	Correlación de Pearson	.103	.147	.319	.013	.171	.127	1	.116	.370	.233	.025
	Sig.	.000	.000	.000	.506	.000	.000		.000	.000	.000	.197
	N	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603
P_ppm	Correlación de Pearson	.012	-.032	.190	-.081	.357	-.023	.116	1	.260	.057	.198
	Sig.	.542	.105	.000	.000	.000	.242	.000		.000	.004	.000
	N	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603
Pb_ppm	Correlación de Pearson	.238	.148	.472	-.026	.114	.087	.370	.260	1	.298	.110
	Sig.	.000	.000	.000	.178	.000	.000	.000	.000		.000	.000
	N	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603
Sb_PPM	Correlación de Pearson	.245	.311	.653	.018	.111	.083	.233	.057	.298	1	.064
	Sig.	.000	.000	.000	.346	.000	.000	.000	.004	.000		.001
	N	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603
Zn_ppm	Correlación de Pearson	.027	.031	.088	-.022	.129	.035	.025	.198	.110	.064	1
	Sig.	.171	.118	.000	.271	.000	.078	.197	.000	.000	.001	
	N	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603	2603

Tabla N°8: Correlación de Pearson de muestreo de superficie

9.2.4 Análisis de Planos.

La elaboración de los planos geoquímicos de isovalores, fueron contorneados manualmente, e interpretados en folios, y Programas como Arc Gis, Vulcan, Spss; los datos fueron obtenidos de campañas de muestreo geoquímico realizado en el año 2010 por la Empresa Minera Anabi SAC.

Con el tratamiento estadístico se realizó los intervalos anómalos para cada elemento con los cuales se generaron los siguientes planos.

ORO (Au)

Los valores por encima de 0.10 ppm se presentan a los bordes de los afloramientos, generalmente en el muestreo realizado en los taludes de los afloramientos en alteración Sílice Granular. (Ver plano N° 06)

PLATA (Ag)

Se presenta por bordes de anomalías, generalmente a los bordes del yacimiento. (Ver plano N° 07)

ARSÉNICO (As)

Se presenta con anomalías considerables en el sector SE del yacimiento y en menor proporción al NE, puntuales valores anómalos al SW. (Ver plano N° 08)

BARIO (Ba)

Las mayores anomalías se ubican al SW y NE del yacimiento, se manifiesta cerca a las anomalías de oro de ahí que se expresa la baja correlación entre ambos elementos. (Ver plano No 09)

COBRE (Cu)

La anomalía de cobre se expone al SE del yacimiento en sectores aislados, se correlaciona con el arsénico. (Ver plano N° 10)

MOLIBDENO (Mo)

Este elemento presenta puntual anomalía al SE del yacimiento, presenta correlación con el Arsénico y Plomo (Ver plano No 11)

PLOMO (Pb)

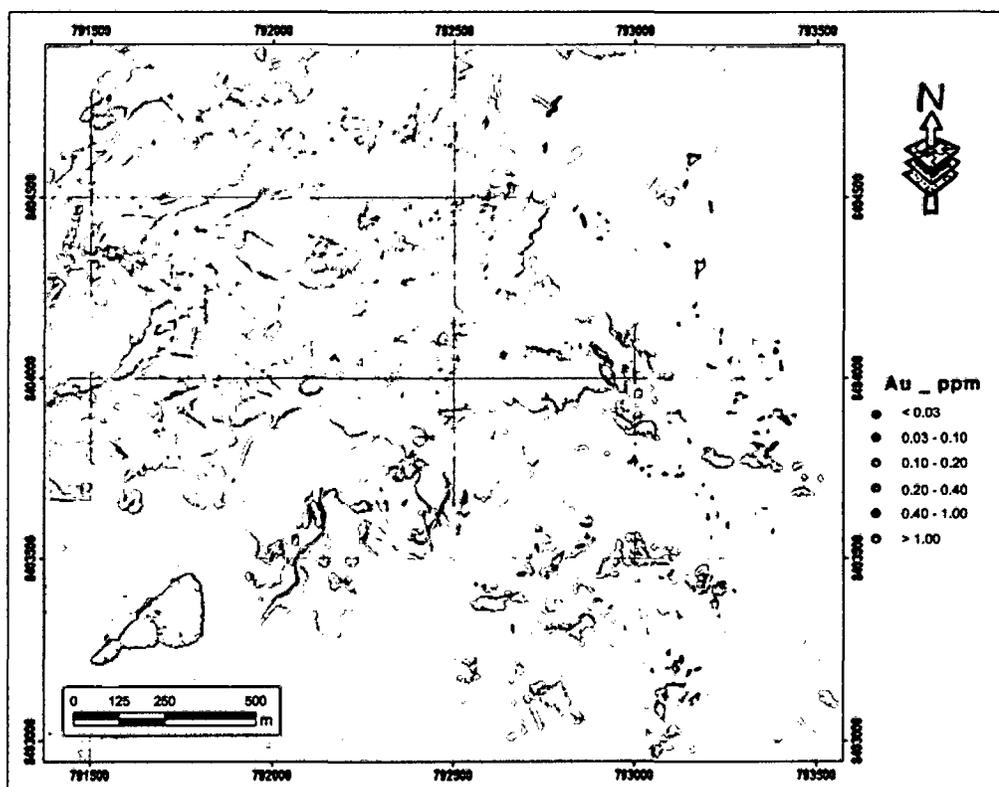
El plomo se concentra al sur del Proyecto Utunsa, principalmente bordeando el yacimiento se relacionan principalmente con el Oro, así como el Arsénico y el Molibdeno. (Ver plano No 12)

ANTIMONIO (Sb)

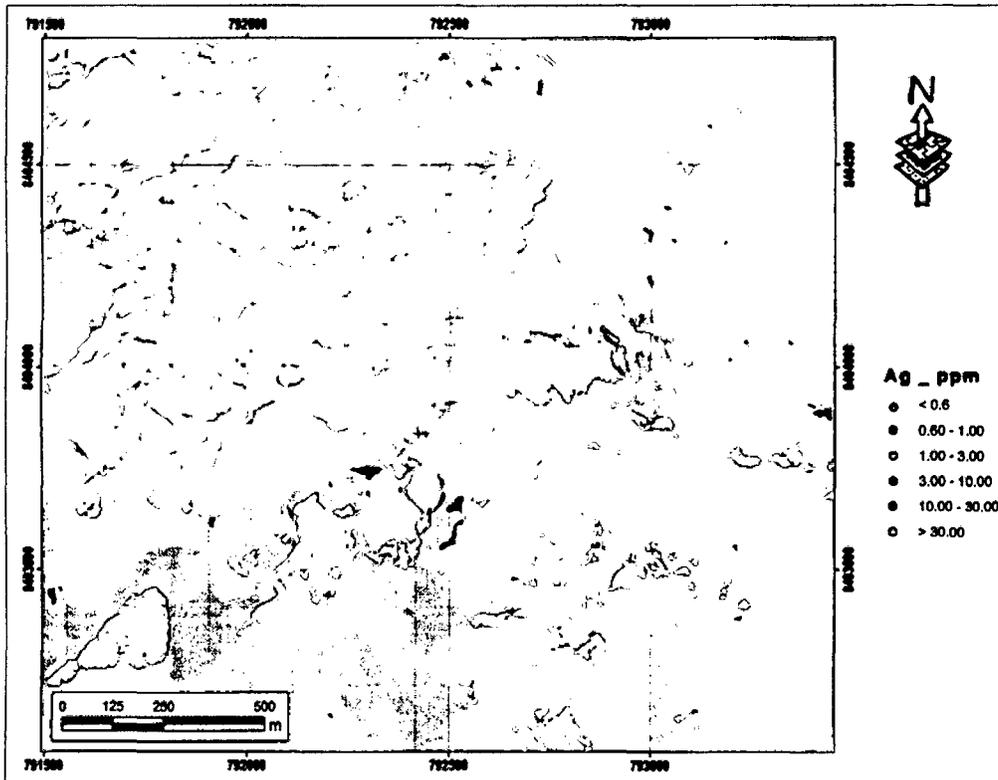
Este elemento cubre zona puntuales anómala, cuyas concentraciones fuertes se encuentran en las partes periféricas del afloramiento, tiene una correlación baja con el Au y una muy buena correlación con el Arsénico así como el Molibdeno, Antimonio y Fosforo (Ver plano No 13)

ZINC (Zn)

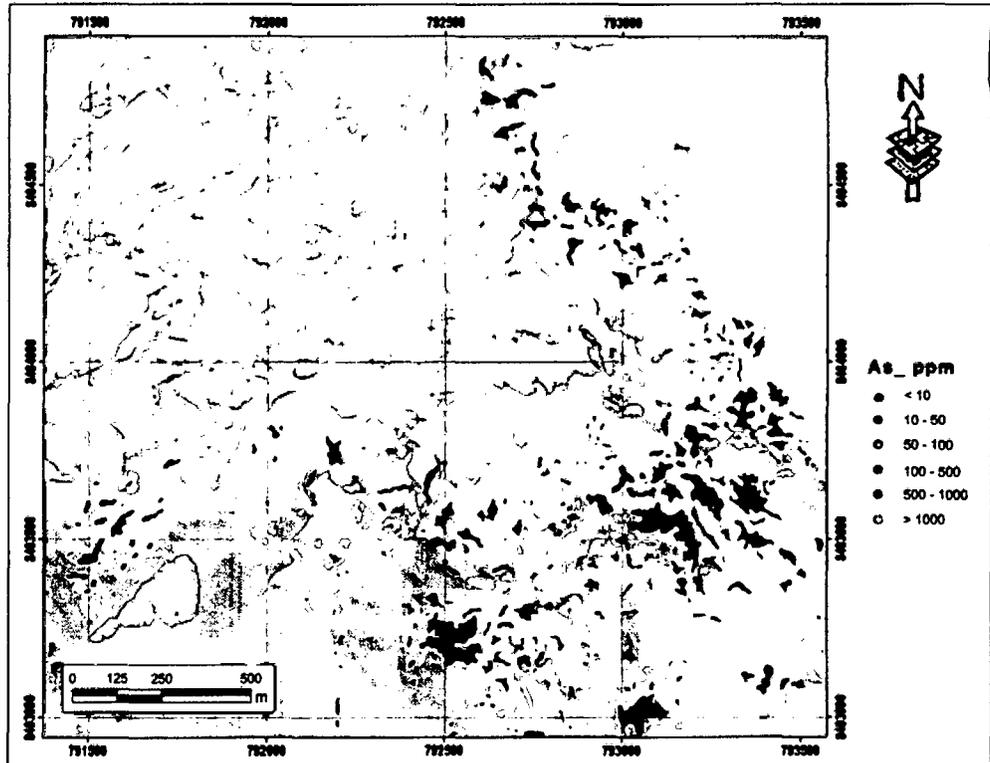
Este elemento cubre zona puntuales anómala, cuyas concentraciones fuertes se encuentran en las partes periféricas de los afloramientos, tiene una baja correlación con el P. (Ver plano No 14)



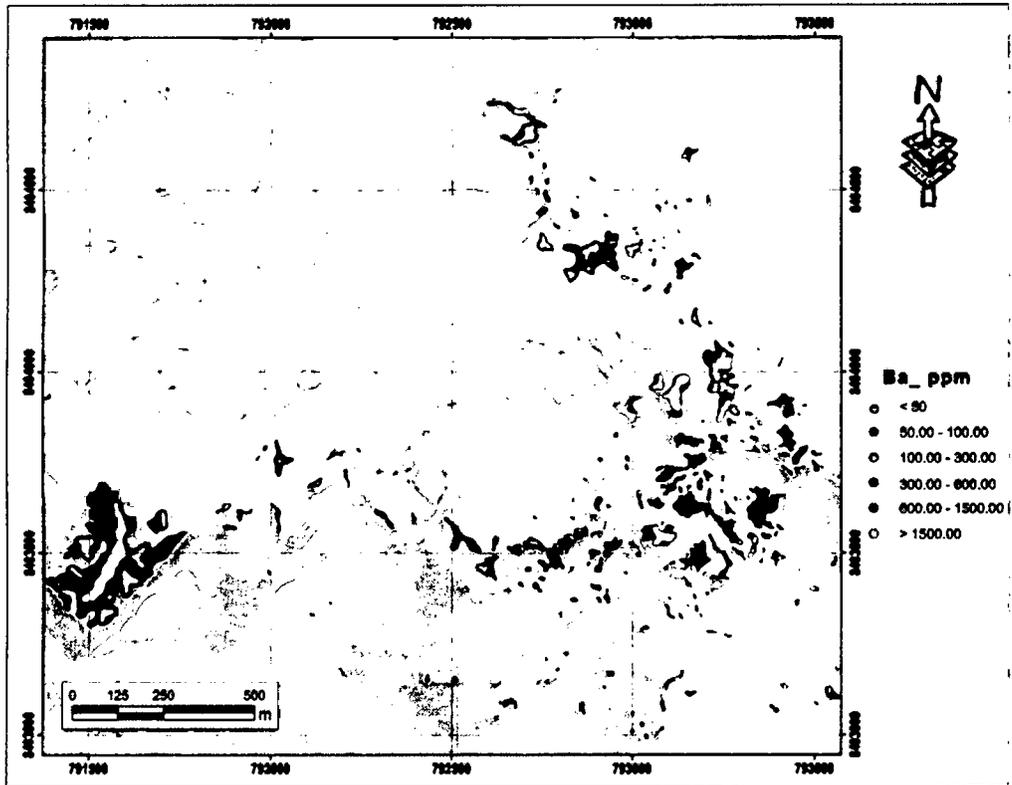
PLANO N° 07: Isovalores de Au



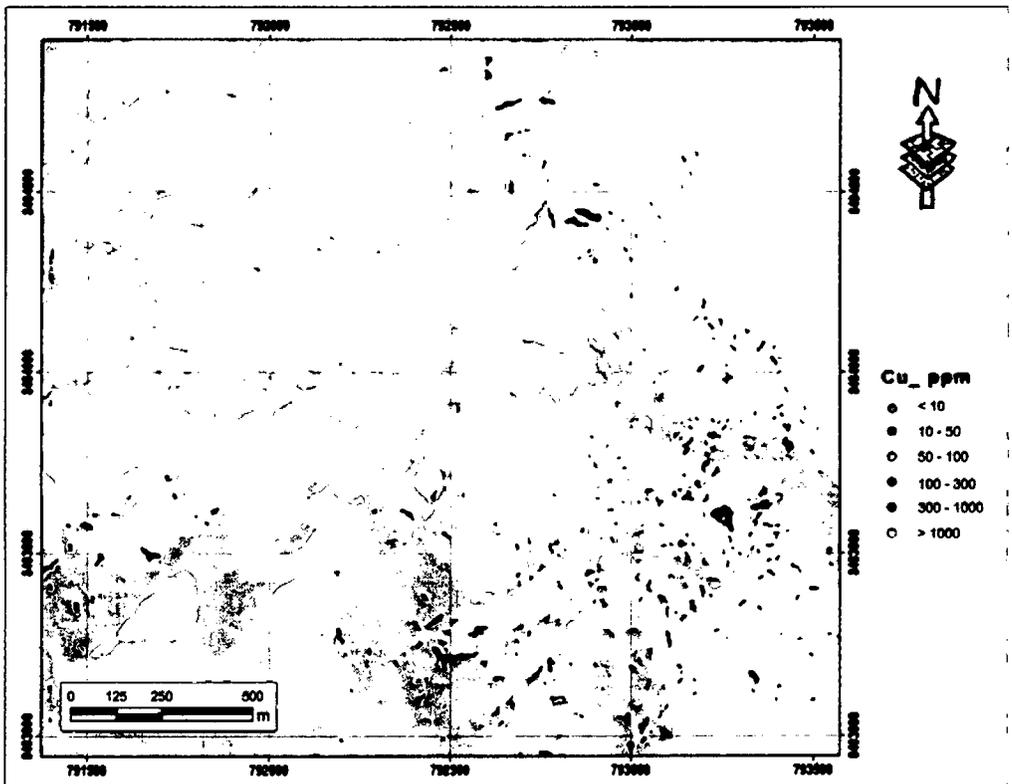
PLANO N° 08: Isovalores de Ag



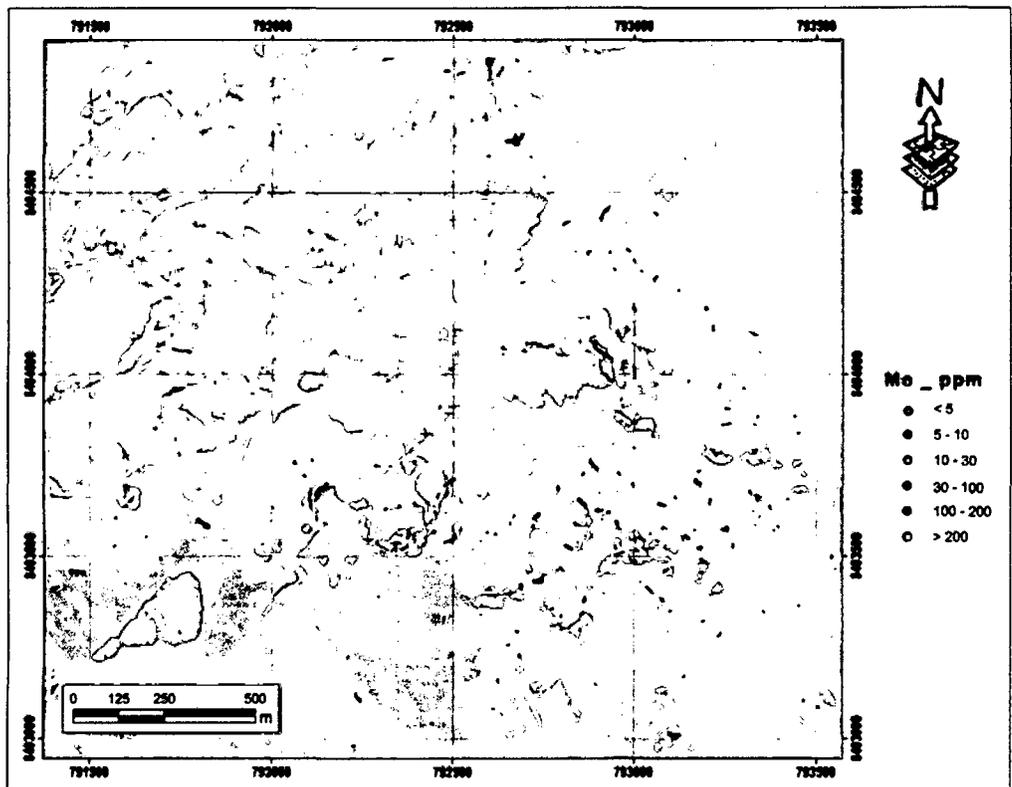
PLANO N° 09: Isovalores de As



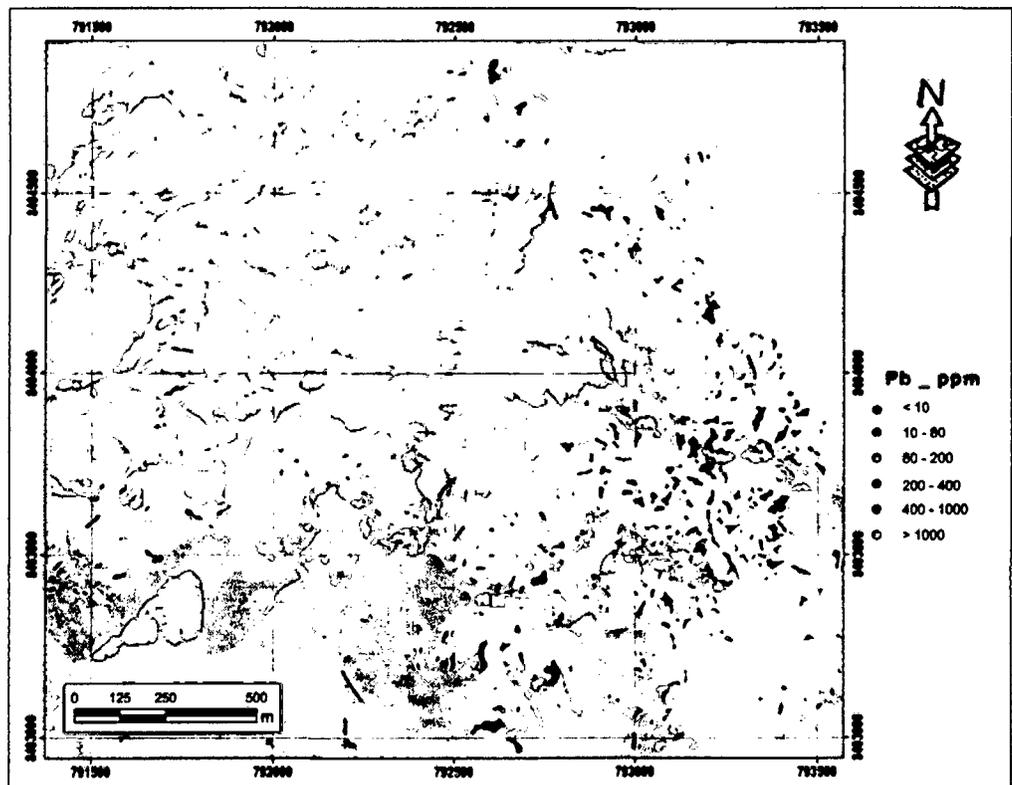
PLANO N° 10: Isovalores de Ba



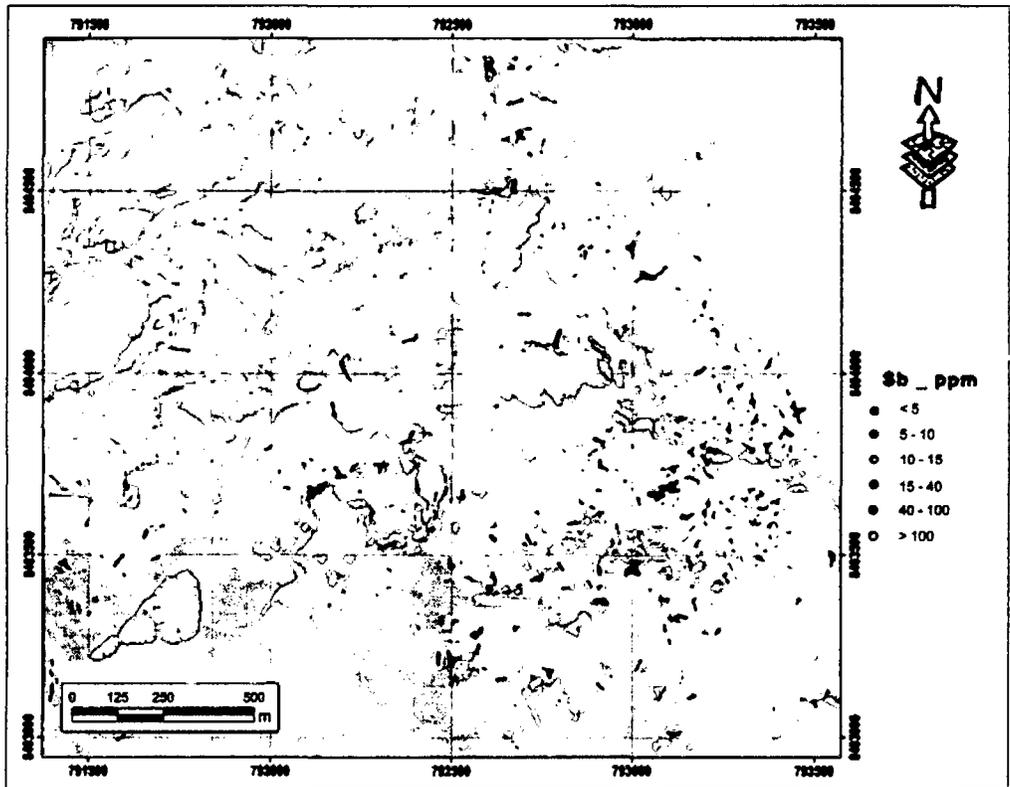
PLANO N° 11: Isovalores de Cu



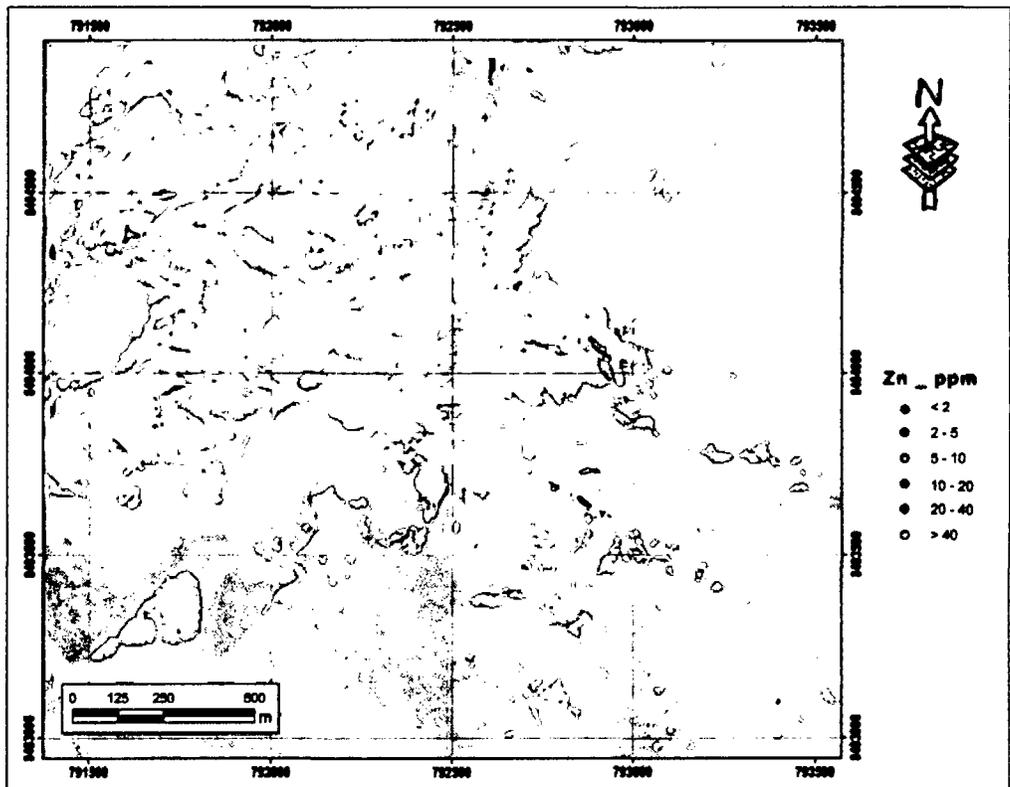
PLANO N° 12: Isovalores de Mo



PLANO N° 13: Isovalores de Pb



PLANO N° 14: Isovalores de Sb



PLANO N° 15: Isovalores de Zn

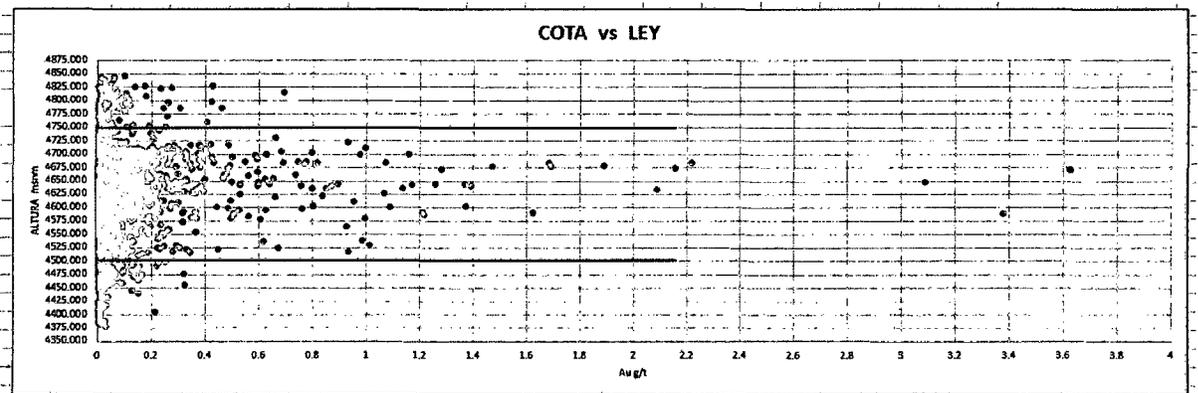


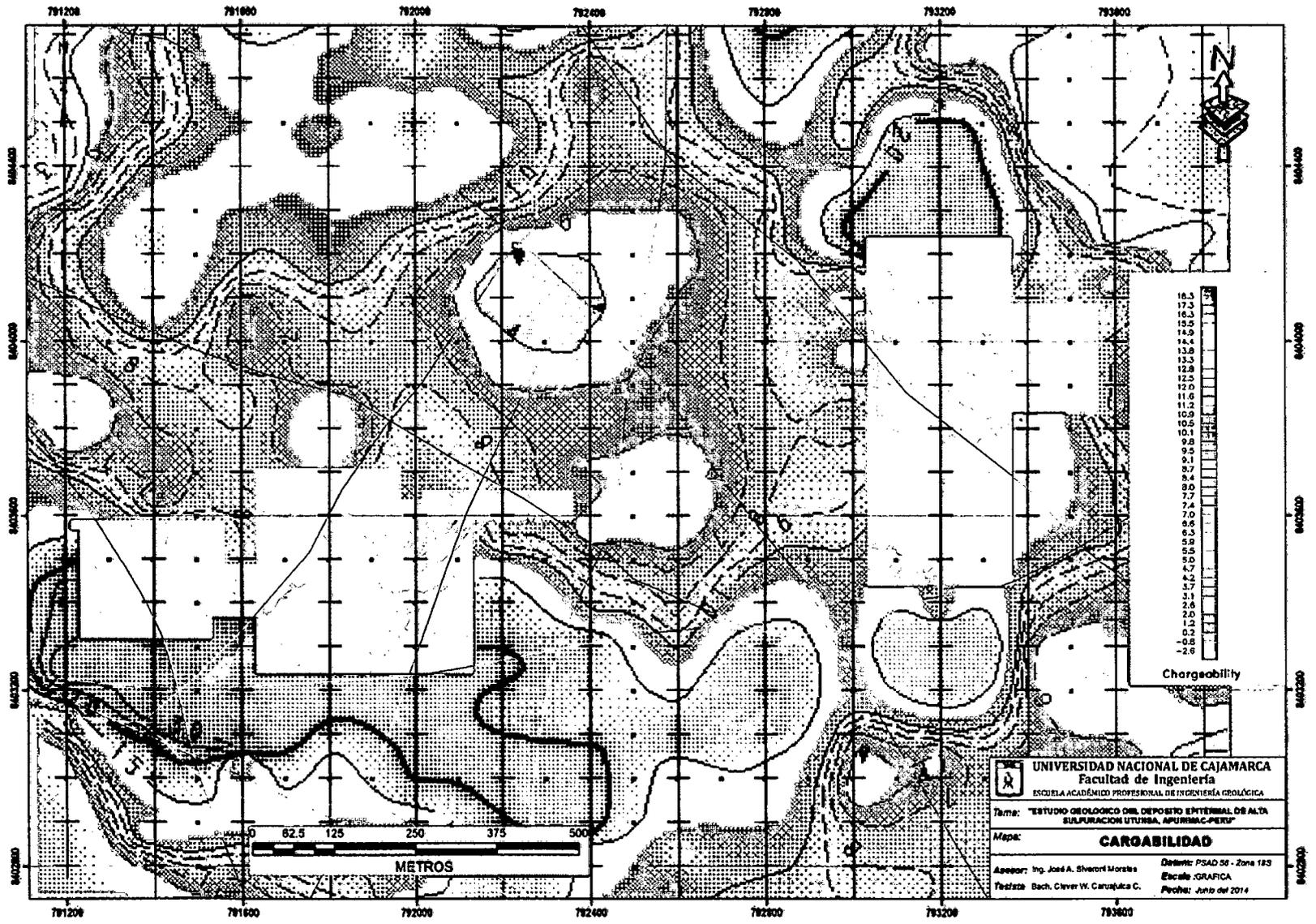
GRAFICO N° 23: Cota Vs Ley Au

En el gráfico 23 podemos observar que la mineralización se concentra entre las cotas 4500 y 4750 metros, es por ello que en la superficie en cotas altas, la mineralización es restringida por un encape de sílice masiva impermeable.

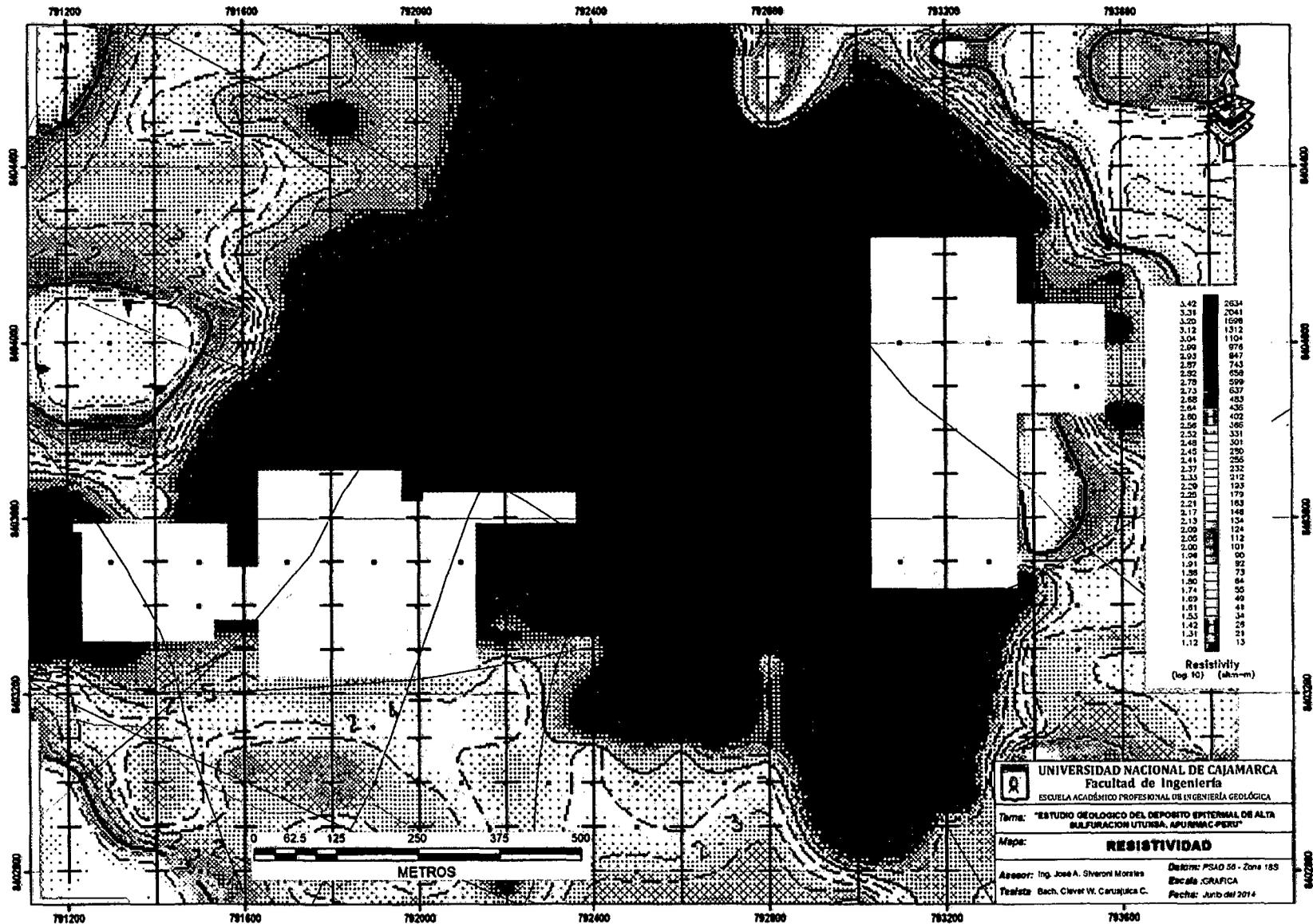
9.3 GEOFISICA.

En los trabajos de la empresa Cambior en el año 1997 se realizó una campaña geofísica método IP (Resistividad y Cargabilidad), sin embargo, solamente se tiene planos de vistas en planta que sirvieron para delimitar zonas de interés en óxidos y zonas de sulfuros.

Fue efectuado con mediciones de Resistividad (R, en ohm-m) y de Cargabilidad (M, en mv/v) en secuencia utilizando el mismo dispositivo de electrodos y la misma instrumentación. La existencia de sulfuros fue interpretada por valores altos anómalos de Cargabilidad que son típicos de la presencia de sulfuros en depósitos diseminados. En depósitos diseminados, las resistividades están mayormente determinadas por humedad y litología. Las formaciones silicificadas presentan resistividades muy altas (Coloraciones Rojo -Magenta en las gráficas procesadas)



Plano 16: Cargabilidad



Plano 17: Resistividad

CAPITULO X

DISCUSION DE RESULTADOS

10.1 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para el presente estudio se obtuvieron 12 muestras de roca para realizar secciones delgadas y 3 secciones pulidas para el estudio de minerales traslúcidos, transparentes y minerales opacos; El análisis fue realizado por el laboratorio **NESERMIN EIRL** *Negocios y Servicios para la Minería del Dr. (César Cánepa I.)*

El objetivo del estudio ha sido efectuar un estudio mineralógico cualitativo y cuantitativo de los minerales transparentes presentes, de la textura y alteraciones, y de su relación con las fases opacas, así como la identificación de la roca o del protolito (caso de ser posible).

El texto ha sido ilustrado con fotografías de los aspectos mineralógicos más resaltantes observados bajo el microscopio. En dichas fotografías, las especies minerales presentes han sido designadas mediante abreviaturas cuya explicación aparece en el listado anexo. Escala gráfica de fotos en micrones.

10.2 ANALISIS MICROSCOPICO

MUESTRA UTU 001

Descripción Macroscópica

Muestra de textura afanítica, de color amarillo.

Descripción Microscópica

Minerales

Principales: Sílice (64%), cuarzo II (15%).

Accesorios: Hematita/limonitas (10%), cuarzo I (5%), cuarzo III (5%).

Subordinados: Materia orgánica (<<1%).

Textura

Brechosa, constituida por fragmentos subredondeados de cuarzo I, fragmentos de agregados microgranulares de cuarzo II y fragmentos de brecha cuarzosa (constituida por fragmentos de cuarzo I, rodeado por cementante microgranular de cuarzo II), rodeados por un cementante micro a criptogranular de sílice.

Alteraciones

-Oxidación moderada

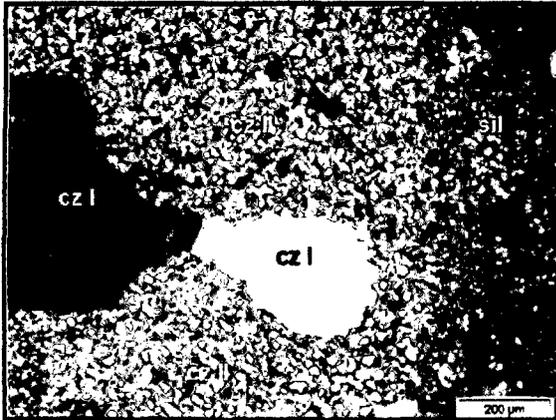
Nombre: Silexita (brecha cuarzosa) oxidada.

Observaciones

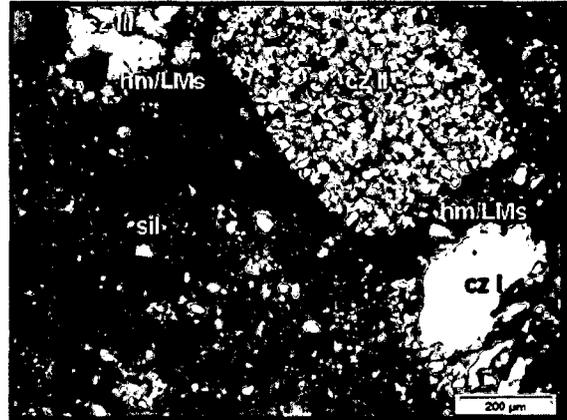
La muestra está constituida por fragmentos subredondeados de cuarzo I (de tamaños comprendidos entre 100 y 1000 micrones), fragmentos de agregados microgranulares de cuarzo II (los cristales de cuarzo presentan tamaños <50 micrones y constituyen fragmentos de tamaños hasta de 1000 micrones, generalmente reabsorbidos por el cementante silíceo) y fragmentos de brecha cuarzosa (de tamaños milimétricos, constituida por fragmentos de cuarzo I de tamaños <1000 micrones, rodeados por cementante microgranular de cuarzo II), todos rodeados por un cementante micro a criptogranular de sílice.

La muestra se encuentra parcialmente lixiviada y en los bordes de sus cavidades se observa playas de hematita/limonitas, la hematita/limonitas también como playas y venillas en la roca.

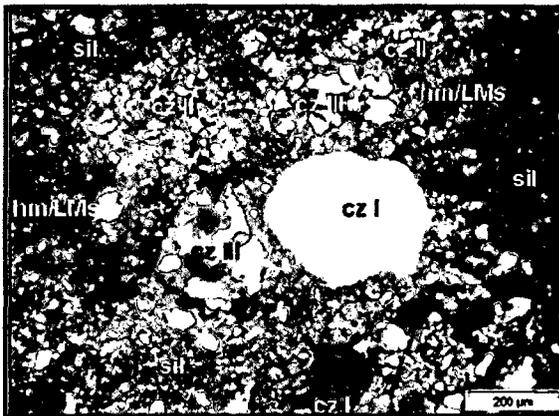
En algunos sectores de la muestra se observa playas de materia orgánica.



Microfotografía N° 1: Fragmento de brecha cuarzosa (Fragmentos subredondeados de cuarzo I rodeados por cuarzo II microgranular), rodeado por cementante silíceo.



Microfotografía N° 2: Fragmentos de cuarzo I y de agregado microgranular de cuarzo II, rodeados por cementante silíceo. Venillas de hematita/limonitas. Cavity rellena de cuarzo III.



Microfotografía N° 3: Fragmentos de cuarzo I y de agregados microgranular de cuarzo II, rodeados por cementante silíceo con relictos de cuarzo II. Venillas/playas de hematita/limonitas. Cavidades rellenas de cuarzo III.

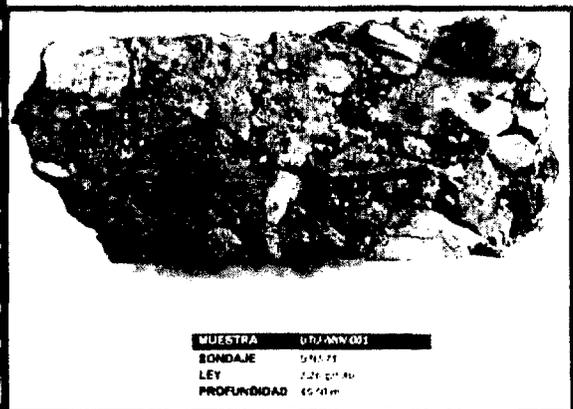


Imagen 28: Brecha hidrotermal clasto soportado, clastos angulosos, sub angulosos con alteración sílice Masiva, matriz con alteración sílice granular con presencia de Jarosita y OxFe (limonita).

MUESTRA UTU-002

Descripción Macroscópica

Muestra de textura afanítica, de color pardo amarillento

Descripción Microscópica

Minerales

Principales: Sílice (79%).

Accesorios: Sílice I (10%), hematita/limonitas (5%), cuarzo II (5%).

Subordinados: jarosita (<1%), cuarzo I (<<1%).

Textura

Brechosa, constituida por fragmentos de agregados granulares de cuarzo II, fragmentos constituidos por agregados microgranulares de sílice I, y escasos fragmentos subredondeados de cuarzo I, todos rodeados por un cementante criptogranular de sílice II.

Alteraciones

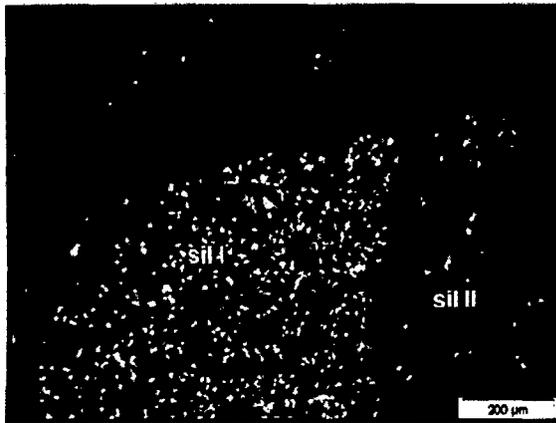
-Oxidación débil

Nombre: Silexita (brecha cuarzosa) oxidada.

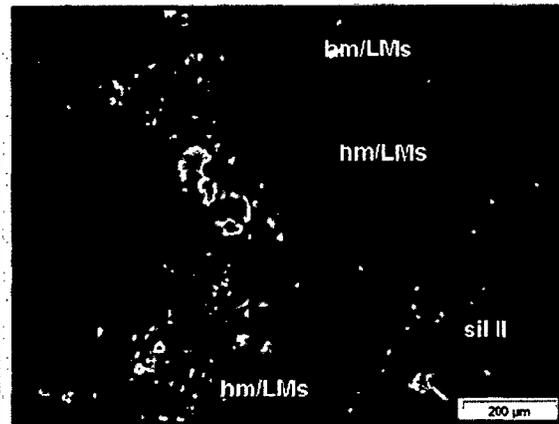
Observaciones

La muestra está constituida por fragmentos generalmente milimétricos de agregados granulares (de tamaños <200 micrones y de superficies sucias) de cuarzo II, por fragmentos constituidos por agregados microgranulares de sílice I, y por escasos fragmentos subredondeados de cuarzo I (de tamaños <400 micrones), rodeados por un cementante criptogranular de sílice II. Los fragmentos de cuarzo II generalmente se encuentran lixiviados y los de sílice II lixiviados y reabsorbidos por el cementante de sílice II.

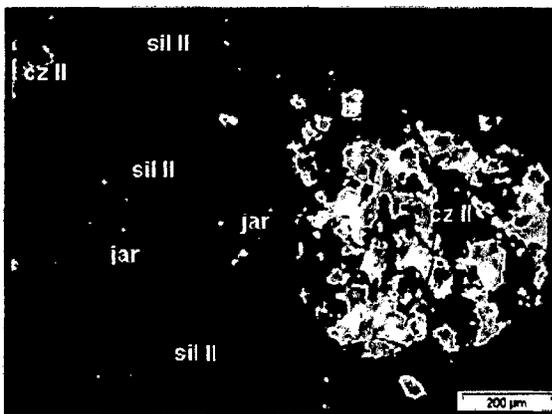
La hematita/limonitas se encuentran como relleno de venillas y como playas, ocasionalmente asociadas con jarosita. La jarosita generalmente forma playas.



Microfotografía N° 4: Fragmentos de sílice I microgranular, rodeado por cementante de sílice II.



Microfotografía N° 5: Fragmentos de cuarzo II parcialmente lixiviados rodeados por cementante de sílice II. Playas/venillas de hematita/limonitas



Microfotografía N° 6: Fragmentos de cuarzo II rodeados por cementante de sílice II. Playas de jarosita.



Imagen 29: Brecha Hidrotermal, matriz soportada con alteración sílice granular, clastos subredondeados con alteración sílice granular, presencia de óxidos de hierro en matriz.

MUESTRA UTU-003

Descripción Macroscópica

Muestra de textura afanítica, de color blanco grisáceo con playas rojizas.

Descripción Microscópica

Minerales

Principales: Cuarzo II (56%), sílice (40%).

Accesorios: Hematita/limonitas (3%), cuarzo I (1%).

Textura

Brechosa, constituida por escasos fragmentos subredondeados de cuarzo I rodeados por un cementante de sílice criptogranular I.

Alteraciones

-Oxidación débil

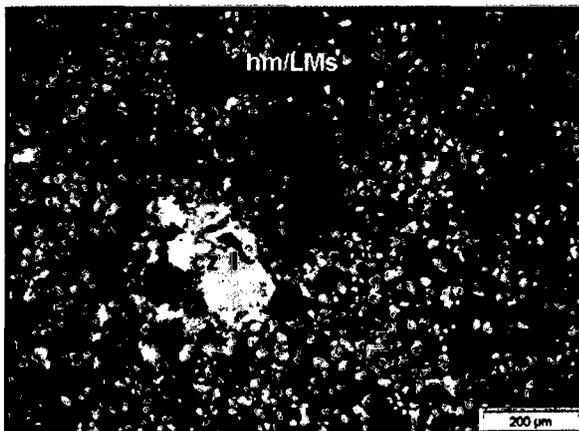
Nombre: Silexita criptogranular en contacto con silexita de cuarzo II microgranular oxidada.

Observaciones

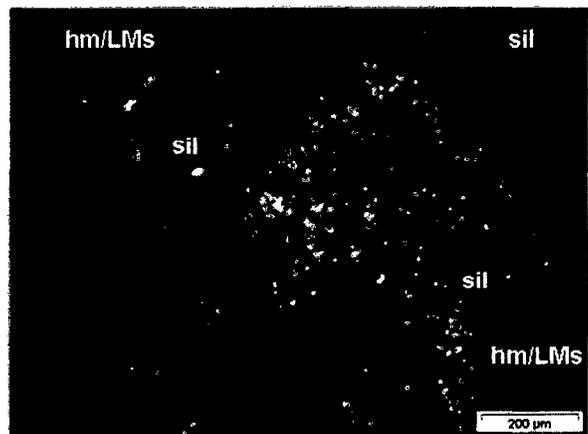
La muestra está constituida por escasos fragmentos subredondeados de cuarzo I (de tamaños comprendidos entre 300 y 1400 micrones), rodeados por un cementante de sílice I criptogranular.

La sílice criptogranular grada a cuarzo II microgranular (de tamaños <50 micrones), que forma también venillas..

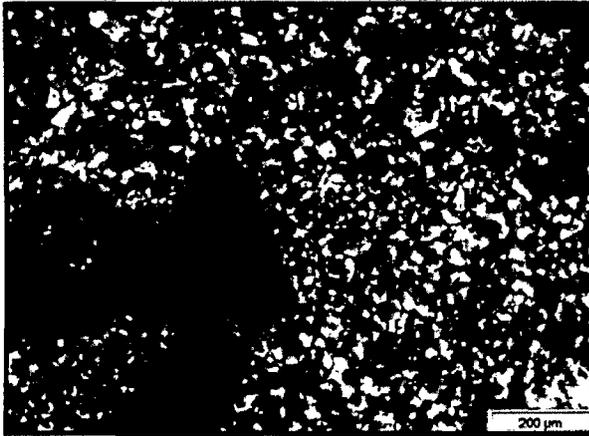
Las hematita/limonitas se encuentran como playas/venillas y tapizando bordes de cavidades, asociadas preferentemente a sílice, la cual mayores cavidades.



Microfotografía N° 7 Fragmentos de cuarzo I rodeados por sílice y cuarzo II (zona de contacto). Hematita/limonitas en bordes de cavidades.



Microfotografía N° 8: Playas de cuarzo II en sílice (se observa la gradación). Hematita/limonitas en bordes de cavidades y en playas/venillas



Microfotografía N° 9 Fragmentos de cuarzo I rodeados por cuarzo II .



Imagen 30: Tufo con alteración Sílice Granular compacta, presenta fluidización y óxidos de fierro en las fracturas.

MUESTRA UTU- 004

Descripción Macroscópica

Muestra de textura brechosa, constituida por fragmentos milimétricos blancos, rodeados por cementante afanítico amarillo.

Descripción Microscópica

Minerales

Principales: Sílice II (49%), sílice I (40%).

Accesorios: Hematita/limonitas (5%), cuarzo II (5%).

Subordinados: Cuarzo I (<1%).

Textura

Brechosa, constituida por escasos fragmentos subredondeados de cuarzo I, fragmentos subangulosos de cuarzo II microgranular a granular, y fragmentos de sílice criptocristalina I, rodeados por cementante de sílice cripto a microgranular II.

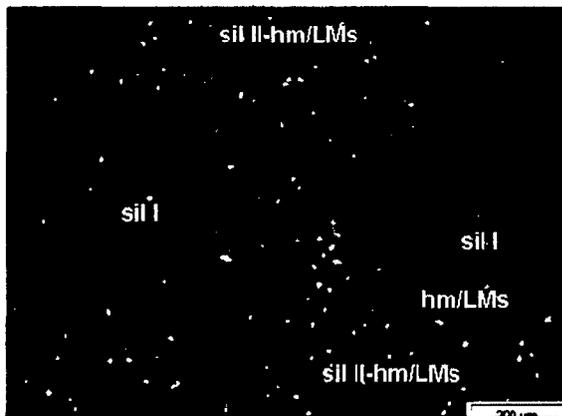
Alteraciones

-Oxidación débil

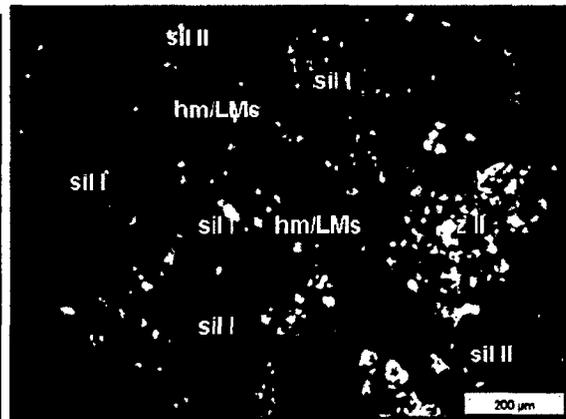
Nombre: Silexita (brecha cuarzosa) oxidada.

Observaciones

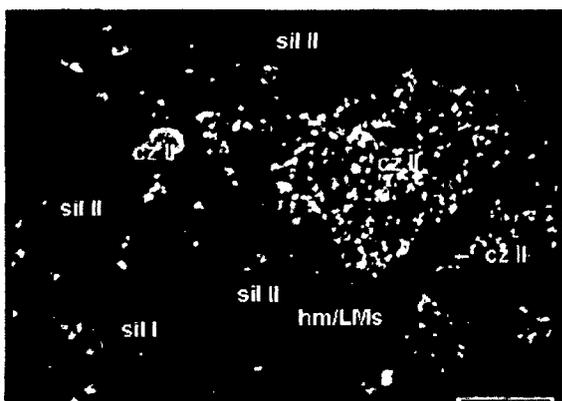
La muestra está constituida por escasos fragmentos monocristalinos y subredondeados de cuarzo I (de tamaños <800 micrones), fragmentos policristalinos subangulosos de cuarzo II microgranular a granular (de tamaños <1000 micrones), y fragmentos de tamaños hasta milimétricos constituidos por sílice criptocristalina, todos rodeados por un cementante de sílice II cripto a micro granular asociado con playas de hematita/limonitas. Los fragmentos de sílice I se presentan preferentemente reabsorbidos por el cemento de sílice II; en algunos casos, no se observa bien el limite entre el borde del fragmento y el cementante. Los fragmentos de cuarzo II, se encuentran algunas veces como relictos dentro del cementante de sílice II.



Microfotografía N° 10: Fragmentos y relictos de fragmentos de cuarzo II y fragmento de sílice I en cementante de sílice II asociada con hematita/limonitas.



Microfotografía N° 11: Fragmento de cuarzo II y fragmentos de sílice I en cementante de sílice II asociada con hematita/limonitas.



Microfotografía N° 12: Fragmento de sílice I rodeado por en cementante de sílice II asociada con hematita/limonitas, y fragmento de sílice I parcialmente reabsorbido por el cementante.

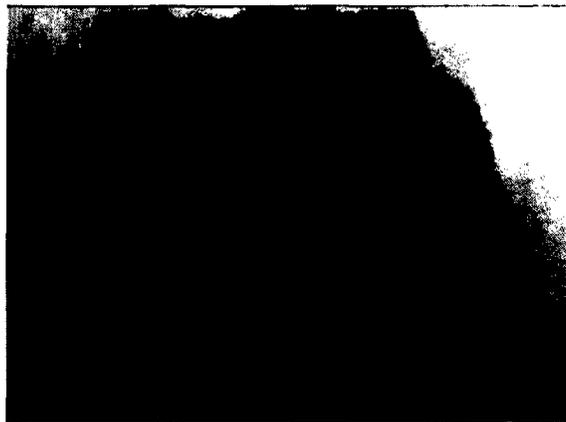


Imagen 31: Brecha hidrotermal, clasto soportado; clastos de sílice crema sub angulosos con alteración sílice masiva, matriz con alteración Sílice Granular con óxidos de fierro.

MUESTRA UTU- 005

Descripción Macroscópica

Muestra de textura porfírica, constituida por fenocristales milimétricos blancos, rodeados por matriz afanítica de color gris con tinte marrón.

Descripción Microscópica

Minerales

Principales: Plagioclasas (25%), vidrio (53%).

Accesorios: Plagioclasas II (5%), minerales opacos I (5%), material criptocristalino verde (3%), hematita/limonitas (3%), minerales opacos II (2%) serpentinas (1%), cloritas (1%), biotita (1%).

Subordinados: Cuarzo I (<1%), piroxenos (<1%), cuarzo II (<1%), sílice (<1%).

Textura

Porfírica a glomeroporfírica.

Alteraciones

-Oxidación débil.

-Cloritización y serpentización muy débiles.

Nombre: Pórfido andesítico oxidado.

Observaciones

La muestra está constituida por constituida por cristales tabulares o "grumos" de plagioclasas I macladas y zonadas (de tamaños comprendidos entre 200 y 3000 micrones), cristales listonados de biotita (de tamaños <1000 micrones) ocasionalmente asociados con plagioclasas I ("grumos") y generalmente reemplazados por playas de minerales opacos I y playas de hematita, moldes de fenocristales de anfíboles y piroxenos (de tamaños <500 micrones) reemplazados por minerales opacos I y playas de hematita, moldes de fenocristales de minerales máficos (tamaños hasta de 2000 micrones) reemplazados por material criptocristalino verde asociado con playas de

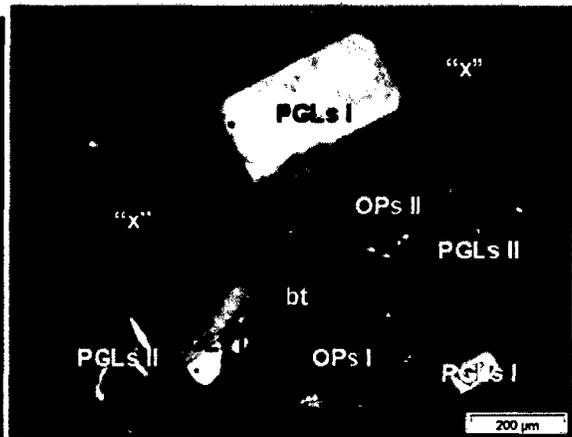
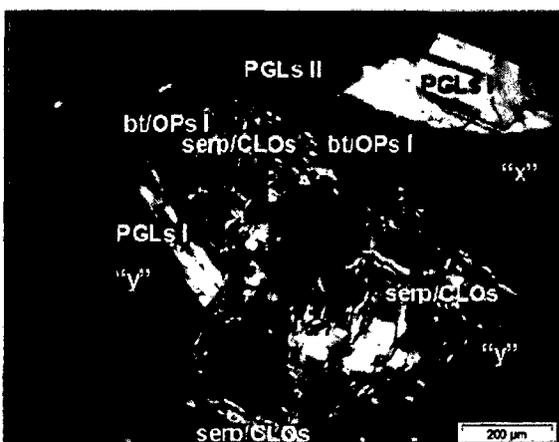
cloritas/serpentininas y escasos fenocristales subredondeados de cuarzo I (de tamaños <1000 micrones), rodeados por vidrio criptocristalino parduzco con microlitos de plagioclasas II (de tamaños <50 micrones, que ocasionalmente llegan hasta 100 micrones). Algunos microlitos de plagioclasas II y muy escasos fenocristales de plagioclasas II, aparecen reabsorbidos por la matriz vítrea y sólo quedan relictos del borde del cristal.

El cuarzo II se encuentra como playas que rellenan las cavidades de los minerales máficos lixiviados.

Los minerales opacos II ocurren como disseminaciones de tamaños <100 micrones y como playas.

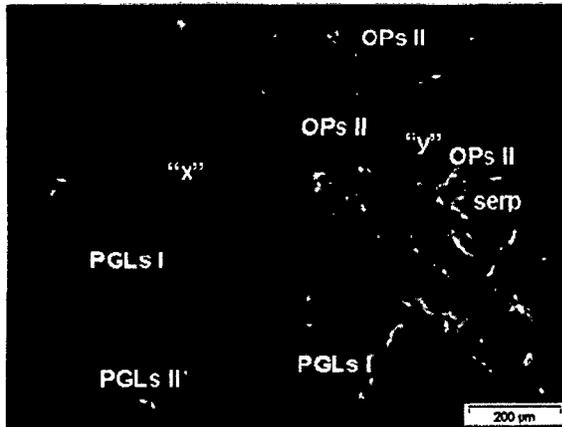
La hematita también se presentan relleno venillas.

La sílice microgranular rellena venillas que cortan la roca.

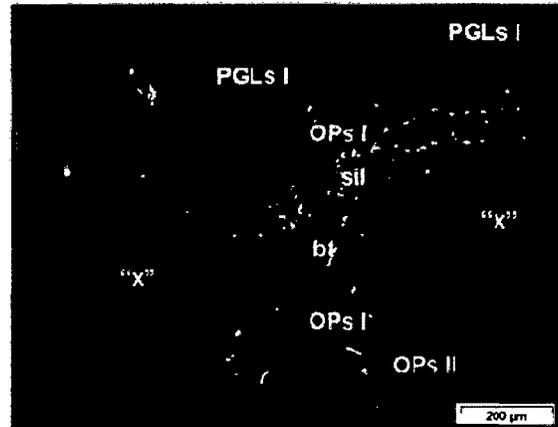


Microfotografía N° 13 Fenocristal de plagioclasas I macladas y "grumo" de molde de fenocristal de mineral máfico, reemplazado por material criptocristalino verde ("y") y serpentinas/cloritas, asociado con plagioclasas y biotita reemplazada parcialmente por minerales opacos I, todos rodeados por vidrio ("x") asociado con microlitos de plagioclasas II.

Microfotografía N° 14: Fenocristales de plagioclasas I macladas, fenocristal de biotita parcialmente reemplazada por playas de minerales opacos I y asociada con plagioclasas I, todos rodeados por vidrio ("x")-microlitos de plagioclasas II.



Microfotografía N° 15: Fenocristales de plagioclasas I macladas y molde de fenocristal de mineral máfico reemplazado por material criptocristalino verde ("y"), playas de minerales opacos II y serpentinas, rodeados por vidrio ("x") asociado con microlitos de plagioclasas II.



Microfotografía N° 16: Fenocristales de plagioclasas I macladas, fenocristal de biotita parcialmente reemplazada por playas de minerales opacos I, ambos rodeados por vidrio ("x") y cortados por venilla de sílice. Playa de mineral opaco II

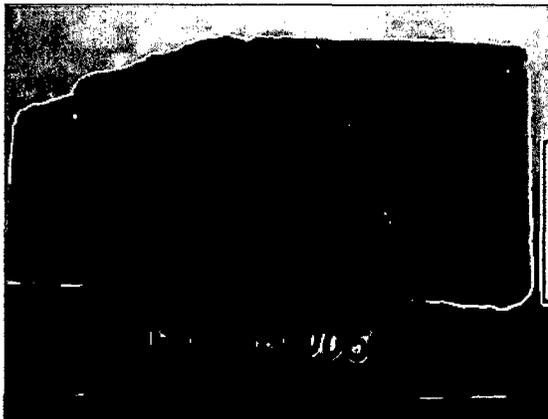


Imagen 32: Andesita porfírica con presencia de plagioclasas y biotitas, completamente fresco.

MUESTRA UTU MIN 006

a) Sección delgada

Descripción Macroscópica

Muestra de textura brechosa, constituida por fragmentos milimétricos de color blancos y grises rodeados por cementante afanítico de color gris con tinte amarillento.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Minerales

Principales: Sílice II (43%), sílice III (29%).

Accesorios: Cuarzo II (10%), sílice I (10%), cuarzo III (3%), rutilo oxidado (3%).

Subordinados: Cuarzo I (<1%), jarosita(<1%), hematita(<1%).

Textura

Brechosa a brechosa relíctica.

Alteraciones

Oxidación débil.

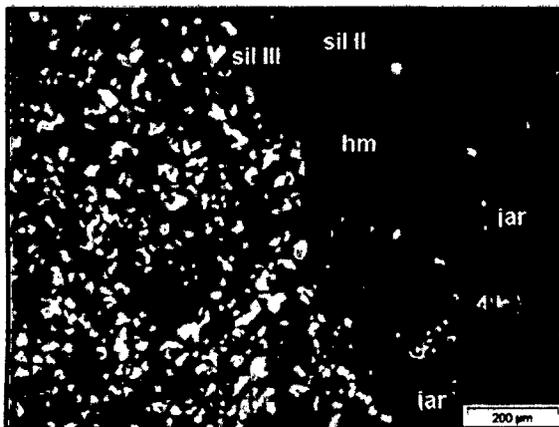
Nombre: Brecha cuarzosa oxidada

Observaciones

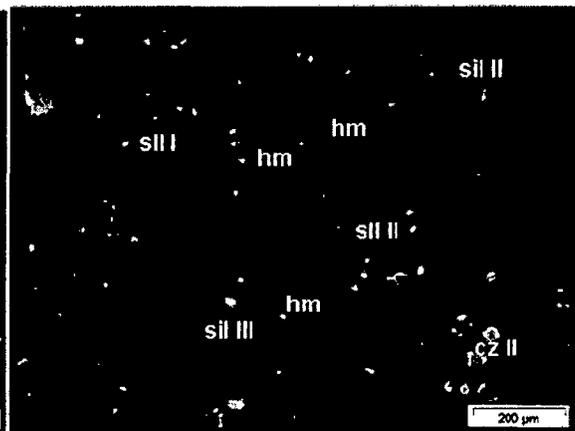
La muestra está constituida por fragmentos de tamaños milimétricos compuestos de:

- Sílice I microgranular.
- Sílice II criptocristalina a criptogranular, con playas de jarosita y venillas/ moldes de probables minerales opacos rellenos por hematita, y relictos de cuarzo II. También intercrecida con sílice I.
- Agregados granulares de cuarzo III de tamaños <200 micrones; algunas veces como playas dentro de cuarzo II.
- Agregados microgranulares de cuarzo II (de tamaños <50 micrones), ocasionalmente asociados con sílice I.
- Fragmentos subangulosos a subredondeados de cuarzo I (de tamaños <300 micrones).

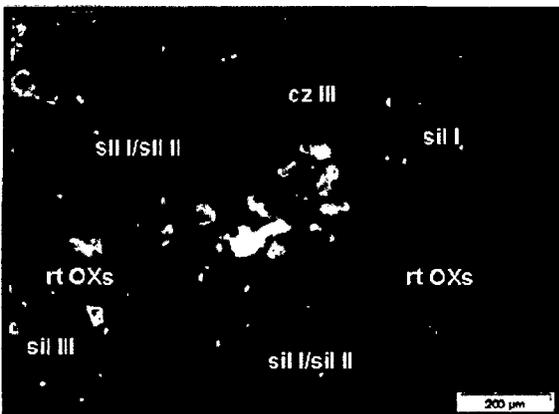
El cementante está constituido por sílice III criptocristalina asociada con playas de rutilo oxidado. En partes reabsorbiendo a los fragmentos. La hematita ocurre también como playas o como relleno de moldes de probables minerales opacos.



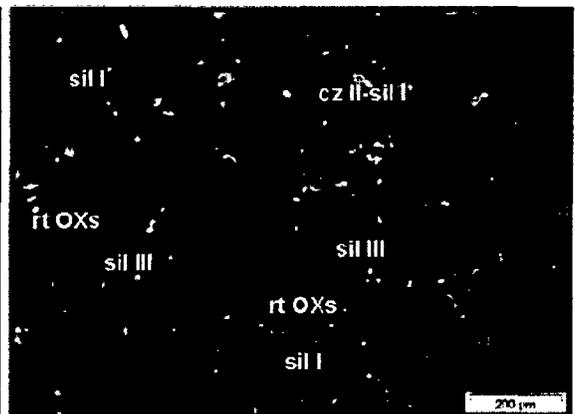
Microfotografía N° 17: Fragmentos de cuarzo II, y de sílice II criptocristalina con relictos de cuarzo II y moldes de minerales hematitizados, cementados por sílice III criptocristalina.



Microfotografía N° 18: Fragmentos de sílice I, de sílice II, y de cuarzo II, rodeados por sílice III asociada con moldes de minerales hematitizados



Microfotografía N° 19: Fragmentos de cuarzo III, sílice I y de sílice I-sílice II criptocristalina, rodeados por cementante de sílice III criptocristalina asociada con playas de rutilo



Microfotografía N° 20: Fragmentos de cuarzo II-sílice I, de sílice I, y de cuarzo I, rodeados por sílice III criptocristalina asociada con playas de rutilo oxidado

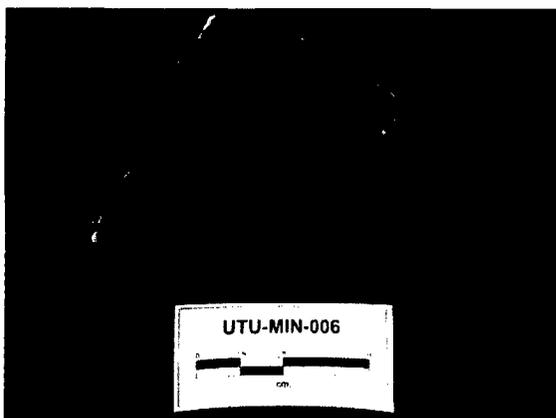


Imagen 33: Tufo grueso con textura fragmental grueso, con alteración Sílice Granular Compacta, con Trazas de Pirita fina diseminada, ¿Hematita? Diseminada, se observa inyecciones de Sílice Masiva color

b) *Sección pulida*

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Roca brechosa, con fragmentos de tamaño variado cementados por material silíceo algo cavernoso; uno de los fragmentos contiene finas diseminaciones de sulfuros y presenta bandas oxidadas marrón rojizas.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Los minerales opacos observados son:

Algo abundantes: **Hematita, hematita-limonitas**

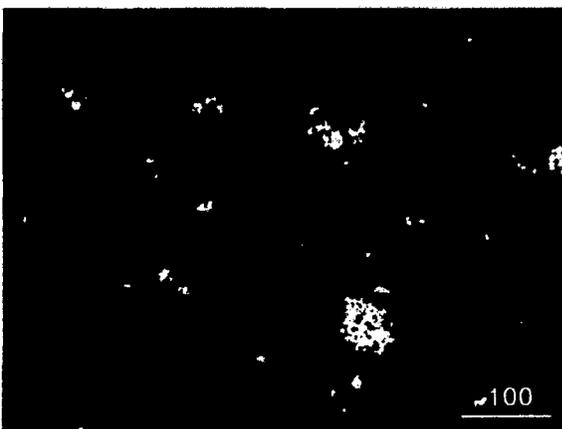
Escasos: **Rutilo**

Muy escasos: **Pirita**

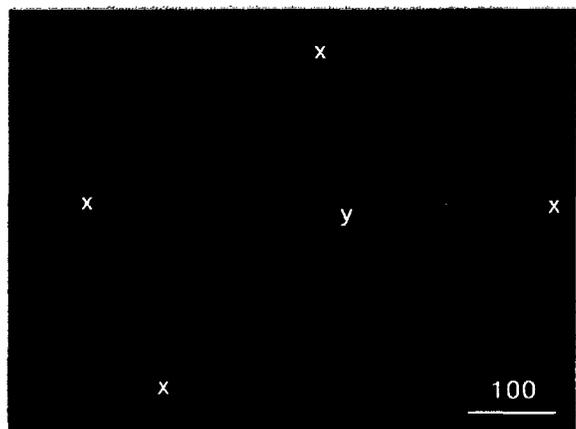
Extremadamente escasos: **Digenita**

El **rutilo** se presenta como cristales subhedrales, generalmente de tamaño fino (<20 micrones) dispersos en la muestra; en su gran mayoría están hematitizados.

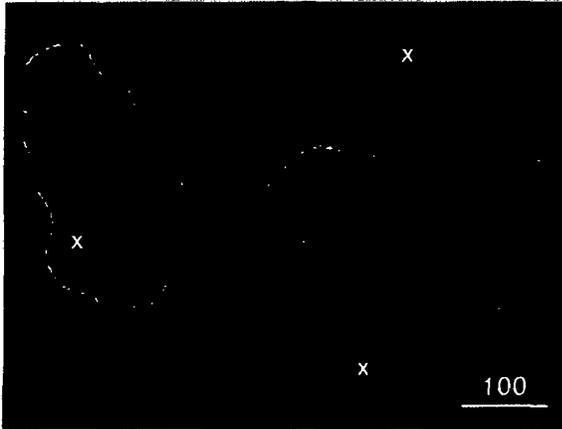
La **pirita** ocurre como finos granos relícticos, diseminados y con tamaños generalmente <10 micrones; los granos de pirita originalmente presentes están como moldes totalmente rellenos de **hematita-limonitas**. Sólo en uno de los fragmentos se observa una cierta concentración de granos poligonales hasta subredondeados de **pirita**, con tamaños entre 10 y 100 micrones, una pequeña parte de los cuales aparecen reemplazados por **digenita**.



Microfotografía N° 21: Diseminaciones de pirita (granos amarillos); uno de los granos ha sido totalmente reemplazado por digenita (color gris azulado).



Microfotografía N° 22: Rutilo finamente diseminado y mayormente hematitizado. Cavidades de lixiviación (x) algunas parcialmente rellenas con óxidos (y)



Microfotografía N° 23: Fragmentos (delineados con amarillo) cementados por sílice; finas disseminaciones de rutilo (hematizado) dentro de los fragmentos y dentro del cemento. Cavidades de lixiviación (x).

MUESTRA UTU MIN 007

Sección delgada

Descripción Macroscópica

Muestra de textura brechosa, constituida por fragmentos hasta milimétricos de color pardo rojizo, rodeados por cementante de color gris amarillento.

Descripción Microscópica

Minerales

Principales: Sílice III (43%), sílice I (25%),

Accesorios: Sílice I (10%), cuarzo II (10%), cuarzo III (5%), rutilo oxidado (3%), hematita (3%).

Subordinados: Cuarzo I (<1%), jarosita(<1%), hematita/limonitas (<1%).

Textura

Brechosa a brechosa relíctica.

Alteraciones

Oxidación moderada.

Nombre: Brecha cuarzosa oxidada

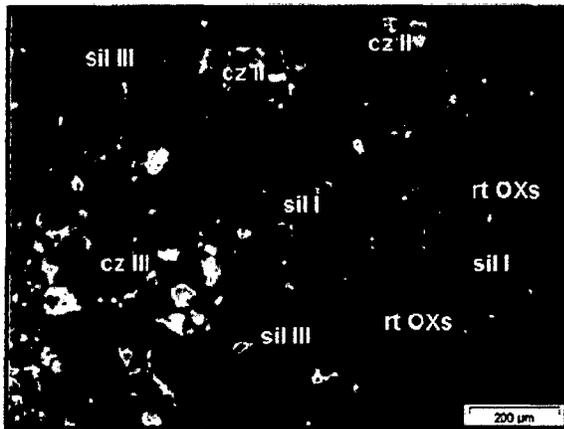
Observaciones

La muestra está constituida por fragmentos de tamaños hasta milimétricos compuestos de:

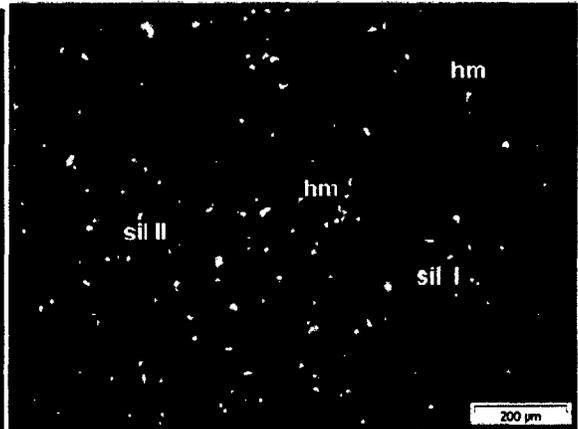
- a) Sílice I microgranular.
- b) Sílice II criptocristalina.
- c) Agregados granulares de cuarzo III de tamaños <100 micrones, ocasionalmente como playas dentro de cuarzo II.
- d) Agregados microgranulares de cuarzo II (de tamaños <50 micrones)
- e) Fragmentos subangulosos a subredondeados de cuarzo I (de tamaños <400 micrones, que ocasionalmente llegan hasta 1200 micrones).

Es frecuente observar fragmentos de sílice I microgranular asociada con playas de cuarzo II y III y con fenocristales de cuarzo I; así como fragmentos de sílice II, con presencia significativa de moldes de probables minerales opacos hematitizados o hematitizados/limonitizados o jarositizados, fragmentos de sílice I, y fragmentos de cuarzo III. En todos los fragmentos, excepto los de sílice II, la presencia de moldes de probables minerales opacos oxidados es poco frecuente.

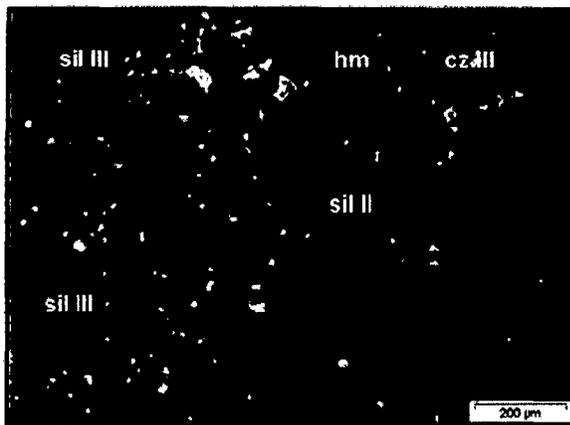
El cementante está constituido por sílice III criptocristalina, que en algunos sectores reabsorbe a los fragmentos, asociada con playas de rutilo oxidado.



Microfotografía N° 24: Fragmentos de cuarzo III y fragmento de sílice I microgranular, rodeados por sílice II criptocristalina con relictos de sílice I y playas de rutilos oxidados.



Microfotografía N° 25: Fragmento de sílice II, fragmento de sílice I, y fragmento de sílice I con fenocristal de cuarzo I. Playas de hematita.



Microfotografía N° 26: Fragmento de sílice II con fragmentos de cuarzo III, rodeados por sílice III. Playas de hematita.



Imagen N° 34: Brecha Piroclástica con textura fragmental gruesa, con alteración Sílice Alunita (Aln. 1-2; Granular 2) presencia de Trazas de OxFe

MUESTRA UTU MIN 008

- Sección delgada

Descripción Macroscópica

Muestra de textura brechosa, constituida por fragmentos hasta milimétricos, de colores gris claro y gris con tintes amarillentos, rodeados por cementante de color gris con tinte amarillento.

Descripción Microscópica

Minerales

Principales: Sílice (50%), cuarzo III (20%), cuarzo IV (20%).

Accesorios: cuarzo II (5%), rutilo (3%), hematita (1%),

Subordinados: Cuarzo I (<1%), hematita/limonitas (<1%).

Textura

Brechosa a brechosa relíctica.

Alteraciones

Oxidación débil

Nombre: Brecha cuarzosa

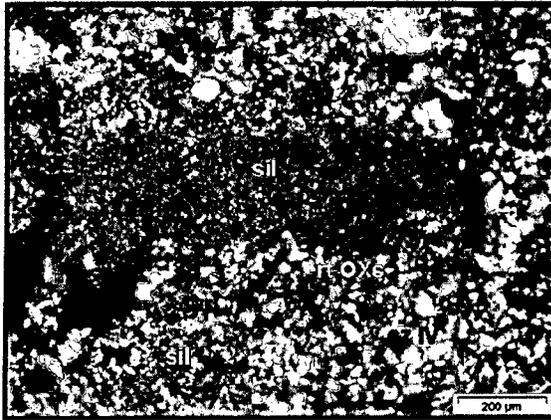
Observaciones

La muestra está constituida por fragmentos de tamaños hasta centimétricos compuestos de:

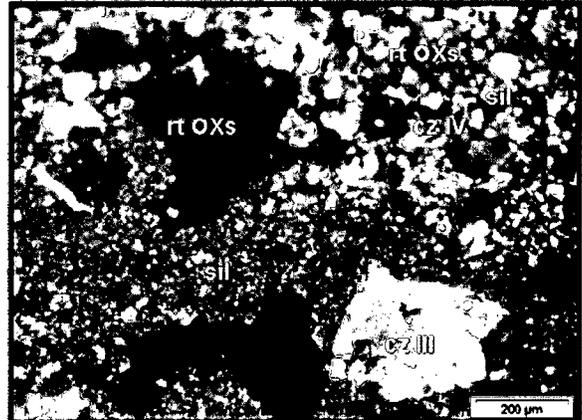
- Sílice microgranular a criptocristalina, con ocasionales inclusiones de fragmentos de cuarzo II microgranular, de cuarzo III granular, y de cuarzo I.
- Agregados microgranulares de cuarzo II (de tamaños <50 micrones).
- Agregados microgranulares de cuarzo III (de tamaños <200 micrones, que a veces llegan hasta 400 micrones).
- Fragmentos subangulosos a subredondeados de cuarzo I (de tamaños <200 micrones, que a veces llegan hasta 400 micrones).

El cementante está constituido por cuarzo IV (tamaños hasta de 100 micrones), con relictos de sílice asociada con playas de rutilo oxidado. El rutilo oxidado también se presenta en fragmentos.

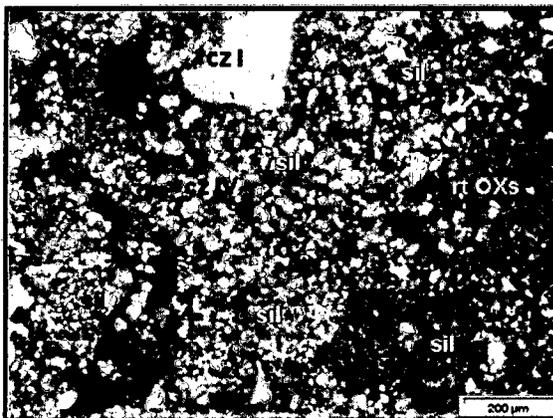
Las hematita/limonitas ocurren como playas o como relleno de moldes de probables minerales opacos.



Microfotografía N° 27: Fragmentos de sílice rodeados por cuarzo IV asociado con sílice y lavas de rutilo oxidado.



Microfotografía N° 28: Fragmento de sílice con inclusión de fragmento de cuarzo III, rodeado por cuarzo IV asociado con sílice y lavas de rutilo oxidado.



Microfotografía N° 29: Fragmentos de sílice y de cuarzo I, rodeados por cuarzo IV asociado con sílice y lavas de rutilo oxidado.

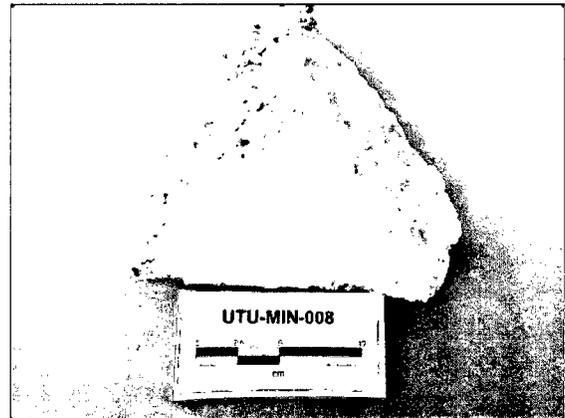


Imagen 35: Brecha Hidrotermal Matriz Soportada, textura fragmental, con Alteración Sílice Granular (2), clastos de sílice granular compacta y sílice masiva; trazas de Alunita y trazas de OxFe.

MUESTRA UTU MIN 009

a) Sección delgada

Descripción Macroscópica

Muestra de textura brechosa, constituida por fragmentos hasta centimétricos, de color gris con tintes amarillentos, rodeados por

cementante gris amarillento; en algunos sectores, el cementante se presenta bandeado.

Descripción Microscópica

Minerales

Principales: Sílice I (52%), sílice II (15%), rutilo oxidado (15%)

Accesorios: cuarzo III (10%), cuarzo II (5%), hematita (1%), limonitas/hematita (1%)

Subordinados: Cuarzo I (<1%), jarosita (<1%), calcedonia (<1%).

Textura

Brechosa a brechosa relíctica.

Alteraciones

Oxidación moderada.

Nombre: Brecha cuarzosa oxidada

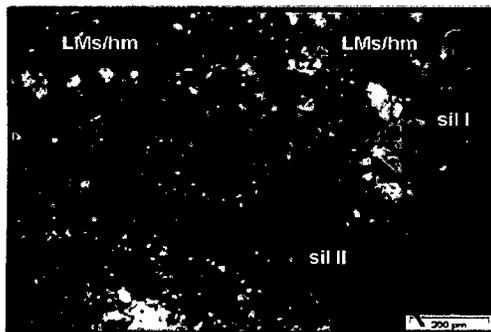
Observaciones

La muestra está constituida por fragmentos de tamaños hasta centimétricos compuestos de:

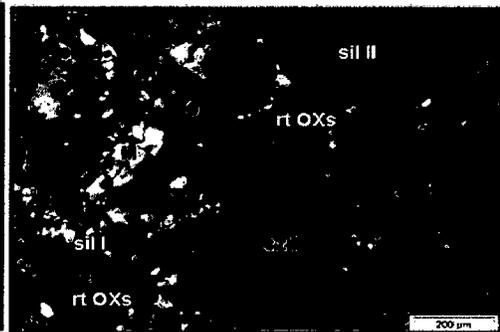
- Sílice I micro a criptogranular, la cual ocasionalmente se encuentra parcialmente reemplazada por sílice II. Estos fragmentos pueden contener fragmentos de agregados granulares de cuarzo II y fragmentos de cuarzo I, o presentarse intercrecidos con calcedonia.
- Sílice II criptocristalina.
- Agregados microgranulares de cuarzo II (de tamaños < 50 micrones, que ocasionalmente llegan hasta 100 micrones).
- Fragmentos subangulosos a subredondeados de cuarzo I (de tamaños <300 micrones, que ocasionalmente llegan hasta 600 micrones); algunas veces ocurren como fenocristales dentro la sílice I.
- Fragmentos reemplazados por rutilo (son muy escasos).

El cementante está constituido por cuarzo III (con tamaños hasta de 100 micrones), que engloba relictos de sílice I y sílice II, y playas alargadas de rutilo oxidado. El rutilo oxidado también se ubica en cavidades dentro de los fragmentos.

La hematita, las limonitas/hematita y la jarosita, se presentan como playas, o rellenan moldes de probables minerales opacos.



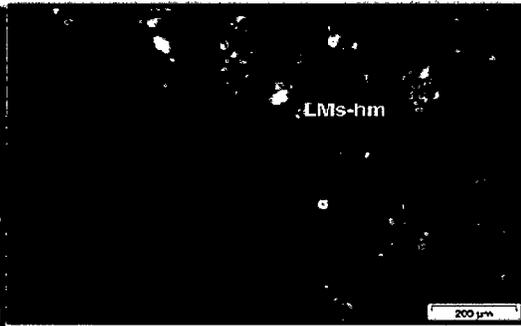
Microfotografía N° 30: Fragmento de sílice I parcialmente reemplazada por sílice II, rodeado por cuarzo III asociado con sílice I. Playas de limonitas-hematita.



Microfotografía N° 31: Fragmento de sílice I parcialmente reemplazada por sílice II y con inclusión de fenocristal de cuarzo I, rodeado por cuarzo III asociado con sílice I. Playas de rutilo oxidado.



Microfotografía N° 32: Fragmento de sílice II con relictos de sílice I, rodeado por cuarzo III asociado con sílice I y con playas de rutilo oxidado.



Microfotografía N° 33: Fragmento de molde relleno con rutilo oxidado, rodeado por sílice I asociada con cuarzo III y playas de rutilo oxidado. Playa de limonitas/hematita.

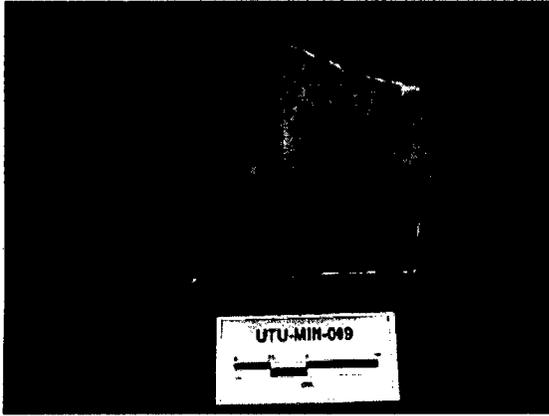


Imagen 36: Brecha Hidrotermal, con alteración Sílice Granular (1) , se observan playas de sílice gris (Py?) presencia de fluidizaciones de sílice crema, presencia de trazas de ÓxFe.

b) Sección pulida

Descripción Macroscópica

Roca brechosa, con fragmentos de tamaño destacado cementados por material silíceo de textura bandeada con indicios de fluidización. Moderada presencia de poros, especialmente asociados a los fragmentos.

Descripción Microscópica

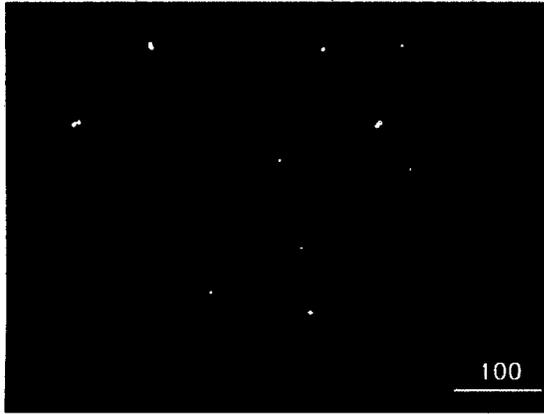
Los minerales opacos observados son:

Algo abundantes: **Rutilo, hematita**

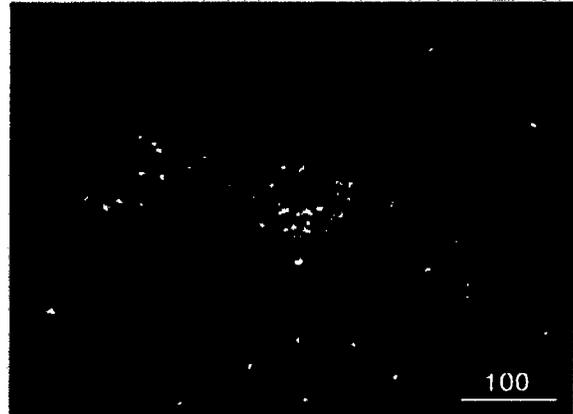
Muy escasos: **Hematita-limonitas**

El **rutilo** se presenta en playas de variado tamaño; algunas veces parecen rellenar moldes esqueléticos de minerales ferromagnesianos (anfíboles?) y adoptan formas tabulares ordenadas según planos de clivaje; otras veces ocurren como nidos de granos subredondeados, asociados a los fragmentos o al cementante. Por lo general están fuertemente hematitizados..

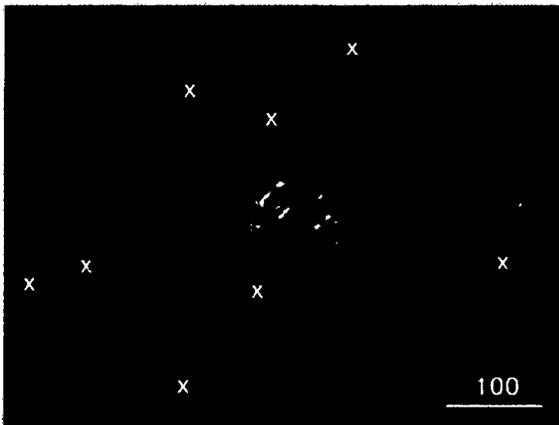
Las **hematita-limonitas** se presentan como finas playas que parecen rellenar moldes de minerales opacos.



Microfotografía N° 34: Al centro de la foto, molde de mineral primario (ferromagnesiano?) reemplazada por un enrejado tabular de rutilo hematizado. Finas disseminaciones de hematita (gris brillante) y de hematita-limonitas (gris sin brillo) que rellenan moldes de minerales opacos? disseminados



Microfotografía N° 35: Parte del cementante siliceo cuya textura bandeada-fluidal es acentuada por relleno de rutilo oxidado, en granos subredondeados de tamaño fino



Microfotografía N° 36: Parte de un fragmento con molde de cristal de anfíboles?, parcialmente relleno con rutilo tabular, ordenado según enrejado de planos de clivaje y mayormente hematizado. Cavidades de lixiviación (x).

MUESTRA UTU MIN 010

- Sección delgada

Descripción Macroscópica

Muestra de textura brechosa constituida por fragmentos centimétricos de color pardo amarillento de probable textura porfirítica, rodeados por cementante pardo rojizo.

Descripción Microscópica

Minerales

Principales: Sílice I (40%), sílice III (36%)

Accesorios: Sílice II (10%), rutilo oxidado (5%), cuarzo II (5%), cuarzo III (3%).

Subordinados: Cuarzo I (<1%).

Textura

Brechosa a brechosa relíctica.

Alteraciones

Oxidación débil.

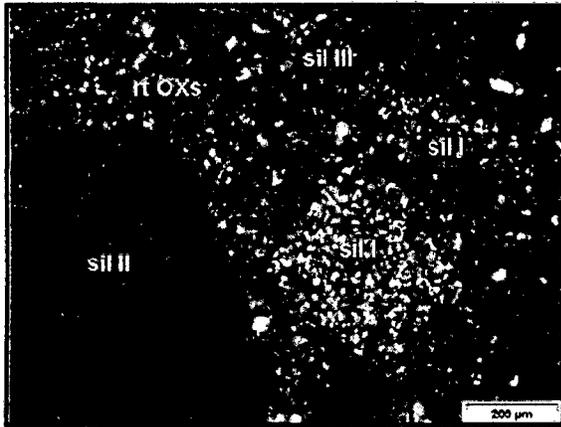
Nombre: Brecha cuarzosa oxidada

Observaciones

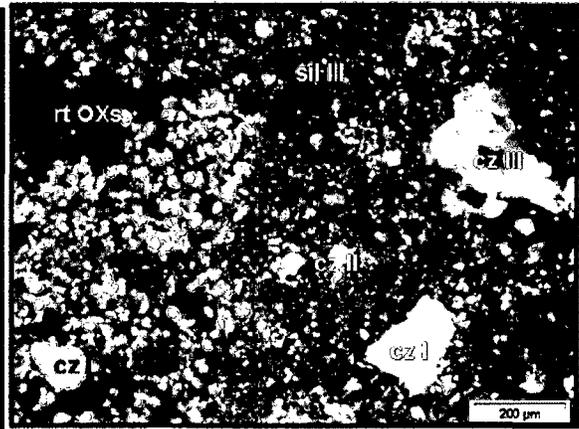
La muestra está constituida por fragmentos de tamaños hasta centimétricos compuestos de:

- c) Sílice I microgranular.
- d) Sílice II criptocristalina.
- e) Agregados granulares de cuarzo III de tamaños <100 micrones, que ocasionalmente están como playas dentro de cuarzo II.
- f) Agregados microgranulares de cuarzo II (de tamaños <50 micrones)
- g) Fragmentos subangulosos a subredondeados de cuarzo I (de tamaños <300 micrones, que a veces llegan hasta 800 micrones), que ocasionalmente se presentan como fenocristales dentro la sílice I.

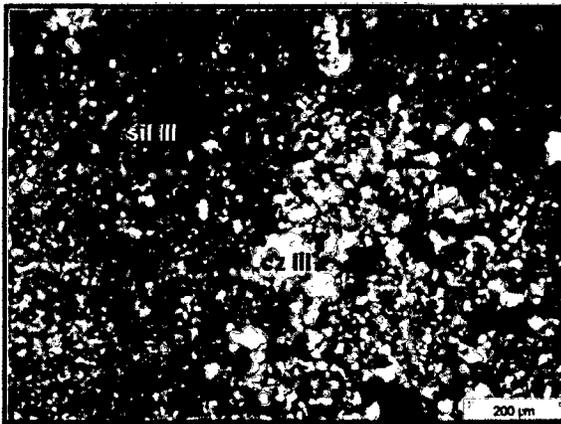
El cementante está constituido por sílice III criptocristalina, la cual en algunos sectores reabsorbe a los fragmentos. El rutilo oxidado ocurre como playas, relleno de cavidades del cementante y de los fragmentos.



Microfotografía N° 37: Fragmentos de sílice I microgranular y fragmento de sílice II criptocristalina, rodeados por sílice III criptocristalina con relictos de sílice I y playas de rutilos oxidados.



Microfotografía N° 38: Fragmento de cuarzo I, fragmento de cuarzo III y fragmento de cuarzo II microgranular con inclusión de fenocristal de cuarzo I, rodeados por sílice III criptocristalina con relictos de cuarzo II. Playas de rutilos oxidados.



Microfotografía N° 39: Fragmento de cuarzo II con playa de cuarzo III, rodeados por sílice III criptocristalina con relictos de cuarzo III.

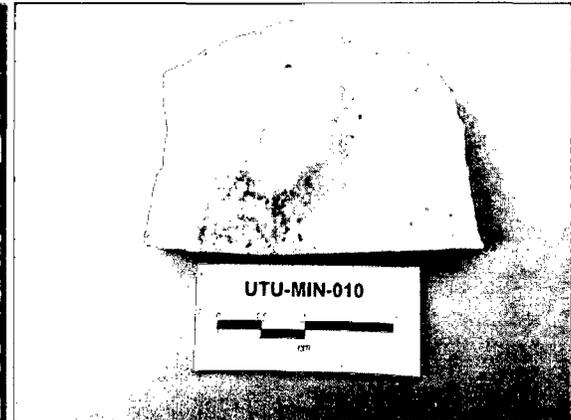


Imagen 37: Tufo de Cristales con alteración Sílice Masiva, presencia de cristales rotos de cuarzo, trazas de OxFe en oquedades, finas inyecciones de sílice crema blanquecina.

MUESTRA UTU MIN 011

- Sección delgada

Descripción Macroscópica

Muestra de textura porfírica constituida por fenocristales blanco grisáceos, rodeados por matriz afanítica gris con playas pardo amarillentas.

Descripción Microscópica

Minerales

Principales: Sílice (70%), rutilo (15%),

Accesorios: Plagioclasas (7%), limonitas/hematita (5%), vidrio (2%).

Subordinados: Cuarzo (<1%).

Textura

Brechosa relíctica.

Alteraciones

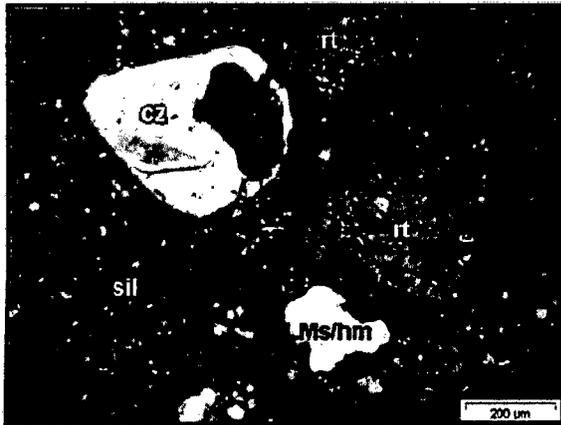
Oxidación débil.

Nombre: Toba vítrea

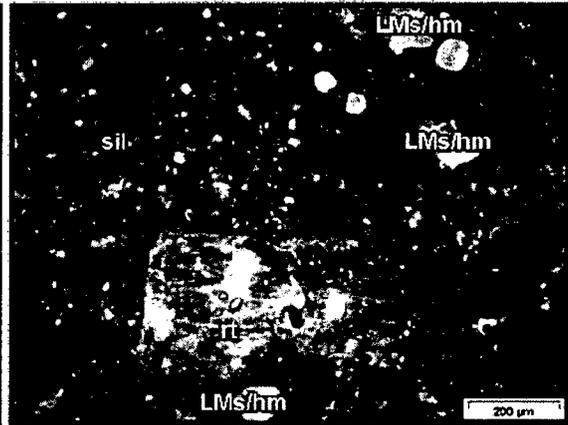
Observaciones

La muestra está constituida por moldes de fragmentos lixiviados y reemplazados por agregados muy finos de rutilo (con tamaños hasta de 1000 micrones), fragmentos de cuarzo (de tamaños <600 micrones) con golfos de corrosión, y escasos moldes de fragmentos lixiviados (de tamaños <1000 micrones), rellenos de ópalo, rodeados por una matriz constituido por sílice con algunos microlitos de plagioclasas (de tamaños <100 micrones).

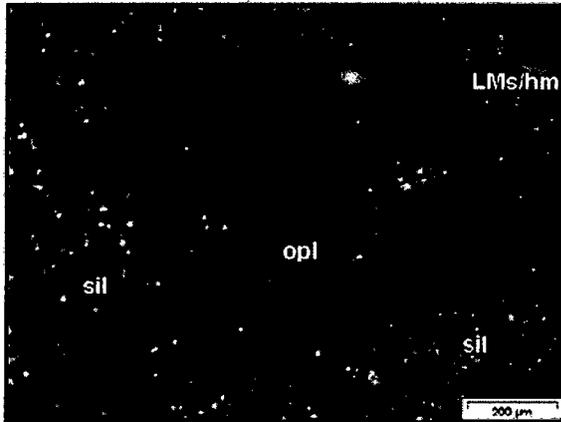
Las limonitas/hematitas, constituyen el relleno de moldes de probables minerales opacos (de tamaños <200 micrones).



Microfotografía N° 40: Fragmentos de cuarzo, y moldes de fenocristales esqueléticos reemplazados por rutilo, rodeados por sílice. Playas de minerales opacos oxidados



Microfotografía N° 41: Moldes de fragmentos esqueléticos reemplazados por rutilo, rodeados por sílice. Moldes de minerales opacos oxidados.



Microfotografía N° 42: Fragmento relleno de ópalo, rodeado por sílice y moldes oxidados de minerales opacos.

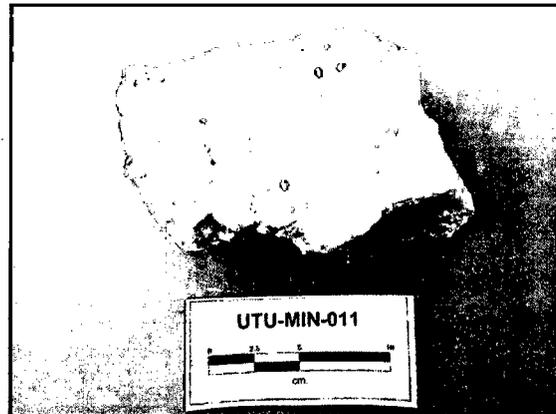


Imagen 38: Andesita? Porfírica con alteración Sílice Opalina.

MUESTRA UTU MIN 012

a) Sección delgada

Descripción Macroscópica

Muestra de textura afanítica, con playas pardo rojizas y pardo amarillentas

Descripción Microscópica

Minerales

Principales: m.a.c./vidrio (44%), rutilo (30%),

Accesorios: Ópalo (10%), hematita/limonitas (7%), Limonitas/hematita I (5%), limonitas/hematita II (3%).

Subordinados: Cuarzo (<1%), plagioclasas (<1%).

Textura

Brechosa relictica

Alteraciones

Oxidación moderada

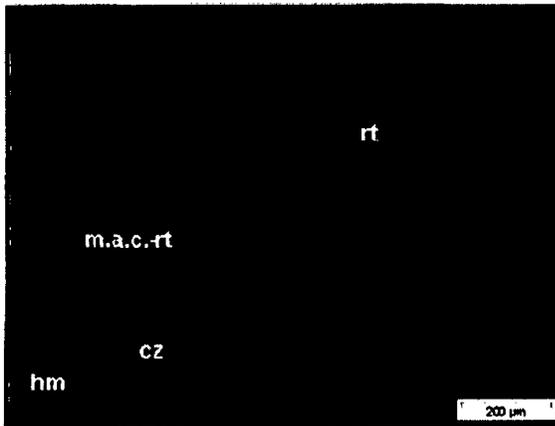
Nombre: Toba vítrea oxidada.

Observaciones

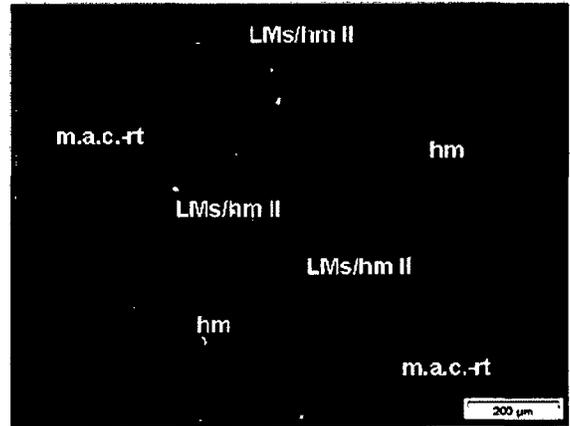
La muestra está constituida por moldes de fragmentos de tamaños hasta milimétricos, parcialmente lixiviados y reemplazados por rutilo que engloban cavidades rellenas de ópalo (ocasionalmente con relictos de plagioclasas), moldes de fragmentos reemplazados por limonitas/hematita I y rutilo, y fragmentos de cuarzo, rodeados por material amorfo criptocristalino (probable vidrio) asociado con playas de rutilo. Las limonitas/hematita I ocurren también como playas asociadas al cementante de la roca.

Las hematita/limonitas constituyen el relleno de moldes de probables minerales opacos.

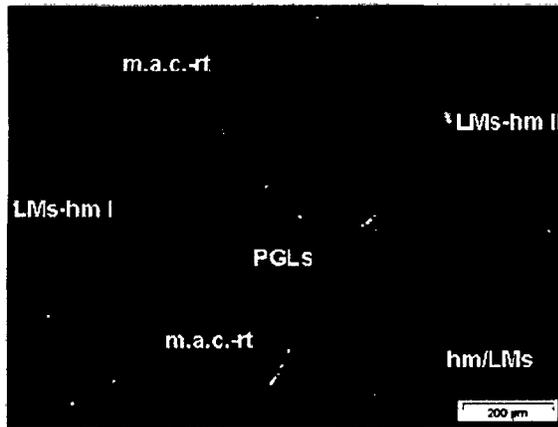
Las limonitas/hematita II rellenan venillas.



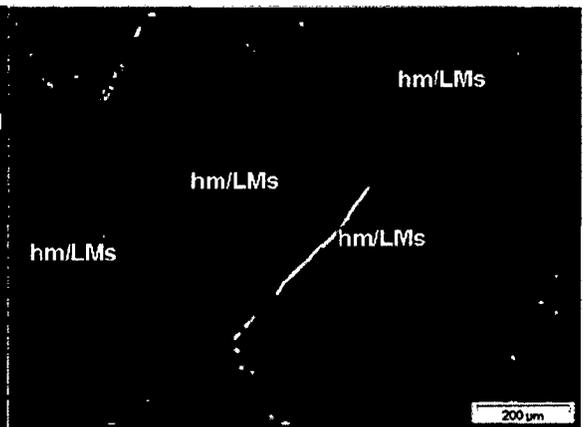
Microfotografía N° 43: Molde de fragmento reemplazado por rutilo, y fragmento redondeado de cuarzo, rodeados por material amorfo criptocristalino (m.a.c.) asociado con



Microfotografía N° 44: Cementante de material amorfo criptocristalino asociado con rutilo y playas de hematita., cortado por venillas rellenas de limonitas/hematita II



Microfotografía N° 45: Molde de fragmento reemplazado por rutilo asociado con cristal de plagioclasas lixiviadas, rodeado por material amorfo criptocristalino asociado con rutilo y playas de hematita. Venillas de limonitas/hematita II.



Microfotografía N° 46: Molde de minerales opacos reemplazado por hematita/limonitas, rodeado por material amorfo criptocristalino asociado con rutilo.

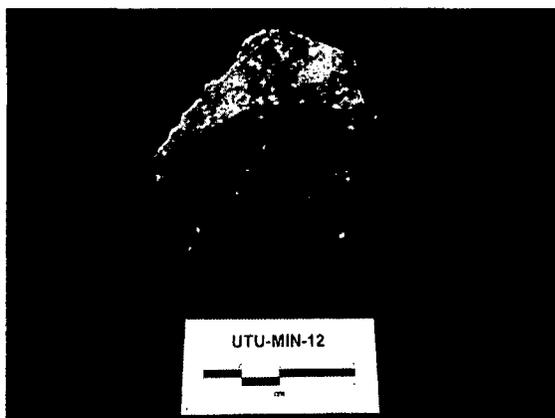


Imagen 39: Dacita, textura porfírica, se observan algunos cristales de Cuarzo, con alteración Sílice Opalina con OxFe (Tz-1).

b) Sección pulida

Descripción Macroscópica

Roca de textura afanítica que engloba escasos fragmentos mayormente rectangulares. Marcada oxidación en nidos y vetillas.

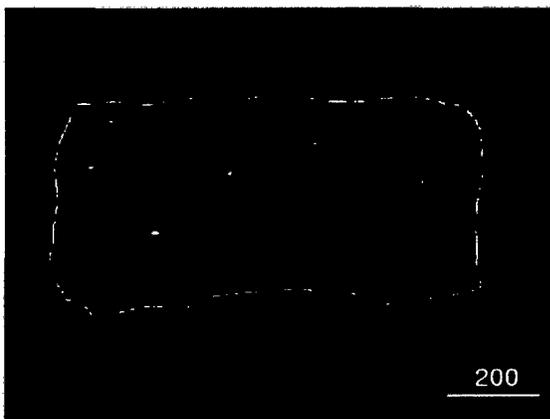
Descripción Microscópica

Los minerales opacos observados son:

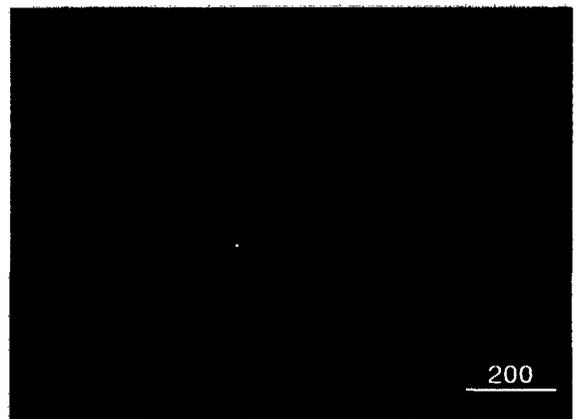
Algo abundantes: Rutilo, Hematita-limonitas

El **rutilo**, frecuentemente hematitizado, rellena moldes de cristales de variado tamaño; otras veces ocurre como finas diseminaciones.

Las **hematita-limonitas** reemplazan a una buena parte del rutilo; otras veces rellenan moldes de probables minerales opacos finamente diseminados. También ocurren como finas venillas que cortan a toda la muestra.



Microfotografía N° 47: Molde de cristal rectangular (contorno blanco) parcialmente relleno de rutilo hematitizado



Microfotografía N° 48: Minúscula playa de hematita cortada por venilla extremadamente fina de hematita-limonitas



Microfotografía N° 49: Finas diseminaciones de rutilo rellenas con hematita (gris brillante), y de probables minerales opacos rellenos con hematita-limonitas

10.3 CONTROLES DE MINERALIZACION

El proyecto Utunsa es un depósito cuyas características principales determina un sistema de alta sulfuración o del tipo ácido sulfato, los factores que nos llevó a realiza esta investigación fue gracias a la determinación, por medio de fotografía aéreas, la extensión de la alteración y la litología permeable de la zona compuesta principalmente por rocas piroclásticas y lavas.

Control estructural

Entre las estructuras que controlan la distribución de anomalías se incluye:

- Conjunto de fracturas NW y NE, y fallas mayores.
- Contactos con subvolcánicos, especialmente donde han sido sobre impuestos o modificados por fracturas y fallas NW.
- El margen de Domo y BxFm.

Control litológico

En el área se han reconocido diferentes unidades volcánicas de composición andesíticas, volcanoclásticos (depósitos de bloques y cenizas, depósitos de pómez y ceniza, depósitos de flujos de ceniza y secuencia de lahares), en la parte superior se tiene secuencias de brechas piroclásticas con fragmentos heterolíticos estas unidades muestran diferentes texturas y orígenes, como parte de un ambiente explosivo y efusivo las cuales tienen una previa alteración.

La secuencia inferior aparentemente son lavas andesíticas, esta secuencia fueron cortadas por domos y cuerpos subvolcánicos Dacíticos, en diferentes épocas y con diferente textura, así mismo esta secuencia volcánica ha sido intruída por brechas freáticas, tectónicas como secuencias subverticales, presentes en la zona central del proyecto

10.4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

10.4.1 Modelo Geológico de Utunsa

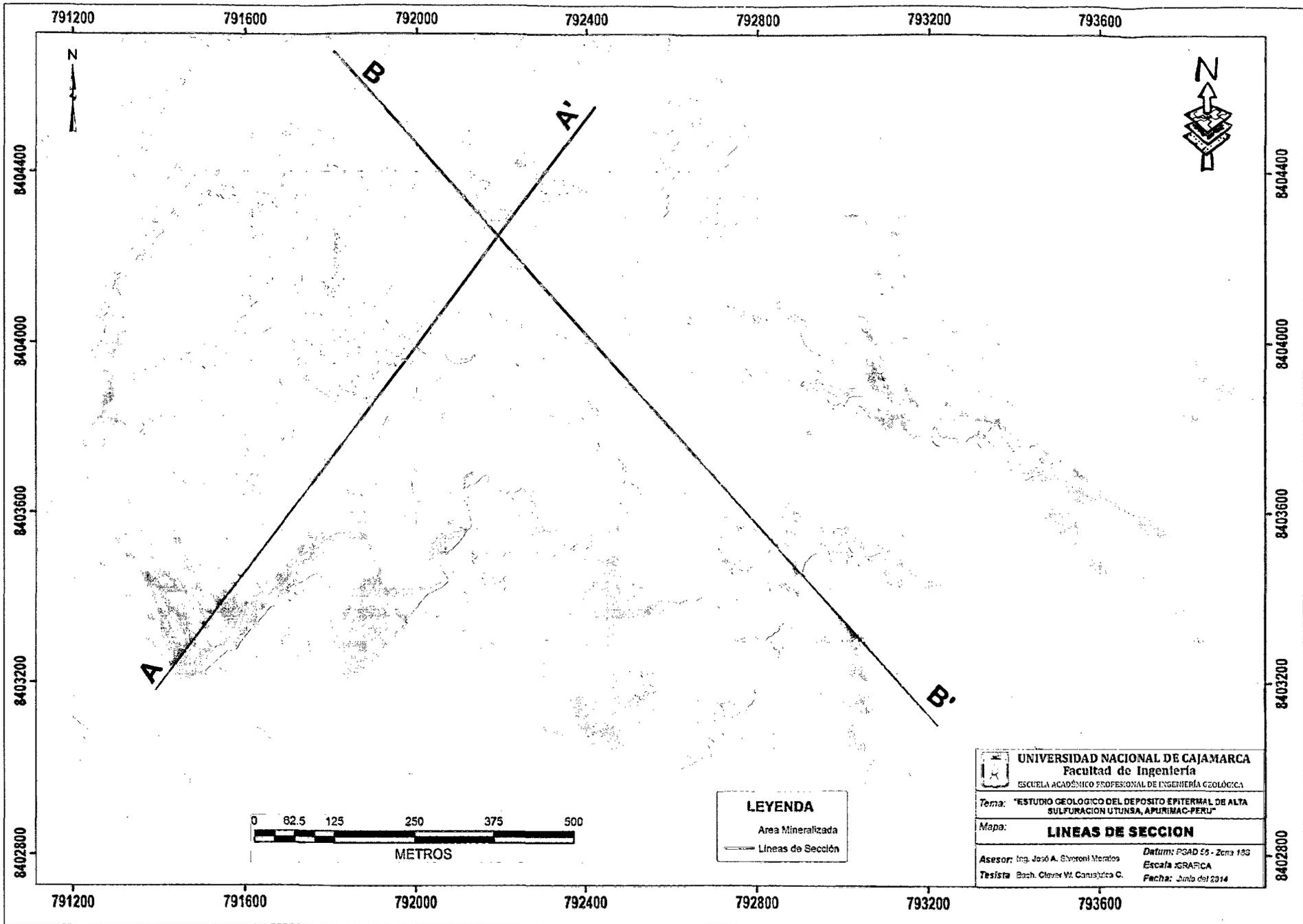
Como resultado de la investigación se ha podido definir un modelo geológico tentativo del Proyecto Utunsa; se ha realizado dos secciones geológicas en diferentes direcciones, para determinar el comportamiento estructural, litológico y lo más importante la evolución Geológica preliminar del yacimiento.

La interpretación hecha con las secciones fue complementada con la información geológica observada en campo (Mapeos).

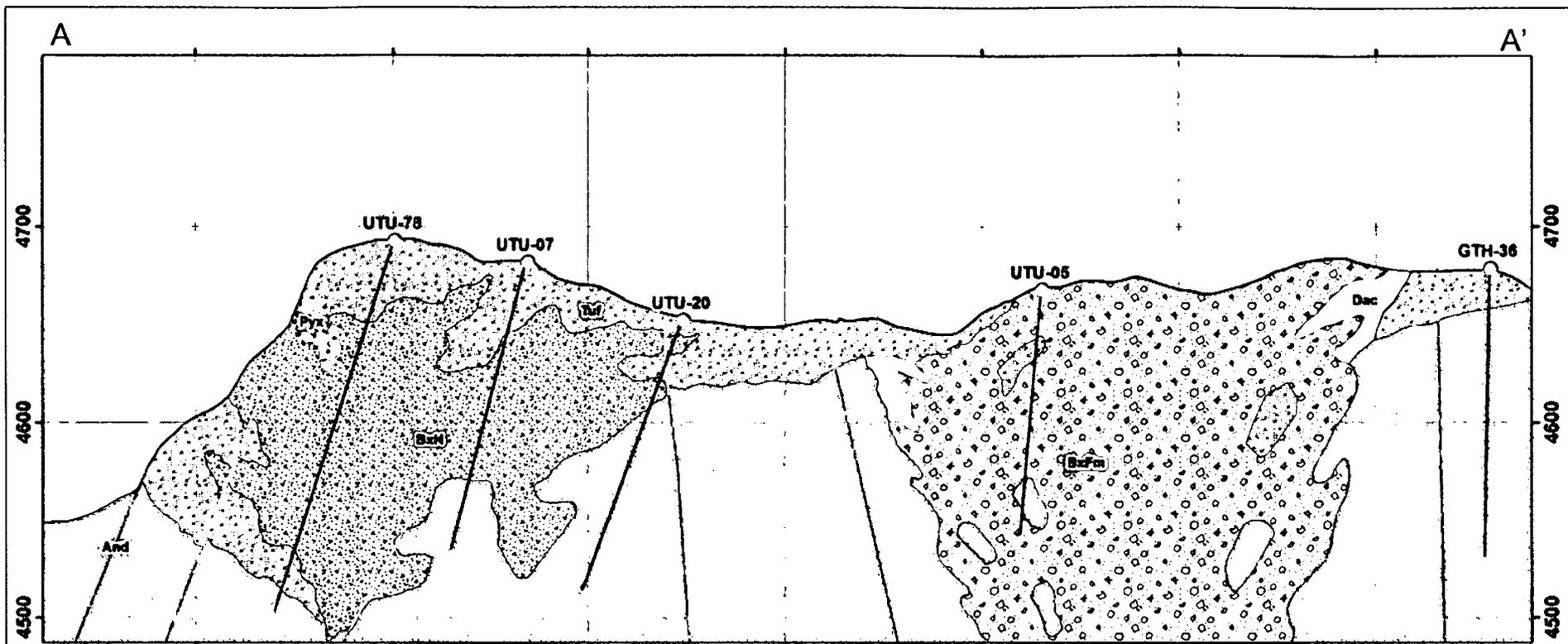
El basamento está compuesto por Andesitas que fueron cortadas por brechas freatomagmáticas, estériles; en los bordes se tiene tobas-tufos-brechas hidrotermales con bloques posiblemente desplazados – basculados con mineralización económica de Au.

La secuencia Volcánica mineralizada en Utunsa está compuesto por tufos y piroclastos (Tobas) cortadas por brechas hidrotermales, donde se observan niveles de sílice gris y sílice crema en forma de venillas; la secuencia volcánica tiene un espesor aproximado de 150 a 200 m.

La parte central se encuentran rezagos de brechas freatomagmáticas con un encape de sílice en la parte superior.

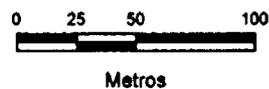


 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA Facultad de Ingeniería ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
Tema: "ESTUDIO GEOLOGICO DEL DEPOSITO EPITERMAL DE ALTA SULFURACION UTUNSA, APURIMAC-PERU"	
Mapa: LINEAS DE SECCION	
Asesor: Ing. José A. Siveroni Morales	Datum: PGAD 55 - Zona 153
Tesisista: Bach. Claver W. Castañeda C.	Escala: 1:50000 Fecha: Junio del 2014

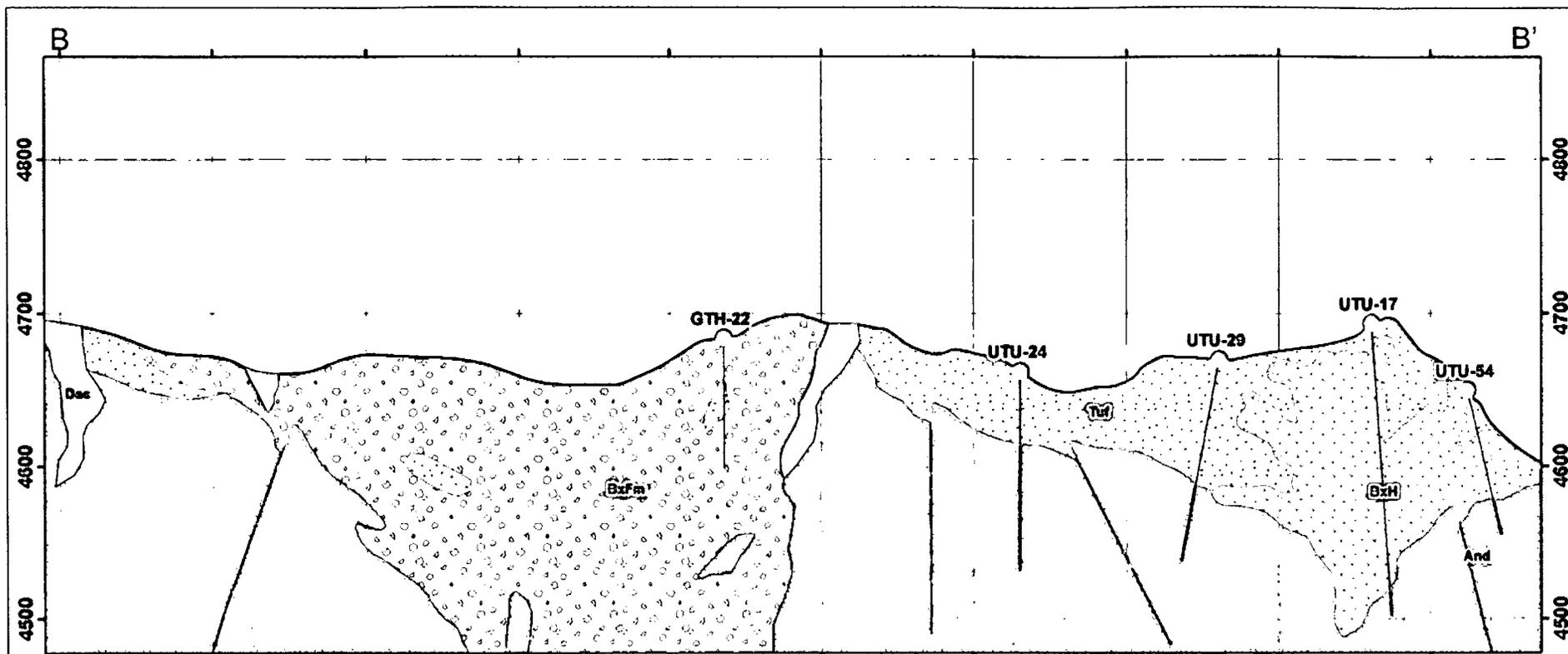


LEYENDA

And	Andesita	Dac	Dacita	—	Fallas
BreFa	Brecha Freatomagmática	Pyc	Piroclasto	○	Taladros
BreHi	Brecha Hidrotermal	Tu	Tufo		

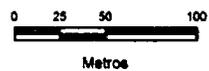


 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA Facultad de Ingeniería ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
Tema: "ESTUDIO GEOLOGICO DEL DEPOSITO EPITERMAL DE ALTA SULFURACION UTUNSA, APURIMAC-PERU"	
Mapa: SECCION A-A'	
Aseor: Ing. José A. Siveroni Morales	Datum: PSAD 56 - Zona 18S
Teelista: Bach. Clever W. Caruajulca C.	Escala: GRAFICA
	Fecha: Junio del 2014



LEYENDA

And	Andesita	Dac	Dacita	Fallas
BxM	Brecha Freatomagmática	Piro	Piroclasto	Taladros
BxH	Brecha Hidrotermal	Tuf	Tufo	



4	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
	Facultad de Ingeniería	
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
Tema: "ESTUDIO GEOLOGICO DEL DEPOSITO EPITERMAL DE ALTA SULFURACION UTUNSA, APURIMAC-PERU"		
Mapa:	SECCION B-B'	
Asesor: Ing. José A. Siveroni Morales	Datum: PSAD 56 - Zona 18S	
Tesista: Bach. Clever W. Carusjuica C.	Escala: GRAFICA	
	Fecha: Junio del 2014	

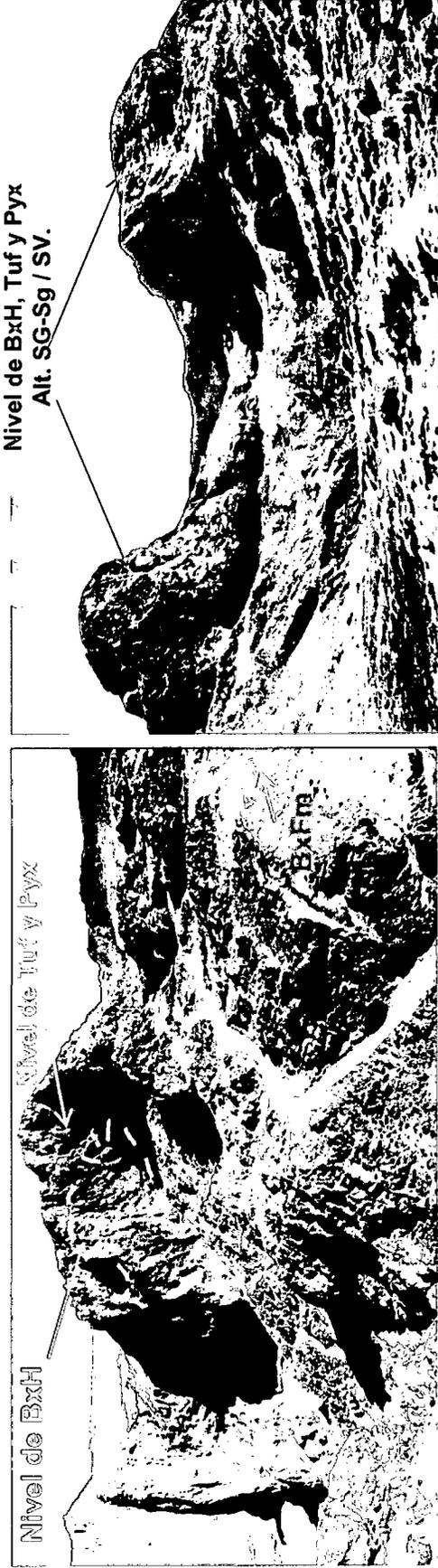
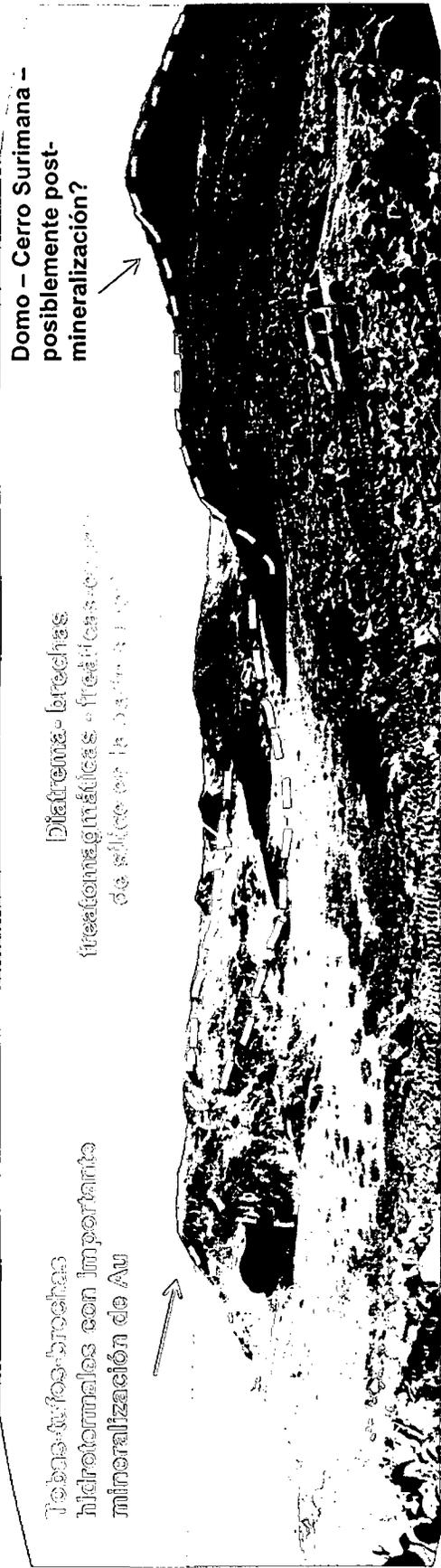


Imagen 40: Vistas panorámicas del sector de estudio

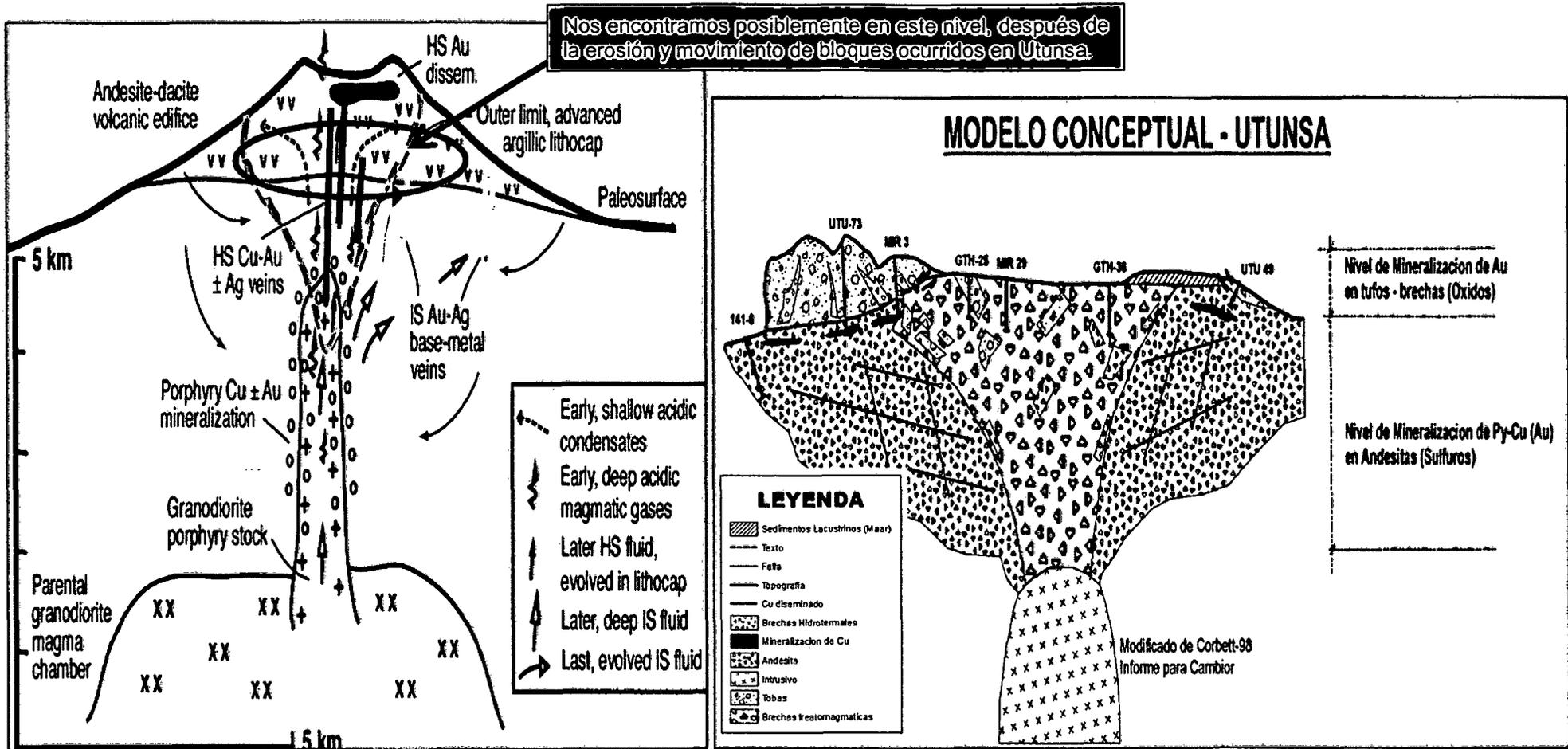
10.5 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Los diferentes estudios realizados en el yacimiento "Utunsa" tales como: Estudio Geológico, Estudio Geofísico IP (Resistividad y Cargabilidad), Estudio Geoquímico, más el Estudio Petrográfico-Minerográfico se pudo encontrar evidencias de alteración en todas la secuencias volcánicas, controladas por estructuras con dirección NW-SE, NE-SW, definiéndose un sistema típico de alta sulfuración.

También por intermedio del análisis estructural y litológico se observa fuertes fraturamientos y fallamientos que pueden ser buenas zonas para el emplazamiento de mineralización en el proyecto.

A consecuencia de la creación y reactivación de cámaras magmáticas, cuerpos subvolcánicos (domos andesíticos- dacíticos) que se encuentran en estado seco o semiseco han emergido a la superficie generando fracturamiento, craquelamiento y permeabilidad secundaria en los cuerpos que han intruído, el tufo andesítico se convierte en un material mucho más receptivo para los eventos mineralizantes y cementantes que para el caso del yacimiento "Utunsa" habrían sido singenéticos con el domo

Después de la revisión de sondajes y trabajo de campo, se propone el siguiente modelo conceptual donde se postula que al centro del yacimiento se encuentran BxFm, a los bordes niveles de Tuf y Pyx, suprayacendo a niveles de andesitas, cortadas por BxH, sectores con importantes anomalías geoquímicas de Au



Sillitoe, 1973; Sillitoe and Hedenquist, 2003

Imagen 41: Modelo conceptual del proyecto Utunsa

CONCLUSIONES

- El detalle del cartografiado geológico superficial nos ha ayudado a visualizar zonas con alteración hidrotermal y mineralización en superficie, así como sectores altos donde se encuentra sílice masiva que se ha comportado como un sello debido a su impermeabilidad.
- El modelo geológico propuesto muestra claramente que la configuración de la geología estructural es importante para albergar mineralización especialmente los ubicados a los bordes del yacimiento.
- El control estructural principal es de dirección andina NW, existen estructuras de dirección NE (N 50° E, N60° E) tensionales al control principal, los intrusivos subvolcánicos se han emplazado aprovechando el cruce de estas estructuras.
- La zona mineralizada del yacimiento se localiza en la zona de borde del domo andesítico, sector Este de la zona de estudio que aloja a los tufos del Tacaza mismos que se encuentran silicificados (Silice Masiva, Silice Granular, Sílice Gris, Sílice Vuggy) y con presencia importantes de óxidos de hierro (limonita, hematita, goethita) y alunita sacaroide relleno de oquedades de la roca.
- El cuerpo mineralizado presenta una historia compleja de brechamiento y cementación. Se han detectado hasta 3 etapas de brechamiento y cementación hidrotermal. La segunda etapa de brechamiento constituye la fase principal de mineralización económica por oro.
- Según el estudio petrográfico, las rocas son tobas, brechas hidrotermales, lavas andesíticas.
- La información geofísica muestra un zonamiento favorable para la silicificación en zona de óxidos.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Gerencia de Exploraciones de Aruntani SAC. Programar y desarrollar las siguientes actividades.

- Realizar el estudio geológico de la zona en estudio al detalle, escalas 1:1000 en las zonas de interés.
- Desarrollar un intenso muestreo con una malla regular tipo rombo 50 x 50 metros y abrir calicatas en zonas donde no existen afloramientos muy cercanos a superficie, con equipo liviano (pala mecánica) y/o personal.
- Realizar Estudios de Inclusiones Fluidas para aprovechar la presencia de los tipos de cuarzo y definir el evento mineralizante más importante.
- Realizar campañas de perforación de taladros profundos en la anomalía de geofísica para identificar algún cuerpo con mineralización tipo pórfido en profundidad.
- Continuar con la evaluación de zonas aledañas asociadas al sistema mineralizado del yacimiento.
- Realizar una campaña Geofísica por método de IP.
- Realizar secciones cada 25 metros para mejor interpretación.

BIBLIOGRAFÍA

- **Lobo-Guerrero L.** Abril 1999, Brechas Relacionadas a Mineralización. México DF- México.
- **Albinson Et Al. 2001; Einaudi Et Al. 2003, Sillitoe y Hendesquit, 2003;** Composición de los Fluidos de Sulfuración Intermedia.
- **Anzoleaga, 1988,** The La Joya copper-gold-silver district, Bolivia, en Yacimientos Epitermales en ambientes de volcanismo Reciente, Seminario-taller, La Paz, Bolivia 1988, IUGS-UNESCO, Preprint, 2p.
- **Benjamín A. (Junio de 1998),** estudio de la Cordillera Blanca. Lima-Perú.
- **Black, J., Mancuso, T. Gant, J., 1991,** Geology and mineralization at the Rawhide Au-Ag deposit, Mineral County, Nevada, in Raines, G.L., Lisle, R.E., Shafer, R.W. and Wilkinson., Geology and Ore Deposits of the Great Basin: Geological Society of Nevada, p. 1123-1144.
- **Bryan, K., 1948,** Los Suelos y fósiles de la Altiplanicie de México, en relación a los Cambios Climáticos. Soc. Geol. Mexicana, Bol., v. 13. p. 1-20.
- **Camprubí, A., González-Partida, E., Levresse, G., Tritlla, J., Carrillo-Chávez, A., 2003,** Depósitos Epitermales de Alta y Baja sulfuración: una tabla comparativa: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 56, 10-18.
- **Cánepa, C., 2011:** “Informe de estudios petrominerográficos realizados en el Proyecto Utusa”. Informe Interno – Minera Anabi SAC
- **Carrillo, M., Suter, M., 1982,** Tectónica de los alrededores de Zimapán, Hidalgo y Querétaro: Libro Guía de la Excursión Geológica de la C.F.E., Reunión Nacional Geotecnia y Geotermia.
- **CL, F; Michel y Garson, 1972;** Mineralización Relacionada a Arcos Magmáticos en Zonas de Convergencia (Halógenos).

- **Dávila J. (1999)**, Diccionario Geológico - INGEMMET.
- **Eduardo González-Partida* y Luis F. Vassallo, 2001.** Geoquímica de elementos mayores de los cuerpos intrusivos terciarios de Tierra Caliente, Edo. de México, México, boletín de la sociedad geológica mexicana, tomo liv, 2001, p. 1-9.
- **Harvey, B., Myers, S. Klein, T., 1999**, Yanacocha gold district, northern Peru, en Proceedings of the Pacrim'99 Congress, Bali-Indonesia, Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 445-459.
- **Hedenquist, J. 1987**, "Mineralization associated with volcanic-related hydrothermal systems in the circum-pacific basin: Circum-pacific energy and mineral resources conference 4th"- Singapore, August 1986, transactions, p. 513-524.
- **Hedenquist, J., Lowenstern, J. 1994**, the role of magmas in the formation of Hydrothermal ore deposits Nature, V. 370, p. 519-527.
- **Hedenquist, J. W., Arribas, A.Jr. Urien-Gonzalez, E. (2000)**, "Exploration for epithermal gold deposit":- Society Economic Geologists Reviews, vol. 13, p. 245-277.
- **INEI-Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda.**
- **INGEMMET**, Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomas, hojas 29 – p, 29 – c y 29 – r. publicado por el instituto geológico minero y metalúrgico, 1977.
- **Lowell y Gilbert , 1970**, Los Pórfidos Cupríferos, Ambiente Geológico, Guías Para la Exploración de Depósitos de Este Tipo.

- **Lunar R., Oyarzun, R., 1991, Yacimientos Minerales, Técnicas de estudio, Tipos, Evolución Metalogénica y Exploración, Parte I, Editorial de Centro de Estudios Ramón Areces (CESRA), Madrid, 950 p.p.**
- **Merchant, R.,1986, Mineralization in the Thames District - Coromandel, in Henley, R.W., Hedenquist, J.W. and Roberts, P.J., eds., Guide o the Active Epithermal (Geothermal) Systems and Precious Metal Deposits of New Zealand: Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart, Monograph Series on Mineral Deposits 26, p. 147-163.**
- **Motilla, J., 1994, Interpretación Genética de un Depósito Epitermal Au-Ag, San Martín, Colón, Querétaro, México: Reporte interno de la Cía. Minera Teck, no publicado.**
- **Muñoz, C., 1993, Modelo Genético de los Depósitos de Oro, Proyecto San Martín, Qro.: XX Convención Nacional de la A.I.M.M.G.M., A.C., memorias, p. 246-260.**
- **Sillitoe, R. (1993): Epithermal Models: Genetic Types, Geometrical Controls and Shallow Features; in Mineral Deposit Modeling, Kirkham, R.V.**
- **Sillitoe, 1970; Sawkins, 1972; Guild, 1972; Magmatismo y Metalogénesis. Posters and bloklet, special publication 1, 17p. 93, 373-404.**