UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE GEOLOGÍA, MINAS, METALURGIA Y CIENCIAS GEOGRÁFICAS
E.A.P. DE INGENIERIA GEOLOGICA

Prospección geoquímica del cuadrangulo de Chalhuanca (29-p) – inventario de recursos minerales

TESIS Para optar el título profesional de INGENIERO GEOLOGO

AUTOR
Yvan Rolando Hurtado Guerrero

LIMA – PERÚ 2002

DEDICATORIA

A mis queridos padres Rafael
y Mila por su amor, cariño y
dedicación durante mi formación como persona

A mi hermana Filmar por su
perseverancia y porque
siempre confió en mi.

A mis hermanos Sussetty,
Cecilia y Aldo que me apoyaron en los momentos
difíciles.

A Mónica Fiorella por su
paciencia y apoyo
incondicional.

CONTENIDO

RESUMEN 1

CAPITULO I
INTRODUCCIÓN 2
1.1 Ubicación 2
1.2 Accesibilidad 2
1.3 Objetivos y Metas 3
1.4 Metodología de Trabajo 4
1.4.1 Trabajo de Gabinete 4
1.4.2 Trabajo de Campo 4
1.5 Estudios Anteriores 5
1.6 Agradecimientos 7

CAPITULO II
GEOGRAFIA 9
2.1 Unidades Geográficas 9
2.1.1 Región Quechua 9
2.1.2 Región Suni 9
2.1.3 Región Puna 10
2.2 Clima 10
2.2.1 Clima Templado Moderado Lluvioso (Cw) 10
2.2.2 Clima Frío Boreal (Dwb) 11
2.2.3 Clima de Tundra Seca de Alta Montaña (Eth) 11
2.3 Cuencas de Drenaje 11

CAPITULO III
GEOMORFOLOGÍA 13
3.1 Valles de cañón y quebradas 14
3.2 Relieve montañoso disectado por valles fluviales 14
3.3 Llanura fluvioglaciar con lagunas 15
3.4 Área de glaciares 15
3.5 Relieve Montañoso con áreas de glaciares 15

CAPITULO IV
GEOLOGÍA REGIONAL 16
4.1 Estratigrafía 16
4.1.1 Grupo Yura 16
4.1.2 Formación Piste 16
4.1.3 Formación Chuquibambilla 17
4.1.4 Formación Soraya 19
4.1.5 Formación Mara 20

4.1.6 Formación Ferrobamba 21
4.1.7 Grupo Puno 22
4.1.8 Grupo Tacaza 23
4.1.9 Volcánicos Sencca 24
4.1.10 Grupo Barroso 25
4.1.11 Depósitos Morrénicos y Fluvioglaciares 26
4.1.12 Volcánicos Santo Tomás 27
4.1.13 Depósitos Aluviales 27
4.2 Rocas Intrusivas 28
4.2.1 Cuarzodioríta y Cuarzomonzodioríta 29
4.2.2 Cuarzodioríta a dioríta 29
4.2.3 Tonalitas 30
4.2.4 Granodioritas 30
4.2.5 Rocas Subvolcánicas 31
4.3 Geología Estructural 32
4.3.1 Tectónica Andina 33
4.3.1.1 Fase Peruana 34
4.3.1.2 Fase Incaica 34
4.4 Magmatismo 35
4.4.1 Batolito de Abancay 36

CAPITULO V
APLICACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES EN LA EXPLORACIÓN 37
5.1 Sensores Remotos 37
5.2 Características y Aplicación de las Bandas TM 37
5.3 Elaboración de la Máscara 40
5.4 Análisis de las Imágenes Satelitales Landsat TM 41
5.4.1 Cociente entre Bandas 41
5.4.2 Combinación de Cocientes 43
5.4.3 Análisis de Componentes Principales 44
5.5 Elaboración de Mapas de Anomalías Espectrales 46
5.6 Ventajas y Desventajas 47

CAPITULO VI
MARCO TEORICO DE UNA PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA 48
6.1 Introducción 48
6.2 Principios Básicos de la Geoquímica 49
6.2.1 Ambiente Geoquímico 49
6.2.1.1 Ambiente Primario 49
6.2.1.2 Ambiente Secundario 50
6.2.2 Dispersión Geoquímica 50
6.2.2.1 Dispersión Mecánica 51

6.2.2.2 Dispersión Química 51
6.2.2.3 Dispersión Primaria 52
6.2.2.4 Dispersión Secundaria 52
6.2.3 Influencia del Medio Ambiente sobre la Dispersión 58
6.2.3.1 Influencia del Clima sobre la Dispersión 58
6.2.3.2 Influencia de la Geomorfología sobre la Dispersión 59
6.2.3.3 Influencia del Ambiente Geológico sobre la Dispersión 59
6.2.3.4 Influencia de la Flora y Fauna sobre la Dispersión 60
6.2.3.5 Influencia del Tiempo sobre la Dispersión 60
6.2.4 Movilidad Geoquímica 61
6.2.4.1 Las Características Mecánicas de la Fase Móvil 62
6.2.4.2 Las Características Químicas de la Fase Móvil 62
6.2.5 Asociación de Elementos 62
6.2.5.1 Clasificación Geoquímica de los Elementos 63
6.2.5.2 Asociación Geoquímica de los Elementos 64
6.2.5.3 Elementos Guías Indicadores de Descubrimiento (Pathfinder) 64
6.2.6 Distribución Geoquímica 65
6.3 Metodología de una Investigación 65
6.3.1 Introducción 65
6.3.2 Muestreo en Proyectos de Prospección Geoquímica 66
6.3.2.1 Conceptos Básicos 67
6.3.2.2 Aspectos a Considerar 69
6.3.2.3 Densidad e Intervalo de Muestreo 72
6.3.2.4 Errores de Muestreo 73
6.3.2.5 Clases de Muestreo 74
6.3.2.6 Tipo de Muestras 77
6.3.2.7 Proporcionalidad de los Tipos de Muestra 79
6.3.3 Métodos Analíticos 80
6.3.3.1 Control de Error de Preparación de Muestras en Métodos Analíticos 80
6.3.3.2 Preparación de la Muestra 81
6.3.3.3 Método de Análisis Químico 82
6.3.4 Parámetros Estadísticos 84
6.3.4.1 Media 84
6.3.4.2 Mediana 84
6.3.4.3 Otros Fractiles 85
6.3.4.4 Moda 85
6.3.4.5 Amplitud 85
6.3.4.6 Desviación Standart 85
6.3.4.7 Varianza 87
6.3.4.8 Coeficiente de Variación 88
6.3.4.9 Kurtosis 88
6.3.4.10 Regresión 88
6.3.4.11 Correlación 91

6.3.4.12 Interpretación de "r" 93
6.3.4.13 Análisis de Correlación 94
6.3.4.14 Dificultades de la Aproximación Estadística en el estudio de sedimentos Fluviales 94
6.3.4.15 Ventajas del Análisis Estadístico..... 95
6.3.4.16 Distribución de Frecuencias Acumuladas 97
6.3.4.17 Isolíneas de Distribución Geoquímica..... 98

CAPITULO VII
PROSPECCION GEOQUIMICA DEL CUADRANGULO DE CHALHUANCA..... 99
7.1 Estrategia de Muestreo..... 99
7.2 Metodología del Muestreo 101
7.3 Limites de Detección 102
7.4 Parámetros Geoquímicos 102
7.4.1 Valor de Fondo o Contenido de Fondo 103
7.4.2 Umbral Geoquímico 104
7.4.3 Anomalía Geoquímica..... 104
7.4.3.1 Anomalías Significativas..... 104
7.4.3.2 Anomalías No Significativas..... 105
7.4.4 Rangos de Anomalía..... 105
7.5 Procesamiento Estadístico de Datos 106
7.6 Evaluación Geoquímica 109
7.7 Interpretación de Anomalías 124
7.8 Determinación de Anomalías..... 125

CAPITULO VIII
GEOLOGÍA ECONOMICA..... 134
8.1 Minería Metálica 134
8.2 Áreas Potenciales 134
8.3 Área del sistema de Fallas Mollebamba y Ambiente del Mesozoico 135
8.3.1 Zona Piste..... 136
8.3.2 Zona Pachaconas..... 138
8.3.3 Mina Yanaquilca 140

CAPITULO IX
INVENTARIO MINERO 141
9.1 Área Huayllaripa 141
9.2 Mina Azurin 142
9.3 Cateo Charihua..... 143
9.4 Veta Maria Teresita..... 144
9.5 Veta Natividad Maria..... 145
9.6 Mina Piste 1 145
9.7 Mina Piste 2 146
9.8 Mina Piste 147
9.9 Mina Maria Concepción..... 147

9.10 Mina Venus III 148
9.11 Mina Porvenir II 149
9.12 Mina Yanama 150
9.13 Area de Chilluapucro 150
9.14 Area Tapayrihua 152
9.15 Área Apacsa 152
9.16 Mina Don Pepe 154
9.17 Proyecto Los Chancas 155
9.18 Mina Plomiza 158
9.19 MinaYanaquilca 159

CAPITULO X
CONCLUSIONES 161

CAPITULO XI
RECOMENDACIONES 165

BIBLIOGRAFÍA 167

APENDICE I
Diagramas de Variabilidad

APENDICE II
Estadística Población Total.
Estadística Población Sedimentarios.
Estadística Población Volcánicos.

APENDICE III
Mapa de Asociaciones Ag - Pb - Zn.
Mapa de Asociaciones Cu - Pb - Zn.
Mapa de Asociaciones Cu - Ni - Co.
Mapa de Asociaciones Cu - Ni - Fe.
Mapa de Asociaciones As - Cu - Mo.

APENDICE IV
Tamaño de Tamices & Términos de Partículas.

RESUMEN

El presente trabajo de Prospección Geoquímica del Cuadrángulo de Chalhuanca (29-p) - Inventario de Recursos Minerales, departamento de Apurimac, se enmarca dentro del Proyecto "***Prospección Geoquímica e Inventario de Recursos Minerales del Perú"*** que desarrolla el **INGEMMET,** comprendida entre los paralelos 16º y 14º de la parte meridional del territorio peruano. Para tal efecto, en Geoquímica se puso mucho énfasis en áreas consideradas como prospectables, muestreando sedimentos de quebrada provenientes de unidades litológicas, de naturaleza intrusiva, volcánica, sedimentaria y metamórfica; así como en sectores afectados por eventos tectónicos y estructurales, discriminando zonas con actividad minera, prospectos u ocurrencias minerales conocidas. En el Inventario Minero se obtuvo información sobre los contenidos mineralógicos y químicos, así como la geometría de las ocurrencias mineralizadas; se realizaron trabajos de evaluación geológica – minera preliminares en minas, ocurrencias mineralizadas, y en zonas de alteración hidrotermal (anomalías espectrales de color). Se ejecutaron muestreos de orientación geoquímica (rock chips), análisis petro-mineralógicos; geología generalizada de "ambientes mineralizados" (ocurrencias minerales y zonas de alteración) y de rasgos tectónico – estructurales. También se presenta la ubicación de minas y prospectos con los rasgos geológicos más importantes.

Se ha observado, que la mineralización mayormente se compone de polimetálicos (Pb, Zn, Ag), oro y cobre (ocasionalmente Mo y Sb), emplazados principalmente en estructuras filoneanas angostas con promedios de alrededor de 0.4 m de potencia, y longitudes promedio de 100 m.

Estas investigaciones preliminares tienen como objetivo la actualización de la información geo-económica existente, la cual va a propiciar las inversiones extranjeras y nacionales.

CAPITULO I

INTRODUCCION

El área de estudio comprende terrenos de la Cordillera Occidental con altiplanicies; presenta formaciones geológicas sedimentarias del Jurásico-Cretácico hasta unidades volcánicas del Neógeno, intruídas por plutones intermedios a ácidos del Terciario y que están afectados por la tectónica andina (lineamientos estructurales NO – SE), y lineamientos E – O. Por lo que son la causa de las principales ocurrencias de minerales base (Pb, Ag, Zn, Cu), Cu y Au.

1.1 Ubicación

El área de estudio se encuentra ubicada en la parte Sur Central del Perú cuadrángulo de Chalhuanca (29-p), que pertenece a la provincia del mismo nombre, ubicada en el departamento de Apurímac. El cuadrángulo estudiado abarca las siguientes coordenadas geográficas:

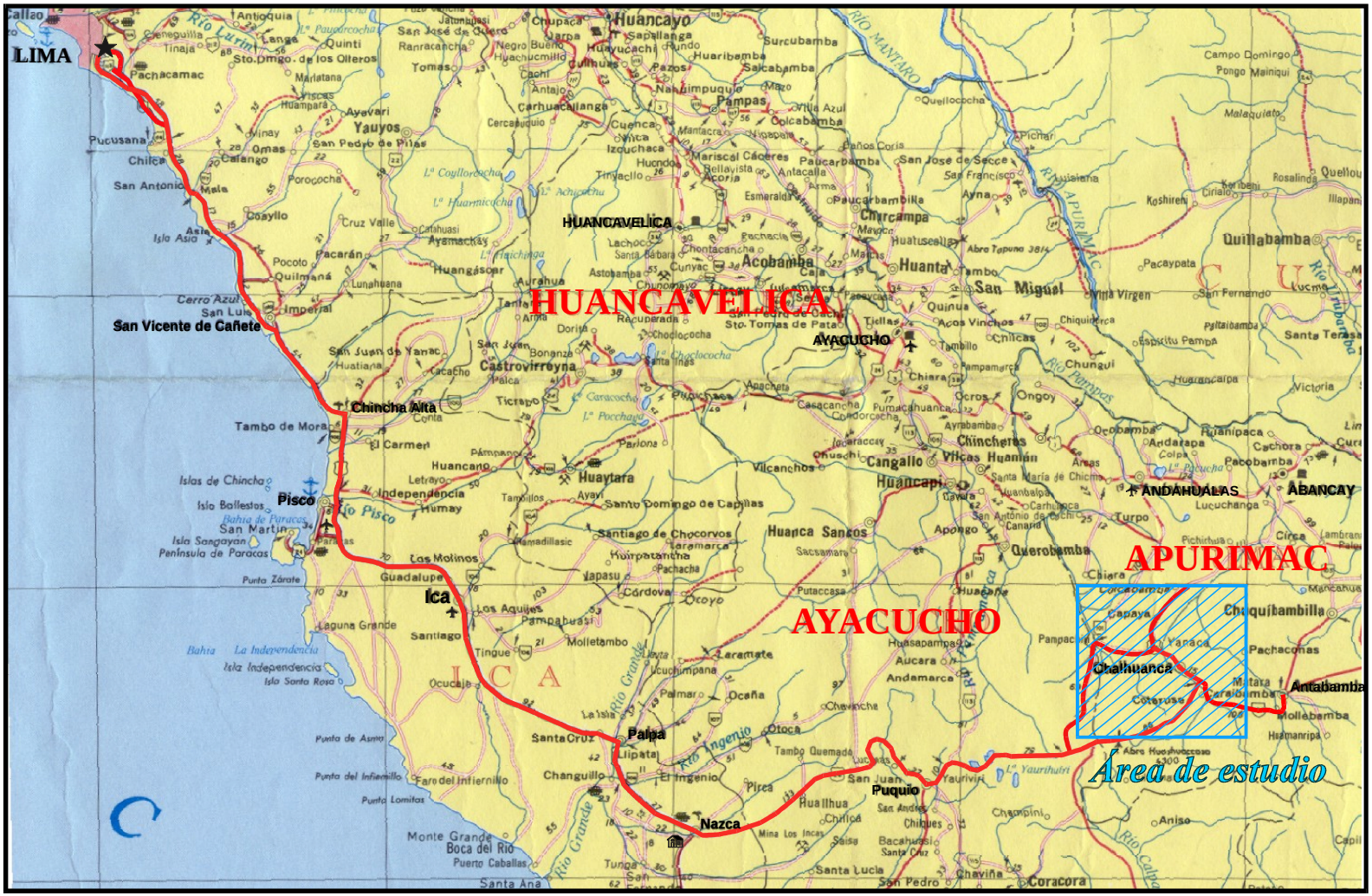
73º 00’ - 73º 30’ Longitud Oeste.

14º 00’ - 14º 30’ Latitud Sur.

Su extensión es de 2970 km^2. Aproximadamente. ***Ver Fig Nº 1***: (*Ubicación del área de estudio*). Sus altitudes van desde 2,300 hasta 4,800 m.s.n.m.

1.2 Accesibilidad

El acceso al área de estudio es posible por vía terrestre y por diversas carreteras, siendo las principales las siguientes: La primera es por la Panamericana Sur (kilómetro 440) - Nazca – Abancay. Esta carretera conduce hacia los



N

W E

S

Leyenda

- Ruta de Acceso
- Capital
- Ciudad

PROSPECCION GEOQUIMICA DEL CUADRANGULO DE CHALHUANCA (29 - p) - INVENTARIO DE RECURSOS MINERALES
(Departamento de Apurimac)

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
E.A.P INGENIERÍA GEOLÓGICA

Ubicación del Area de Estudio

Revisado: Ing. Hugo Rivera Mantilla

Dibujado: Yván Rolando Hurtado Guerrero

Fig Nº 1

departamentos de Apurímac, Cuzco. Otra vía es la que une Arequipa – Tintaya – Cuzco.

El acceso se realizo por la vía Panamericana hasta la ciudad de Nazca (440 km); luego mediante la carretera Nazca – Chalhuanca – Abancay hasta la ciudad de Chalhuanca (380 km); de éste último lugar existen una serie de trochas carrozables y caminos de herradura que se dirigen hacia las distintas localidades investigadas. Tiene como principal centro poblado a la ciudad de Chalhuanca.

1.3 Objetivos y Metas

Los objetivos del presente estudio de prospección son los siguientes:

- Definir áreas con anomalías geoquímicas que pudiesen orientar e identificar depósitos minerales económicos ocultos o aún no reconocidos.

- Interpretar y reconocer las posibles áreas de mineralización, indicando y delimitando zonas de interés para una posterior prospección.

- Interpretar y evaluar anomalías espectrales determinadas en el área de estudio con las zonas de alteración hidrotermal, de esta manera preparar elementos de información.

- Satisfacer la demanda de información geológica y minera, derivada por el interés de la exploración minera en el país, especialmente por tratarse de una zona poco estudiada que geológicamente, crea expectativa para la búsqueda de recursos minerales.

Metas

- Contribuir con la economía y al desarrollo sostenible del país, y por ende el de los pueblos ya que de algún modo son los objetivos principales.

- Presentar los resultados de dicho estudio como Tesis para la obtención del Titulo Profesional en Ingeniería Geológica en la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

1.4 Metodología de Trabajo

1.4.1 Trabajo de Gabinete

Consistió en la recopilación y análisis de la información previa así como los trabajos de gabinete, que consistieron en la elaboración de mapas hidrográficos con drenaje detallado y mapas de muestreo, de igual forma se hizo la recopilación de estudios, investigaciones e informes técnicos de INGEMMET. A partir de ellos se define la estrategia y procedimientos a seguir en la etapa de control de campo.

Así mismo, se realizó las interpretaciones de imágenes de satélites Landsat TM5, empleando la combinación de sus siete bandas, la cual permite la interpretación regional de su rasgos fisiográficos, morfo-estructurales, así como también determinar lineamientos estructurales, anomalías de color que representan alteraciones, la densidad y el tipo de drenaje, limites de unidades lito-estratigráficas etc.

Otro tipo de imagen utilizada fue el de radar a escala regional, que fueron útiles en zonas de abundante nubosidad; la cual nos permitió la interpretación de lineamientos y rasgos morfo-estructurales.

Fueron también de apoyo las fotografías aéreas a escala 1 / 40 000 con las cuales realizamos detalles de rumbos y buzamientos de los lineamientos estructurales como fallas, estratos y contactos. (Cuadro Nº 1)

1.4.2 Trabajo de Campo

El trabajo de campo consistió de 30 días, en las cuales se recolectaron 154 muestras de sedimentos de quebrada y fragmentos de roca (rock chips) de las zonas de interés. También se recolectaron un número considerable de muestras de mano.

La mayor parte de las muestras fueron recolectadas en zonas de poca accesibilidad y con la ayuda de acémilas.

El material fluvial que se recogió para el tamizado (mesh –30) se hicieron en un entorno de aproximadamente 3 metros aguas arriba del punto de muestreo y 3 de metros aguas debajo de dicho punto, en ambas orillas de la quebrada, el peso aproximado de dicho material fluvial recogido fue de 1 a 2 kilogramos por muestra, para luego ser embolsadas y colocarles el código correspondiente. La recolección promedio por día fue de 7 muestras. (Cuadro Nº 1)

1.5 Estudios Anteriores

Los trabajos se concentraron en la búsqueda, clasificación, corrección, y depuración de la información digitalizada existente, dentro de los que destacan:

- Banco de datos del INGEMMET, estos corresponden principalmente a informes “técnico-económicos” del Banco Minero del Perú.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

ACTIVIDADES	MESES						
	Abr 2001	May 2001	Jun 2001	Jul 2001	Ago 2001	Set 2001	Oct 2001 –Oct 2002
1. GABINETE I - Acopio de Información - Interpretación del Área de Estudio en Base a Imágenes Satelitales. - Elaboración del Plano de Muestro.							
2. CAMPO - Muestreo de Sedimentos de Quebrada. - Verificación de Zonas Anómalas Interpretadas en Gabinete I. - Muestreo de rocas en intrusivos aflorantes.							
3. LABORATORIO - Análisis Geoquímico de Muestras. - Estudio Petrográfico de Muestras.							
4. GABINETE II - Procesamiento e interpretación de datos de campo y laboratorio. - Análisis de Resultados. - Interpretación de Resultados. - Correlación de los diferentes resultados. - Elaboración de mapas y planos - Conclusiones y Recomendaciones. - Elaboración de la Tesis Final							

Cuadro Nº 1

- Ministerio de Energía y Minas (Proyectos de inversión y prospectos en estudio).

- Informe de unidades mineras y prospectos que están distribuidos en el área de estudio, como son: agrupamiento Pachaconas; zonas de Piste, Yuringas, Tumire, Selene, Virundo, y otros proyectos de la Cias. Hoschild y Southern Peru Cooper Corporation.

- También, se ha efectuado el acopio de información literal y gráfica proveniente de otras fuentes (boletines, informes de investigación, mapas geológicos, mapas geoquímicos, mapass tectónico – estructurales, y otros).

1.6 Agradecimientos.

Debo expresar mi reconocimiento al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú **(INGEMMET),** institución auspiciadora y que me ha dado la oportunidad de realizar esta tesis.

Un reconocimiento muy especial al Ing. Hugo Rivera Mantilla Director Ejecutivo de INGEMMET, por su apoyo brindado en el asesoramiento académico de lla tesis y por su vocación hacia la Geología.

Agradezco al Ing. Manuel Paz Maidana Director de Geología Económica y Prospección Minera por su confianza dada en la realización de los trabajos de prospección geoquímica e inventario de recursos minerales.

Agradezco al Dr. Jorge Injoque Espinoza, por haberme dado la primera oportunidad en el campo de las exploraciones así como sus sabias palabras para conducirme como persona y profesional.

Al Ing. Marco Lara Moreno, por su asesoramiento en la Geología Económica del Cuadrángulo de Chalhuanca.

Al Dr. Ing. Néstor Chacon Abad, Ing Orlando Orbegozo Perret, por la revisión de esta tesis.

Al Mg. Robinson Villanueva, por sus enseñanzas de Estadística y Sensores Remotos a lo largo de esta Tesis.

A mi amigo Washington Larico, por su apoyo en la corrección y las recomendaciones de esta Tesis

A los Ings. Jorge Chira Fernández y Mario Silva Villa, por su apoyo en la etapa de campo.

A la Misión Japonesa **(JICA)**, Ings. Koichi Isogai, Satishi Baba y Hirokasu Hase por sus enseñanzas de GIS y Sensores Remotos

A mis amigos y compañeros de INGEMMET, Ings. Jorge Galdos, Manuel Cossio, Elmer Boulangger, Mario Carpio, Alex Zapata, William Martinez, Dimas Usnayo, Andrés Zuloaga, Cesar Chalcaltana, Víctor Cuyubamba por sus sugerencias y criticas de esta tesis

A mis amigos Sr. Federico Nureña; Sras. Luz Villanueva y Ruth Nuñez, Srtas. Cecilia Botonero, Herlinda Nuñez y Rosa Vargas por su apoyo y consejos en el transcurso de la tesis.

A los Srs. Sebastián Sandoval, Hugo Castro y Juan Urbina por el apoyo en los trabajos gráficos.

Por ultimo, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mis compañeros de trabajo de INGEMMET que de alguna forma hicieron posible la culminación de esta tesis.

CAPITULO II

GEOGRAFIA

El área de estudio se encuentra ubicada geográficamente en la Cordillera del Huanzo, vertiente oriental de los Andes Occidentales del Perú.

Corresponde a una gran llanura andina, ubicada entre los 3,800 y 4500 m.s.n.m., denominada ***Superficie Puna*** (MCLAUGLIN, 1924), de topografía accidentada, con valles profundos y encañonados.

2.1 Unidades Geográficas.

En la zona ha sido posible reconocer 3 regiones naturales, las cuales son inherentes a la diferencia de cotas del terreno, cada región natural representa características peculiares como son la flora, fauna, clima y relieve.

2.1.1 Región Natural Quechua.

Región que está restringida a las partes bajas, con pendientes que descienden de las zonas cordilleranas; comprenden superficies que van entre las altitudes de 2,300 a 3,500 su morfología es similar a la región Suni, con la diferencia que los flancos de la quebrada se hacen más empinados hasta su desembocadura a los ríos principales de la región y esta representado en la parte NE del área de estudio, sector Santa Rosa.

2.1.2 Región Suni.

Ocupa la gran parte del área del cuadrángulo, sus altitudes van desde los 3,500 a 4,000 con climas predominantemente fríos.

Está limitada a los flancos de la cadena cordillerana, cuyas laderas progresivamente van descendiendo en altura, morfológicamente presentan relieves disectados por ríos, riachuelos que forman quebradas sub-paralelas que a su vez son perpendiculares a sus colectores principales, los cuales se puede observar a lo largo de los ríos, Chalhuanca y Antabamba

2.1.3 Región Puna.

Conformada topográficamente por las partes altas del área de estudio, a altitudes que varían de 4000 a 4,800 m.s.n.m.

En el área de estudio, esta región comprende los diversos relieves que se muestran en varios nevados, con colinas y quebradas que tiene pendientes fuertes y accidentadas, con escarpas en las que se puede distinguir los depósitos morrénicos o pie de monte de los glaciares con presencia de pequeñas lagunas de origen glaciar.

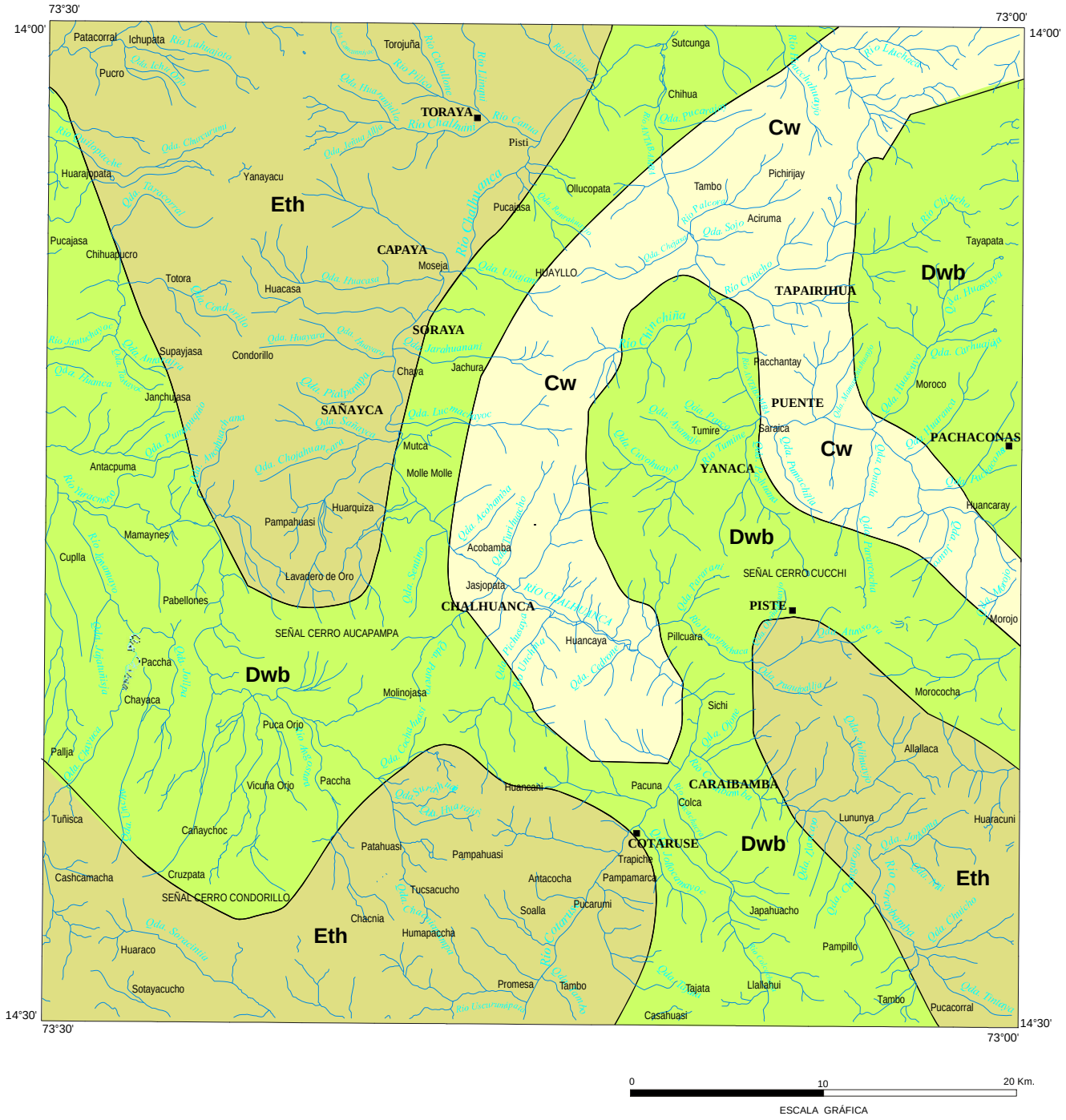
2.2 Clima.

El clima en la región como en gran parte de la Cordillera de los Andes, presenta una estación seca durante los meses de Abril a Noviembre y otra con abundantes lluvias de Diciembre a Marzo. (Fig. Nº 2)

2.2.1 Clima Templado Moderado Lluvioso (Cw).

El clima en los valles profundos según A. TOSI (1960) corresponde al de Estepa Espinosa Montano Bajo (2,100 m.s.n.m) y Estepa Montano (3,000 a 3,500 m.s.n.m.). El primero correspondería a las partes bajas de los valles más profundos del Cuadrángulo y el segundo a los terrenos de moderada gradiente, como son las partes intermedias de los principales valles. :as temperaturas máximas están entre

CHALHUANCA (29-p)



Cw — Clima templado moderado lluvioso (Invierno seco, cantidad de las lluvias del mes mas lluvioso 10 veces mayor que el mas seco)

Dwb — Clima Frío (Boreal): Seco en Invierno (Temperatura media-superior a +10 ºC por lo menos durante 4 meses)

Eth — Clima de Nieve perpetua de alta montaña (Temperatura media-de todos los meses inferior a 0 ºC)

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS E.A.P INGENIERÍA GEOLÓGICA		PROSPECCION GEOQUIMICA DEL CUADRANGULO DE CHALHUANCA (29 - p) - INVENTARIO DE RECURSOS MINERALES (Departamento de Apurimac)
ASESOR: ING. H. RIVERA M.	ESCALA: Gráfica	MAPA DE CLIMAS
Hurtado Guerrero, Yván	FECHA: OCTUBRE 2002	FIG Nº 2

22 ºC y 29 ºC, que se producen entre Enero y Marzo, y las mínimas entre 10 ºC y 8 º C, en los meses de Mayo a Agosto.

2.2.2 Clima Frío Boreal (Dwb).

El clima entre los 3,800 m. y los 4,600 m.s.n.m. según TOSI, se denomina piso sub alpino, el que se caracteriza por su altitud, presión y latitud. Este piso esta 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 frio, siendo a mayor altura mas frió, con temperatura media anual comprendidas entre 7 ºC a 10 ºC. La temperatura máxima absoluta es superior a 20 ºC y la mínima absoluta es inferior a 0º C principalmente entre Junio y Agosto.

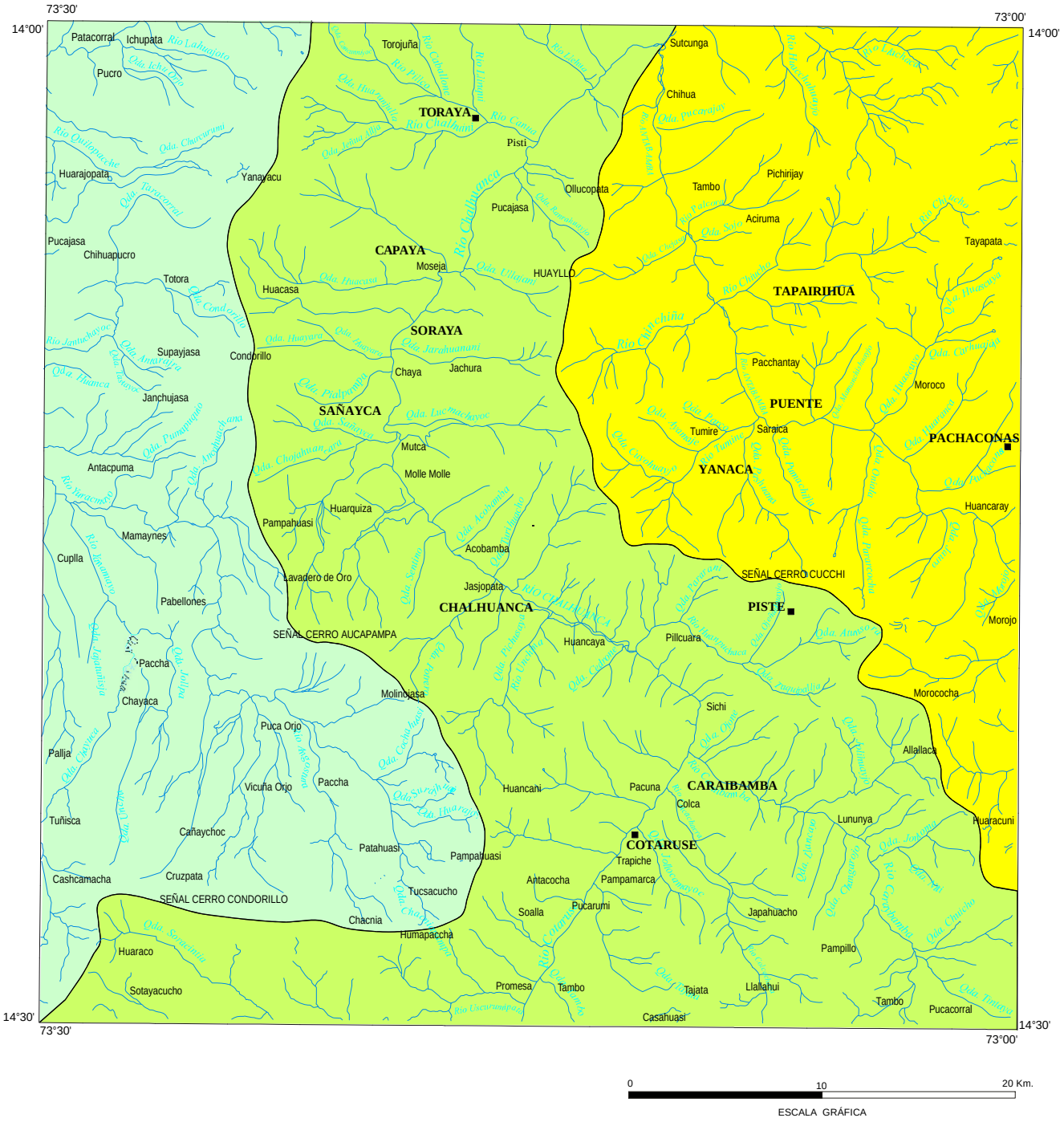
2.2.3 Clima de Tundra Seca de Alta Montaña (Eth).

Este clima va desde los 4,800 m.s.n.m. y es denominado Piso Nival por J. TOSI (1910), que se caracteriza por un frió intenso, principalmente durante las noches en que las precipitaciones son sólidas; 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

2.3 Cuencas de Drenajes.

El eje de la divisoria hidrográfica, que separa la cuenca del Pacífico y la del río Amazonas se ubica en la cordillera del Huanzo, por lo que los ríos principales que drenan esta región tienen sus nacientes en las cuencas de captación fluvial de dicha cordillera. (Fig. Nº 3)

CHALHUANCA (29-p)



Cuenca Hidrográfica del Río Chalhuanca.

Cuenca Hidrográfica del Río Antabamba.

Cuenca Hidrográfica del Río Soras.

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS E.A.P INGENIERÍA GEOLÓGICA		PROSPECCION GEOQUIMICA DEL CUADRÁNGULO DE CHALHUANCA (29 - p) - INVENTARIO DE RECURSOS MINERALES (Departamento de Apurimac)	
ASESOR: ING. H. RIVERA M.	ESCALA: Gráfica	MAPA CUENCAS HIDROGRÁFICA	FIGURA Nº 3
Hurtado Guerrero, Yván	FECHA: OCTUBRE 2002		

Estos ríos son de régimen permanente y siguen una dirección fluvial promedio de NE a SW; Siendo los principales el río Chalhuanca y el río Antabamba los que drena con el nombre de río Pachachaca en el río Apurímac.

El drenaje de la región se realiza a través de los ríos Chalhuanca y Antabamba; habiendo una tercera cuenca que desemboca en el Cuadrángulo de Querobamba.

Cuenca Hidrográfica del Río Chalhuanca

De la confluencia de los ríos Cotaruse y Caraibamba; cerca del pueblo Colca, se forma el río Chalhuanca, siguiendo un control estructural del drenaje, por las fallas Mollebamba, Chalhuanca y otras menores. El drenaje es de tipo rectangular sub-paralelo a dendrítico.

Cuenca Hidrográfica del Río Antabamba

Tiene como tributarios mayores al río Jajantia y a la quebrada Sajuara; ubicados en el sector NO del cuadrángulo de Antabamba.

La confluencia de los ríos Chalhuanca y Antabamba forman el río Pachachaca.

Cuenca Hidrográfica del Río Soras

Los tributarios a esta cuenca nacen al Oeste del Cuadrángulos de Chalhuanca teniendo como principales afluentes, a los ríos Llanaca, Yanamayo y Yuracmayo.

CAPITULO III

GEOMORFOLOGÍA

El área de estudio se encuentra en la vertiente Oriental de la Cordillera Occidental de los Andes Peruanos, esta conformada por una cadena de montañas denominada Cordillera del Huanzo, por lo que todo su sistema de drenajes desagua a los grandes ríos que derivan hacia el Océano Atlántico.

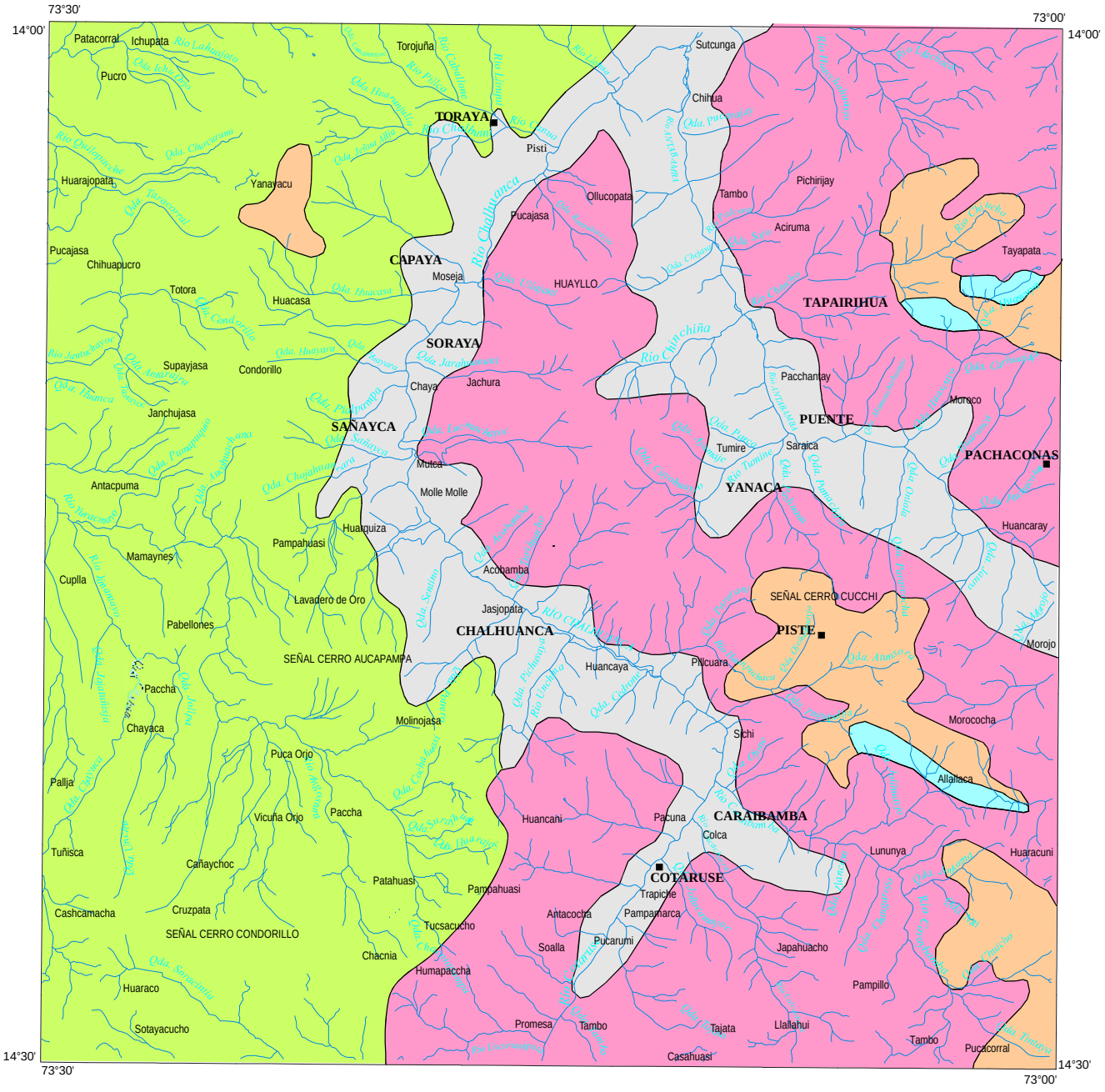
Dentro de este panorama el rasgo geomorfológico más importante es del de una gran llanura andina ubicada entre los 3,800 y 4500 m.s.n.m., denominado por MCLAUGLIN (1924) ***Superficie Puna***, que a consecuencia de los agentes geológicos modeladores, se presenta como una topografía accidentada, con valles profundos y encañonados.

Por está discurren los ríos mayores, que van socavando profundamente a estos valles. Sobre los 4,600 a 4,800 m.s.n.m., se aprecia una serie de picos tales como el Suparaura, Piste, Cucchi y Aucapampa, que fácilmente supera los 5,000 m.s.n.m.

Los diversos tipos de relieves reconocidos en el área de estudio nos ha permitido diferenciar cinco unidades geomorfológicos (Fig. Nº 4):

- ✓ Valles de Cañon y Quebradas.
- ✓ Relieve Montañoso disectado por Valles Fluviales.
- ✓ Llanura Fluvioglaciar con Lagunas.
- ✓ Área de Glaciares.

CHALHUANCA (29-p)



Valles de cañon en "V".

Relieve Montañoso disectado por valles fluviales.

Llanura Fluvioglaciar con lagunas.

Área de glaciares.

Relieve Montañoso con área de glaciares.

Modificado de V. Pecho (1981) - INGEMMET

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS E.A.P INGENIERÍA GEOLÓGICA		PROSPECCION GEOQUIMICA DEL CUADRÁNGULO DE CHALHUANCA (29 - p) - INVENTARIO DE RECURSOS MINERALES (Departamento de Apurimac)
ASESOR: ING. H. RIVERA M.	ESCALA: Gráfica	MAPA GEOMORFOLOGICO
Hurtado Guerrero, Yván	FECHA: OCTUBRE 2002	FIGURA Nº 4

- ✓ Relieve Montañoso con Área de Glaciares

3.1 Valles en Cañon y Quebradas.

Esta unidad geomorfológica, se forma como consecuencia de la acción erosiva de los cursos de agua, que nacen en las partes altas de la Cordillera, generando una densa red hidrográfica que, debido a su poder erosivo y favorecido por el levantamiento general de los andes; ha disectado y profundizado esta región, observándose fondos de valle con desniveles hasta de 1,000 m. aproximadamente de paredes escarpadas en forma de "V", en las cuales los ríos muestran flancos con pendientes fuertes que están cubiertas por material coluvial de poco transporte y otros como producto de deslizamientos.

Las quebradas generalmente presentan en su entorno pequeñas áreas de cultivo hacia las partes bajas; presentando además formas conspicuas relativamente profundas y rectas. Posiblemente estén controladas por las fallas regionales.

3.2 Relieve Montañoso Disectado por Valles Fluviales.

Esta unidad es la más desarrollada en el área de estudio, se presenta como una franja con alineación SE-NO, ofrece un paisaje moderadamente agreste constituido por colinas y cimas truncadas. Estas superficies son afectadas por la acción erosiva de las quebradas y ríos tributarios de los ríos Chalhuanca y Antabamba.

Esta superficie está labrada en rocas sedimentarias del Mesozoico y volcánicos del Grupo Tacaza, estando cubiertas por secuencias de lavas y piroclastos del Grupo Barroso.

3.3 Llanura Fluvioglaciar con Lagunas.

Esta unidad se presenta como una divisoria entre las unidades montañosas, en el sector oeste del área, están compuestos de fragmentos de diferentes dimensiones en una matriz areno-tobácea. Los depósitos fluvioglaciares provienen de la remoción de las morrenas.

3.4 Área de Glaciares.

Estas cumbres alcanzan alturas mayores a los 5,000 m; siendo el resultado de la intensa actividad emergente y erosiva durante el levantamiento y desarrollo de las etapas de valle y cañón, así como la glaciación durante el Pleistoceno. Originando una morfología de picos y cumbres agudas; los más importantes corresponden a los cerros Piste (5,185 m.s.n.m.) y Cucchi (5,075 m.s.n.m) localizados en el extremo suroeste del área.

3.5 Relieve Montañoso con Área de Glaciares.

Esta unidad constituye las partes más altas del área y está formada por cadena de cerros y nevados alineados según el curso general de los Andes. Estas cumbres alcanzan alturas mayores a 5,000 m. siendo el resultado de la intensa actividad emergente y erosiva durante el levantamiento y desarrollo de las etapas valle y cañón, así como la glaciación durante el Pleistoceno, que originó una morfología de picos y cumbres bastante agudas.

CAPITULO IV

GEOLOGIA REGIONAL

En el área estudiada, la columna estratigráfica consiste de unidades lito estratigráficas con edades que van desde el Jurásico hasta el Cuaternario reciente, con un grosor aproximado de 8,000 m. (Fig. Nº 5 y Nº 6)

4.1 Estratigrafía

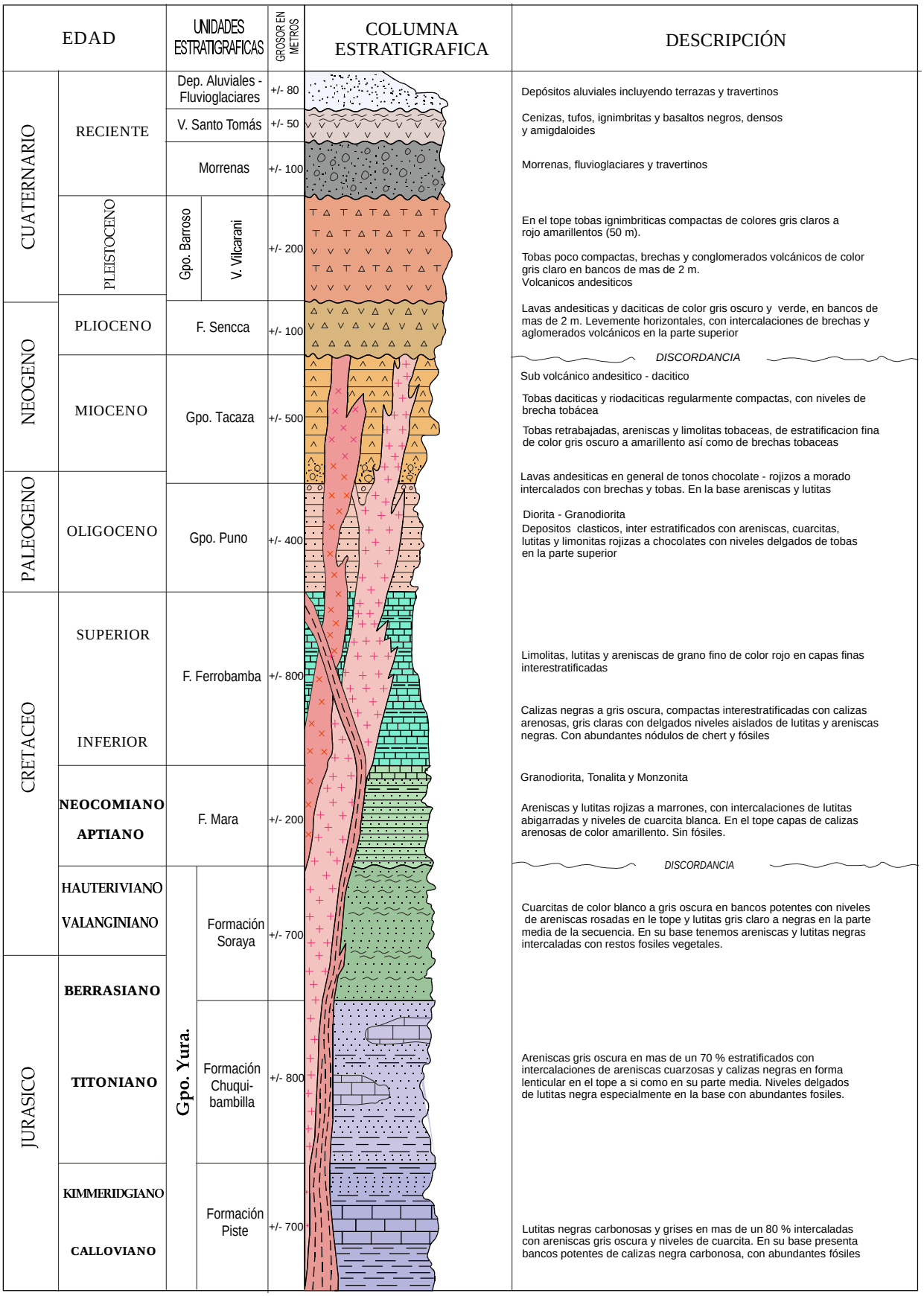
4.1.1 Grupo Yura.

Este grupo está constituido por más de 2,200 m. de grosor, está compuesta por rocas sedimentarias marinas y de régimen de plataforma silicoclasticas. En el área se han podido reconocer tres unidades: una secuencia inferior de calizas y lutitas negras bituminosas denominada como Formación Piste, a esta secuencia sobreyacen una intercalación de areniscas y lutitas grises de la Formación Chuquibambilla y por último, la parte superior está constituida por areniscas cuarzosas correspondientes a la Formación Soraya.

4.1.2 Formación Piste.

Definida por PECHO, V. (1981) en el nevado Piste, situado al noreste del pueblo de Caraibamba.

Sus principales afloramientos se localizan en las partes bajas de los valles encañonados de Chalhuanca y Pachaconas; así mismo en el cerro Cucchi.



Tomado de V. Pecho (1981)-INGEMMET

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS E.A.P INGENIERÍA GEOLÓGICA		PROSPECCION GEOQUIMICA DEL CUADRANGULO DE CHALHUANCA (29 - p) - INVENTARIO DE RECURSOS MINERALES (Departamento de Apurimac)
ASESOR: ING. H. RIVERA M.	ESCALA: Gráfica	COLUMNA ESTRATIGRAFICA
Huntado Guerrero, Yván	FECHA: OCTUBRE 2002	FIGURA Nº 5

Litológicamente consiste en un 70% de lutitas negras y material carbonoso, estratificadas con areniscas lutáceas gris oscuras, de grano fino, en estratos delgados; completando la secuencia se tiene en la parte inferior y superior calizas negras bituminosas, en bancos compactos y niveles recristalizados, como puede observarse en los alrededores de la laguna de Huanzo, al norte del nevado Piste.

El contacto superior de esta formación es concordante con la Formación Chuquibambilla. Su contacto inferior no ha podido ser reconocida al no aflorar en el área.

El grosor de esta unidad no ha podido ser determinado por medición directa, al no haberse encontrado una secuencia completa, debido a la perturbación estructural que presenta y estar afectada por cuerpos intrusivos. En lo alrededores de los cerros Piste y Cucchi se le asigna un grosor promedio de 300 m.

La edad de la Formación Piste esta determinada por su fauna marina existente: ***Reineckia sp., Macrocephalitas, Perisphinitidae, Pasydonomia***. Así como ***Bositra buchi*** de la clase bivalvo - filum molusca, la cual es una especie característica del Bajociano – Bathoniano llegando hasta el Calloviano; estos fósiles se hallan bastante conservados y ofrecen garantía para su datación. Todo estos estudios fueron realizados en los laboratorios de INGEMMET. La Formación Piste se correlaciona con la Formación Socosani descrita por JENKS, W (1946) en Arequipa.

4.1.3 Formación Chuquibambilla.

Definida por PECHO, V. (1981) en la localidad de Chuquibambilla; afloramientos similares se localizan en las quebradas Cotro y Majeruire, afluentes del río Chuquibambilla, así como en los cerros Chancara, Jurajasa y Yuracjaja.

La base consiste de areniscas gris oscuras, ocasionalmente gris claras y rojizas, de grano fino a medio, en la parte superior de esta unidad se han encontrado lutitas intercaladas con areniscas y calizas gris claras, arenosas. Toda esta secuencia litológica se encuentra bastante plegada.

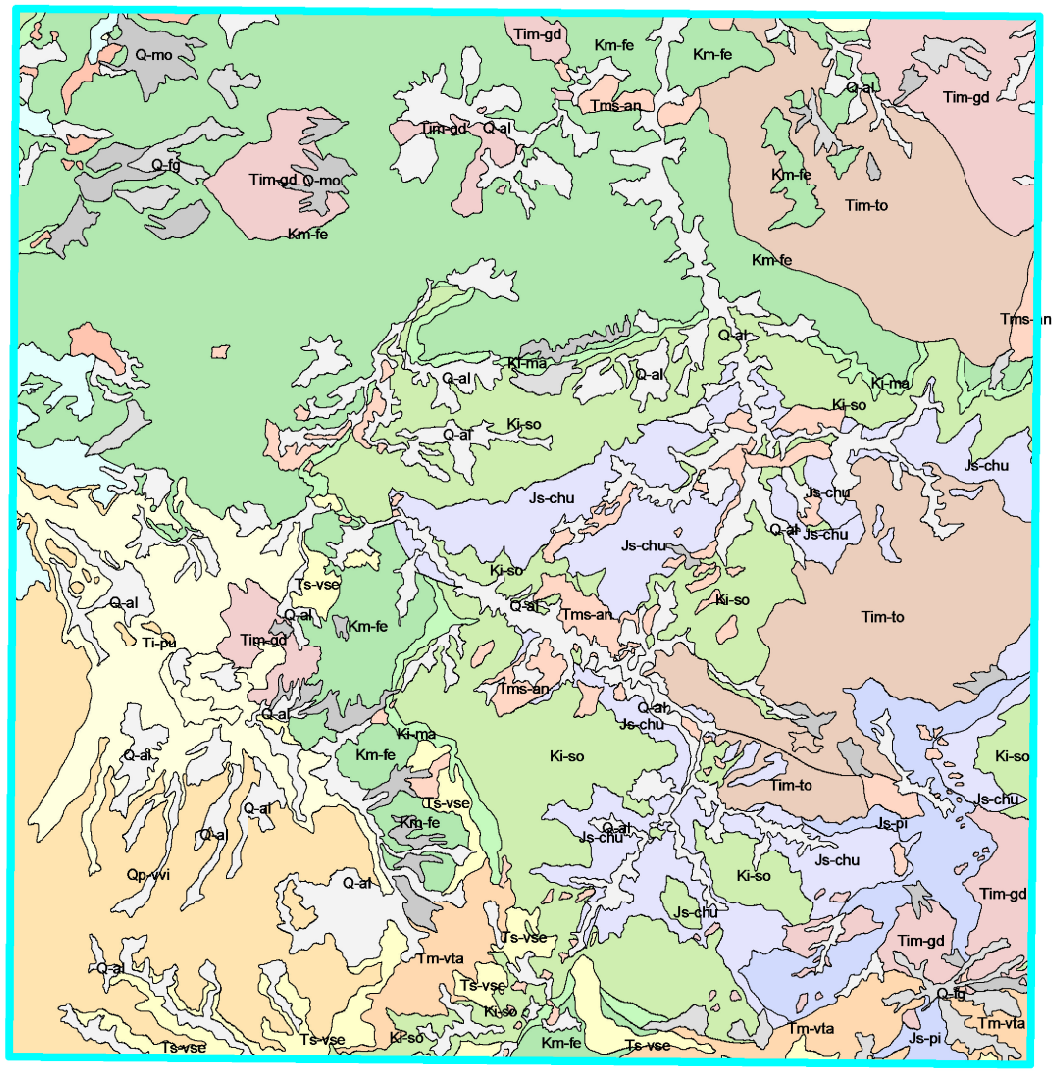
En el área esta unidad se presenta en dos sectores. El primero se extiende a manera de una faja desde las proximidades de la localidad de Chalhuanca extendiéndose hacia el Este hasta Pachaconas, formando una serie de anticlinales y sinclinales bastantes apretados, fallados e intruidos por subvolcánicos de naturaleza andesítica y dacítica, así como por cuerpos intrusivos de composición granodiorítica y tonalítica; como puede verse en las inmediaciones de Pachaconas. El otro sector en consideración se encuentra en el extremo sureste del cuadrángulo, constituyendo los flancos de los valles de los ríos Chalhuanca y Cotaruse. Estos afloramientos se encuentran también plegados y forman anticlinales y sinclinales bien apretados y fallados, con rumbos NO-SE. Afloramientos similares se extienden en el río Caraibamba, afluente por la margen derecha del río Chalhuanca. En este lugar esta formación se expone en la margen izquierda y conforma núcleos de anticlinales y sinclinales asimétricos.

Sus contactos suprayacente e infrayacente son concordantes con las formaciones Soraya y Piste respectivamente.

El grosor de la Formación Chuquibambilla es variable, en algunos sectores sobrepasa los 600 m. de grosor como se puede observar al norte de Chalhuanca.

La evidencia fósil de amonites y pelecípodos recolectados en el valle de Chalhuanca, muestran un amplio rango comprendido entre el Jurásico superior y Cretácico inferior, razón por la cual no es posible precisar su edad; Sin embargo por sus características litológicas y posición estratigráfica se le asigna una edad Jurásico medio por suprayacer a la formación Piste del Calloviano – Kimmeridgiano.

CUADRANGULO DE CHALHUANCA



LEYENDA

CUATERNARIO	Cuaternario	Q_al
		Q_fg
		Q_m
	Terciario	Qp_vvi
		Ts_vse
		Tm_vta
		Ti_pu
MESOZOICO	Cretacico	Km_Fe
		Ki_ma
		Ki_so
	Jurasico	Js_Chu
		Js_pi

- Tms_an
- Tim_to
- Tim_gd
- Tim_di

0 5 10 15 20 km

Tomado de V. Pecho (1981)-INGEMMET

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS E.A.P INGENIERÍA GEOLÓGICA	PROSPECCION GEOQUIMICA DEL CUADRANGULO DE CHALHUANCA (29 - p) INVENTARIO DE RECURSOS MINERALES (Departamento de Apurimac)	
ASESOR: ING. H. RIVERA M. / ESCALA: 1:400 000	MAPA GEOLÓGICO	FIGURA N° 6
Hurtado Guerrero, Yván / FECHA: OCTUBRE 2002		

Es correlacionable con las Formaciones Puente, Cachíos, Labra y Gramadal del Grupo Yura, reconocido por JENKS, W. (1946) en los alrededores de Yura.

4.1.4 Formación Soraya.

Denominación dada por PECHO, V. (1981) en la localidad de Soraya, ubicada en la margen derecha del río Chalhuanca; afloramientos similares se localizan en la parte norte y oeste; así como en la parte centro-oriental del cuadrángulo. Esta unidad se presenta perturbada por cuerpos intrusivos del Cretácico.

Consiste principalmente de areniscas cuarzosas, de grano fino a grueso. El color varía de gris blanquecino en la base a rosado en el tope. Las areniscas están en estratos medios a gruesos (desde 0.30 m. a mas de 5m.), compactos y macizos, que forman notables aristas topográficas que resaltan a gran distancia, como el cerro Utupara ubicado en el cuadrángulo de Antabamba.

Entre los estratos de areniscas cuarzosas se intercalan niveles delgados, de 10 cm de grosor, de lutitas negras y areniscas grises en la parte inferior de la unidad.

Esta unidad sobreyace en contacto concordante a la Formación Chuquibambilla y en igual relación infrayace a la Formación Mara

El grosor de la Formación Hualhuani en el valle de Chalhuanca alcanza los 800 m. (entre Huarquiza y Mutca),

El poco valor cronológico de la flora encontrada por INGEMMET (actualización 2001), no es suficiente para precisar la edad de esta unidad; sin

embargo por posición estratigráfica PECHO (1981), le indica una edad Neocomiana inferior.

Se le correlaciona con la Formación Hualhuani del Grupo Yura en el departamento de Arequipa. Así mismo se le correlaciona con la Formación Chimú del norte del Perú.

4.1.5 Formación Mara.

Definida por JENKS, W. (1951) en los alrededores del poblado de Mara, cuadrángulo de Santo Tomas. En el área se pueden observar afloramientos similares al Sur de Chuquibambilla, Pataypampa, Huachihua y Pachaconas.

Litológicamente, 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 cuarcitas, y el superior está constituido por areniscas y lutitas abigarradas. El color predominante de esta formación es rojo a marrón rojizo. Por su amplia extensión constituye un nivel guía para la estratigrafía.

En el cerro Silamanya, ubicado en la localidad tipo la Formación Mara alcanza un grosor máximo de 306 m, el mismo que disminuye a 160 m. en el sector de Sañayca.

La Formación Mara sobreyace concordantemente a la Formación Soraya e infrayace en igual relación a la Formación Ferrobamba. Sin embargo, en algunos sectores como en el cerro Chanchará, al este de Pachaconas se ha podido observar una cierta discordancia erosional.

A falta de evidencias paleontológicas la edad de esta formación se infiere teniendo en cuenta sus relaciones estratigráficas que permiten asignarle una edad Aptiana. Se correlaciona con la Formación Murco de la región de Arequipa, con la parte inferior del Grupo Moho de los alrededores del Lago Titicaca.

4.1.6 Formación Ferrobamba.

MAROCCO, R. (1975), la describe como una secuencia de calizas fosilíferas con areniscas y limoarcillitas basales; sus afloramientos ocupan casi la totalidad del área de interés, principalmente en el norte y noroeste del mismo.

Litológicamente, la Formación Ferrobamba corresponde predominantemente a una secuencia monótona de calizas negras a gris oscuras, aunque en ciertos niveles presenta niveles calcáreos de color amarillento.

Las calizas son masivas, bastantes compactas, en estratos de 0.30 m. a 2 m. En el tope, generalmente se observan calizas arenosas, de color gris claro con tintes rojizos y en la base niveles de limoarcillitas y niveles carbonosos. Así mismo contiene nódulos de chert de forma alargada de más de 15 cm. de longitud.

Gran parte de la Formación Ferrobamba ha sido intruida por cuerpos ígneos de diferente naturaleza; los cuales han metamorfizado y recristalizado las calizas, originando en el contacto, mármoles y granates que tiene relación con las zonas mineralizadas de cobre, plata, plomo, zinc, hierro etc.

Su contacto inferior es concordante con la Formación Mara y en discordancia erosional con las unidades del Grupo Yura; así mismo infrayace en discordancia a la Formación Soraya y en discordancia angular al Grupo Puno, tal como se puede observar en el cerro Suparaura.

El mayor grosor de esta unidad es de 800 m, en el trayecto a los pueblo de Cocha - Mara, cuadrángulo de Santo Tomás.

Según PECHO (1981), llegaron ha recolectar una gran cantidad de fósiles en calizas, identificando una serie de moluscos, equinodermos y cefalópodos tales como *exogira squamata* D' ORB. y *Eolisaiponensis* SHARPE *Arnaudaster cf*. y *A. Colombianus*, *Inoceramus sp*., *Tellina sp*., y otros como la *Pseudodiadema cf. Texanum* ROEMER del Aptiano-Albiano y *Pecten* (Weithea), *Texamus* ROEMER del Cenomaniano, los cuales le permiten asignarle una edad Albiano-Cenomaniano. Es correlacionable con la Formación Ayabacas del Grupo Moho del área del Lago Titicaca y con la Formación Arcurquina de Arequipa; así como también con las Formaciones Inca, Chulec y Pariatambo; con la parte inferior de la Formación Jumasha y los Grupos Quilquiñan y Pulluicana del norte y centro del Perú.

4.1.7 Grupo Puno.

Este nombre fue introducido en la estratigrafía del sur del Perú, por CABRERA LA ROSA y G. PETERSEN (1936); al describir una potente secuencia clástica con niveles volcanoclásticos, que yacen en discordancia angular sobre terrenos mesozoicos.

Este grupo está poco representado en el área de estudio. Aflora al NE del cuadrángulo de Chalhuanca siendo su mejor exposición en la localidad de Illapaca y Pampallacta.

Litológicamente consiste de conglomerados y areniscas abigarradas de grano medio a grueso; en algunos lugares se intercalan conglomerados finos a medios, constituidos principalmente por clastos de cuarcita; hacia los niveles superiores se intercalan areniscas gris claras y potentes bancos de conglomerados, cerca al tope se observan dos niveles de areniscas tobáceas de 5 y 10 m de grosor.

Los afloramientos de esta unidad siguen un rumbo noroeste-sureste, con un buzamiento suave entre 8° y 20° al suroeste.

El Grupo Puno, sobreyace en discordancia angular a las calizas de la Formación Ferrobamba. Su contacto superior no es reconocido en el área.

El grosor estimado para esta unidad es de 300 m, en el cerro Pampallaca.

La edad de estos depósitos continentales no ha podido ser determinada por falta de evidencias paleontológicas. Es por ello que por posición estratigráfica PECHO (1981), le asigna una edad Paleocena.

4.1.8 Grupo Tacaza.

Definida por NEWELL, N. (1949) en la mina Tacaza, departamento de Puno. Posteriormente MAROCCO, R. & DEL PINO, M. (1966) lo elevan a la categoría de Grupo.

En el área estudiada, las rocas que componen este grupo son predominantemente de naturaleza volcánica ocupando áreas reducidas, circunscribiéndose principalmente a la zona sureste del cuadrángulo.

Litológicamente consiste de derrames y brechas de naturaleza andesitica. Así como tobas retrabajadas dacítica y riolítica, cuya extensión lateral es de forma lenticular. La coloración varía de gris verdosa a morado rojiza.

Sobreyacen en discordancia angular al Grupo Puno y a la Formación Ferrobamba, contacto observado en el pueblo de Ututa, cuadrángulo de Santo Tomás.

Sus principales afloramientos se localizan en los cerros Pucajasa y Chihuamarca donde alcanza un grosor variable entre 700 y 800 m.

Las insuficientes dataciones radiométricas no permite asignarle una edad precisa; sin embargo por posición estratigráfica se le indica una edad Eocena-Oligocena.

4.1.9 Formación Sencca.

Esta denominación fue introducida en la estratigrafía del Sur del Perú por MENDIVIL, S. (1965), al describir una secuencia volcánica de naturaleza piroclástica en el área de Maure. En el área estudiada afloramientos similares se observan en el sector este y sureste.

Litológicamente está constituido principalmente por tobas de naturaleza riolítica a dacítica intercaladas con tobas brechoides lenticulares. Estas rocas presentan una apreciable compactación y dureza, pero existen lugares donde presentan poca consistencia, mineralógicamente contienen cuarzo, feldespato, biotita, líticos y fragmentos de vidrio.

Constituyen depósitos estratificados en capas horizontales levemente inclinadas cubriendo una topografía pre-existente en discordancia paralela a rocas del Grupo Tacaza y formaciones antiguas e infrayaciendo en discordancia erosional al vulcanismo Vilcarani (Grupo Barroso).

Su grosor se incrementa de este a oeste. En Callanca tiene un grosor de 10 a 20 m. El mismo que se incrementa en el sector suroeste del área estudiada a 80 y 100 m de grosor.

Por posición estratigráfica se le asigna una edad Pliocénica.

4.1.10 Grupo Barroso.

Nombre designado por S. MENDIVIL (1965), a un conjunto de rocas volcánicas constituido por derrames volcánicos y piroclásticos de naturaleza andesítica, traquítica a traquiandesítica.

En el cuadrángulo de Chalhuanca sus exposiciones se hallan confinadas al suroeste, en todos estos lugares las rocas del grupo Barroso se extienden en forma casi horizontal o con leves inclinaciones que no pasan de 10º a 12º ocupando las generalmente las partes más elevadas. El Grupo Barroso para el área está representado el Vulcanismo Vilcarani.

Vulcanismo Vilcarani

Corresponde a un complejo volcánico, ubicado en el sur del cuadrángulo de Chalhuanca. Representado por derrames lávicos y piroclásticos intercalados.

Los derrames lávicos son de composición andesítica y dacítica, y morfológicamente se encuentran formando escarpas de 20 a 25 metros de altitud. La secuencia piroclástica está representada por tobas y brechas de naturaleza riodacítica.

Estratigráficamente sobreyace en discordancia erosional a la Formación Sencca, Grupo Tacaza y Formación Ferrobamba.

Este Grupo se halla cubierto por depósitos morrénicos y fluvioglaciares, que corresponden a productos volcánicos modernos y sedimentos recientes.

Al no contar con dataciones radiométricas se le indica una edad comprendida desde fines del Plioceno hasta Pleistoceno.

Los depósitos recientes están constituidos por depósitos morrénicos, fluvioglaciares y depósitos aluviales. Durante el Holoceno también se tiene el Vulcanismo Santo Tomás

4.1.11 Depósitos Morrénicos y Fluvioglaciares.

4.1.11.1 Depósitos Morrénicos.

Se han diferenciado dos etapas de acumulación morrénica como producto de la actividad glaciar cuaternaria. La más antigua se presenta bastante erosionada, apenas reconocible.

Están constituidas por bloques y gravas angulosas de diferentes tipos de roca, englobados en una matriz areno-tobácea.

Los depósitos morrénicos recientes, se encuentra poco erosionados y se encuentra a altitudes que van desde los 4,200 hasta los 5,000 m.s.n.m., así se puede ver en el nevado de Suparausa (Chalhuanca).

Las morrenas están bien preservadas y poco afectadas por los agentes erosivos y se encuentran circunscritas a las partes altas de los grandes valles.

4.1.11.2 Depósitos Fluvioglaciares.

Se presentan en el cuadrángulo y ocupan antiguos valles, quebradas y pampas de origen glaciar que se encuentran sobre los 4,000 m.s.n.m. Estos depósitos consisten de acumulaciones clásticas heterogéneas con un grosor promedio de 30 m.

A diferencia de las morrenas los depósitos fluvioglaciares ocupan pequeñas áreas.

La edad de estos depósitos van del Pleistoceno al Reciente de acuerdo con las evidencias geomorfológicas observadas en campo.

4.1.12 Volcánicos Santo Tomás.

En la parte nor-occidental de la hoja Chalhuanca existen lavas de textura afanítica como producto de una actividad volcánica muy reciente, a los cuales se les denomina Volcánicos Santo Tomás.

Se les ha reconocido en el sector de Santa Cruz, Cuplla, Ojopata y cerro Huito, donde está constituido por lavas de naturaleza andesítica de color gris a negro.

Edad.- Aún no se cuenta con dataciones radiométricas para fijar su edad. sin embargo, se tiene referencias de que estos productos volcánicos son muy recientes, desde que yacen sobre depósitos o terrazas modernas, tal como sucede en las hojas adyacentes ubicadas al norte y este del cuadrángulo.

4.1.13 Depósitos Aluviales.

El material aluvial se halla en los cauces antiguos y recientes así como en las laderas de los valles y quebradas, formando terrazas y conos aluviales respectivamente. Algunas terrazas se encuentran a más de 150 m. sobre el nivel de los cauces de los ríos actuales, como consecuencia del levantamiento reciente de los Andes y el subsiguiente rejuvenecimiento de los ríos que han labrado profundos valles en “V”. Ejemplos notables de estas terrazas se ven en él río Chalhuanca a la altura de su confluencia con el río Aparaya donde se asienta la hacienda San Francisco y en el río Vilcabamba, cerca de la desembocadura del río Chuquibambilla.

También se puede apreciar; estos depósitos en las grandes altiplanicies donde sus suelos están como pastos naturales los cuales sirven de alimento al ganado de esta región.

Los depósitos aluviales están constituidos mayormente por gravas, cantos y otros elementos redondeados y angulosos, dentro de un matriz areno-arcillosa, presentan una grosera estratificación, que se acuña entre capas de arena y arcilla. El grosor de estos depósitos varía desde unos cuantos metros a más de 150 m.

Los conos aluviales yacen en las laderas bajas de los cerros y en los flancos de los valles. Las gravas que forman estos depósitos se han acumulado mayormente por efectos de la gravedad y evidencian poco transporte. Buenos ejemplos de este tipo de depósito se observan en las laderas de los valles principales.

4.2 Rocas Intrusivas.

En el área de estudio, se han reconocido cuerpos plutónicos en forma de stocks e intrusiones subvolcánicas, pertenecientes al Batolito de Abancay cuya edad esta asignada al Oligoceno - Mioceno, Generalmente se les encuentra intruyendo a las unidades sedimentarias de las Formaciones Piste, Soraya, Ferrobamba. Estos intrusivos plutónicos tienen una relativa extensión, abarcando diferentes sectores en el cuadrángulo de Chalhuanca. Los pórfidos subvolcánicos no tienen gran extensión y se les ha observado en algunos casos cortando a las secuencias sedimentarias e intrusivos plutónicos.

Las intrusiones plutónicas en el área de estudio han podido ser diferenciadas; dentro de las cuales tenemos:

- **Cuarzodioríta y Cuarzomonzodioríta.**

- **cuarzodiorítica a diorítica.**
- **Tonalitas.**
- **Granodioritas.**

Las rocas subvolcánicas están constituidas por rocas de composición dacítica a riodacítica, y otras unidades subvolcánicas de naturaleza andesítica, latiandesita, traquita, etc.

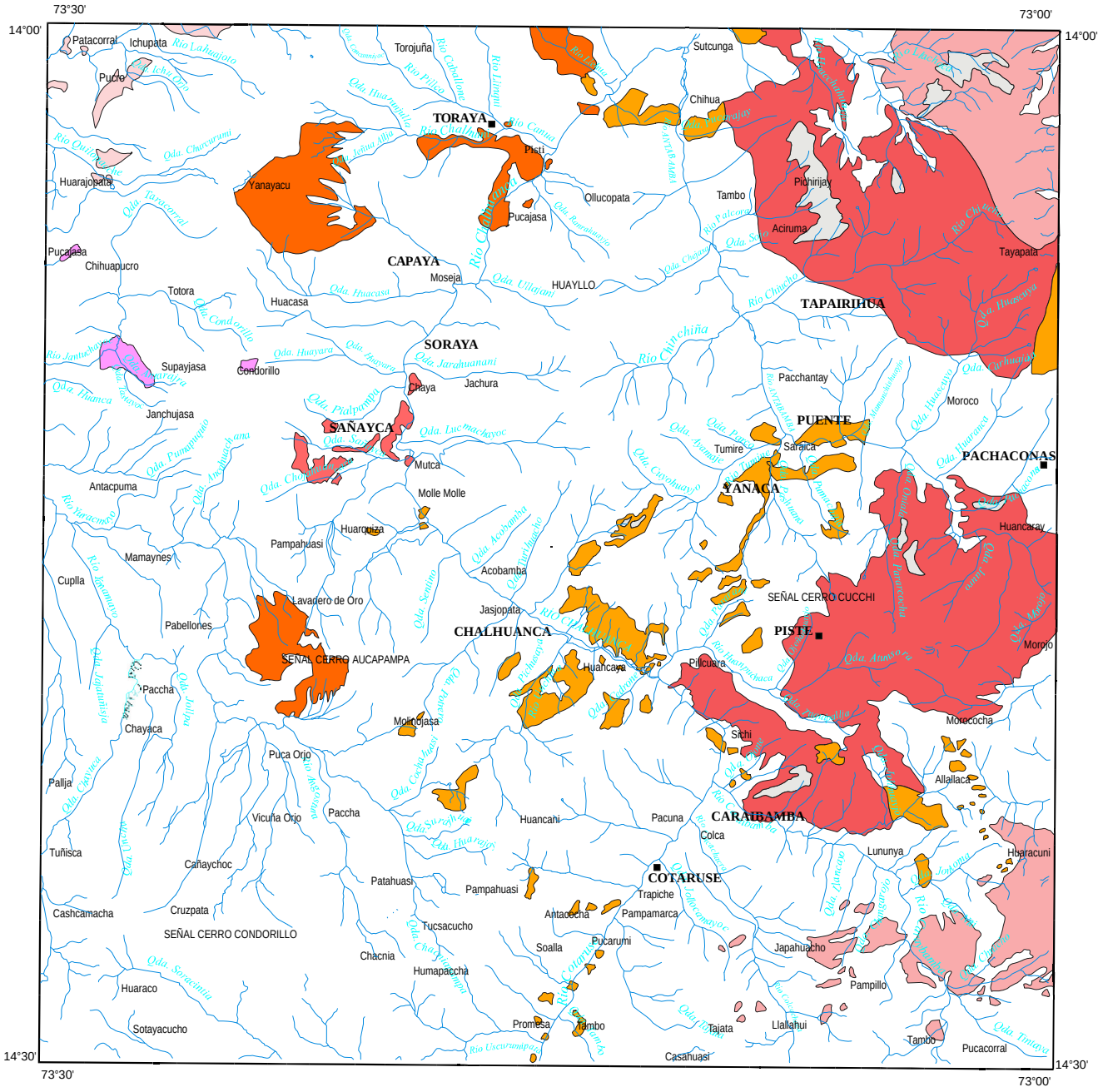
4.2.1 Cuarzodioríta y Cuarzomonzodioríta.

Aflora en el vértice NE de la Hoja de Chalhuanca, en las localidades de Sarasara, Cerro Apacheta, Cerro Llulluchane, Cerro Tirane, Cerro Atunpushca, Cerro Intihuaman, Cerro Uchuyjonaya, Cerro Mollopata, etc. Está constituido por rocas de composición cuarzodioritica y cuarzomonzodioritica, que están metamorfizadas y cortando a las Fm. Soraya y Ferrobamba y en el sector norte de su emplazamiento al Grupo Puno. Este cuerpo intrusivo forma parte del Batolito de Abancay; abarca una superficie de aproximadamente 128 km².

La muestra obtenida en las faldas del Cerro Mollopata, corresponde a una cuarzomonzodiorita metamorfizada de color gris claro, cuyos minerales esenciales son: plagioclasas 55%, cuarzo 15%, feldespatos potásicos 12%, biotitas 10% y minerales accesorios son: cloritas 2%, anfíboles 1%, minerales opacos <1%, carbonatos <1%, esfena trazas y zircón trazas.

4.2.2 Cuarzodioríta a Dioríta.

Se localizan a lo largo del área de estudio, en las localidades de la Hda Challhuapampa, Tayapata, Molleyoc, Colcabamba, Cerro Jatumpampa, Cerro Maucallacta, Cerro Culmayoc, Cerro Anyopata, Cerro Ichurutuna, Cerro Yanacocha, Cerro Queroc, Cerro Huahuayoc Orjo, Cerro Condorhuachana, Cerros



LEYENDA

- Diorita
- Metacuarzodiorita-cuarzodiorita
- Monzonita
- Granodiorita
- Pórfido granodioritico
- Tonalita
- Dacita-riodacita
- Andesita

Tomado de V. Pecho (1981)-INGEMMET

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS E.A.P INGENIERÍA GEOLÓGICA		PROSPECCION GEOQUIMICA DEL CUADRÁNGULO DE CHALHUANCA (29 - p) - INVENTARIO DE RECURSOS MINERALES (Departamento de Apurimac)
ASESOR: ING. H. RIVERA M.	ESCALA: Gráfica	MAPA DE INTRUSIVOS
Hurtado Guerrero, Yván	FECHA: OCTUBRE 2002	LÁMINA N° 1

Runcuilla, Llactuhuayjo, Cerro Aucapampa, etc. Está constituido por cuerpos de rocas intrusivas de color gris de composición cuarzodiorítica a diorítica que corta a la Formación Ferrobamba en diferentes sectores abarcando una superficie de aproximadamente 100 km².

La muestra obtenida en las cercanías de la Hda Chalhuapampa, corresponde a una cuarzodiorita de color gris, cuyos minerales esenciales son: Plagioclasas 70% y minerales accesorios son: cuarzo 5%, sericita 5%, anfiboles 4%, piroxenos 4%, feldespatos potásicos 4%, cloritas 3%, biotita 2%, arcilla 2%, y minerales opacos 1%.

4.2.3 Tonalitas

Aflora al Este de la Hoja de Chalhuanca (29-p), en las localidades de Oyoni, Fundo San Marcos, Morojo, Huanso, Cerro Huaynapucro, Cerro Ampachune, Cerro Colquimina etc; está constituido por tonalitas que abarca una superficie de aproximadamente 100 km². Estas rocas se han emplazado cortando a las secuencias pelíticas y calcáreas de la Formación Piste, formando una zona de skarn con un alto grado de metamorfismo debido a la presencia de granates.

La roca es de color gris blanquecino, cuyos minerales esenciales son plagioclasas 70%, cuarzo 23% y minerales accesorios son feldespato potásico 4%, biotita 2%, anfiboles, sericita y esfena.

4.2.4 Granodioritas

Se le ha reconocido, en el sector Sureste de la Hoja de Chalhuanca (29-p), en las localidades de Huaracuni, Cerro Huacrahuata, Cerro Puca Orjo, Cerro Pumanuta, Cerro Japahuacho, Cerro Huayllacirca etc; estas abarca una superficie

de aproximadamente 45 km². y se encuentran cortando a la Formación Piste y Chuquibambilla, aprovechando fallas y zonas de debilidad.

La roca es de color gris claro, cuyos minerales esenciales son: plagioclasas 64%, feldespato potásico 12%, cuarzo 22% y minerales accesorios, biotita 4%, esfena 2%, minerales opacos 1% y cloritas en trazas.

4.2.5 Subvolcánicos

Dácitas y Riodácitas.

Los porfidos subvolcánicos aflorante en la hoja de Chalhuanca están dados en forma de diques, sills y stocks de dimensiones variables. (La composición de estos pórfidos consiste generalmente de dácita) como las reconocidas a lo largo de las carreteras: Chalhuanca – Santa Rosa y Pampachiri – Andahuaylas.

Su localidad tipo es el pueblo de Sañayca, donde presenta una considerable extensión, también ha sido reconocida en las localidades de Chaya, Tolohuishjana, Huancachaja, Supayjasa, Vicuña, Ayma Occo, Huaynapata, Moseja, Ayllani, Verdecocha, Huarajoyac, Apacsa, Chiuchilla, Pillcuara, Qda Campanayoc, Qda Cedrona, , Cerro Cruzpata, Cerro Pallarcate, Cerro Fapata, Cerro Picullune, Cerro Fillullone, Cerro Chinquinsa, Cerro Achojanta. Estos afloramientos se encuetran cortando a la secuencia sedimentaría del Grupo Yura, Formación Mara, Formación Ferrobamba.

Está constituido generalmente por dácitas y riodácitas de color gris que presentan textura porfirítica con una matriz de plagioclasas, piroxenos y biotitas.

Andesitas y Traquitas.

Estas intrusiones se encuentran formando afloramientos restringidos, aislados y dispersos en toda el área y esta constituido por andesitas, latiandesitas, traquita y demás cuerpos subvolcánicos.

Las andesitas han sido reconocidas en las localidades de Saraica, Quilcata, Ingenio, Vilque y cerro Ninajasa. Son de color gris, con una textura porfirítica donde predominan los fenocristales de plagioclasas macladas y que están alteradas a sericita. La matriz está constituida por, piroxenos, anfíboles y biotitas (60% aprox). El cuarzo se encuentra corroído en los bordes, las biotitas alteradas a cloritas y los moldes de minerales máficos están reemplazados por carbonatos y cloritas.

La traquita se ha reconocido cerca del desvío de la carretera a Calca y esta compuesta esencialmente de feldespatos potásicos de textura porfirítica relíctica; la matriz se encuentra totalmente alterada a feldespatos potásicos, y las cavidades rellenas de cuarzo.

4.3 Geología Estructural.

Desde el punto de vista estructural. El conjunto abarca gran parte del tiempo geológico, según la hipótesis de B. Dalmayrac et. al. (1988). La cual se inicia a fines del Pre- Cambriano y/o inicios del Paleozoico (***Tectónica Hercínica***); definiéndose como sistemas de fracturas que comprometen a los controles estructurales, con rumbos NO a SE, cabe indicar que al Este existe sistemas estructurales de orientación NE – SO condicionados por la deflección de Abancay, que es un accidente tectónico muy resaltante. Posteriormente se produjeron tres principales fases de deformación que tienen lugar en el Mioceno inferior, Mioceno superior y en el límite Mioceno-Plioceno (***Tectónica Andina***).

Estas se traducen en una serie compleja de sistemas de fallas pre-existentes que cortan rocas del Grupo Yura y de la Formación Ferrobamba; hasta llegar a tener su posición actual.

Un elemento estructural importante es la falla Mollebamba (edad Cretáceo superior ubicada entre los cuadrángulos de Chalhuanca y Antabamba, la cual tiene un recorrido de aproximadamente 100 km, con un rumbo NNO-SSE que va entre los 60° y 70° de Longitud Oeste, por lo que se le atribuye a dicha falla el emplazamiento de cuerpos sub-volcánicos y que estarían ligadas a las mineralizaciones de Cu, Pb, Zn y Au. (Lam. 2)

Finalmente en el área de estudio las rocas jurásica-cretácicas han sido afectadas por cuerpos intrusivos del Paleógeno (21-33 M.A.), Oligoceno superior y Mioceno inferior conocido como Batolito de Abancay (área aproximada de 4,500 Km^2.), cuya orientación general es E-O.

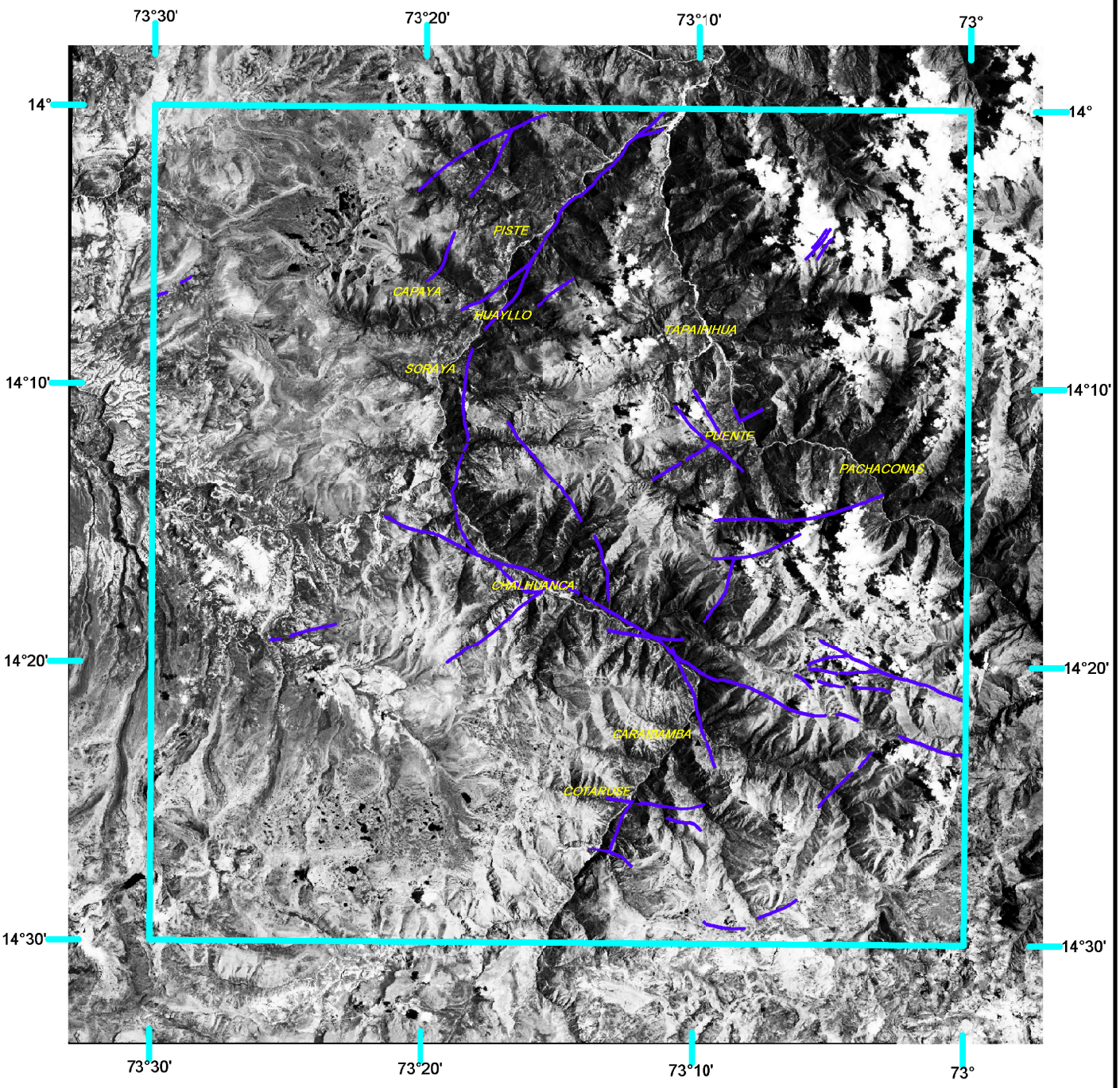
4.3.1 Tectonica Andina.

La orogenia Andina tiene sus fases en el Cretáceo superior, las cuales condicionaron principalmente cambios en el tipo de sedimentación de los ambientes marinos y continentales del momento. Así como actividades magmáticas contemporáneas; las que produjeron una depositación volcánico-sedimentaria.

El resultado del Téctonismo Andino son las deformaciones posteriores de las unidades mesozoicas, las cuales conservan un rumbo Andino (NO-SE) sobre imponiéndose a las estructuras hercínicas.

Los efectos de esta tectónica son evidentes hacia el lado este y central del área, donde se observan pliegues y cabalgamientos locales y regionales vistos en las Formaciones Soraya y Ferrobamba. Al mismo tiempo que sucedía un

CUADRANGULO DE CHALHUANCA



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS E.A.P INGENIERÍA GEOLÓGICA		PROSPECCION GEOQUIMICA DEL CUADRANGULO DE CHALHUANCA (29 - p) - INVENTARIO DE RECURSOS MINERALES (Departamento de Apurimac)	
ASESOR: ING. H. RIVERA M.	ESCALA: 1:400 000	LINEAMIENTOS PANCROMATICO 3	LÁMINA N° 2
Hurtado Guerrero, Yván	FECHA: OCTUBRE 2002		

vulcanismo en el Paleógeno muy característico en donde aflora rocas del Grupo Tacaza y probablemente vinculado a fases de tectónica compresiva de carácter polifásico.

Steinmann (1929) establece una cronología de fases tectónicas, para el segundo período del ciclo andino, definiéndola como:

4.3.1.1 Fase Peruana (Cretáceo superior)

Esta fase es la causante de la deformación de los sedimentos mesozoicos representados por secuencias clásticas; teniendo sus evidencias en la Formación Soraya.

Producto de esta fase, existe un cambio conspicuo en el tipo de sedimentación de carbonatos marinos y una acumulación molásica continental, a la que se denominó Formación Mara y Grupo Puno respectivamente. Los sedimentos del Mesozoico se presentan en la parte central y noreste del cuadrángulo.

4.3.1.2 Fase Incaica

Este evento compresivo ocurre entre fines del Oligoceno y comienzos del Mioceno, con una reactivación de estructuras de fallas profundas dando como origen a magmatismos extrusivos e intrusivos como del Grupo Tacaza la cual es asociado a cuerpos subvolcánicos portadora de soluciones mineralizantes (J. Caldas, 1993).

4.4 Magmatismo.

La abundancia de rocas plutónicas andinas constituye una de las partes esenciales de la cadena de los Andes del Perú. AUDEBAUD (1976) estima que

estas rocas son el 1/6 de los afloramientos de los Andes Centrales, gran parte se encuentra en la Cordillera Oriental y Centro del Perú.

De un modo general, los cuerpos que constituyen el Batolito Andino, se han emplazado en un orden regular que va desde los más básicos a los más ácidos (MEGARD 1973). Su composición va desde gabros a leucogranitos. Siendo casi en su totalidad una serie calco-alcalina.

Los terrenos más básicos gabros y diorita forman cuerpos sin forma definida y no sobre pasan los 100 Km^2. Las tonalitas forman cuerpos tabulares de 100 km de largo por 20 km. de ancho; los cuales se ubican alongados y paralelos al batolito andino. Los monzogranitos y granitos forman cuerpos de estructura anular (COBBING y PITCHER-1972).

El magmatismo en el Sur de la Cordillera Occidental y Región Intercordillerana del Perú, está dada por pequeñas intrusiones a manera de stocks; generalmente de composición dioritica, cuarzo monzonita y granodioritica.

De acuerdo a J. Sáez (1996), se reconoce para el área hasta cinco eventos magmáticos:

1. Una serie de gabro-diorita-cuarzodiorita.

2. Una serie de gabro-monzogabro-cuarzogabro.

3. Stock y diques cuarzo monzoniticos que se encuentran tanto en la zona de Tintaya, (Noble-1984) con edades radiométricas K/Ar de 33.7 +/- 1.0 M.A. y 34.7+/- 1.0 M.A.

4. Stocks de monzonita.

5. Stocks y diques de dácita.

4.4.1 Batolito de Abancay.

Las diferentes rocas del Batolito de Abancay intruyen y metamorfizan a las formaciones mesozoicas, previamente deformadas por eventos tectónicos, mientras que las rocas subvolcánicas afectan a la formaciones del Eoceno y son consideradas como las últimas pulsaciones del magmatismo y asociadas con la mineralización de la región (Cu, Pb, Zn y Au).

Las intrusiones en gran parte del área de estudio se encuentran en forma casi continua siguiendo aproximadamente la dirección del modelo estructural andino y a las zonas de mayor debilidad y cizallamiento regional.

Las rocas intrusivas aparte del intenso diaclasamiento y cizallamiento, no presentan mayores indicios de deformación, el rumbo general predominante observado de las fallas y diaclasamientos es aproximadamente NW-SE.

El emplazamiento de las rocas subvolcánicas se da a manera de “diques-sill” y están controladas principalmente por fallas y fracturas de origen andino.

CAPITULO V

APLICACION DE IMÁGENES SATELITALES EN LA EXPLORACIÓN

5.1. Sensores Remotos.

Las imágenes Landsat TM están siendo utilizadas de manera muy intensa en los programas de exploración, su principal objetivo es determinar de manera rápida y efectiva, áreas anómalas (targets), las cuales sean prospectivas para así encontrar áreas con mineralización hidrotermal

El objetivo de este capítulo es dar a conocer de manera practica el procesamiento de una imagen satelital digital, la cual será de mucha ayuda para la interpretación geológica de campo. Específicamente, aplicándolo al tipo de modelo de depósito y a los conceptos de control estructural regional para la mineralización, la que servirá para delimitar áreas de interés.

5.2. Características y Aplicaciones de las Bandas T.M.

La Tabla Nº 1 nos muestra la resolución espectral, así como sus características principales. Las imágenes de color compuesto pueden ser preparadas digitalmente, combinadas y mostradas con tres de las bandas visibles y reflejadas IR en los colores primarios azul rojo y verde. Existe la posibilidad de 120 combinaciones; pero la experiencia y la teoría demuestran que solo unas pocas combinaciones son útiles para la interpretación geológica.

Tabla Nº 1

BANDAS ESPECTRALES DEL THEMATIC MAPPER (TM)

Banda	RESOLUCION ESPECTRAL	Características
1 (Azul)	Alta	**El azul - verde son visibles**, usando el ratio 3/1. Detecta minerales de Hierro
2 (Verde)	Alta	**El verde es visible**, asignado en el color azul en imágenes compuestas 7, 4, 2
3 (Rojo)	Alta	**El rojo es visible**, usando como ratio 3/1. detecta minerales de Hierro
4 (IR Cercano)	Baja	**IR reflejado**, registra la máxima reflectancia de la vegetación. Resulta como verde en combinaciones 7,4,2 en el ratio 4/7 detecta minerales de borato
5 (IR Medio)	Baja	**IR reflejado**, Usado en ratio 5/7 detecta minerales de alunita y arcillas.
6 (IR Termal)	Baja	**IR termal**, Registra el calor radiante, este puede detectar el enfriamiento del vapor causado por humedad absorbida
7 (IR Medio)	Baja	**IR reflejado**, es asignado al color rojo en combinación 7, 4, 2. Usando el ratio 5/7 el cual detecta alunita y mineralización de arcillas

La Tabla Nº 2 nos muestra las aplicaciones de cada banda TM en sus respectivas longitudes de onda.

Tabla Nº 2

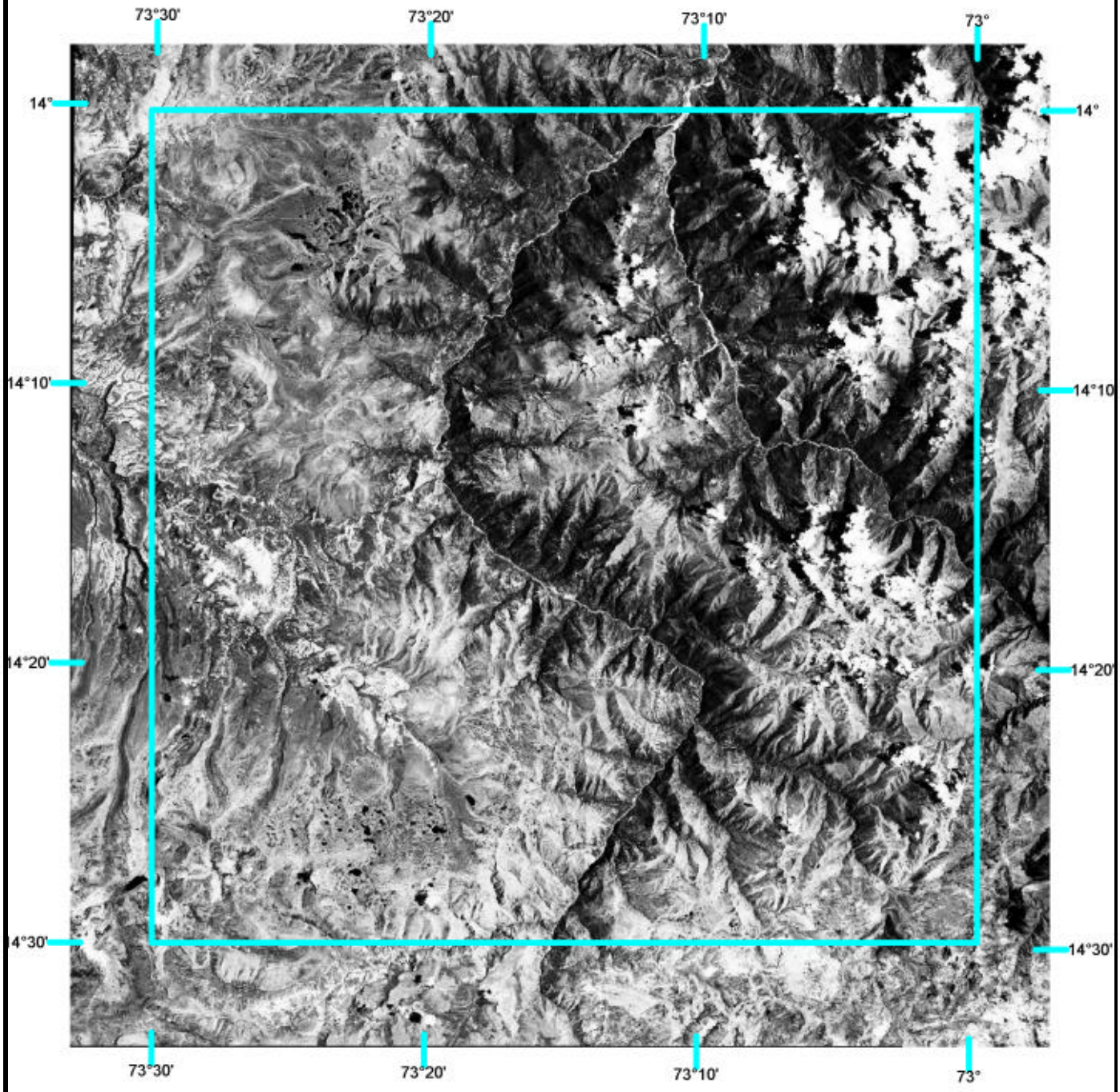
Banda	ESPECTRAL	PRINCIPALES APLICACIONES
TM1	0.45 – 0.52	- Mapeo de aguas costeras. - Diferenciación entre suelos y vegetación
TM2	0.52 – 0.60	- Mapeo de carreteras. - Reflectancia entre suelos y vegetación
TM3	0.63 – 0.69	- Diferenciación de suelos - Diferenciación de especies vegetales
TM4	0.76 – 0.90	- *Contrastes de suelo* - Delineamiento de afloramientos y agua
TM5	1.55 – 1.75	- Medidas de humedad en la vegetación - Diferenciación entre nubes y nieve
TM6	10.4 – 11.50	- Mapeo Termal
TM7	2.08 – 2.35	- Mapeo Hidrotermal - Mapeo de tipos de roca y limites de suelo

Las Tablas Nº 3 y 4 nos muestran las combinaciones más usadas, así como las características, ventajas y desventajas en la interpretación geológica (Lam 3, 4).

Tabla Nº 3

BANDAS	CARACTERISTICAS
3, 2, 1	Foto a color. Se observa como el ojo humano.
4, 3, 2	Como una fotografía infrarroja.
5, 4, 2	Compuesto pseudocolor.
7, 4, 2	Discriminación de tipos de roca.
7, 3, 1	Discriminación de tipos de rocas y alteraciones.
4 (Pancromático)	Lineamientos estructurales.

CUADRANGULO DE CHALHUANCA



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS E.A.P. INGENIERÍA GEOLÓGICA		PROSPECCION GEOQUIMICA DEL CUADRÁNGULO DE CHALHUANCA(28-p)-INVENTARIO DE RECURSOS MINERALES (Departamento de Apurímac)	
ASESOR: ING. H. RIVERA M.	ESCALA 1: 100 000	MAPA PANCROMATICO BANDA 4	LAMINA Nº 3
Hurtado Guerrero, Yulin	FECHA: OCTUBRE 2003		

Tabla Nº 4

Combinaciones	Ventajas	Desventajas
3, 2, 1 (RGB)	Imagen de color normal, tiene una aproximación a los colores naturales de la escena	La baja resolución espacial da una pobre discriminación de los tipos de rocas
4, 3, 2 (RGB)	Imagen tradicional con señales de vegetación roja	Hay una limitada discriminación de tipos de roca
4, 5, 7 (RGB)	Máxima resolución espacia. Optimo para regiones húmedas	Discriminación limitada de tipos de rocas
7, 4, 2 (RGB)	Máxima discriminación de tipos de roca. Optima para regiones áridas	Colores no muy familiares pero los interpretes pueden adaptarse con facilidad

5.3. Elaboración de la Mascara.

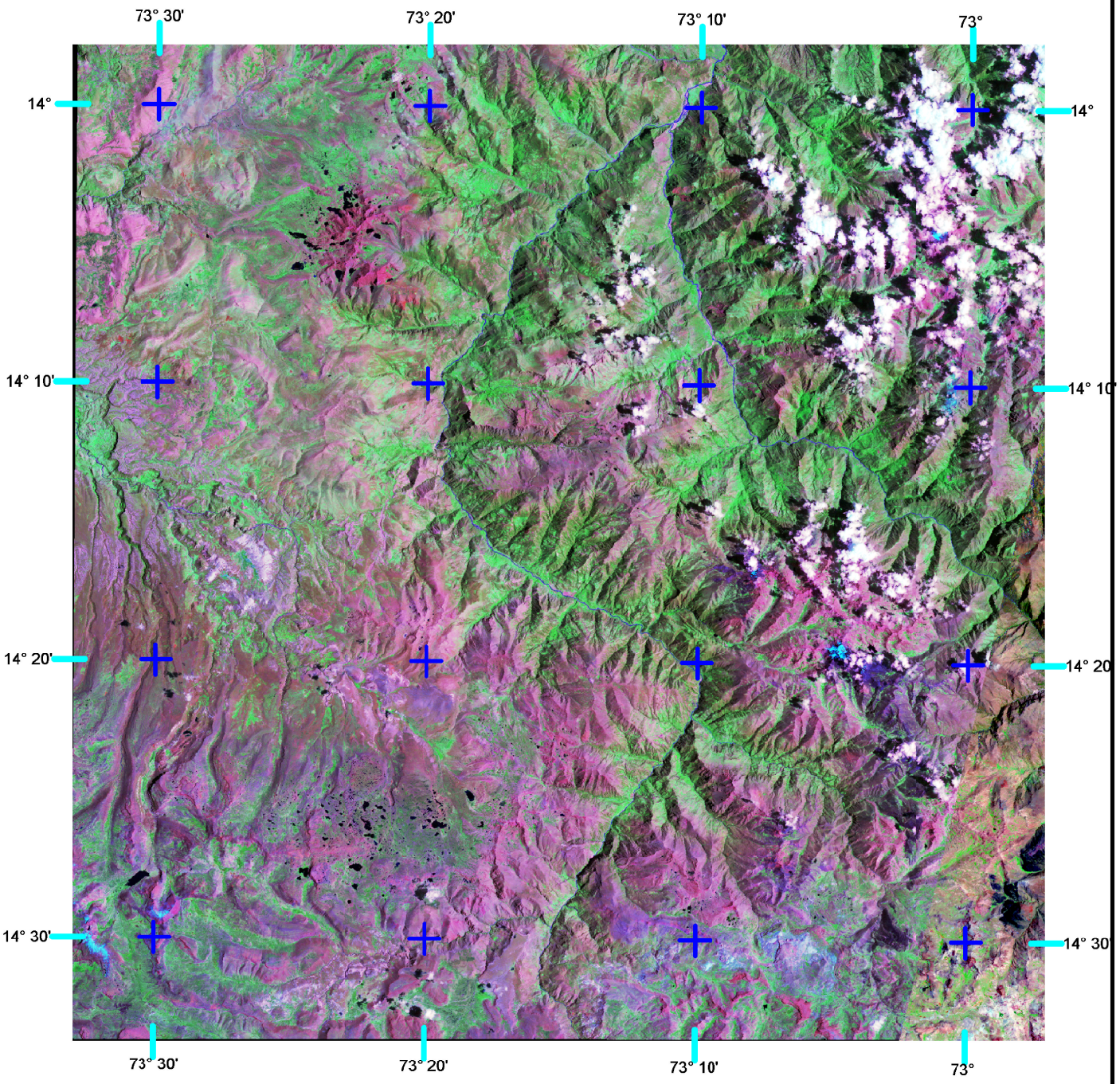
Las mascaras son imágenes compuestas de valores nulos y sirven para ocultar las rasgos espectrales que nos dieron interpretaciones incorrectas tales como la vegetación, agua y sombra.

La aplicación de mascaras en las nuevas combinaciones de cocientes puso a nuestro alcance dos puntos importantes:

- ✓ Aumentar el contraste de la imagen entre las áreas que no tienen cubierta vegetal.

- ✓ Disminuye altamente la ambigüedad entre las áreas de vegetación y las anomalías de alteración hidrotermal.

CUADRANGULO DE CHALHUANCA



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS E.A.P INGENIERÍA GEOLÓGICA		PROSPECCION GEOQUIMICA DEL CUADRANGULO DE CHALHUANCA (29 - p) - INVENTARIO DE RECURSOS MINERALES (Departamento de Apurimac)
ASESOR: ING. H. RIVERA M.	ESCALA: 1:400 000	MAPA SATELITAL BANDA 7,4,2
Hurtado Guerrero, Yván	FECHA: OCTUBRE 2002	LÁMINA N° 4

5.4. Análisis de las Imágenes Satelitales Landsat TM.

Esta técnica del cociente y combinación de cocientes es útil para discriminar diferencias espectrales que se involucran entre dos bandas que son enmascaradas por las variaciones de brillantes en las imágenes. Mediante este proceso se puede representar los cambios en las pendientes de las curvas de reflectancia espectral de las dos bandas involucradas, el cociente de bandas es utilizado para:

- ✓ Reducir el efecto de relieve topográfico.
- ✓ Identificar zonas de alteración hidrotermal y de oxidación.
- ✓ Resaltar índices de vegetación.

5.4.1. Cociente entre bandas.

Los cocientes son el resultado de una división entre los números digital de una banda con los números digitales de otra banda. Las áreas de color más oscuro representan valores donde el denominador es más grande que el numerador. La alteración hidrotermal y la mineralización asociada producen minerales secundarios ligados a las rocas encajonantes, los cuales pueden ser resaltados por la imagen Landsat TM.

Estos dos grandes grupos de minerales secundarios de alteración son:

- ✓ Óxidos Férricos (limonitas)
- ✓ Minerales Arcillosos

Cociente 3/1 (Óxidos de Hierro)

Este cociente está dirigido para la identificación de minerales de hierro, entre los que destaca las limonitas; indica rocas afectadas por la alteración hidrotermal y aquellas rocas que representan alto contenido de minerales de hierro y limonitas las cuales presentan mayor reflectancia en la banda 3 y la banda 1 descendiendo con dirección ultravioleta (UV). Los valores altos del cociente 3/1 resaltan el contenido de limonitas.

Cociente 5/7 (Minerales de Arcilla)

Está preparado para la identificación de zonas con presencia de arcillas y alunita. Se desarrolla en la región del Infrarrojo cercano de onda corta (SWIR) donde se obtiene valores altos para minerales de alteración y un valor alrededor de la unidad para rocas no alteradas, debido a los valores altos de reflectancia correspondiente a la banda 5 y la banda 7, que presentan valores bajos de reflectancia para minerales de alunita y arcillas.

Cociente 5/4 (Minerales Ferrosos)

El cociente 5/4 identifica carbonatos y silicatos. En la banda 4 se mide parte de la absorción producida por los cationes de Fe^{2+} y Fe^{3+}. En la banda 5 los minerales de hierro representan una reflectancia; cabe señalar que estos depósitos se ubican en la mayoría de las zonas de alteración de los depósitos minerales.

Cociente 4/3 (IR/R)

Los valores altos de este cociente se deben a la vegetación, debido a la fuerte absorción de la clorofila. En este cociente resaltan las zonas donde existe mayor densidad de vegetación.

5.4.2 Combinación de Cocientes.

Para el procesamiento de anomalías espectrales en función de los cocientes de bandas (ratios), la combinación más usada es: 3/1, 5/4, 5/7 (RVA), que se basa en la aplicación de componentes principales que es una técnica de realce digital basado en la correlación de datos digitales creando un nuevo archivo en la cual se reduce el número de variables, siendo importante la interpretación de los datos estadísticos obtenidos mediante este proceso, ello permite que la información de anomalías espectrales por óxidos y arcillas sea confiable.

Luego con estos datos se realiza una clasificación sobre la imagen, pudiendo diferenciarse las zonas con contenido de óxidos, arcillas y aquellas en que se encuentran ambas alteraciones. La división de ratios es una ayuda de mucha importancia para la discriminación de zonas anómalas.

Brevemente daremos una descripción de los cocientes utilizados:

Combinación 5/7, 5/4, 3/1 (Compuesto Mineral)

Resalta áreas anómalas de alteración hidrotermal debido a la imagen del cociente 5/7; presencia de óxidos de hierro, limonitas, micas, arcillas. El cociente 3/1 está representado por los colores combinados entre el amarillo y un rojo muy tenue.

Combinación 5/7, 3/1, 4/3 (Compuesto Hidrotermal)

Las áreas anómalas son resaltadas por el color amarillo verdoso debido a la presencia de óxidos de hierro, limonitas, arcillas hidrotermales, micas. El color amarillo se debe a los altos valores del cociente 5/7 representado por el rosado opaco el cual nos muestra falsas anomalía. Con este tipo de combinación se puede discriminar las zonas de vegetación las cuales presentan tonalidades violáceas y azules.

5.4.3 Análisis de Componentes Principales.

El análisis de componentes principales es la transformación matemática de los planos de una imagen que permite la identificación de cierto tipo de elementos tales como rocas, suelos y distintas aplicaciones.

El análisis de las bandas espectrales individuales puede ser ineficiente debido a la información redundante presente en cada una de las bandas. La transformación por componentes principales es una técnica de realce que reduce o remueve esta redundancia espectral, o sea, genera un nuevo conjunto de imágenes cuyas bandas individuales presentan informaciones no disponibles en otras bandas.

Esta transformación se deriva de la matriz de covarianza entre las bandas y crea un nuevo conjunto de imágenes donde cada valor de ***"píxel"*** es una combinación lineal de los valores originales. El número de componentes principales es igual al número de bandas espectrales utilizadas y son ordenadas de acuerdo con el decremento de la varianza de nivel gris. El análisis de componentes principales se lleva a cabo para las tres bandas del espectro visible (1, 2, 3) y del espectro infrarrojo reflejado (4, 5, 6) del área de estudio asimismo a las imágenes resultantes se les aplica un contraste lineal del 2%.

Componente Principal 1 (CP1)

En este componente la imagen contiene información de brillo asociados a las sombras de topografía y a las grandes variaciones de la reflectancia espectral de las bandas. Esta componente principal posee la mayor parte de la variancia total de los datos, concentrando la información antes dispersa, en varias dimensiones. También es altamente correlacionada con las seis bandas TM originales, de las cuales se asemeja mucho a la banda 5.

Componente Principal 2 (CP2)

Presenta gradualmente menos contraste de tono siendo desprovista de información topográfica, debido a la ausencia de sombras. Con un menor contraste de CP1, no obstante resalta muy bien el drenaje de la zona y las carreteras y son desprovistas de información topográfica debido a la ausencia de sombras. Se ha comprobado que el CP2 es el inverso del cociente 5/4.

Componente Principal 3 (CP3)

Contiene típicamente menos estructura de la imagen y mas ruido que las dos primera, indicando la compresión de los datos en las primeras bandas. La vegetación aparece de un tono muy oscuro lo cual permite su identificación.

Componente Principal 4 (CP4)

La imagen es ligeramente afectada por el ruido, sin embargo resalta ampliamente las rocas alteradas de las áreas anómalas. Se pudo notar que este CP4 es el equivalente del cociente 5/7.

Componente Principal 5 (CP6)

Representa básicamente el ruido existente en los datos originales. El CP5 se asemeja ligeramente al inverso del cociente 3/1. En el CP6 la imagen esta altamente afectada por el ruido y líneas discontinuas lo que dificulta su interpretación y presenta los datos de menor correlación con las seis bandas TM originales.

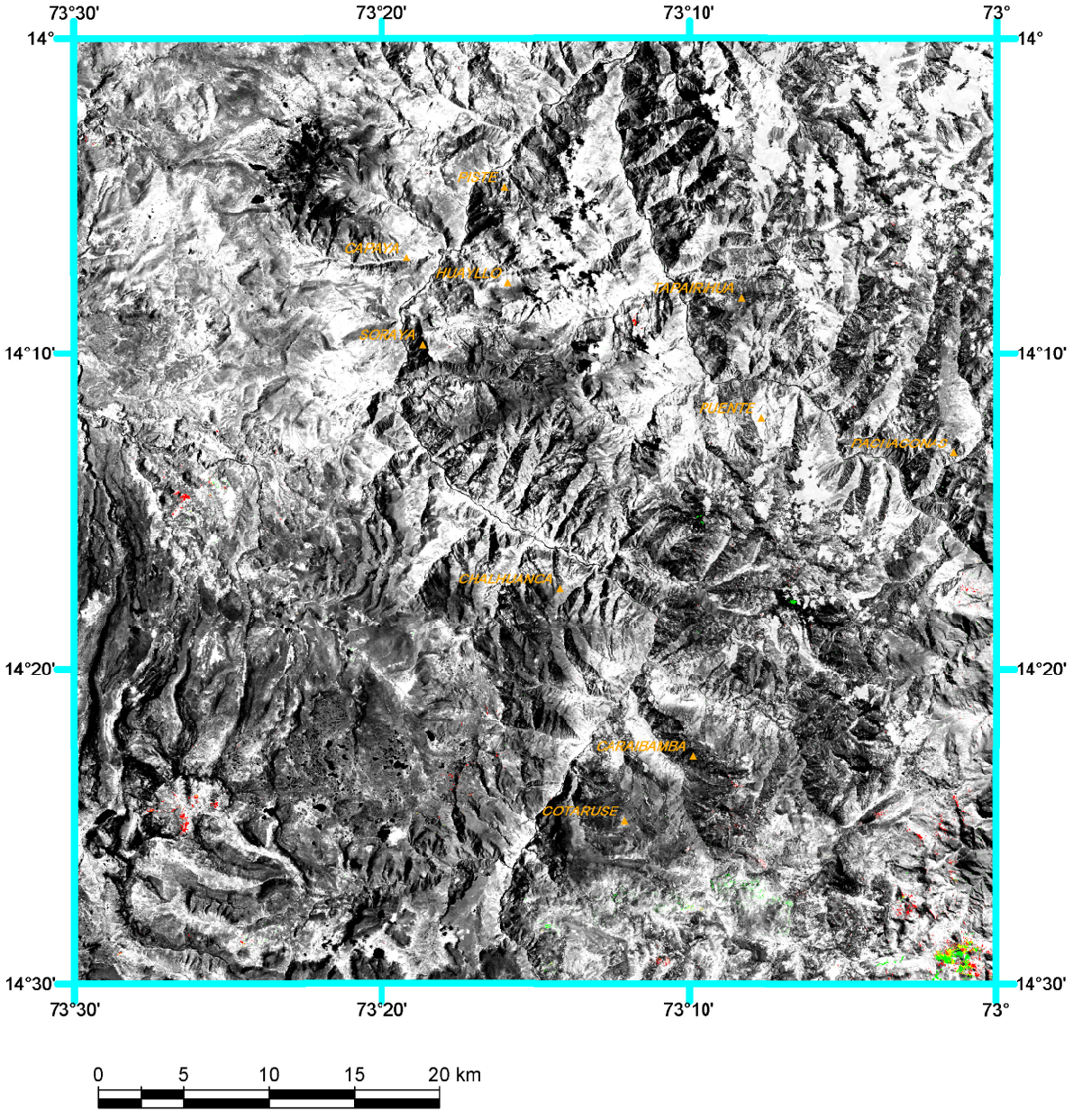
5.5 Elaboración de Mapas de Anomalías Espectrales.

El método utilizado fue desarrollado por Mancuso, Miller y Sabins (1995); el cual consistió en la aplicación de los cocientes 3/1 y 5/7 utilizándose los valores altos de cada cociente. Estos valores están relacionados a las zonas que contiene limonitas y micas / arcillas, posteriormente fueron sobrepuestos en una imagen de banda 4 del TM. Esta relación nos permitió definir zonas anómalas designándoles a cada una un color diferente (Tabla Nº 5) y mapa de anomalías de alteración hidrotermal; (lamina 5).

Tabla Nº 5: Color asignado a las anomalías hidrotermales

ZONA ANOMALA	COLOR
Limonitas	Rojo
Micas / Arcillas	Verde
Limonitas y Micas / Arcillas	Amarillo

CUADRANGULO DE CHALHUANCA



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS E.A.P INGENIERÍA GEOLÓGICA		PROSPECCION GEOQUIMICA DEL CUADRANGULO DE CHALHUANCA (29 - p) - INVENTARIO DE RECURSOS MINERALES (Departamento de Apurimac)	
ASESOR: ING. H. RIVERA M.	ESCALA: 1:400 000	MAPA DE ANOMALIAS COLOR	LÁMINA N° 5
Hurtado Guerrero, Yván	FECHA: OCTUBRE 2001		

5.6 Ventajas y Desventajas.

Las imágenes Landsat TM representan una herramienta importante en el estudio aplicado de las Ciencias de la Tierra. Sus ventajas y desventajas son las siguientes:

Ventajas

- ✓ La correlación entre cocientes en las imágenes es menor que la alta correlación en las bandas.
- ✓ Resaltan las características espectrales de la superficie de un material particular.
- ✓ Minimizan las diferencias de iluminación causadas por la topografía de una escena.

Desventajas

- ✓ Suprimen la diferencia de Albedo (reflectancia en la imagen).
- ✓ Disminuyen la calidad de imagen exagerando el ruido, múltiples reflexiones y dispersión atmosférica en las bandas (Sabins 1987; Drury).

CAPITULO VI

MARCO TEORICO DE UNA PROSPECCION GEOQUIMICA

6.1 Introducción

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. (Tabla Nº 6).

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.

Esta información permitirá conocer el comportamiento geoquímico en el cuadrángulo de Chalhuanca de los elementos trazas, y facilitar

TABLA Nº 06

MUESTRAS DE LA PROSPECCION GEOQUIMICA

GEOQUIMICA	TIPO DE MUESTRA
DISPERSION PRIMARIA	Roca madre fresca. Roca madre alterada. Minerales separados de la roca madre. Mena. Minerales separados de la mena. Fluidos ocultos en los minerales de la roca madre o de la mena.
DISPERSION SECUNDARIA	Sedimento Fluvial (depositado y en suspensión) Aluvión Minerales separados de los sedimentos fluviales y de los aluviones. (minerales pesados magnéticos y no magnéticos). Concentrados de películas de material fino adheridas a granos sedimentarios. Capas de óxidos de Fe y Mn sobre material dendrítico grueso. Sedimento de lagos (depositado y en suspensión).
GEOQUIMICA DE SUELOS	Suelos y Minerales separados del suelo. Humus relacionado con suelos. Bacterias relacionadas con suelos. Fragmentos líticos de la zona C del suelo.
GEOQUI MICA DE GLACIARES	Materiales glaciares. Turbera.
HIDRO GEOQUI MICA	Agua fluvial. Agua de lago. Agua subterránea. Agua de manantial. Nieve.
GEOQUI MICA DE GASES	Gases de suelo. Gases de roca. Aire. Vapores. Aerosoles.
BIOGEOQUI MICA	Vegetación (flora) (terrestre y marina) Animales (fauna). Peces (fauna) (terrestre y marinos). Insectos. Hombre
GEOQUI MICA MARINA	Sedimento marino. Playa, litoral, nerítico afuera, mar profundo (depositado y en suspensión).

posteriormente la realización de estudios detallados en los posibles *"**blancos anómalos**"* propuestos.

La interpretación está orientada hacia la relación que pudiera existir en los blancos anómalos con respecto a su entorno geológico y todos los fenómenos físico-químicos asociados.

6.2 Principios Básicos de la Geoquímica.

6.2.1 Ambiente Geoquímico

Las variables que condicionan la dispersión de los iones metálicos o ambiente geoquímico, tales como: la presión, temperatura y la disponibilidad de los elementos químicos en la naturaleza, que determinan que las fases químicas sean estables en cualquier circunstancia, y que pueden considerarse como:

6.2.1.1 Ambiente Primario

Está caracterizado por condiciones de confinamiento (profundidad), altas presiones y temperaturas, circulación restringida de fluidos y bajo contenido de oxígeno libre. Este ambiente está preservado en las rocas ígneas, metamórficas o de origen hidrotermal que ahora están expuestas en la superficie.

6.2.1.2 Ambiente Secundario

Es el ambiente de la meteorización, erosión, transporte y sedimentación en la superficie de la tierra y de la formación de suelos caracterizado por las bajas temperaturas y presiones casi constantes, circulación libre de fluidos, y la presencia abundante de agua, oxígeno libre y existencia de otros gases en la atmósfera resultantes de la contaminación.

6.2.2 Dispersión Geoquímica

Los métodos de prospección geoquímica están basados en el estudio sistemático de la dispersión de los elementos químicos en los materiales naturales. La dispersión puede definirse como un proceso de distribución o redistribución de los elementos por agentes físicos o químicos.

Cuando un elemento químico es liberado de las rocas mediante la meteorización, su migración supergénica, es decir su movilidad y dispersión, dependen en gran parte de factores tales como: ***la solubilidad, el pH y el E*h** de un ambiente, la adsorción y reacciones competidoras.

Goldschmidt (1937) relacionó estos factores como el comportamiento de elementos químicos en ambientes superficiales, los cuales son muy importantes en estudios de exploración geoquímica y de geoquímica ambiental, y propuso que una primera evaluación de este comportamiento podía hacerse mediante un factor que designó “Potencial Iónico” y que define por Z/r (la carga iónica de un elemento dividida por su radio iónico). Los datos empíricos que Goldschmidt tuvo a disposición apoyaron a este concepto. Los iones menos reactivos en medios acuosos mantienen sus caracteres iónicos en solución y tienen valores de Z/r hasta 3; otros iones

con potencial iónico intermedios (entre 3 y 12) se unen $(OH)^-$ y son elementos relativamente inmóviles y por lo general están asociados con las arcillas y los óxidos / hidróxidos de Fe y de Mn (hidrolizados). Los elementos con potencial iónico superior a 12 forman complejos iónicos solubles (con el oxígeno). El uso de radios iónicos más exactos, según cálculos de Whittaker y Muntus (1970), cambió hasta cierto punto la posición de los campos de reactividad, pero no cambió el concepto original de Goldschmit (1937).

La movilidad y dispersión de los elementos durante la meteorización en un ambiente supergénico, representan en algunos casos la redistribución de los elementos cuando termina los procesos de mineralización. Sin embargo, en muchos casos, la dispersión de los elementos representa una modificación en el espacio de su distribución en un yacimiento primario.

6.2.2.1 Dispersión Mecánica

Aplicada a la investigación de algunas especies minerales, los cuales están relativamente estables bajo condiciones prevalecientes en la superficie, donde las condiciones climáticas restringen el intemperísmo químico (ejemplo: oro, platino, cromita).

6.2.2.2 Dispersión Química

La contribución de procesos químicos a través del intemperismo, comprende sobre todo una diferenciación del material en varias fracciones de movilidad. Se puede dividir los elementos en: elementos inmóviles; que son los insolubles y los móviles que son solubles.

También se puede clasificar:

6.2.2.3 Dispersión Primaria

Ocurre en el ambiente primario (temperatura y presión elevada). Las rutas que las soluciones siguen y los sitios de precipitación son las fracturas, fallas y aberturas intergranulares de la roca. Ovchinnikov y Grigoryan (1971) compilaron datos obtenidos en la ex-Unión Soviética de la dispersión geoquímica primaria en tres dimensiones (geoquímica de testigos), en yacimientos hidrotermales de sulfuros de las clases teletermales plutogenéticas y del grupo Skarn de menas superimpuestas. Ellos informaron que esta dispersión tiene dos características que permiten aplicarla en la exploración geoquímica.

- La dimensión de la dispersión geoquímica primaria de varios elementos es mucho más amplia que la de los yacimientos alrededor de los cuales tiene lugar la dispersión.

- La extensión vertical de la dispersión primaria es especialmente grande sobre los cuerpos de mena con pendiente pronunciada.

6.2.2.4 Dispersión Secundaria

Cuando la roca se altera, los elementos son sujetos a una erosión y una dispersión que los transportan del sitio de origen. Mediante el transporte, una precipitación selectiva o una sedimentación pueden resultar en una redistribución de los productos de meteorización. El conocimiento básico de los factores químicos y mecánicos que controlan la dispersión son necesarios para una prospección geoquímica efectiva.

Las dispersiones secundarias se pueden clasificar: Según el tiempo de su ocurrencia o génesis en relación con la roca caja; se llaman ***dispersiones singenéticas***, aquellas que han ocurrido al mismo tiempo que la roca caja, las ***dispersiones epigenética***, son aquellas que han ocurrido posteriores a la formación de la roca huésped (matriz preexistente). Y la manera de formación; a las ***dispersiones clásticas***, que son dispersiones formadas sobre todo por movimiento de partículas sólidas, el agente principal del transporte puede ser la gravedad, el hielo, el agua o el viento; las ***dispersiones hidromórficas***, en el caso que los agentes dinámicos son soluciones acuosas (agua de superficie o agua de suelo); las ***dispersiones biogénicas***, dispersiones que resultan de la actividad biológica. Una clasificación según el origen de las dispersiones no puede ser aplicada con mucha rigidez ya que las dispersiones secundarias son a veces el resultado de una combinación de procesos.

Muy a menudo suele ocurrir que la roca madre no aflore extensamente para permitir un muestreo sistemático y esté cubierta u oculta por un suelo de espesor variable que se desarrolló de la roca misma y de la vegetación. En este caso el sedimento fluvial (o el aluvión) se presta como una muestra de reconocimiento representativa de los productos de meteorización de rocas en áreas río arriba. Se evalúan entonces los datos provenientes de sedimentos fluviales a la luz del sistema de drenaje y de la geología regional delimitándose así zonas de mayor interés para la prospección de seguimiento o detalle. Ocurre cerca o en la superficie terrestre; los agentes de transporte son agua de ríos, agua subterránea, viento, hielo, etc.

Los factores físicos que influyen en la movilidad y dispersión de los elementos químicos están relacionados con el transporte y deposición de material detrítico. La corriente de los ríos y riachuelos lleva una carga de

controladas por la energía de las aguas, el tamaño y peso específico de los minerales que componen los sedimentos.

La vegetación tiene un efecto profundo sobre la dispersión de los productos de meteorización. La absorción de un elemento por el sistema de las raíces de una planta es función de la solubilidad de este elemento en la solución del suelo, que es modificado por el ambiente corrosivo que existe en las cercanías de las raíces. Las plantas absorben cantidades de material inorgánico que es distribuido a través de sus tejidos.

Cuando las hojas y otros órganos de la planta caen al suelo y se descomponen, los componentes más solubles se disuelven por la acción del agua de lluvia.

Los microorganismos juegan un papel muy importante en la producción del humus y también son asociados íntimamente con reacciones de óxido-reducción.

El factor principal responsable de la dispersión mecánica es la fuerza de la gravedad, actuando directamente sobre fragmentos de suelo o de roca, o mediante la acción del agua y hielo. La acción del viento y animales son agentes accesorios que localmente pueden asumir un papel dominante. Los componentes sólidos de la capa superior tienden a desplazarse, bajo la acción de la gravedad. El movimiento puede ser lento (reptación) o ser rápido (deslizamiento, derrumbes). Aún en el caso de pendientes muy suaves, siempre existe un flujo continuo de fragmentos hacia abajo. La presencia de vegetación tiende a estabilizar la capa superior y a reducir la velocidad de reptación, en climas húmedos la reptación está favorecida por la acción lubricante de la humedad del suelo. La acumulación del coluvio es importante en la prospección geoquímica ya que representa hasta cierto

sedimentos arrastrándolos a lo largo de los cauces agitándolos y transportándolos en suspensión. Cuando hay un cambio de gradiente fluvial, el sedimento se deposita según su tamaño, morfología y peso. El sedimento está dotado de una señal geoquímica heredada de su(s) roca(s). A veces esta señal está modificada debido a los procesos fisicoquímicos y biológicos que actúan sobre el sedimento durante su liberación de la roca madre y su traslado en los sistemas fluviales.

La geoquímica de sedimentos fluviales (stream sediments) proporciona datos sobre las rocas aguas arriba y, a veces, sobre los procesos activos del propio río. Por ejemplo, “sombreros” del óxido de manganeso indican que el Eh es suficientemente alto para precipitar el manganeso de una solución. De ahí que se preste atención a la posibilidad de que una concentración elevada de metales en sedimentos con estos “sombreros” puede ser el resultado de la adsorción, y no presenta la geoquímica de las rocas río arriba. (Tabla Nº 7).

El sedimento en suspensión, si no se deposita, tendrá una dispersión secundaria más extensa que un sedimento más grueso, y por su tamaño (generalmente < 4um) tiene mayor área superficial. Por lo tanto, el material en suspensión es más sensible a cambios fisicoquímicos tenues en el ambiente. Por ejemplo, la geoquímica de este material fino puede cambiar significativamente por adsorción durante el transporte. Estos cambios pueden indicar yacimientos minerales en vías de liberar metales en solución a las aguas fluviales, o polución debido a una descarga de líquidos contaminados provenientes de una industria aguas arriba, o polución derivada de desechos tóxicos en contacto con agua subterránea o superficial que descarga en el cauce de un río. En tal caso la movilidad de material en estado sólido y la dispersión del mismo en una cuenca de drenaje están

punto una muestra de la capa superior que cubre las pendientes. Pero el coluvio también puede ocultar las anomalías del suelo residual al pie de la pendiente.

La mayor parte del agua que cae al suelo como lluvia se mueve relativamente rápido como agua de suelo en las grietas y poro de la roca o como arroyo. Esta agua proporciona el vehículo principal para la dispersión de los productos de meteorización en la superficie terrestre. El agua de lluvia penetra en el suelo y reemplaza el aire de los poros del material superficial. En climas con suficiente lluvia, el nivel se inclina en la misma dirección que la superficie del terreno, los contornos del nivel son aproximadamente paralelos con los contornos topográficos. El movimiento gravitatorio del agua del suelo es impedido por el material por el cual fluye. Un nivel no existe en zonas de rocas cristalinas o metamórficas, al menos que exista una capa de roca alterada. En este caso el agua que se ha infiltrado por el suelo tiende a fluir en ranuras sobre la superficie de la roca maciza.

La dispersión de los productos sólidos de la meteorización por aguas superficiales se produce en tres ambientes diferentes: sobre la superficie del terreno por la arrollada, en ríos y en los ambientes tranquilos (pantanos). Los mismos principios generales de erosión, transporte y deposición pueden ser aplicados en los tres ambientes. La cantidad del material que pueden ser transportados depende sobre todo del tamaño del grano, de la velocidad del flujo y de la turbulencia. La erosión es solamente efectiva si el agua sigue sin carga. Cuando la capacidad de carga es alcanzada, la erosión no puede ocurrir. Si la velocidad del agua, teniendo la carga máxima, disminuye se deposita material hasta que se logra la capacidad correspondiente al nuevo nivel energético. No se puede olvidar que el agua puede ser cargada completamente con partículas de tamaño de un grano particular y al mismo tiempo, puede ser capaz de recoger y transportar partículas de otro tamaño.

El poder de erosión y transporte por el arroyo depende de varios factores como la pendiente del terreno, la naturaleza de la capa superior, la cantidad e intensidad de la lluvia y la proporción del agua que se infiltra en el suelo. Este último factor es influenciado por la presencia de la vegetación y de la permeabilidad de la capa superior. Bajo condiciones favorables pueden ser erosionadas y transportadas masas considerables de material por arroyo. Sin embargo, normalmente esta erosión se limita a un transporte de los productos más finos de la meteorización como arcillas.

Los componentes dominantes de los sedimentos en los ríos son los minerales pesados accesorios, junto con las rocas alteradas. También las micas son transportadas en suspensión lo que es debido a sus formas planas. Los minerales y rocas tienen una resistencia física diferente. Por ejemplo las rocas máficas, se desintegran más rápido que las rocas félsicas. Las rocas metamórficas resisten mejor a la abrasión que las rocas ígneas de composición mineralógica similar, todo esto dependiendo del grado de fracturamiento

Los minerales también, bajo la acción abrasiva del agua corriente, tienen una velocidad de desintegración diferente. Se necesita una combinación de alteración química y desintegración mecánica para obtener una reducción apreciable del tamaño de grano de las fracciones aluviales más finas. La erosión y el transporte dominan naturalmente sobre la deposición en las partes superiores de un río. Cuando la velocidad del agua y la turbulencia disminuye en la parte más llanas, se empieza a depositar el material en suspensión y disminuye el movimiento por saltación río abajo, la deposición aumenta según disminuye la capacidad de carga. Los elementos de mena, sujetos a una dispersión con los productos sólidos de la meteorización, pueden ser transportados en la fracción gruesa o fina, dependiendo de las características individuales de los elementos. Bajo la

acción de la gravedad se concentran los minerales pesados en varios puntos del lecho del río (placeres).

Dentro de ambientes tranquilos se consideran a los pantanos que son caracterizados por un movimiento del agua lento y una vegetación muy importante. Las aguas superficiales que entran en dicho ambiente, tienden a depositar toda su carga mediante una combinación de deposición y filtración.

La mayoría de los procesos en un ambiente de pantano son químicos, implicando una precipitación de elementos.

6.2.3 Influencia del Medio Ambiente sobre la Dispersión.

6.2.3.1 Influencia del Clima sobre la Dispersión.

El medio ambiente influye mucho en la dispersión sobre todo mediante su control sobre la humedad, vegetación y tipo de suelo. La escasez del agua y de la vegetación en regiones áridas causa una dispersión química insignificante al contrario de la dispersión mecánica. El nivel freático se encuentra muy profundo, pero algunos metales particularmente los que forman complejos muy solubles, pueden ser llevados hacia arriba por raíces profundas de ciertas especies de plantas. Aunque la dispersión química asume una importancia mayor cuando aumenta la lluvia, los suelos calcáreos en climas sub-húmedos proporcionan un ambiente para la dispersión de los elementos solubles debido al Ph alto. Las mejores condiciones para una dispersión química son proporcionadas por climas húmedos tropicales. La importancia relativa de la dispersión mecánica está determinada en gran parte por la vegetación y relieve. En regiones más frías disminuye la velocidad de las reacciones químicas por la temperatura baja y

poca actividad orgánica. La dispersión mecánica es el factor dominante en áreas con suelo helado permanente.

6.2.3.2 Influencia de la Geomorfología sobre la Dispersión.

El relieve ejerce un efecto muy poderoso sobre la dispersión de los productos de meteorización mediante su influencia sobre la erosión y movimiento del agua. La velocidad de dispersión mecánica en terreno llano es restringida y aunque la meteorización química puede alcanzar grandes profundidades, se efectúa la dispersión de productos solubles muy lentamente por el agua de superficie y del suelo. En relieves muy montañosos tenemos flujo más fuerte que resultan en una gran dispersión del material soluble. La erosión mecánica aumenta y puede lograr un nivel donde el material superficial del terreno puede ser removido más rápido que se disuelve el material bajo la acción de la alteración. De modo que un relieve moderado promueve una dispersión química extensa, mientras que en áreas con un relieve muy fuerte, tenemos una dispersión mecánica preponderante.

6.2.3.3 Influencia del Ambiente Geológico sobre la Dispersión.

La importancia principal del ambiente geológico estriba en su influencia sobre la composición de las soluciones. La dispersión de muchos elementos semi-móviles como el Cu y el Zn es más restringida a ambientes alcalinos calcáreos que a condiciones ácidas comúnmente asociadas con rocas silicatadas. Una concentración alta de Ca^{2+} y HCO^{-}_{3}, característica de las aguas en terrenos calcáreos puede restringir la dispersión de Mo por precipitación del $CaMoO_4$. Elementos como el As y Mo que tienden a precipitarse en la presencia

de Fe, derivados de rocas máficas. La permeabilidad y el grado de fracturación de la roca pueden impedir o facilitar el flujo de las soluciones. La permeabilidad de la capa superior, relacionada con el contenido de las arcillas, depende de la naturaleza de la roca madre.

Por ejemplo la meteorización de calizas, rocas máficas y arcillosas proporcionan suelos residuales con muchas arcillas.

6.2.3.4 Influencia de la Flora y Fauna sobre la Dispersión

La distribución y las actividades de las plantas y animales son controladas por el clima y topografía. Aunque la influencia de la fauna y flora es evidente en la distribución metálica en la mayoría de los ambientes, la influencia de los procesos biológicos logra una significación geoquímica dominante bajo condiciones especiales. Así, las plantas pueden tener un papel importante en el transporte de los elementos hasta la superficie; las dispersiones extensas de los metales en los suelos en zonas de África central son consideradas como consecuencia de la absorción por la vegetación de los elementos provenientes de las soluciones de suelo. Las acumulaciones más significativas de metales por los microorganismos ocurren en pantanos en los cuales el ph y Eh son controlados por su ambiente geológico.

6.2.3.5 Influencia del Tiempo sobre la Dispersión

Cuando ocurre una meteorización lenta en el ambiente, es necesario mucho tiempo para que se presente una dispersión amplia. Una dispersión metálica en material residual se desarrolla junto con la formación del perfil del suelo. El tiempo requerido por los metales solubles para migrar en

material transportado depende de un gran número de factores como la velocidad de la oxidación, los movimientos del nivel freático y la velocidad con la cual los metales pueden ser transferidos hasta la superficie por la vegetación local. Una dispersión apreciable en material transportado puede ocurrir, bajo condiciones particulares en algunos centenares de años. Sin embargo, se sabe muy poco sobre la velocidad con la cual las reacciones tienden a lograr un equilibrio en los ambientes químicos.

6.2.4 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. (Tabla Nº 8).

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:

TABLA Nº 09

ALGUNAS ASOCIACIONES GEOQUIMICAS COMUNES DE ELEMENTOS

Grupo	Asociación
Asociación General de Elementos	K-Rb. Ca-Sr. Al-Ga. Si-Ge. Zr-Hf. Nb-Ta. Tierras Raras-La-Y. pt-Ru-Rh-Pd-Os-Ir.
Rocas Plutónicas	
Asociación General (Elementos Litófilos)	Si-Al-Fe-Mg-Ca-Na-K-Ti-Mn-Zr-Hf-Th-U-B-Be-Li-Sr Ba-P-V-Cr-Sn-Ga-Nb-Ta-W-Halógenos-Tierras Raras
Asociaciones Específicas.	
Rocas Igneas Félsicas.	Si-K-Na.
Rocas Igneas Alcalinas.	Al-Na-Zr-T-Nb-Ta-F-P-Tierras Raras.
Rocas Igneas Máficas.	Fe-Mg-Ti-V.
Rocas Ultramáficas.	Mg-Fe-Cr-Ni-Co.
Algunas Pegmatitas Diferenciadas.	Li-Be-B-Cs-Tierras Raras-Nb-Ta-U-Th.
Algunos Depósitos de Metasomatismo de Contacto.	Mo-W-Sn.
Feldespatos Potásicos.	K-Ba-Pb.
Muchos Otros Materiales Potásicos	K-Na-Rb-Cs-Ti.
Minerales Ferromagnesianos.	Fe-Mg-Mn-Cu-Zn-Co-Ni.
Rocas Sedimentarias.	
Oxido de Fierro.	Fe-As-Co-Ni-Se.
Oxido de Manganeso.	Mn-As-Ba-Co-Mo-Ni-V-Zn.
Fosforita.	P-Ag-Mo-Pb-F-U.
Pizarras negras	Al-Ag-As-Au-Bi-Cd-No-Ni-Pb-Sb-V-Zn.

6.2.4.1 Las Características Mecánicas de La Fase Móvil

Se entiende como la viscosidad de los magmas y soluciones; tamaño, forma y densidad del agua.

6.2.4.2 Las Características Químicas de la Fase Móvil

Se da como la variación de las condiciones del ambiente (temperatura y presión), resultan de las variaciones de estabilidad de las fases móviles e inmóviles.

6.2.5 Asociación de Elementos

Ciertos elementos tienden a ocurrir juntos en ciertas condiciones. Esta tendencia resulta como una manifestación de movilidad relativa similar. La movilidad de un elemento, puede variar en función de los cambios del ambiente, de modo que, existen asociaciones geoquímicas que corresponden a un ambiente particular (Tabla Nº 9). Podemos distinguir:

- Elementos que muestran asociaciones características en cualquier condición geológica.
- Elementos que son característicos de rocas ígneas particulares, de rocas sedimentarias y de ciertas menas.
- Elementos que pueden viajar juntos durante los procesos ígneos y metamórficos, pero que pueden separarse durante el ciclo de meteorización.

TABLA Nº 09

ALGUNAS ASOCIACIONES GEOQUIMICAS COMUNES DE ELEMENTOS

Grupo	Asociación
Asociación General de Elementos	K-Rb. Ca-Sr. Al-Ga. Si-Ge. Zr-Hf. Nb-Ta. Tierras Raras-La-Y. pt-Ru-Rh-Pd-Os-Ir.
Rocas Plutónicas	
Asociación General (Elementos Litófilos)	Si-Al-Fe-Mg-Ca-Na-K-Ti-Mn-Zr-Hf-Th-U-B-Be-Li-Sr Ba-P-V-Cr-Sn-Ga-Nb-Ta-W-Halógenos-Tierras Raras
Asociaciones Específicas.	
Rocas Igneas Félsicas.	Si-K-Na.
Rocas Igneas Alcalinas.	Al-Na-Zr-T-Nb-Ta-F-P-Tierras Raras.
Rocas Igneas Máficas.	Fe-Mg-Ti-V.
Rocas Ultramáficas.	Mg-Fe-Cr-Ni-Co.
Algunas Pegmatitas Diferenciadas.	Li-Be-B-Cs-Tierras Raras-Nb-Ta-U-Th.
Algunos Depósitos de Metasomatismo de Contacto.	Mo-W-Sn.
Feldespatos Potásicos.	K-Ba-Pb.
Muchos Otros Materiales Potásicos	K-Na-Rb-Cs-Ti.
Minerales Ferromagnesianos.	Fe-Mg-Mn-Cu-Zn-Co-Ni.
Rocas Sedimentarias.	
Oxido de Fierro.	Fe-As-Co-Ni-Se.
Oxido de Manganeso.	Mn-As-Ba-Co-Mo-Ni-V-Zn.
Fosforita.	P-Ag-Mo-Pb-F-U.
Pizarras negras	Al-Ag-As-Au-Bi-Cd-No-Ni-Pb-Sb-V-Zn.

6.2.5.1 Clasificación Geoquímica de los Elementos

Goldschmidt (1937) compiló los datos sobre la distribución de los elementos químicos en materias naturales y artificiales, reconoció las asociaciones elementales según la clase de material y formalizó el concepto de afinidad de los elementos químicos de las fases fundamentales que componen la Tierra. (Tabla Nº 10).

- **Los elementos siderófilos.-** Son aquellos que no se combinan cuando están en estado metálico y son ricos en electrones libres. Elementos asociados de preferencia con el hierro metálico.

- **Los elementos calcófilos.-** Son aquellos que tienden a formar enlaces covalentes y frecuentemente se unen con el azufre en los sulfuros. Elementos que prefieren asociarse al azufre.

- **Los elementos litófilos.-** Son aquellos que tienden a formar enlaces iónicos por lo general en los silicatos. Elementos asociados de preferencia al oxígeno y que, por consiguiente, forman parte de los silicatos.

- **Los elementos atmófilos.-** Se pueden dar en forma de moléculas de gas o de compuestos simples de gases, y los que forman parte de la composición de organismos o son necesarios para sus funciones vitales se denominan. Elementos propios de la atmósfera.

- **Los elementos biofilos**.- Elementos esenciales para la vida animal y vegetal.

TABLA Nº 10

CLASIFICASION GEOQUIMICA DE LOS ELEMENTOS DE LAS FASES PRINCIPALES QUE COMPONEN LA TIERRA. COMPILADA CON DATOS DE VARIOS AUTORES. SOBRE LA BASE DEL TRABAJO DE GOLDSCHMIDT, 1937

FASE SIDEROFILA	FASE CALCOFILA	FASE LITOFILA	FASE ATMOFILA	FASE BIOFILA
Fe, Ni, Co.	((O)), S, Se, Te.	O, (S), (P), (H), (C).	(H), C, N, O,	C, H, O, N, P,
Ru, Rh, Pd	Fe, Cr, (Ni), (Co).	Si, Ti, Zr, Hf, Th.	F, Cl, Br, I,	S, Cl, I,
Re, Os, Ir, Pt, Au.	Cu, Zn, Cd, Pb.	Li, N, K, Rb, Cs,	Ar, He, Ne, Kr, Xe.	(Ca), (Mg),
Ge, Sn, Sb.	Sn, Ge, Mo, (o).	F, Cl, Br, I, B, Al,		(K), (Na),
(Pb), C, (As), P.	As, Sb, Bi.	(Ga), Sc, Y, TR(La-Lu)		(V), (Mn),
Mo, W.	Ag, (Au), Hg.	Be, Mg, Ca, Sr, Ba,		(Fe), (Cu).
(Nb), Ta.	Ru, (Pt), (Rh).	(Fe), V, Cr, Mn,		
Se, Te.	Ga, In, Tl, (Pd).	Nb, Ta, W, U,		
Cu, Ga.		(Tl), (Ge), (Zn), (N).		

6.2.5.2 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, esta condicionado a un elemento indicador Tabla Nº 11.

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 llevan al concepto de elementos indicadores o Pathfinder.

6.2.5.3 Elementos Guías Indicadores de Descubrimiento (Pathfinder).

Estos elementos se usan como guías indicadores en la búsqueda de yacimientos metálicos cubiertos, los cuales pueden ser detectados más fácilmente que los otros elementos del yacimiento. También es posible que los elementos Pathfinder viajen más lejos del yacimiento que los elementos principales. Los elementos Pathfinder pueden ser los componentes principales o los componentes accesorios y que pueden ocurrir en la ganga y/o en la mena. (Tabla Nº 11).

TABLA Nº 11

ASOCIACIONES DE ELEMENTOS (PATHFINDER)

TIPO DE DEPOSITO	MAYOR COMPONENTE	ELEMENTOS ASOCIADOS
Depósitos Magmáticos		
Mineralización de Cromita (Bushveld).	Cr.	Ni, Fe, Mg.
Capas rojas de Magnetita (Bushveld).	Fe.	V, Ti, P.
Inmiscibles de Cu - Ni-Sulfuros.(Sudbury).	Cu, Ni, S.	Pt, Co, As, Au.
Pt-Ni-Cu en Intrusión de Capas rojas (Bushveld).	Pt, Ni, Cu.	Cr, Co, S.
Inmiscible Fe-Ti-Oxido (Allard Lake).	Fe, Ti.	P.
Nb-Ta Carbonatita (Oka).	Nb, Ta.	Na, Zr, P.
Metales raros en pegmatitas.	Be, Li, Cs, Rb.	B, U, Th tierras raras.
Depósitos Hidrotermales		
Cobre Porfirítico (Bingham).	Cu, S.	Mo, Au, Ag, Re, As, Pb, Zn, K.
Molibdeno Porfirítico (Climax).	Mo, S.	W, Sn, F, Cu.
Skarn-Magnetita (Iron Springs).	Fe.	Cu, Co, S.
Skarn-Cu (Yerington).	Cu, Fe, S.	Au, Ag.
Skarn-Pb-Zn (Hannover).	Pb, Fe, S.	Cu, Co.
Skarn-W-Mo-Sn (Bishop).	W, Mo, Sn.	F, S, Cu, Be, Bi.
Base-metal en vetas.	Pb, Zn, Cu, S.	Ag, Au, As, Sb, Mn.
Sn-W greisens.	Sn, W.	Cu, Mo, Bi, Li, Rb, Si, Cs, Re, F, B.
Sn-sulfuros en vetas.	Sn, S.	Cu, Pb, Zn, Ag, Sb.
Co-Ni-Ag en vetas (Cobalto).	Co, Ni, Ag, S.	As, Sb, Bi, U.
"Epitermal" Metales Preciosos.	Au, Ag.	Sb, As, Hg, Te, Se, S, U.
Mercurio.	Hg, S.	Sb, As.
Uranio en vetas.	U.	Mo, Pb, F.
Cobre en Basaltos (Tipo lago superior).	Cu.	Ag, As, S.
Volcanogenético sulfuro masivo de Cu..	Cu, S.	Zn, Au.
Volcanogenético sulfuro masivo de Zn-Cu-Pb.	Zn, Pb, Cu, S.	Ag, Ba, Au, As.
Au-As rico en formación de fierro.	Au, As, S.	Sb.
Mississippi Valley Pb-Zn.	Zn, Pb, S.	Ba, F, Cd, Cu, Ni, Co, Hg.
Mississippi Valley Fluorita.	F.	Ba, Pb, Zn.
Arenisca-tipo U.	U.	Se, Mo, V, Cu, Pb.
Capa Roja de Cu.	Cu, S.	Ag, Pb.
Calcáreo U.	U.	V.
Tipo Sedimentario.		
Cobre Pizarra (Kupferschiefer).	Cu, S.	Ag, Zn, Pb, Co, Ni, Cd, Hg.
Cobre Arenisca.	Cu, S.	Ag, Co, Ni.

Referencia: Geoquimica Aplicada (1992): Siegel; F. R.

6.2.6 Distribución Geoquímica

Ciertas rocas tienen elementos característicos o tienen una concentración típica de un elemento. Esto significa que debe existir una relación entre la geología y la dispersión de los elementos de modo que podemos deducir la distribución de los elementos químicos en las unidades geológicas. A esta distribución se le puede considerar como topografía o relieve geoquímico, demostrado por isolínea de distribución geoquímica.

6.3 Metodología de una Investigación.

6.3.1 Introducción.

En geoquímica aplicada se analizan muestras para identificar elementos, isótopos o compuestos útiles en la búsqueda de yacimientos minerales (sea de metales, de no metales o de hidrocarburos). Cada muestra es única en cuanto a la información que proporciona, además de los datos geoquímicos de la zona que representa y por su facilidad para colectarla, transportarla y prepararla para su análisis en el laboratorio.

Influyen en la selección de muestras los objetivos del proyecto, sean estos de reconocimiento (estudio regional), de seguimiento o de detalle (estudio local), y la clase de mineralización que se busca, posible tamaño, forma geométrica y orientación espacial.

Estas tres características de la mineralización más un conocimiento de la movilidad de los elementos indicarán la red de muestreo que debe elegirse. Asimismo influenciarán en la selección, la muestra que dé la mayor

representación de la superficie en función de la dispersión de los elementos químicos buscados.

El procesamiento de datos geoquímicos mediante una estadística básica va a complementar y terminar de indicar las desviaciones generalmente positivas. Estos procedimientos estadísticos deben servir sólo de guía en la evaluación científica junto con las estimaciones visuales de mapas geoquímicos. Y por supuesto, de importancia fundamental es el conocimiento de la geología y la mineralización en la zona de exploración, no solamente proveniente de estudios ya hechos sino también de las observaciones y descripciones en el campo realizadas por el geólogo-geoquímico a cargo del muestreo.

Con el propósito de remarcar la importancia de esta operación, a veces soslayada involuntariamente, el presente trabajo hace perseverancia, en la obligatoriedad de elegir un sistema de muestreo que cumpla con los requisitos mínimos de exactitud, rapidez y bajo costo, de tal modo que la relación de muestreo - análisis - interpretación, que necesariamente debe existir en un trabajo de prospección geoquímica, sea la que conduzca a conclusiones lógicas y confiables, partiendo de los resultados analíticos y de los datos de la geología de campo correspondientes al material natural que se ha usado como muestra. Además, se describe en forma resumida un sistema rígido de muestreo, aplicado actualmente con mucho éxito y finalmente, se detalla el tratamiento posterior de las muestras.

6.3.2 Muestreo en Proyectos de Prospección Geoquímica

Toda operación de muestreo en la industria tiene por objeto el conocimiento de la calidad del producto elaborado. Este concepto, trasladado al ámbito de la Prospección Minera, se traduce en la

determinación del contenido de fondo, con la condición, entre otras, de la representatividad de la muestra. Particularizando más, en la Prospección Geoquímica deben ser respetados todos los requisitos esenciales conducentes a la obtención de muestras representativas, mediante el empleo de un sistema de muestreo rígido y a la vez sencillo.

Teniendo en cuenta que la característica que individualiza a un análisis geoquímico es la determinación de ínfimas concentraciones de un determinado elemento, a través de técnicas analíticas que se hacen cada día más sensibles, se comprenderá que el factor fundamental que influye en la exactitud de esos resultados es la corrección en la toma de una muestra. Solamente así la muestra será confiable y verdaderamente representativa de su área de influencia.

6.3.2.1. Conceptos Básicos

Partiendo del principio conocido que una muestra es una porción pequeña, representativa de un conjunto o masa mayor, se deduce, teóricamente al menos, que esa pequeña porción debe reunir las mismas características y propiedades del material representado y estar de acuerdo con el grado de exactitud requerido en base a la calidad y al número de muestras.

Por otra parte, es útil recordar que el muestreo es una operación cuantitativa; sus resultados tienen un valor máximo y otro mínimo, lo que implica una variación en la cantidad de lo que se requiere medir. Desde el punto de vista geoquímico, esta particularidad es singularmente notable, ya que en la corteza terrestre la abundancia original de los elementos, producto de la dispersión primaria, muy pocas veces está distribuida en forma regular, a lo cual debe añadírsela acción de los diversos factores locales, como la

topografía, litología, aguas circulante, etc, que afectan aún más a esa variación, cuyo conocimiento es la finalidad de la labor de recolección de muestras.

En este sentido, el muestreo geoquímico es una operación tal que, necesariamente, debe mantenerse encerrada dentro de límites exactamente establecidos, para adquirir un carácter rígido y a la vez preciso. El respeto por estas dos últimas condiciones debe ser la regla primordial, puesto que en la toma de muestras, bien o mal realizada, recae toda la responsabilidad de un proyecto de prospección geoquímica.

Tampoco se debe olvidar que no significa pérdida de tiempo el dedicar cuidados extras al muestreo, al contrario, ello redundará en beneficio de la mayor confiabilidad del sistema empleado. A este respecto, conviene recalcar que cada una de las partes y fases de un proyecto de prospección geoquímica, están interrelacionadas y son dependientes unas de otras. Así, la fase regional depende de gran medida de los resultados de la orientación y la fase de detalles, de las dos primeras. En lo que se refiere a las distintas partes que constituyen una investigación geoquímica, es decir el muestreo, el análisis y la interpretación, forman, particularmente, una cadena. Si uno de sus eslabones se rompe el conjunto no tiene ningún valor.

Eso significa que esos tres elementos que componen una investigación geoquímica, están indisolublemente ligados y la estrecha relación que entre ellos existe, debe ser mantenida durante el trabajo completo, para esto, es imprescindible de cada una de esas partes sea llevada a cabo de manera correcta, solo así las conclusiones a que se llegue se ajustarán a la realidad. En caso contrario, cuando una de aquellas está mal realizada, puede haber soluciones alternativas si se trata del análisis o de la interpretación, pero si es el muestreo el que está mal hecho, no

importa que los métodos analíticos usados sean precisos y exactos, ni que los resultados estén bien interpretados, las conclusiones finales no tendrán ningún valor porque no estarán fundamentadas sobre datos reales.

6.3.2.2 Aspectos a Considerar

La recolección de muestras exige la observancia de una serie de detalles para que aquellas, además de representar el material obtenido en su área de influencia, se encuentren en estado de ser manejadas y tratadas de manera adecuada. Algunos de los aspectos que más se destacan, figuran, a continuación en forma resumida.

El primer problema que debe ser solucionado a toda costa es el de la contaminación, ya sea en el terreno como entre las muestras. Para esto, se tomarán las precauciones necesarias a fin de evitarlas, sobre todo cuando el material húmedo, ya sea en suelos o en sedimentos de arroyo. Existen varias formas de eliminar la mayor cantidad de agua de estas muestras, eligiéndose la que más convenga o se adapte a las circunstancias del momento. Por otra parte, téngase en cuenta que la mayoría de las fuentes de contaminación son artificiales, producto de la actividad humana; por esta razón, debe evitarse el muestreo cerca de ellas puesto que son muy conspicuas y el geoquímico las reconocerá de inmediato cuando recorra el área de trabajo.

Para la buena conservación de la muestra, es esencial contar con los recipientes adecuados, es decir, los que permitan que la muestra no sufra reacciones secundarias. El uso de bolsas de polietileno neutro, común en trabajos de prospección geoquímica, se tiene, entre otras, las siguientes ventajas:

1. Por su resistencia a la humedad, pueden contener material húmedo sin deteriorarse.

2. Al ser impermeables favorece que la parte líquida de la muestra permanezca hasta sedimentar sin que se pierda información geoquímica.

3. No contamina la muestra.

Las desventajas son que va a ver poca circulación de aire produciéndose reacciones anaeróbicas, se debe tener cuidado de abrir las bolsas para orear las muestras que contienen.

En cuanto se refiere a las herramientas a emplearse, la experiencia señala el uso de todas aquellas que no produzcan contaminación. Cumple este requisito las cucharas, palitas, cinceles, auger, martillos geológicos, etc, de acero inoxidable. Del mismo modo, en el laboratorio de preparación de muestras, deben usarse tamices de nylon o de acero inoxidable y los equipos de trituración, también deben contener piezas anticontaminantes. Muchas veces, equivocadamente, suelen usarse herramientas de acero, sin percatarse que el hierro y otros elementos de ese material pueden producir interferencias en los análisis y dan lugar a resultados falsos. A pesar de los antes expresado, para el muestreo de suelos, sedimentos de arroyos, aguas, etc, las manos realizan con ventaja este trabajo, siempre que estén libres de anillos, relojes, pulseras o cualquier otro objeto metálico.

El manejo y almacenaje de las muestras, es otro de los aspectos que deben observarse para facilitar la ubicación y el tratamiento en el laboratorio, además de mantener el orden y reducir el espacio ocupado por ellas. Con este fin, se usan cajas de madera, en las que se coloca las

6.3.2.3 Densidad e Intervalo de Muestreo

El número de muestras por kilómetro cuadrado que se recolectan en un trabajo de prospección geoquímica, depende de diversos factores, como por ejemplo, la fase en que se desarrolla la investigación, la extensión del área de estudio, el objetivo a alcanzar, etc. Por lo general, en las etapas de orientación, desarrolladas a menudo en sedimentos de arroyos, la densidad puede llegar a cinco muestras por kilómetro cuadrado en virtud de toda la información que aquellas proporcionan. Cuando se trata de estudios regionales, téngase en cuenta que existen densidades de muestreo específicas para cada caso en particular. Bradshaw, Clewa y Walker (1973), indican las siguientes densidades para muestreo de sedimentos de río:

- 1:100 Km^2 a 1:200 Km^2 Para delimitar provincias geoquímicas o rasgos similares muy amplios.

- 1:10 Km^2 a 1:50 Km^2 Prosecución del trabajo en regiones específicas, susceptibles de contener una faja mineralizada o rasgo similar .

- 1:2.5 Km^2 a 1:5 Km^2 Estudio detallado en zonas anómalas previamente delimitadas.

Sin embargo, en la práctica, se usan densidades de una muestra por kilómetro cuadrado a dos y media por kilómetro cuadrado, que brinda una cobertura ideal del área de trabajo y delimitan con mayor exactitud los sectores anómalos.

En muestreos de rocas consolidadas, suelos, vegetación, aguas, etc, las densidades a adoptar son variables; en estas circunstancias, el criterio y la experiencia del profesional deciden la que es más apropiada.

Por otra parte, el intervalo de muestreo está en función de la densidad, considerándose especialmente el material que se recolecta y la fase de estudio que se lleva a cabo, ya que cada fase y cada material tienen sus intervalos particulares. Lo esencial es que la separación entre muestras sea tal que no permita que se pase por alto ninguna estructura mineralizada que se encuentre cubierta. Aquí, nuevamente, el criterio del geoquímico y el conocimiento del aspecto geológico del área donde trabaja, juega un papel importante en la determinación del intervalo conveniente, puesto que si el número de muestras a tomar es muy grande, el costo y el tiempo empleado serán mayores a lo planificado; inversamente, sería doble gasto de tiempo y dinero, retornar al campo, después de haber terminado el trabajo, al darse cuenta del escaso número de muestras obtenido.

6.3.2.4 Errores de Muestreo

La limitación de espacio del presente trabajo, impide un tratamiento más o menos detallado de tema; sin embargo es necesario incluir algunas ideas substanciales. La determinación y evaluación de estos errores se hacen sobre la base de técnicas estadísticas; su entendimiento evita pasar por alto débiles sospechas de mineralización no aflorantes.

Aunque los procedimientos de muestreo que se emplean sean los correctos y no se cometen engaños al llevarlos a cabo, pueden cometerse errores, que radican principalmente en la diferencia que existe entre la muestra que se toma y el material del cual se la obtiene y está presente en el punto de muestreo; por ejemplo, cualquier tipo de contaminación puede

producir errores si no se le detecta, del mismo modo, la recolección del material orgánico, junto con las muestras de suelos, tiene idéntico efecto.

Algunos tipos de error pueden ser controlados, pero otros pueden escapar a la supervisión y echar por tierra la veracidad y validez de la interpretación.

Las diversas categorías de tendencias en el muestreo también conducen a errores, algunas de ellas pueden ser controladas por el empleo de ciertos artificios, aunque no completamente, puesto que en muchas ocasiones están fuera del alcance de cualquier rectificación. Por lo tanto, la manera más segura de minimizar al máximo esta clase de errores, es observar estrictamente todas las reglas de procedimientos del muestreo.

6.3.2.5 Clases de Muestreo

Este muestreo se hace siguiendo las pautas determinas por dos clases generales, que están de acuerdo al modelo diseñado empleado. Puede ser, conforme a la recolección casual de las muestras, convencional o jerarquizada.

- **Muestreo Convencional**

Sigue el diseño de muestreo más simple; en este caso, la muestra se obtiene en cada uno de los puntos señalados, los que puedan estar regular o irregularmente distribuidos dentro del área, pero siempre siguiendo un orden establecido.

Teniendo en mente los objetivos que se persiguen, cuando se hace un muestreo geoquímico, no se debe descuidar el aspecto operacional, causa por la cual es imprescindible que la metodología

muestras correlativamente. Cada caja lleva los datos correspondientes anotados sobre la madera.

Para la fácil reubicación, en caso de ser necesario, de los puntos de muestreo en el terreno, es útil marcar los números respectivos, con plumones indelebles para evitar pérdidas de tiempo en la búsqueda posterior del punto en cuestión.

Además, se debe hacer un listado considerando todos los tipos y la proporción de muestras que se obtendrán; esta lista constituye un elemento de control del avance diario y del general del proyecto. Paralelamente, es conveniente disponer de antemano del modelo de distribución de las muestras en el plano para trabajar de acuerdo a él; esto permite el cambio de localización, debido a cualquier motivo, del punto de muestreo en el terreno y hacer la corrección en aquel. Las imágenes de Satélite Landsat TM5 y fotografías aéreas ayudan también en este sentido.

Un segundo control del orden de muestreo, reside en la numeración de las bolsas antes del trabajo de campo, fuera de ahorrar tiempo, indica el tipo y número de muestra que debe tomarse. En lo posible se usarán plumones de tinta indeleble. Puede también ser aplicable el uso de las etiquetas autoadhesivas.

Finalmente, los cuadernillos de formularios numerados que se emplean, de los cuales existen muchos formatos y modelos como el construido en trabajos de gabinete (Fig. Nº 7), constituyen el tercer control de la correlatividad del muestreo. Además, en ellos se registran todos los datos, incluidos los geológicos, que corresponden a una muestra dada; el talón numerado se coloca dentro de la bolsa y la otra parte queda retenida en el cuadernillo de campo.

INGEMMET

DIRECCION DE GEOLOGIA ECONOMICA Y PROSPECCION MINERA

FICHA DE MUESTREO GEOQUIMICO - SEDIMENTOS DE QUEBRADA

GEOLOGO:	BLOQUE:	FECHA:

FICHA N°	N° MUESTRA	COORD. GEOGRAFICAS		COORD. UTM		ZONA	DATUM	COTA
		Latitud Sur	Longitud Oeste	N	E	Geog.	WGS 84 ☐	m.s.n.m.
							S.A 1956 ☐	

CUADRANGULO	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LUGAR

NOMBRE DE QUEBRADA	MARGEN	ANCHO DE QUEBRADA
	DER ☐ CEN ☐ IZQ ☐	_ 2m. ☐ 2-4m. ☐ 4-6m. ☐ > 6m. ☐

ORDEN DE QUEBRADA	PENDIENTE DE QUEBRADA
1° ☐ 2° ☐ 3° ☐ 4° ☐	SUAVE ☐ MODERADA ☐ FUERTE ☐

COMPONENTES DE LOS SEDIMENTOS

Qz% _____ Biot. % _____ Lític. Volcánic. % _____ Feld. K % _____

Litic. Intrus. % _____ Lític. Sedim. % _____ Lític. Metam. % _____ Otros % _____

COLOR: _____ Muestra Seca ☐ Muestra Húmeda ☐

CONTENIDO DE MATERIAL ORGANICO	ALTO ☐	MODERADO ☐	POBRE ☐	AUSENTE ☐

MARCO GEOLOGICO DE LOS ALREDEDORES _____

ESTRUCTURAS _____

DESCRIPCION DE FRAGMENTOS MAYORES _____

CONTAMINACION CERCANA

ACTIVIDAD MINERA ☐ ACTIVIDAD AGRICOLA ☐ OTRAS _____

METEORIZACION:	DEBIL ☐	MODERADA ☐	FUERTE ☐

OBSERVACIONES pH: _____

Figura Nº 7: Formato de Muestreo Geoquimico

a emplear esté enmarcada dentro de límites fijos, esto es, que sea rígida y precisa, rasgos que se compensan con ventaja la relativa sencillez de esta clase. Existen diferentes tipos de acuerdo a la manera en que se obtienen las muestras, los más habituales son:

- ✓ **Corriente.-** El menos preciso y el que requiere mayor atención por parte del personal de muestreo, el que, a veces, por razones de tiempo y costo, no toman las muestras de la misma manera; éstas son del mismo tipo y no poseen objetivos específicos. En general, su recolección no cumple con las condiciones de exactitud requeridas y por lo tanto sus resultados no son tan confiables.

- ✓ **Sistemático Normal.-** Incluye la obtención de varios tipos de muestras, cada uno con un propósito determinado. Se ajusta a normas establecidas, dirigidas al alcance de la seguridad necesaria para una interpretación real, que refleje lo que, desde el punto de vista geoquímico, se encuentra en el área de trabajo. La toma de muestras sigue una serie de pasos que debe respetarse en todos los puntos. Esto requiere dedicar un tiempo extra, como se mencionó antes, que queda por demás justificado si se piensa que, como regla general, el costo de una campaña de prospección geoquímica consume un buen porcentaje del presupuesto de exploración.

- ✓ **Sistemático Especial.-** Practicado cuando en una campaña de muestreo se pasa una estructura mineralizada cualquiera; La forma de obtención es función del material que se estudia. Por ejemplo, en el caso de sedimentos de ríos, a partir de la estructura cortada, las primera cuatro muestras se toman a una

distancia X (50 m.); luego, las cuatro siguientes a una distancia 2X; finalmente, las cuatro últimas tendrán una separación de 4X, para después continuar con el intervalo de muestreo seguido en el trabajo. Su finalidad es conocer la movilidad relativa de los elementos indagados, para determinar el modelo de dispersión que se origina, ya sea primario, si se trata de rocas inalteradas, o secundaria en el resto de los materiales.

El ordenamiento de los puntos de muestreo es variable; así, para aguas y sedimentos de ríos, se hace aguas abajo del cuerpo mineralizado; en suelos y rocas, a partir de aquel en direcciones opuestas, excepto cuando el suelo tenga una pendiente mayor a 5º, ocasión en que la dirección de aquella es respetada.

De igual modo, la separación entre las muestras está sujeta a cambio, dependiente de la escala, fase y objetivo del estudio.

- **Muestreo Jerarquizado**

Muchos geoquímicos se inclinan por esta clase, en la que el diseño es más complejo; su característica es tratar de determinar cuantitativamente los efectos de la variabilidad geoquímica regional y de los factores que la provocan.

En cada una de estas clases, los procedimientos de obtención de muestras son similares y tienen la particularidad de mantenerse idénticos de un estudio a otro, aunque los patrones de muestreo varíen; es decir que, sea cual sea el modelo de muestreo empleado en una zona dada, la operación de muestreo debe ser invariable.

Duplicadas

Se toman muestras pares en cada uno de los puntos correspondientes. El procedimiento varía de acuerdo al material muestreado. Fundamentalmente, consiste en tomar pequeñas porciones en el punto y sus cercanías, con las que se forman una muestra compuesta que, luego ser homogenizada, es cuarteada y ensobrada. La cantidad necesaria es de 100 gramos aproximadamente.

- **Duplicadas de Control**

Son una combinación de las características de los tipos “De Control” y “Duplicadas”, asimismo, comparten sus objetivos; la cantidad de material a obtenerse debe estar cerca a 2 kilogramos y se toman de a pares.

Replicadas de Control

Resultan de la combinación de los tipos “De Control” y “Replicadas”, al igual que las muestras anteriores, se toman de a pares en una cantidad en torno a dos kilogramos, se reúnen en este tipo los objetivos de los dos señalados en primer término.

Replicadas

Al igual que las anteriores se toman de a pares, pero con la diferencia que ambas provienen del mismo punto de muestreo, de modo que, teóricamente, son idénticas; el peso de cada una es de, mas o menos 100 gramos.

Por una parte, esta clase suele aplicarse con mayor frecuencia en estudios referidos al conocimiento de la variabilidad en contenidos elementales en rocas consolidadas y suelos, pudiendo subdividirse en equilibrada y desequilibrada. Por otra parte, el muestreo convencional se usa en una buena proporción de trabajos de prospección geoquímica y si el procedimiento de recolección de muestras respeta las reglas exigidas sus resultados son de plena confianza, ya que delimita con bastante exactitud zonas potencialmente interesantes, por estas razones será tratado en forma más detallado.

6.3.2.6 Tipos de Muestra

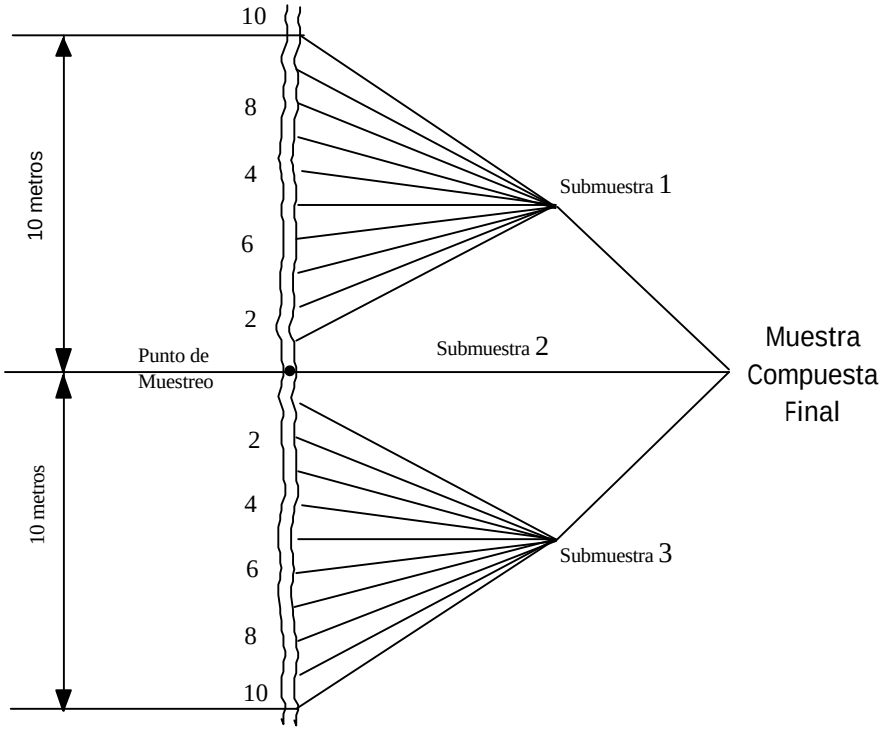
Los diversos tipos de muestras se delinean a continuación, constituyen el total de los datos sobre los que se apoya el análisis estadístico aplicado al cálculo de los parámetros geoquímicos, indispensables para la delimitación de zonas anómalas. Dichos tipos son:

- **Normales**

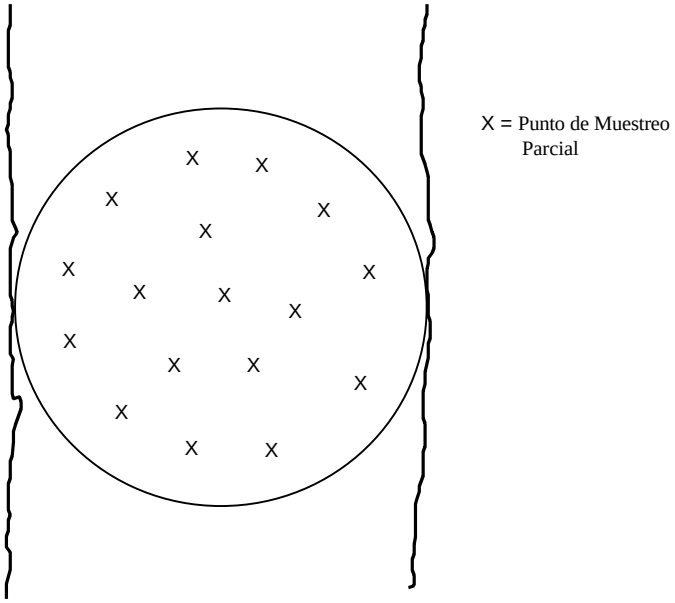
  Componen la gran mayoría de las muestras y son las más sencillas de obtener. Frecuentemente, su peso no excede los 100 gramos de material.

- **De control**

  Su objetivo, además de ser utilizadas para hacer análisis fraccional, es controlar el muestreo; el peso requerido es de alrededor de 2 kilogramos.



- Caso en la que el cauce es angosto



- Alternativa cuando el cauce es ancho

Figura Nº 8 .- Representación esquemática de la obtención de muestras duplicadas en sedimentos de quebrada (Tomado de Jorge Blanco Johannsen 1984)

Estos últimos tipos de muestras sirven para la realización de pruebas de laboratorio, referentes al control de los métodos analíticos, es decir para comprobar la reproductibilidad y la precisión de los mismos.

6.3.2.7 Proporcionalidad de los Tipos de Muestras

Las diferentes partes de la prospección geoquímica, poseen una proporción determinada de cada uno de los tipos de muestras indicados anteriormente, que está en función de la índole casual que caracteriza a esta operación. Así, en la fase de orientación, por sus características especiales, se da mayor importancia a la obtención de muestras de control, por sus características especiales, se da mayor importancia a la obtención de muestras de control, porque ellas dan la respuesta a una serie de interrogantes que se plantean, con mucha frecuencia, en la iniciación de un programa de prospección, respuesta que, por otra parte, se aprovechará para el mejor desarrollo futuro del trabajo, a causa del cúmulo de información que ofrece.

Aunque no hay regla fija en cuanto a esta proporcionalidad, los porcentajes que se dan seguidamente, han sido usados en innumerables investigaciones con mucho éxito. En el caso del presente estudio se realizó la siguiente proporcionalidad.

Estudios de orientación:

- Normales 70%
- De control 20%
- Duplicadas 4%
- Replicadas 4%

- Duplicadas de Control 1%
- Replicadas de Control 1%

En estudios de detalle: Se pueden eliminar las "Duplicadas de Control" y las "Replicadas de Control", quedando la proporcionalidad de la siguiente forma:

- Normales 82% o 83%
- De control 1% o 2%
- Duplicadas 4%
- Replicadas 4%

Cuando sé realizan estudios tentativos, es conveniente la adopción de los porcentajes señalados para la fase de orientación.

6.3.3 Métodos Analíticos

6.3.3.1 Control de Error de Preparación de Muestras en Analíticos

Lo prolijo y la responsabilidad con que se realiza el muestreo, de acuerdo a las normas establecidas anteriormente pierden su valor cuando se incurre en errores en la preparación de las muestras y en el análisis químico y en el procesamiento estadístico. Tales errores pueden dar origen a falsas anomalías debido a un enriquecimiento o una disminución de la señal química.

Los métodos para preparar y analizar son tan variados como los tipos de muestras y sub-muestras (Ver Tabla Nº 9). No se puede mandar una muestra a un

laboratorio geoquímico y meramente pedir el análisis de un elemento o de una agrupación de elementos; hay que especificar a los analistas la composición mineralógica de las muestras (silicatos, carbonatos, sulfuros etc.), la preparación de la muestra que debe usarse, el método de extracción cuando fuera necesario y, por supuesto, el método analítico deseado. Por ejemplo, la extracción por lixiviación de muestras se aplica en la prospección geoquímica y cada reactivo que se emplea en la lixiviación es específico para el compuesto metálico que se desea extraer de las muestras. El empleo de otras técnicas analíticas puede dar distintos resultados debido a los límites de detección y a la exactitud y precisión de cada clase de equipo o de cada método por vía húmeda.

Las observaciones geológicas anormales que pueden ocurrir en una zona de estudio y los cambios correspondientes de las muestras deben tomarse en cuenta y comunicarse de inmediato al laboratorio geoquímico. Cada roca o agrupación de minerales y cada mineral tiene propiedades minero-químicas propias y es posible que deba someterse a técnicas distintas con respecto a la preparación, al ataque químico, al análisis y a las interferencias potenciales. Igualmente, si cambian las condiciones o los analistas en el laboratorio, este hecho debe comunicarse al geólogo-geoquímico de campo para que esté consciente de las posibles diferencias en los contenidos químicos entre uno y otro grupo de muestras deben ser resultado de cambios en las condiciones del laboratorio, en los métodos usados o en el personal.

Los errores que tienden a ocultar las anomalías sutiles y que pueden ser muy importantes en la exploración geoquímica, los dos que ya hemos examinado pueden evaluarse cuantitativamente por medio de la estadística: Error del muestreo y Error del análisis químico.

6.3.3.2 Preparación de la muestra

Preparación Física:

- **Sedimentos:**

  Secado-cuarteado-pulverizado (mortero agata) y homogenizado.

- **Rocas:**

  Chancado-cuarteado-pulverizado (mortero agata) y homogenizado.

Preparación Química:

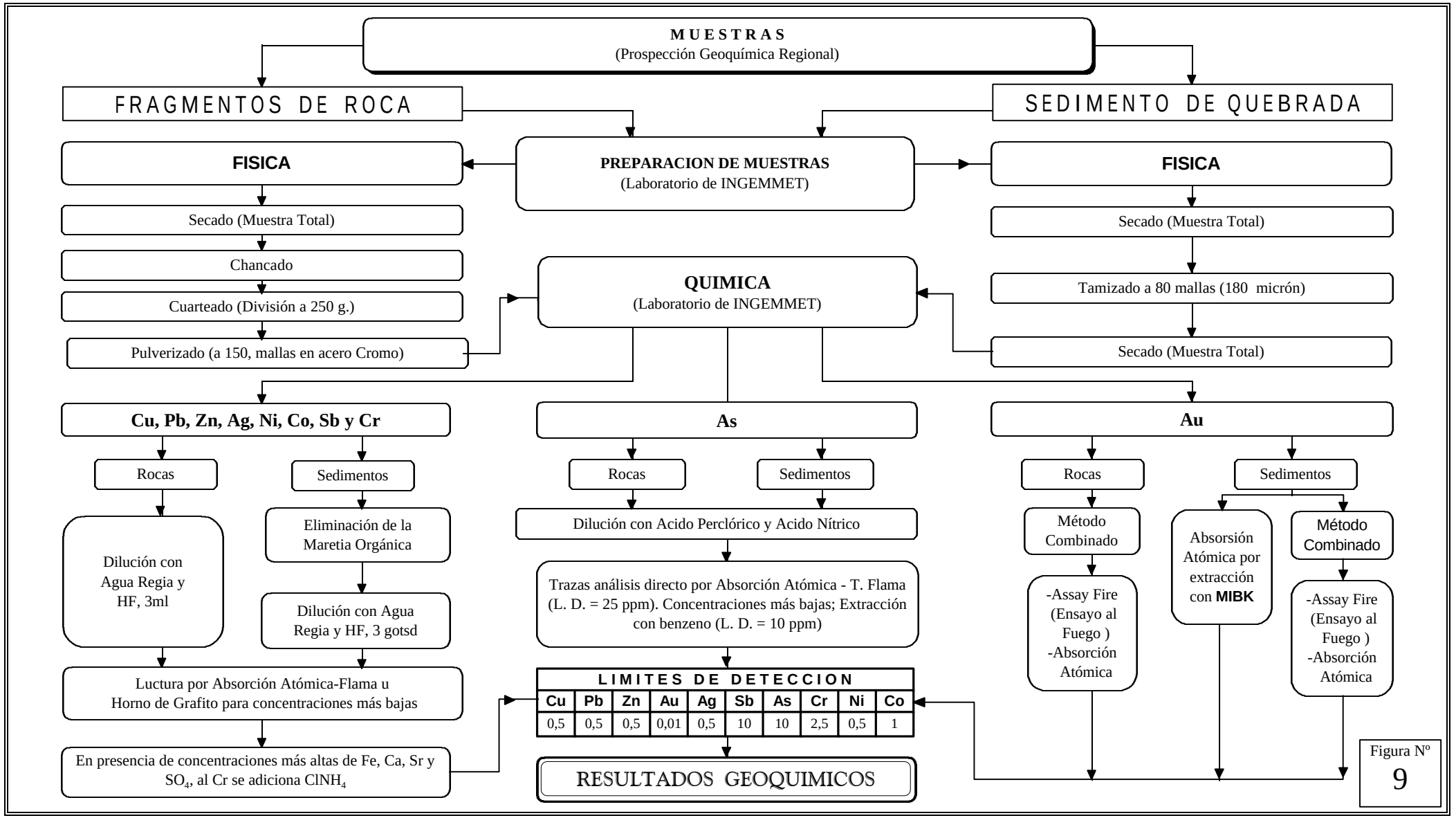
- Digestión Química para los elementos: (Cu, Pb, Zn, Ag, Ni, Co, Sb, Cr).
  Con un peso de muestra de 1 gramo:
  - **$HCLO_4$**
  - **$HCL-HNO_3$**
  - **HF** : En gotas para sedimento y 2 ml para rocas.
  - Dilusión; 25 ml

- Método de determinación: Absorción Atómica, Técnica Flama.

6.3.3.3 Método de Análisis Químico.

- **Para el Arsénico**:

- Muestra: peso 3 gramos
- Mezcla: HNO_3: $HCLO_4$ (3:1)
- Temperatura de digestión: 70ºC.
- Disolución: 25 ml.
- Método determinación: Absorción Atómica, Técnica Flama.


MUESTRAS
(Prospección Geoquímica Regional)
FRAGMENTOS DE ROCA
SEDIMENTO DE QUEBRADA
FISICA
PREPARACION DE MUESTRAS
(Laboratorio de INGEMMET)
FISICA
Secado (Muestra Total)
Chancado
Cuarteado (División a 250 g.)
Pulverizado (a 150, mallas en acero Cromo)
QUIMICA
(Laboratorio de INGEMMET)
Secado (Muestra Total)
Tamizado a 80 mallas (180 micrón)
Secado (Muestra Total)
Cu, Pb, Zn, Ag, Ni, Co, Sb y Cr
As
Au
Rocas
Sedimentos
Rocas
Sedimentos
Rocas
Sedimentos
Dilución con Agua Regia y HF, 3ml
Eliminación de la Maretia Orgánica
Dilución con Agua Regia y HF, 3 gotsd
Dilución con Acido Perclórico y Acido Nítrico
Trazas análisis directo por Absorción Atómica - T. Flama (L. D. = 25 ppm). Concentraciones más bajas; Extracción con benzeno (L. D. = 10 ppm)
Método Combinado
-Assay Fire (Ensayo al Fuego) -Absorción Atómica
Absorsión Atómica por extracción con MIBK
Método Combinado
-Assay Fire (Ensayo al Fuego) -Absorción Atómica
Luctura por Absorción Atómica-Flama u Horno de Grafito para concentraciones más bajas
En presencia de concentraciones más altas de Fe, Ca, Sr y SO4, al Cr se adiciona ClNH4
LIMITES DE DETECCION
Cu Pb Zn Au Ag Sb As Cr Ni Co
0,5 0,5 0,5 0,01 0,5 10 10 2,5 0,5 1
RESULTADOS GEOQUIMICOS
Figura Nº 9

- **Para el Oro en sedimentos**:

- Absorción Atómica por Extracción con MIBK.
- Método Combinado: Assay Fire (ensayo al fuego)
- Absorción Atómica cada 6 muestras.

- **Para el Oro en Roca Madre**:

- Método Combinado: Ensayo al fuego-Absorción Atómica.

- **Absorción Atómica Por Extracción Con Mibk (Para el Oro).**

- Digestión Acida:

  - Muestra: peso 5 gr.
  - Agua Regia ($HCL-HNO_3$; 3:1)
  - Disolución 100 ml.

- Extracción Acido con MIBK y Hbr, preconcentrado en fase orgánica a 5 ml.

- Método de determinación: Absorción Atómica, Técnica Flama.

- **Ensayo Al Fuego (Para el Oro):**

- Muestra: peso 30,00 gramos.

- La muestra (en malla 100), es disgregada por acción de una mezcla de fundentes ácidos y básicos en un horno a 950 - 100º C, posteriormente se separa el botón regulado de Plomo que contiene el Au y Ag de la escoria, el plomo es eliminado por copelación y la plata se separa del Au con

solución de HNO_3. El oro en solución es determinado por Absorción Atómica-Técnica Flamea.

6.3.4. Parámetros Estadísticos

- **6.3.4.1 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)"

- **6.3.4.2 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"

- **6.3.4.3 Otros Fractiles**

  La mediana no es más que uno de muchos fractiles que dividen los datos en 2 o más partes, tan iguales como sea posible. Entre estos también encontramos los CUARTILES, DECILES Y PERCENTILES que pretenden dividir en 4, 10 y 100 partes respectivamente.

- **6.3.4.4 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.

- **6.3.4.5 Amplitud**

  La Amplitud (Am) de un conjunto de datos es el valor mayor (Vmax) menos el valor menor (Vmin):

  Am = Vmax - Vmin.

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

  Intervalo = (Vmax - Vmin)/Nº clase.

- **6.3.4.6 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.

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

X= Clase

m = Media

N= Número de muestra

◊ **Características de la Desviación Stándar**

- 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 la 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 mas 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%.

- **6.3.4.7 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 representaría respectivamente: **$(De)^2$**. 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.

6.3.4.8 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:

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

6.3.4.9 Kurtosis

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

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

6.3.4.10 Regresión

El principal objetivo es establecer relaciones que permiten 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 esta 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 que 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:

$$\mathbf{Y = a + bX.}$$

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**)

◊ Método de los Mínimos Cuadrados

Una vez que hemos decidido ajustar una línea recta a un conjunto de datos determinados, enfrentamos la segunda clase de problema, específicamente, el problema de encontrar la ecuación de la línea particular que en cierto sentido proporcione el mejor ajuste posible.

Se considera en primer lugar el problema de la bondad con que una línea recta explica la relación entre dos variables. Para ello son necesarias las ecuaciones de las rectas de regresión de mínimos cuadrados.

La recta por aproximación por mínimos cuadrados del conjunto de puntos (X_1, Y_1); (X_2,Y_2) .....(X_n,Y_n), tiene la ecuación

$$Y = a + bX \quad \text{.....(1)}$$

Donde la constante a y b determina mediante el sistema de ecuaciones:

$$\sum Y = aN + b\sum X$$

$$\sum XY = a\sum X + b\sum X^2$$

Que son llamadas ecuaciones normales para la recta de mínimos cuadrados. Las constantes a y b puede sacarse de (2) obteniéndose las fórmulas:

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - \sum(X)(\sum XY)}{N(\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad \text{.....(2)}$$

$$b = \frac{N(\sum XY) - (\sum X)(\sum y)}{N\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

A veces basándose en los datos muestrales, se desea estimar el valor de una variable **Y** correspondiente a un valor dado de una variable **X**. Esto puede conseguirse estimando el valor de **Y** de la curva de mínimos cuadrados que ajusta los datos muestrales. La curva resultante se llama Curva de Regresión de **Y** sobre **X**, puesto que **Y** se estima a partir de **X.**

Si se desea estimar el valor de X a partir de uno dado de Y se utiliza La Curva de Regresión de **X** sobre **Y,** que proviene de intercambiar las variables en el diagrama de dispersión de modo que **X** sea la variable pendiente e **Y** la variable independiente. Esto equivale a sustituir las desviaciones verticales en la definición de la curva de mínimos cuadrados puntos mencionado por las desviaciones horizontales.

En general, la recta o curva de regresión de Y sobre X no es la misma que la recta o curva de regresión de **X** sobre **Y**.

◊ **Análisis de Regresión**

En la sección anterior que usamos la línea de Mínimos Cuadrados para pronosticar

6.3.4.11 Correlación

Habiendo aprendido como se ajusta una línea de Mínimos Cuadrados a datos apareados ahora volvemos al problema de la determinación de cuan bien se ajusta en realidad dicha línea a los datos. La observación de la relación estadísticamente aparente, da lugar a la pregunta siguiente: De la variación total entre las Ys, qué porcentaje se puede atribuir

a la relación entre las dos variables X e Y (esto es, al hecho de que las Ys corresponden a diferentes valores de X) y qué proporción se puede atribuir a la probabilidad.

◊ **Coeficiente de Correlación (r)**

En relación con la pregunta que hicimos anteriormente, que tenemos un análisis de la Varianza.

La variación total de Y se define como $\sum(Y-Y')^2$, es decir la suma de los cuadrados de las desviaciones de los valores de Y de su media **Y´** esto puede escribirse:

$$\sum(Y-Y')^2 = \sum(Y-Yest)^2 + \sum(Yest - Y')^2$$

El primer término del segundo miembro se llama Variación no aplicada, mientras que el segundo término se llama variación explicada y esto es así porque las desviaciones Y est - Y´ tienen un patrón definido, mientras que las desviaciones Y-Yest, se comportan de una forma aleatoria o no previsible. Resultados análogos se obtienen para la variable X.

La razón de la Variación explicada; a la variación total se llama Coeficiente de determinación, si la variación no explicada es cero, es decir la variación total es toda explicada, la razón es uno. En los demás casos la razón se encuentra entre cero y uno. Puesto que la razón es siempre no negativa, se denota por r^2, la cantidad **r** se llama Coeficiente de correlación y está dada por:

$$r = \sqrt{\frac{Variación\_Explicada}{-Variación\_Total}}$$

⇓

$$\mathbf{r} = \sqrt{+\sum(\text{Yest} - \text{Y}')^2} \Big/ - \sum(Y - Y')^2$$

Y varía entre -1 y +1, los signos (+, -) se utiliza para la correlación lineal positiva y la correlación lineal negativa respectivamente. Nótese que **"r"** es una cantidad sin dimensiones, es decir no depende de las unidades empleadas, cuya fórmula es como sigue:

$$\mathbf{r} = \frac{\text{N}\sum(xy) - \sum X \sum y}{\sqrt{\text{N}\sum X^2 - (\sum X)\text{N}\sum Y^2 - (\sum Y)^2}}$$

6.3.4.12 Interpretación de ("r")

Cuando r equivale a +1, -1 ó cero, no hay ningún problema en cuanto a la interpretación del coeficiente de correlación como ya hemos indicado, es +1 ó -1, cuando todos los puntos caen en realidad en una línea recta, y es cero cuando es ajuste de la línea de Mínimos Cuadrados es tan deficiente que el conocimiento de **X** no es útil para el pronóstico de **Y**. En general, la definición de **r** nos indica que 100 $\mathbf{r^2}$ es el porcentaje de la variación total de las **Ys** que se explica por medio de la relación con X o es consecuencia de esta.

La interpretación del Coeficiente de Correlación presenta varios riesgos: Primero a menudo se considera que **r** mide sólo la fuerza de relaciones lineales; por otro lado, se debe recordar que una correlación

fuerte (un valor **r** cercano a +1 ó -1) no implica necesariamente una relación causa-efecto.

Rangos de Coeficiente de Correlación

0	-	0,2	Muy Mala Correlación.
0,2	-	0,4	Mala Correlación.
0,4	-	0,6	Regular.
0,6	-	0,8	Buena Correlación.
0,8	-	1	Muy Buena Correlación.

6.3.4.13 Análisis de Correlación

Cuando calculamos **r** con una base a datos muestreales, podemos obtener una fuerte correlación positiva o negativa meramente por casualidad, aunque en realidad no existe relación alguna entre las dos variables que consideramos. Es probable que no exista relación entre **X** e **Y**, los números de puntos que se obtienen con los dos dados. Es difícil ver porqué los valores altos de **X** deben ir con los valores altos de **Y**, y los valores bajos de **X** deben ir con los valores bajos de **Y**. Cuando calculamos un coeficiente de correlación con base de datos muestreales, el valor que obtenemos para **r** es sólo una estimación de un parámetro correspondiente.

6.4.4.14 Dificultades de la Aproximación Estadística en el Estudio de Sedimentos Fluviales.

Una interpretación estadística segura requiere una gran cantidad de datos para ser tratados y que además éstos sean homogéneos.

En el estudio de reconocimiento en un drenaje, la primera condición es fácil ser llenada pero no la segunda. Como hecho positivo, la importancia de la técnica de muestreo es a veces disimulada en este tipo de prospección. Pero aunque dada la atención apropiada, también muchos tipos de ríos y muchas unidades litológicas, son generalmente muestreados, no resultando una colección homogénea de muestras.

6.4.4.15 Ventajas del Análisis Estadístico

Se considera que la geoquímica es una compilación de análisis inexactos, irreproducibles y no coordinados. Aunque esto pueda ser un punto de vista pesimista de la situación, existe algo de verdad en esta afirmación. Por otra parte los errores de muestreo (o mejor dicho la falta de representatividad de una muestra aislada o pocas de ellas), son un factor mayor de incertidumbre en la evaluación de resultados. El caso es que los datos geoquímicos cuantitativos son siempre erróneos y que los errores son de dos tipos: casuales o sistemáticos.

Cierta cantidad de error sistemático puede ser tolerada a condición de que los datos sean compatibles entre si en el total del levantamiento. Los errores casuales tienden a ser compensados cuando el número de resultados es grande. El tratamiento de grandes volúmenes de datos analíticos presenta difíciles problemas de manejo, presentación e interpretación, que son mejor solucionados por análisis estadístico.

Las principales ventajas de esta aproximación son:

- El soslayado de efectos de errores casuales (muestreo y analíticos).

- La posibilidad de establecer leyes de distribución adaptables a las diversas poblaciones de datos.
- La reducción de inmensas poblaciones a sus parámetros esenciales (de tendencia central y de desviación).que los caracterizan completamente.
- La presentación y comparación de muchos grupos de datos, cualesquiera sea su importancia, de manera gráfica o sintética.
- La creación de una base objetiva para la definición de anomalías (cálculo del "Umbral" para un nivel dado de probabilidad).
- El descubrimiento de rasgos sutiles que podrían escapar a las interpretaciones ordinarias.
- La estandarización de la presentación de datos.

Limitaciones del Análisis Estadístico

El tratamiento estadístico, de datos geoquímicos no debe ser aplicado ciegamente y los resultados finales deben ser siempre examinados crítica y conjuntamente con el fondo geológico.

Cualquier grupo de datos es susceptible a su tratamiento estadístico y es responsabilidad del intérprete evaluar la calidad de las premisas (muestras geológicas más análisis químicos), a fin de valorar correctamente la calidad y la confiabilidad de sus resultados. No es difícil calcular la precisión de un método analítico y el error en los resultados que puede ser conocido precisamente.

Los errores de muestreo son mucho más difícil de valorar, ellos no implican errores en la selección de muestras o en los procedimientos de muestreo, pero basta la falta de representatividad de una muestra aislada. Un muestreo completo y perfectamente representativo en cada sitio es

imposible en prospección geoquímica, debiéndose hacer esfuerzos para colectar muestras tan homogéneas como sea posible. Sin embargo, esto quedará como un importante factor de imprecisión para el futuro.

Resumiendo, el análisis estadístico de los datos es solamente un paso en la interpretación, sin perfeccionarla. El uso de la estadística debe ser siempre guiado por un conocimiento geológico, experiencia y sentido común.

6.3.4.16 Distribución de Frecuencia Acumulada.

El método gráfico para determinar hallar el Umbral Geoquímico de una población de resultados de muestras de sedimentos de arroyo y el contenido de fondo; se puede realizar mediante una Distribución de Frecuencia Acumulada.

La Frecuencia Acumulada que viene a ser el número de muestras dentro de un límite de clase en forma acumulada (en porcentaje, %), se interpola con el antilogaritmo del límite de clase. Estos puntos interpolados tiene dos tendencias representadas por dos rectas que se interceptan entre si.

El Umbral Geoquímico es el resultado de una recta perpendicularmente proyectada desde la intersección de las dos rectas antes mencionadas, hacia al eje de las abscisas (límite de clase). El valor se considera en el punto de intersección sobre el eje de las abscisas.

El Contenido de Fondo se deduce de la proyección perpendicular de una recta desde el 50% de el eje de Frecuencia Acumulada (eje de las ordenadas) hacia la recta de los puntos interpolados, a partir de esta

intersección se proyecta otra recta hacia el eje de las absisas de donde va a resultar el valor del Contenido de Fondo de una manera gráfica.

6.3.4.17 Isolíneas de Distribución Geoquímica.

Basada fundamentalmente mediante el modelo matemático de Kriging, usado en topografía, el cual interpola valores con respecto a una referencia geográfica. Los valores en este caso son los resultados geoquímicos de las muestras de sedimento de quebradas que se dan en partes fueron ubicados con coordenadas U.T.M.

Contando con estas tres variables de las 116 muestras se crean mapas de iso**líneas** que van a mostrar el comportamiento de altos y bajos valores geoquímicos (**líneas**), con respecto a una posición geográfica.

Los parámetros estadísticos derivados a parámetros geoquímicos en cuanto a la prospección geoquímica se refiere, va a controlar aquellos comportamientos antes mencionados; con la finalidad de ubicar la concentración de estos valores y sus desviaciones respecto a su contenido de fondo, y resultando de ello los "**Blancos**" anómalos referidos en un mapa.

CAPITULO VII

PROSPECCION GEOQUIMICA DEL CUADRANGULO DE CHALHUANCA

7.1 Estrategia de Muestreo

La estrategia para determinar los puntos de muestreo debe estar relacionada con los aspectos geológicos y geomormorfologicos que norman la dispersión de los iones. Desde otro punto de vista la parte estructural es considerada también para la ubicación de muestras incidiendo en zonas de falla, principalmente normales y sin dejar de tomar en cuenta las fallas inversas; en ambos casos la presencia de mineralización en estas estructuras improvisa a una modificación en campo, situando el punto de muestreo con un mejor criterio.

Así mismo es importante considerar la geometría de la cuenca a la que pertenece un punto de muestreo dado, que va a apoyar en una interpretación de los valores y su dispersión desde el punto de vista geodinámico.

Teniendo en cuenta que la presencia de contactos litológicos van dificultar el entendimiento del origen de dichos elementos, la discriminación de la ubicación de puntos de muestreo de acuerdo a dichas litologias es una alternativa para la interpretación geoquímica.

El tiempo que se determina en la toma de las muestras es un factor decisivo para el buen diseño de puntos de muestreo.

La recolección de muestras de campo realizado en el cuadrángulo de Chalhuanca tomó un tiempo de 35 días en una área proyectada de 3, 000 Km^2 aproximadamente, levantada a una escala de 1: 100, 000.

Está región de estudio, como se había mencionado en el capítulo de geografía, presenta un drenaje dendrítico a subparalelo, que refleja su ubicación mayormente en rocas sedimentarias (Grupo Yura – Formación Ferrobamba), y en menor porcentaje en rocas volcánicas e intrusivas.

Las características físicas de un río y/o quebrada, tales como su recorrido, atravesando diversas litologías y estructuras geológicas van a ser factores importantes en el proceso de erosión y transporte de sedimentos, razón por la cual la determinación del punto de muestreo y por ende la toma de **información / muestras** deben ser la mas precisa para facilitar el procesamiento estadístico por poblaciones de origen.

Las áreas de contaminación del medio ambiente, en esta región son de bajo nivel por la poca industrialización de la región, diseñándose además puntos de muestreo cerca de los poblados.

El cálculo que se estableció en la densidad de puntos de muestreo, sin dejar de relacionar los factores antes mencionados, se dio conjuntamente con la recopilación de investigaciones sobre el tema, de donde se recomendó una muestra por cada 10 Km^2 aproximadamente;

En lo que respecta a la prospección geoquímica regional, se trato de representar una buena dispersión de muestreo. Las características particulares de la región de estudio nos llevo a realizar unas ligeras modificaciones, esto quiere decir, que por el área determinada no siempre va ubicarse un punto de muestreo, por trabajarse a una escala 1: 100 000.

Se hizo uno distinción de las quebradas con un contrasté de flujo de aguas (quebradas activas), discriminando aquellas de tercer y cuarto orden que en la mayoría de los casos sólo contiene aguas en temporada de lluvias, pero al mismo tiempo no deja de ser importante en algunos casos.

7.2 Metodología del Muestreo

En el área de estudio el muestreo se realizó con una densidad de una muestra por cada 8 Km^2, para áreas prospectivas prioritarias y una cada 25 km^2 para muestreos de orientación y estuvo sujeto a las siguientes normas:

- ✓ Quebradas de primer y segundo orden.
- ✓ Quebradas relacionadas a fallas.
- ✓ Quebradas que cortan unidades metalotectos.

Una vez ubicado el punto de muestreo y reconocido en el campo se realizo la obtención de la muestra con un pretamizado de 2 a 3 kilos de sedimento a malla –30 (600 µm).

En el punto de muestreo proyectado y ubicado, se recoge el sedimento dentro de un radio de tres metros en ambas márgenes del río o quebrada, el cual una vez tamizado será embolsado y codificado para luego ser enviado al laboratorio para ser analizado por multielementos mediante métodos analíticos apropiados. Asimismo el contenido de agua en una muestra embolsada mantiene iones de elementos en suspensión los cuales van a dar un valor más real.

7.3 Limites de Detección.

El Límite de detección de un elemento es la concentración por debajo de la cual no hay confiabilidad en los datos. Los fabricantes presentan los límites de detección óptimos que se obtiene con su equipos al analizar soluciones acuosas puras de un determinado elemento. Realizan estos análisis pese a que las soluciones geológicas son muy complejas, lo que significa que los límites de detección reales pueden discrepar de los que se hallan determinados para los diferentes elementos patrones. Estos límites se dan en porcentajes (%) para los elementos mayores y partes por millón (ppm) y partes por billón (ppb) para los elementos trazas.

Al	Sb	As	Be	Bi	Cd	Ca	Cr	Co	Cu	Fe	La	Pb	Mg	Mn	Mo	Ni
%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm
0.01	5	3	0.5	5	1	0.01	1	1	0.5	0.01	0.5	2	0.01	2	1	1

P	K	Sc	Ag	Na	Sr	Sn	Ti	W	V	Y	Zn	Zr	Tl	Au	Hg
%	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm
0.01	0.2	0.5	0.2	0.01	0.5	10	0.01	10	2	0.5	0.5	0.5	2	5	0.01

7.4 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 construidos 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 “Volcanicos” 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.

7.4.1 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. En el caso del estudio de prospección geoquímica en el área de Chalhuanca se ha considerado un promedio aritmético (**Media**),

por tratarse de un estudio netamente regional. El contenido de fondo está relacionado al número de muestras

7.4.2 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 lognormal, 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.

7.4.3 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:

7.4.3.1 Anomalías Significativas

Se pueden usarse como guías en prospección ya que tiene relación con mineralización, las cuales son determinadas con métodos estadísticos.

7.4.3.2 Anomalías no significativas

Sin relación con mineralización ya que es importante la posición espacial de la anomalía.

Estos parámetros son hallados con métodos estadísticos y también pueden ser hallados gráficamente en función a la distribución de frecuencias acumuladas.

7.4.4 Rangos de Anomalía

- En función al Threshold (Umbral Geoquímico)

< B	Valores por debajo del contenido de fondo.
B - T	Valores dentro del contenido de fondo
T - 2T	Valores débilmente anómalos
2T - 3T	Valores simplemente anómalos
3T - 4T	Valores regularmente anómalos
4T - 5T	Valores medianamente anómalos
5T >	Valores fuertemente anómalos

- En función al Background más la Desviación Estandar

< -	B	Valores por debajo del contenido de fondo
B	B+ 1De	Valores dentro del contenido de fondo
B+ 1De -	B+ 2De	Valores por encima del contenido de fondo
B+ 2De -	B+ 3De	Valores simplemente anómalos
B+ 3De -	B+ 4De	Valores someramente anómalos

B+ 4De -	B+ 5De	Valores algo más anómalo
B+ 5De -	B+ 6De	Valores ligeramente más anómalo
B+ 6De -	B+ 7De	Valores anómalos
B+ 7De -	B+ 8De	Valores regularmente anómalos
B+ 8De -	B+ 9De	Valores moderadamente anómalo
B+ 9De -	B+10De	Valores medianamente anómalos
B+10De -	B+11De	Valores altamente anómalos
B+11De	>	Valores Fuertemente anómalos.

7.5 Procesamiento Estadístico de Datos

Se utilizaron 116 muestras de las cuales para efectos de la estadística y por criterios lito-estratigráficos se dividió en 3 poblaciones:

1. **Población Sedimentarios.**
2. **Población Volcánicos.**
3. **Población Intrusivos.**

Población Sedimentarios.- Esta incluye 80 muestras de sedimento de quebrada las que van desde el Grupo Yura hasta la Formación Ferrobamba. Estas se encuentran ocupando el 55 % del cuadrángulo.

Población Volcánicos.- Representada por 20 muestras de sedimento de quebrada, estas van desde los volcánicos Tacaza hasta los volcánicos Barroso. Ocupan el 30 % del área de estudio.

Población Intrusivos.- Esta compuesta de 16 muestras, que para efectos de la estadística no se recomienda el procesamiento de los datos; estas ocupan el 15 % del cuadrángulo.

Existen otros métodos como es el caso de los estimadores de Sichel que se usa para calcular el valor de la ley media, cuando se presume que la población presenta una distribución log-normal y el número de datos con el que se cuenta es muy pequeño. La ventaja del método de Sichel es que podemos definir niveles de confianza en el cálculo de la ley media. La fórmula que permite calcular el estimador de Sichel es la siguiente:

$$t_{Sichel} = e^{a} f(V)_n$$

e = número de Neper

a = media de los logaritmos de las leyes

f(V)n = valor que se obtiene de la tabla Nº 12 "Estimadores de Siche – Tabla de valores", con **n** = número de muestras (**ver apéndice**)

V = varianza de los logaritmos de las leyes.

También se realizó la estadística total del cuadrángulo (sin discriminar en poblaciones), en donde se trabajo la totalidad de los valores geoquímicos.

Los elementos químicos utilizados en el trabajo de tesis fueron: Ag, As, Sb, Cu, Pb, Zn, Mo, Co, Ni, Cr, Cd, Fe. El procesamiento fue considerando la estadística de uni-variables para determinar la media (promedio aritmético de los datos y desviación standard) para proceder a diseñar las tablas de rangos geoquímicos.

Hay que tener presente que para calcular la ley media, por razones de seguridad en el cálculo y sencillez operativa, en primer lugar es necesario conocer si los datos presentan una distribución normal, de no ser así, se debe calcular sus algoritmos respectivos y repetir el proceso con estas nuevas variables (variables con valores logarítmicos).

Para efectos de que una distribución sea normal se utilizó una estadística de visualización de gráficos (histogramas y probabilidad normal). Así también la prueba de Kolmorogov-Smirnov-Lilliefors la cual es una prueba de bondad de ajuste.

Una regla práctica para reconocer la normalidad de la distribución es el valor del coeficiente de variación. Según Koch y Link (l970) una distribución puede considerarse como Gaussiana si el coeficiente de variación es inferior a 0.05, en caso contrario indica un carácter log-normal o un conjunto de datos con distribución errática.

Otro grafico presentado es el de caja y bigotes (Box Plot) que proporciona una representación de la distribución. Los límites inferior y superior de la caja corresponden a los cuartiles primero y tercero (o percentiles 25 y 75) respectivamente; en consecuencia, la altura de la caja coincide con el RI (rango intercuartílico). La línea horizontal dentro de la caja corresponde al segundo cuartil Q_2 (o mediana), y los bigotes inferior y superior al mínimo y al máximo valor, tales que sus distancias a los límites inferior y superior, respectivamente, de la caja es inferior a una vez el RI. En el caso de que un valor diste de los límites inferior o superior de la caja más de 1,5 veces el RI, a dicho valor, se le denomina “fuera del rango” y se representa mediante el símbolo “o” y por “x” si los valores son superiores a 3 veces la longitud de la caja o rango intercuartílico, denominándolos “valores aislados o extremos”. Es decir, entre el mínimo valor y el límite inferior de la caja está contenido el 25% de los valores más pequeños, entre el límite inferior de la caja y la línea horizontal dentro de la caja, el 25%, entre la mediana y el límite superior de la caja, el 25% siguiente y, por encima del límite superior de la caja, el 25% restante.

Por último se presenta el gráfico de tallo y hojas ("Stem & Leaf"). En este gráfico cada línea de dígitos corresponde a la descomposición de los valores de la variable en dos partes, el tallo y la hoja.

Todo lo antes dicho se aprecia en el **apéndice 1**, donde se presenta toda la estadística realizada ya sea en forma total y por poblaciones con sus respectivos análisis del comportamiento de los elementos geoquímicos; así como diagramas de variabilidad para tener una idea rápida de cómo es el comportamiento de los elementos de las muestras tomadas.

7.6 Evaluación Geoquímica.

La evaluación geoquímica se caracteriza por tener dos rasgos importantes; el primero sería "la gran cantidad de datos" y segundo "la precisión con el cual debe tratarse estos datos".

Para hacer un procesamiento de los elementos, es fundamental conocer el comportamiento físico-químico de cada uno de ellos en el medio ambiente a partir de los cuales se tuvieron resultados estadísticos. Cabe resaltar que la mayoría de los elementos tuvieron un comportamiento ***log normal***, por lo que se aplicó el parámetro matemático (algoritmo) de logaritmos neperianos; el cual por experiencia de otros estudios realizados dieron resultados satisfactorios y por ende el descubrimiento de yacimientos, hoy en día puestos en explotación como es caso de Michiquillay, La Granja.

Se determino el Background (rango de valores normales de una población) y el Threshold (limite inferior de los valores anómalos). Del cual se partió para considerar que los resultados que están por encima del nivel de un Threshold han sido considerados como **débilmente anómalos**, aquellos que son mayores a dos

veces el Threshold son considerados **moderamente anómalos** y algunos resultados mayores a tres veces el Treshold son denominados como **fuertemente anómalos.**

Las anomalías moderadas y fuertes se pueden considerar de muy buena expectativa ***(Blancos de Exploración ó Targets)*** en lo que concierne a sedimentos de quebrada regional. Por consiguiente, con este punto de partida se debe llevar a cabo los trabajos y programas de exploración con más detalles para así delinear posibles cuerpos mineralizados.

Las supuestas anomalías de moderadas a débiles, estarían consideradas como de prioridad dos, ya que se deberían a supuestas mineralizaciones de poca magnitud o ha cuerpos ocultos.

En base a las 116 las muestras de sedimentos de quebrada analizadas, de las cuales se obtuvieron resultados de anomalías geoquímicas por los elementos mencionados que a continuación detallaremos: ***Ag, As, Sb, Cu, Pb, Zn, Mo, Co, Ni, Cr, Cd, Fe.***

Tabla Nº 12

ESTIMADORES DE SICHEL (Tabla de Valores)

Límite superior de confianza ($ø_{95}$) para los estimadores de Sichel				
V	N			
	5	10	15	20
0,00	1,000	1,000	1,000	1,000
0,04	1,362	1,171	1,122	1,099
0,08	1,561	1,256	1,181	1,146
0,12	1,740	1,327	1,230	1,184
0,16	1,914	1,393	1,274	1,219
0,20	2,087	1,455	1,316	1,252
0,30	2,532	1,606	1,415	1,328
0,40	3,019	1,756	1,509	1,399
0,50	3,563	1,910	1,603	1,470
0,60	4,176	2,070	1,682	1,541
0,70	4,870	2,237	1,798	1,614
0,80	5,663	2,415	1,901	1,688
0,90	6,570	2,604	2,006	1,763
1,00	7,605	2,805	2,117	1,842
1,10	8,795	3,019	2,233	1,924
1,20	10,155	3,250	2,355	2,008
1,30	11,718	3,497	2,483	2,096
1,40	13,513	3,761	2,617	2,187
1,50	15,569	4,045	2,758	2,282
1,60	17,928	4,351	2,907	2,380
1,70	20,639	4,680	3,064	2,484
1,80	23,749	5,034	3,229	2,592
1,90	27,318	5,414	3,403	2,704
2,00	31,398	5,825	3,588	2,822
2,10	36,079	6,268	3,783	2,945
2,20	41,444	6,745	3,989	3,074
2,30	47,586	7,260	4,208	3,209
2,40	54,611	7,815	4,438	3,351
2,50	62,661	8,415	4,683	3,498
2,60	71,861	9,061	4,941	3,670
2,70	82,366	9,759	5,214	3,816

Límite inferior de confianza ($ø_5$) para los estimadores de Sichel				
V	n			
	5	10	15	20
0,00	1,000	1,000	1,000	1,000
0,04	0,8589	0,9071	0,9246	0,9344
0,08	0,8070	0,8708	0,8943	0,9077
0,12	0,7693	0,8439	0,8716	0,8878
0,16	0,7389	0,8216	0,8527	0,8709
0,20	0,7129	0,8023	0,8360	0,8558
0,30	0,6605	0,7618	0,8008	0,8243
0,40	0,6187	0,7284	0,7717	0,7981
0,50	0,5838	0,6995	0,7462	0,7744
0,60	0,5538	0,6739	0,7270	0,7534
0,70	0,5277	0,6508	0,7020	0,7338
0,80	0,5044	0,6297	0,6825	0,7156
0,90	0,4836	0,6103	0,6646	0,6987
1,00	0,4650	0,5923	0,6476	0,6826
1,10	0,4481	0,5756	0,6317	0,6674
1,20	0,4328	0,5599	0,6165	0,6530
1,30	0,4189	0,5452	0,6020	0,6393
1,40	0,4062	0,5315	0,5888	0,6262
1,50	0,3946	0,5186	0,5760	0,6137
1,60	0,3840	0,5065	0,5637	0,6018
1,70	0,3743	0,4950	0,5521	0,5904
1,80	0,3655	0,4842	0,5410	0,5794
1,90	0,3574	0,4740	0,5305	0,5688
2,00	0,3501	0,4644	0,5203	0,5587
2,10	0,3433	0,4552	0,5106	0,5489
2,20	0,3372	0,4466	0,5014	0,5395
2,30	0,3316	0,4385	0,4925	0,5304
2,40	0,3266	0,4308	0,4840	0,5217
2,50	0,3220	0,4234	0,4759	0,5133
2,60	0,3179	0,4166	0,4681	0,5044
2,70	0,3142	0,4100	0,4606	0,4974

COMPORTAMIENTO ESTADISTICO - GEOQUIMICO DEL CUADRANGULO DE CHALHUANCA (29-p)

POBLACION	PARAMETROS	Ag	Sb	As	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Cr	Mo	Cd	Fe
Sedimentarios	**Background**	0.31	5.97	44.25	52.76	41.06	115.73	9.00	22.04	93.24	7.03	2.66	3.89
	Threshold	1.00	12.43	132.32	168.85	44.74	286.10	16.06	67.27	167.99	32.41	12.24	8.16
Volcánicos	**Background**	--	--	8.70	25.86	20.70	60.78	8.30	10.70	65.30	1.30	--	3.39
	Threshold	--	--	33.82	70.57	45.91	115.97	18.64	20.94	128.00	2.44	--	8.88
Intrusivos	**Background**	0.18	--	29.06	49.86	27.69	56.43	8.94	8.50	97.50	6.25	--	5.02
	Threshold	0.58	--	132.32	179.40	77.97	133.57	13.86	15.23	150.24	34.56	--	8.71
TOTAL	**Background**	0.26	6.20	36.03	47.70	35.71	93.05	8.87	18.22	89.01	5.93	2.15	3.96
	Threshold	0.88	13.37	157.51	157.90	114.49	286.10	16.06	57.73	162.03	29.71	10.25	8.45

Plata

La distribución de plata en los sedimentos de quebrada está en el rango de 0.1 a 2.10 ppm, con un comportamiento ***errático*** de algunos de sus valores. La mayor población de valores esta dentro de los rangos de 0.1 a 0.3 ppm que representa el 77 % de la población total.

Podemos decir que la media poblacional sedimentaria posee un valor de 0.31 ppm y que para el caso de la población intrusivos esta decae a los 0.18 ppm.

No fue considerada la población volcanicos ya que sus valores están por debajo del límite de detección.

La correlación Ag - As (0.72) es muy fuerte y para Ag - Cu, Pb, Zn, Mo es moderado (0.62), a un nivel de asociación estadísticamente significativa del 0.95.

Comportamiento Estadístico – Geoquímico de la Plata (Ag)

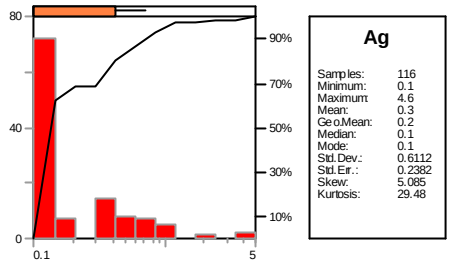
Población	Media Aritmética (ppm)	Desviación Standard (ppm)	Threshold (ppm)	Valor Mínimo (ppm)	Valor Máximo (ppm)	Muestras Utilizadas	Muestras No Utilizadas	Muestras Total
Total	0.26	0.31	0.88	0.10	2.10	114	2	116
Sedimentarios	0.31	2.34	1.00	0.10	2.10	78	2	80
Intrusivos	0.18	0.20	0.58	0.10	0.80	16	0	16

El Background obtenido es 0.26 ppm y su Threshold es 0.88 ppm.

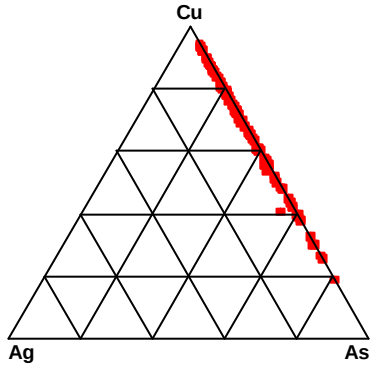
Encontrándose 4 valores por encima del Threshold; los cuales van de moderado (03) a fuertemente anómalos (01).

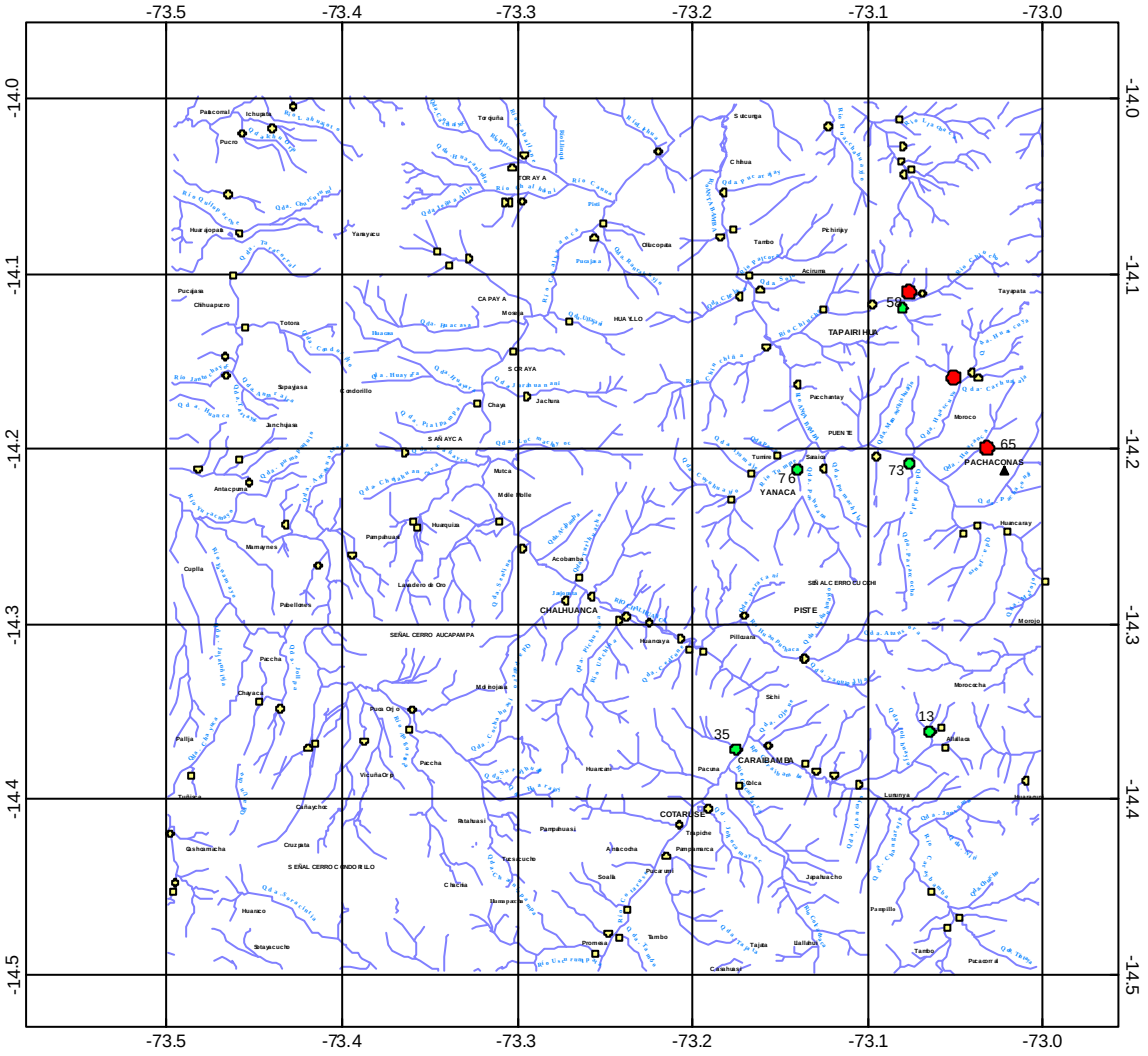
Nº Muestra	Ag (ppm)	Localidad
13	1	Allallaca
35	1.2	Jechuapata
56	2.1	Cº Mollopata
73	1.1	Huancapampa
76	1.2	Cº Apu Oquemesa

Histograma de Frecuencias



Correlación de Elementos





Ag
(ppm)

>	1.75
0.88 -	1.75
<	0.88

10 0 10
kilometros
*WGS 84 / *AMMP/SAMMP grid*

GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Dispersion de la Plata

Fig Nº 10

Arsénico

La distribución de arsénico en los sedimentos de quebrada está en el rango de 3 a 336 ppm, con un comportamiento ***log normal*** de todos sus valores. La mayor población de valores está dentro de los rangos de 3 a 36 ppm que representa el 73 % de la población total.

Podemos decir que la media poblacional sedimentaria posee un valor de 44.25 ppm y que para el caso de la población intrusivos esta se encuentra en 29.06 ppm. Para la población volcánicos los valores son muy bajos, llegando ha alcanzar los 8.70 ppm.

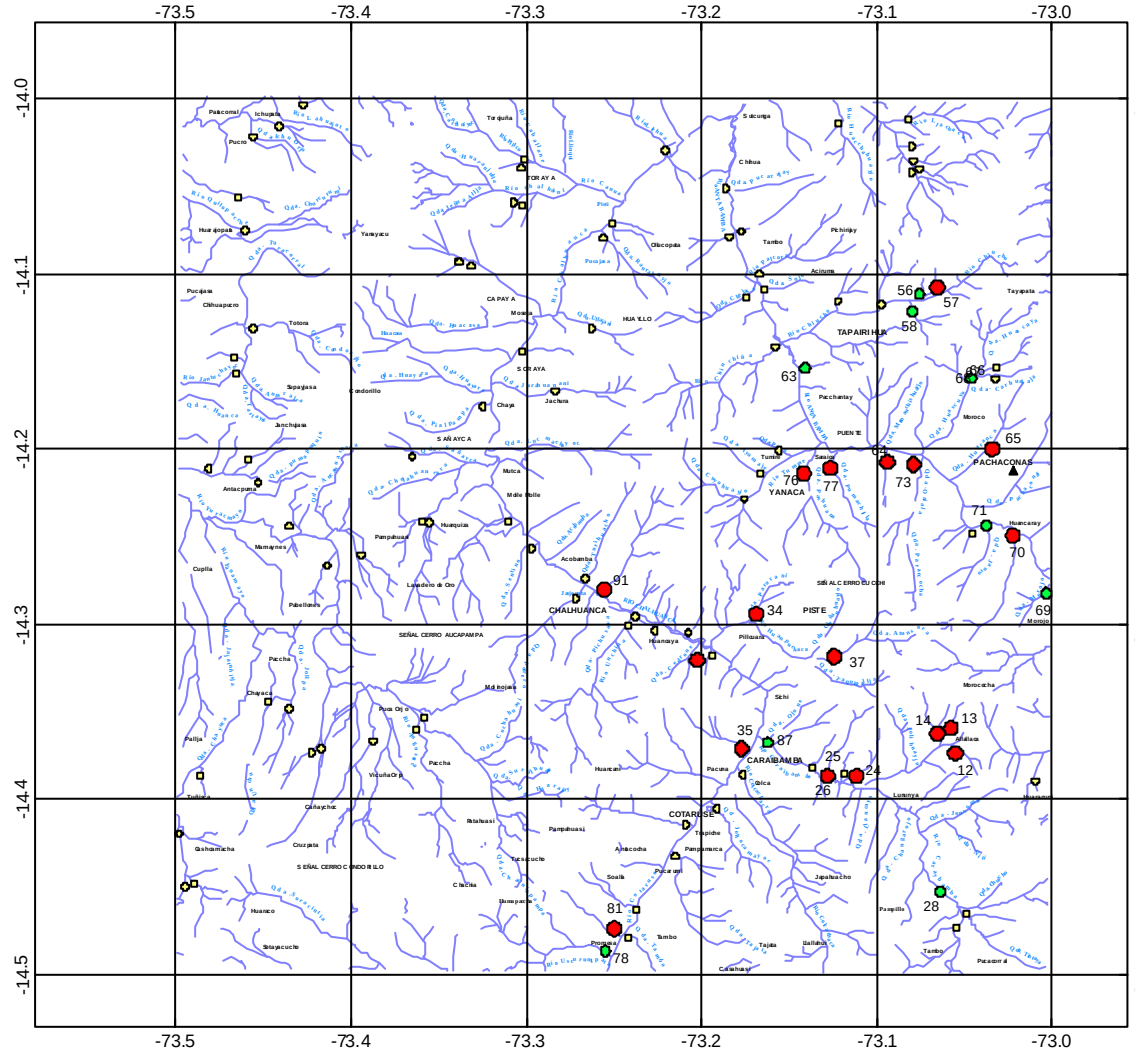
La correlación lineal As - Cu, Pb, Zn, Mo es muy fuerte (0.72), a un nivel de asociación estadísticamente significativa del 0.95.

Comportamiento Estadístico – Geoquímico del Arsénico

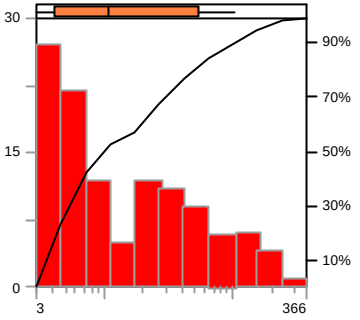
Población	Media Aritmética (ppm)	Desviación Standard (ppm)	Threshold (ppm)	Valor Mínimo (ppm)	Valor Máximo (ppm)	Muestras Utilizadas	Muestras No Utilizadas	Muestras Total
Total	36.03	60.74	157.51	3.00	366.00	116	0	116
Sedimentarios	44.25	67.52	179.29	3.00	366.00	80	0	80
Volcánicos	8.70	12.56	33.82	3.00	54.00	20	0	20
Intrusivos	29.06	51.63	132.32	3.00	212.00	16	0	16

El Background obtenido es 36.03 ppm y su Threshold es 157.51 ppm.
Encontrándose 8 valores por encima del Threshold y fuertemente anómalo,

Nº Muestra	As (ppm)	Localidad
12	136	Cº Huaynacocha
13	179	Allallaca
37	200	Chueca
65	366	Ayahuay
70	212	Huancaray
73	327	Huancapampa
76	130	Cº Apu Oquemesa
77	215	Saraica



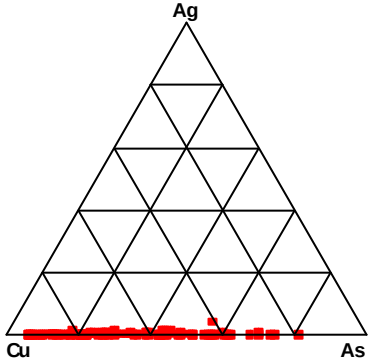
Histograma de Frecuencias



As

Samples:	116
Minimum:	3
Maximum:	366
Mean:	36
Geo.Mean:	14
Median:	10
Mode:	3
Std.Dev.:	60.74
Std.Err.:	2.375
Skew:	3.131
Kurtosis:	11.28

Correlación de Elementos



As
(ppm)

>	65.07
43.38 -	65.07
<	43.38

10 0 10
kilometros
*WGS 84 / *AMMP/SAMMP grid*

GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Dispersion del Arsenico

Fig Nº 11

Antimonio

La distribución de antimonio en los sedimentos de quebrada está en el rango de 5 a 30 ppm, con un comportamiento ***errático*** de cuatro de sus valores. La mayor población de valores está dentro de los rangos de 5.0 a 9.2 ppm que representa el 87% de la población total.

Se puede afirmar que la media poblacional sedimentaria posee un valor de 6.20 ppm y que para el caso de la población intrusivos y volcánicos no se efectuó ningún parámetro estadístico por estar sus valores por debajo del límite de detección

La correlación con el resto de elementos es pobre a nulo, a un nivel de asociación estadísticamente significativa del 0.95.

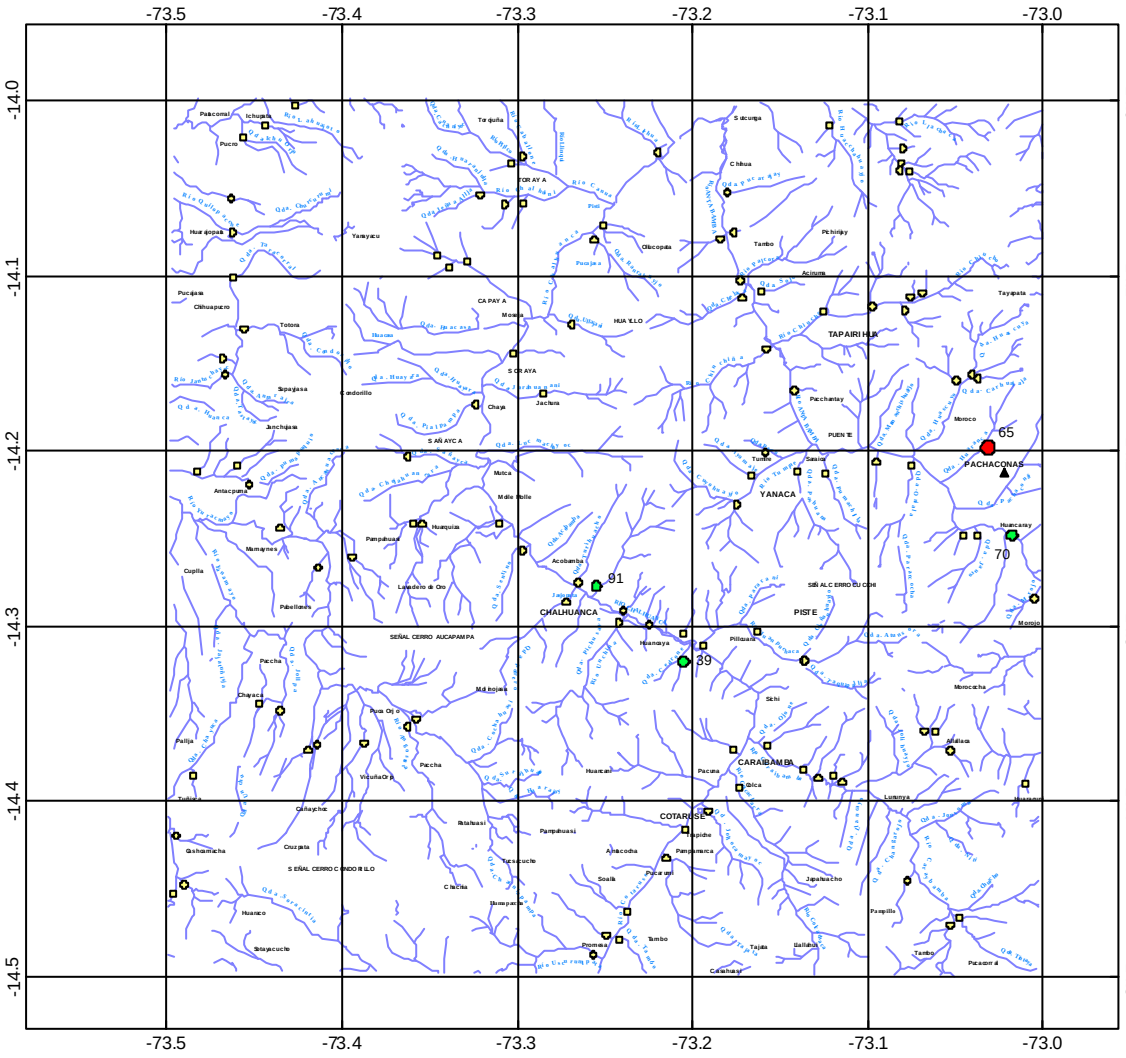
Comportamiento Estadístico – Geoquímico del Antimonio

Población	Media Aritmética (ppm)	Desviación Standard (ppm)	Threshold (ppm)	Valor Mínimo (ppm)	Valor Máximo (ppm)	Muestras Utilizadas	Muestras No Utilizadas	Muestras Total
Total	5.97	1.36	12.43	5.00	30.00	116	0	116
Sedimentarios	6.20	1.39	13.37	5.00	30.00	80	0	80

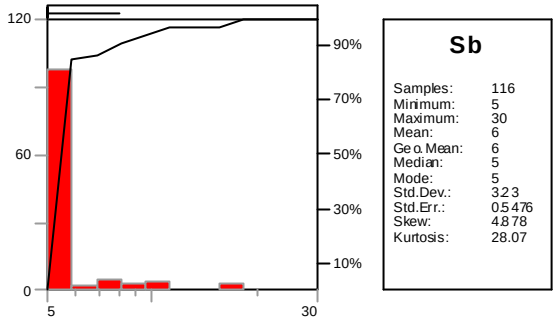
El Background obtenido es 5.97 ppm y su Threshold es 12.43 ppm.

Encontrándose 4 valores por encima del Threshold de los cuales (03) son moderado y (01) fuertemente anómalos.

Nº Muestra	Sb (ppm)	Localidad
39	17	Paujaraya
65	30	Ayahuay
70	18	Huancaray
91	18	Pairaca



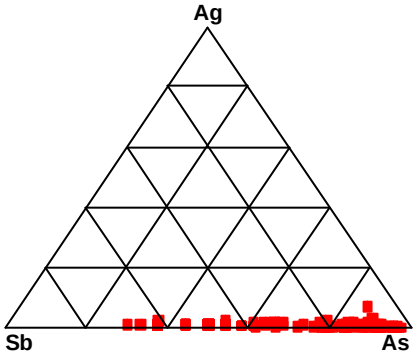
Histograma de Frecuencias



Sb

Samples:	116
Minimum:	5
Maximum:	30
Mean:	6
Geo. Mean:	6
Median:	5
Mode:	5
Std.Dev.:	3.23
Std.Err.:	0.5476
Skew:	4.878
Kurtosis:	28.07

Correlación de Elementos



Sb
(ppm)

>	24.89
16.6 -	24.89
<	16.6

10 0 10
kilometros

*WGS 84 / *AMMP/SAMMP grid*

GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Dispersion del Antimonio

Fig Nº 12

Cobre

La distribución de cobre en los sedimentos de quebrada está en el rango de 3.9 a 280 ppm, con un comportamiento ***Log normal*** de todos sus valores. La mayor población de valores esta dentro de los rangos de 3.9 a 29 ppm que representa el 52 % de la población total.

Podemos afirmar que la media poblacional sedimentaria posee un valor de 52.76 ppm y que para el caso de la población intrusivos esta se encuentra en 49.86 ppm. Para población volcánicos sus valores son bajos llegando ha alcanzar los 25.86 ppm.

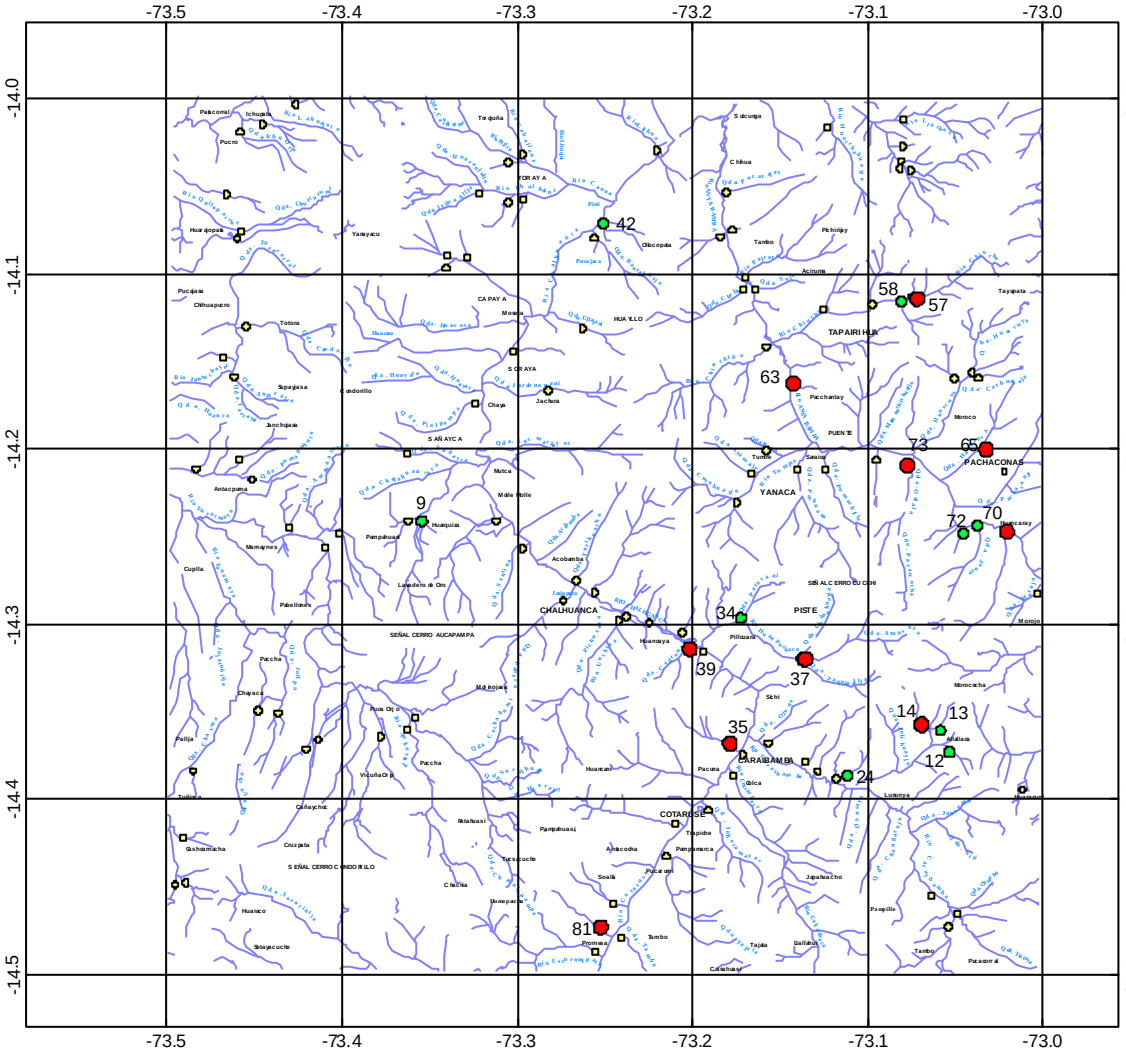
La correlación lineal Cu - As es muy fuerte (0.72) y para Cu – Pb es moderado (0.64); a un nivel de asociación estadísticamente significativa del 0.95.

Comportamiento Estadístico – Geoquímico del Cobre

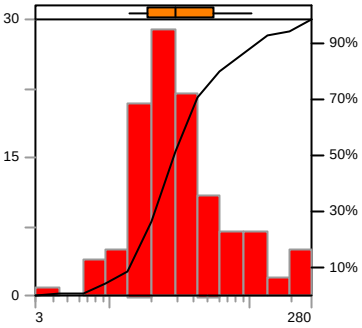
Población	Media Aritmética (ppm)	Desviación Standard (ppm)	Threshold (ppm)	Valor Mínimo (ppm)	Valor Máximo (ppm)	Muestras Utilizadas	Muestras No Utilizadas	Muestras Total
Total	47.70	2.25	157.90	3.9	280	115	1	116
Sedimentarios	52.76	2.20	168.85	8.3	280	80	0	80
Volcánicos	25.86	2.11	70.57	3.9	107	20	0	20
Intrusivos	49.86	2.20	179.40	13.40	270	15	1	16

El Background obtenido es 47.70 ppm, y su Threshold es 157.90 ppm. Encontrándose 9 valores por encima del umbral geoquímico.

Nº Muestra	Cu (ppm)	Localidad
13	140	Allallaca
35	119	Jechuapata
37	250	Chueja
39	120	Paujaraya
57	227	Chuicho
63	224	Pacchantay
65	244	Ayahuay
73	141	Huancapampa
81	280	Promesa

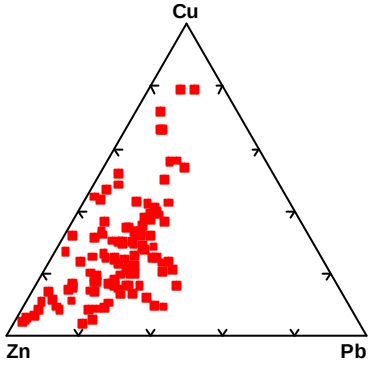


Histograma de Frecuencias



Cu	
Samples:	116
Minimum:	3.9
Maximum:	280
Mean:	55.6
Geo. Mean:	33.4
Median:	28.5
Mode:	15.2
Std.Dev.:	101.3
Std.Err.:	3.067
Skew:	6.599
Kurtosis:	53.73

Correlación de Elementos



Cu
(ppm)

>	110.9
73.93 -	110.9
<	73.93

10 0 10
kilometros
*WGS 84 / *AMMP/SAMMP grid*

GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Dispersion del Cobre

Fig Nº 13

Plomo

La distribución de plomo en los sedimentos de quebrada está en el rango de 1 a 191 ppm, con un comportamiento ***log normal*** de todos sus valores. La mayor población de valores esta dentro de los rangos de 1 a 36 ppm que representa el 73 % de la población total.

Podemos decir que la media poblacional sedimentaria posee un valor de 41.06 ppm, para el caso de la población intrusivos esta se encuentra en 27.69 ppm. Mientras que para la población volcánicos su valores alcanzo 20.70 ppm.

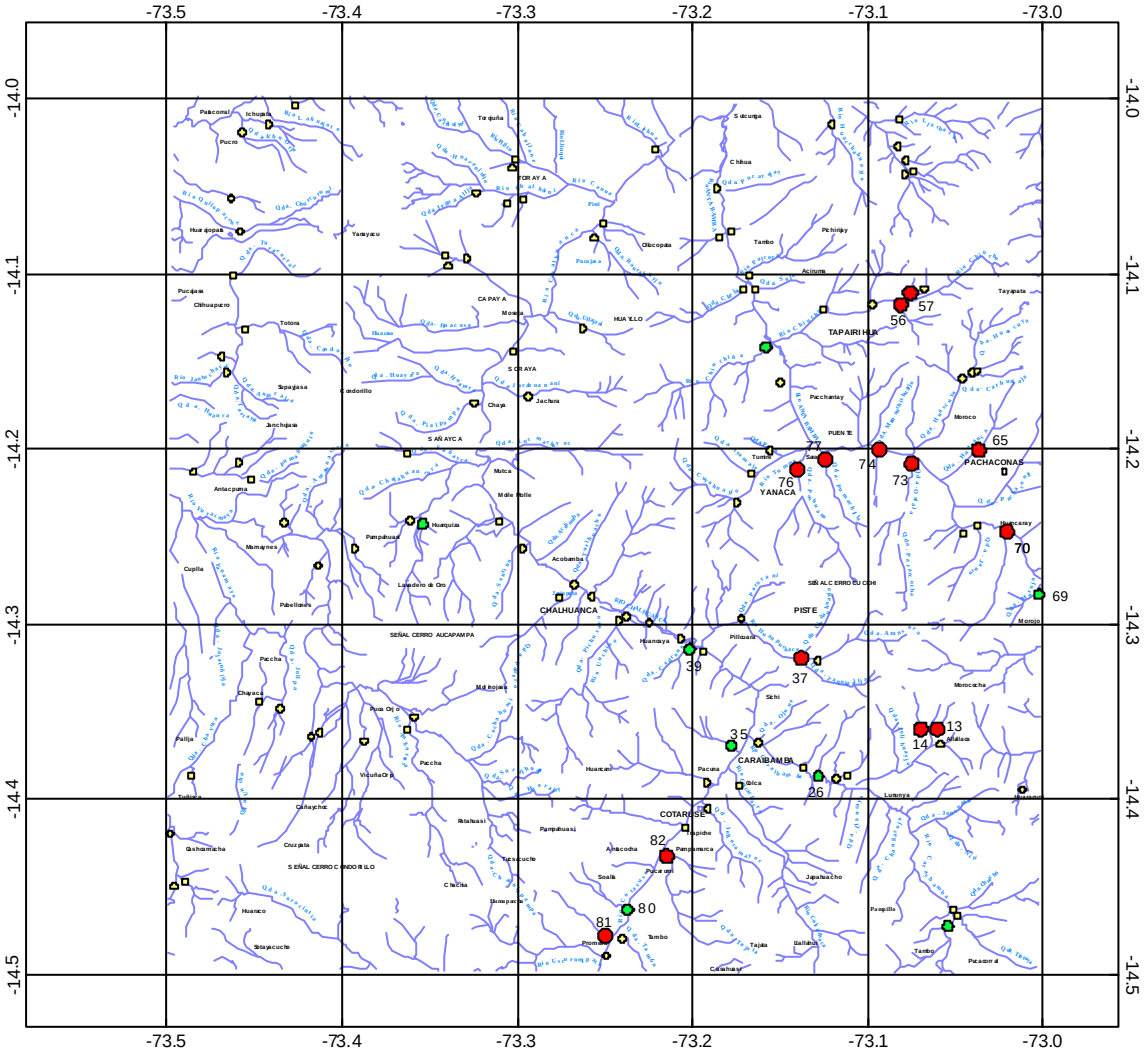
La correlación lineal Pb - As es muy fuerte (0.69) y Pb – Ag, Cu es moderada (0.56 – 0.54 respectivamente); a un nivel de asociación estadísticamente significativa del 0.95.

Comportamiento Estadístico – Geoquímico del Plomo

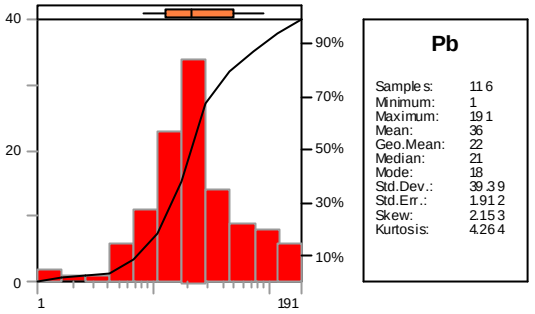
Población	Media Aritmética (ppm)	Desviación Standard (ppm)	Threshold (ppm)	Valor Mínimo (ppm)	Valor Máximo (ppm)	Muestras Utilizadas	Muestras No Utilizadas	Muestras Total
Total	35.71	39.39	114.49	1.0	191.00	115	1	116
Sedimentarios	41.06	44.74	13.54	1.0	191.00	80	0	80
Volcánicos	20.70	17.60	45.91	8.0	59.00	20	0	20
Intrusivos	27.69	25.14	77.97	5.0	106.00	15	1	16

El Background obtenido es 35.71 ppm y su Threshold es 114.49 ppm.
Encontrándose 11 valores anómalos por encima del Threshold.

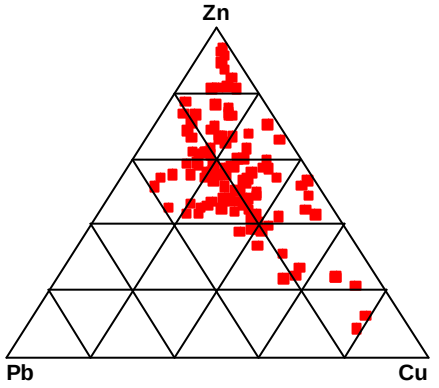
Nº Muestra	Pb (ppm)	Localidad
13	154	Allallaca
37	177	Chueja
58	123	Cº Queroc
64	173	Allpamachay
65	112	Ayahuay
70	106	Huancarae
73	153	Huancapampa
76	135	Cº Apu Oquemesa
77	191	Saraica
81	96	Promesa
82	106	Cº Tayo



Histograma de Frecuencias



Correlación de Elementos



Pb
(ppm)

	>	83.51	
55.67	-	83.51	
	<	55.67	

10 0 10
kilometros
*WGS 84 / *AMMP/SAMMP grid*

GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Dispersion del Plomo

Fig Nº 14

Zinc

La distribución de zinc en los sedimentos de quebrada está en el rango de 13.7 a 108 ppm, con un comportamiento ***log normal*** de todos sus valores. La mayor población de valores esta dentro de los rangos de 13.7 a 54.5 ppm que representa el 50% de la población total.

Podemos decir que la media poblacional sedimentaria posee un valor de 115.73 ppm, para el caso de la población volcánicos esta se encuentra en 60.78 ppm. Mientras que para la población intrusivos su valores alcanzo 56.43 ppm.

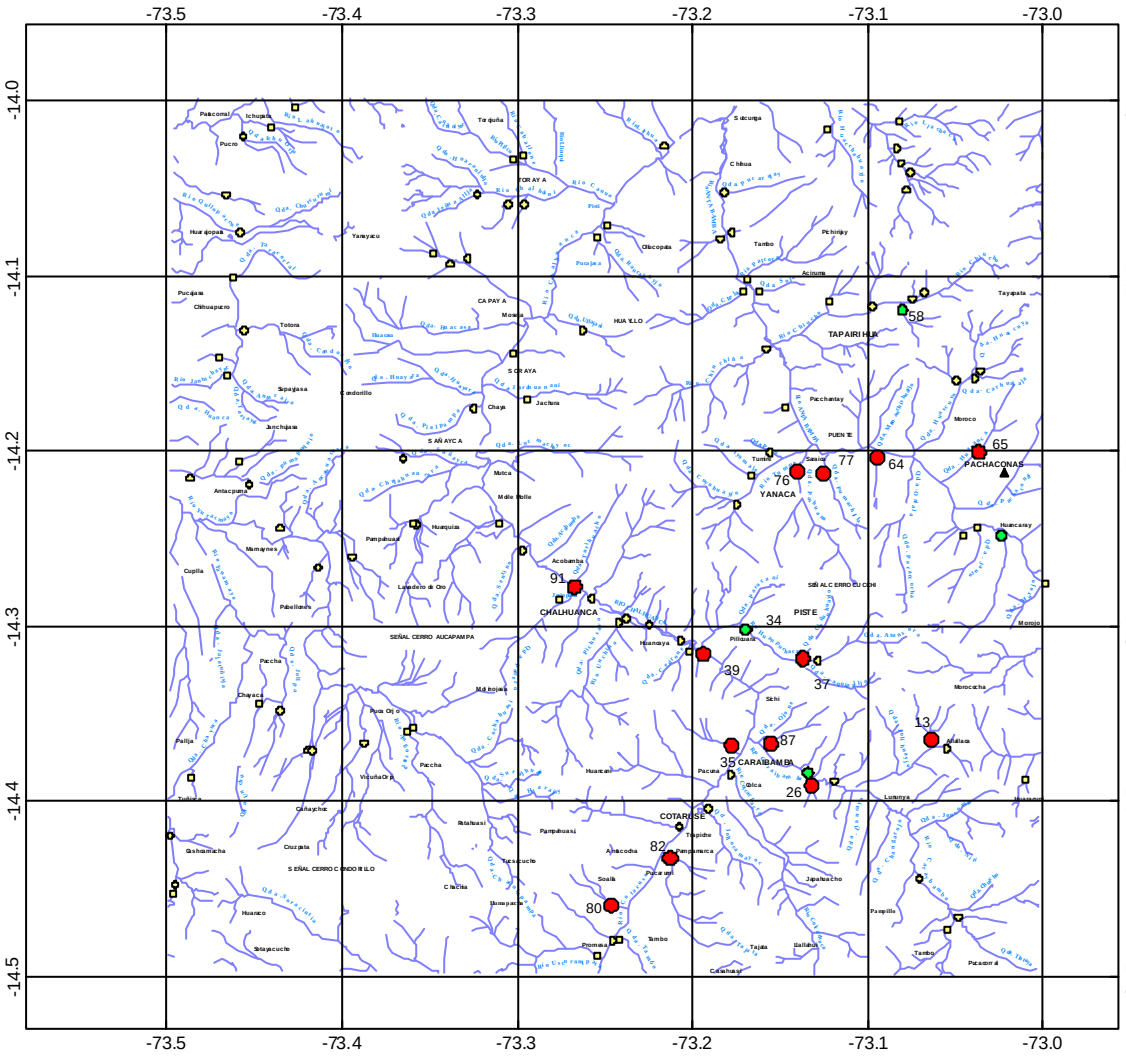
La correlación lineal Zn – Pb, As es muy fuerte (0.72 - 0.69 respectivamente) y Zn – Ag es moderada (0.55); a un nivel de asociación estadísticamente significativa del 0.95.

Comportamiento Estadístico – Geoquímico del Zinc

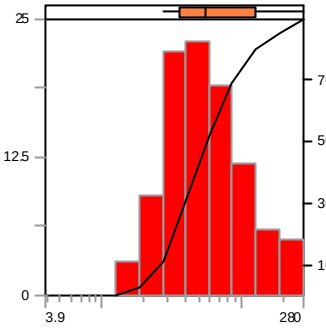
Población	Media Aritmética (ppm)	Desviación Standard (ppm)	Threshold (ppm)	Valor Mínimo (ppm)	Valor Máximo (ppm)	Muestras Utilizadas	Muestras No Utilizadas	Muestras Total
Total	93.05	2.20	286.10	13.70	108.00	108	0	108
Sedimentarios	115.73	2.46	358.40	13.70	517.00	73	7	80
Volcánicos	60.78	1.60	20.94	21.00	130.00	20	0	20
Intrusivos	56.43	1.77	15.23	22.80	150.00	16	0	16

El Background obtenido es 93.05 ppm y su Threshold es 286.10 ppm. Encontrándose 10 valores anómalos del umbral geoquímico.

Nº Muestra	Zn (ppm)	Localidad
13	362	Allallaca
14	753	Allallaca
24	517	Jalachaca
26	300	Jalatojo
27	507	Juisa
37	430	Chueja
65	447	Ayahuay
76	463	Cº Apu Oquemesa
82	367	Cº Tayo
87	294	Antahuayco



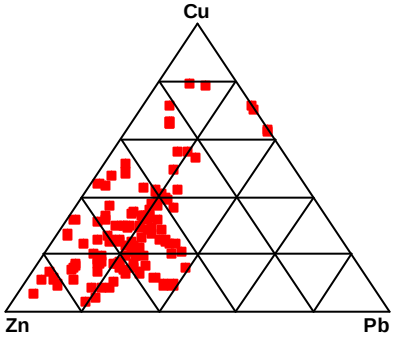
Histograma de Frecuencias



Zn

Samples:	114
Minimum:	0.0
Maximum:	517.0
Mean:	97.1
Geo.Mean:	67.7
Median:	52.3
Mode:	36.0
Std.Dev.:	110.5
Std.Err.:	3.218
Skew:	2.206
Kurtosis:	4.336

Correlación de Elementos



Zn
(ppm)

>	208.7
139.1 -	208.7
<	139.1

10 0 10
kilometros
*WGS 84 / *AMMP/SAMMP grid*

GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Dispersion del Zinc

Fig Nº 15

Molibdeno

La distribución de molibdeno en los sedimentos de quebrada está en el rango de 1 a 60 ppm, con un comportamiento ***log normal*** de todos sus valores. La mayor población de valores esta dentro de los rangos de 1 a 6.4 ppm que representa el 83 % de la población total.

Podemos decir que la media poblacional sedimentaria posee un valor de 7.03 ppm, para el caso de la población volcánicos esta decae a 1.30 ppm. Mientras que para la población intrusivos su valor alcanzo 6.25 ppm.

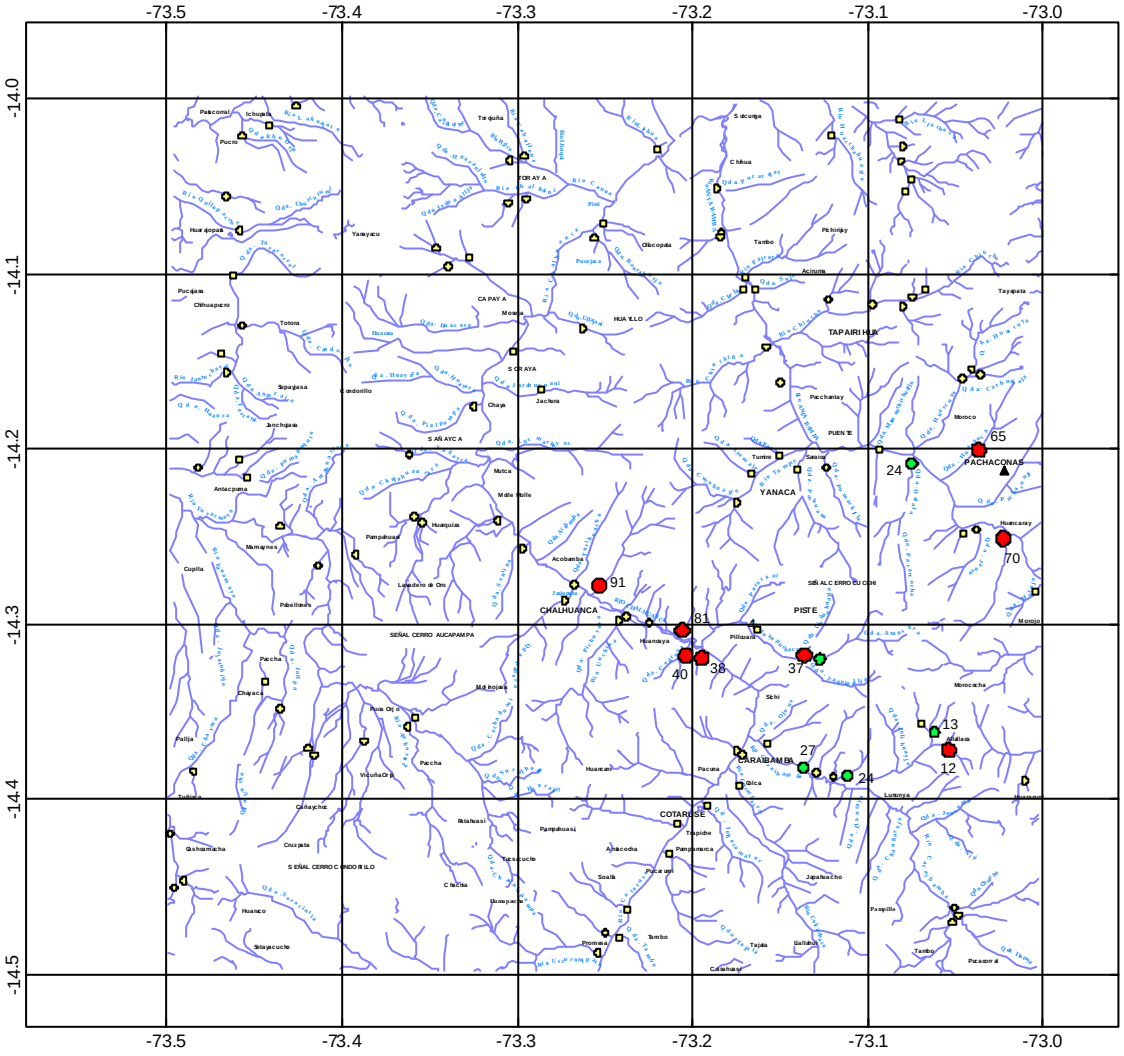
La correlación es de grupos homogéneos (tendencia valores bajos y altos) Mo – As, es muy fuerte (0.69) y Mo – Ag, Cu, Zn es moderada (0.55 – 0.62 – 0.59 respectivamente); a un nivel de asociación estadísticamente significativa del 0.95.

Comportamiento Estadístico – Geoquímico del Molibdeno

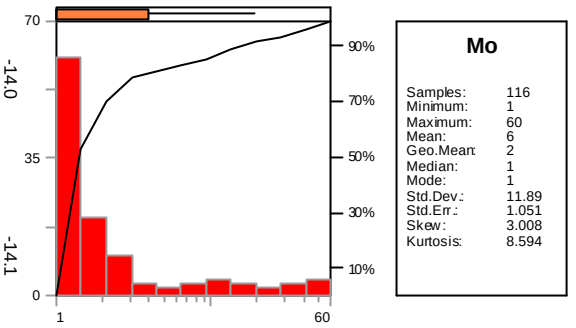
Población	Media Aritmética (ppm)	Desviación Standard (ppm)	Threshold (ppm)	Valor Mínimo (ppm)	Valor Máximo (ppm)	Muestras Utilizadas	Muestras No Utilizadas	Muestras Total
Total	5.93	11.89	29.71	1.00	60.00	116	0	116
Sedimentarios	7.03	12.69	32.41	1.00	60.00	80	0	80
Volcánicos	1.30	0.57	2.44	1.00	3.00	20	0	20
Intrusivos	6.25	14.15	34.56	1.00	57.00	16	0	16

El Background obtenido es 5.93 ppm y su Threshold es 29.71 ppm.
Encontrándose 8 valores por encima del umbral geoquímico.

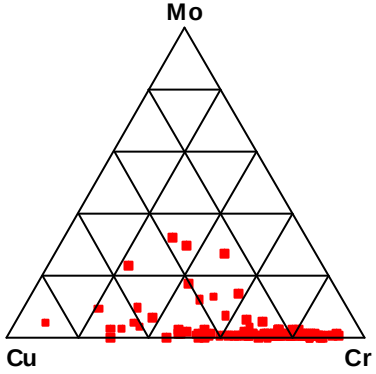
Nº Muestra	Mo (ppm)	Localidad
12	44	Cº Huaynacocha
37	35	Chueja
39	53	Paujaraya
40	38	Huampuchaca
65	30	Ayahuay
70	57	Huancaray
88	44	Huacaya
91	60	Pairaca



Histograma de Frecuencias



Correlación de Elementos



Mo
ppm

		>	29.71
17.24	-		29.71
		<	17.24

10 0 10
kilometros
*WGS 84 / *AMMP/SAMMP grid*

GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Dispersion del Molibdeno

Fig Nº 16

Cobalto

La distribución de cobre en los sedimentos de quebrada está en el rango de 2 a 21 ppm, con un comportamiento ***log normal*** de todos sus valores. La mayor población de valores esta dentro de los rangos de 5.5 a 10.6 ppm que representa el 65% de la población total.

Podemos decir que la media poblacional sedimentaria posee un valor de 9.00 ppm, para el caso de la población volcánicos esta se encuentra en 8.30 ppm. Mientras que para la población intrusivos su valor alcanzo 8.94 ppm.

La correlación con los demás elementos es muy pobre a nula; a un nivel de asociación estadísticamente significativa del 0.95

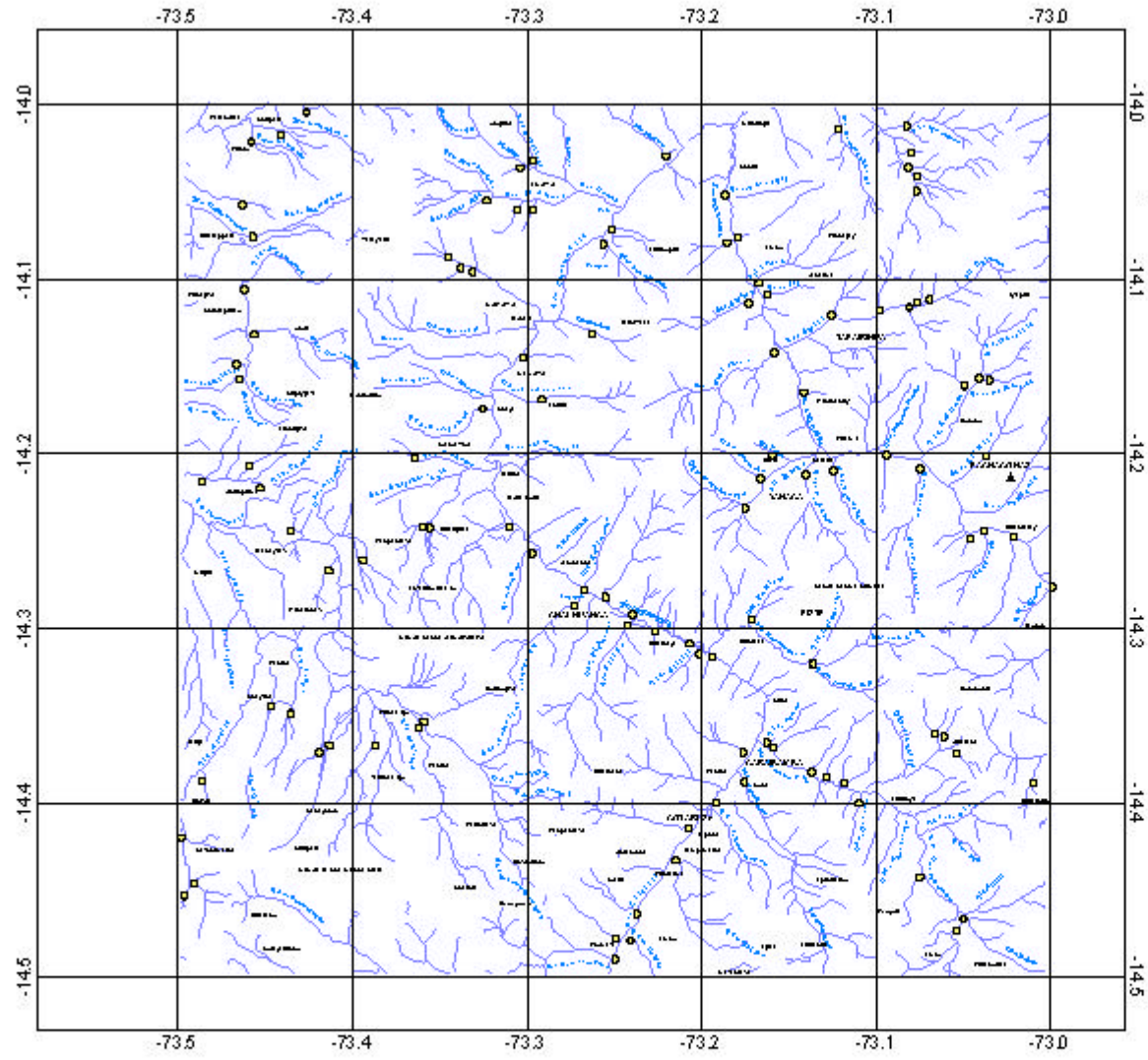
Comportamiento Estadístico – Geoquímico del Cobalto

Población	Media Aritmética (ppm)	Desviación Standard (ppm)	Treshold (ppm)	Valor Mínimo (ppm)	Valor Máximo (ppm)	Muestras Utilizadas	Muestras No Utilizadas	Muestras Total
Total	8.87	3.59	16.06	2.00	21.00	116	0	116
Sedimentarios	9.00	3.33	15.67	2.00	19.00	80	0	80
Volcánicos	8.3	5.17	18.64	2.00	21.00	20	0	20
Intrusivos	8.94	2.46	13.86	5.00	13.00	16	0	16

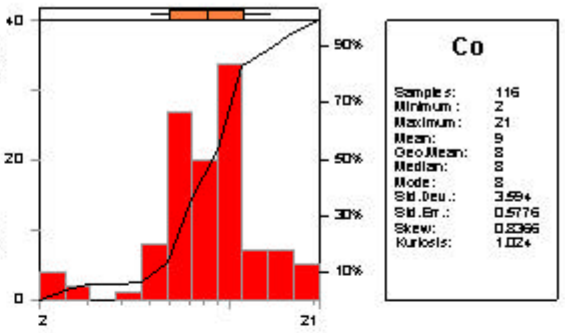
El Background obtenido es 8.87 ppm y su Threshold es 16.06 ppm.

Encontrándose 5 valores débilmente anómalos

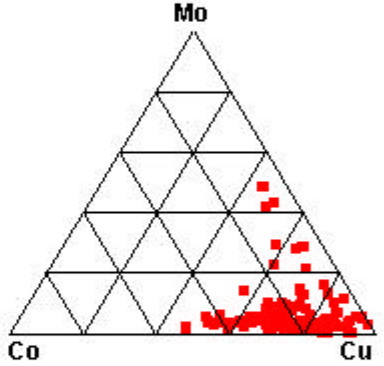
Nº Muestra	Co (ppm)	Localidad
59	19	Cº Jallaya
65	18	Ayahuay
79	17	Palcapampa
81	17	Promesa
96	21	Huancapata



Histograma de Frecuencias

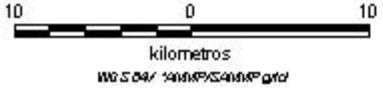


Correlación de Elementos



Co
(ppm)

>	33.73
22.49 -	33.73
<	22.49

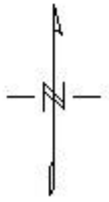


GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Dispersion del Cobalto

Fig Nº 17



Níquel

La distribución de níquel en los sedimentos de quebrada está en el rango de 4 a 119 ppm, con un comportamiento ***log normal*** de todos sus valores. La mayor población de valores esta dentro de los rangos de 4 a 14.5 ppm que representa el 66 %
de la población total.

Podemos afirmar que la media poblacional sedimentaria posee un valor de 22.04 ppm, para el caso de la población volcánicos esta se encuentra en 10.70 ppm. Mientras que para la población intrusivos su valores alcanzo 8.50 ppm.

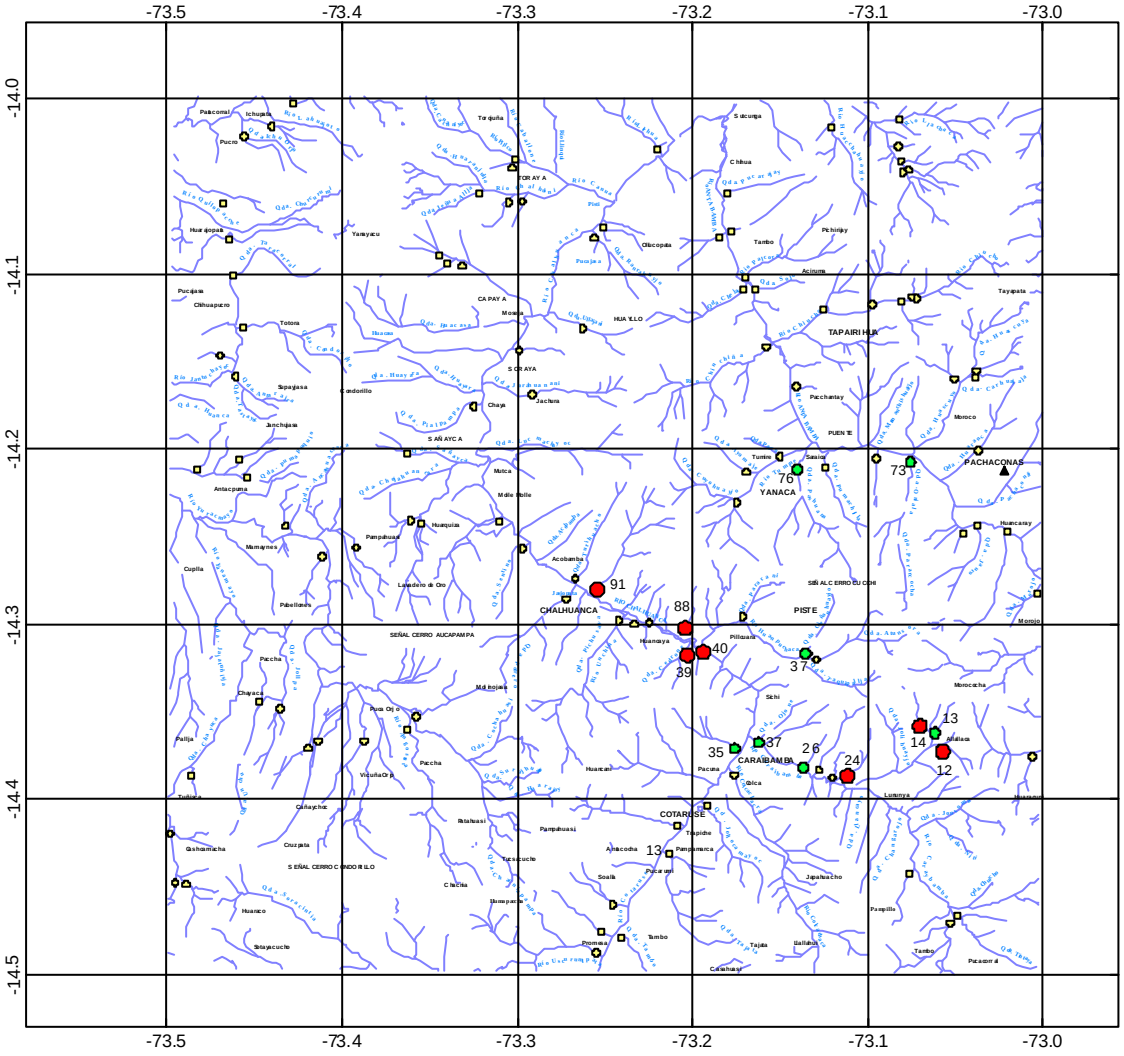
La correlación lineal Ni – As, Zn es moderada (0.57 – 0.60 respectivamente); a un nivel de asociación estadísticamente significativa del 0.95.

Comportamiento Estadístico – Geoquímico del Níquel

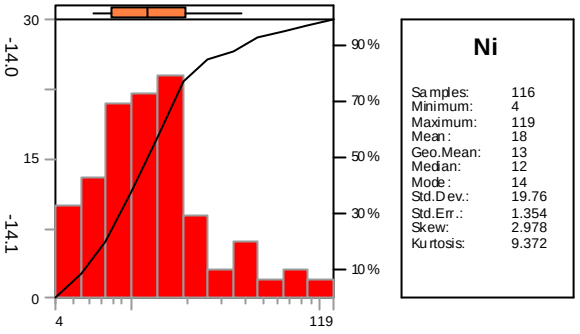
Población	Media Aritmética (ppm)	Desviación Standard (ppm)	Threshold (ppm)	Valor Mínimo (ppm)	Valor Máximo (ppm)	Muestras Utilizadas	Muestras No Utilizadas	Muestras Total
Total	18.22	19.76	57.73	4.00	119.00	116	0	116
Sedimentarios	22.04	22.62	67.27	4.00	119.00	80	0	80
Volcánicos	10.70	5.12	20.94	4.00	22.00	20	0	20
Intrusivos	8.50	3.37	15.23	5.00	14.00	16	0	16

El Background obtenido es 18.22 ppm y su Threshold es 57.73 ppm.
Encontrándose 8 valores por encima del Threshold.

Nº Muestra	Ni (ppm)	Localidad
12	119	Cº Huaynacocha
14	73	Allallaca
24	57	Jalachaca
26	27	Jalatojo
27	47	Juisa
39	96	Paujaraya
88	84	Huacaya
91	97	Pairaca



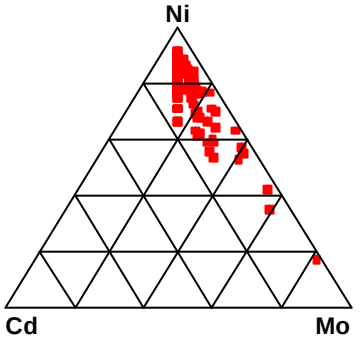
Histograma de Frecuencias



Ni

Samples:	116
Minimum:	4
Maximum:	119
Mean:	18
Geo.Mean:	13
Median:	12
Mode:	14
Std.Dev.:	19.76
Std.Err.:	1.354
Skew:	2.978
Kurtosis:	9.372

Correlación de Elementos



Ni
(ppm)

>	52.15
34.77 -	52.15
<	34.77

10 0 10
kilometros
*WGS 84 / *AMMP/SAMMP grid*

GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Dispersion del Niquel

Fig Nº 18

Cromo

La distribución de cromo en los sedimentos de quebrada está en el rango de 19 a 207 ppm, con un comportamiento ***log normal*** de todos sus valores. La mayor población de valores esta dentro de los rangos de 70.3 a 104.5 ppm que representa el 42 % de la población total.

Podemos afirmar que la media poblacional sedimentaria posee un valor de 96.24 ppm, para el caso de la población volcánicos esta se encuentra en 65.30 ppm. Mientras que para la población intrusivos se obtuvo un incremento considerable de su valor 97.50 ppm.

La correlación con los demás elementos es muy pobre a nula; a un nivel de asociación estadísticamente significativa del 0.95.

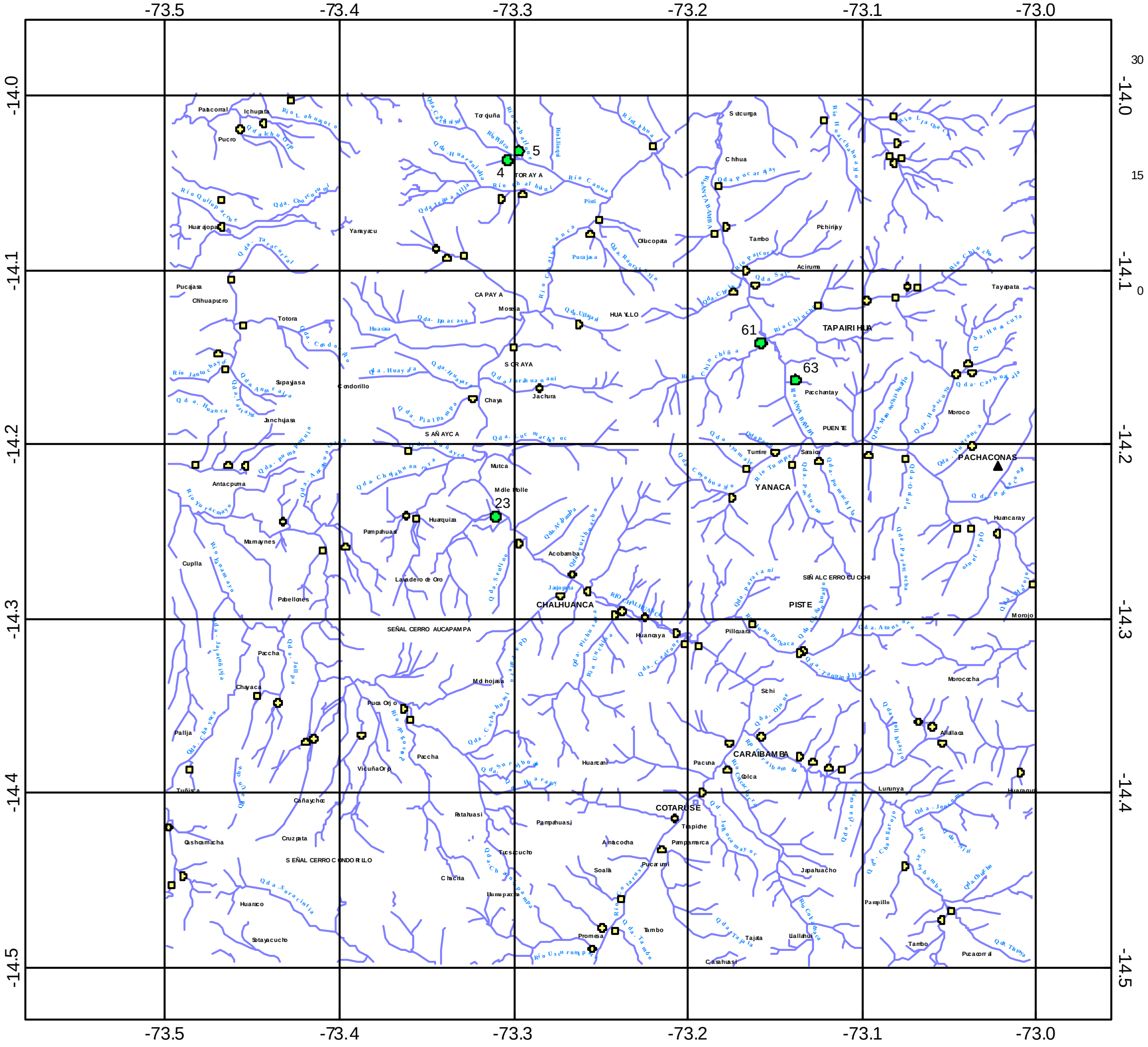
Comportamiento Estadístico – Geoquímico del Cromo

Población	Media Aritmética (ppm)	Desviación Standard (ppm)	Treshold (ppm)	Valor Mínimo (ppm)	Valor Máximo (ppm)	Muestras Utilizadas	Muestras No Utilizadas	Muestras Total
Total	89.01	36.51	162.03	19.00	207.00	116	0	116
Sedimentarios	93.24	37.38	167.99	19.00	207.00	80	0	80
Volcánicos	65.30	31.35	128.00	35.00	155.00	20	0	20
Intrusivos	97.50	26.37	150.24	70.00	160.00	16	0	16

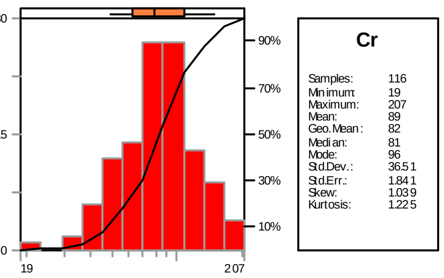
El Background obtenido es 89.01 ppm y su Threshold es 162.03 ppm.

Encontrándose 05 valores por encima del threshold; los cuales van de moderado (03) a fuertemente anómalos (02).

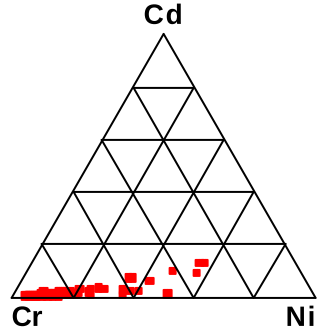
Nº Muestra	Cr (ppm)	Localidad
63	207	Cº Santa Rosa
65	163	Ayahuay



Histograma de Frecuencias



Correlación de Elementos



Cr

(ppm)

	> 255.3
	170.2 - 255.3
	< 170.2

10 0 10

kilometros

*WGS 84 / *AMMP/SAMMP grid*

GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Dispersion del Cromo

Fig Nº 19

Cadmio

La distribución de cadmio en los sedimentos de quebrada está en el rango de 1 a 25 ppm, con un comportamiento ***errático*** de algunos de sus valores. La mayor población de valores esta dentro de los rangos de 1 a 3.2 ppm que representa el 91 % de la población total.

Podemos decir que la media poblacional sedimentaria posee un valor de 2.66 ppm y que para el caso de la población intrusivos y volcánicos no se efectuó ningún parámetro estadístico por estar sus valores por debajo del limite de detección.

La correlación con los demás elementos es muy pobre a nula; a un nivel de asociación estadísticamente significativa del 0.95.

Comportamiento Estadístico – Geoquímico del Cadmio

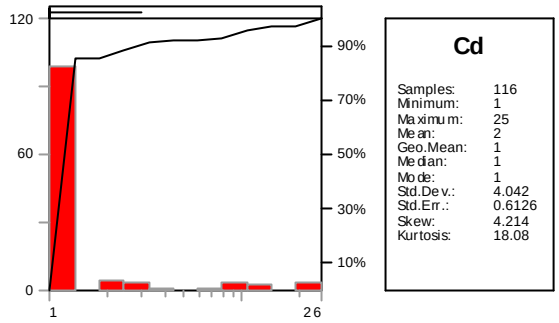
Población	Media Aritmética (ppm)	Desviación Standard (ppm)	Threshold (ppm)	Valor Mínimo (ppm)	Valor Máximo (ppm)	Muestras Utilizadas	Muestras No Utilizadas	Muestras Total
Total	2.15	4.04	10.23	1.00	25.00	116	0	116
Sedimentarios	2.66	4.79	12.24	1.00	25.00	80	0	80

El Background obtenido es 2.15 ppm y su Threshold es 10.23 ppm.

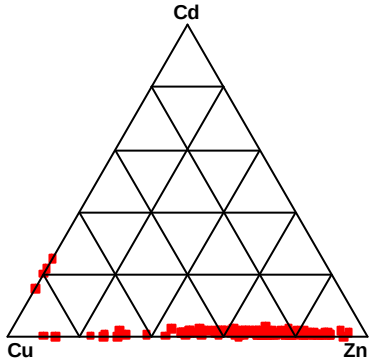
Encontrándose 03 valores por encima del Threshold.

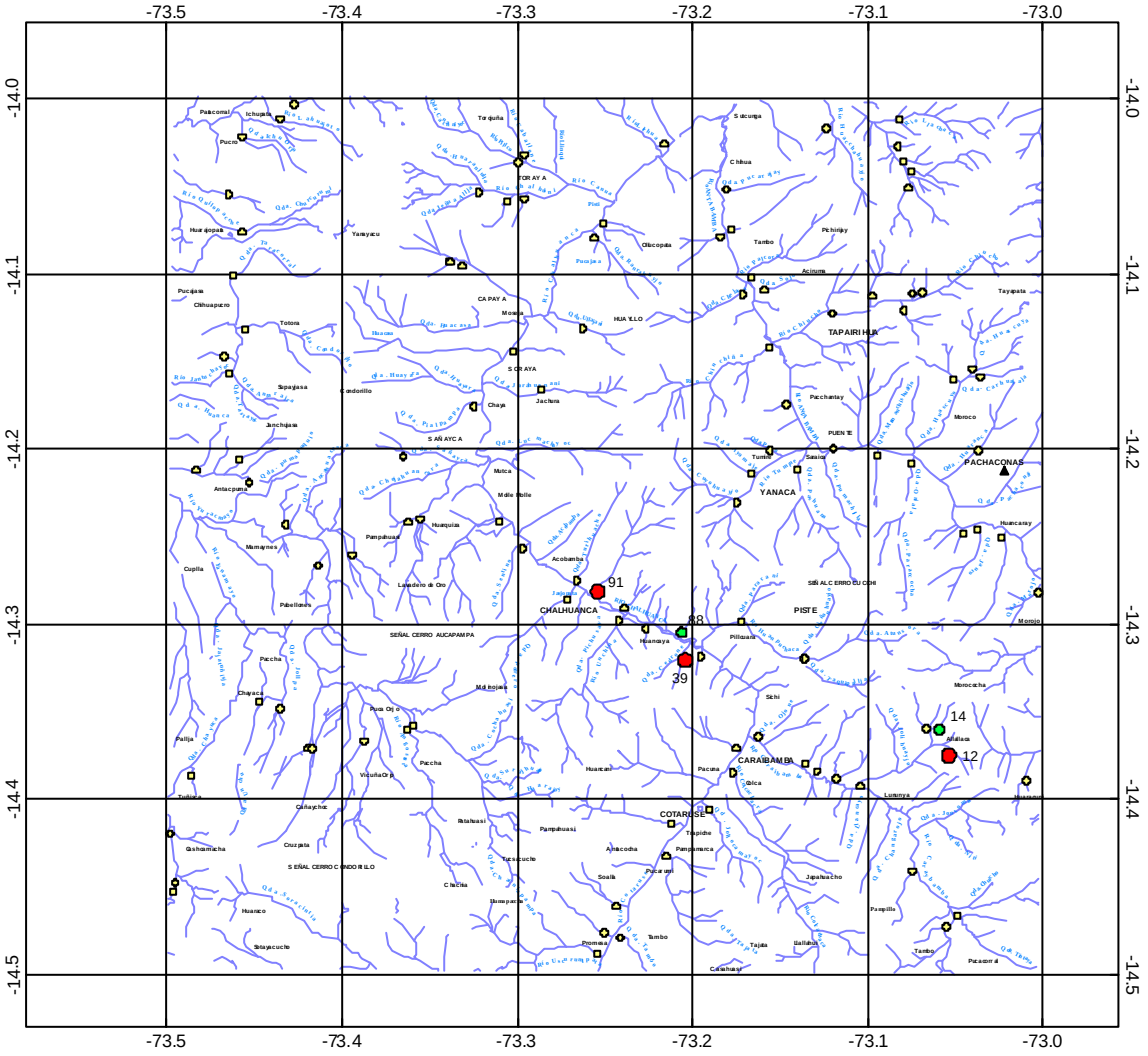
Nº Muestra	Cd (ppm)	Localidad
12	25	Cº Huaynacocha
39	22	Paujaraya
91	23	Pairaca

Histograma de Frecuencias



Correlación de Elementos





Cd (ppm)

●	>	16.26
●	10.84	-	16.26
●	<	10.84

10 0 10
kilometros

*WGS 84 / *AMMP/SAMMP grid*

GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Dispersion del Cadmio

Fig Nº 20

Hierro

La distribución de hierro en los sedimentos de quebrada está en el rango de 0.64 a 14.74 %, con un comportamiento ***log normal*** de todos sus valores. La mayor población de valores esta dentro de los rangos de 1.9 a 3.2 % el cual representa el 40 % de la población total.

Podemos decir que la media poblacional sedimentaria posee un valor de 3.89 %, para el caso de la población volcánicos esta se encuentra en 3.39 %. Mientras que para la población intrusivos sus valores aumentaron, alcanzando estos 5.02 %.

La correlación con los demás elementos es muy pobre a nula; a un nivel de asociación estadísticamente significativa del 0.95

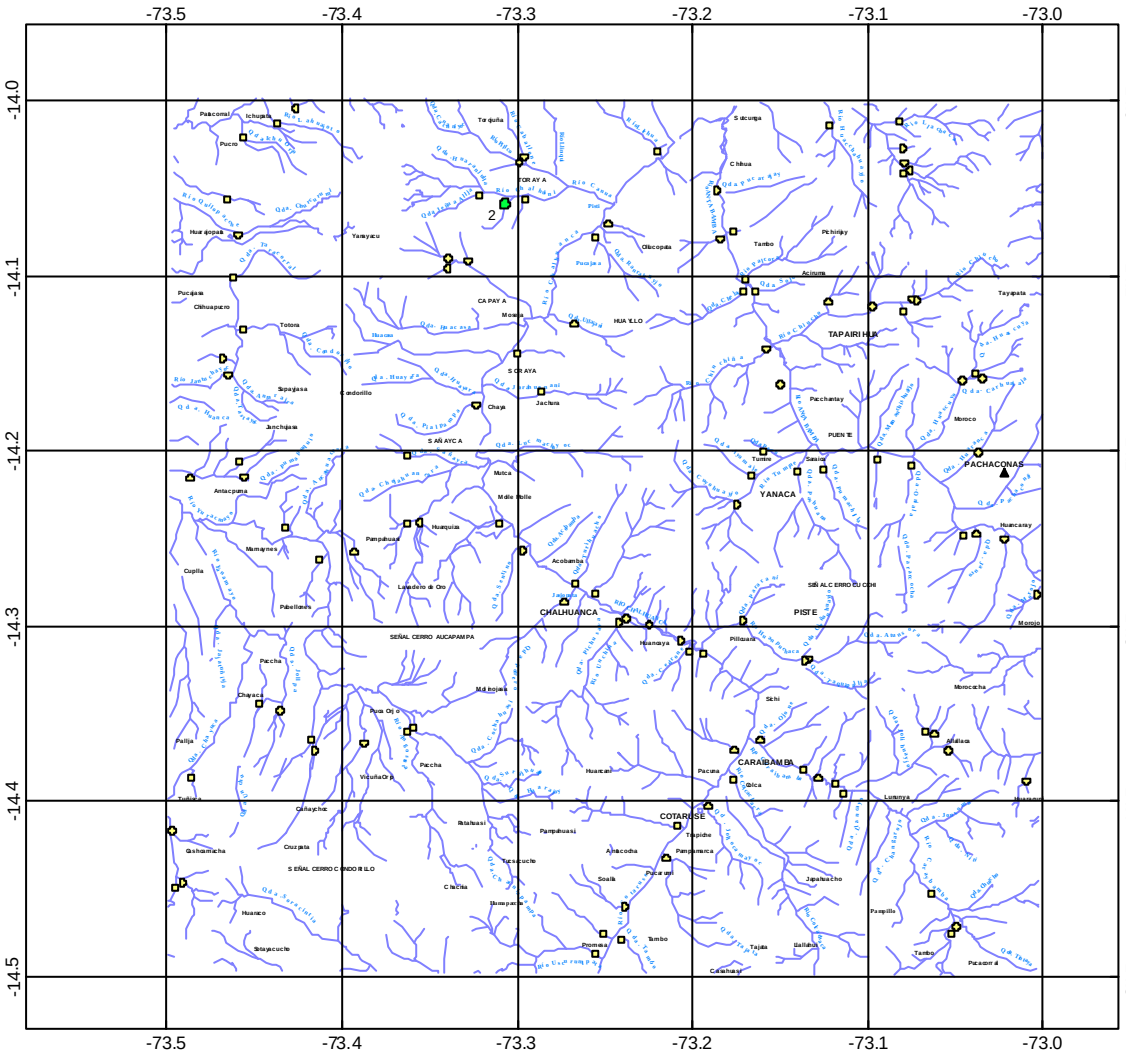
Comportamiento Estadístico – Geoquímico del Hierro

Población	Media Aritmética (%)	Desviación Standard (%)	Treshold (%)	Valor Mínimo (%)	Valor Máximo (%)	Muestras Utilizadas	Muestras No Utilizadas	Muestras Total
Total	3.96	2.24	8.45	0.64	14.74	116	0	116
Sedimentarios	3.89	2.13	8.16	0.64	14.74	80	0	80
Volcánicos	3.39	2.75	8.88	1.10	13.60	20	0	20
Intrusivos	5.02	1.84	8.71	2.91	9.39	16	0	16

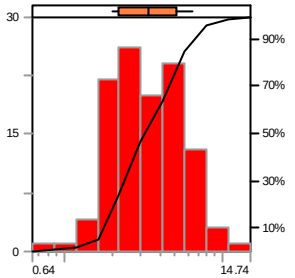
El Background obtenido es 3.96 ppm y su Threshold es 8.45 ppm.

Encontrándose 4 valores anómalos.

Nº Muestra	Fe (ppm)	Localidad
2	14.74	Challhuini
9	13.6	Huruhuani
33	8.93	Huanchu
47	9.39	Yanacallo



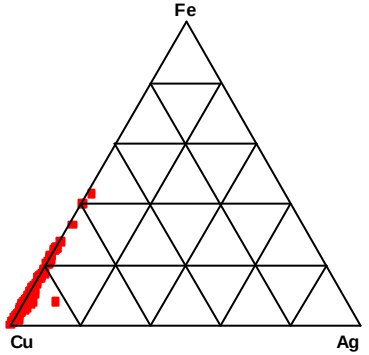
Histograma de Frecuencias



Fe

Samples:	116
Minimum:	0.64
Maximum:	14.74
Mean:	3.96
Geo.Mean:	3.46
Median:	3.33
Mode:	2.13
Std.Dev.:	2.244
Std.Err.:	0.4565
Skew:	1.889
Kurtosis:	5.657

Correlación de Elementos



Fe
(%)

>	20.46
13.64 -	20.46
<	13.64

10 0 10
kilometros

*WGS 84 / *AMMP/SAMMP grid*

GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Dispersion del Hierro

Fig Nº 21

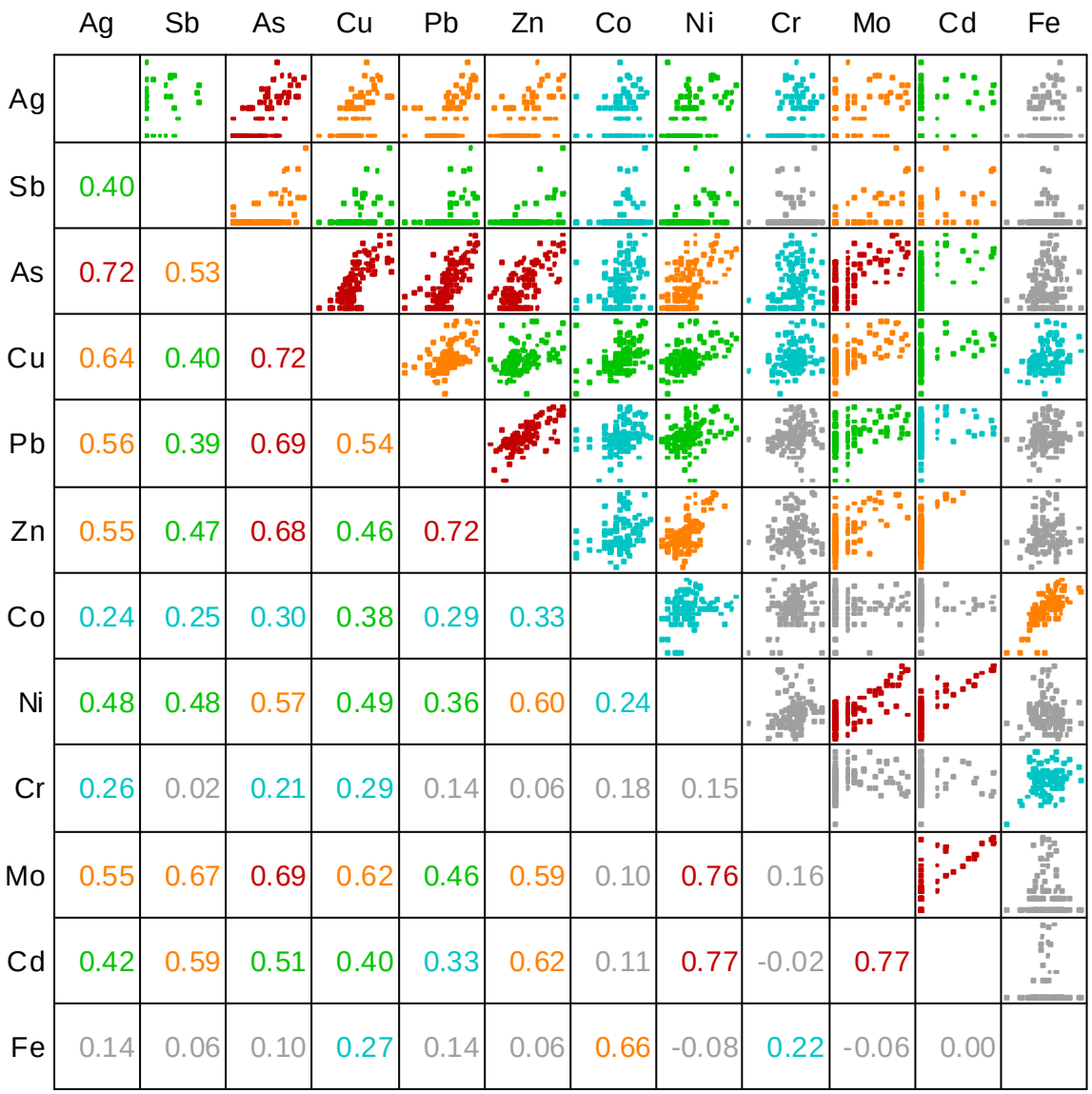
CORRELACION DE ELEMENTOS

GEOQUIMICA DE SEDIMENTOS DE QUEBRADA

Población Total

Estadistica : Logaritmica

Chalhuanca (29-p)



	Ag	Sb	As	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Cr	Mo	Cd	Fe
Ag												
Sb	0.40											
As	0.72	0.53										
Cu	0.64	0.40	0.72									
Pb	0.56	0.39	0.69	0.54								
Zn	0.55	0.47	0.68	0.46	0.72							
Co	0.24	0.25	0.30	0.38	0.29	0.33						
Ni	0.48	0.48	0.57	0.49	0.36	0.60	0.24					
Cr	0.26	0.02	0.21	0.29	0.14	0.06	0.18	0.15				
Mo	0.55	0.67	0.69	0.62	0.46	0.59	0.10	0.76	0.16			
Cd	0.42	0.59	0.51	0.40	0.33	0.62	0.11	0.77	-0.02	0.77		
Fe	0.14	0.06	0.10	0.27	0.14	0.06	0.66	-0.08	0.22	-0.06	0.00	

Leyenda
(significancia 0.95)

- Muy Fuerte
- Fuerte
- Moderado
- Pobre
- Muy Pobre
- Nulo

Población Muestral: 116

Fig N° 22

7.7 Interpretación de Anomalías.

La interpretación de las anomalías obtenidas en el Cuadrángulo de Chalhuanca, aplicando la prospección geoquímica `por sedimentos activos de quebrada fueron evaluados en base a su densidad de muestreo geoquímico, ambiente geológico, magmatismo, aspecto tectónico y asociaciones metálicas.

La mayor parte de las anomalías obtenidas que llegan a niveles fuertes en Cu, Pb, Zn, Mo, Ag, y As, moderadas en Ni y Cd y débiles en Cr, Co y Fe las cuales se distribuyen en secuencias pelíticas del Grupo Yura, en intrusivos tonaliticos- granodioríticos del Paleógeno o en el contacto de ambas unidades.

De las poblaciones analizadas podemos decir que las muestras provenientes de las secuencias sedimentarias se observan umbrales geoquímicos de interés, en donde se han reconocido hasta tres zonas intereresantes (Piste, Pachaconas, Tapayrihua) las que hace pensar en la presencia de mineralizaciones relacionadas a yacimientos del tipo Porfido y/o Skarn, ya que se han encontrado indicios en el campo y que fueron confirmados con las asociaciones mineralógicas de cobre, zinc, plomo, arsénico y molibdeno; las cuales resultaron de la interpretación geoquímica.

7.8 Determinación Anomalías

Las anomalías detectadas en el área de estudio son el resultado de un trabajo minucioso donde la planificación juega un papel importante tanto para la prospección geoquímica como para la evaluación minera, las que estuvieron sustentadas por un control de campo y en gabinete por la interpretación- asociación de elementos trazas.

Estas anomalías fueron determinadas en base a una discriminación realizadas en el procesamiento estadístico, esto también involucró aspectos metalogenéticos y el control estructural de la región.

Como producto de esta investigación se han seleccionado los llamados 13 *"targets*" o blancos anómalos que van desde los mas importantes a otros de carácter secundario. (Cuadro Nº 2).

- ***Anomalía Queroc (Ag/Cu, Pb, As).***

Se ubica en el sector oriental (noroeste del cuadrángulo), a 6 km. del pueblo de Tapayrihua dichas quebradas son las que drenan del cerro Queroc y Tirani. Esta anomalía se encuentra en las cuarcitas de la Formación Soraya en contacto con los intrusivos tonalíticos de la zona; poniendo en evidencia un fuerte diaclasamiento local. Los rodados son de naturaleza calcárea (Formación

DETERMINACION DE ANOMALIAS

Nº	ANOMALIA	GRADO O RANGO	IONES METALICOS	ROCA DE ORIGEN
1	Queroc	Fuerte (Ag-Pb-Cu); Moderado (As)	Ag / Cu, Pb, As	Fm. Soraya
2	Huancapampa	Fuerte (As-Zn); Moderado (Ag-Pb-Cu)	As, Zn / Ag, Pb / Cu	Rocas Intrusivas
3	Huancaray	Fuerte (Cu-As-Mo-Pb), Moderado (Zn), Débil (Ag)	Cu, Mo, As / Ag, Pb, Zn	Rocas Intrusivas
4	Paraica	Fuerte (Zn-Mo), Moderado (As-Ni)	Mo, Zn / Ni, As, Cd	Fm. Soraya
5	Huancaya	Fuerte (Zn), Moderado (Mo-Ni-As), Débil (Ag-Pb-Cu)	Zn / Mo, Ni / Ag, Pb, Cu, As	Fm. Chuquibambilla
6	Chueja	Fuerte (As-Zn-Cu-Pb-Mo), Moderado (Ni)	As / Cu, Pb, Zn / Mo, Ni	Fm. Soraya
7	Saraica	Fuerte (As), Moderado (Pb), Débil (Zn)	(As / Pb / Zn)	Fm. Soraya / Roc. Intrusiva
8	Jalachaca	Fuerte (Zn-As), Moderado (Mo-Cu-Ni)	(Zn, As / Mo / Cu, Ni)	Fm. Piste
9	Allallaca	Fuerte (Zn-As), Moderado (Mo-Cu-Pb-Ni), Débil (Ag-Fe)	(Zn / Mo, Pb, As, Ni / Cu, Fe)	Fm. Piste
10	Promesa	Fuerte (Zn-As), Moderado (Cu), Débil (Pb)	(Cu / Pb, As, Zn)	Fm. Soraya
11	Auquiato	Fuerte (Pb-Zn), Débil (Ag)	(Zn / Pb, Ag)	Fm Soraya
12	Huipani	Moderado (Cu), Débil (As)	(Cu / As)	Fm. Soraya
13	Ayahuay	Fuerte (Ag-As-Cu-Zn-Mo), Moderado (Pb, Co, Fe)	(Ag, As / Cu, Pb)	Fm. Soraya

CUADRO Nº 2

Ferrobamba) con intercrecimientos de oligisto micáceo. Los sedimentos presentan pirita.

El contraste geoquímico en esta anomalía es fuerte en Ag-Cu-Pb y moderado en As.

Muestra Nº	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	As ppm
# 56	2.1	68.4	91	57
# 57	0.5	227	21	77
# 58	1	90.4	123	47
# 68	4.6	42.8	26	58

- ***Anomalia Huancapampa (As, Zn / Ag, Pb / Cu).***

Pertenece también al sector oriental del cuadrángulo, en el paraje del mismo nombre (# 73), emplazada en rocas intrusivas cretáceo-paleógenas las que sn cortadas por diques de naturaleza andesítica. Cabe resaltar rodados de cuarzo con estructuras rellenas de limonitas (boxwork).

El contraste geoquímico en está anomalía es fuerte en As y Zn, moderado en Ag-Pb-Cu y débil en Mo y Ni.

MUESTRA Nº	As ppm	Zn ppm	Ag ppm	Pb Ppm	Cu ppm	Mo ppm	Ni ppm
# 73	327	680	1.1	153	141	24	49

- ***Anomalía Huancaray (Cu, Mo, As / Ag, Pb, Zn).***

Se ubica en el sector oriental del cuadrángulo, 5 km. al sur de Machaconas, en los alrededores del paraje Huancaray, donde afloran intrusivos tonalíticos cretáceos. Cabe señalar que las biotitas de las rocas intrusivas se han cloritizado.

El contraste geoquímico en esta anomalía es fuerte en Cu-As-Mo-Pb-moderado en Zn y débil en Ag.

MUESTRA Nº	Cu (ppm)	As (ppm)	Mo (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Ag (ppm)
# 70	965	212	57	106	150	0.8

- ***Anomalía Paraica (Mo, Zn / Ni, As, Cd).***

Se ubica en el sector central del cuadrángulo, 2 km. al noroeste del pueblo de Chalhuanca, emplazada en rocas de la Formación Soraya.

El contraste geoquímico en está anomalía es fuerte en Zn-Mo y moderado en As-Ni.

MUESTRA Nº	Zn (ppm)	Mo (ppm)	Ni (ppm)	As (ppm)
# **91**	1373	60	97	111

- ***Anomalia Huancaya (Zn / Mo, Ni / Ag, Pb, Cu, As).***

Esta anomalía se localiza en el sector central del cuadrángulo, a 4 Km. Al sureste de Chalhuanca, emplazada en rocas sedimentarias de la Formación Chuquibambilla.

El contraste geoquímico en esta anomalía es fuerte en Zn, moderado en Mo-Ni-As y débil en Ag-Pb-Cu.

MUESTRA Nº	Zn (ppm)	Mo (ppm)	Ni (ppm)	As (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Ag (ppm)
# **39**	1276	53	96	88	120	71	0.6
# **88**	963	44	84	38	50.3	29	0.3

- ***Anomalía Chueja (As / Cu, Pb, Zn /Mo, Ni).***

Se ubica en el sector suroriental del cuadrángulo, a 13 km. al este de Chalhuanca, emplazada en cuarcitas de la Formación Soraya, cerca al contacto con el cuerpo intrusito tonalítico Paleógeno.

El contraste geoquímico en esta anomalía es fuerte en As-Zn-Cu-Pb-Mo y moderado en Ni.

Muestra Nº	As (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Mo (ppm)	Ni (ppm)
# **37**	200	430	250	177	35	47

- ***Anomalía Saraica (As / Pb / Zn).***

Se ubica en el sector suroriental del cuadrángulo, 7 Km. Al sur del poblado de Tapayrihua, emplazada en una cobertura cuaternaria.

El contraste geoquímico en está anomalía es fuerte en As, moderado en Pb y débil en Zn.

Muestra Nº	As (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)
# 77	215	285	191

- ***Anomalía Jalachaca (Zn, As / Mo / Cu, Ni).***

Se ubica en el sector suroriental del cuadrángulo, a 5 Km. al este de Caraibamba, emplazada en rocas sedimentarias del Grupo Yura.

El contraste geoquímico en esta anomalía es fuerte en Zn-As, moderado en Mo-Cu-Ni.

MUESTRA Nº	Zn (ppm)	As (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Mo (ppm)
# 24	517	66	88.3	57	19
# 25	111	14	37.3	20	3
# 26	300	97	33.3	27	5
# 27	507	16	37	47	19

- ***Anomalia Allallaca (Zn / Mo, Pb, As, Ni / Cu, Fe).***

Al igual que la anterior se le localiza en el sector suroriental del cuadrángulo, a 5 km. al este de Caraibamba, emplazada en rocas sedimentarias del Grupo Yura, cerca al contacto con el intrusito tonalítico Paleógeno.

El contraste geoquímico en esta anomalía es fuerte en Zn-As, moderado en Cu-Mo-Pb-Ni y débil en Ag-Fe.

MUESTRA Nº	Zn (ppm)	As (ppm)	Cu (ppm)	Mo (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)	Ag (ppm)	Fe (%)
# 12	1483	136	98.7	44	41	119	0.8	4.95
# 13	362	179	140	7	154	37	1	5.3
# 14	753	118	74.7	23	98	73	0.6	3.55

- ***Anomalía Promesa (Cu / Pb, As, Zn).***

Esta ubicado en el extremo meridional del cuadrángulo, 8km. al sureste del poblado de Cotaruse, emplazada en cuarcitas, areniscas cuarzosas y andesitas de textura porfiritica a manera de diques.

El contraste geoquímico en esta anomalía es fuerte Zn y As moderado en Cu y débil en Pb.

MUESTRA Nº	Zn (ppm)	As (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)
# 81	1483	136	98.7	41

- ***Anomalía Auquiato (Zn / Pb, Ag).***

Se ubica en el extremo meridional del cuadrángulo, 4 km. al sur del poblado de Cotaruse, emplazada en areniscas cuarzosas bajo cobertura cuaternaria aluvial.

El contraste geoquímico en esta anomalía es fuerte en Pb, Zn y débil en Ag.

MUESTRA Nº	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Ag (ppm)
# 82	367	106	0.7

- ***Anomalía Huipani (Cu/As).***

Se ubica en el sector nororiental del cuadrángulo, 3km. al suroeste del poblado de Tapayrihua muy cerca de la localidad de Puente, emplazada en rocas cuarcititas y rodados de areniscas de la Formación Soraya.

El contraste geoquímico en está anomalía es moderado en Cu y débil en As.

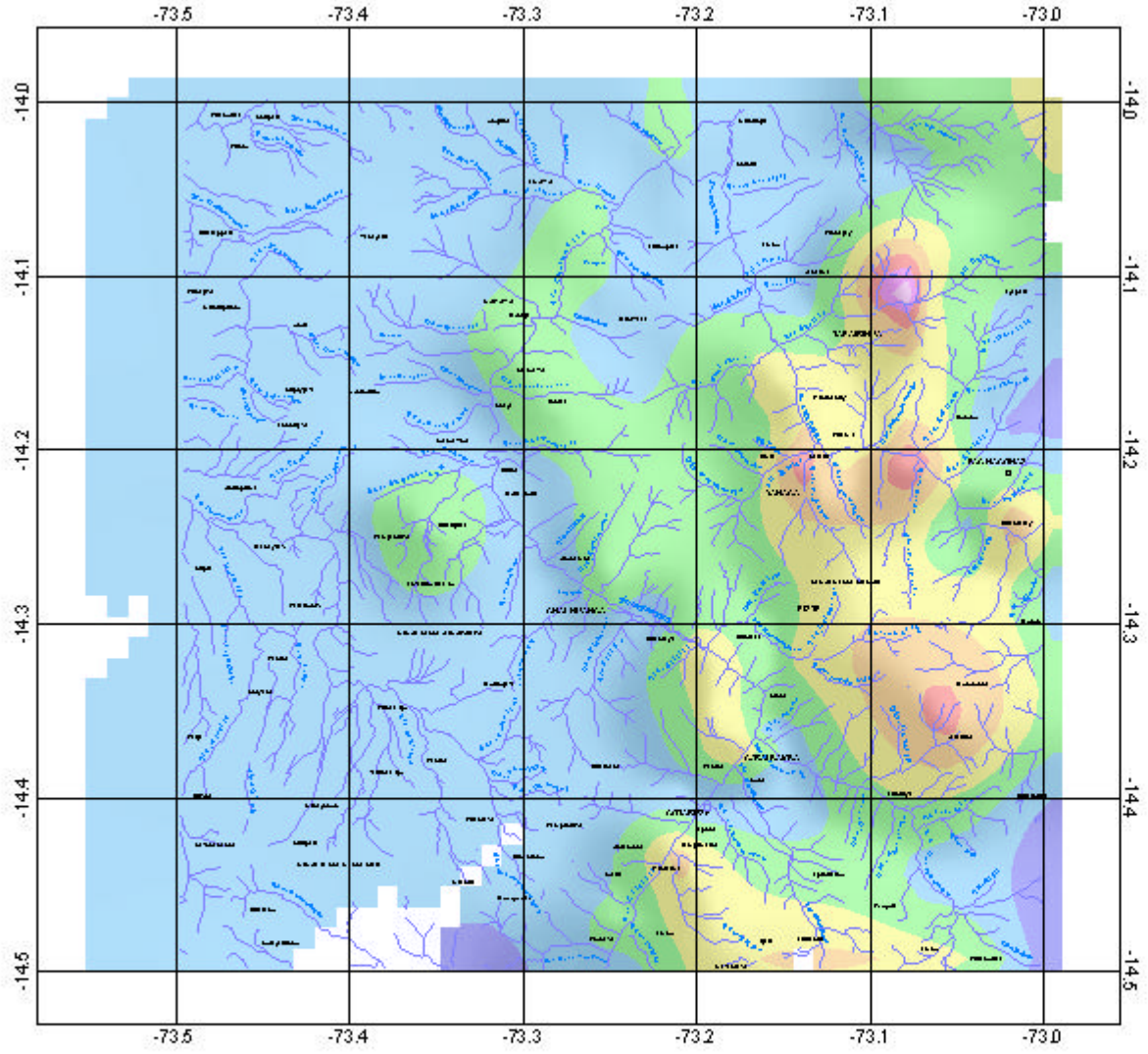
MUESTRA Nº	Cu (ppm)	As (ppm)
# 63	224	58

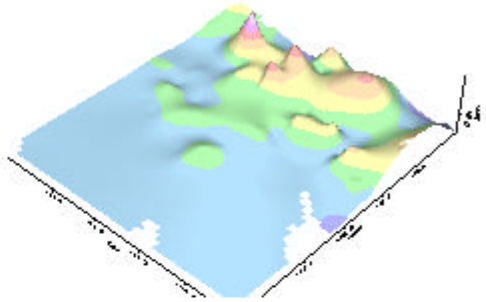
- ***Anomalía Ayahuay (Ag, As / Zn, Cu, Pb).***

Se ubica en el sector oriental del cuadrángulo, cerca del poblado de Arahuay, emplazada en cuarcitas de la Formación Soraya.

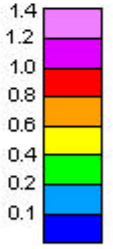
El contraste geoquímico en esta anomalía es fuerte en Ag-As-Cu-Zn-Mo, moderado en Pb, Co y Fe.

MUESTRA Nº	Ag (ppm)	As (pmm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Mo (ppm)	Co (ppm)	Fe (%)
# 65	4	366	447	244	112	30	18	5.41

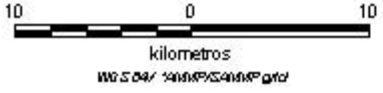




Leyenda



Ag
(ppm)

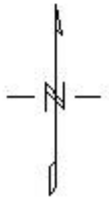


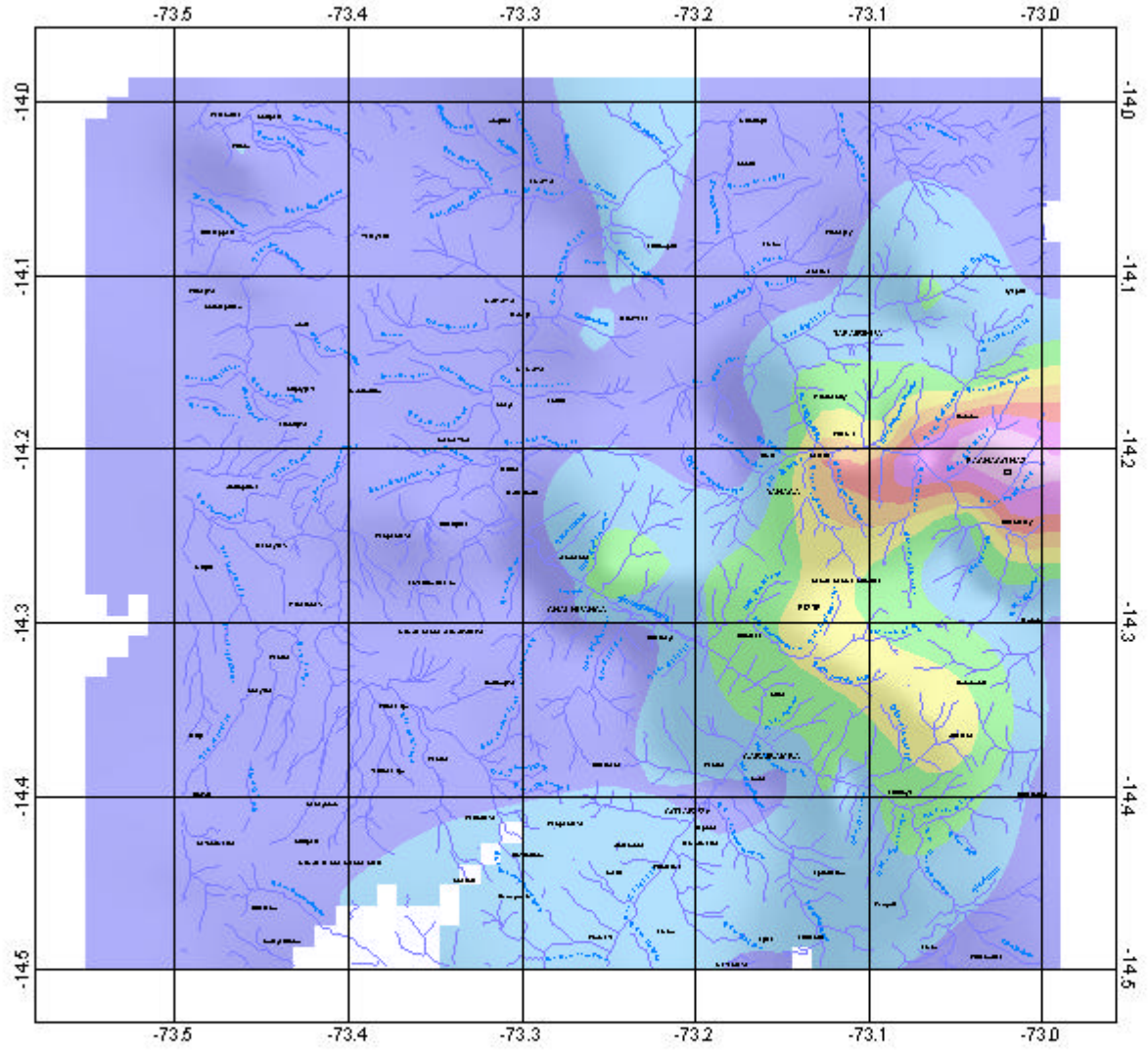
GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

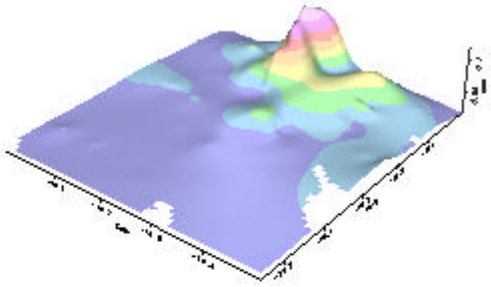
Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Isovalores de Plata

Fig Nº 23







Leyenda

334.9
289.3
243.8
198.3
152.7
107.2
61.7
16.1

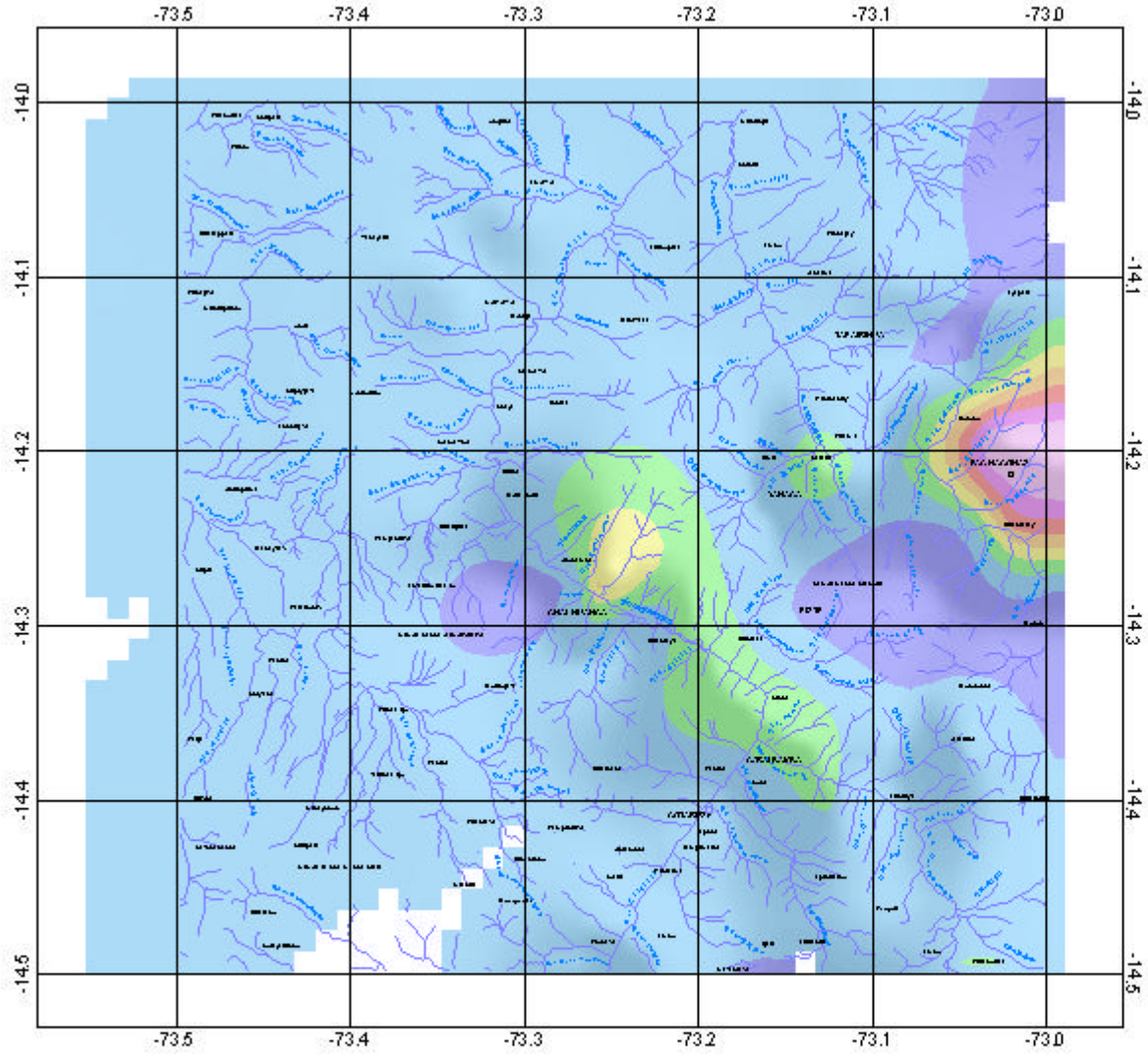
As
(ppm)

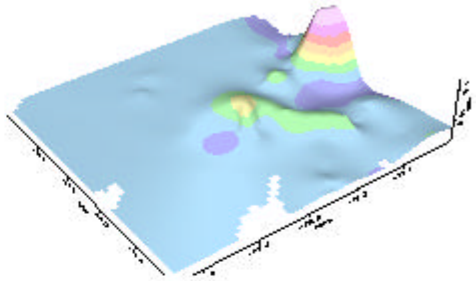
10 0 10
kilometros

GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Isovalores del Arsenico
Fig Nº 24





Leyenda

28.7
25.2
21.6
18.0
14.5
10.9
7.3
3.8
0.2

Sb (ppm)

10 0 10
kilometros

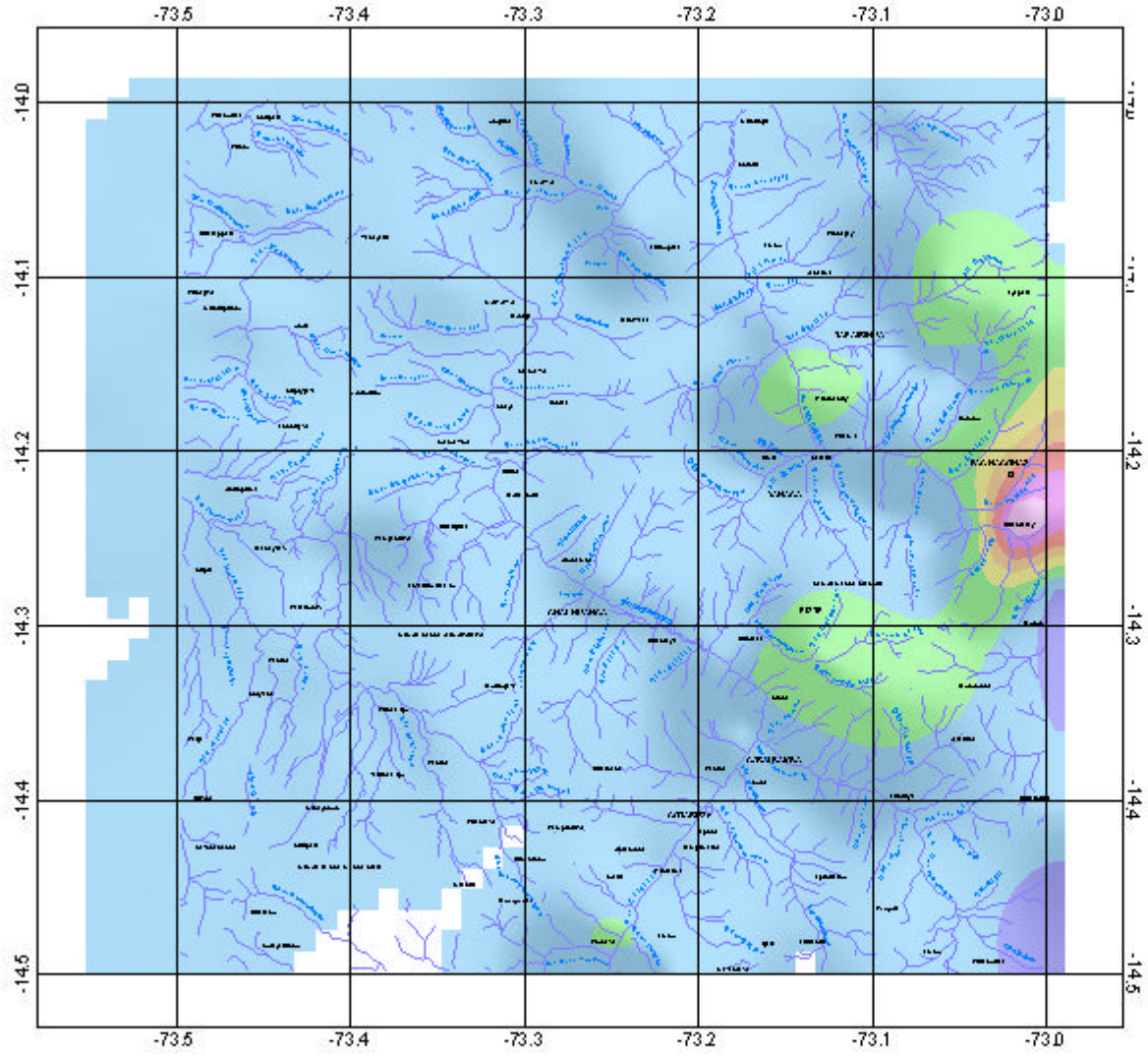
GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

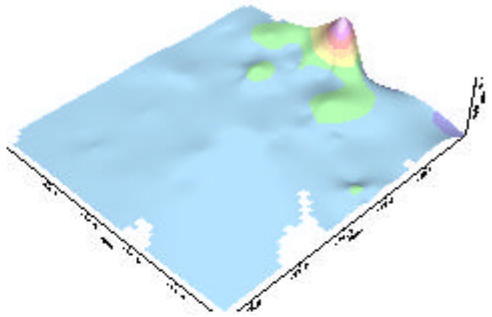
Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Isovalores de Antimonio

Fig Nº 25

N





Leyenda

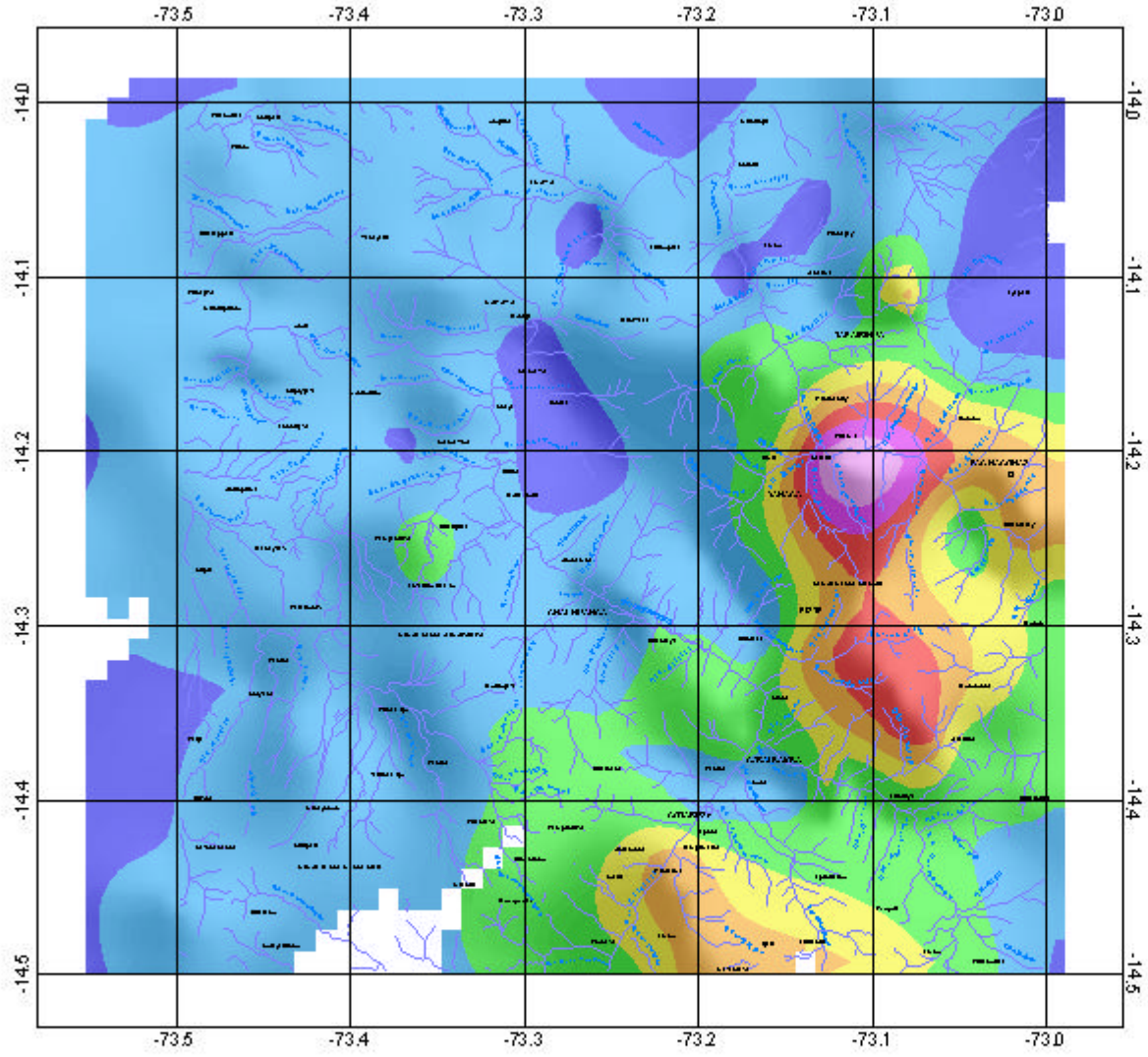
208.88
123.72
73.28
43.41
25.71
15.23
9.02
5.34
3.16

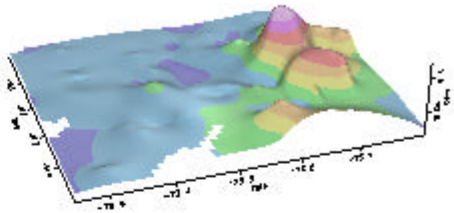
Cu
ppm

10 0 10
kilometros

GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)
Muestreo de Sedimentos de Quebrada
Isovalores del Cobre
Fig Nº 26

N





Leyenda

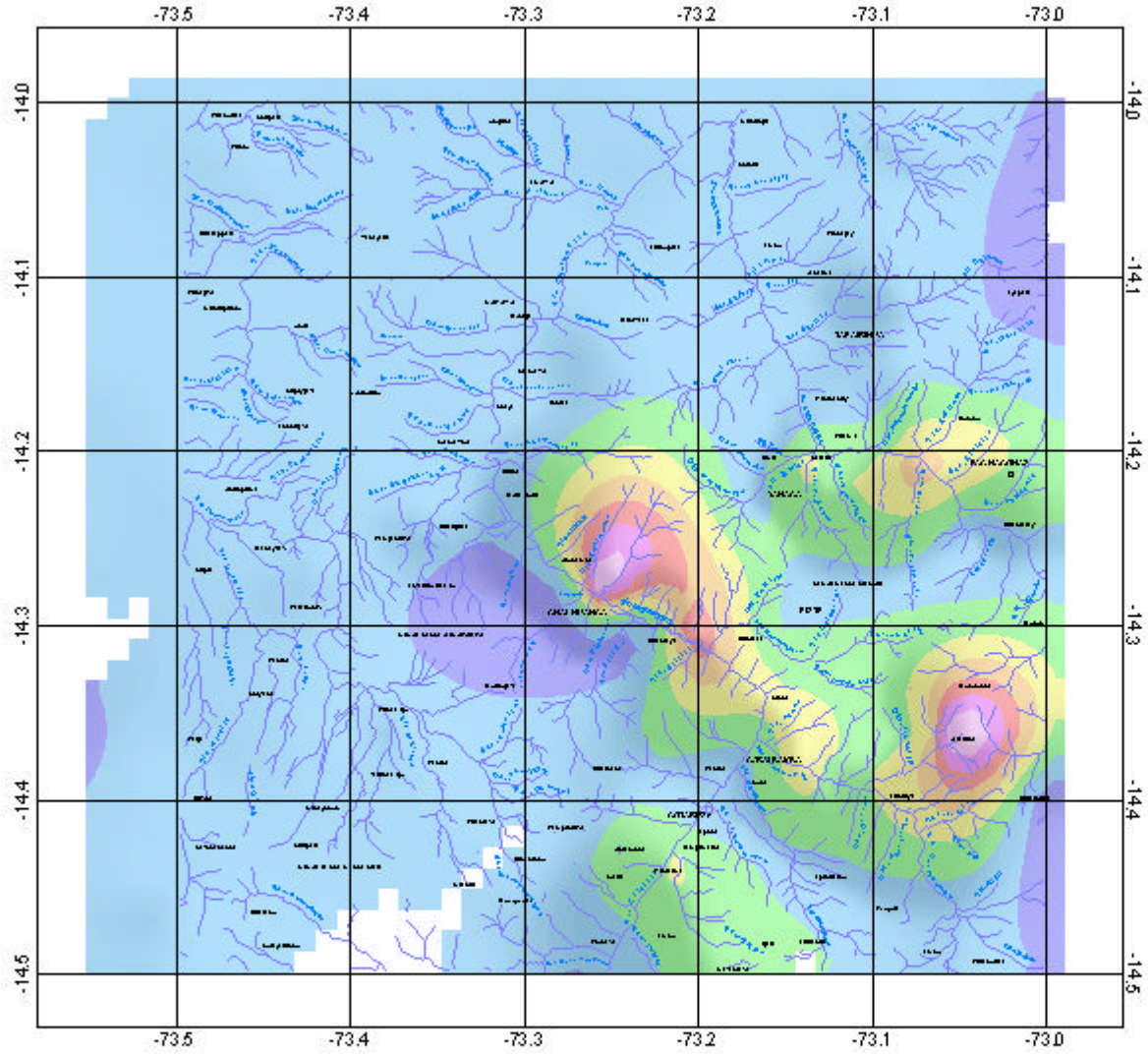
164.3
138.2
112.0
85.9
59.7
33.6
7.4

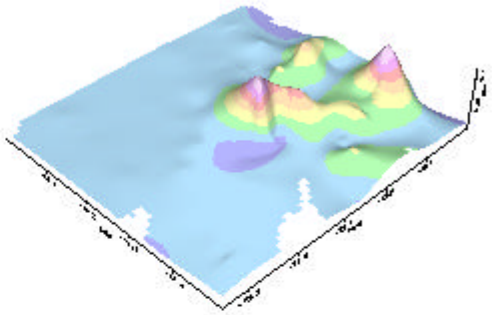
Pb
(ppm)

10 0 10
kilometros

GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)
Muestreo de Sedimentos de Quebrada
Isovalores del Plomo
Fig Nº 27

N





Leyenda

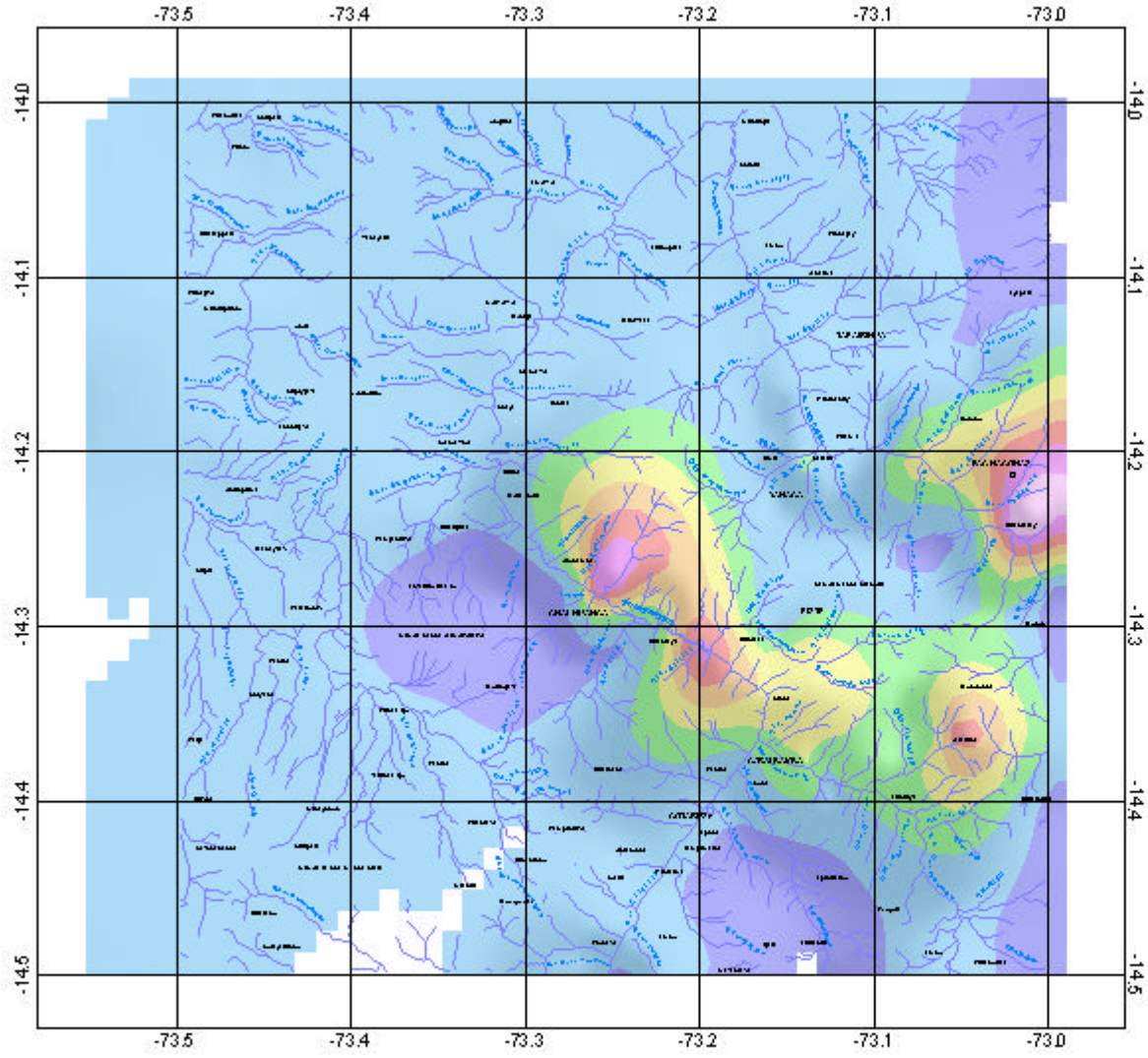
478.79
271.20
153.62
87.01
49.29
27.92
15.81
8.86
5.07

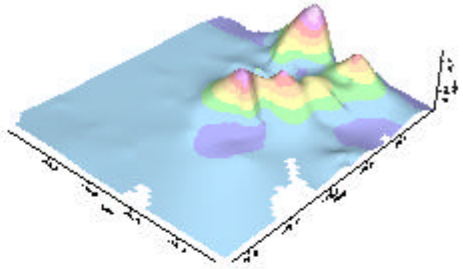
Zn
(ppm)

10 0 10
kilometros

GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)
Muestreo de Sedimentos de Quebrada
Isovalores del Zinc
Fig Nº 28

N





Leyenda

62.34
37.24
22.21
13.25
7.90
4.71
2.81
1.68
1.00

Mo
(ppm)

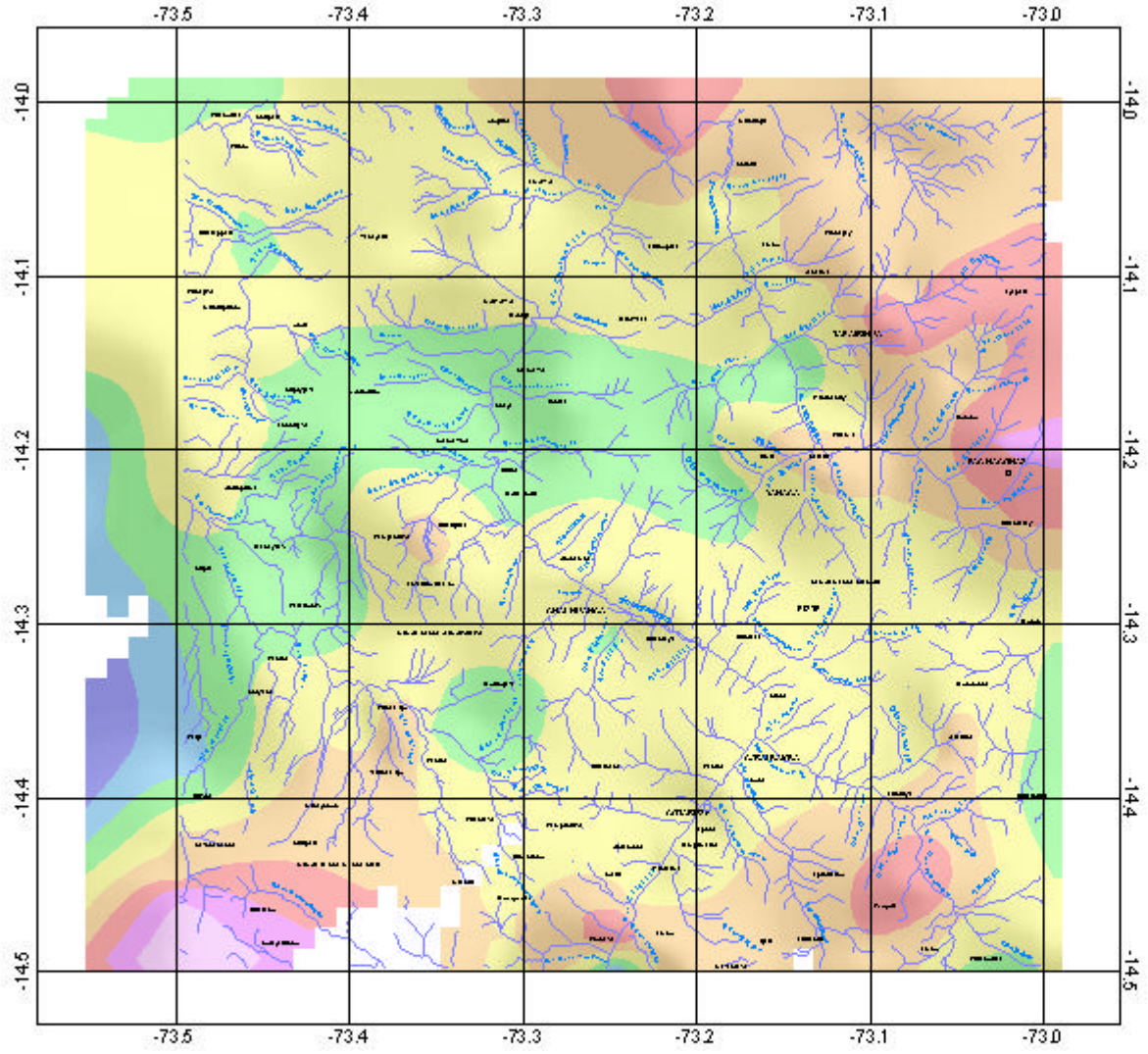
10 0 10
kilometros

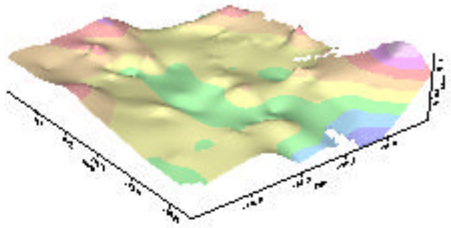
GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Isovalores del Molibdeno

Fig Nº 29





Leyenda

49.65
30.47
18.70
11.48
7.05
4.32
2.65
1.63
1.00

Co
(ppm)

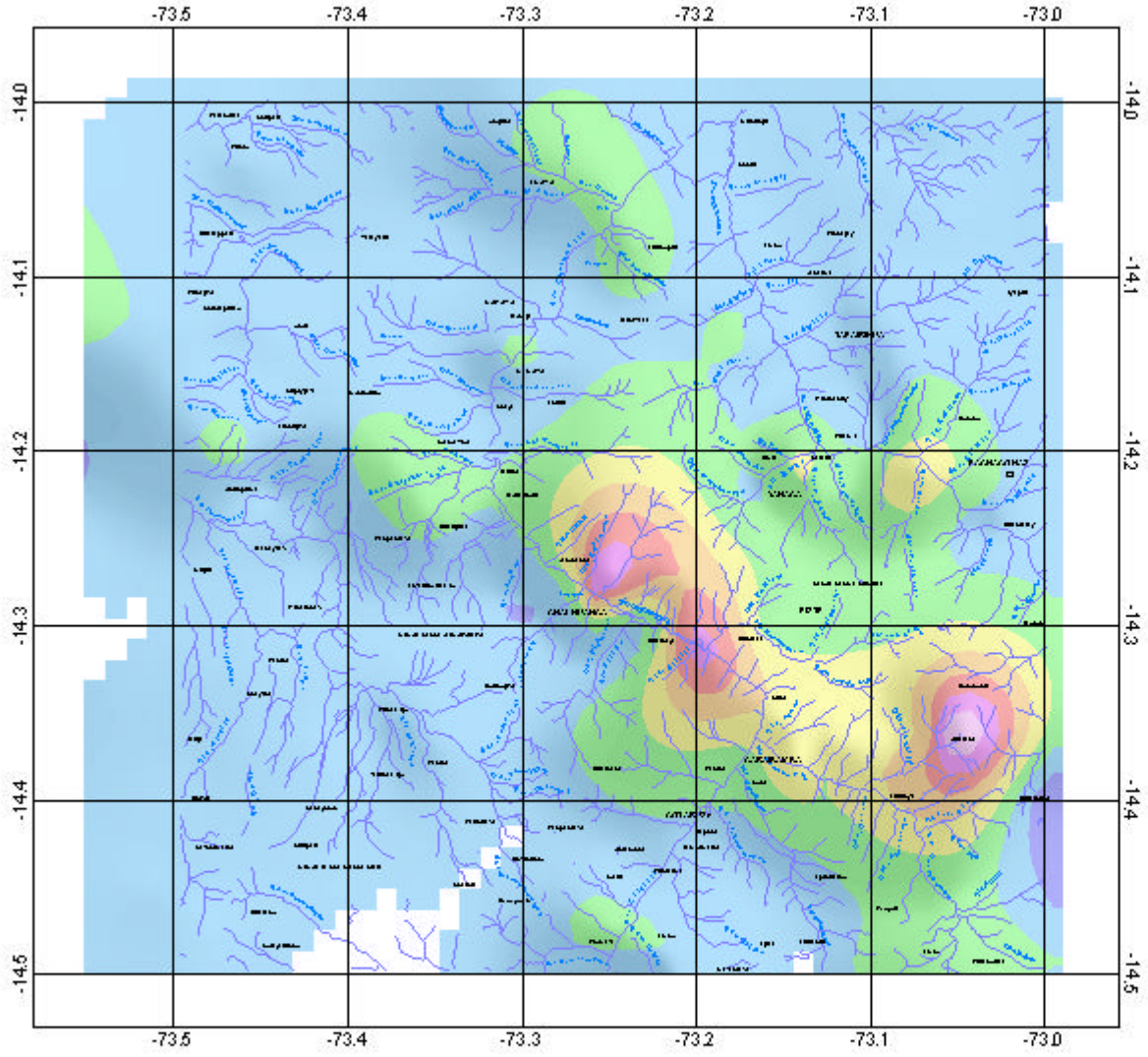
10 0 10
kilometros

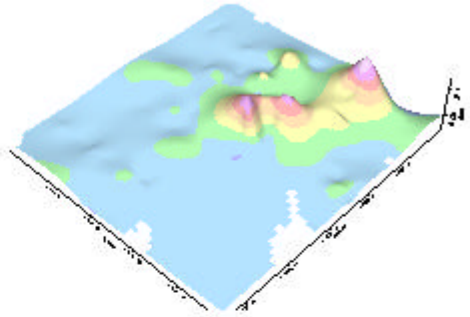
GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Isovalores del Cobalto

Fig Nº 30





Leyenda

93.69
61.29
40.10
26.24
17.16
11.23
7.35
4.81
3.14

Ni

(ppm)

10 0 10

kilometros

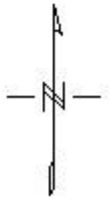
WGS 84/ 18MMPS48MP.grid

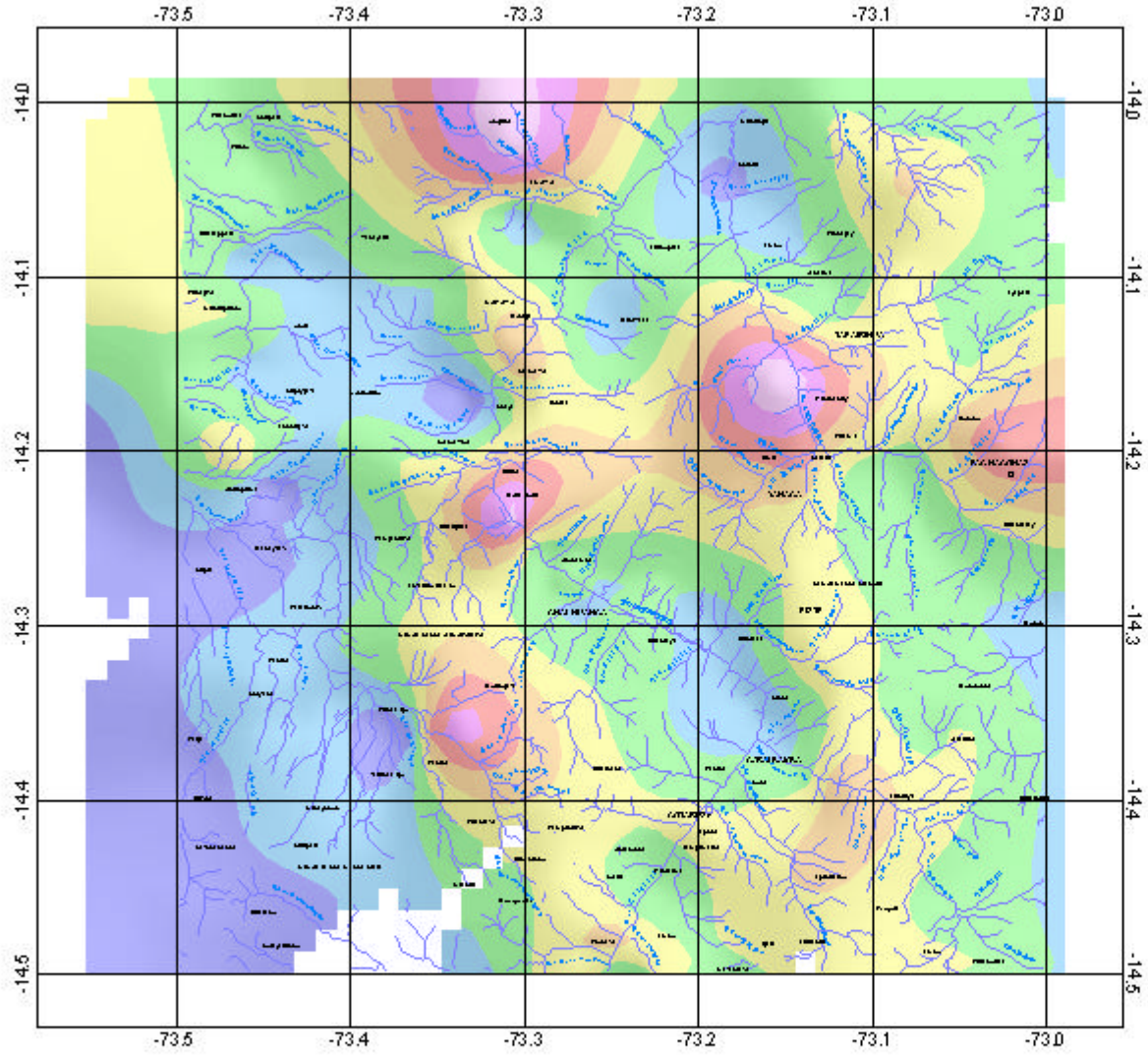
GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

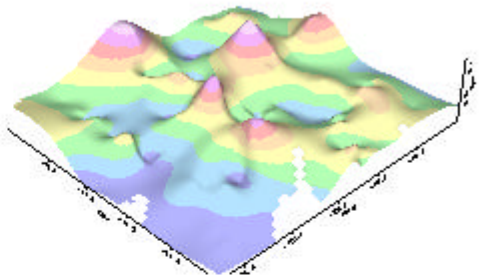
Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Isovalores del Niquel

Fig Nº 31







Leyenda

202.60
153.28
115.96
87.73
66.37
50.21
37.99
28.74
21.74

Cr
(ppm)

10 0 10
kilometros

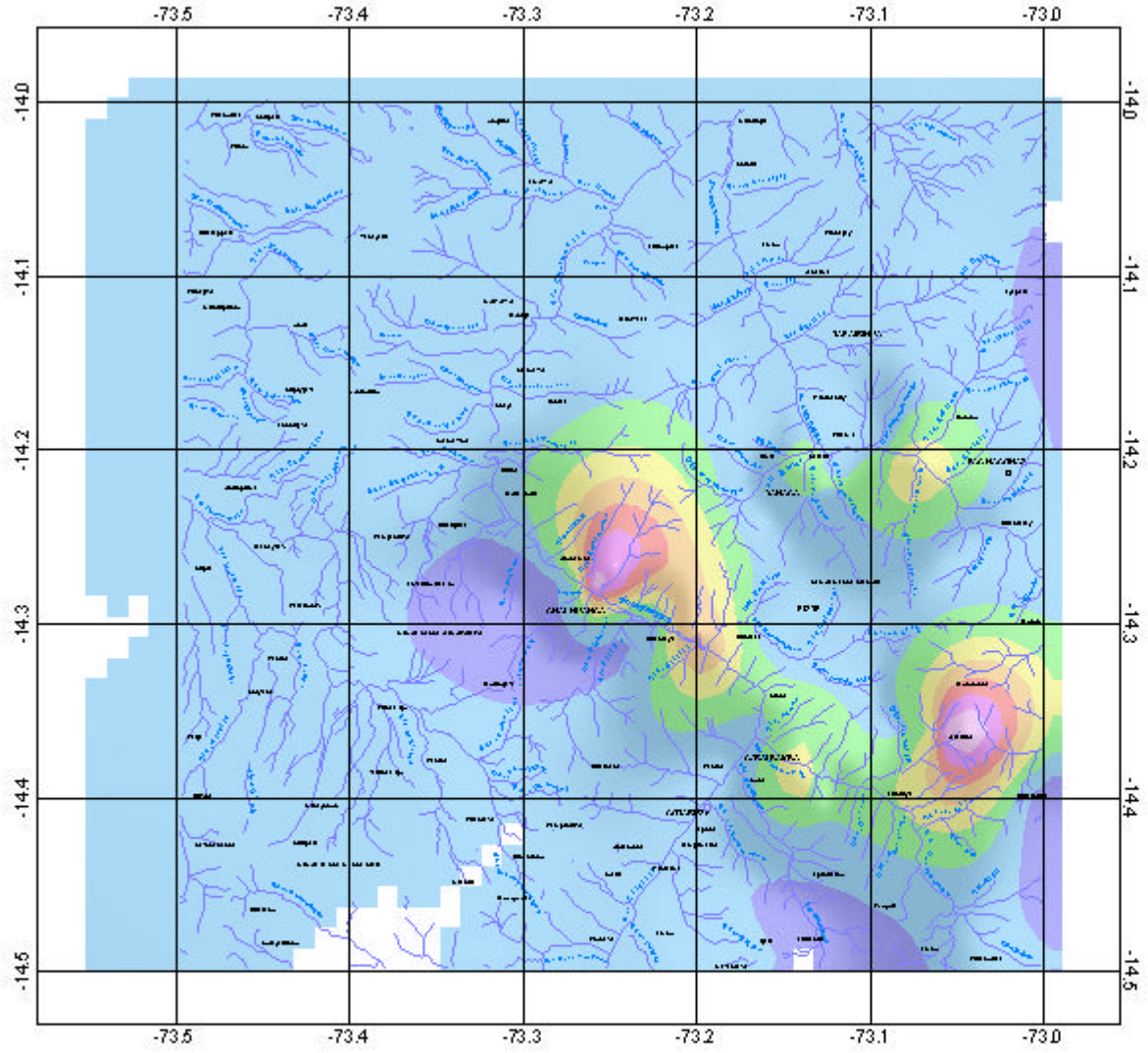
GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

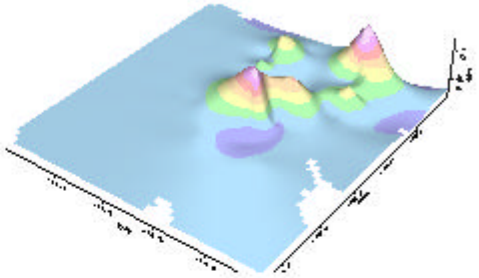
Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Isovalores del Cromo

Fig Nº 32

N





Leyenda

17.08
11.98
8.40
5.89
4.13
2.90
2.03
1.43
1.00

Cd
(ppm)

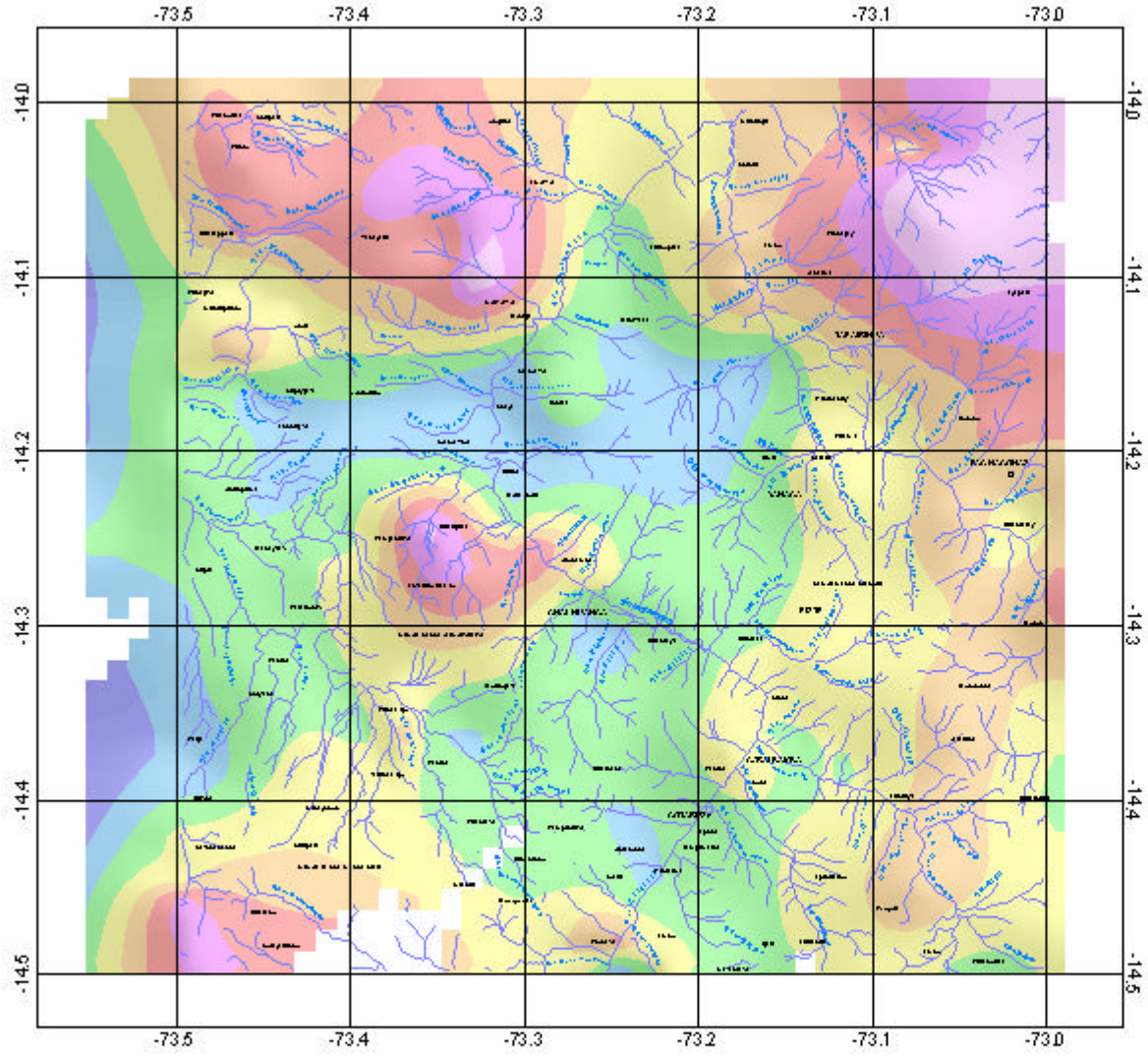
10 0 10
kilometros

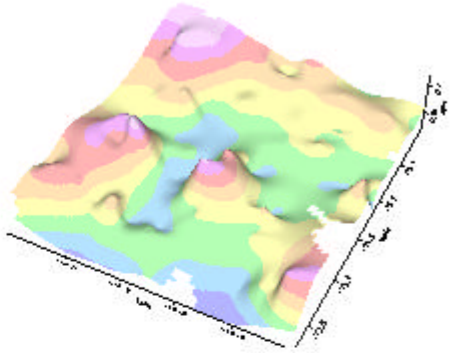
GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Isovalores del Cadmio

Fig Nº 33





Leyenda

9.66
7.27
5.48
4.13
3.11
2.34
1.76
1.33
1.00

Fe
(%)

10 0 10
kilometros

GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Isovalores del Hierro

Fig Nº 34

N

CAPITULO VIII

GEOLOGIA ECONOMICA

8.1 Minería Metálica.

La principal característica de mineralización en el cuadrángulo en mención, se observa especialmente en la secuencia sedimentaria Jurásica – Cretácea, ya que está controlada principalmente por estructuras tectónicas con rumbo andino (NO-SE), facilitando la intrusión de pequeños stocks subvolcánicos del Mesozoico que han originado minerales polimetálicos, oro y plata en formaciones litológicas de diversa índole. Del mismo modo, estas tendencias tectónicas (franjas tectónicas), también han actuado sobre las secuencias volcánicas recientes (Neógeno) formando mineralizaciones auríferas, argentiferas, polimetálicas y diversas zonas de alteración hidrotermal (sistemas hidrotermales jóvenes).

8.2 Áreas Potenciales

De acuerdo a los resultados de la evaluación geológico – minera preliminar en ambientes mineralizados y zonas alteradas hidrotermalmente (anomalías espectrales de color): especialmente en los aspectos sobre geología, contenido químico y geometría (potencial mineral), se ha determinado que la mineralización está controlada principalmente por estructuras tectónicas con rumbo andino (NO-SE), que han facilitado la intrusión de subvolcánicos intermedios a ácidos (mineralizantes).

En secuencias sedimentarias Jurásico – Cretáceas y rocas ígneas del Terciario, el sistema de fallas Mollebamba ubicada al Norte del área (cuadrángulos de

Chalhuanca y Antabamba) es el elemento más conspicuo de control de emplazamiento mineral, caso de las zonas de **Piste** (filones con Zn, Cu, Pb, Ag (Au)), y **Pachaconas** (vetas auríferas).

En ambientes volcánicos recientes (Grupos Tacaza y Barroso), existen estructuras filoneanas epitermales, y alteraciones hidrotermales (anomalías espectrales de color), controladas también por la tectónica andina, y procesos volcánicos, se ubican zonas mineralizadas, las cuales necesitan más estudio.

8.3 Área del sistema de Fallas Mollebamba y ambientes del Mesozoico

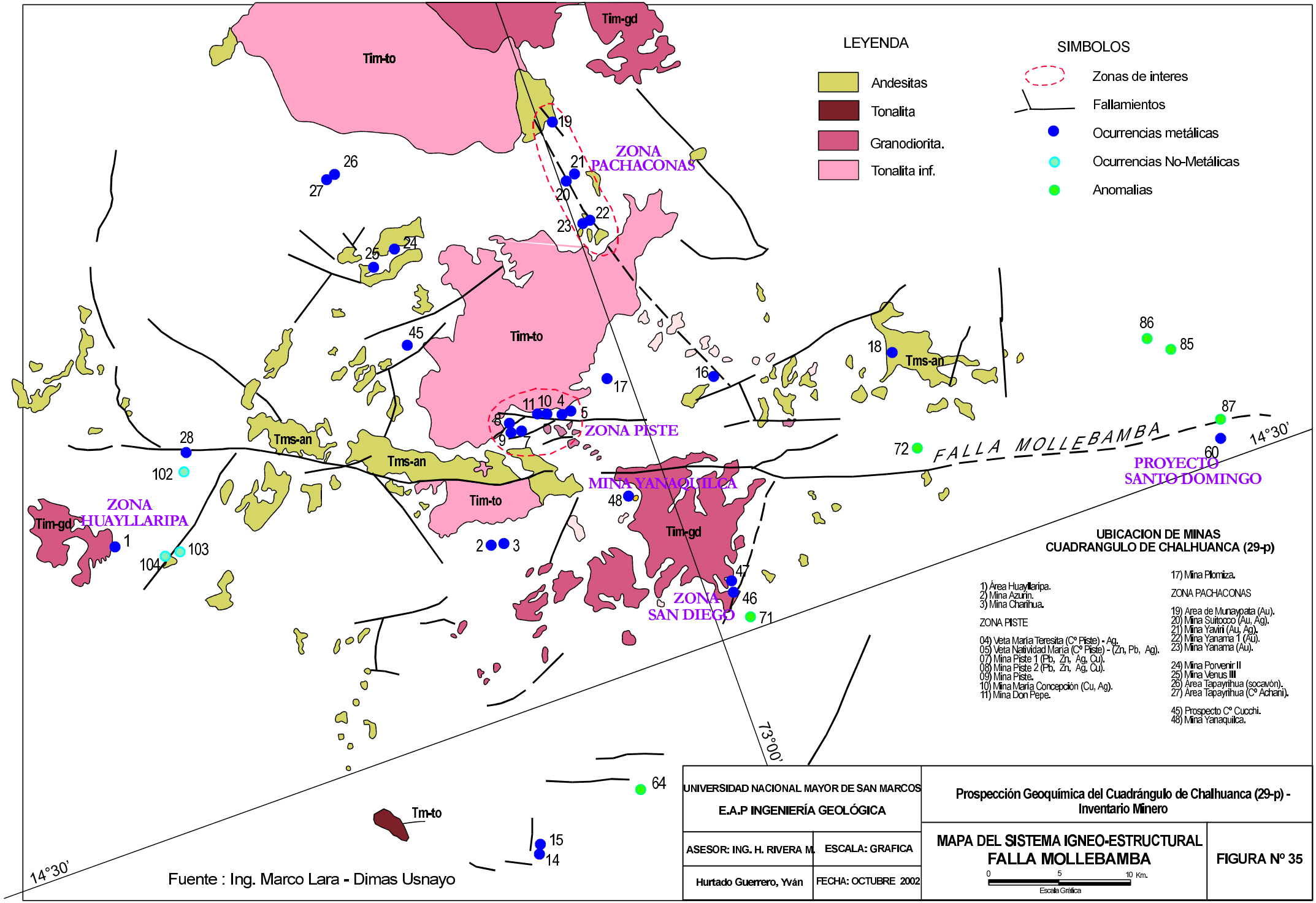
Uno de los principales factores favorables de mineralización (metalotectos) en el área de estudio es el sistema de fallas Mollebamba que afecta principalmente a las formaciones del Mesozoico, ubicado en los cuadrángulos de Chalhuanca y Antabamba y es posible que haya controlado el emplazamiento de emisiones magmáticas subvolcánicas de naturaleza ácida a intermedia en el Mesozoico inferior derivadas de la consolidación de plutones mayores. Es un sistema tectónico de algunos kilómetros de ancho que se extiende con un rumbo NO – SE, tiene ramales NNO-SSE y NE-SO que también albergan estructuras mineralizadas; este sistema en su entorno ha contribuido con el emplazamiento de stocks subvolcanicos responsables directos del relleno de pequeñas estructuras con polimetálicos y oro, como son las zonas de Pachaconas (vetas de Au y Ag) y Piste (Zn, Cu, Pb, Ag (Au)). Por otro lado, en formaciones sedimentarias del Mesozoico (calizas, cuarcitas, lutitas, etc.) que también han sido afectadas por fracturamiento / fallamiento andino y por hipabisales Terciarios existen pequeños centros con mineralización aurífera, la más conspicua es la zona de Pachaconas, NO del cuadrángulo de Antabamba. (Fig. 35)

Se considera como área políticamente prospectora, a toda el área afectada directamente por este sistema. La cual debe ser prioritaria para exploraciones mineras a fin de detectar posibles mineralizaciones. Sin embargo, hasta el momento, enfocando el problema desde el punto de vista local, no se define un potencial mineral económico en mineralizaciones de tipo filoneano, porque son estructuras pequeñas y espaciadas, con alteraciones hidrotermales muy restringidas, tenores metálicos bajos, reservas desde marginales hasta un promedio de 10,000 TM, así que no hay muchas posibilidades de encontrar reservas geológicas de gran envergadura ya que son sistemas mineralizados bastante erosionados (raíces), Hay que informar que no hay actividad de pequeña minería metálica formal de ningún tipo en el área de estudio, todas las minas están abandonadas, salvo algunos proyectos en exploración, Proyecto cupro-aurífero Chancas de Southern Peru, minas auríferas Selene y Sucahuaylla..

8.3.1 Zona Piste (Zn, Cu, Pb, Ag (Au))

La zona Piste, se trata de un agrupaminento de minas filoneanas pequeñas con mineralización polimetálica, se encuentra ubicada en la parte central Oeste del cuadrángulo de Chalhuanca (29-p), tiene como coordenadas centrales UTM: 8'416,000 N, 708,000 E. Las altitudes varían de 4,500 a 4,700 m.s.n.m, con períodos de lluvia durante los meses de diciembre hasta abril. La población cercana más importante es la ciudad de Chalhuanca, aprox. a 20 km al NO.

La accesibilidad más inmediata se realiza mediante la carretera afirmada Chalhuanca – Caraybamba - Antabamba y caminos de herradura para desplazarse a través de la zona.


LEYENDA
Andesitas
Tonalita
Granodiorita.
Tonalita inf.
SIMBOLOS
Zonas de interes
Fallamientos
Ocurrencias metálicas
Ocurrencias No-Metálicas
Anomalias
Tim-to
Tim-gd
Tms-an
ZONA PACHACONAS
ZONA PISTE
ZONA HUAYLLARIPA
MINA YANAQUILCA
ZONA SAN DIEGO
PROYECTO SANTO DOMINGO
FALLA MOLLEBAMBA
14°30'
73°00'
UBICACION DE MINAS
CUADRANGULO DE CHALHUANCA (29-p)
1) Área Huayllaripa.
2) Mina Azurin.
3) Mina Charihua.
ZONA PISTE
04) Veta Maria Teresita (Cº Piste) - Ag.
05) Veta Natividad Maria (Cº Piste) - (Zn, Pb, Ag).
07) Mina Piste 1 (Pb, Zn, Ag, Cu).
08) Mina Piste 2 (Pb, Zn, Ag, Cu).
09) Mina Piste.
10) Mina Maria Concepción (Cu, Ag).
11) Mina Don Pepe.
17) Mina Plomiza.
ZONA PACHACONAS
19) Area de Munaypata (Au).
20) Mina Suitococo (Au, Ag).
21) Mina Yaviri (Au, Ag).
22) Mina Yanama 1 (Au).
23) Mina Yanama (Au).
24) Mina Porvenir II
25) Mina Venus III
26) Área Tapayrihua (socavón).
27) Área Tapayrihua (Cº Achani).
45) Prospecto Cº Cucchi.
48) Mina Yanaquilca.
Fuente : Ing. Marco Lara - Dimas Usnayo
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
E.A.P INGENIERÍA GEOLÓGICA
ASESOR: ING. H. RIVERA M.
ESCALA: GRAFICA
Hurtado Guerrero, Yván
FECHA: OCTUBRE 2002
Prospección Geoquímica del Cuadrángulo de Chalhuanca (29-p) - Inventario Minero
MAPA DEL SISTEMA IGNEO-ESTRUCTURAL
FALLA MOLLEBAMBA
0 5 10 Km.
Escala Gráfica
FIGURA Nº 35

Geología económica

En la zona Piste se presentan básicamente secuencias de calizas negras y areniscas lutáceas de la Formación Piste de edad Jurásica media, estos sedimentos están intruídos por un cuerpo granodiorítico de naturaleza batolítica del Terciario superior (Pecho, 1981) generando un halo angosto de metamorfismo (granates y silicatos). Localmente se observa una intrusión posterior en los sedimentos e intrusivo de un enjambre de diques aplíticos que gradan hasta vetas de cuarzo blanco (mineralizantes).

El “distrito” Piste se encuentra en la zona de influencia de la falla regional Mollebamba, existen principalmente lineamientos tectónicos E-O, y también al NO (ramales). Es importante mencionar que en este ambiente existe una franja tectónica (fallamiento normal) de aprox. 1.2 km. de ancho, rumbo E-O cuyo componente principal es un sector de la falla Mollebamba, contiene todas las estructuras mineralizadas de la zona.

Existe silicificación gradual de las estructuras hacia las cajas, localmente, en las estructuras mineralizadas se observan algunas manifestaciones de alteración fílica (cuarzo-sericita-pirita) y limonitización.

La mineralización es esencialmente polimetálica (Zn, Cu, Pb, Ag (Au)) y se emplaza en estructuras filoneanas mayormente delgadas y algunos centenares de metros de afloramiento con algunas leyes interesantes de Zn y Pb y subproductos de Au y Ag. Como estructuras más “importantes” tenemos: Veta María Teresita (Ag), Veta Natividad María (Zn, Pb, Ag), Mina Piste 1 (Pb, Zn, Ag, Cu), Mina Piste 2 (Cu, Pb, Zn, Ag), Mina María Concepción (Cu, Ag), y Mina Don Pepe (Ag, Cu, Pb (Au)), todas están paralizadas.

Posibilidades económico - mineras

Hasta el momento, no se define un potencial económico en estructuras de tipo filoneano, son estructuras pequeñas y espaciadas entre ellas (entre 300 a 500 m), contenidos metálicos mayormente no económicos, reservas pequeñas, sistemas hidrotermales erosionados (raíces). Sin embargo, como se menciona en párrafos anteriores toda el área afectada por la falla Mollebamba debe priorizarse para exploraciones mineras, la zona Piste se encuentra involucrada en un "corredor" tectónico (componente de la falla en mención) de 1.2 km de ancho con rumbo E-O, por consiguiente debe tomarse en cuenta este detalle importante para realizar exploraciones minera: estructuras de mayor longitud y potencia, mineralizaciones tipo Skarn, y diseminados.

8.3.2 Zona Pachaconas (Au, Ag)

La zona Pachaconas es un agrupamiento de minas auríferas filoneanas pequeñas, se ubica en el extremo central Oeste del cuadrángulo de Antabamba (29-q) y central Este del cuadrángulo de Chalhuanca (29-p), sus coordenadas centrales UTM son: 8'429,000 N, 716,650 E, tiene un área de dispersión de estructuras filoneanas en aprox. 8 $km^{2.}$ (8 x 1 km). Las alturas varían desde 3,800 hasta 4,500 m.s.n.m, con períodos de lluvia durante los meses de diciembre hasta abril. La población cercana más importante es la ciudad de Chalhuanca, aprox. a 35 km al SO, y localmente el poblado de Pachaconas.

El principal acceso es mediante la trocha carrozable Chalhuanca – Yanaca - Oro Ayahuay – Pachaconas, y caminos de herradura para transitar por la zona.

Geología Económica

En la zona Pachaconas existen secuencias sedimentarias de las formaciones Soraya (cuarcitas, areniscas) y Chuquibambilla (lutitas, areniscas), ambas del Grupo Yura del Jurásico superior – Cretáceo inferior, estos sedimentos se encuentran afectados por intrusiones dioríticas y diques microdioríticos a andesíticos hipabisales (mineralizantes) del Terciario inferior – Terciario superior (Huamán, 1979) ocasionando metamorfismo tipo hornfels en los sedimentos. Posiblemente estas intrusiones subvolcánicas mineralizantes provienen de la diferenciación de intrusiones granodioríticas mayores ubicadas al Norte y Sur de la zona.

La mineralización en la zona Pachaconas se encuentra afectada por un componente de la falla regional Mollebamba, que tiene una dirección N-S hasta aprox. N15°O, generalmente las estructuras mineralizadas siguen este rumbo, también existen localmente lineamientos tectónicos menores E-O y al NE (ramales mineralizados). Existe una franja tectónica de aprox. 1.0 Km. de ancho, rumbo aprox. N15°O, que involucra a todas las estructuras con mineralización aurífera en la zona. Localmente se observan sectores con esquistocidad y brechoide.

Los principales componentes de la alteración hidrotermal que afectan gradualmente las estructuras son: franjas angostas de silicificación ocasionalmente con piritización intensa no mayor de 2 m hacia las cajas, localmente, en estructuras mineralizadas, se observa un ensamble silico-argilíco-pirita (limonitización).

La mineralización es principalmente de Au y Ag con contenidos menores de Pb, Cu y Zn, y se distribuye en estructuras filoneanas delgadas (0.10 - 1.0 m) y hasta 500 m de longitud reconocida, ocasionalmente con leyes interesantes de Au y Ag. Las ocurrencias más “importantes” son: Area Munaypata (Au), Mina Suitocco (Au, Ag), Mina Llaviri (Au), Mina Yanama 1 (Au), Mina Yanama (Au), todas las

minas están paralizadas, existiendo temporalmente, explotación informal a pequeña escala.

Posibilidades económico - mineras

En la zona Pachaconas no se define un potencial mineral económico de gran envergadura, se trata de estructuras pequeñas de tipo filoneano, con espaciamientos entre ellas de 500 a 1000 metros y longitudes de afloramiento hasta 500 m, contenidos metálicos que, en ocasiones alcanzan valores interesantes (minas Llaviri y Yanama), la mayoría no llega a los 3 g/t de Au, reservas pequeñas hasta marginales. Sin embargo, la zona también se encuentra involucrada en un "corredor" estructural con dirección NNO-SSE de 1 Km. de ancho, aquí se ubican todas las ocurrencias mineralizadas de la zona, donde deben efectuarse las exploraciones mineras prioritarias con la finalidad de ubicar reservas de mediana dimensión (zonas de cizalla, intercepción de estructuras, diseminados, otros). Por otro lado, es necesario recomendar un estudio exhaustivo de evaluación para actividades de pequeña minería (alternativa más evidente).

8.3.3 Mina Yanaquilca (Pb, Zn, Ag)

Se trata de una estructura brechada filoneana polimetálica de potencial mediano, la mineralización está distribuida en fractura a los largo de una zona de falla de carácter regional (franja) de aproximadamente 40 m. de ancho, con un rumbo de N 60º -70º W. Se ubica en las lutitas negras y areniscas de la Formación Piste del Jurásico superior. Presenta leyes hasta de 37.0% Pb, 5.0% Zn y 315 gr/tn Ag. Sus coordenadas son 8407630 N 712850 E

CAPITULO IX

INVENTARIO DE RECURSOS MINERALES

9.1 Área de Huayllaripa.

Se encuentra ubicado a 46.5 Km. de la localidad de Chalhuanca, se llega por una trocha afirmada que también es usada para llegar a una zona de interés turístico. Se encuentra en el cuadrángulo de Chalhuanca (29-p). Departamento de Apurimac, provincia de Aymaraes.

La tendencia de la falla que afecta a las calizas de la Formación Ferrobamba, está dada por el rumbo N80°E, sub-vertical. En las proximidades del área, aflora un stock de granodiorita (Tim-gd) el cuál produce la mineralización de Au que en una extensa área hay indicios de lavaderos de oro que datan desde la colonia, y que se emplaza alrededor del intrusivo mencionado.



Foto N° 01.- En la foto se aprecia, mineralización en bolsonada, que se emplazó en una falla de rumbo N 80° E y buzamiento sub-vertical.
Fuente: Dirección de Geología Económica y Prospección Minera-INGEMMET (Ing. Marco Lara, Dimas Usnayo).

Resultados

Muestra	Coordenadas		Au g/t	Ag ppm	Zn ppm	Cu ppm	Pb ppm	Mo ppm	As ppm	Sn ppm	W ppm	Sb ppm
	Este	Norte										
203001	678038	8416808	0.02	2.3	108	35	73	< 5	45	5	<2	8
203002	678038	8416808	0.16	91	3843	1083	3299	5	< 10	7	12	118
203003	678128	8417100	0.06	< 0.5	464	39	26	< 5	55	56	<2	<5
203004	678045	8417130	0.97	260	4537	57097	4480	< 5	< 10	<5	<2	1257
203006	677947	8417124	2.62	6.5	146	12079	16	18	25	<5	8	<5

9.2 Mina Azurin.

La mina en mención, está ubicada a 10 Km de la trocha que va desde el puente Aparaya hacia la localidad de Antabamba, pasando por Caraybamba, Pertenece al cuadrángulo de Chalhuanca (29-p) del departamento de Apurimac, provincia de Aymaraes, distrito de Caraybamba.

Se trata de un depósito filoneano emplazado en una falla de rumbo E-O, 35° S; que estaría dentro de la franja que afecta la falla regional de Mollebamba, como caja se tiene a la Formación Chuquibambilla, constituida por lutitas carbonosas, la silicificación afecta hasta 1 m. a ambos lados de la estructura. Se observa sulfuros de Cu, óxidos de hierro y milonitas, la potencia de la estructura es 0.4 m en promedio.

La explotación se encuentra inactiva.

Resultados

Muestra	Coordenadas		Au g/t	Ag ppm	Zn ppm	Cu ppm	Pb ppm	Mo ppm	As ppm	Sn ppm	W ppm	Sb ppm
	Este	Norte										
203007	702691	8407758	0.02	0.8	406	335	153	< 5	< 10	<5	<2	<5
203009	702691	8407758	0.10	57	99880	4497	12391	< 5	230	<5	<2	46



FOTO N° 2.- Se aprecia la mina Azurin, el emplazamiento de la estructura, el mineral se echaba al lecho de la quebrada, desde donde se acarreaba hasta la plataforma que se aprecia en el extremo inferior izquierdo de la foto.
Fuente: Dirección de Geología Económica y Prospección Minera- INGEMMET (Ing. Marco Lara, Dimas Usnayo)

9.3 Cateo Charihua.

Se tiene una pequeña labor, ubicada en el Km. 11.5 del desvío de la carretera Aparaya – Antabamba. Politícamente pertenece al distrito de Caraybamba, provincia de Chalhuanca del departamento de Apurimac, está ubicado en el Cuadrángulo de Chalhuanca (29-p).

La ocurrencia está emplazada en una falla de rumbo N25°E, 55°NO, la cual está milonitizada y débilmente brechada, cuya caja es la Formación

Chuquibambilla, que lo constituyen, limoarcillitas carbonosas, según el resultado del laboratorio tiene el 1.4 % de Zn.

Resultados

Muestra	Coordenadas		Au g/t	Ag ppm	Zn ppm	Cu ppm	Pb ppm	Mo ppm	As ppm	Sn ppm	W ppm	Sb ppm
	Este	Norte										
203010	703422	8407592	0.02	15	14065	897	3873	< 5	17	11	2	12

9.4 Veta María Teresita.

La veta está ubicada en las inmediaciones de la laguna Ticllacocha, a la cuál se llega por una carretera de 43 Km. afirmada hasta el Km. 39, que parte del desvio Aparaya, siguiendo hacia Antabamba hasta el abra Yanaquilca, desde donde hay un desvio hacia el cerro Piste, y de la punta de trocha se camina 1 hora; pertenece al distrito de Sabayno, a la provincia de Antabamba, y al departamento de Apurimac, está ubicado en cuadrángulo de Chalhuanca (29-p).

Estructura mineralizada, de 0.8 m. de potencia, con rumbo N 30° O y buzamiento 75° NE; los trabajos realizados consta de una pequeña galería de 10 m. de largo, emplazado en granodioritas; la mineralización consta de calcopirita, galena, esfalerita, como ganga tenemos cuarzo, y algunas limonitas como hematita; tiene una alteración cuarzo-sericita muy adyacente a la estructura. El cuadro siguiente muestra las leyes encontradas.

Muestra	Coordenadas		Au g/t	Ag ppm	Zn ppm	Cu ppm	Pb ppm	Mo ppm	As ppm	Sn ppm	W ppm	Sb ppm
	Este	Norte										
203011	710705	8414658	< 0.01	3.8	119	109	127	< 5	76	10	4	28
203012	710705	8414658	0.06	68.2	1171	2817	780	< 5	215	<5	<2	656

9.5 Veta Natividad María.

El acceso a la zona se hace por la carretera que va desde el desvio Aparaya (puente), siguiendo hacia Antabamba, y a la altura del abra Yanaquilca (Km. 39) hay un ramal hacia el cerro Piste, por una trocha de 4 Km. Aproximadamente, hasta la punta de carretera desde el cual se camina una hora por camino de herradura hasta la veta. Se encuentra en la jurisdicción del distrito de Sabayno, provincia de Anatabamba, pertenece al cuadrángulo de Chalhuanca (29-p).

Se tiene una estructura de rumbo N 40° O y buzamiento 65° SO; que se emplaza en las calizas de la Formación. Piste (roca caja) con silicificación moderada, es un depósito polimetálico (calcopirita, galena, esfalerita, especularita), con ganga de cuarzo, pirita, calcita; se tiene 1.2 m. de potencia en promedio, cuyo resultado del muestreo es como sigue.

Resultados

Muestra	Coordenadas		Au g/t	Ag ppm	Zn (%)	Cu ppm	Pb (%)	Mo ppm	As (%)	Sn ppm	W ppm	Sb ppm
	Este	Norte										
203013	710857	203013	0.04	220	24.3	955	2.55	< 5	0.6	26	<2	714

9.6 Mina Piste 1.

Es accesible por la carretera que va desde el desvio Puente Aparaya a Antabamba, y a la altura del Km. 38, sale un desvio por una trocha de 9,7 Km, se llega a la Mina Piste 1, está dentro de la jurisdicción del distrito de Caraybamba, provincia de Aymaraes, del departamento de Apurimac, enmarcado dentro del cuadrángulo de Chalhuanca (29-p).

Se trata de una estructura veta de rumbo E-O y buzamiento 75° N; con contenido de chalcopirita, principalmente, y de ganga se tiene cuarzo, pirita y calcita entre otros; la estructura está emplazada en calizas de la Formación Piste, cabe resaltar que en la zona afloran apófisis intrusivos de composición granodiorítica, así como también se aprecia un enjambre de diques de la misma naturaleza sin alteración, hay una leve piritización en las calizas, así como silicificación fuerte. En la siguiente tabla se da algunos valores encontrados con anomalías de oro.

Resultados

Muestra	Coordenadas		Au	Ag	Zn	Cu	Pb	Mo	As	Sn	W	Sb
	Este	Norte	g/t	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
203019	707386	8414462	0.11	2.1	433	2892	809	53	339	34	4	44
203020	707386	8414462	< 0.01	24.4	1364	572	5584	33	430	46	4	251
203021	707386	8414462	0.02	6.9	2172	428	6625	21	905	45	3	170

9.7 Mina Piste 2.

El acceso se hace del mismo modo que hacia la Mina Piste 1, por ser adyacentes, ubicado en el flanco Oeste del cerro Piste, pertenece al distrito de Caraybamba, provincia de Aymaraes, del departamento de Apurimac. Corresponde al cuadrángulo de Chalhuanca (29-p).

Se aprecia que el afloramiento del apófisis de intrusivo granodiorítico esta alterando a las calizas Piste; la ocurrencia en mención es una falla veta, de rumbo E-O y buzamiento 75° N, con contenidos de cobre (calcopirita) y de ganga se tiene cuarzo y pirita, entre otros; de 0.8 m. de potencia, la alteración es restringida a la estructura mineralizada, se trata de silicificación de moderada a fuerte.

En la tabla que sigue se ve los valores de una muestra enviada al laboratorio.

Muestra	Coordenadas		Au g/t	Ag ppm	Zn ppm	Cu (%)	Pb ppm	Mo ppm	As ppm	Sn ppm	W ppm	Sb ppm
	Este	Norte										
203023	706851	8415166	0.13	277	10077	30.40	10900	70	3094	24	<2	5031

9.8 Mina Piste.

Al yacimiento se llega por la carretera que va desde el desvío del puente Aparaya a la localidad de Antabamba, y a la altura del Km. 38 (antes del abra Yanaquilca) sale un ramal hacia el cerro Piste, de 10.5 Km. (interrumpido en el último tramo), políticamente se encuentra en el distrito de Caraybamba, provincia de Aymaraes, departamento de Apurimac, se encuadra en el cuadrángulo de Chalhuanca.

Se trata de una galería de exploración de rumbo N 32° O, de 100 m. de largo, la cuál corta algunas estructuras de rumbo N 75° O, 50° SO, conteniendo trazas de oro, como ganga se tiene cuarzo, calcita, pirita. La tabla que se adjunta muestra algunos resultados.

Muestra	Coordenadas		Au g/t	Ag ppm	Zn ppm	Cu ppm	Pb ppm	Mo ppm	As ppm	Sn ppm	W ppm	Sb ppm
	Este	Norte										
203024	706637	8414630	0.05	< 0.5	187	34	15	23	149	29	3	<5
203025	706637	8414630	< 0.01	1.4	293	129	70	16	647	25	4	26

Referencias:
UNMSM, Proyecto de desarrollo del Distrito Minero de Piste, código T553, 622/P26.

9.9 Mina María Concepción.

A la mina se llega por la carretera afirmada que une el Puente Aparaya con la localidad de Antabamba, y se toma el desvío a la altura del abra Yanaquilca (Km. 39 de esta carretera), por una trocha carrozable de 4 Km. De longitud, desde allí se camina 2 y ½ hora para llegar hasta la ocurrencia. El área de estudio está dentro de

la circunscripción del distrito de Sabaino, provincia de Antabamba, departamento de Apurimac; y pertenece al cuadrángulo de Antabamba (29-q).

Es una estructura de veta, de RN10°O, sub-vertical, de 2.5 m. de potencia muestreada, se tiene brechamiento con una mineralización de chalcopirita (Cu) como mena y cuarzo, pirita y calcita como ganga, entre las limonitas tenemos jarosita y hematita, como caja tenemos las calizas de la Fm Piste, muy silicificada.

En la tabla que sigue, se indica algunos valores de análisis con valores traza de oro y 1 onza de Ag.

Muestra	Coordenadas		Au g/t	Ag ppm	Zn ppm	Cu ppm	Pb ppm	Mo ppm	As ppm	Sn ppm	W ppm	Sb ppm
	Este	Norte										
203027	709352	8414932	0.25	8.4	407	5788	453	5	763	<5	10	32
203028	709352	8414932	0.04	37.6	2020	4592	1204	< 5	1657	24	4	312

Referencias.-

Gallegos R. Baldomero, Informe Técnico de la mina María Concepción, BMP 1970, código B5400

9.10 Mina Venus III.

A la ocurrencia se llega por la trocha afirmada que parte de la ciudad de Chalhuanca, pasando por la localidad de Yanaca y Sarayca, recorriendo 62 Km. Políticamente pertenece al distrito de Yanaca, provincia de Antabamba, departamento de Apurimac, está en el cuadrángulo de Chalhuanca (29-p).

La estructura consta de una falla brechada y silicificada, de rumbo N 35° O y buzamiento 75° NE, emplazada en areniscas de la Formación Chuquibambilla, la mineralización es de trazas de oro, y de ganga tenemos milonita y venillas de calcita, muy cerca hay contacto con intrusivos hipabisales ácidos (un Km. de distancia) hay silicificación fuerte, y argilitización moderada.

El resultado de un muestreo se da a continuación.

Muestra	Coordenadas		Au	Ag	Zn	Cu	Pb	Mo	As	Sn	W	Sb
	Este	Norte	g/t	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
203082	701067	8428702	0.09	1.5	439	88	61	< 5	324	23	<2	<5

9.11 Mina Porvenir II.

El acceso se hace desde la ciudad de Chalhuanca, siguiendo por Yanaca-Sarayca-desvio (camino de herradura), son 70 Km por una trocha afirmada, políticamente pertenece al distrito de Pachaconas, provincia de Antabamba, departamento de Apurimac, está dentro del cuadrángulo de Antabamba (29-q).

El yacimiento consta de estructuras brechadas de tendencia N 50° O y buzamiento 60° NE, de 0.45 m. de grosor, emplazada en la Formación Chuquibambilla, que contienen lutitas carbonosas, con mineralización de chalcopirita, galena, oro, y minerales ganga se tiene pirita microgranular diseminada, y como limonitas se tiene hematita, jarosita. La alteración es silícica fuerte. A continuación se esboza una tabla con valores importantes de oro.

Resultados

Muestra	Coordenadas		Au	Ag	Zn	Cu	Pb	Mo	As	Sn	W	Sb
	Este	Norte	g/t	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
203078	702609	8429462	1.65	48	2532	217	5822	< 5	7960	12	<2	94
203079	702609	8429462	0.56	56	1261	45	3917	< 5	4380	5	<2	79
203081	702763	8429400	1.90	117	79570	107	13463	< 5	10944	7	<2	138

9.12 Mina Yanama.

Se encuentra muy cerca de la mina Yanama I, se llega en 1 y ½ hora, por camino de herradura, desde Pachaconas.

Es una estructura de 0.8 m. de grosor, emplazada en cuarcitas de la Formación Soraya, la falla-veta tiene una orientación de N35°E, 45°SE, contiene oro y galena como mena, y de ganga tiene panizo (milonita), cuarzo poroso, pirita, de limonitas se tiene hematita y goethita. La ocurrencia se extiende por 300 m. de largo con un encampane de 70 m. aproximadamente.

Resultados

Muestra	Coordenadas		Au g/t	Ag ppm	Zn ppm	Cu ppm	Pb ppm	Mo ppm	As ppm	Sn ppm	W ppm	Sb ppm
	Este	Norte										
203076	716402	8426440	2.55	54	156	352	1259	< 5	1297	14	<2	469

9.13 Área de Chilluapucro.

Esta ocurrencia es accesible desde la localidad de Chalhuanca, a 20.2 Km. de carretera afirmada hacia Abancay se encuentra el desvío a la localidad de Sañayca, hasta el paraje Chilluapucro, por trocha carrozable de 28 Km. el cual pertenece al distrito de Sañayca, provincia de Aymaraes, del departamento de Apurimac, está en el cuadrángulo de Chalhuanca (29-p).

La mineralización es de tipo skarn, donde el emplazamiento del intrusivo granodiorítico, ha ocasionado el metamorfismo (hornfels de epídota y biotita), hay una leve epidotización y metasomatismo de contacto (granate y piroxeno) en los sedimentos calcáreos de la Formación Ferrobamba, produciendo la depositación de la mineralización. La mineralización básicamente es de oro, con algunos

contenidos de óxidos de cobre, limonitas (jarosita, hematita, goethita), se observa granatización, hay fallamiento de rumbo E-O, 65° N, que afecta al área, tanto al intrusivo como a la caliza.

A continuación se presenta una tabla con algunos valores del muestreo realizado.

Muestra	Coordenadas		Au g/t	Ag ppm	Zn ppm	Cu ppm	Pb ppm	Mo ppm	As ppm	Sn ppm	W ppm	Sb ppm
	Este	Norte										
203035	671372	8425796	1.07	< 0.5	163	8202	21	< 5	95	24	<2	<5
203036	671372	8425796	1.59	4.6	280	6058	25	< 5	83	5	5	<5
203039	671297	8425962	0.19	3.1	209	2450	32	< 5	70	17	<2	<5
203040	671297	8425962	2.26	2.9	220	398	73	< 5	61	13	<2	6
203041	671530	8425920	0.72	3.2	158	3799	42	< 5	187	17	<2	<5



FOTO N° 03.- En la presente vista se observa la zona de Skarn, con afloramientos granatizados de diorita, con óxidos de Cu.
Fuente: Dirección de Geología Económica y Prospección Minera-INGEMMET (Ing. Marco Lara, Dimas Usnayo).

9.14 Área de Tapayrihua (Socavón)

El área es accesible desde la Ciudad de Chalhuanca, siguiendo la ruta hacia Yanaca y que llega a la localidad de Tapayrihua, por carretera afirmada de 76 Km.

La ocurrencia consta de una labor sobre veta de rumbo N 30° O y buzamiento 75°-80° al SO, de 0.8 m. de potencia conteniendo panizo con óxidos de hierro, emplazado sobre las cuarcitas de la Formación. Soraya. Se tiene alteración silícica fuerte, se encontró trazas de oro y plata. Se observa un fuerte fracturamiento paralelo a la estructura.

Resultados

Muestra	Coordenadas		Au g/t	Ag ppm	Zn ppm	Cu ppm	Pb ppm	Mo ppm	As ppm	Sn ppm	W ppm	Sb ppm
	Este	Norte										
203084	701197	8435510	0.09	6.5	31	13	122	< 5	70	5	<2	6

9.15 Área de Apacsa.

La ocurrencia es accesible, desde la ciudad de Chalhuanca por una trocha carrozable de 7.3 Km. Hasta el pueblo de Unchiña, luego se va por un camino de herradura, en un tiempo de 2 horas. Políticamente pertenece al distrito de Chuquinga, provincia de Aymaraes y departamento de Apurimac. Enmarcado dentro del cuadrángulo de Chalhuanca (29-p).

Las limoarcillitas de la Formación Chuquibambilla se encuentran craqueladas por el material deleznable que aflora en la ocurrencia; donde se hizo pequeñas galerías, se ven venillas de óxidos de hierro y panizo de 3 cm, con rumbo NE- O y buzamiento sub-vertical; se tiene fuerte drenaje por lo deleznable del terreno. Así también es una zona de lavaderos A continuación se tiene algunos valores del muestreo realizado.

Resultados de muestras del Afloramiento:

Muestra	Coordenadas		Au	Ag	Zn	Cu	Pb	Mo	As	Sn	W	Sb
	Este	Norte	g/t	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
203033	690478	8416467	2.40	0.8	50	58	52	9	5154	10	10	8
203034	690478	8416467	0.33	< 0.5	63	73	46	13	1109	<5	5	<5



FOTO N° 4.- ***En esta vista se aprecia la labor sobre la zona de Apacsa.***
Fuente: Dirección de Geología Económica y Prospección Minera- INGEMMET (Ing. Marco Lara, Dimas Usnayo).

9.16 Mina Don Pepe.

A la mina Don Pepe, se llega por la carretera afirmada que une el Puente Aparaya con la localidad de Antabamba, y se toma el desvío a la altura del abra Yanaquilca (Km. 39 de esta carretera), por una trocha carrozable de 4 Km. De longitud, desde allí se camina 2 y ½ hora para llegar hasta la ocurrencia. El área de estudio está dentro de la circunscripción del distrito de Sabaino, provincia de Antabamba, departamento de Apurimac; y pertenece al cuadrángulo de Antabamba (29-q).

Es una estructura falla-veta, de rumbo E-O y buzamiento sub-vertical; como mena tenemos chalcopirita y galena, y como ganga se encuentra pirita y calcita, entre las limonitas se tiene, hematita y goethita, la estructura se encuentra brechada e intensamente venillas de calcita. Se observa una alteración silícica de moderada a fuerte. Se tiene una potencia de 1,5 m. Las leyes encontradas son las siguientes:

Muestra	Coordenadas		Au g/t	Ag ppm	Zn ppm	Cu ppm	Pb ppm	Mo ppm	As ppm	Sn ppm	W ppm	Sb ppm
	Este	Norte										
203030	708850	8415278	2.23	259	3119	3914	9423	21	2165	18	<2	1818
203031	708850	8415278	< 0.01	35	10412	475	870	5	818	37	3	212



FOTO N° 05.- Aquí se muestra un aspecto de la mina Don Pepe, se aprecia la falla que controla la estructura y las venillas de calcita.

9.17 Proyecto Los Chancas.

El proyecto Chancas está ubicado en la parte oeste de la Cordillera Central de los Andes del Sur del Perú, dentro de la provincia metalogenética de Andahuaylas –Yauri, como un sistema porfirítico Cu - Mo - Au asociado a ambientes cordilleranos. Políticamente pertenece al distrito de Tapayrihua,

provincia de Aymaraes, departamento de Apurímac, dentro del cuadrángulo de Chalhuanca (29-p).

Al proyecto se llega desde la ciudad de Chalhuanca, por carretera afirmada, pasando por el poblado de Yanaca, hasta el pueblo de Tapayrihua, desde alli al proyecto, por una trocha reciente hecha para el estudio respectivo, haciendo un total aproximado de 81 Km.

Regionalmente se describen rocas sedimentarias de las formaciones Chuquibambilla, Soraya, Mara, y Ferrobamba, que van del Titoniano al Albiano-Cenomaniano.

El depósito está relacionado a un complejo de intrusiones félsicas y desarrollo de fases orto-tardi magmáticas e hidrotermales como procesos formadores de la mineralización económica del tipo Cu-Mo-Au.

La tectónica afecta la zona en una franja fallada de rumbo N 30° O y buzamiento 75°- 80° al SO. que corre hacia el oeste del proyecto. (Ingemmet 2000).

El emplazamiento de los pórfidos de composición granodiorítica-monzonítica se encuentra controlado por sistemas estructurales de orientación Nor-oeste, donde se emplaza principalmente la mineralización en venillas, que llegan a definir algunas estructuras del tipo stockwork.

Las alteraciones hidrotermales muestran una distribución zonal, que en la parte central es del tipo potásico magmático tardío, seguido de ensambles del tipo cuarzo-biotita-ortosa, cuarzo-sericita y esporádicamente clorita-epídota en los bordes del sistema.

Las diferentes zonas de mineralización muestran partes superiores con “pitch” limonita, neotocita, goethita y esporádicamente tenorita y ferro-molibdenita. La zona de enriquecimiento muestra calcocina, covelita, digenita y bornita, con ocurrencia de chalcopirita, bornita y molibdenita en la zona de sulfuros primarios.

Las características de la mineralización conocidas al momento en los Chancas, definen un sistema hidrotermal de niveles de emplazamiento relativamente profundos, con evidencias de particularidades metalogenéticas que al momento vienen siendo estudiadas como parte de la evaluación del proyecto.

Por las dos campañas de perforación diamantina hechas a diciembre del año de 1999, permiten estimar un recurso de **200 millones de TM** con una **ley** de **Cu** superior al **1%, 0.08% de Mo y 0.12 g/t de Au.**



Foto N° 06.- *Vista panorámica del Proyecto Chancas.*
Fuente: Dirección de Geología Económica y Prospección Minera- INGEMMET (Ing. Marco Lara, Dimas Usnayo).

9.18 Mina Plomiza.

A la mina Plomiza se llega desde Chalhuanca, pasando por Yanaca -Sarayca - Puente Achocca; por una trocha afirmada en un 90%, de 97 Km. de longitud; por una trocha carrozable de 10 Km. se llega a la localidad de Antilla, desde donde por camino de herradura, en tres horas se llega a la ocurrencia. Se encuentra en la jurisdicción del distrito de Sabayno, provincia de Antabamba, departamento de Apurimac, la mina pertenece al cuadrángulo de Antabamba (29-q).

Se trata de un yacimiento emplazado en la secuencia de calizas de la Formación Piste, en una falla - veta de rumbo E-O y buzamiento 55° S, donde la mineralización encontrada es calcopirita, malaquita, marmatita y como minerales ganga tenemos pirita, calcita ,hematita. También se tiene evidencias de panizo y brecha tectónica, producto de la constante reactivación del fallamiento.

Seguidamente vemos los resultados de laboratorio, de algunos muestreos.

Resultados

	Coordenadas		Au	Ag	Zn	Cu	Pb	Mo	As	Sn	W	Sb
Muestra	Este	Norte	g/t	ppm	(%)	ppm	ppm	ppm	(%)	ppm	ppm	ppm
203060	714210	8415806	0.07	305	5.22	502	36379	31	1.70	8	<2	492
203061	714210	8415806	0.03	31	1.5	155	8564	13	0.80	51	<2	297

A continuación se puede observar una vista del área visitada:



FOTO N° 7.- Vista de la mina Plomiza emplazada en la Formación Piste.
Fuente: Dirección de Geología Económica y Prospección Minera- INGEMMET (Ing. Marco Lara, Dimas Usnayo)

9.19 Mina Yanaquilca.

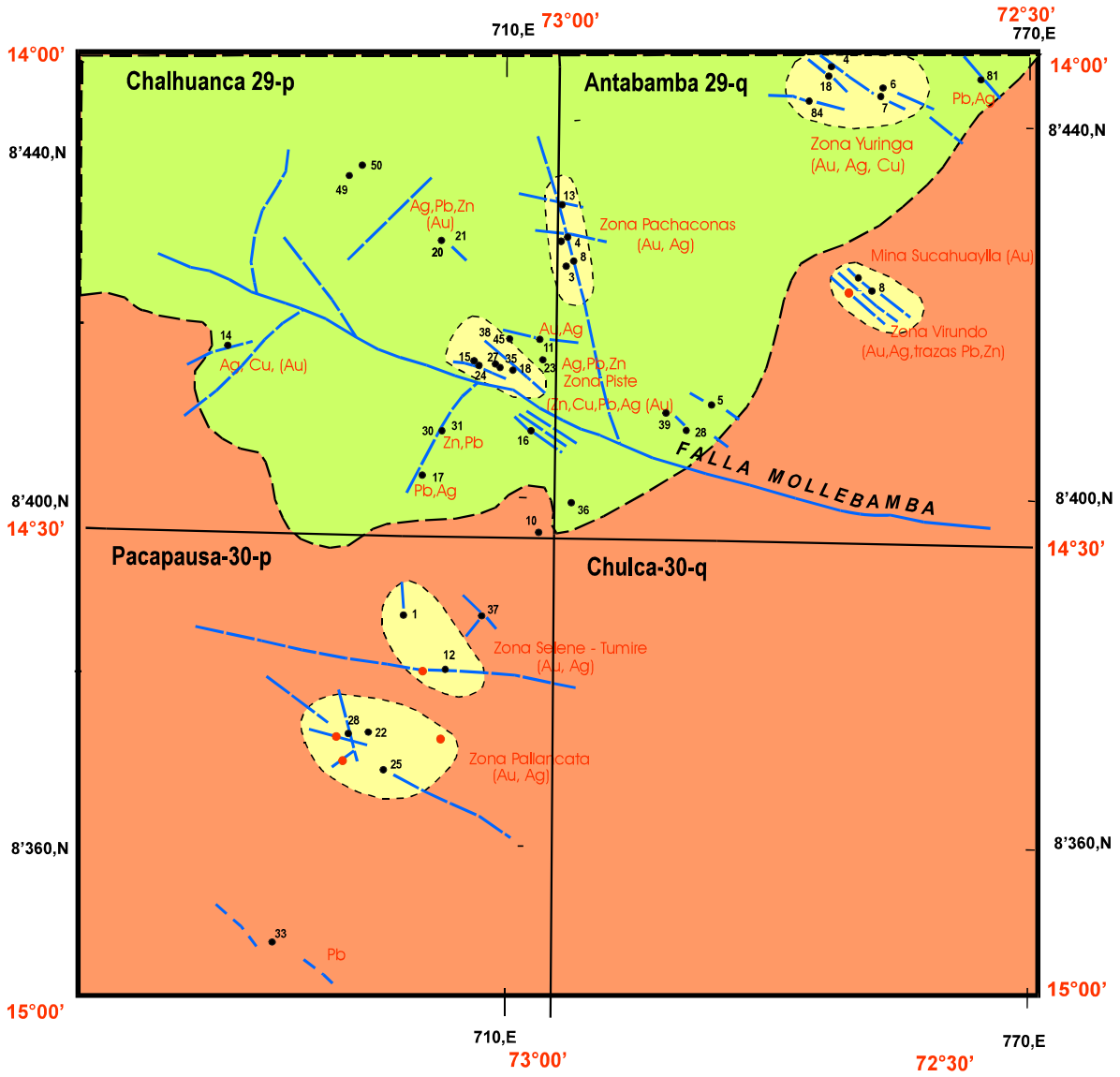
El acceso se produce por la carretera Puente Aparaya-Antabamba, a la altura del abra Yanaquilca (39 Km), hay un desvío a la derecha por una trocha carrozable de 9 Km de recorrido. Políticamente pertenece al distrito de

Caraybamba, provincia de Aymaraes, departamento de Apurimac. Está circunscrito en el cuadrángulo de Chalhuanca (29-p).

La mina está emplazada en la Fm. Piste constituida de arenisca de grano fino, también hay horizontes de limoarcillitas y algunos estratos de caliza. Hay un claro control estructural de una falla con rumbo N60°O y buzamiento 80°NE, y consiguiente fracturamiento fuerte, que controla la mineralización que consta de polimetálicos tales como galena argentífera, esfalerita, chalcopirita, etc como minerales mena, pirita y limonitas de fierro como minerales ganga, cabe destacar que en algunos tramos, la mineralización ha invadido a manera de mantos, algunos metros hacia estos horizontes favorables de la Fm Piste. La alteración de la caja está dada por silicificación de moderada a fuerte. La franje mineralizada es de 40 a 50 m de ancho. La explotación que se hizo es de pequeña mineria.

Seguidamente se muestra una tabla con algunos valores de los ensayes que se hicieron.

Muestra	Coordenadas		Au g/t	Ag ppm	Zn ppm	Cu ppm	Pb ppm	Mo ppm	As ppm	Sn ppm	W ppm	Sb ppm
	Este	Norte										
203180	712845	8407664	0.53	749.0	41186	6307	370000	< 5	8029	< 5	< 2	1614
203181	712856	8407634	0.083	37.5	7857	2678	4819	< 5	456	< 5	< 2	15
203182	712876	8407650	0.8	315.0	49540	5066	226000	< 5	14684	< 5	< 2	1005



LEYENDA

- Minas y ocurrencias minerales
- Anomalias espectrales de color
- Fallas
- Zonas de mineralizacion
- Dominio sedimentario
- Dominio volcánico

UBICACION DE MINAS
CUADRANGULO DE CHALHUANCA (29-p)

14) Área Huayllaripa.
30) Mina Azurin.
31) Mina Charihua.

ZONA PISTE

18) Veta María Teresita (Cº Piste) - Ag.
35) Veta Natividad María (Cº Piste) - (Zn, Pb, Ag).
27) Mina Piste 1 (Pb, Zn, Ag, Cu).
15) Mina Piste 2 (Pb, Zn, Ag, Cu).
24) Mina Piste.
38) Mina María Concepción (Cu, Ag).

16) Mina Plomiza.

ZONA PACHACONAS

13) Area de Munaypata (Au).
09) Mina Suitocco (Au, Ag).
04) Mina Yaviri (Au, Ag).
08) Mina Yanama 1 (Au).
03) Mina Yanama (Au).

49) Mina Porvenir II
50) Mina Venus III
20) Área Tapayrihua (socavón).
21) Área Tapayrihua (Cº Achani).

45) Prospecto Cº Cucchi.
32) Mina Yanaquilca.

Fuente : Ing. Marco Lara - Dimas Usnayo

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS E.A.P INGENIERÍA GEOLÓGICA		Prospección Geoquímica del Cuadrángulo de Chalhuanca (29-p) - Inventario Minero
ASESOR: ING. H. RIVERA M.	ESCALA : GRÁFICA	PLANO DE MINERIA METALICA REPRESENTATIVA — FIGURA Nº 36
Hurtado Guerrero, Yván	FECHA: OCTUBRE 2002	

CAPITULO X

CONCLUSIONES

- Los métodos geoquímicos utilizados en el presente trabajo, tanto en gabinete y campo son una herramienta importante en la Prospección Minera a escala regional del área de estudio.

- El tipo de muestreo utilizado en el presente estudio es por sedimentos de quebrada, resultando ser el más adecuada para una prospección geoquímica regional. El éxito de la aplicación de esta técnica se relaciona a una adecuada selección del ambiente geológico para el muestreo y de la óptima utilización e interpretación de las asociaciones de cada elemento, que han permitido determinar las áreas anómalas.

- En el Perú estos métodos mencionados se emplean con éxito en la identificación de zonas con manifestación mineralógica, particularmente por INGEMMET por elementos como el cobre y el oro de dispersión secundaria, provenientes de estructuras mineralizadas de áreas restringidas, especialmente en la sierra norte del país (La Granja) yacimientos de tipo pórfido de Cu y Mo con más de 2, 000 000’ 000 TM con 0.6 % Cu.

- Como resultado del estudio geológico y geoquímico por sedimentos llevados a cabo en el área de estudio, se han delimitado las anomalías geoquímicas con un moderado y fuerte contraste e intensidad de trazas, de plomo, zinc, cobre, molibdeno y arsénico considerados típicos indicadores de depósitos polimetálicos, la mayor parte de las anomalías obtenidas están localizadas en las cercanías de los intrusivos, da la localidad de Piste y Pachaconas; los cuales forman parte del Batolito de Abancay y entre las rocas sedimentarias mesozoicas del grupo Yura y calizas de la Formación Ferrobamba, que definen blancos anómalos prospectables (Targets).

- En el área de estudio los resultados geoquímicos ha permitido reconocer anomalías de dispersión secundaria, generalmente en rocas del Mesozoico; Formaciones Piste (Zn, Pb, Cu), Soraya (Cu, Mo), Ferrobamba (Ag, Pb, Cu),

- Pueden ser considerados como zonas prospectables los sectores de Ayahuay, Huancaray, Queroc y Tapayrihua por (Au, Cu, Mo) y a los sectores Cucchi, Allallaca, Saraica, Promesa y Chueja por (Pb, Zn, Cu). razón por la que estos resultados deberán ser confirmados, mediante el muestreo en mallas de suelos y rocas de la zona de interés.

- Se ha establecido una relación directa de superposición entre las anomalías obtenidas de las áreas preestablecidas con los resultados de los análisis tomados en el campo; entre ellas la presencia de minas en zonas que muestran

características geológicas interesantes, rocas intensamente fracturadas y alteradas; que ambas son guías que confieren a estas zonas un significado geoquímico favorable que, junto a la presencia de manifestaciones mineralógicas ofrecen excelentes posibilidades para la localización de cuerpos y estructuras mineralizadas.

- Se determinaron también que las minas y prospectos reportados en el área, casi siempre se encuentran en determinadas unidades litoestratigráficas, la mineralización de polimetálicos está emplazada en rocas del Mesozoico (Grupo Yura), en tanto la mineralización de posibles zonas auríferas se emplaza en rocas de la Formación Ferrobamba en contacto con los intrusivos del Batolito de Apurimac, conceptos que se afianzan con los análisis de los datos mineros y algunas observaciones realizadas in situ, las cuales expresan en forma genérica la composición y secuencia mineralógica característicos de yacimientos mesotermales en algunos casos.

- Existe posibilidades de encontrar nuevos yacimientos en el área de estudio aparentemente son buenas, sin embargo deben realizarse un buen mapeos de detalle asociados a un buen control estructural.

- Finalmente se ha tratado relacionar algunos aspectos metalogenéticos de la cordillera SE del Perú con el corredor estructural que se observa en los

Cuadrángulos adyacentes, para así tener una visión más amplia sobre la distribución de los elementos (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo) en estos terrenos.

CAPITULO XII

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar trabajos de exploración con detalle en las anomalía Ayahuay área de **Pachaconas** (Au-Cu) con muestreos sistemáticos y selectivos en rocas y sedimentos de quebrada, utilizando mallas adecuadas y hacer un mapeo geológico estructural a escala local, y si es posible encontrar una relación genética con el Prospecto Los Chancas.

- Igualmente se recomienda con prioridad hacer trabajos de exploración en las **zonas de Piste** por constituir una anomalía muy interesante emplazada íntegramente en rocas sedimentarias y cuerpos subvolcánicos del Batolito de Apurímac, las cuales están íntimamente relacionadas a la falla Mollebamba.

- Es recomendable realizar trabajos al detalle en el **área de Huayllaripa** y alrededores ya que se tiene indicios de mineralización y trabajos informales antiguos.

- La **Mina Yanaquilca** de mineralización polimetálica la cual se emplazada en rocas del Grupo Yura, tiene posibilidades para una mayor concentración de

minerales hacia los extremos NO y SE, se recomienda realizar muestreos selectivos y trabajos de índole detallada.

- Investigar las rocas calcáreas de la Formación Ferrobamba ya que resultan ser prospectables principalmente cuando se encuentran junto a intrusivos, de fuerte tectonismo y alteración.

- De igual forma sería importante investigar otras litologías para determinar su contenido normal de cada elemento en las rocas de las diferentes unidades, particularmente de la región para realizar una correlación metalogenética.

- Por otra parte en cuanto a los métodos de trabajo, es importante recomendar otras técnicas de muestreo mediante sedimentos de drenaje, ya que la utilización de Tamices con mallas - 30, no son aplicables en ambientes del Jurásico - Cretáceo constituidos por lutitas de textura pizarrozas y areniscas cuarzosas debido a que el sedimento que se obtiene es muy fino. Por lo tanto se recomienda utilizar tamices malla-80.

- Por ultimo es necesario realizar geoquímica en suelos cuaternarios los cuales se encuentran recubriendo los formaciones y estructuras actuales; para lo cual existen técnicas de última generación ***tipo regoleach*** que permite realizar trabajos de prospección de geoquímica con bajos valores.

BIBLIOGRAFÍA

AHRENS, L.H., ed., et al (1968): Origin and distribution of the elements. Pergamon Press, London, 5 ts; 1178 pp.

BARNES, H. L. ed (1979): Geochemistry of hydrothermal ore deposits. New York, Jonh Wiley, 798 pp.

BE-US, A. & GRIGORIAN, S. (1977): Geochemical exploration methods for mineral deposits. Appied Publishing, Illinois, 287 pp.

CABRERA LA ROSA & PETERSEN G. (1936): Reconocimiento Geológico de los Yacimientos Petrolíferos del Dpto. de Puno. Boletín del Cuerpo de Ingenieros de Minas del Perú Nº 40; 115 pp.

CALDAS J. (1978): Geología de los Cuadrángulos de San Juan, Acarí y Yauca. INGEMMET Bol. Serie A Carta Geológica Nacional; 52 pp.

CAMUS, CAMUS; SILLITOE, R. M; PETERSEN R. (1996): Andean Copper Deposit:: New Discoveries, Mineralization, Styles and Metallogeny. Society of Economic Geologists Special Publication Number 5: 278 pp.

CLAUDE, L. (1975): Tratamiento estadístico simplificado de datos geoquímicos por representación grafica. Servicio Geológico de Bolivia. Proyecto de Prospección Minera en la cordillera oriental; 123 pp.

CLARK, A. H., et al. (1990): Geologic and geochronologic constraints on the metallogenic evolution of the Andes of southeastern Peru, Economic Geology, 85(7); 1520-1583 pp.

CLARKE F. W. (1889): The relative abundance of the chemical elements. Bull. Phil Soc. Washigton

COBBING E. J. & PITCHER W. S. (1972): Plate Tectonics and the Peruvian Andes. Nature Physical Science. Vol. 240 51-53 pp.

CHACON ABAD, N. (1997): Procesamiento estadístico de la información geoquímica de sedimentos de quebrada del cuadrángulo de Urubamba. INGEMMET; 112 pp.

CHUVIECO, E. (1990): Fundamentos de teledetección espacial. Ed. Rial. Madrid; 352 pp.

DALMAYRAC, B.; LABAUCHER G.; MAROCCO R. (1988): Caracteres generales de la Evolución Geológica de los Andes Peruanos. Serie de estudios especiales: D INGEMMET. 313 pp.

DAVENPORT, P.H. (1993): Geochemical mapping. Journal of chemical exploration. Vol 49; 212 pp.

FYFE, W. S. (1981): Introducción a la geoquímica. Editorial Reverté, Barcelona, 118 pp.

GALDOS HUACO, J. (1998): Prospección geoquímica en la región de Huanuco cordillera oriental del Perú. Tesis Universitaria. Universidad Nacional San Agustín. Arequipa; 162 pp.

GOLDSCHIDT, V. M. (1937): The principle of distribution of chemical elements in minerals and rocks. J. Chem. Soc., 655-673 pp.

GOLDSCHIDT, V. M. (1954): Geochemistry. Oxford University Press, Fair Lawn, N. J.

GONZALES BONORINO, F. (1972): Introducción a la geoquímica. OEA, Departamento de Asuntos Científicos, Washington.), D. C. 140 pp.

GOVETT, G.J.S. (1983): Handbook of exploration geochemistry - Rock geochemistry in mineral exploration. Elsevier scientific publishing company. Amsterdam.; 461 pp.

HAWKES, H.E. & WEBB, J.S. (1962): Geochemistry in mineral exploration. Harper & Row, New York, 415 pp.

INGEMMET (2002): Estudio de los Recursos Minerales del Perú, Franja Nº 2, 392 pp.

INGEMMET (2001): Proyectos de Inversión Minera y Prospectos en Estudio (Boletín Especial). 147 pp.

INGEMMET (1995): Geología del Perú. IINGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geol. Nac., 55, 177 pp.

JENKS W. F. (1946): Preliminary note on geologic studies on the Pacific Slope in Souther Perú: Amer Journ. Sci., vol. 244; 368 pp

LANKNEUS, J. (1980): Prospección geoquímica Universidad Nacional de Tacna. Organización Internacional del Trabajo; 72 pp.

LARA, M. & LARICO, W. (1996): Prospección Geoquímica. Cuadrángulo de Macusani – 29 v

LARICO CAYO, WASHINGTON (1997): Prospección minera en la cordillera oriental SE del Perú – zona de Carabaya. Departamento de Puno. Tesis Universitaria. Universidad Nacional del Altiplano. Puno; 216 pp.

LOMBARD, M.; DE BRUIN, D.; ELSENBROEK, J.H. (1999): High density regional geochemical mapping of soil and stream sediments in South Africa. Journal of geochemical exploration. Vol 66: 145-149 pp.

LOPEZ RUIZ, J. & CEBRIA GOMEZ, J. (1990): Geoquímica de los Procesos Magmáticos. Ed. Rueda S.L. Madrid; 168 pp.

MANRIQUE GALVEZ, M. (1999): Comportamiento geoquímico de sedimentos de escorrentía entre Catac y Pampas Chico (Cordillera Negra). Tesis Universitaria. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima; 96 pp.

MAROCCO R. (1975): Geología de los Cuadrángulos de Andahuaylas, Abancay y Cotabambas. INGEMMET Boletín Serie A Carta Geológica Nacional Vol 27; 51 pp.

MAROCCO R. & DEL PINO M. (1966): Geología del Cuadrángulo de Ichuña. . INGEMMET Bol. Serie A Carta Geológica Nacional Vol. 14; 71 pp.

MARSHALL, C.P. & FAIRBRIDGE, R.W., R.W. eds. (1999): Encyclopedia of Geochemistry. Kluver Academic Publishers, Dordrecht, 712 pp.

MEGARD F. (1973): Etude geologique d' une transversale des Andes au niveau du Pérou Central. Thèse Doct. Sci. Nat., Monpellier.

MENDIVIL S. (1965): Geología de los cuadrángulos de Maure y Antajave. INGEMMET Bol. Serie A Carta Geológica Nacional Vol. 14; 46 pp.

MONTOYA CAMARGO, C. (2001): Geología y estructuras relacionadas a la ocurrencia de mineralización en la cordillera occidental al Sur de la flexión de Abancay. Tesis Universitaria Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima; 85 pp.

NOBLE D. C., MCKEE E. H., EYZAGUIRRE V. R. & MAROCCO R. (1984): Age and regional tectonic and metallogenetic implications of igneos activity and mineralization in the Andahuaylas – Yauri belt of souther Peru. Economic Geology. v 79; 172-176 pp.

PECHO GUTIERREZ, V. (1981): Geología de los Cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomás. Boletín N 35. Serie "A". INGEMMET; 93 pp.

RAY, L. (1998): Basic Geochemical Prospecting. Brittish Columbia Geological Survey; 98pp.

RANKAMA, K. & SAHAMA, T. G. (1954). Geoquímica. Aguilar S.A., Madrid; 862 pp.

RIVERA MANTILLA, H. (1986): Relaciones Metalogénicas de la Mineralización del W-Sn en el Circumpacifico, NW de Bolivia y SE del Perú. Resúmenes Bibliográficos Nº. 1. 21pp.

RIVERA MANTILLA, H. (2001): Introducción a la Geoquímica General y Aplicada. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 279pp.

ROLLINSON, H.R. (1993): Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. Logman, Essex, 352 pp.

RUEGG W. (1956): Rasgos Morfológicos, Geológicos y sus Contrapartes en el Territorio Continental Peruano. Bol. Soc. Geol. del Perú. TM 38; 97-142 pp.

SAEZ J. (1996): Skarn and ore parageneses in the Cu (-Fe) Tintaya deposit, Sounther Perú. Heidelberger Geowissenscaftliche Abhanlungen Band 86; 205 pp.

STEINMANN G. (1930): Geología del Perú. Id Heidelberg; 448 pp.

STEINMULLER, K. (1999): Depósitos Metálicos en el Perú; su Metalogenia, sus Modelos, su Exploración y el Medio Ambiente; 171 pp.

SIEGEL, F. R. (1992): Geoquímica Aplicada. OEA, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington, D.C.; 170pp.

SIEMS, P. L. (1997): Wordkshop Wall-Rock Alteration for Gold Exploration

SILLITOE, R. H. (1979): Andean Mineralization: A Model for The Metallogeny of Convergent Plate Margins; 61pp.

TOSI, JOSEPH A. (1960): Zonas de vida Natural en el Perú. Memoria Explicativa sobre el Mapa Ecológico del Perú. Instituto Interandino de Ciencias Agrícolas.

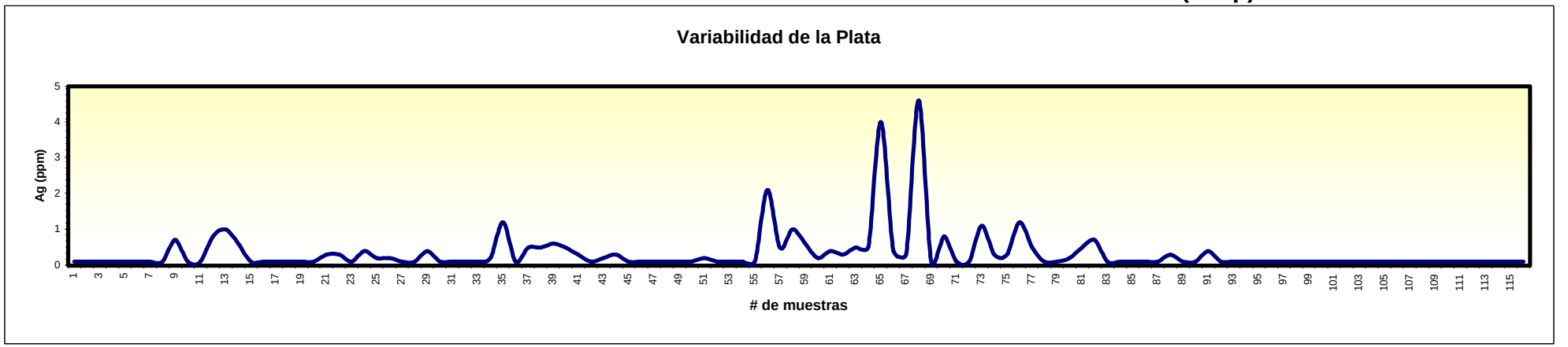
VILLANUEVA, R. (2001): Estadísticas Aplicadas y Análisis Factorial. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Escuela de Post Grado; 101 pp.

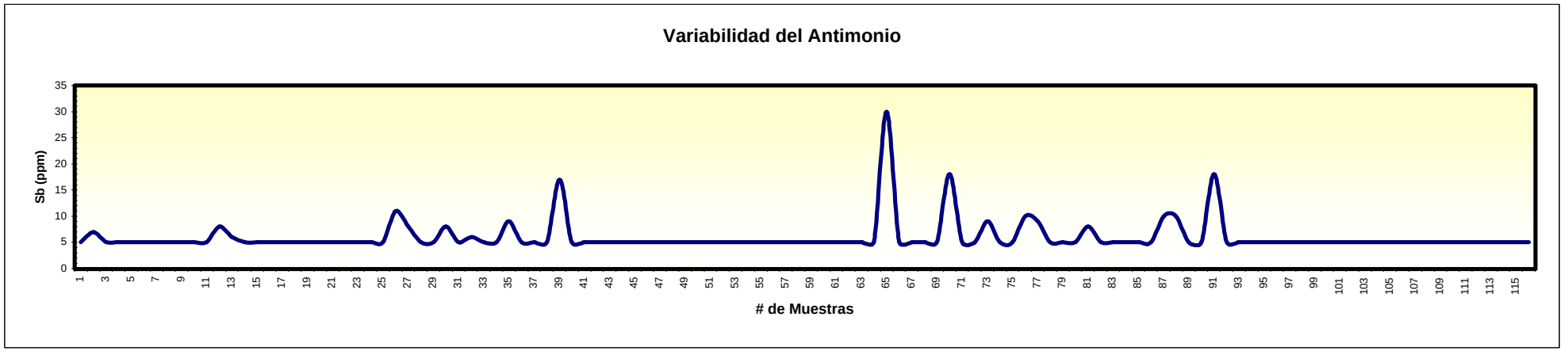
WEDEPOHL, K. H. (1978): Handbook of Geochemistry. Springer-Verlag. 321 pp.6

APENDICE I

DIAGRAMAS DE VARIABILIDAD

DIAGRAMA DE VARIABILIDAD - POBLACION TOTAL CHALHUANCA (29--p)





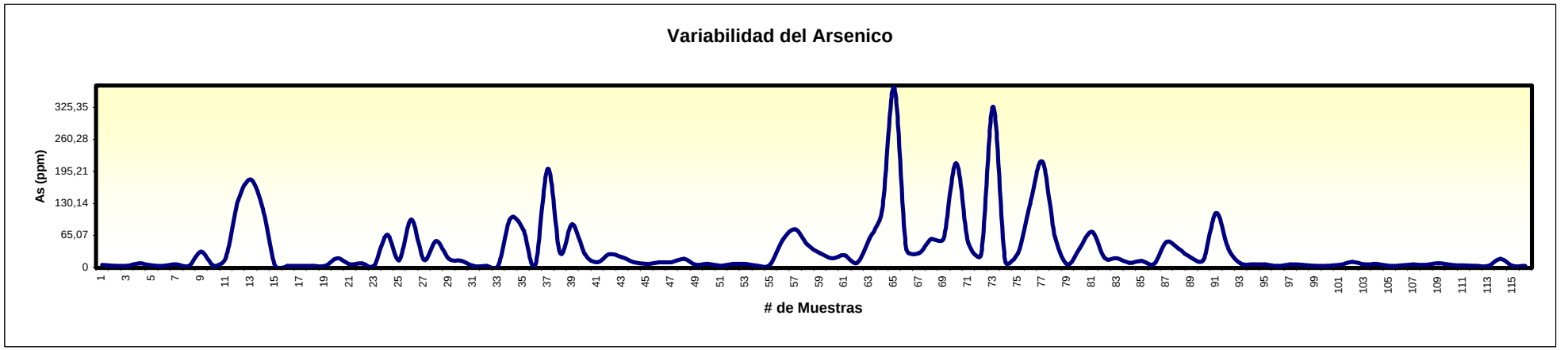
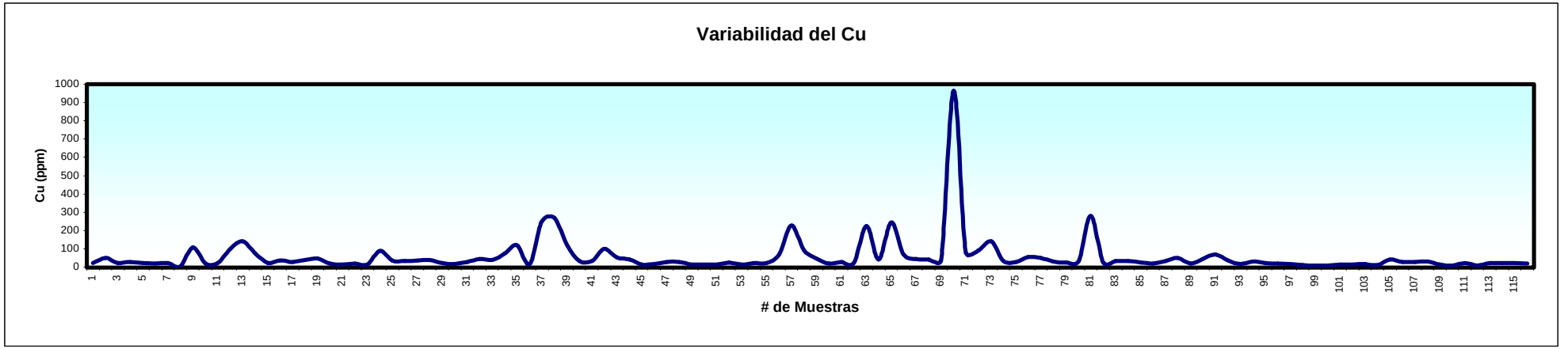
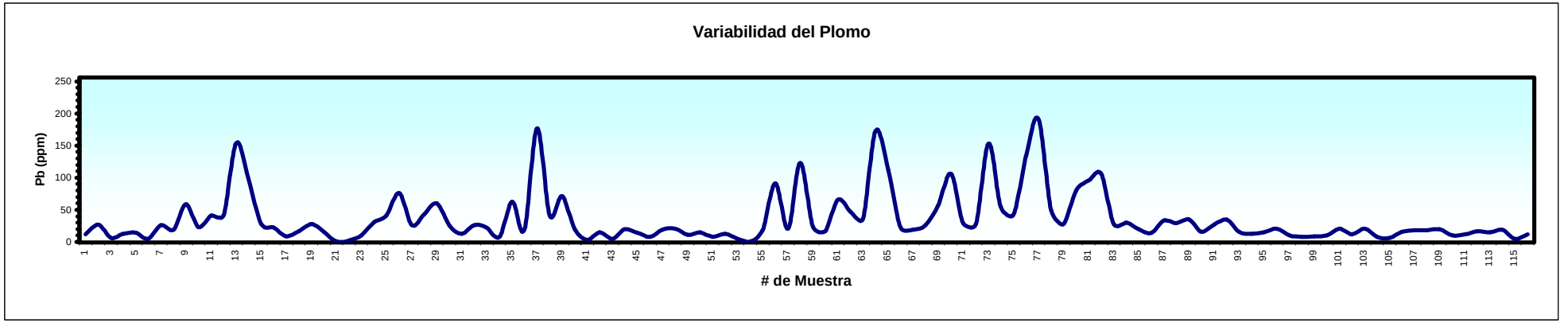


DIAGRAMA DE VARIABILIDAD - POBLACION TOTAL CHALHUANCA (29--p)





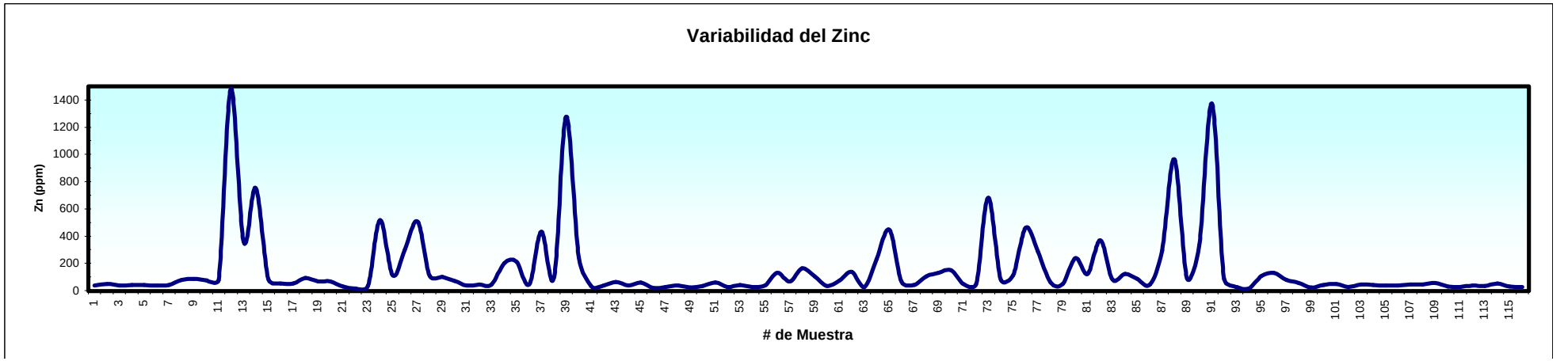
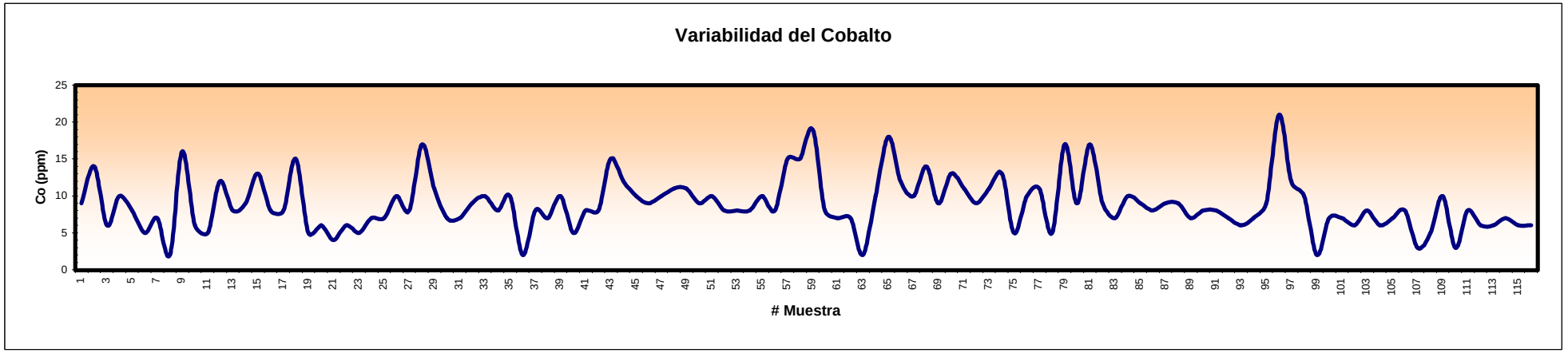
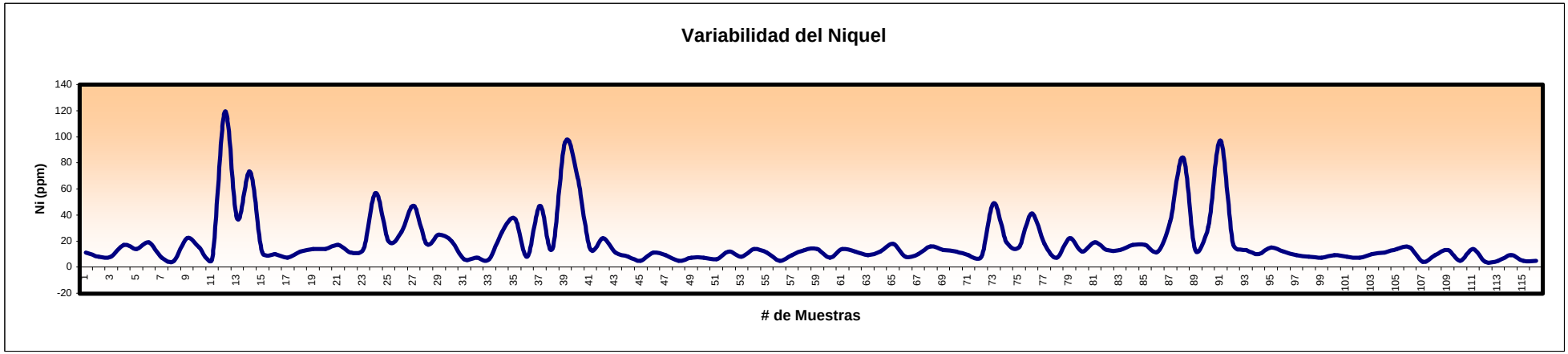


DIAGRAMA DE VARIABILIDAD - POBLACION TOTAL CHALHUANCA (29--p)





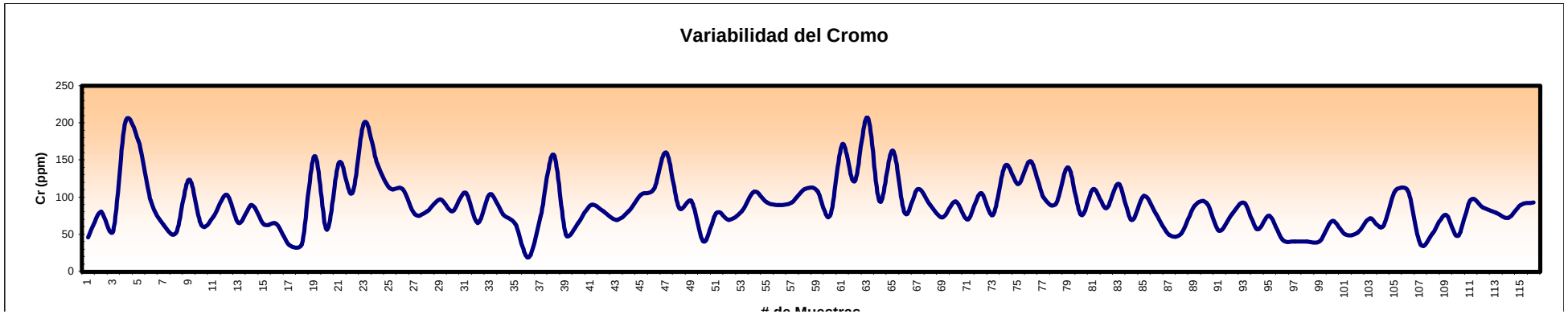
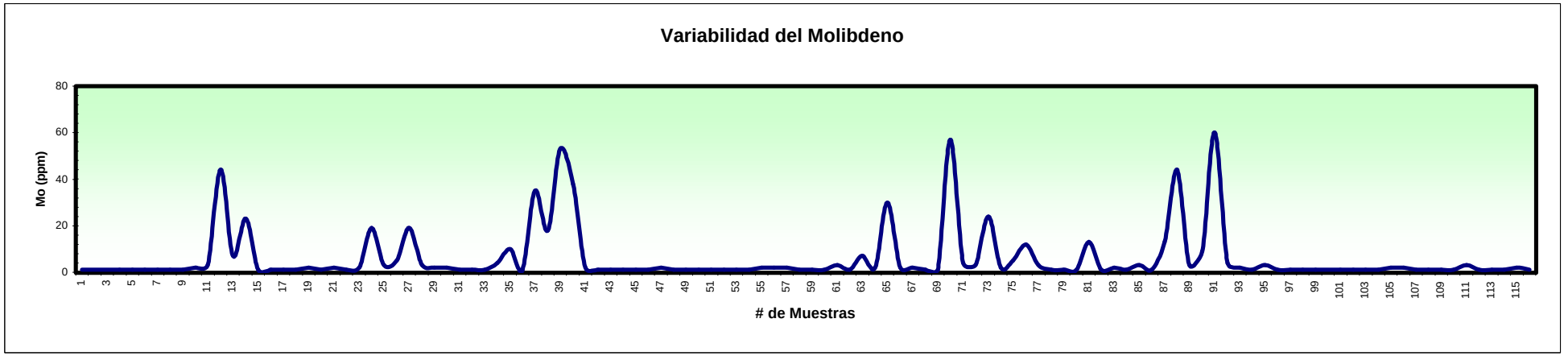
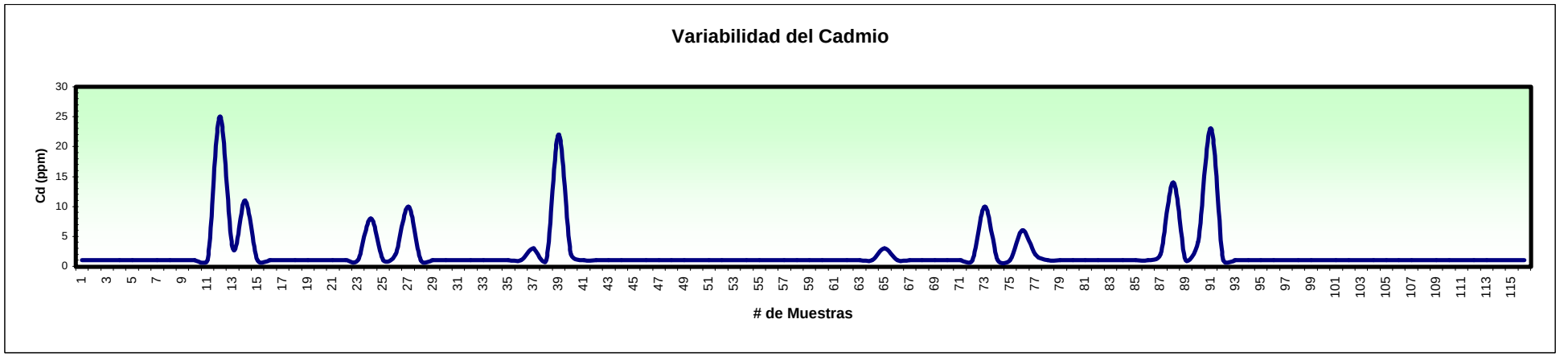
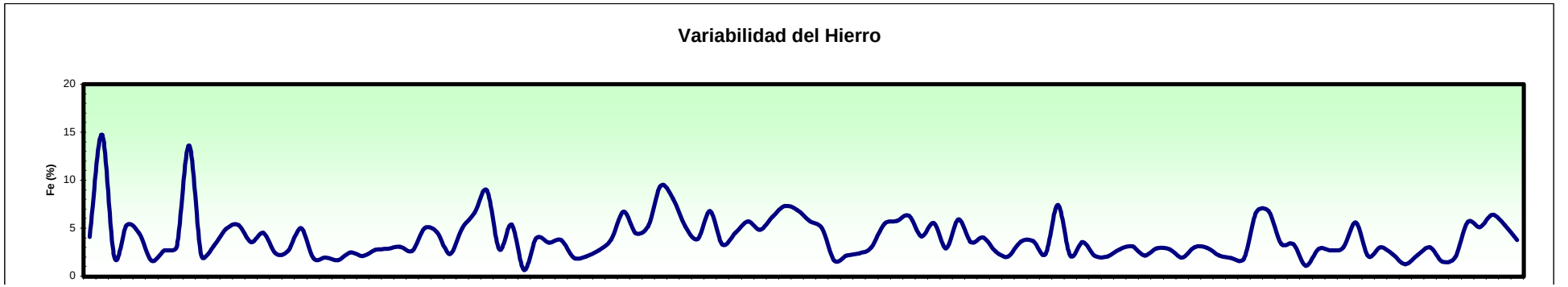




DIAGRAMA DE VARIABILIDAD - POBLACION TOTAL CHALHUANCA (29--p)







APENDICE II

ESTADISTICA TOTAL

Población Chalhuanca

(116 muestras)

POBLACION TOTAL

Muestra	N	E	Latitud	Longitud	Formación	Edad	Cod	Ag	Sb	As	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Cr	Mo	Cd	Fe
1	8444892	683345	-14.06078	-73.30199	Cobertura aluvial	Q-al	1	0.1	5	5	21.5	12	37.3	9	11	46	1	1	4.08
2	8445088	682835	-14.05904	-73.30672	Cobertura aluvial	Q-al	1	0.1	7	3	48.9	27	47.5	14	8	80	1	1	14.74
3	8445066	682863	-14.05923	-73.30646	Fm ferrobamba	JsKi	1	0.1	5	3	21.3	6	36.1	6	8	55	1	1	1.98
4	8447260	683295	-14.03938	-73.30261	Fm ferrobamba	Ks-fe	1	0.1	5	8	28.4	13	40.9	10	17	202	1	1	5.31
5	8447786	683498	-14.03461	-73.30077	Fm ferrobamba	Ks-fe	1	0.1	5	4	23.4	14	42.8	8	14	175	1	1	4.46
6	8429060	676451	-14.20431	-73.36480	Fm ferrobamba	Ks-fe	1	0.1	5	3	18.7	5	35.4	5	19	95	1	1	1.62
7	8422882	673281	-14.26035	-73.39377	Fm Sencca	Ts-se	2	0.1	5	6	22.1	26	40.7	7	7	62	1	1	2.68
8	8422224	671158	-14.26642	-73.41340	Fm Sencca	Ts-se	2	0.1	5	3	3.9	19	77.3	2	5	52	1	1	3.09
9	8424886	677242	-14.24198	-73.35720	Fm Sencca	Ts-se	2	0.7	5	32	107	59	84.3	16	22	123	1	1	13.6
10	8424973	677072	-14.24121	-73.35878	Cobertura aluvial	Q-al	2	0.1	5	3	19.2	23	72.9	6	15	62	2	1	2.1
11	8407723	714391	-14.39446	-73.01164	Intrusivo KTi	Ki-gd	3	0.1	5	21	23	41	78.3	5	6	74	3	1	3.15
12	8410672	709860	-14.36816	-73.05388	Fm Chuquibambilla	Ki-ch	1	0.8	8	136	98.7	41	1483	12	119	103	44	25	4.95
13	8411275	708889	-14.36278	-73.06293	Fm Piste	T-pi	1	1	6	179	140	154	362	8	37	65	7	3	5.3
14	8411395	708990	-14.36169	-73.06200	Fm Piste	T-pi	1	0.6	5	118	74.7	98	753	9	73	89	23	11	3.55
15	8410700	670480	-14.37062	-73.41896	Fm Sencca	Ts-se	2	0.1	5	3	23.4	28	81.2	13	11	63	1	1	4.52
16	8410666	670701	-14.37092	-73.41691	Gpo Barroso	NQ-ba	2	0.1	5	3	36.1	22	52.2	8	10	64	1	1	2.34
17	8411097	673937	-14.36682	-73.38693	Fm Sencca	Ts-se	2	0.1	5	3	28.4	9	50.4	8	7	35	1	1	2.66
18	8411854	676640	-14.35981	-73.36192	Gpo Puno	P-pu	1	0.1	5	3	38	17	94.7	15	12	36	1	1	5.01
19	8412095	677011	-14.35760	-73.35850	Fm Sencca	Ts-se	2	0.1	5	3	48.4	28	68.6	5	14	155	2	1	1.89
20	8437056	687565	-14.13132	-73.26238	Fm ferrobamba	Ks-fe	1	0.1	5	19	20.3	16	67.5	6	14	56	1	1	1.91
21	8435606	683290	-14.14471	-73.30188	Fm Soraya	Ks-so	1	0.3	5	6	14	1	29	4	17	147	2	1	1.65
22	8433201	684964	-14.16633	-73.28621	Fm ferrobamba	Ks-fe	1	0.3	5	8	19.7	2	16.3	6	11	105	1	1	2.5
23	8424874	682335	-14.24176	-73.31000	Fm ferrobamba	Ks-fe	1	0.1	5	4	14.8	10	33.3	5	14	201	2	1	2.08
24	8408686	703643	-14.38657	-73.11136	Fm Piste	T-pi	1	0.4	5	66	88.3	31	517	7	57	145	19	8	2.73
25	8408518	702941	-14.38814	-73.11785	Fm Piste	T-pi	1	0.2	5	14	37.3	41	111	7	20	112	3	1	2.86
26	8408666	701851	-14.38688	-73.12797	Fm Piste	T-pi	1	0.2	11	97	33.3	76	300	10	27	111	5	2	3.05
27	8409204	700922	-14.38209	-73.13662	Fm Chuquibambilla	Ki-ch	1	0.1	8	16	37	26	507	8	47	77	19	10	2.65
28	8401361	708741	-14.45238	-73.06352	Gpo. Tacaza	Mioceno	2	0.1	5	54	39.9	43	107	17	18	81	3	1	5.01
29	8398800	709900	-14.47543	-73.05257	Fm Piste	T-pi	1	0.4	5	18	21.6	60	100	11	25	97	2	1	4.55
30	8399200	710250	-14.47179	-73.04936	Gpo. Tacaza	Mioceno	2	0.1	8	13	18	25	71	7	20	81	2	1	2.32
31	8441374	679426	-14.09282	-73.33804	Cobertura aluvial	Q-al	1	0.1	5	3	27.9	13	38.9	7	6	106	1	1	5
32	8441306	679473	-14.09344	-73.33760	Cobertura aluvial	Q-al	1	0.1	6	3	44.2	26	43.8	9	7	65	1	1	6.6
33	8441100	680177	-14.09525	-73.33107	Cobertura aluvial	Q-al	1	0.1	5	3	38.4	22	43.4	10	6	104	1	1	8.93
34	8418055	698210	-14.30267	-73.16294	Fm Soraya	Ks-so	1	0.2	5	99	76.1	8	200	8	27	77	4	1	2.82
35	8410010	697320	-14.37544	-73.17060	Fm Soraya	Ks-so	1	1.2	9	78	119	63	213	10	37	64	10	1	5.37

POBLACION TOTAL

Muestra	N	E	Latitud	Longitud	Formación	Edad	Cod	Ag	Sb	As	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Cr	Mo	Cd	Fe
36	8432208	680812	-14.17558	-73.32460	Fm ferrobamba	Ks-fe	1	0.1	5	5	15.3	19	43.8	2	8	19	1	1	0.64
37	8416078	701062	-14.31996	-73.13584	Fm Soraya	Ks-so	1	0.5	5	200	250	177	430	8	47	74	35	3	3.98
38	8416082	701080	-14.31992	-73.13567	Intrusivo terciario	Ki-to	3	0.5	5	30	270	41	98.1	7	14	157	18	1	3.47
39	8416784	694013	-14.31408	-73.20122	Fm Chuquibambilla	Ki-ch	1	0.6	17	88	120	71	1276	10	96	50	53	22	3.77
40	8416556	694812	-14.31609	-73.19380	Fm Chuquibambilla	Ki-ch	1	0.5	5	27	34.5	20	243	5	69	65	38	2	1.95
41	8442768	688302	-14.07964	-73.25595	Fm ferrobamba	Ks-fe	1	0.3	5	10	33.4	3	34.5	8	14	89	2	1	2.03
42	8443720	688868	-14.07100	-73.25078	Fm ferrobamba	Ks-fe	1	0.1	5	27	101	15	37.2	8	22	81	1	1	2.68
43	8448700	692680	-14.02574	-73.21583	Fm ferrobamba	Ks-fe	1	0.2	5	21	53.4	5	63	15	11	69	1	1	3.82
44	8450118	707180	-14.01190	-73.08172	Intrusivo terciario	Ki-gd	3	0.3	5	10	40.9	20	37.8	12	8	81	1	1	6.71
45	8448440	707380	-14.02705	-73.07975	Intrusivo terciario	Ki-gd	3	0.1	5	7	15.1	14	59.2	10	5	103	1	1	4.47
46	8447462	707247	-14.03589	-73.08090	Fm ferrobamba	Ks-fe	1	0.1	5	10	15.7	8	17.9	9	11	111	1	1	5.22
47	8447126	707380	-14.03892	-73.07965	Cobertura aluvial	Q-al	3	0.1	5	10	27.1	19	27.9	10	9	160	2	1	9.39
48	8447000	707200	-14.04007	-73.08130	Intrusivo terciario	Ki-to	3	0.1	5	18	28.4	21	38.7	11	5	86	1	1	8.07
49	8449939	702877	-14.01383	-73.12154	Intrusivo terciario	Ki-di	3	0.1	5	5	13.4	11	22.8	11	7	95	1	1	5.15
50	8445836	695900	-14.05140	-73.18582	Fm ferrobamba	Ks-fe	1	0.1	5	7	14.1	15	33.3	9	7	40	1	1	3.89
51	8443085	696145	-14.07624	-73.18336	Fm ferrobamba	Ks-fe	1	0.2	5	3	13.4	8	58.5	10	6	79	1	1	6.79
52	8442750	696100	-14.07927	-73.18375	Cobertura aluvial	Q-al	1	0.1	5	7	25.3	13	26.1	8	12	69	1	1	3.29
53	8440194	697609	-14.10227	-73.16959	Fm ferrobamba	Ks-fe	1	0.1	5	7	13.8	5	39.4	8	8	81	1	1	4.54
54	8439472	697472	-14.10880	-73.17081	Fm ferrobamba	Ks-fe	1	0.1	5	3	21.4	1	25.5	8	14	107	1	1	5.7
55	8439476	698240	-14.10871	-73.16370	Intrusivo terciario	Ki-gd	3	0.1	5	6	22.6	18	36.6	10	11	93	2	1	4.85
56	8438882	707919	-14.11338	-73.07403	Fm ferrobamba	Ks-fe	1	2.1	5	57	68.4	91	131	8	5	89	2	1	6.18
57	8438810	708190	-14.11401	-73.07152	Fm Soraya	Ks-so	1	0.5	5	77	227	21	67.8	15	9	93	2	1	7.32
58	8438606	707206	-14.11593	-73.08061	Fm ferrobamba	Ks-fe	1	1	5	47	90.4	123	163	15	13	111	1	1	6.9
59	8438450	705420	-14.11747	-73.09714	Fm ferrobamba	Ks-fe	1	0.6	5	29	46.2	24	105	19	14	109	1	1	5.76
60	8438152	702358	-14.12038	-73.12547	Fm ferrobamba	Ks-fe	1	0.2	5	19	19.2	17	33.5	8	7	75	1	1	4.98
61	8435820	698910	-14.14208	-73.15775	Cobertura aluvial	Q-al	1	0.4	5	25	26.7	66	75.8	7	14	171	3	1	1.62
62	8427848	697913	-14.21382	-73.16588	Fm Chuquibambilla	Ki-ch	1	0.3	5	9	21.8	47	136	7	12	121	1	1	2.13
63	8433575	699720	-14.16194	-73.14956	Fm Soraya	Ks-so	1	0.5	5	58	224	36	24.2	2	9	207	7	1	2.38
64	8429252	705763	-14.20056	-73.09327	cobertura aluvial	Q-al	1	0.5	5	116	42.1	173	230	10	12	94	2	1	2.99
65	8429181	711893	-14.20075	-73.03648	Fm Soraya	Ks-so	1	4	30	366	244	112	447	18	18	163	30	3	5.41
66	8434200	711800	-14.15540	-73.03774	cobertura aluvial	Q-al	1	0.4	5	36	68.8	23	67.4	12	8	78	2	1	5.74
67	8434100	711500	-14.15633	-73.04051	Fm Soraya	Ks-so	1	0.3	5	29	44.6	19	42	10	10	111	2	1	6.3
68	8433700	710900	-14.15999	-73.04603	Fm Soraya	Ks-so	1	4.6	5	58	42.8	26	103	14	16	89	1	1	4.16
69	8420846	715968	-14.27575	-72.99808	Intrusivo terciario	Ki-to	3	0.1	5	58	35.3	57	132	9	13	73	1	1	5.52
70	8424005	713583	-14.24739	-73.02042	Intrusivo terciario	Ki-to	3	0.8	18	212	965	106	150	13	12	94	57	1	2.91

POBLACION TOTAL

Muestra	N	E	Latitud	Longitud	Formación	Edad	Cod	Ag	Sb	As	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Cr	Mo	Cd	Fe
71	8424395	711735	-14.24401	-73.03757	Intrusivo terciario	Ki-to	3	0.1	5	50	76.6	29	48.1	11	9	70	4	1	5.92
72	8423944	710868	-14.24815	-73.04557	Intrusivo terciario	Ki-to	3	0.1	5	26	91	28	44	9	8	105	3	1	3.53
73	8428337	707764	-14.20868	-73.07467	cobertura aluvial	Q-al	1	1.1	9	327	141	153	680	11	49	76	24	10	4.01
74	8429278	699021	-14.20082	-73.15572	cobertura aluvial	Q-al	1	0.3	5	11	34	55	77	13	19	143	2	1	2.57
75	8426010	697010	-14.23087	-73.17464	Fm Chuquibambilla	Ki-ch	1	0.3	5	29	27.5	43	112	5	15	118	5	1	2.05
76	8428038	700737	-14.21190	-73.13974	Fm Soraya	Ks-so	1	1.2	10	130	55.8	135	463	10	41	148	12	6	3.58
77	8428709	702422	-14.20572	-73.12418	cobertura aluvial	Q-al	1	0.5	9	215	50.1	191	285	11	18	100	3	2	3.68
78	8397472	688715	-14.48898	-73.24896	Fm Soraya	Ks-so	1	0.1	5	61	29.3	49	60	5	7	91	1	1	2.29
79	8398580	689488	-14.47891	-73.24187	Fm Mara	Ks-ma	1	0.1	5	6	25.2	28	47.5	17	22	140	1	1	7.41
80	8400327	690080	-14.46309	-73.23651	cobertura aluvial	Q-al	1	0.2	5	38	30.8	80	240	9	12	76	1	1	2.16
81	8398540	689103	-14.47930	-73.24544	cobertura aluvial	Q-al	1	0.5	8	72	280	96	123	17	19	111	13	1	3.56
82	8403708	692454	-14.43236	-73.21473	cobertura aluvial	Q-al	1	0.7	5	20	25.7	106	367	9	13	85	1	1	2.1
83	8405518	693654	-14.41592	-73.20374	cobertura aluvial	Q-al	1	0.1	5	19	33.1	28	81.5	7	13	118	2	1	2.02
84	8407296	695007	-14.39976	-73.19132	Fm Chuquibambilla	Ki-ch	1	0.1	5	9	32.4	30	122	10	17	69	1	1	2.81
85	8408142	696960	-14.39197	-73.17327	Fm Chuquibambilla	Ki-ch	1	0.1	5	13	23.7	20	86.8	9	17	102	3	1	3.11
86	8410100	697170	-14.37426	-73.17147	Fm Chuquibambilla	Ki-ch	1	0.1	5	7	19.3	14	45.9	8	12	77	1	1	2.13
87	8410817	698198	-14.36771	-73.16199	cobertura aluvial	Q-al	1	0.1	10	52	33.8	33	294	9	35	49	13	2	2.88
88	8417410	693475	-14.30846	-73.20625	Fm Chuquibambilla	Ki-ch	1	0.3	10	38	50.3	29	963	9	84	51	44	14	2.8
89	8418460	691515	-14.29911	-73.22449	cobertura aluvial	Q-al	1	0.1	5	20	18.6	35	87.6	7	13	88	3	1	1.96
90	8420860	686940	-14.27773	-73.26706	cobertura aluvial	Q-al	1	0.1	5	16	43.5	16	331	8	31	92	9	4	3.01
91	8420127	688010	-14.28429	-73.25709	cobertura aluvial	Q-al	1	0.4	18	111	68.5	27	1373	8	97	55	60	23	2.96
92	8418862	690097	-14.29558	-73.23766	Fm Chuquibambilla	Ki-ch	1	0.1	5	38	35.4	35	86	7	17	77	4	1	2.13
93	8418598	689625	-14.29799	-73.24202	Fm Soraya	Ks-so	1	0.1	5	8	17.1	16	27	6	13	92	2	1	1.86
94	8420065	686025	-14.28498	-73.27548	Fm Soraya	Ks-so	1	0.1	5	6	31	13	13.7	7	10	57	1	1	1.85
95	8423212	683790	-14.25669	-73.29641	cobertura aluvial	Q-al	1	0.1	5	6	22.6	15	108	9	15	75	3	1	6.67
96	8401632	662092	-14.45309	-73.49618	Gpo Barroso	NQ-ba	2	0.1	5	3	19.3	21	130	21	12	43	1	1	6.75
97	8402290	662242	-14.44714	-73.49483	Gpo Barroso	NQ-ba	2	0.1	5	6	15.3	10	77.7	12	9	40	1	1	3.38
98	8405356	661936	-14.41944	-73.49785	Gpo Barroso	NQ-ba	2	0.1	5	5	12	8	55	10	8	40	1	1	3.33
99	8408983	663242	-14.38658	-73.48596	Fm Sencca	Ks-se	2	0.1	5	3	8	9	21	2	7	41	1	1	1.1
100	8413661	667519	-14.34404	-73.44659	Fm Sencca	Ks-se	2	0.1	5	3	8.1	10	40	7	9	68	1	1	2.83
101	8413151	668750	-14.34858	-73.43515	Cobertura fluvioglaciar	Q-fg	1	0.1	5	5	13.5	21	47.7	7	8	50	1	1	2.67
102	8440554	666059	-14.10106	-73.46177	Fm Sencca	Ks-se	2	0.1	5	11	13.7	12	27.2	6	7	52	1	1	3.03
103	8435666	665910	-14.14525	-73.46286	cobertura aluvial	Q-al	1	0.1	5	6	16.1	21	44	8	10	71	1	1	5.6
104	8434407	666021	-14.15662	-73.46175	Fm ferrobamba	Ks-fe	1	0.1	5	7	12.4	8	41	6	11	60	1	1	2.11
105	8438774	665912	-14.11716	-73.46303	Intrusivo cretacico	K-to/di	3	0.1	5	3	41.9	6	38.7	7	14	108	2	1	3.01

POBLACION TOTAL

Muestra	N	E	Latitud	Longitud	Formación	Edad	Cod	Ag	Sb	As	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Cr	Mo	Cd	Fe
106	8428904	666354	-14.20634	-73.45833	Gpo Barroso	NQ-ba	2	0.1	5	4	27.4	16	38.8	8	15	108	2	1	2.24
107	8427493	666951	-14.21906	-73.45271	Fm Sencca	Ks-se	2	0.1	5	6	27.4	18	45.5	3	4	37	1	1	1.25
108	8424714	668848	-14.24406	-73.43497	Gpo Barroso	NQ-ba	2	0.1	5	5	31.6	18	45.3	5	9	51	1	1	2.21
109	8427912	663351	-14.21548	-73.48610	Fm ferrobamba	Ks-fe	1	0.1	5	8	15.1	20	56.7	10	13	76	1	1	3.02
110	8430067	657633	-14.19633	-73.53920	Fm Sencca	Ks-se	2	0.1	5	5	7.9	10	29.4	3	5	48	1	1	1.49
111	8438278	660598	-14.12195	-73.51221	Fm Mara	Ks-ma	1	0.1	5	4	21.1	12	26.7	8	14	96	3	1	2
112	8443390	665506	-14.07546	-73.46707	Fm ferrobamba	K-fe	1	0.1	5	3	8.3	17	35.4	6	4	86	1	1	5.66
113	8445144	665505	-14.05960	-73.46718	Intrusivo cretacico	K-gd	3	0.1	5	3	22.6	15	33.3	6	5	79	1	1	5.13
114	8448880	666423	-14.02578	-73.45891	Fm ferrobamba	Ks-fe	1	0.1	5	18	22.8	19	50.8	7	9	72	1	1	6.38
115	8450370	667964	-14.01222	-73.44473	Intrusivo cretacico	K-gd	3	0.1	5	3	20.9	5	30.9	6	5	89	2	1	5.3
116	8451885	668905	-13.99847	-73.43611	Intrusivo cretacico	K-gd	3	0.1	5	3	19.1	12	26.4	6	5	93	1	1	3.79

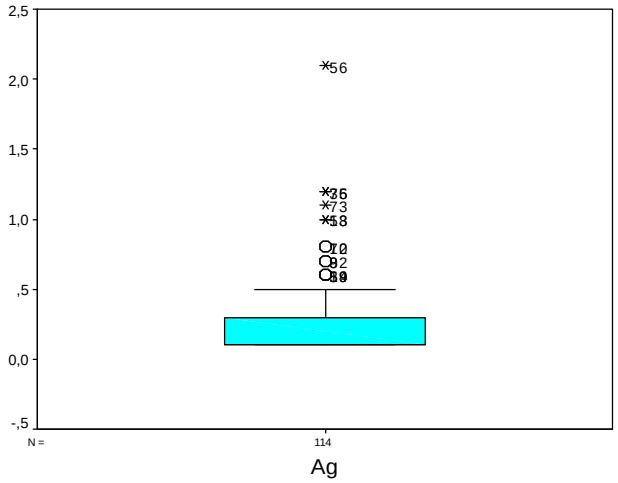
PARAMETROS ESTADISTICOS

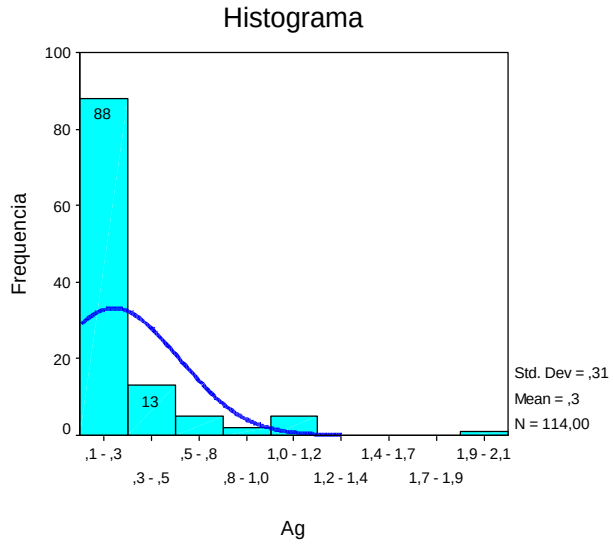
POBLACION TOTAL - CUADRANGULO CHALHUANCA (29-P)

	N	Minimum	Maximum	Media	Std. Dst.	Varianza	Skewness	Kurtosis	Background	T	2T	3T
Ag	114	0.10	2.10	0.26	0.31	0.09	3.00	11.94	0.26	0.88	1.75	2.63
Sb	116	5.00	30.00	5.97	3.23	10.43	5.01	29.94	5.97	12.43	24.85	37.28
As	116	3.00	366.00	36.03	60.74	3689.38	3.21	12.10	36.03	157.51	315.01	472.52
Cu	115	3.90	280.00	47.70	55.10	3035.79	2.78	7.76	47.70	157.90	315.80	473.70
Pb	116	1.00	191.00	35.71	39.39	1551.79	2.21	4.64	35.71	114.49	228.98	343.48
Zn	108	13.70	463.00	93.05	96.52	9316.64	2.25	4.72	93.05	286.10	572.19	858.29
Co	116	2.00	21.00	8.87	3.59	12.91	0.86	1.20	8.87	16.06	32.12	48.17
Ni	116	4.00	119.00	18.22	19.76	390.31	3.06	10.07	18.22	57.73	115.46	173.18
Cr	116	19.00	207.00	89.01	36.51	1333.07	1.07	1.41	89.01	162.03	324.06	486.09
Mo	116	1.00	60.00	5.93	11.89	141.39	3.09	9.24	5.93	29.71	59.42	89.14
Cd	116	1.00	25.00	2.15	4.04	16.33	4.33	19.32	2.15	10.23	20.46	30.69
Fe	116	0.64	14.74	3.96	2.24	5.04	1.94	6.12	3.96	8.45	16.89	25.34
Ln Ag	114	-2.30	0.74	-1.75	0.81	0.65	1.15	0.05	0.17	4.66	9.31	13.97
Ln Sb	116	1.61	3.40	1.72	0.31	0.09	3.30	11.71	5.58	8.30	16.60	24.89
Ln As	116	1.10	5.90	2.65	1.32	1.74	0.56	-0.73	14.20	21.69	43.38	65.07
Ln Cu	115	1.36	5.63	3.48	0.81	0.66	0.68	0.67	32.47	36.96	73.93	110.89
Ln Pb	116	0.00	5.25	3.11	0.99	0.98	-0.24	0.98	22.46	27.84	55.67	83.51
Ln Zn	108	2.62	6.14	4.18	0.79	0.62	0.71	-0.03	65.16	69.57	139.14	208.71
Ln Co	116	0.69	3.04	2.10	0.44	0.20	-0.92	2.14	8.13	11.24	22.49	33.73
Ln Ni	116	1.39	4.78	2.59	0.71	0.51	1.00	1.03	13.31	17.38	34.77	52.15
Ln Cr	116	2.94	5.33	4.41	0.41	0.17	-0.30	0.78	82.08	85.10	170.20	255.30
Ln Mo	116	0.00	4.09	0.81	1.16	1.35	1.50	1.16	2.24	8.62	17.24	25.86
Ln Cd	116	0.00	3.22	0.26	0.72	0.52	2.90	7.53	1.30	5.42	10.84	16.26
Ln Fe	116	-0.45	2.69	1.24	0.52	0.27	0.02	0.37	3.46	6.82	13.64	20.46

ANALISIS ESTADISTICO: Ag

Box Plot



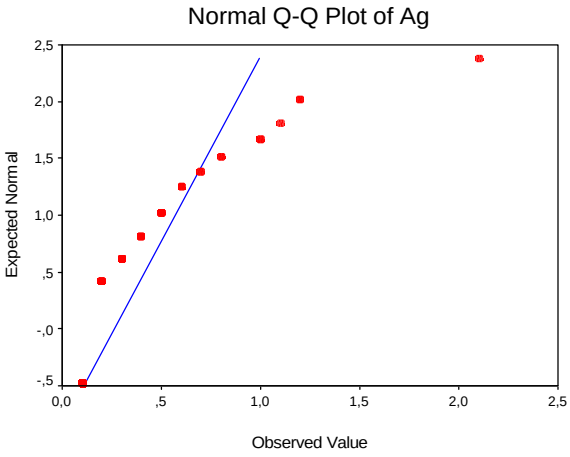


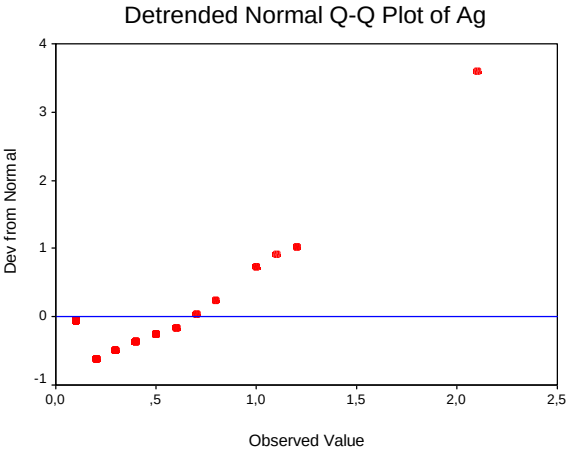
Tallos y Hojas

Ag Stem-and-Leaf Plot

Frequency	Stem & Leaf
72,00	1 . 000000000000000000000000000000000000
,00	1 .
7,00	2 . 000
,00	2 .
9,00	3 . 0000
,00	3 .
5,00	4 . 00
,00	4 .
8,00	5 . 0000
13,00	Extremes (>=,60)

Stem width: ,10
Each leaf: 2 case(s)





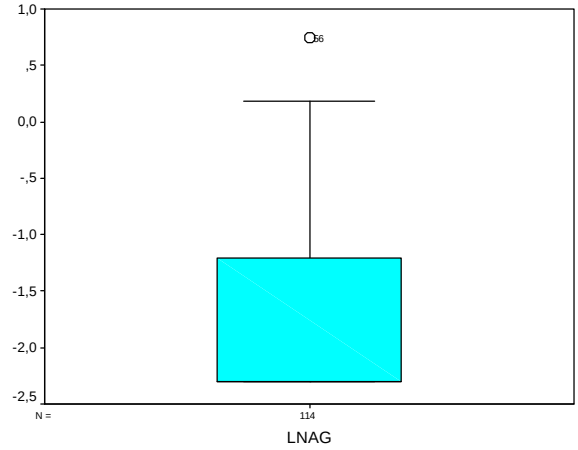
Resumen de casos procesados

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Ln Ag	114	98,3%	2	1,7%	116	100,0%

ANALISIS ESTADISTICO: Ln-Ag

Box Plot

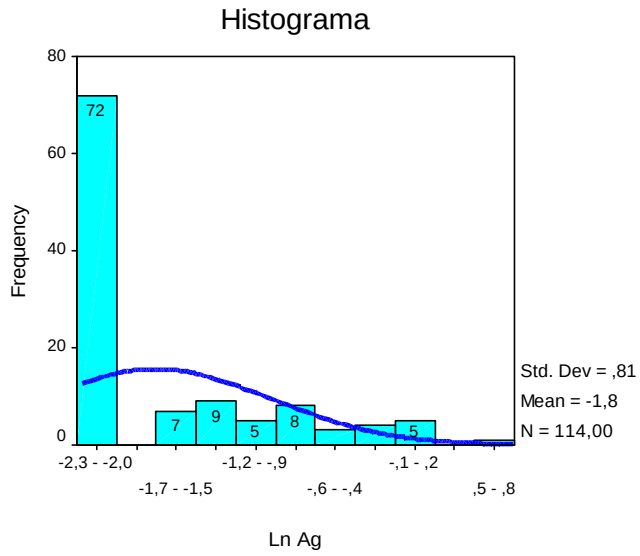


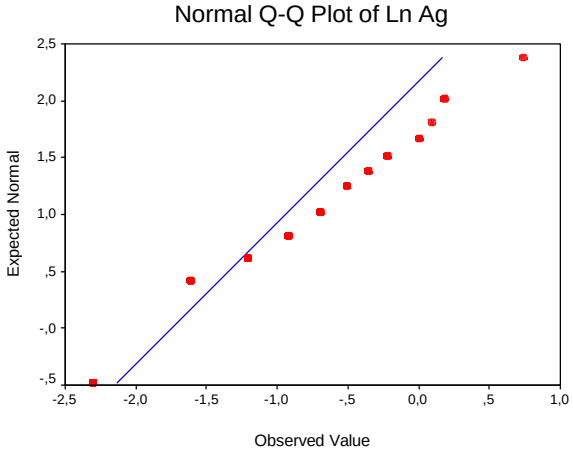
Tallos y Hojas

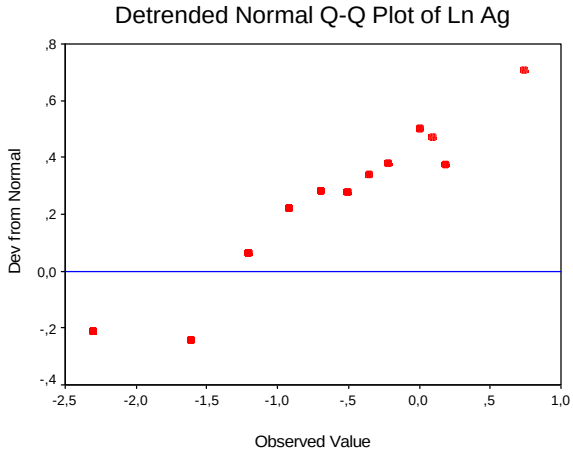
Ln Ag Stem-and-Leaf Plot

Frequency	Stem &	Leaf
72,00	-2 .	333333333333333333333333333333333333
,00	-2 .	
,00	-1 .	
7,00	-1 .	666
,00	-1 .	
9,00	-1 .	2222
,00	-1 .	
5,00	-0 .	99
8,00	-0 .	6666
3,00	-0 .	5
4,00	-0 .	23
,00	-0 .	
5,00	0 .	01
1,00 Extremes	(>=,7)	

Stem width: 1,00
Each leaf: 2 case(s)







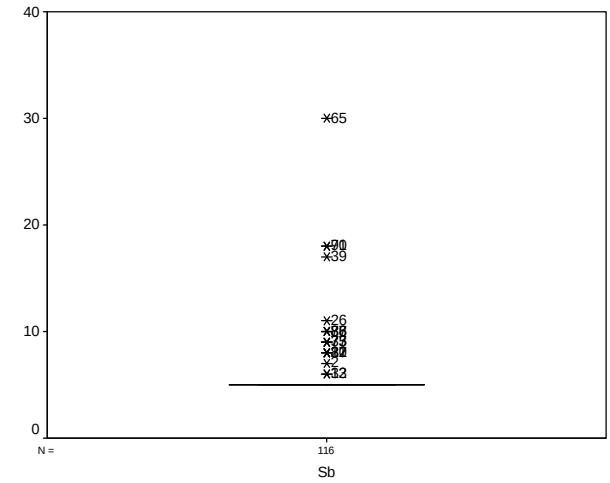
Resumen de casos procesados

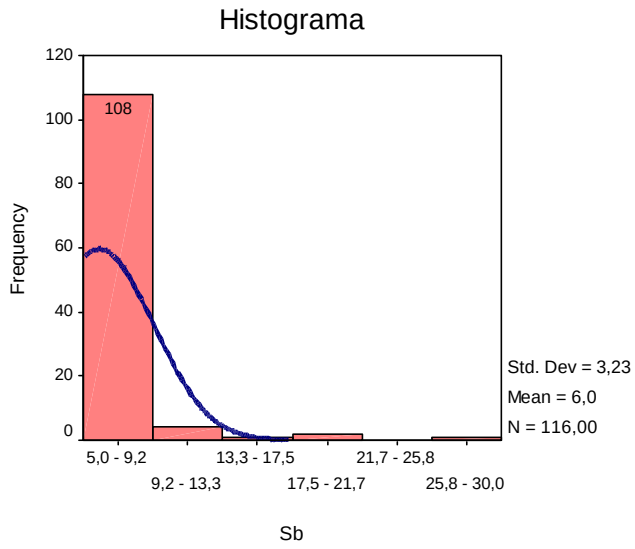
Case Processing Summary

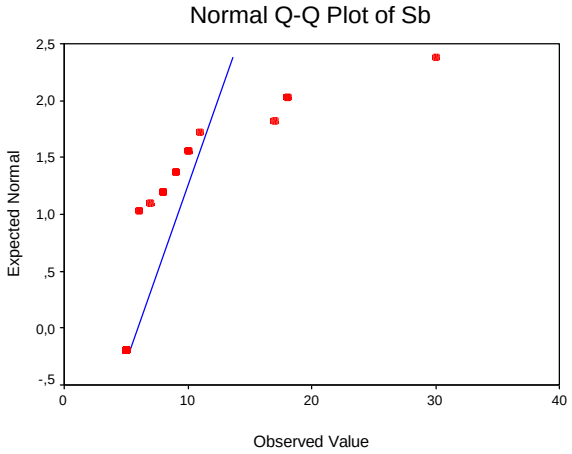
	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Ln Ag	114	98,3%	2	1,7%	116	100,0%

ANALISIS ESTADISTICO: Sb

Box Plot







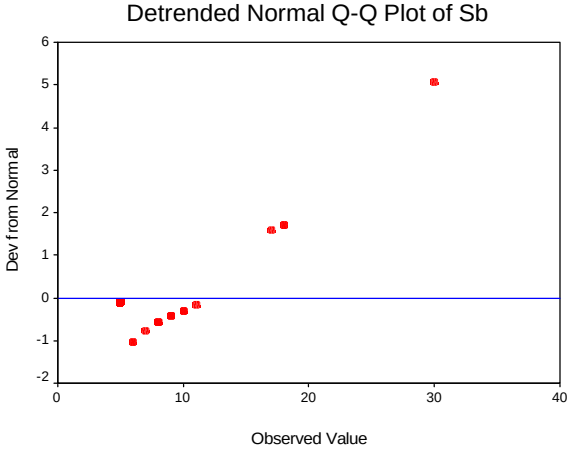
Tallos y Hojas

```
Sb Stem-and-Leaf Plot

 Frequency    Stem &  Leaf

    98,00        0 .  55555555555555555555
                      55555555555555555555555555
    18,00 Extremes    (>=6)

 Stem width:     10,00
 Each leaf:       2 case(s)
```



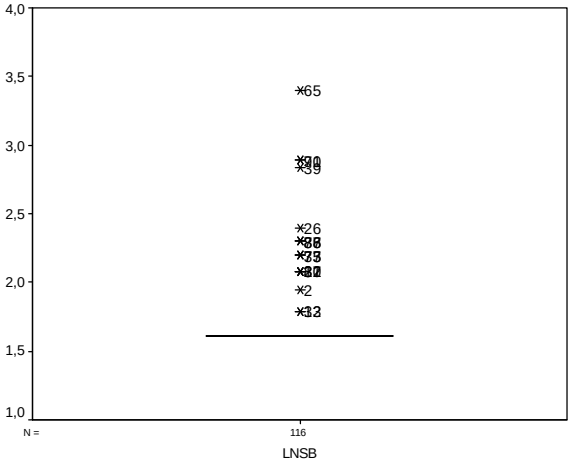
Resumen de casos procesados

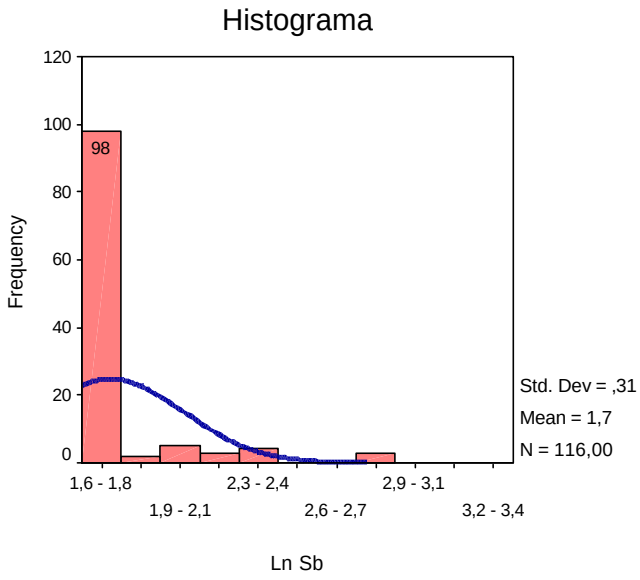
Case Processing Summary

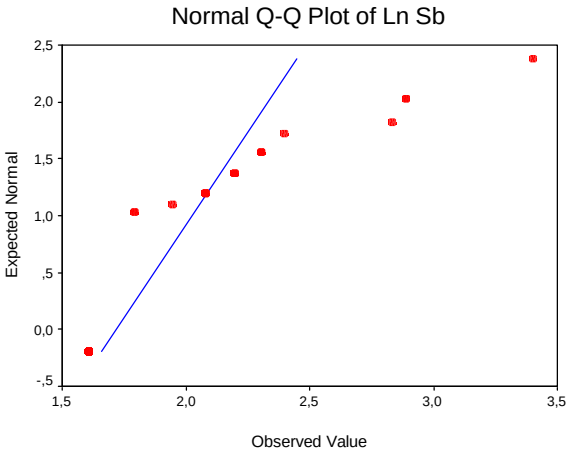
	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Sb	116	100,0%	0	,0%	116	100,0%

ANALISIS ESTADISTICO: Ln-Sb

Box Plot







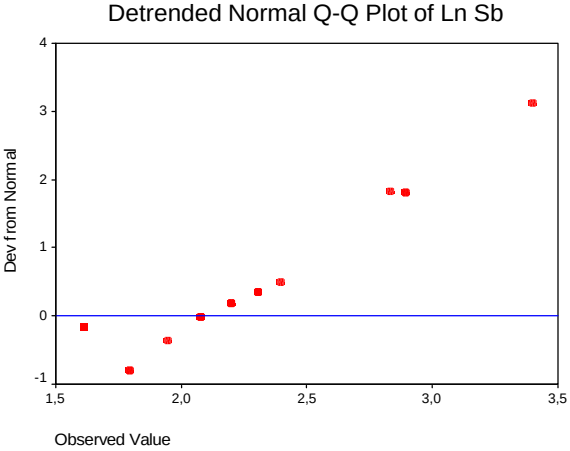
Tallos y Hojas

```
Ln Sb Stem-and-Leaf Plot

 Frequency    Stem &  Leaf

    98,00        0 .  11111111111111111
                      11111111111111111111
                      1111111111
    18,00 Extremes    (>=2)

 Stem width:     10,00
 Each leaf:       2 case(s)
```



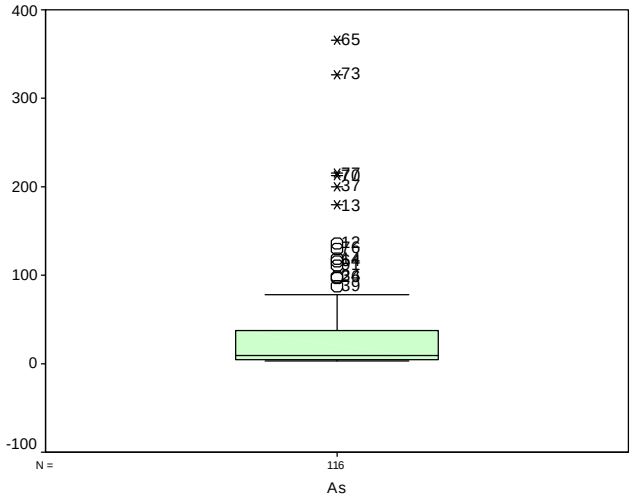
Resumen de casos procesados

Case Processing Summary

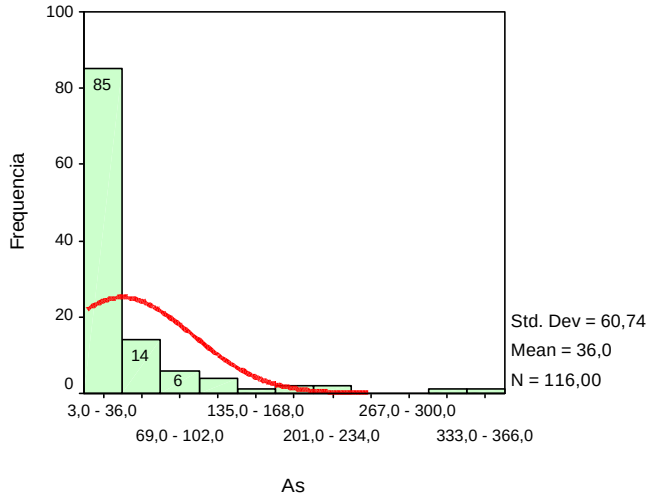
	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
LNSB	116	100,0%	0	,0%	116	100,0%

ANALISIS ESTADISTICO: As

Box Plot



Histograma



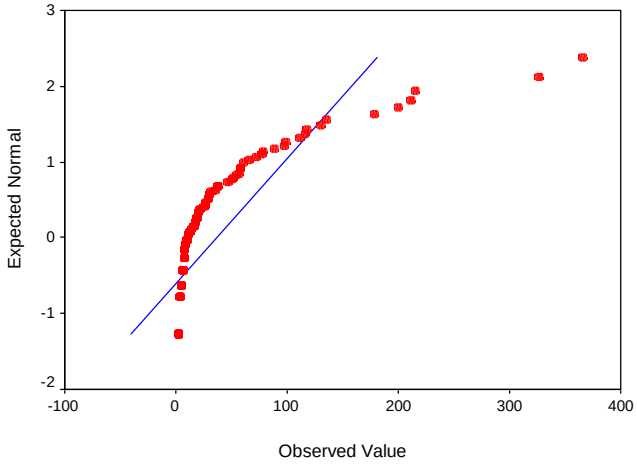
Tallos y Hojas

As Stem-and-Leaf Plot

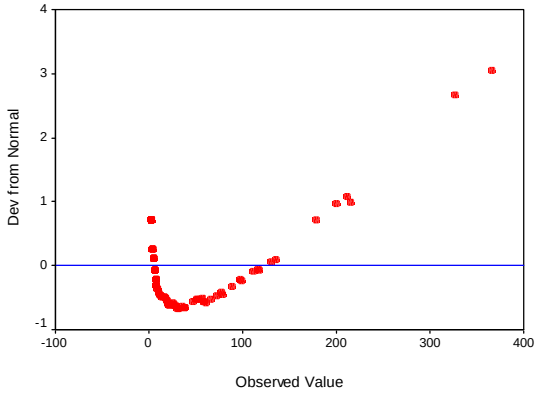
Frequency	Stem &	Leaf
27,00	0 .	333333333333333333333334444
28,00	0 .	555555566666666777777888899
9,00	1 .	000011334
8,00	1 .	66888999
4,00	2 .	0011
7,00	2 .	5677999
2,00	3 .	02
4,00	3 .	6888
,00	4 .	
1,00	4 .	7
3,00	5 .	024
4,00	5 .	7888
1,00	6 .	1
1,00	6 .	6
1,00	7 .	2
2,00	7 .	78
14,00 Extremes		(>=88)

Stem width: 10,00
Each leaf: 1 case(s)

Normal Q-Q Plot of As



Detrended Normal Q-Q Plot of As



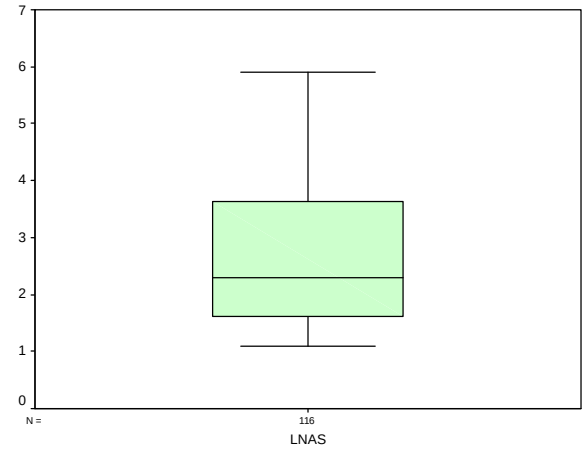
Resumen de casos procesados

Case Processing Summary

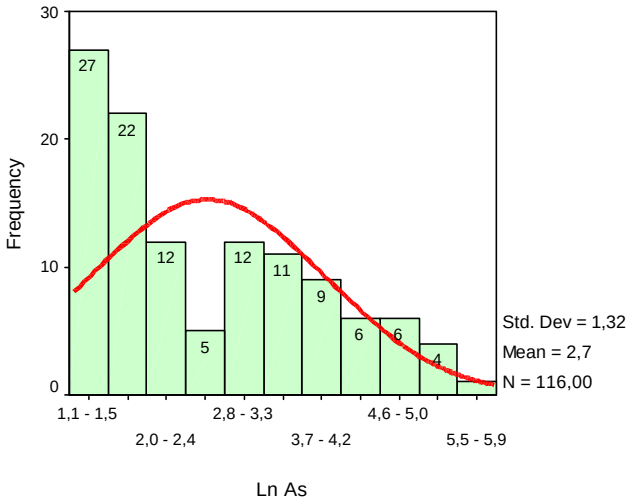
	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
As	116	100,0%	0	,0%	116	100,0%

ANALISIS ESTADISTICO: Ln-As

Box Plot



Histograma



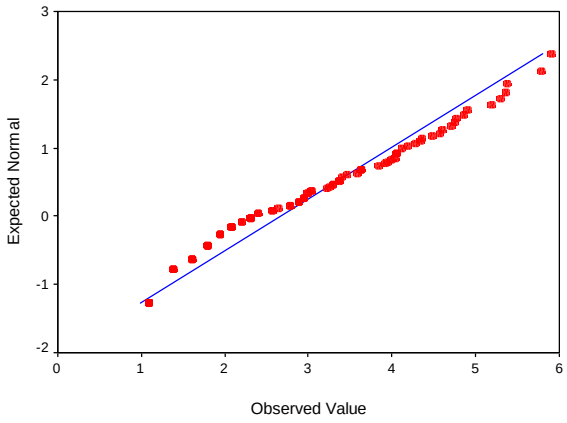
Tallos y Hojas

Ln As Stem-and-Leaf Plot

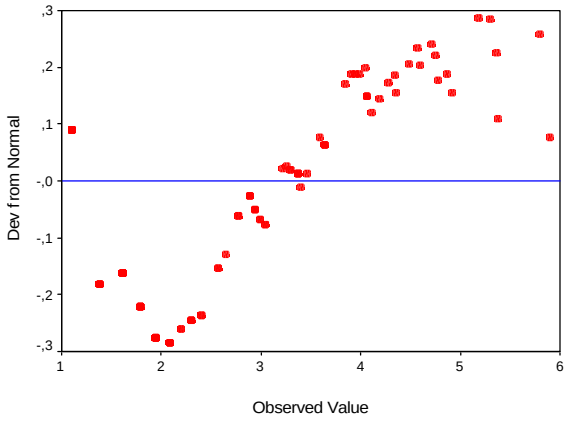
Frequency	Stem & Leaf
27,00	1 . 000000000000000000000003333
22,00	1 . 6666666777777777999999
12,00	2 . 000011333333
13,00	2 . 5567788899999
11,00	3 . 00222233344
8,00	3 . 56668999
10,00	4 . 0000112334
7,00	4 . 5577789
4,00	5 . 1233
2,00	5 . 79

Stem width: 1,00
Each leaf: 1 case(s)

Normal Q-Q Plot of Ln As



Detrended Normal Q-Q Plot of Ln As



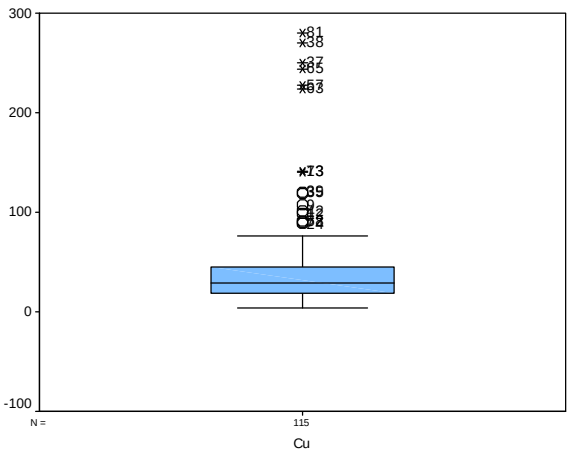
Resumen de casos procesados

Case Processing Summary

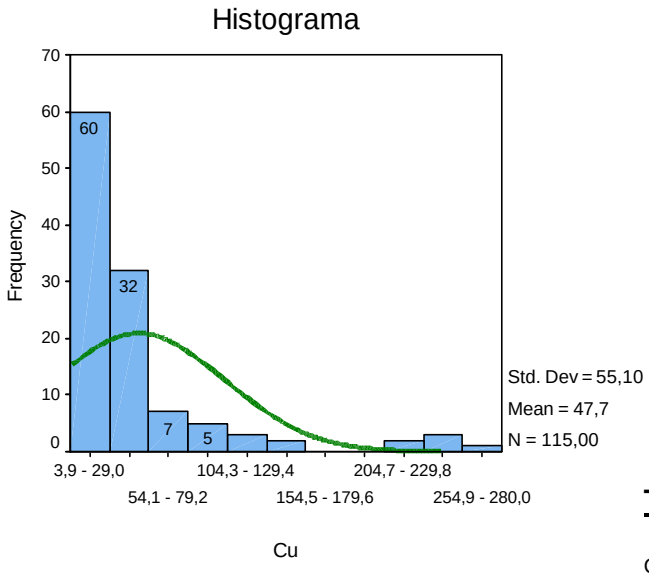
	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Ln As	116	100,0%	0	,0%	116	100,0%

ANALISIS ESTADISTICO: Cu

Box Plot



Histograma



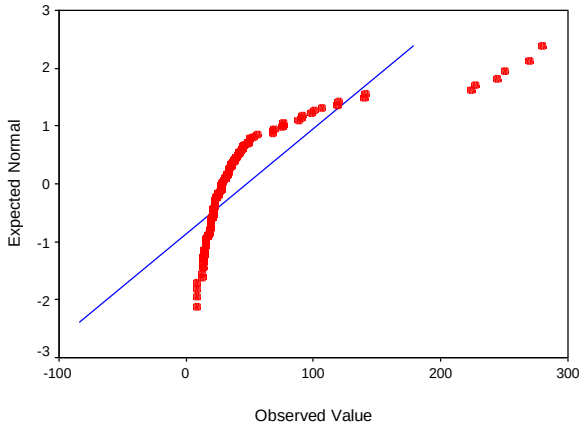
Tallos y Hojas

Cu Stem-and-Leaf Plot

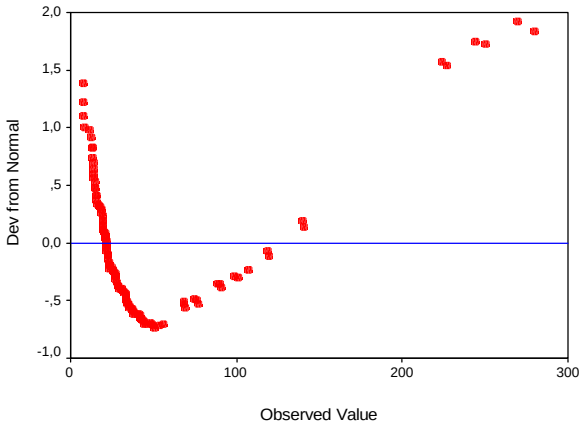
Frequency	Stem &	Leaf
1,00	0 .	3
4,00	0 .	7888
10,00	1 .	2233333444
16,00	1 .	5555567888999999
17,00	2 .	00111111222223333
13,00	2 .	5556777778889
10,00	3 .	0112333344
8,00	3 .	55677889
7,00	4 .	0122344
3,00	4 .	688
3,00	5 .	003
1,00	5 .	5
,00	6 .	
3,00	6 .	888
1,00	7 .	4
2,00	7 .	66
16,00	Extremes	(>=88)

Stem width: 10,00
Each leaf: 1 case(s)

Normal Q-Q Plot of Cu



Detrended Normal Q-Q Plot of Cu



Resumen de casos procesados

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Cu	115	99,1%	1	,9%	116	100,0%

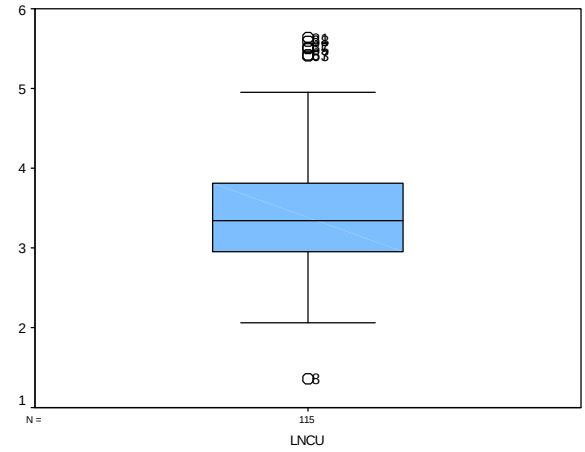
Tests of Normality

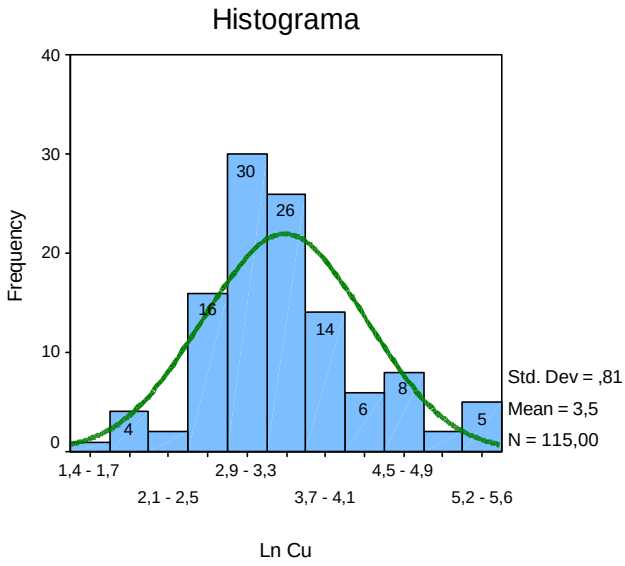
	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Statistic	df	Sig.
Cu	,273	115	,000

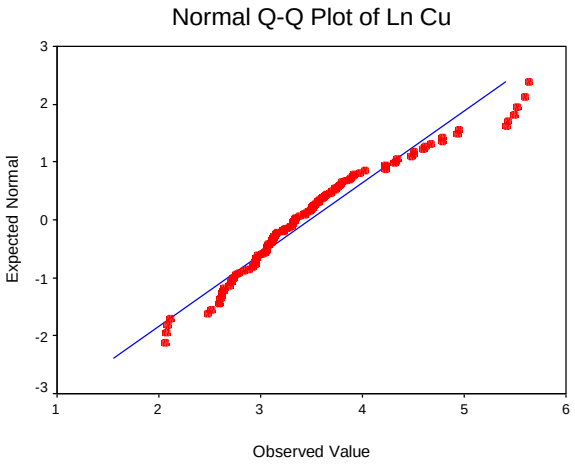
a. Lilliefors Significance Correction

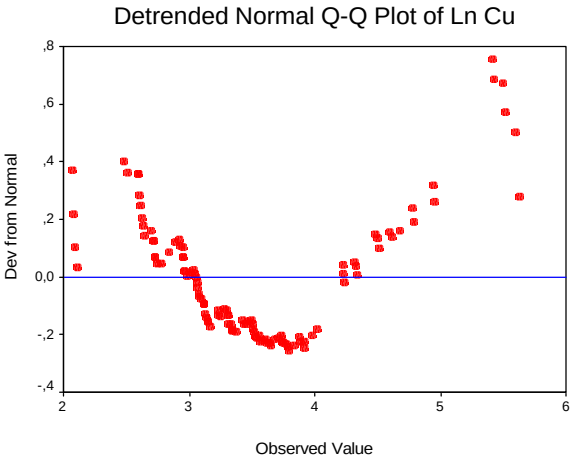
ANALISIS ESTADISTICO: Ln-Cu

Box Plot









Tallos y Hojas

Ln Cu Stem-and-Leaf Plot

Frequency Stem & Leaf

1,00 Extremes (=<1,4)
4,00 2 . 0001
,00 2 .
4,00 2 . 4555
12,00 2 . 666666777777
10,00 2 . 8899999999
17,00 3 . 00000000011111111
13,00 3 . 2222233333333
13,00 3 . 4444455555555
12,00 3 . 666667777777
6,00 3 . 888999
1,00 4 . 0
6,00 4 . 222333
4,00 4 . 4555
4,00 4 . 6677
2,00 4 . 99
6,00 Extremes (>=5,4)

Stem width: 1,00
Each leaf: 1 case(s)

Resumen de casos procesados

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Ln Cu	115	99,1%	1	,9%	116	100,0%

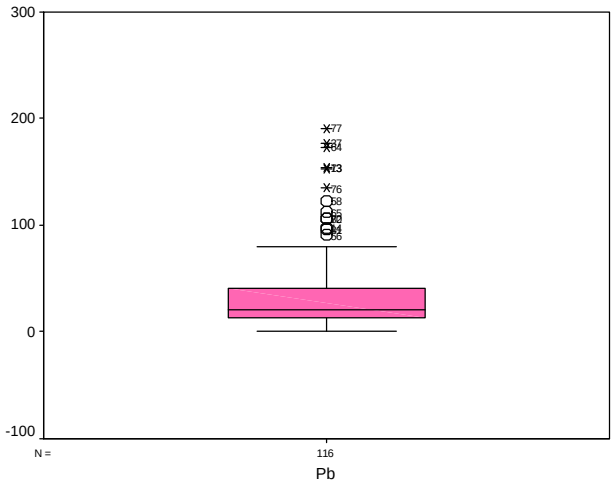
Tests of Normality

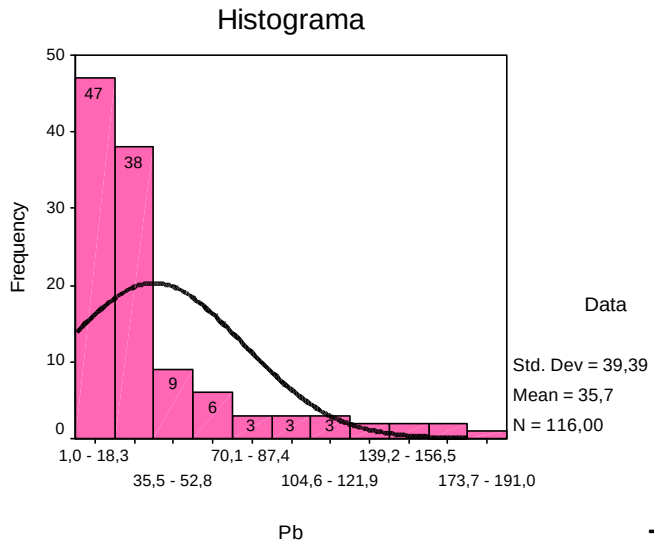
	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Statistic	df	Sig.
Ln Cu	,096	115	,011

a. Lilliefors Significance Correction

ANALISIS ESTADISTICO: Pb

Box Plot



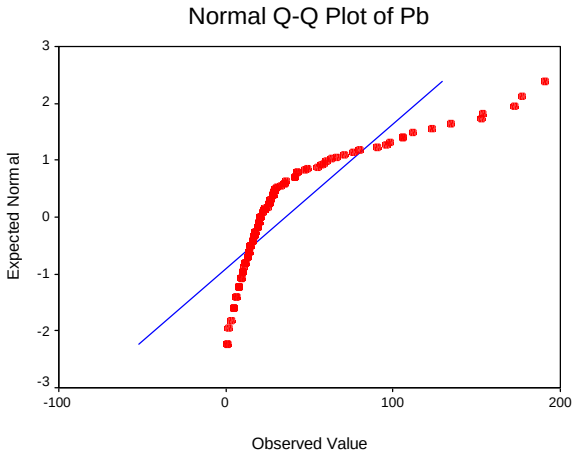


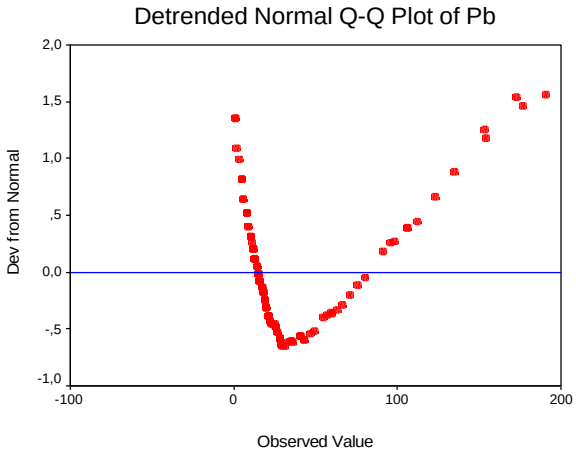
Tallos y Hojas

Pb Stem-and-Leaf Plot

Frequency	Stem &	Leaf
4,00	0 .	1123
13,00	0 .	5555668888899
16,00	1 .	0000122223333444
19,00	1 .	5555666677788899999
14,00	2 .	00001111122334
14,00	2 .	56666778888899
3,00	3 .	013
3,00	3 .	556
6,00	4 .	111133
2,00	4 .	79
,00	5 .	
3,00	5 .	579
2,00	6 .	03
1,00	6 .	6
1,00	7 .	1
1,00	7 .	6
1,00	8 .	0
13,00 Extremes		(>=91)

Stem width: 10,00
Each leaf: 1 case(s)





Resumen de casos procesados

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Pb	116	100,0%	0	,0%	116	100,0%

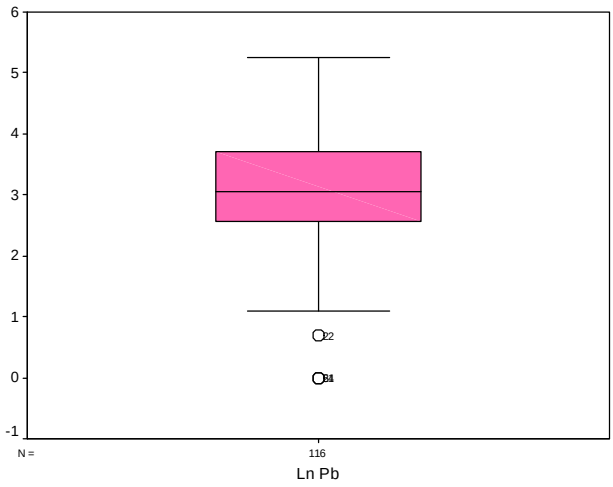
Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Statistic	df	Sig.
Pb	,257	116	,000

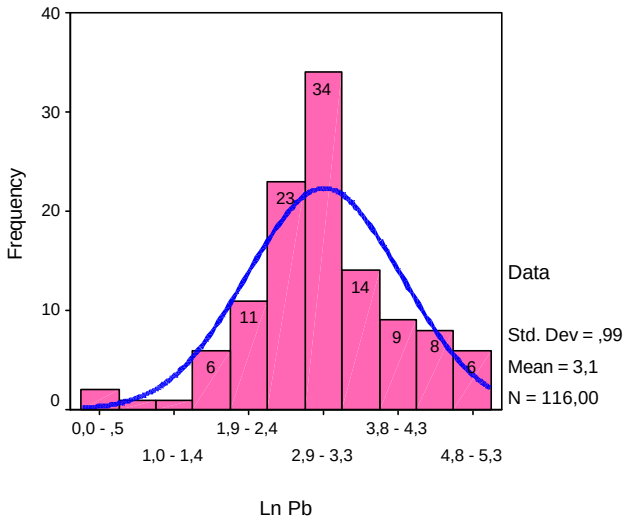
a. Lilliefors Significance Correction

ANALISIS ESTADISTICO: Ln-Pb

Box Plot



Histograma



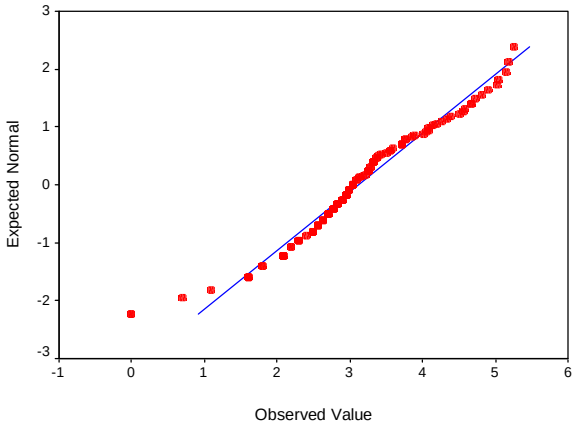
Tallos y Hojas

Ln Pb Stem-and-Leaf Plot

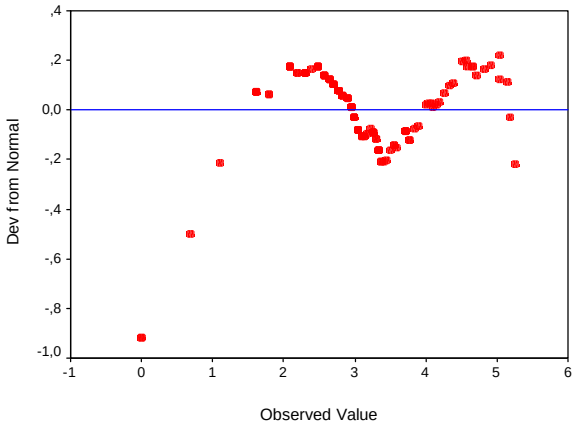
Frequency	Stem &	Leaf
3,00	Extremes	(=<,7)
1,00	1 .	0
6,00	1 .	666677
16,00	2 .	0000011333334444
30,00	2 .	55556667777777788888999999999
27,00	3 .	000000011122222223333333444
11,00	3 .	55577777788
9,00	4 .	000011233
8,00	4 .	55566789
5,00	5 .	00112

Stem width: 1,00
Each leaf: 1 case(s)

Normal Q-Q Plot of Ln Pb



Detrended Normal Q-Q Plot of Ln Pb



Resumen de casos procesados

Case Processing Summary

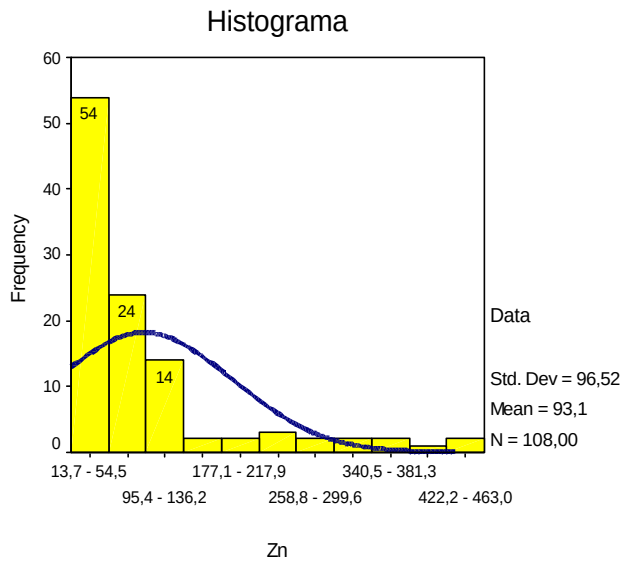
	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
LNPB	116	100,0%	0	,0%	116	100,0%

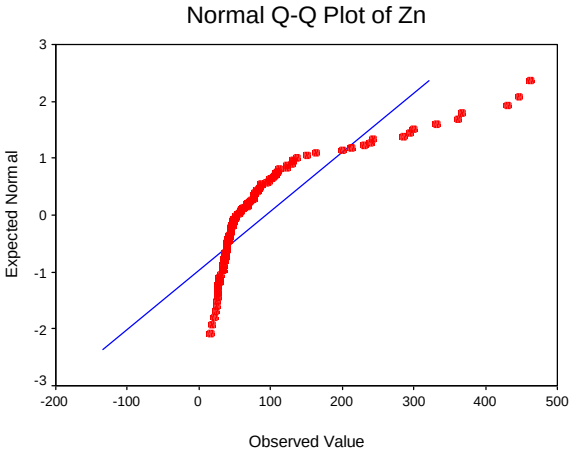
Tests of Normality

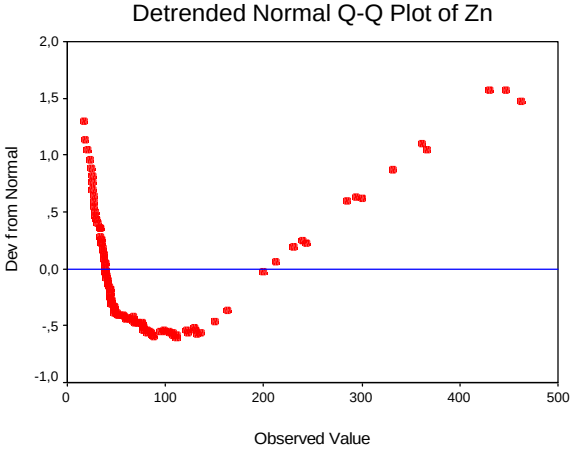
	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Statistic	df	Sig.
LNPB	,088	116	,029

a. Lilliefors Significance Correction

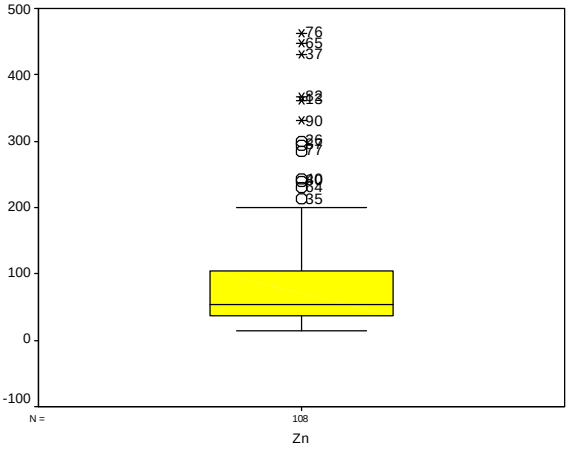
ANALISIS ESTADISTICO: Zn







Box Plot



Tallos y Hojas

Zn Stem-and-Leaf Plot

Frequency	Stem &	Leaf
3,00	1 .	367
12,00	2 .	124566677799
18,00	3 .	033334556677788889
18,00	4 .	000122333445557778
7,00	5 .	0025689
6,00	6 .	037778
7,00	7 .	1257778
6,00	8 .	114667
2,00	9 .	48
5,00	10 .	03578
2,00	11 .	12
2,00	12 .	23
4,00	13 .	0126
,00	14 .	
1,00	15 .	0
1,00	16 .	3
,00	17 .	
,00	18 .	
,00	19 .	
1,00	20 .	0
13,00 Extremes		(>=213)

Stem width: 10,00
Each leaf: 1 case(s)

Resumen de casos procesados

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Zn	108	93,1%	8	6,9%	116	100,0%

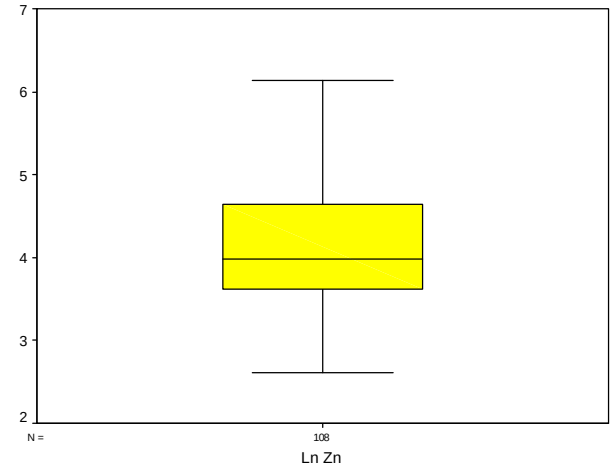
Tests of Normality

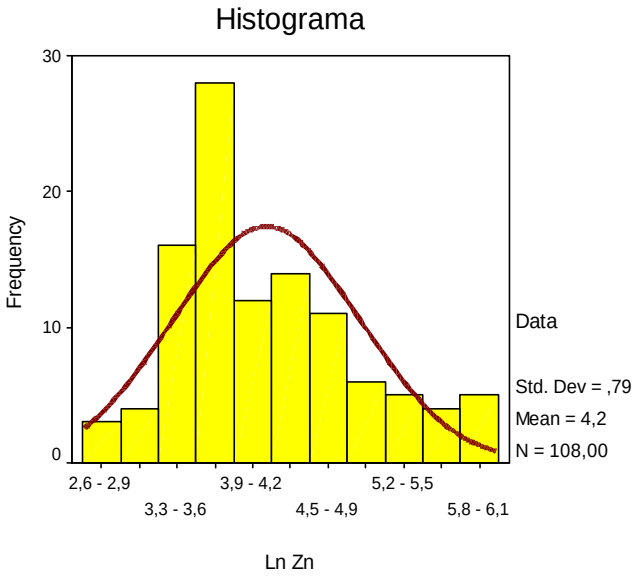
	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Statistic	df	Sig.
Zn	,235	108	,000

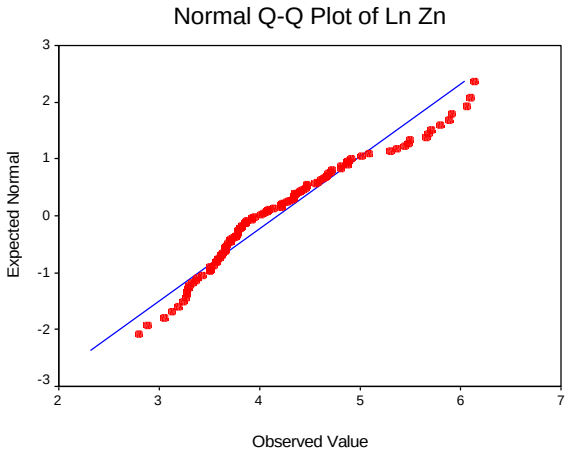
a. Lilliefors Significance Correction

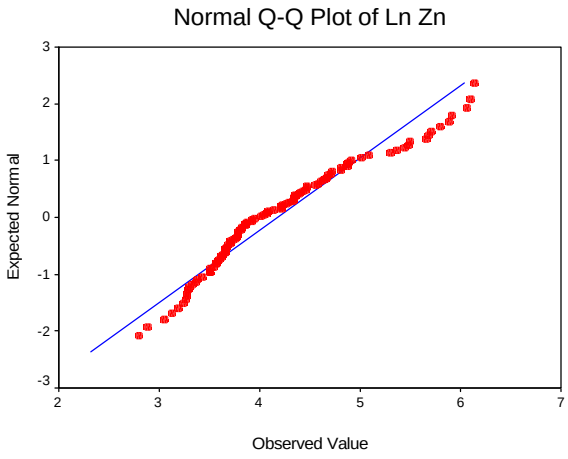
ANALISIS ESTADISTICO: Ln-Zn

Box Plot









Tallos y Hojas

Ln Zn Stem-and-Leaf Plot

Frequency	Stem & Leaf
3,00	2 . 678
13,00	3 . 0112222233334
38,00	3 . 55555555666666666777777777888888999
23,00	4 . 00000122222333333444444
15,00	4 . 556666677888889
7,00	5 . 0023444
6,00	5 . 667889
3,00	6 . 011

Stem width: 1,00
Each leaf: 1 case(s)

Resumen de casos procesados

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
LNZN	108	93,1%	8	6,9%	116	100,0%

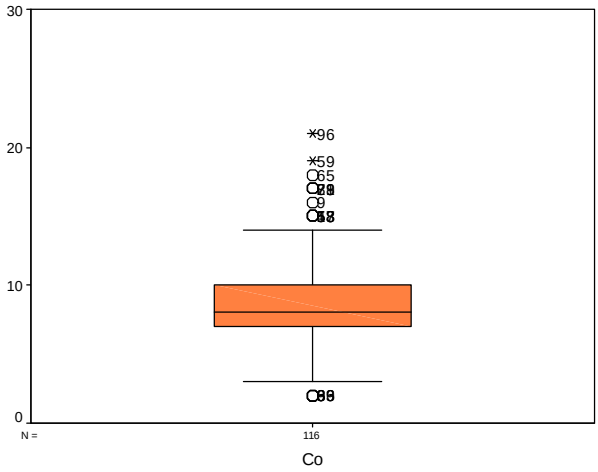
Tests of Normality

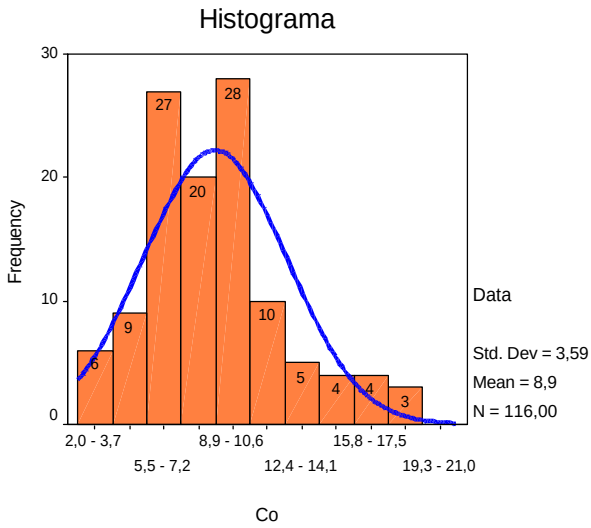
	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Statistic	df	Sig.
LNZN	,122	108	,000

a. Lilliefors Significance Correction

ANALISIS ESTADISTICO: Co

Box Plot





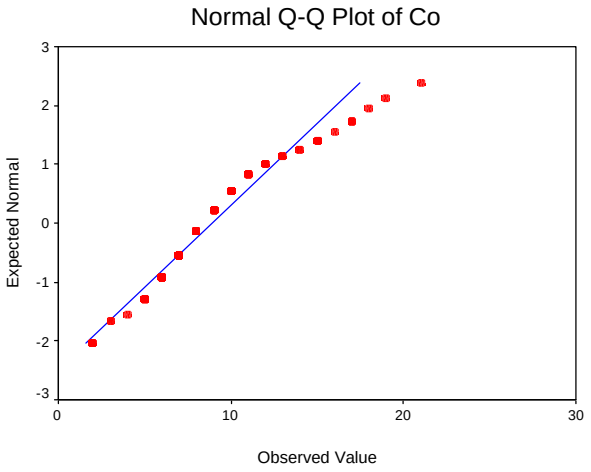
Tallos y Hojas

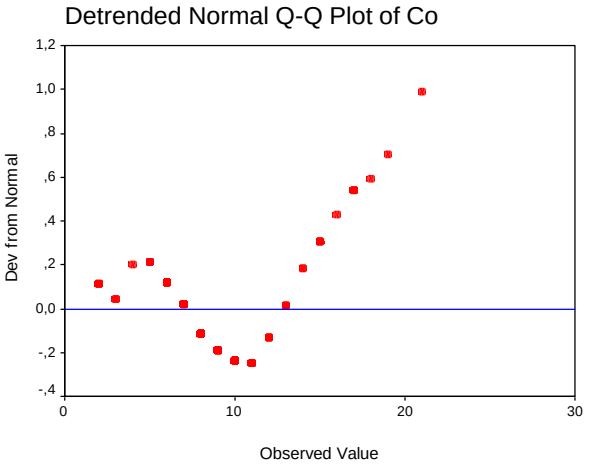
Co Stem-and-Leaf Plot

Frequency Stem & Leaf

4,00 Extremes (=<2,0)
2,00 3 . 00
1,00 4 . 0
8,00 5 . 00000000
11,00 6 . 00000000000
16,00 7 . 0000000000000000
20,00 8 . 00000000000000000000
13,00 9 . 0000000000000
15,00 10 . 000000000000000
6,00 11 . 000000
4,00 12 . 0000
3,00 13 . 000
2,00 14 . 00
11,00 Extremes (>=15,0)

Stem width: 1,00
Each leaf: 1 case(s)





Resumen de casos procesados

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Co	116	100,0%	0	,0%	116	100,0%

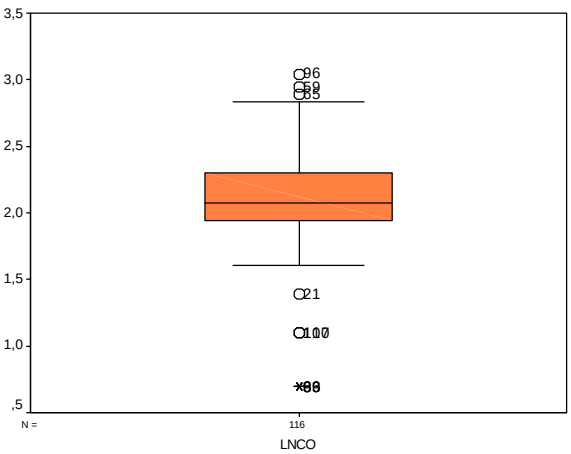
Tests of Normality

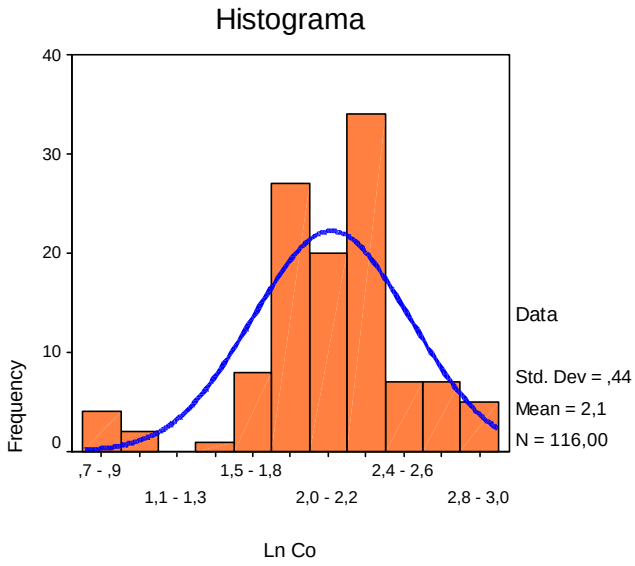
	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Statistic	df	Sig.
Co	,153	116	,000

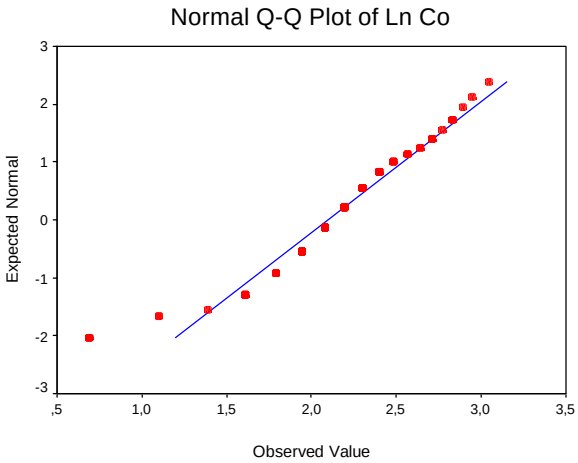
a. Lilliefors Significance Correction

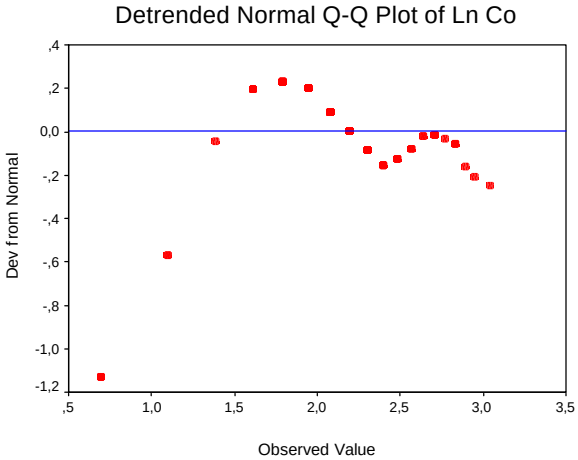
ANALISIS ESTADISTICO: Ln-Co

Box Plot









Tallos y Hojas

Ln Co Stem-and-Leaf Plot

Frequency	Stem &	Leaf
7,00	Extremes	(=<1,39)
8,00	16 .	00000000
11,00	17 .	99999999999
,00	18 .	
16,00	19 .	4444444444444444
20,00	20 .	77777777777777777777
13,00	21 .	9999999999999
,00	22 .	
21,00	23 .	000000000000000999999
4,00	24 .	8888
3,00	25 .	666
2,00	26 .	33
5,00	27 .	00007
3,00	28 .	333
3,00	Extremes	(>=2,89)

Stem width: ,10
Each leaf: 1 case(s)

Resumen de casos procesados

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
LNCO	116	100,0%	0	,0%	116	100,0%

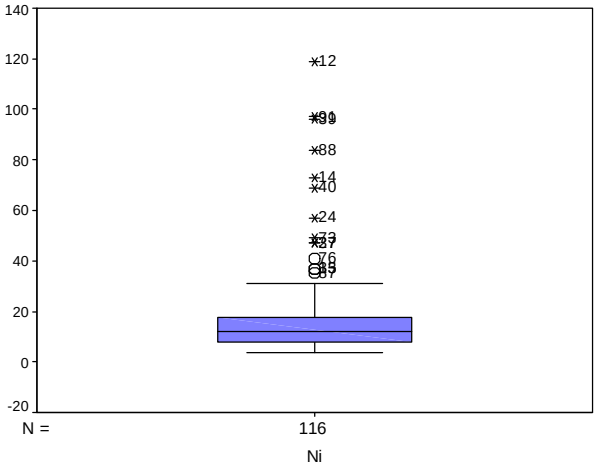
Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Statistic	df	Sig.
LNCO	,144	116	,000

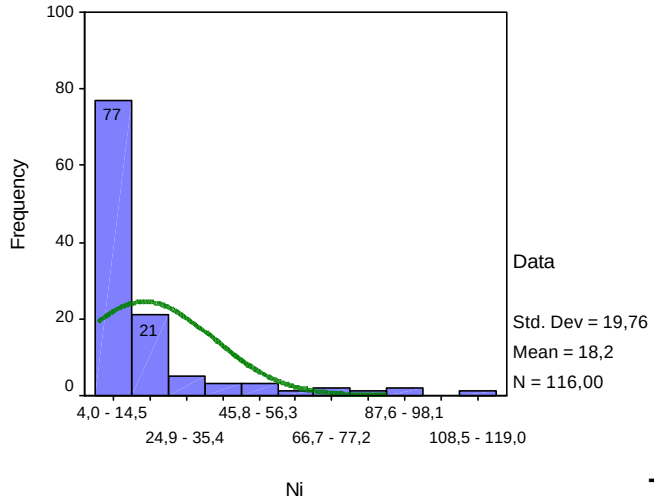
a. Lilliefors Significance Correction

ANALISIS ESTADISTICO: Ni

Box Plot



Histograma



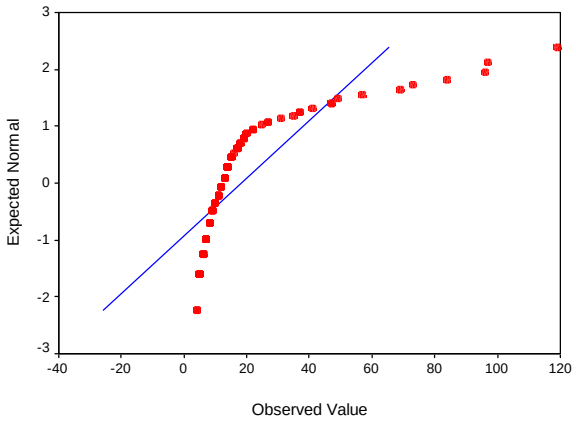
Tallos y Hojas

Ni Stem-and-Leaf Plot

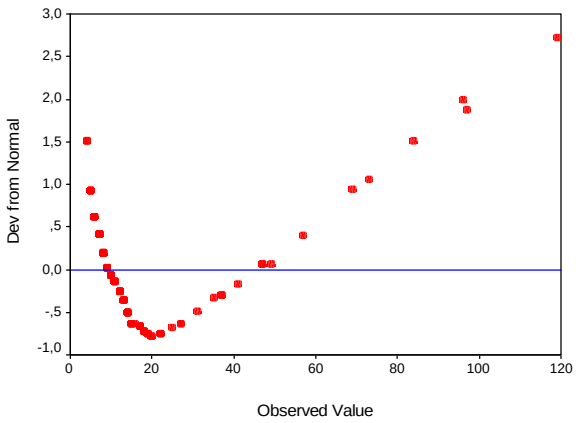
Frequency	Stem &	Leaf
,00	0 .	
10,00	0 .	4455555555
13,00	0 .	6666777777777
17,00	0 .	88888888899999999
11,00	1 .	00001111111
15,00	1 .	222222223333333
15,00	1 .	444444444445555
6,00	1 .	677777
6,00	1 .	888999
2,00	2 .	00
3,00	2 .	222
1,00	2 .	5
2,00	2 .	77
,00	2 .	
1,00	3 .	1
14,00 Extremes	(>=35)	

Stem width: 10,00
Each leaf: 1 case(s)

Normal Q-Q Plot of Ni



Detrended Normal Q-Q Plot of Ni



Resumen de casos procesados

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Ni	116	100,0%	0	,0%	116	100,0%

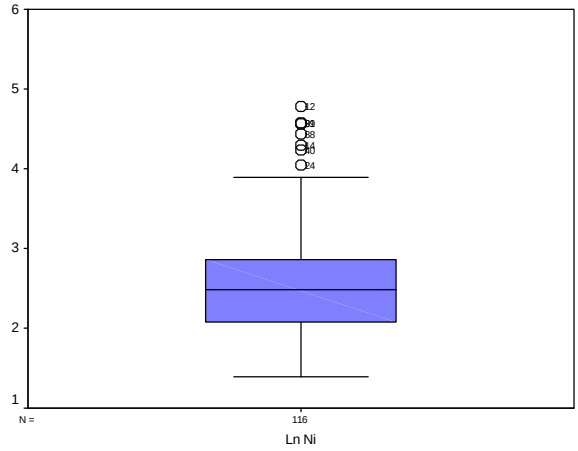
Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Statistic	df	Sig.
Ni	,286	116	,000

a. Lilliefors Significance Correction

ANALISIS ESTADISTICO: Ln-Ni

Box Plot

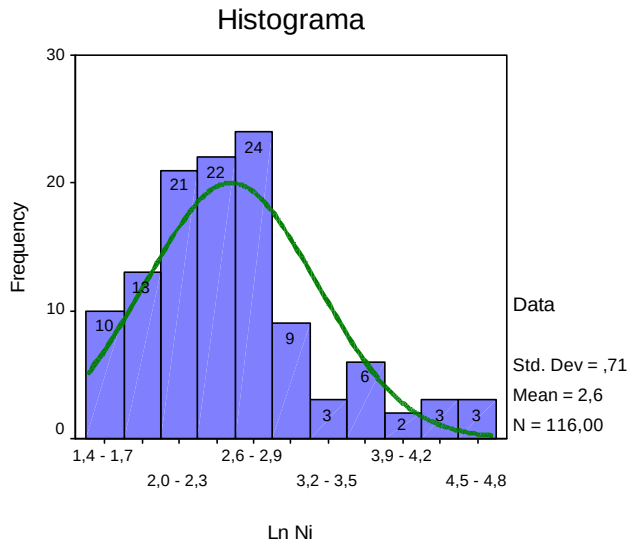


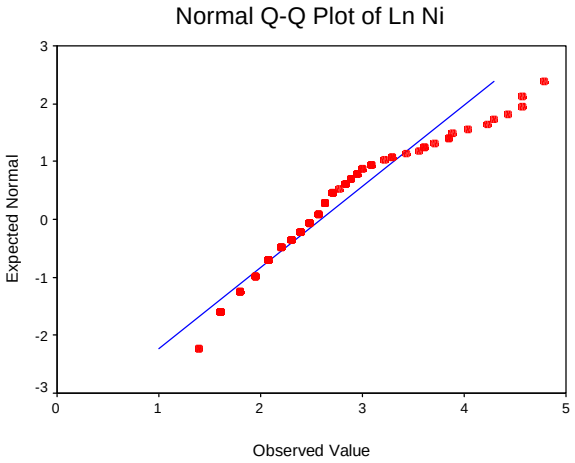
Tallos y Hojas

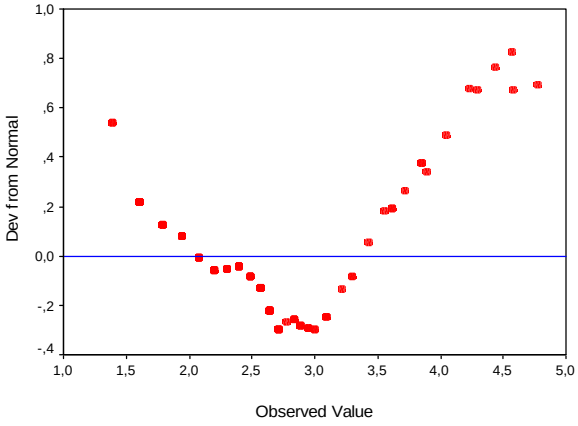
Ln Ni Stem-and-Leaf Plot

Frequency	Stem &	Leaf
2,00	1 .	33
,00	1 .	
12,00	1 .	666666667777
9,00	1 .	999999999
17,00	2 .	00000000011111111
11,00	2 .	33333333333
15,00	2 .	444444445555555
16,00	2 .	6666666666677777
13,00	2 .	8888888899999
3,00	3 .	000
3,00	3 .	222
2,00	3 .	45
3,00	3 .	667
3,00	3 .	888
7,00 Extremes	(>=4,0)	

Stem width: 1,00
Each leaf: 1 cases.







Resumen de casos procesados

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
LNNI	116	100,0%	0	,0%	116	100,0%

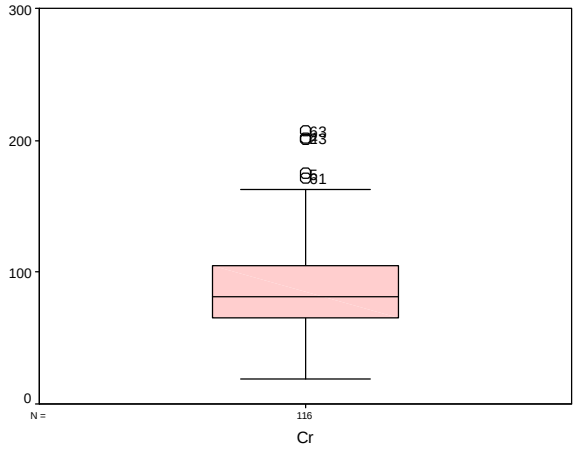
Tests of Normality

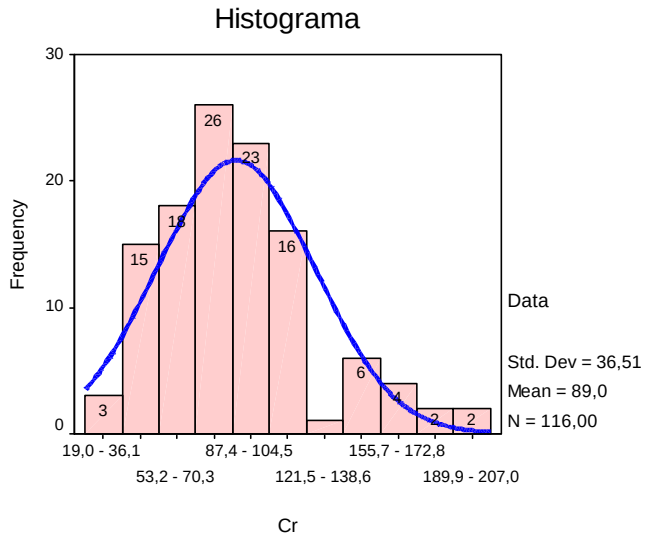
	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Statistic	df	Sig.
LNNI	,135	116	,000

a. Lilliefors Significance Correction

ANALISIS ESTADISTICO: Cr

Box Plot



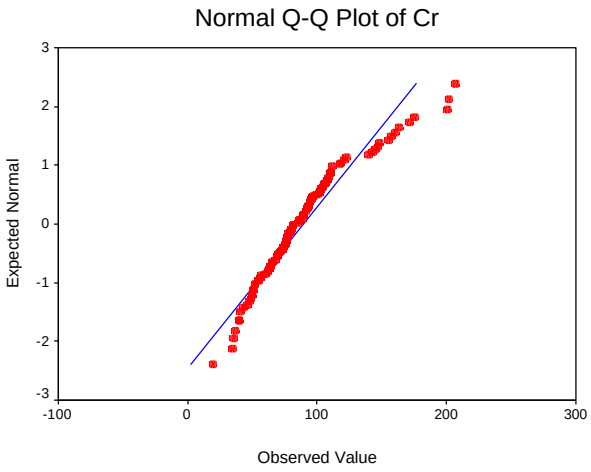


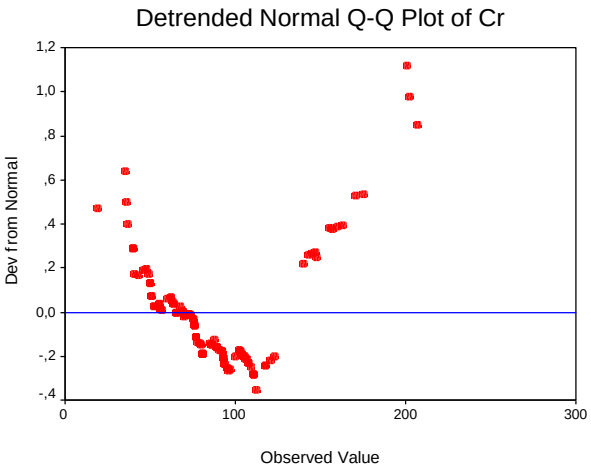
Tallos y Hojas

Cr Stem-and-Leaf Plot

Frequency	Stem &	Leaf
1,00	1 .	9
,00	2 .	
3,00	3 .	567
8,00	4 .	00013689
10,00	5 .	0011225567
13,00	6 .	0223445558999
18,00	7 .	012344556667777899
15,00	8 .	011111566899999
12,00	9 .	122333445567
12,00	10 .	023345567889
8,00	11 .	11111288
2,00	12 .	13
,00	13 .	
5,00	14 .	03578
2,00	15 .	57
2,00	16 .	03
5,00 Extremes	(>=171)	

Stem width: 10,00
Each leaf: 1 case(s)





Resumen de casos procesados

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Cr	116	100,0%	0	,0%	116	100,0%

Tests of Normality

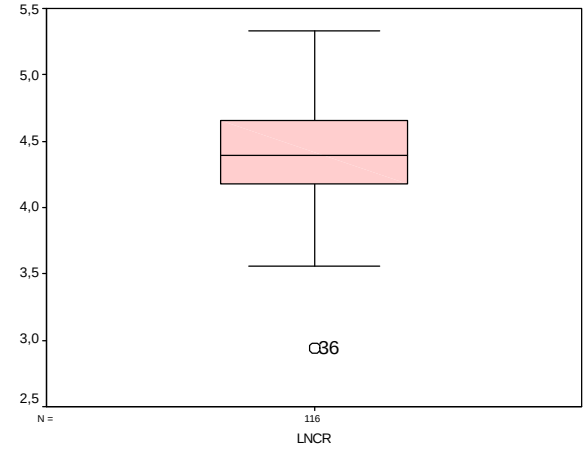
	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Statistic	df	Sig.
Cr	,110	116	,002 *

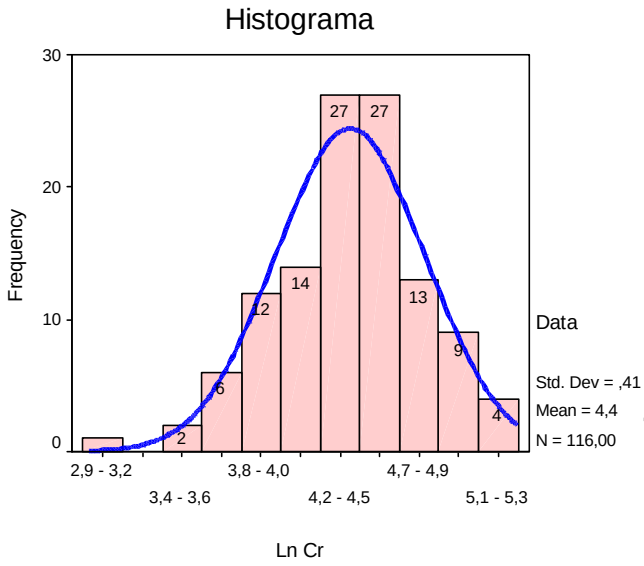
*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

ANALISIS ESTADISTICO: Ln-Cr

Box Plot



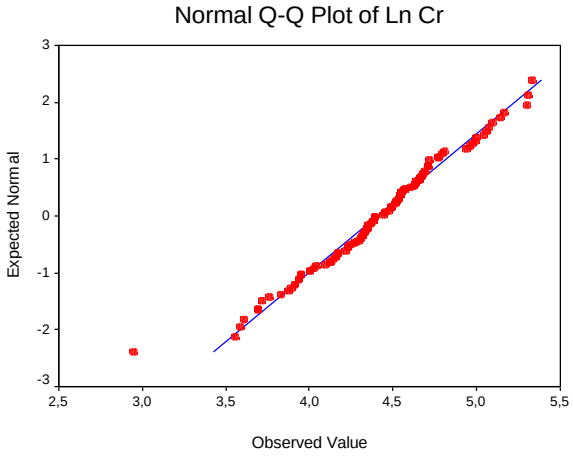


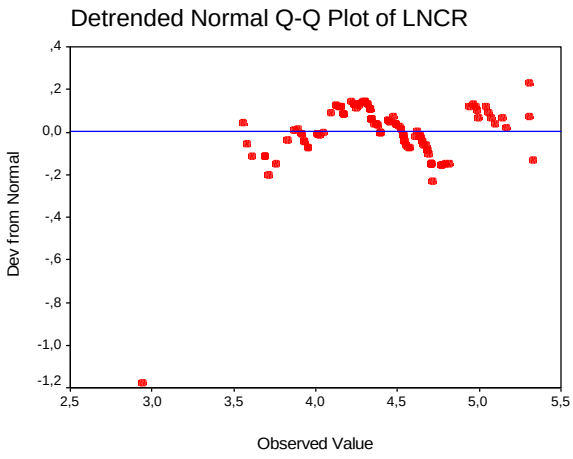
Tallos y Hojas

Ln CrStem-and-Leaf Plot

Frequency	Stem &	Leaf
1,00	Extremes	(=<2,94)
2,00	35 .	58
4,00	36 .	1888
2,00	37 .	16
3,00	38 .	279
6,00	39 .	113355
5,00	40 .	00249
8,00	41 .	22455777
8,00	42 .	13334679
20,00	43 .	00113334444566899999
9,00	44 .	455788888
12,00	45 .	122333445567
12,00	46 .	023345567889
9,00	47 .	000001779
1,00	48 .	1
5,00	49 .	46799
4,00	50 .	4579
2,00	51 .	46
,00	52 .	
3,00	53 .	003

Stem width: ,10
Each leaf: 1 case(s)





Resumen de casos procesados

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
LNCR	116	100,0%	0	,0%	116	100,0%

Tests of Normality

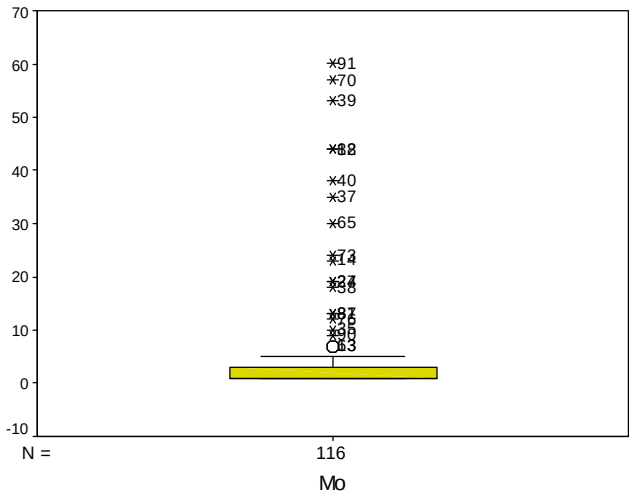
	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Statistic	df	Sig.
LNCR	,070	116	,200*

*. This is a lower bound of the true significance.

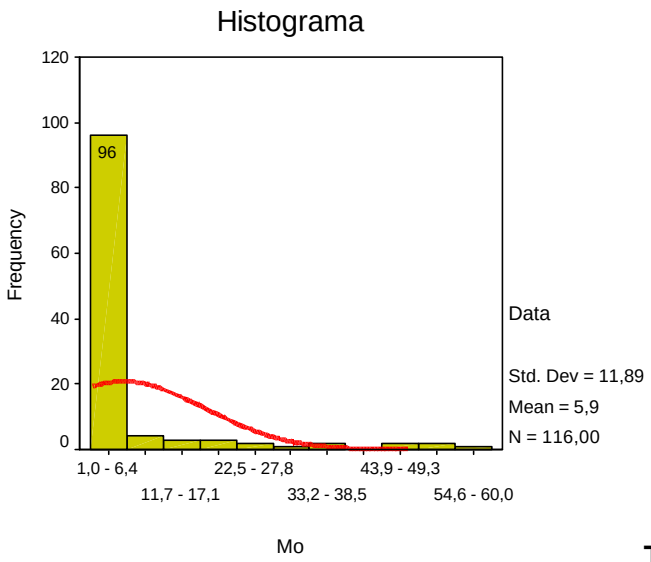
a. Lilliefors Significance Correction

ANALISIS ESTADISTICO: Mo

Box Plot



Histograma



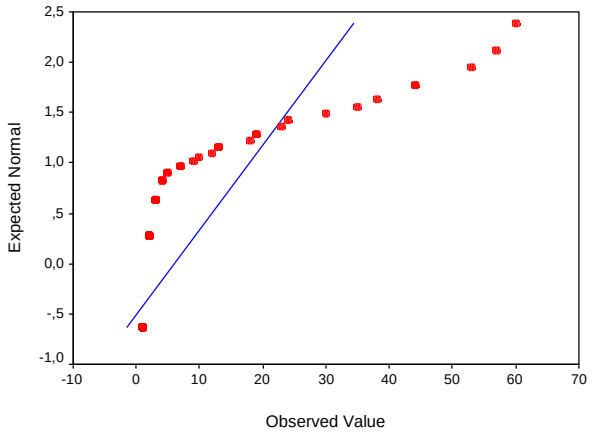
Tallos y Hojas

Mo Stem-and-Leaf Plot

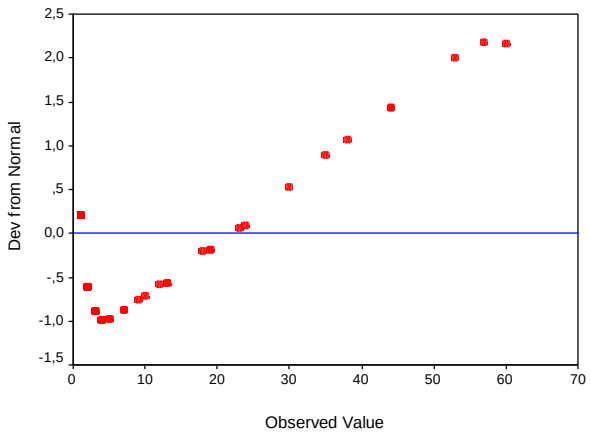
Frequency	Stem &	Leaf
61,00	1 .	0000000000000000000000000000000
,00	1 .	
20,00	2 .	0000000000
,00	2 .	
10,00	3 .	00000
,00	3 .	
3,00	4 .	0
,00	4 .	
2,00	5 .	0
20,00 Extremes		(>=7,0)

Stem width: 1,00
Each leaf: 2 case(s)

Normal Q-Q Plot of Mo



Detrended Normal Q-Q Plot of Mo



Resumen de casos procesados

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Mo	116	100,0%	0	,0%	116	100,0%

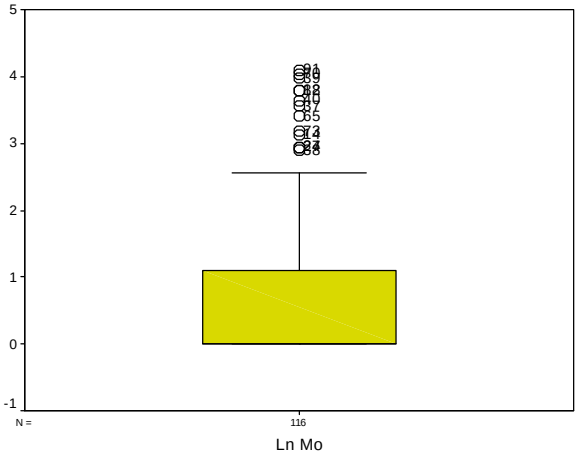
Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Statistic	df	Sig.
Mo	,382	116	,000

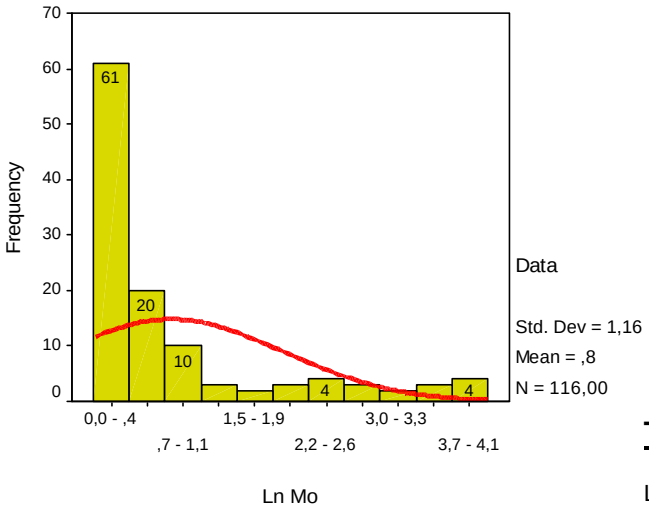
a. Lilliefors Significance Correction

ANALISIS ESTADISTICO: Ln-Mo

Box Plot



Histograma



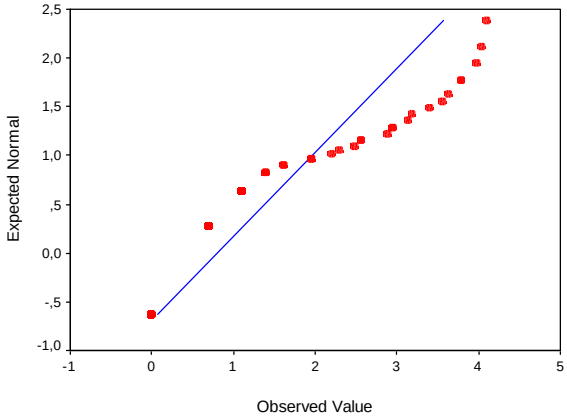
Tallos y Hojas

Ln Mo Stem-and-Leaf Plot

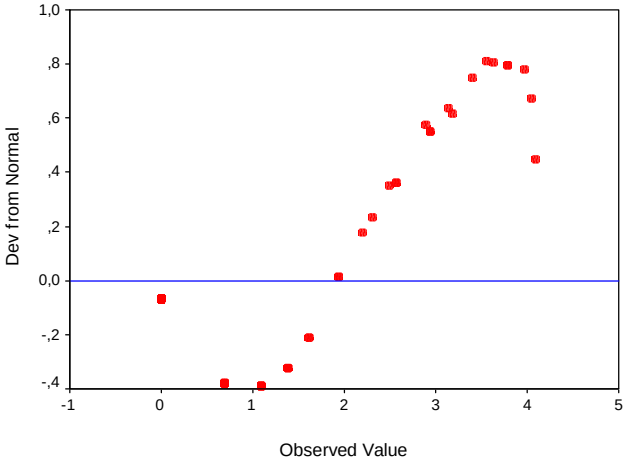
Frequency	Stem &	Leaf
61,00	0 .	0000000000000000000000000000000
,00	0 .	
,00	0 .	
20,00	0 .	6666666666
,00	0 .	
10,00	1 .	00000
3,00	1 .	3
,00	1 .	
2,00	1 .	6
2,00	1 .	9
1,00	2 .	&
1,00	2 .	&
3,00	2 .	5&
13,00 Extremes	(>=2,9)	

Stem width: 1,00
Each leaf: 2 case(s)
& denotes fractional leaves.

Normal Q-Q Plot of Ln Mo



Detrended Normal Q-Q Plot of Ln Mo



Resumen de casos procesados

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
LNMO	116	100,0%	0	,0%	116	100,0%

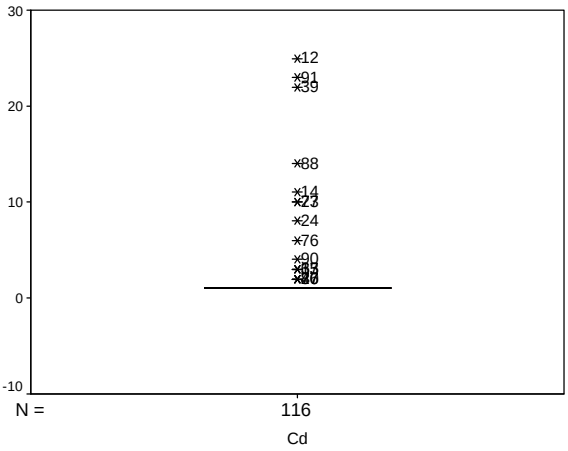
Tests of Normality

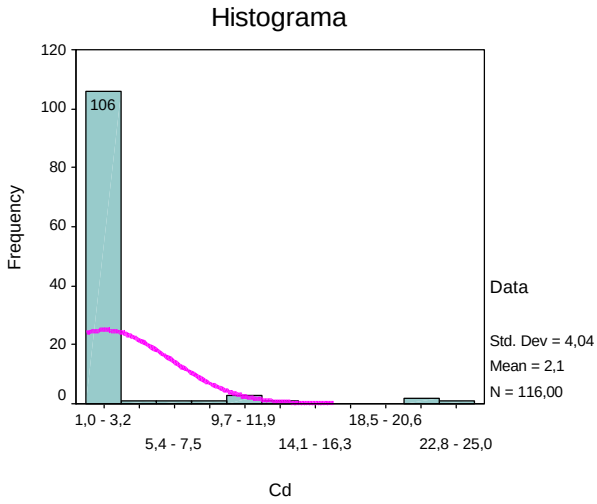
	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Statistic	df	Sig.
LNMO	,283	116	,000

a. Lilliefors Significance Correction

ANALISIS ESTADISTICO: Cd

Box Plot





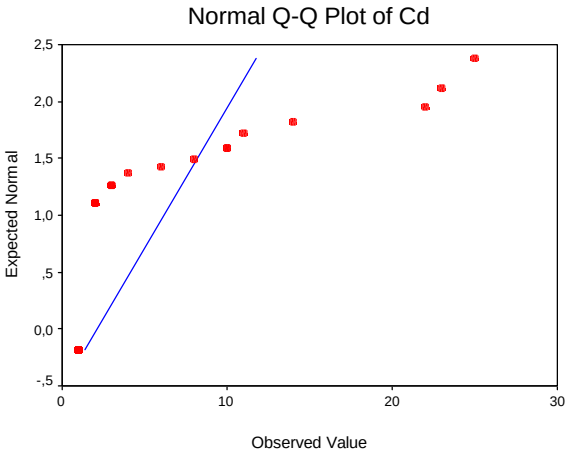
Tallos y Hojas

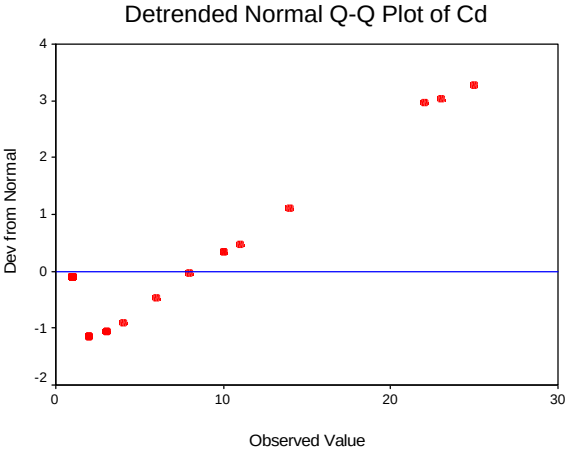
Cd Stem-and-Leaf Plot

Frequency Stem & Leaf

99,00 1 . 000000000000000000000000000000000
17,00 Extremes (>=2,0)

Stem width: 1,00
Each leaf: 3 case(s)





Resumen de casos procesados

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Cd	116	100,0%	0	,0%	116	100,0%

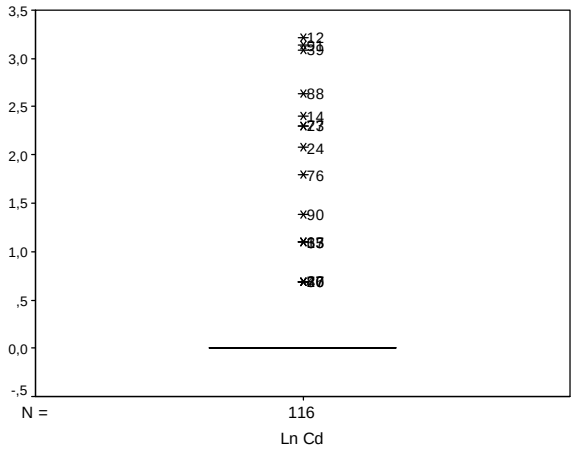
Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Statistic	df	Sig.
Cd	,465	116	,000

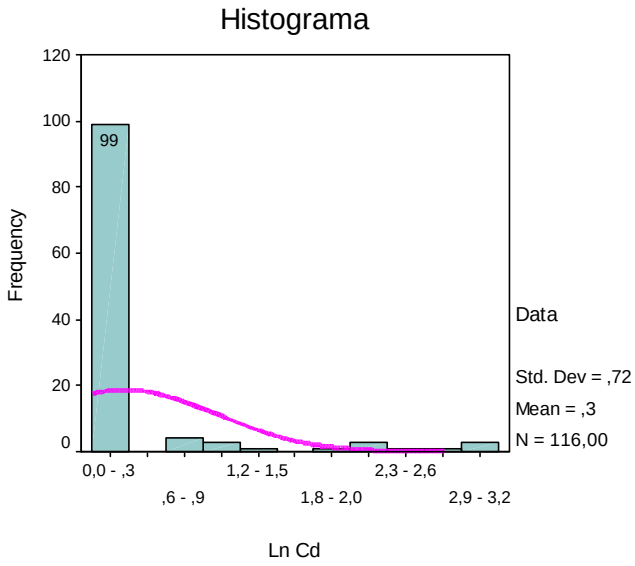
a. Lilliefors Significance Correction

ANALISIS ESTADISTICO: Ln-Cd

Box Plot



Histograma



Tallos y Hojas

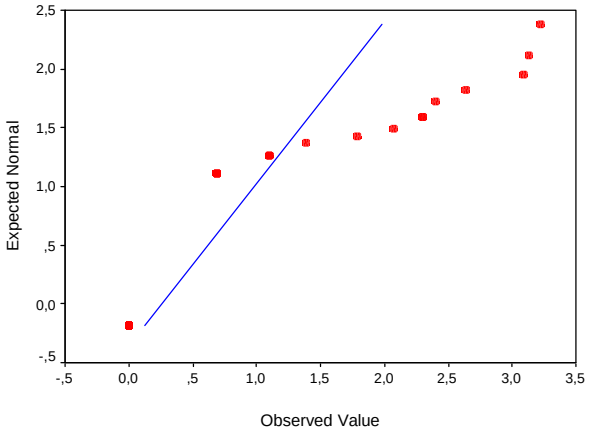
Ln Cd Stem-and-Leaf Plot

Frequency Stem & Leaf

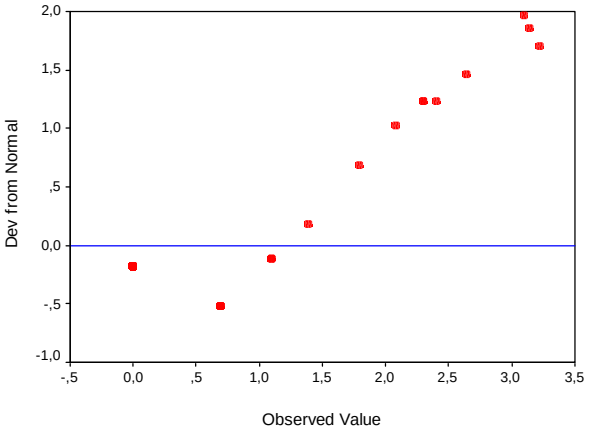
99,00 0 . 00000000000000000000000000000000
17,00 Extremes (>=1)

Stem width: 10,00
Each leaf: 3 case(s)

Normal Q-Q Plot of Ln Cd



Detrended Normal Q-Q Plot of Ln Cd



Resumen de casos procesados

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Ln Cd	116	100,0%	0	,0%	116	100,0%

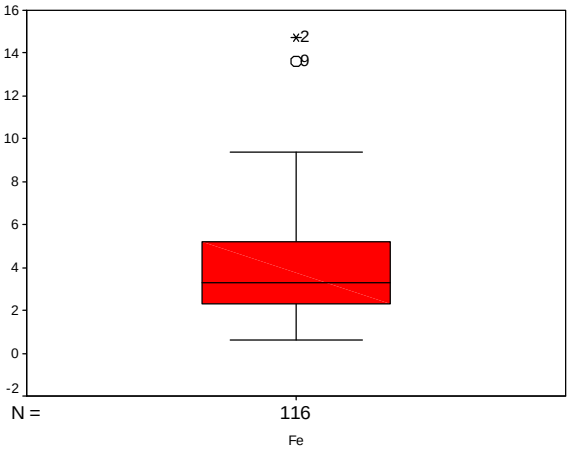
Tests of Normality

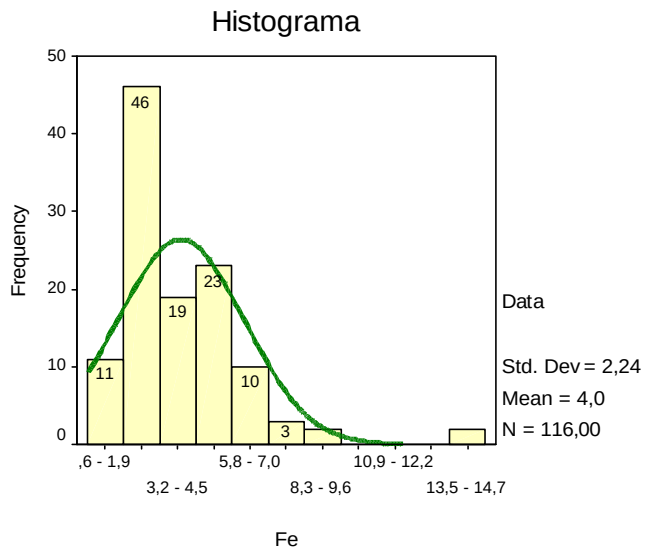
	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Statistic	df	Sig.
Ln Cd	,495	116	,000

a. Lilliefors Significance Correction

ANALISIS ESTADISTICO: Fe

Box Plot



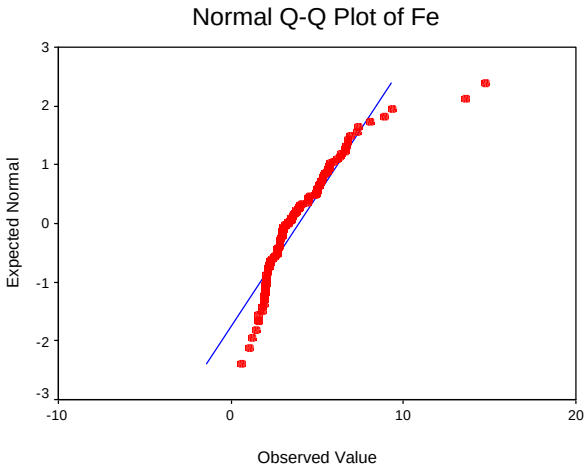


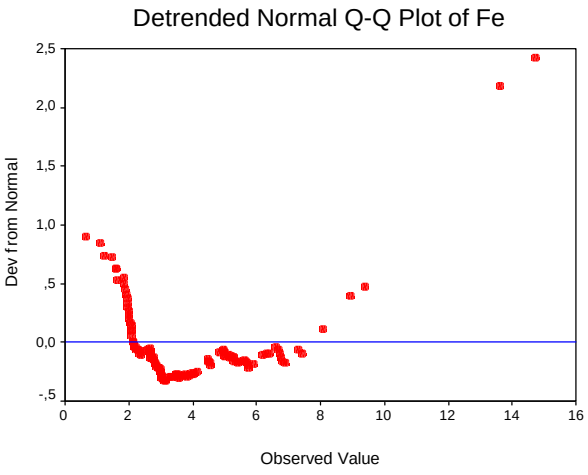
Tallos y Hojas

Fe Stem-and-Leaf Plot

Frequency	Stem &	Leaf
1,00	0 .	6
3,00	1 .	124
10,00	1 .	6668889999
18,00	2 .	000001111111222333
17,00	2 .	55666667888888999
12,00	3 .	000000112334
10,00	3 .	5555677889
5,00	4 .	00144
6,00	4 .	555899
11,00	5 .	00011233334
7,00	5 .	5667779
3,00	6 .	133
6,00	6 .	667779
2,00	7 .	34
,00	7 .	
1,00	8 .	0
1,00	8 .	9
1,00	9 .	3
2,00 Extremes	(>=13,6)	

Stem width: 1,00
Each leaf: 1 case(s)





Resumen de casos procesados

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Fe	116	100,0%	0	,0%	116	100,0%

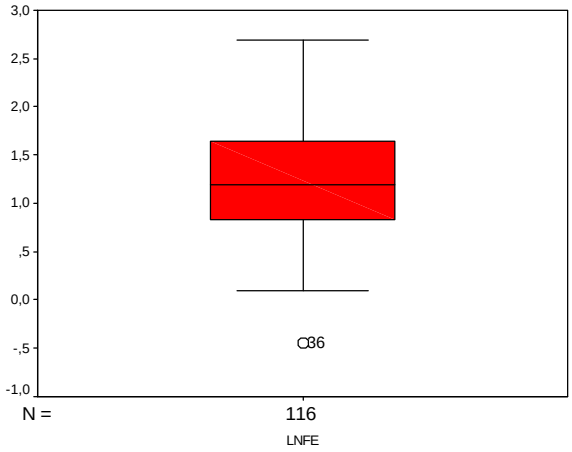
Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Statistic	df	Sig.
Fe	,132	116	,000

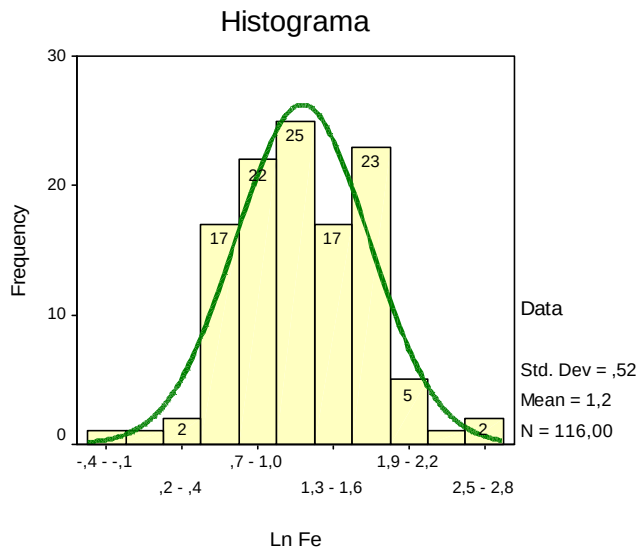
a. Lilliefors Significance Correction

ANALISIS ESTADISTICO: Ln-Fe

Box Plot



Histograma



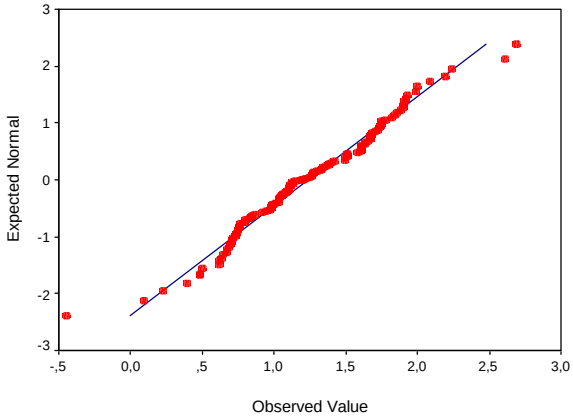
Tallos y Hojas

Ln Fe Stem-and-Leaf Plot

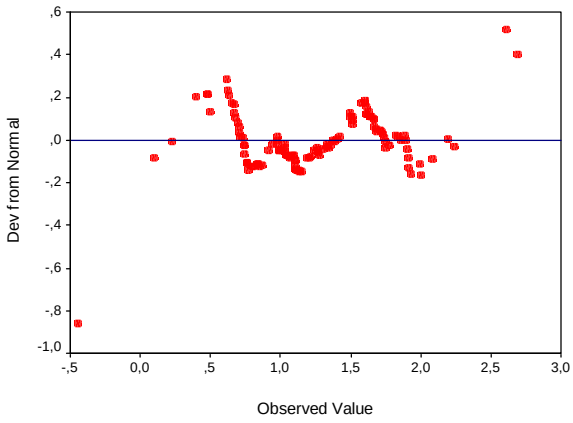
Frequency	Stem &	Leaf
1,00	Extremes	(=<-,4)
1,00	0 .	0
2,00	0 .	23
3,00	0 .	445
20,00	0 .	66666666777777777777
12,00	0 .	888889999999
19,00	1 .	0000000000111111111
14,00	1 .	22222223333333
9,00	1 .	444455555
19,00	1 .	6666666666667777777
10,00	1 .	8888899999
3,00	2 .	001
1,00	2 .	2
,00	2 .	
2,00	2 .	66

Stem width: 1,00
Each leaf: 1 case(s)

Normal Q-Q Plot of Ln Fe



Detrended Normal Q-Q Plot of Ln Fe



Resumen de casos procesados

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
LNFE	116	100,0%	0	,0%	116	100,0%

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Statistic	df	Sig.
LNFE	,065	116	,200*

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

APENDICE II

ESTADISTICA POR POBLACIONES

(LITOESTRATIGRAFIA)

- **Población Sedimentarios**
- **Población Volcánicos**

ESTADISTICA POBLACIONAL

Población Sedimentarios

(80 muestras)

CUADRANGULO DE CHALHUANCA (29-p)

N° de	N	E	Latitud	Longitud	Formación	Edad	Ag	Sb	As	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Cr	Mo	Cd	Fe
1	8444892	683345	-14.06078	-73.30199	Cobertura aluvial	Q-al	0.1	5	5	19.4	12	37.3	9	11	46	1	1	4.08
2	8445088	682835	-14.05904	-73.30672	Cobertura aluvial	Q-al	0.1	7	3	48.9	27	47.5	14	8	80	1	1	14.74
3	8445066	682863	-14.05923	-73.30646	Fm ferrobamba	JsKi	0.1	5	3	21.3	6	36.1	6	8	55	1	1	1.98
4	8447260	683295	-14.03938	-73.30261	Fm ferrobamba	Ks-fe	0.1	5	8	28.4	13	40.9	10	17	202	1	1	5.31
5	8447786	683498	-14.03461	-73.30077	Fm ferrobamba	Ks-fe	0.1	5	4	23.4	14	42.8	8	14	175	1	1	4.46
6	8429060	676451	-14.20431	-73.36480	Fm ferrobamba	Ks-fe	0.1	5	3	18.7	5	35.4	5	19	95	1	1	1.62
12	8410672	709860	-14.36816	-73.05388	Fm Chuquibambilla	Ki-ch	0.8	8	136	98.7	41	1483	12	119	103	44	25	4.95
13	8411275	708889	-14.36278	-73.06293	Fm Piste	T-pi	1	6	179	140	154	362	8	37	65	7	3	5.3
14	8411395	708990	-14.36169	-73.06200	Fm Piste	T-pi	0.6	5	118	74.7	98	753	9	73	89	23	11	3.55
18	8411854	676640	-14.35981	-73.36192	Gpo Puno	P-pu	0.1	5	3	38	17	94.7	15	12	36	1	1	5.01
20	8437056	687565	-14.13132	-73.26238	Fm ferrobamba	Ks-fe	0.1	5	19	20.3	16	67.5	6	14	56	1	1	1.91
21	8435606	683290	-14.14471	-73.30188	Fm Soraya	Ks-so	0.3	5	6	14	1	29	4	17	147	2	1	1.65
22	8433201	684964	-14.16633	-73.28621	Fm ferrobamba	Ks-fe	0.3	5	8	19.7	2	16.3	6	11	105	1	1	2.5
23	8424874	682335	-14.24176	-73.31000	Fm ferrobamba	Ks-fe	0.1	5	4	14.8	10	33.3	5	14	201	2	1	2.08
24	8408686	703643	-14.38657	-73.11136	Fm Piste	T-pi	0.4	5	66	88.3	31	517	7	57	145	19	8	2.73
25	8408518	702941	-14.38814	-73.11785	Fm Piste	T-pi	0.2	5	14	37.3	41	111	7	20	112	3	1	2.86
26	8408666	701851	-14.38688	-73.12797	Fm Piste	T-pi	0.2	11	97	33.3	76	300	10	27	111	5	2	3.05
27	8409204	700922	-14.38209	-73.13662	Fm Chuquibambilla	Ki-ch	0.1	8	16	37	26	507	8	47	77	19	10	2.65
29	8398800	709900	-14.47543	-73.05257	Fm Piste	T-pi	0.4	5	18	21.6	60	100	11	25	97	2	1	4.55
31	8441374	679426	-14.09282	-73.33804	Cobertura aluvial	Q-al	0.1	5	3	27.9	13	38.9	7	6	106	1	1	5
32	8441306	679473	-14.09344	-73.33760	Cobertura aluvial	Q-al	0.1	6	3	44.2	26	43.8	9	7	65	1	1	6.6
33	8441100	680177	-14.09525	-73.33107	Cobertura aluvial	Q-al	0.1	5	3	38.4	22	43.4	10	6	104	1	1	8.93
34	8418055	698210	-14.30267	-73.16294	Fm Soraya	Ks-so	0.2	5	99	76.1	8	200	8	27	77	4	1	2.82
35	8410010	697320	-14.37544	-73.17060	Fm Soraya	Ks-so	1.2	9	78	119	63	213	10	37	64	10	1	5.37
36	8432208	680812	-14.17558	-73.32460	Fm ferrobamba	Ks-fe	0.1	5	5	15.3	19	43.8	2	8	19	1	1	0.64
37	8416078	701062	-14.31996	-73.13584	Fm Soraya	Ks-so	0.5	5	200	250	177	430	8	47	74	35	3	3.98
39	8416784	694013	-14.31408	-73.20122	Fm Chuquibambilla	Ki-ch	0.6	17	88	120	71	1276	10	96	50	53	22	3.77
40	8416556	694812	-14.31609	-73.19380	Fm Chuquibambilla	Ki-ch	0.5	5	27	34.5	20	243	5	69	65	38	2	1.95
41	8442768	688302	-14.07964	-73.25595	Fm ferrobamba	Ks-fe	0.3	5	10	33.4	3	34.5	8	14	89	2	1	2.03
42	8443720	688868	-14.07100	-73.25078	Fm ferrobamba	Ks-fe	0.1	5	27	101	15	37.2	8	22	81	1	1	2.68
43	8448700	692680	-14.02574	-73.21583	Fm ferrobamba	Ks-fe	0.2	5	21	53.4	5	63	15	11	69	1	1	3.82
46	8447462	707247	-14.03589	-73.08090	Fm ferrobamba	Ks-fe	0.1	5	10	15.7	8	17.9	9	11	111	1	1	5.22
50	8445836	695900	-14.05140	-73.18582	Fm ferrobamba	Ks-fe	0.1	5	7	14.1	15	33.3	9	7	40	1	1	3.89
51	8443085	696145	-14.07624	-73.18336	Fm ferrobamba	Ks-fe	0.2	5	3	13.4	8	58.5	10	6	79	1	1	6.79
52	8442750	696100	-14.07927	-73.18375	Cobertura aluvial	Q-al	0.1	5	7	25.3	13	26.1	8	12	69	1	1	3.29
53	8440194	697609	-14.10227	-73.16959	Fm ferrobamba	Ks-fe	0.1	5	7	13.8	5	39.4	8	8	81	1	1	4.54

CUADRANGULO DE CHALHUANCA (29-p)

N° de	N	E	Latitud	Longitud	Formación	Edad	Ag	Sb	As	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Cr	Mo	Cd	Fe
54	8439472	697472	-14.10880	-73.17081	Fm ferrobamba	Ks-fe	0.1	5	3	21.4	1	25.5	8	14	107	1	1	5.7
56	8438882	707919	-14.11338	-73.07403	Fm ferrobamba	Ks-fe	2.1	5	57	68.4	91	131	8	5	89	2	1	6.18
57	8438810	708190	-14.11401	-73.07152	Fm Soraya	Ks-so	0.5	5	77	227	21	67.8	15	9	93	2	1	7.32
58	8438606	707206	-14.11593	-73.08061	Fm ferrobamba	Ks-fe	1	5	47	90.4	123	163	15	13	111	1	1	6.9
59	8438450	705420	-14.11747	-73.09714	Fm ferrobamba	Ks-fe	0.6	5	29	46.2	24	105	19	14	109	1	1	5.76
60	8438152	702358	-14.12038	-73.12547	Fm ferrobamba	Ks-fe	0.2	5	19	19.2	17	33.5	8	7	75	1	1	4.98
61	8435820	698910	-14.14208	-73.15775	Cobertura aluvial	Q-al	0.4	5	25	26.7	66	75.8	7	14	171	3	1	1.62
62	8427848	697913	-14.21382	-73.16588	Fm Chuquibambilla	Ki-ch	0.3	5	9	21.8	47	136	7	12	121	1	1	2.13
63	8433575	699720	-14.16194	-73.14956	Fm Soraya	Ks-so	0.5	5	58	224	36	24.2	2	9	207	7	1	2.38
64	8429252	705763	-14.20056	-73.09327	cobertura aluvial	Q-al	0.5	5	116	42.1	173	230	10	12	94	2	1	2.99
65	8429181	711893	-14.20075	-73.03648	Fm Soraya	Ks-so	4	30	366	244	112	447	18	18	163	30	3	5.41
66	8434200	711800	-14.15540	-73.03774	cobertura aluvial	Q-al	0.4	5	36	68.8	23	67.4	12	8	78	2	1	5.74
67	8434100	711500	-14.15633	-73.04051	Fm Soraya	Ks-so	0.3	5	29	44.6	19	42	10	10	111	2	1	6.3
68	8433700	710900	-14.15999	-73.04603	Fm Soraya	Ks-so	4.6	5	58	42.8	26	103	14	16	89	1	1	4.16
73	8428337	707764	-14.20868	-73.07467	cobertura aluvial	Q-al	1.1	9	327	141	153	680	11	49	76	24	10	4.01
74	8429278	699021	-14.20082	-73.15572	cobertura aluvial	Q-al	0.3	5	11	34	55	77	13	19	143	2	1	2.57
75	8426010	697010	-14.23087	-73.17464	Fm Chuquibambilla	Ki-ch	0.3	5	29	27.5	43	112	5	15	118	5	1	2.05
76	8428038	700737	-14.21190	-73.13974	Fm Soraya	Ks-so	1.2	10	130	55.8	135	463	10	41	148	12	6	3.58
77	8428709	702422	-14.20572	-73.12418	cobertura aluvial	Q-al	0.5	9	215	50.1	191	285	11	18	100	3	2	3.68
78	8397472	688715	-14.48898	-73.24896	Fm Soraya	Ks-so	0.1	5	61	29.3	49	60	5	7	91	1	1	2.29
79	8398580	689488	-14.47891	-73.24187	Fm Mara	Ks-ma	0.1	5	6	25.2	28	47.5	17	22	140	1	1	7.41
80	8400327	690080	-14.46309	-73.23651	cobertura aluvial	Q-al	0.2	5	38	30.8	80	240	9	12	76	1	1	2.16
81	8398540	689103	-14.47930	-73.24544	cobertura aluvial	Q-al	0.5	8	72	280	96	123	17	19	111	13	1	3.56
82	8403708	692454	-14.43236	-73.21473	cobertura aluvial	Q-al	0.7	5	20	25.7	106	367	9	13	85	1	1	2.1
83	8405518	693654	-14.41592	-73.20374	cobertura aluvial	Q-al	0.1	5	19	33.1	28	81.5	7	13	118	2	1	2.02
84	8407296	695007	-14.39976	-73.19132	Fm Chuquibambilla	Ki-ch	0.1	5	9	32.4	30	122	10	17	69	1	1	2.81
85	8408142	696960	-14.39197	-73.17327	Fm Chuquibambilla	Ki-ch	0.1	5	13	23.7	20	86.8	9	17	102	3	1	3.11
86	8410100	697170	-14.37426	-73.17147	Fm Chuquibambilla	Ki-ch	0.1	5	7	19.3	14	45.9	8	12	77	1	1	2.13
87	8410817	698198	-14.36771	-73.16199	cobertura aluvial	Q-al	0.1	10	52	33.8	33	294	9	35	49	13	2	2.88
88	8417410	693475	-14.30846	-73.20625	Fm Chuquibambilla	Ki-ch	0.3	10	38	50.3	29	963	9	84	51	44	14	2.8
89	8418460	691515	-14.29911	-73.22449	cobertura aluvial	Q-al	0.1	5	20	18.6	35	87.6	7	13	88	3	1	1.96
90	8420860	686940	-14.27773	-73.26706	cobertura aluvial	Q-al	0.1	5	16	43.5	16	331	8	31	92	9	4	3.01
91	8420127	688010	-14.28429	-73.25709	cobertura aluvial	Q-al	0.4	18	111	68.5	27	1373	8	97	55	60	23	2.96
92	8418862	690097	-14.29558	-73.23766	Fm Chuquibambilla	Ki-ch	0.1	5	38	35.4	35	86	7	17	77	4	1	2.13
93	8418598	689625	-14.29799	-73.24202	Fm Soraya	Ks-so	0.1	5	8	17.1	16	27	6	13	92	2	1	1.86
94	8420065	686025	-14.28498	-73.27548	Fm Soraya	Ks-so	0.1	5	6	31	13	13.7	7	10	57	1	1	1.85

CUADRANGULO DE CHALHUANCA (29-p)

N° de	N	E	Latitud	Longitud	Formación	Edad	Ag	Sb	As	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Cr	Mo	Cd	Fe
95	8423212	683790	-14.25669	-73.29641	cobertura aluvial	Q-al	0.1	5	6	22.6	15	108	9	15	75	3	1	6.67
101	8413151	668750	-14.34858	-73.43515	Cobertura fluvioglaciar	Q-fg	0.1	5	5	13.5	21	47.7	7	8	50	1	1	2.67
103	8435666	665910	-14.14525	-73.46286	cobertura aluvial	Q-al	0.1	5	6	16.1	21	44	8	10	71	1	1	5.6
104	8434407	666021	-14.15662	-73.46175	Fm ferrobamba	Ks-fe	0.1	5	7	12.4	8	41	6	11	60	1	1	2.11
109	8427912	663351	-14.21548	-73.48610	Fm ferrobamba	Ks-fe	0.1	5	8	15.1	20	56.7	10	13	76	1	1	3.02
111	8438278	660598	-14.12195	-73.51221	Fm Mara	Ks-ma	0.1	5	4	21.1	12	26.7	8	14	96	3	1	2
112	8443390	665506	-14.07546	-73.46707	Fm ferrobamba	K-fe	0.1	5	3	8.3	17	35.4	6	4	86	1	1	5.66
114	8448880	666423	-14.02578	-73.45891	Fm ferrobamba	Ks-fe	0.1	5	18	22.8	19	50.8	7	9	72	1	1	6.38

PARAMETROS ESTADISTICOS

POBLACION SEDIMENTARIOS - CUADRANGULO CHALHUANCA (29-P)

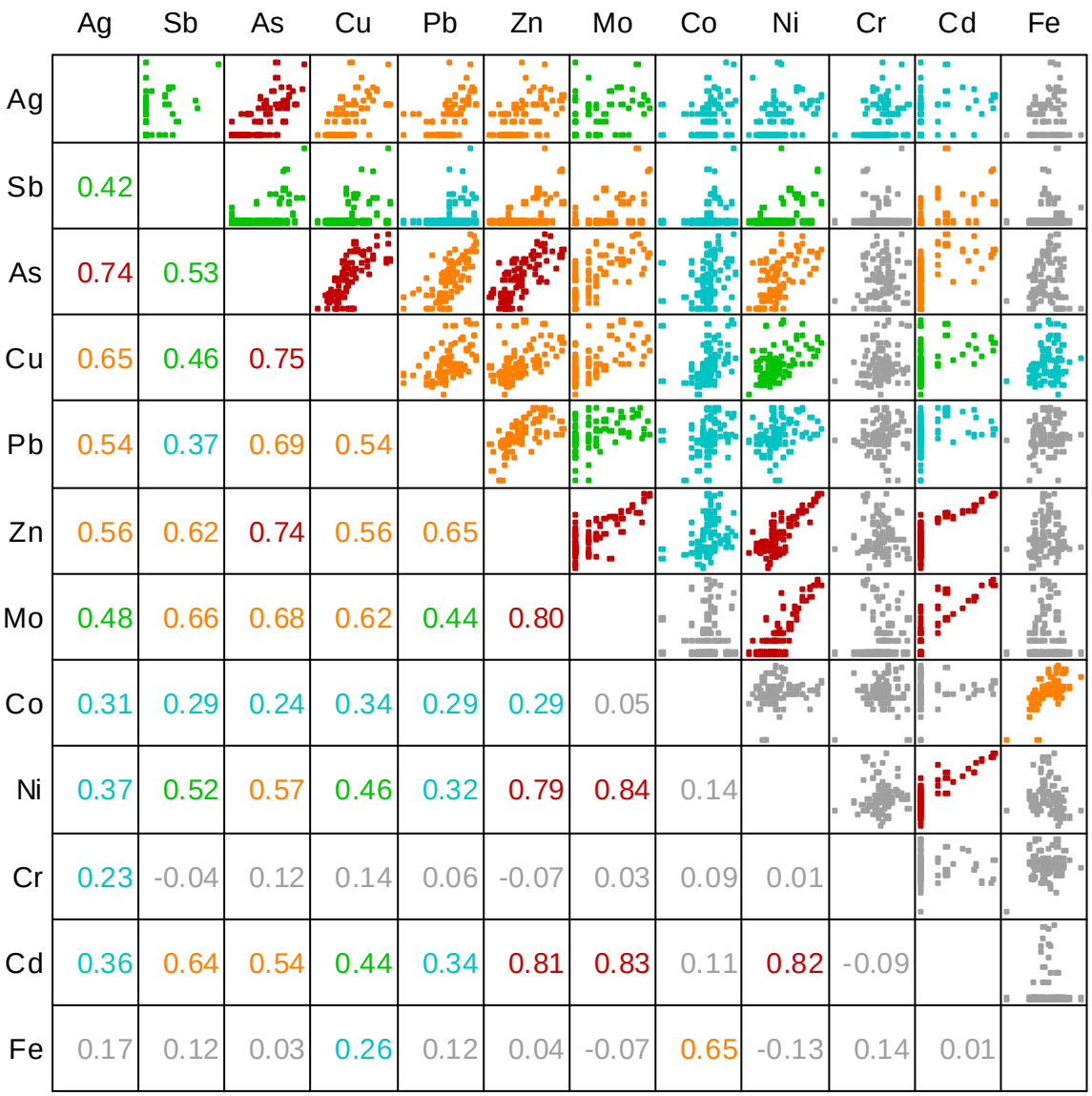
	N	Minimum	Maximum	Media	Std. Dst.	Varianza	Skewness	Kurtosis	Background	T	2T	3T
Ag	78	0.10	2.10	0.31	0.34	0.12	2.67	9.35	0.31	1.00	2.00	3.00
Sb	80	5.00	30.00	6.20	3.58	12.85	4.69	26.29	6.20	13.37	26.74	40.10
As	80	3.00	366.00	44.25	67.52	4559.25	2.86	9.49	44.25	179.29	358.59	537.88
Cu	80	8.30	280.00	52.76	58.05	3369.45	2.49	5.93	52.76	168.85	337.71	506.56
Pb	80	1.00	191.00	41.06	44.74	2001.65	1.83	2.68	41.06	130.54	261.08	391.63
Zn	73	13.70	517.00	115.73	121.33	14722.11	1.76	2.26	115.73	358.40	716.79	1075.19
Co	80	2.00	19.00	9.00	3.33	11.11	0.92	1.20	9.00	15.67	31.34	47.00
Ni	80	4.00	119.00	22.04	22.62	511.50	2.51	6.30	22.04	67.27	134.54	201.81
Cr	80	19.00	207.00	93.24	37.38	1397.15	1.12	1.55	93.24	167.99	335.99	503.98
Mo	80	1.00	60.00	7.03	12.69	161.04	2.62	6.44	7.03	32.41	64.81	97.22
Cd	80	1.00	25.00	2.66	4.79	22.91	3.49	12.19	2.66	12.24	24.47	36.71
Fe	80	0.64	14.74	3.89	2.13	4.56	1.96	7.21	3.89	8.16	16.31	24.47
Ln Ag	78	-2.30	0.74	-1.58	0.85	0.73	0.77	-0.59	0.21	4.89	9.79	14.68
Ln Sb	80	1.61	3.40	1.75	0.33	0.11	2.92	9.33	5.74	8.53	17.06	25.59
Ln As	80	1.10	5.90	2.92	1.33	1.76	0.35	-0.91	18.55	26.09	52.17	78.26
Ln Cu	80	2.12	5.63	3.60	0.79	0.63	0.84	0.24	36.47	40.89	81.77	122.66
Ln Pb	80	0.00	5.25	3.19	1.10	1.21	-0.42	0.73	24.23	30.24	60.48	90.72
Ln Zn	73	2.62	6.25	4.32	0.90	0.81	0.50	-0.62	75.25	80.17	160.34	240.51
Ln Co	80	0.69	2.94	2.13	0.39	0.16	-0.90	3.22	8.39	11.36	22.71	34.07
Ln Ni	80	1.39	4.78	2.77	0.73	0.54	0.90	0.49	16.02	20.18	40.37	60.55
Ln Cr	80	2.94	5.33	4.46	0.40	0.16	-0.45	1.83	86.33	89.33	178.65	267.98
Ln Mo	80	0.00	4.09	0.96	1.25	1.56	1.18	0.14	2.60	9.57	19.14	28.71
Ln Cd	80	0.00	3.22	0.38	0.85	0.72	2.24	3.88	1.46	6.12	12.24	18.37
Ln Fe	80	-0.45	2.69	1.23	0.51	0.26	-0.04	0.55	3.42	6.75	13.50	20.25

CORRELACION DE ELEMENTOS

GEOQUIMICA DE SEDIMENTOS DE QUEBRADA

Población Sedimentarios

Estadistica : Logaritmica



	Ag	Sb	As	Cu	Pb	Zn	Mo	Co	Ni	Cr	Cd	Fe
Ag												
Sb	0.42											
As	0.74	0.53										
Cu	0.65	0.46	0.75									
Pb	0.54	0.37	0.69	0.54								
Zn	0.56	0.62	0.74	0.56	0.65							
Mo	0.48	0.66	0.68	0.62	0.44	0.80						
Co	0.31	0.29	0.24	0.34	0.29	0.29	0.05					
Ni	0.37	0.52	0.57	0.46	0.32	0.79	0.84	0.14				
Cr	0.23	-0.04	0.12	0.14	0.06	-0.07	0.03	0.09	0.01			
Cd	0.36	0.64	0.54	0.44	0.34	0.81	0.83	0.11	0.82	-0.09		
Fe	0.17	0.12	0.03	0.26	0.12	0.04	-0.07	0.65	-0.13	0.14	0.01	

Leyenda

(significancia 0.95)

- Muy Fuerte
- Fuerte
- Moderado
- Pobre
- Muy Pobre
- Nulo

Población Muestral: 80

ESTADISTICA POBLACIONAL

Población Volcanicos

(20 muestras)

CUADRANGULO DE CHALHUANCA (29-p)

Muestra	N	E	Latitud	Longitud	Formación	Edad	As	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Cr	Mo	Fe
7	8422882	673281	-14,26035	-73,39377	Fm Sencca	Ts-se	6	22,1	26	40,7	7	7	62	1	2,68
8	8422224	671158	-14,26642	-73,41340	Fm Sencca	Ts-se	3	3,9	19	77,3	2	5	52	1	3,09
9	8424886	677242	-14,24198	-73,35720	Fm Sencca	Ts-se	32	107	59	84,3	16	22	123	1	13,6
10	8424973	677072	-14,24121	-73,35878	Cobertura aluvial	Q-al	3	19,2	23	72,9	6	15	62	2	2,1
15	8410700	670480	-14,37062	-73,41896	Fm Sencca	Ts-se	3	23,4	28	81,2	13	11	63	1	4,52
16	8410666	670701	-14,37092	-73,41691	Gpo Barroso	NQ-ba	3	36,1	22	52,2	8	10	64	1	2,34
17	8411097	673937	-14,36682	-73,38693	Fm Sencca	Ts-se	3	28,4	9	50,4	8	7	35	1	2,66
19	8412095	677011	-14,35760	-73,35850	Fm Sencca	Ts-se	3	48,4	28	68,6	5	14	155	2	1,89
28	8401361	708741	-14,45238	-73,06352	Gpo. Tacaza	Mioceno	54	39,9	43	107	17	18	81	3	5,01
30	8399200	710250	-14,47179	-73,04936	Gpo. Tacaza	Mioceno	13	18	25	71	7	20	81	2	2,32
96	8401632	662092	-14,45309	-73,49618	Gpo Barroso	NQ-ba	3	19,3	21	130	21	12	43	1	6,75
97	8402290	662242	-14,44714	-73,49483	Gpo Barroso	NQ-ba	6	15,3	10	77,7	12	9	40	1	3,38
98	8405356	661936	-14,41944	-73,49785	Gpo Barroso	NQ-ba	5	12	8	55	10	8	40	1	3,33
99	8408983	663242	-14,38658	-73,48596	Fm Sencca	Ks-se	3	8	9	21	2	7	41	1	1,1
100	8413661	667519	-14,34404	-73,44659	Fm Sencca	Ks-se	3	8,1	10	40	7	9	68	1	2,83
102	8440554	666059	-14,10106	-73,46177	Fm Sencca	Ks-se	11	13,7	12	27,2	6	7	52	1	3,03
106	8428904	666354	-14,20634	-73,45833	Gpo Barroso	NQ-ba	4	27,4	16	38,8	8	15	108	2	2,24
107	8427493	666951	-14,21906	-73,45271	Fm Sencca	Ks-se	6	27,4	18	45,5	3	4	37	1	1,25
108	8424714	668848	-14,24406	-73,43497	Gpo Barroso	NQ-ba	5	31,6	18	45,3	5	9	51	1	2,21
110	8430067	657633	-14,19633	-73,53920	Fm Sencca	Ks-se	5	7,9	10	29,4	3	5	48	1	1,49

PARAMETROS ESTADISTICOS

POBLACION VOLCANICOS - CUADRANGULO CHALHUANCA (29-P)

	N	Minimum	Maximum	Media	Std. Dst.	Varianza	Skewness	Kurtosis	Background	T	2T	3T
As	20	3.00	54.00	8.70	12.56	157.69	3.06	9.58	8.70	33.82	67.63	101.45
Cu	20	3.90	107.00	25.86	22.36	499.89	2.70	9.26	25.86	70.57	141.14	211.71
Pb	20	8.00	59.00	20.70	12.60	158.85	1.71	3.66	20.70	45.91	91.81	137.72
Zn	20	21.00	130.00	60.78	27.60	761.60	0.82	0.65	60.78	115.97	231.94	347.91
Co	20	2.00	21.00	8.30	5.17	26.75	1.02	0.60	8.30	18.64	37.29	55.93
Ni	20	4.00	22.00	10.70	5.12	26.22	0.84	-0.14	10.70	20.94	41.88	62.82
Cr	20	35.00	155.00	65.30	31.35	982.75	1.67	2.62	65.30	128.00	256.00	383.99
Mo	20	1.00	3.00	1.30	0.57	0.33	1.84	2.86	1.30	2.44	4.88	7.33
Fe	20	1.10	13.60	3.39	2.75	7.54	3.01	10.52	3.39	8.88	17.77	26.65
Ln As	20	1.10	3.99	1.69	0.83	0.68	1.73	2.56	5.45	10.02	20.04	30.05
Ln Cu	20	1.36	4.67	2.99	0.75	0.56	-0.06	0.65	19.81	24.05	48.09	72.14
Ln Pb	20	2.08	4.08	2.88	0.55	0.30	0.32	-0.41	17.83	21.30	42.59	63.89
Ln Zn	20	3.04	4.87	4.01	0.47	0.22	-0.23	-0.32	55.00	58.20	116.39	174.59
Ln Co	20	0.69	3.04	1.92	0.66	0.44	-0.33	-0.34	6.84	10.73	21.45	32.18
Ln Ni	20	1.39	3.09	2.26	0.48	0.23	0.04	-0.69	9.62	12.84	25.68	38.51
Ln Cr	20	3.56	5.04	4.09	0.41	0.17	0.85	0.18	59.82	62.83	125.67	188.50
Ln Mo	20	0.00	1.10	0.19	0.35	0.13	1.49	0.80	3.67	7.21	14.42	21.63
Ln Fe	20	0.10	2.61	1.03	0.57	0.33	0.97	2.01	2.81	6.36	12.73	19.09

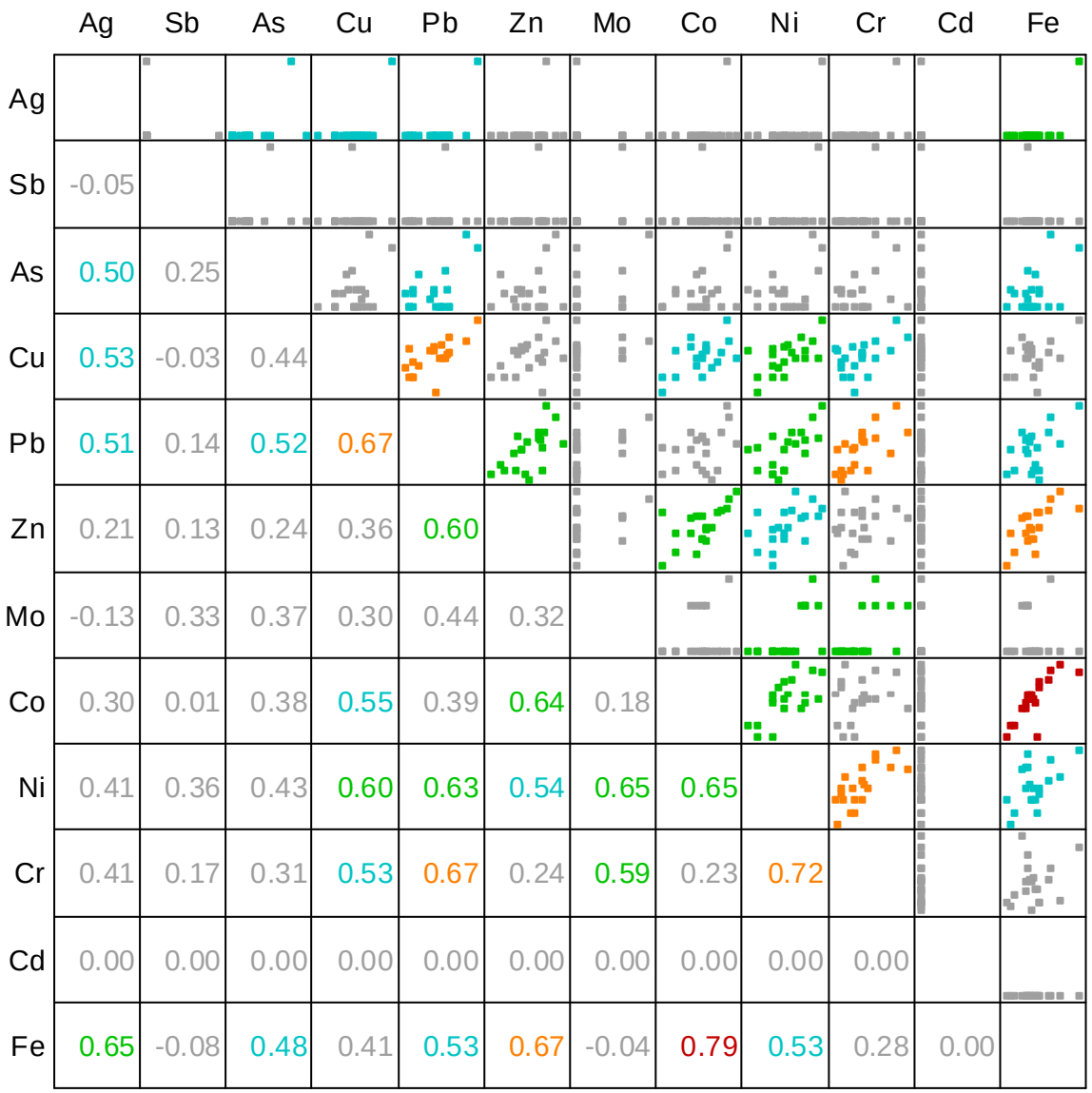
CORRELACION DE ELEMENTOS

GEOQUIMICA DE SEDIMENTOS DE QUEBRADA

Población Volcánicos

Estadistica : Logaritmica

Chalhuanca (29-p)



	Ag	Sb	As	Cu	Pb	Zn	Mo	Co	Ni	Cr	Cd	Fe
Ag												
Sb	-0.05											
As	0.50	0.25										
Cu	0.53	-0.03	0.44									
Pb	0.51	0.14	0.52	0.67								
Zn	0.21	0.13	0.24	0.36	0.60							
Mo	-0.13	0.33	0.37	0.30	0.44	0.32						
Co	0.30	0.01	0.38	0.55	0.39	0.64	0.18					
Ni	0.41	0.36	0.43	0.60	0.63	0.54	0.65	0.65				
Cr	0.41	0.17	0.31	0.53	0.67	0.24	0.59	0.23	0.72			
Cd	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Fe	0.65	-0.08	0.48	0.41	0.53	0.67	-0.04	0.79	0.53	0.28	0.00	

Leyenda

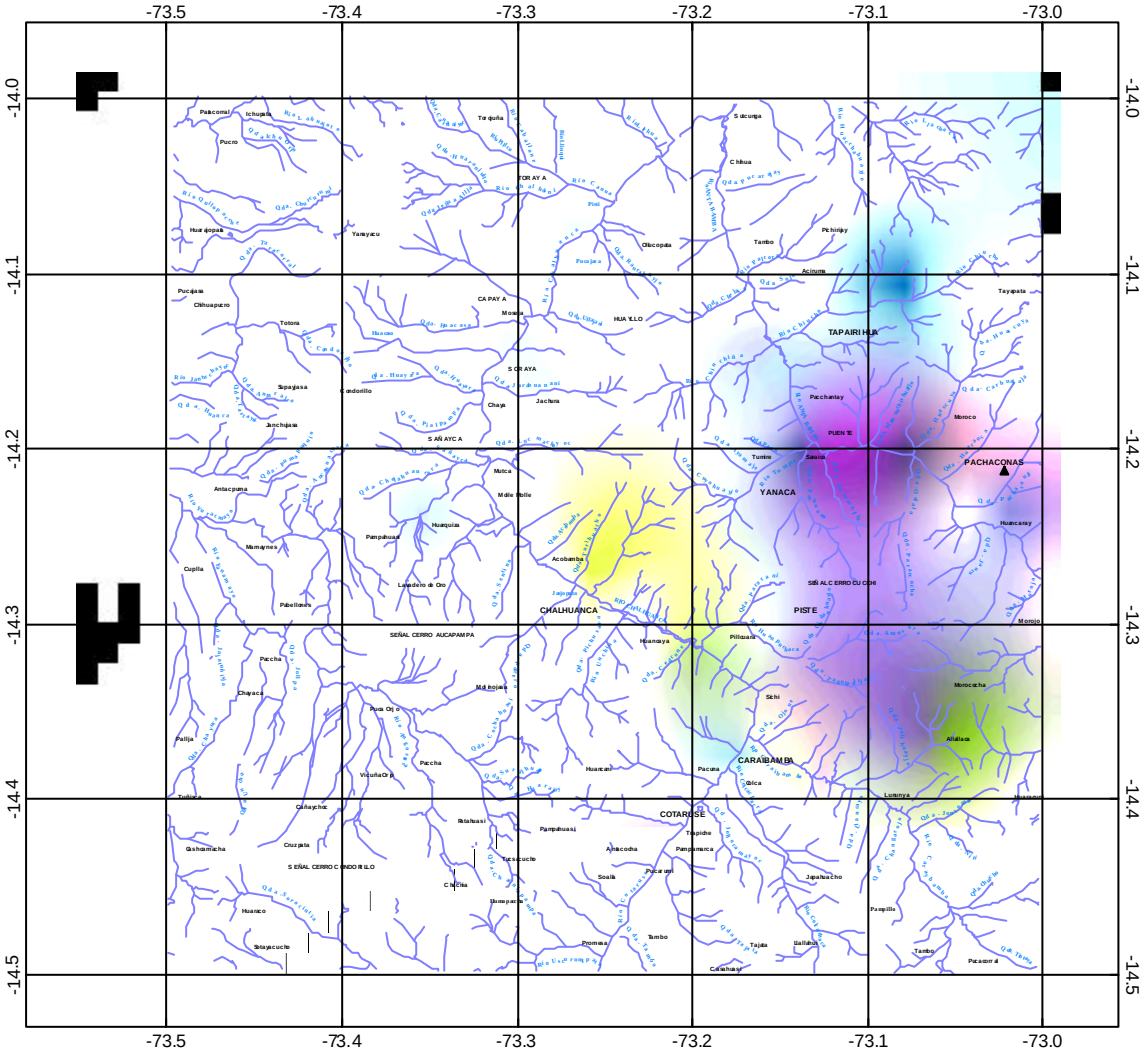
(significancia 0.95)

- Muy Fuerte
- Fuerte
- Moderado
- Pobre
- Muy Pobre
- Nulo

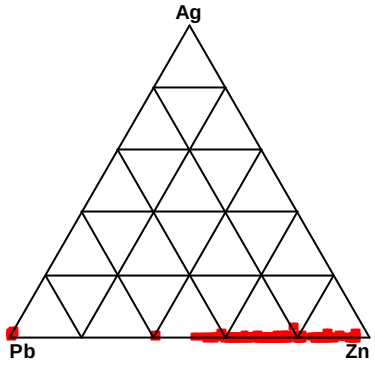
Población Muestral: 20

APENDICE III

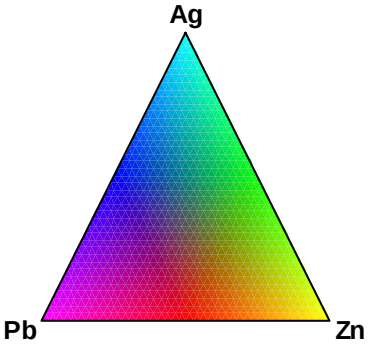
MAPAS DE ASOCIACION DE ELEMENTOS



Correlación de Elementos



Correlación Ternaria



10 0 10

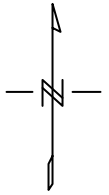
kilometros

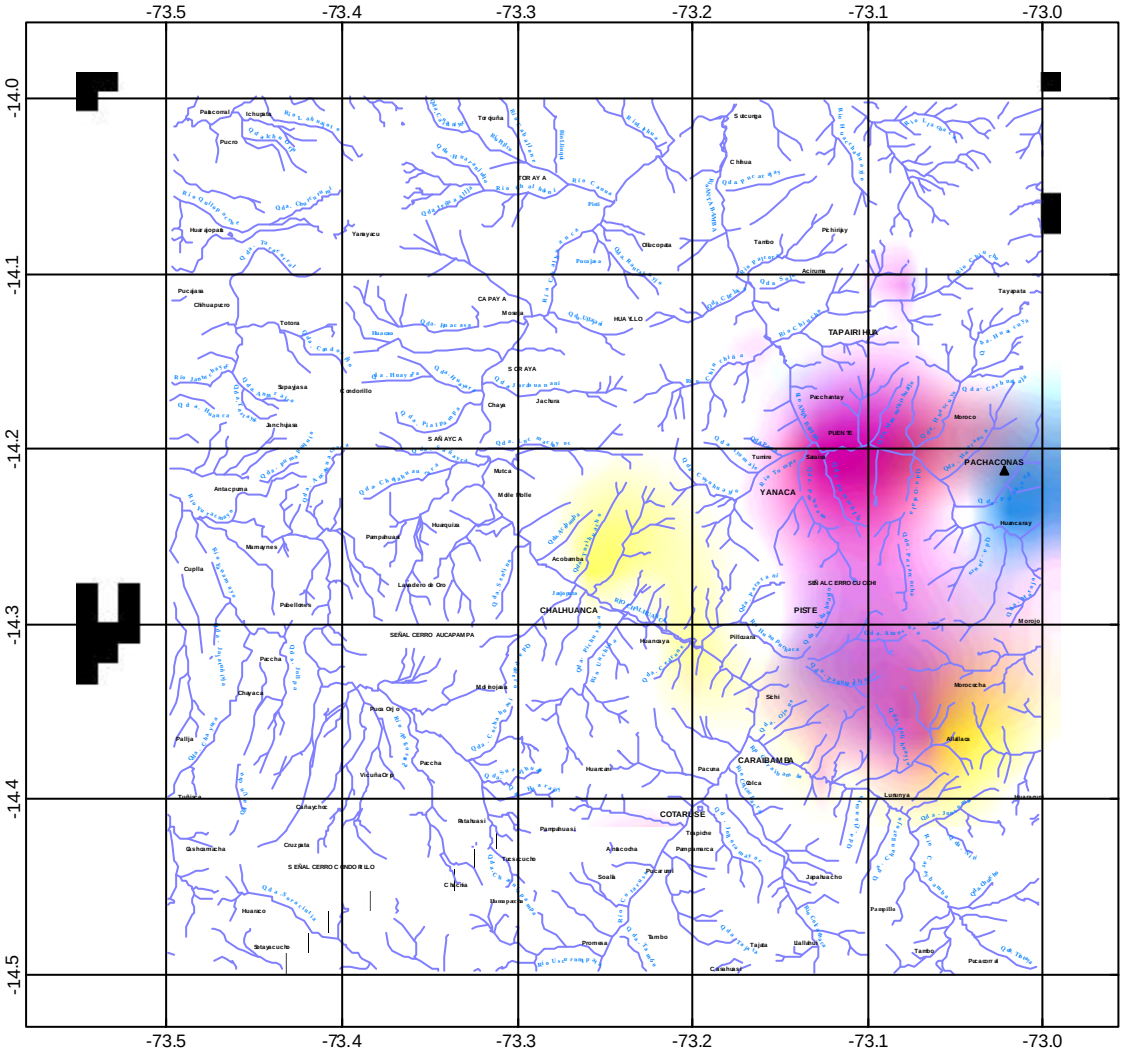
*WGS 84 / *AMMP/SAMMP grid*

GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

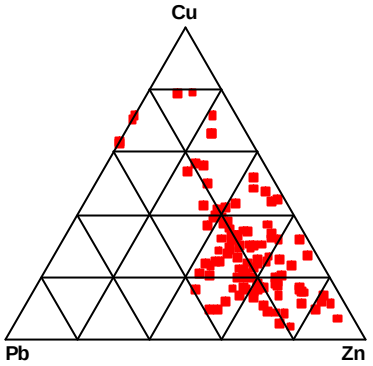
Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Asociación Ag - Pb - Zn

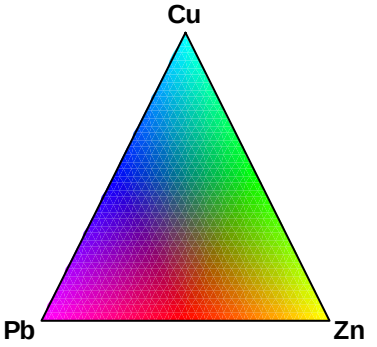




Correlación de Elementos



Correlación Ternaria



10 0 10

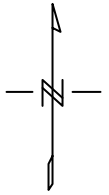
kilometros

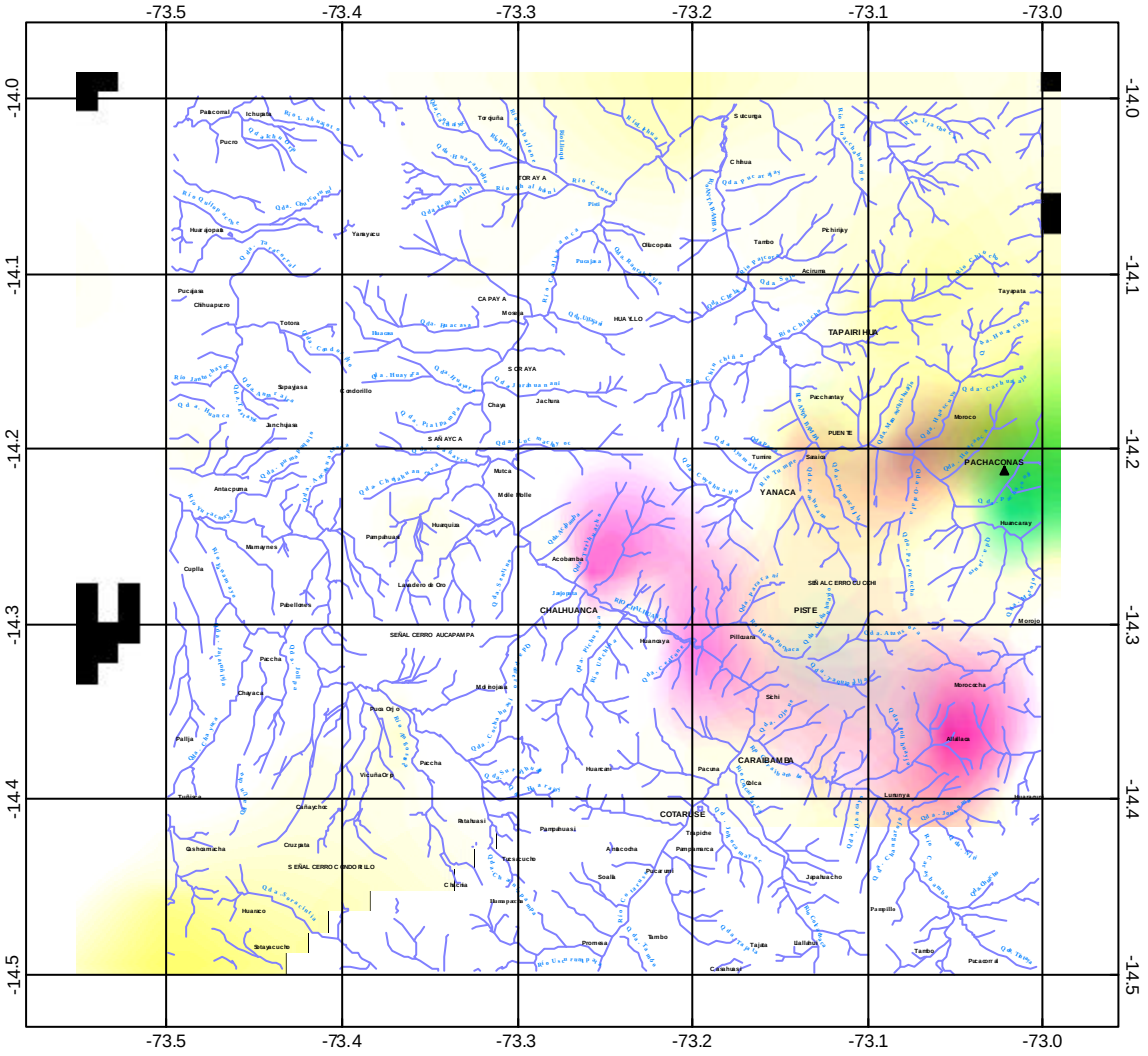
*WGS 84 / *AMMP/SAMMP grid*

GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

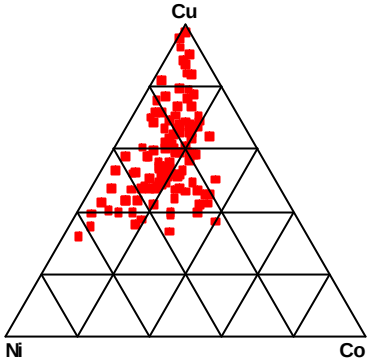
Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Asociación Cu - Pb - Zn

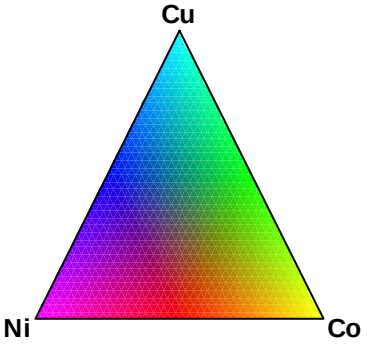




Correlación de Elementos



Correlación Ternaria



10 0 10

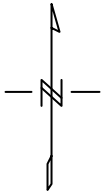
kilometros

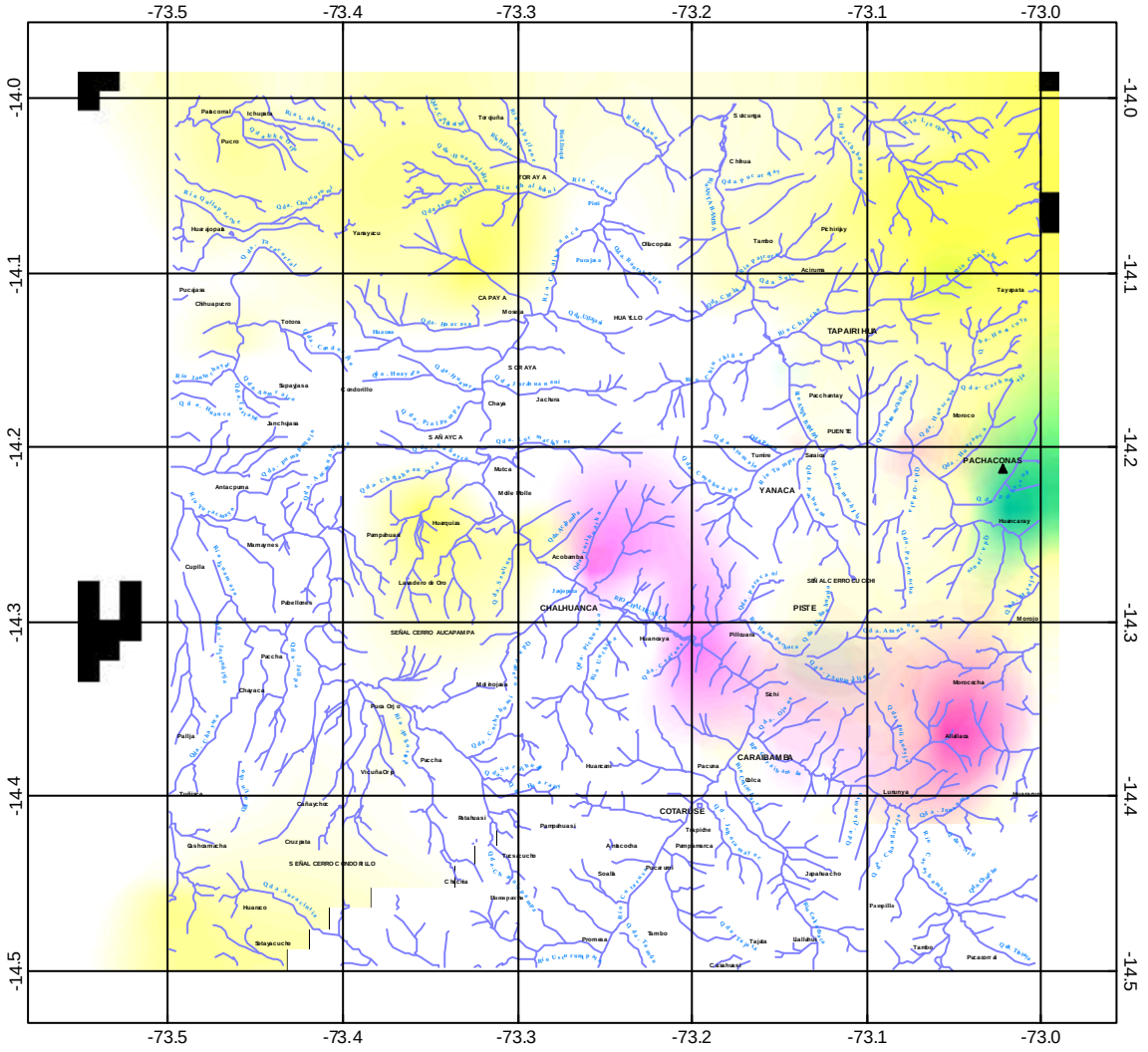
*WGS 84 / *AMMP/SAMMP grid*

GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

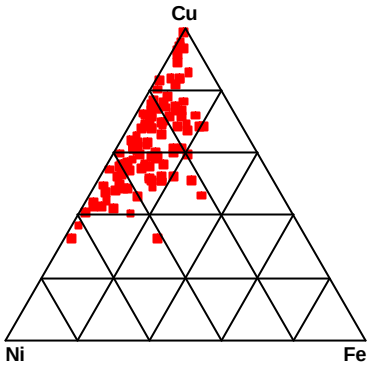
Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Asociación Ni - Cu - Co

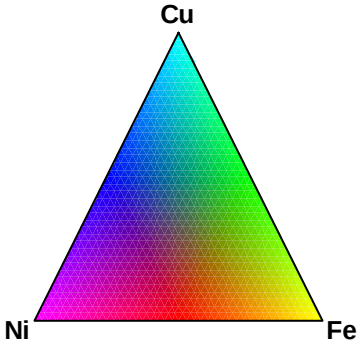




Correlación de Elementos



Correlación Ternaria

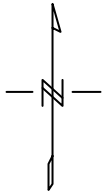


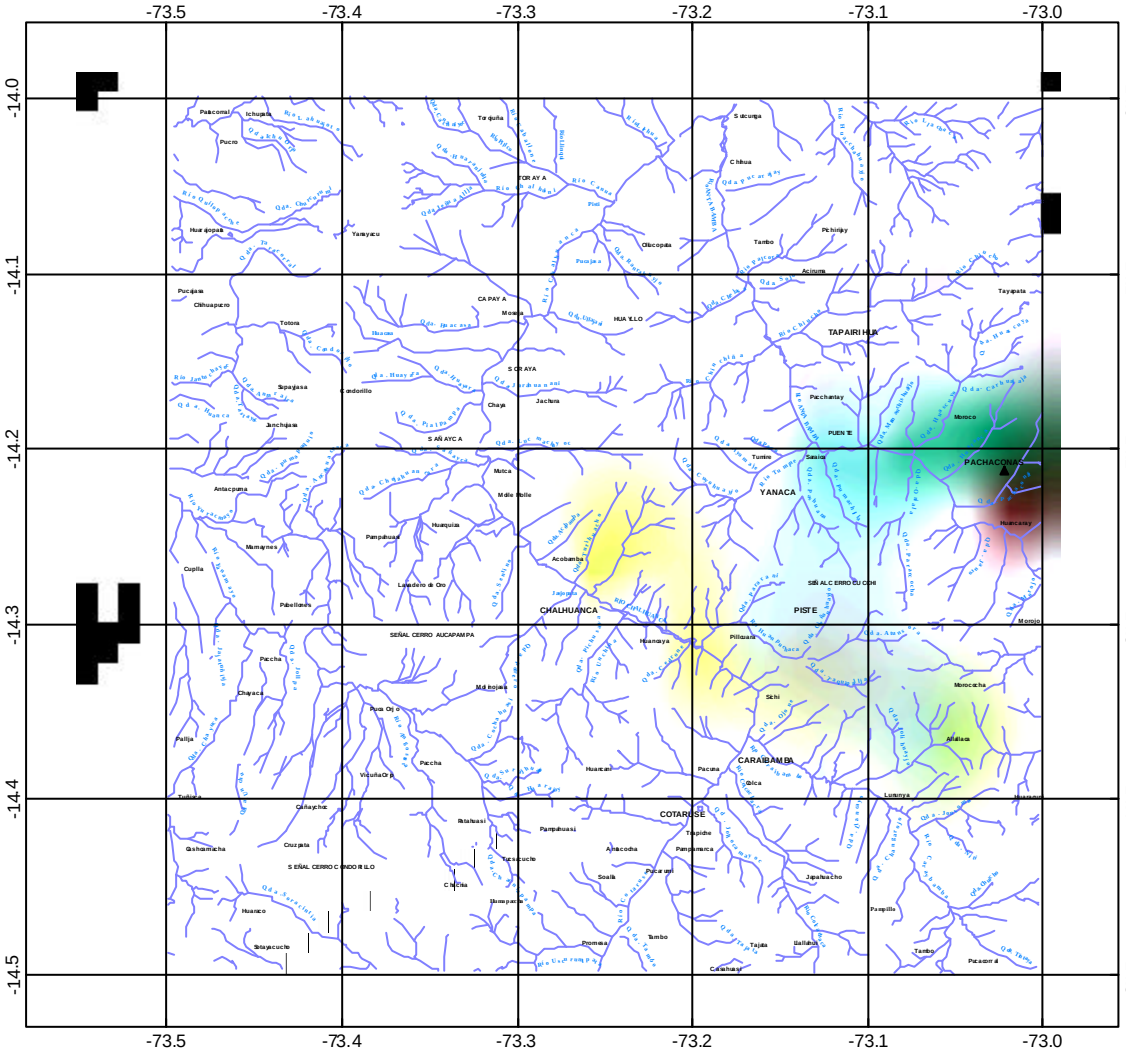
10 0 10
kilometros
*WGS 84 / *AMMP/SAMMP grid*

GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

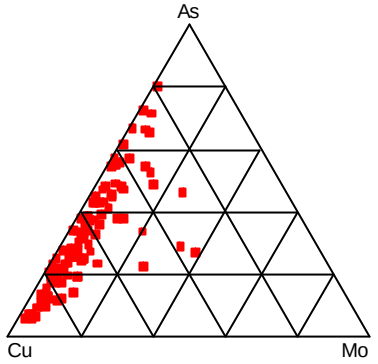
Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Asociación Cu - Ni - Fe

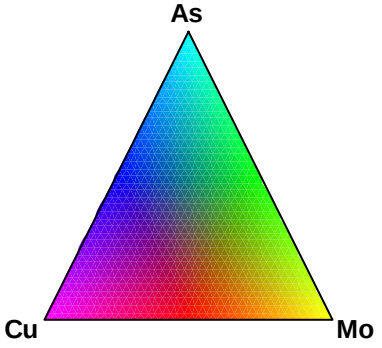




Correlación de Elementos



Correlación Ternaria



10 0 10

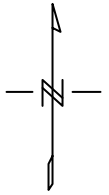
kilometros

*WGS 84 / *AMMP/SAMMP grid*

GEOQUIMICA DE CHALHUANCA (29-p)

Muestreo de Sedimentos de Quebrada

Asociación As - Cu - Mo



FOTOGRAFIAS DEL AREA

DE ESTUDIO



Foto Nº 10: Anticlinal de Saraica, en el núcleo se observa las areniscas y hacia el flanco SE - NW , las secuencias lutáceas de la formación Chuquibambilla. Observación hecha en la Qda. Pashuaña, Localidad de Saraica.

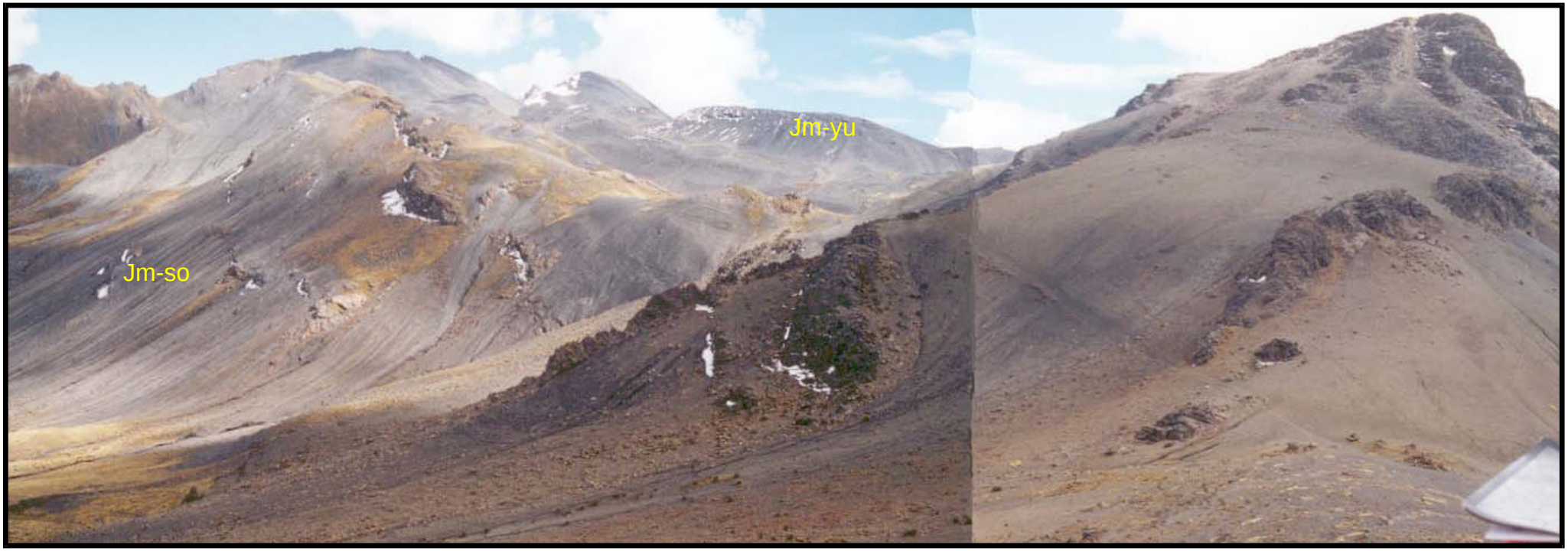


Foto Nº 8: Vista panorámica de la formación Socosani, la cual se encuentra intruida por diques y sill de naturaleza andesitica; esta se encuentra ubicada en los alrededores del cerro Piste



Foto Nº 09: Vista panorámica de la Formación Piste en el cerro del mismo nombre, dicha formación se encuentra cortada por un plutón de naturaleza tonalítica. En la base la laguna Ticllia



Foto Nº 10: Anticlinal de Saraica, en el núcleo se observa las areniscas y hacia el flanco SE - NW , las secuencias lutáceas de la formación Chuquibambilla. Observación hecha en la Qda. Pashuaña, Localidad de Saraica.

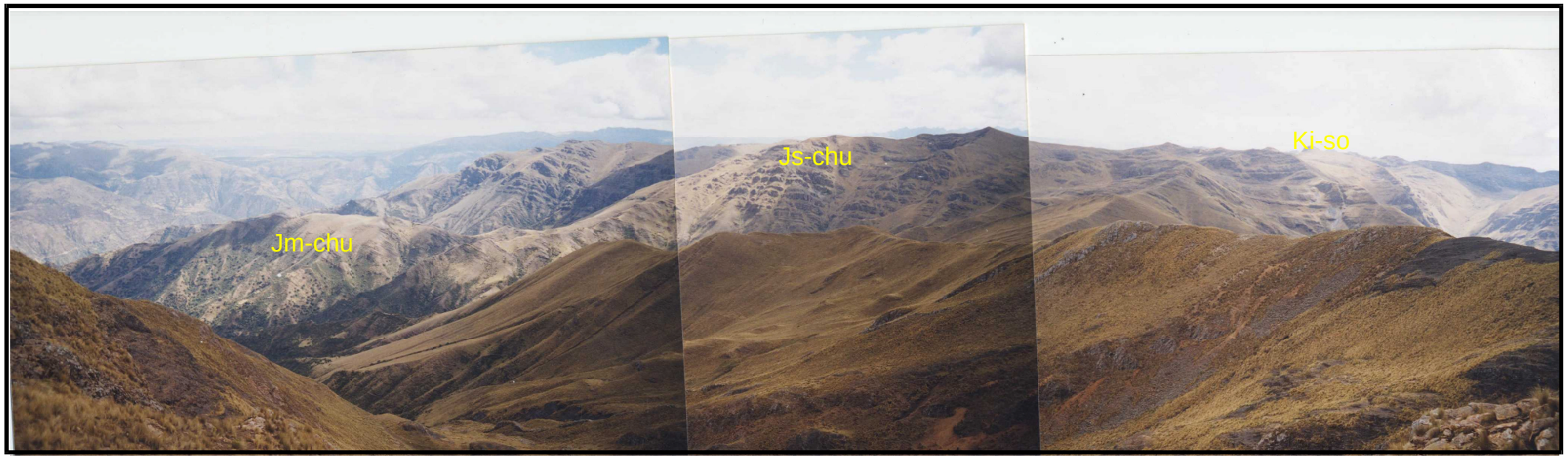


Foto Nº 11: Formaciones Chuquibambilla y Soraya, observas en el Cerro Verdepata, al Norte de Chalhuanca.



Foto Nº 12: Vista del Grupo Yura constituido por estratos de areniscas gruesas, lutitas negras con intercalaciones de areniscas cuarzosas con delgados niveles de lutitas . ***Anticlinal de Yanaca, Cerro Palmadera.***



Foto Nº 13: Secuencia litoestratigrafica del las formaciones Labra, Hualhuani, Murco (Grupo Yura) y Formación Arcurquina. Vista al Sur de la localidad Pichihua.



Foto Nº 14: Vista panorámica de la secuencia volcánica Sencca yVilcarani en el sector Pampa Pabellones; el cual limita con el cuadrángulo de Querobamba.



Foto Nº 15: Flanco invertido del Anticlinal tumbado de Huayllo, observado en las calizas de la Formación Ferrobamba carretera a Capaya.



Foto Nº 16: Tobas blanquecinas de la Formación Sencca, observada en el río Yanamayo, localidad de Chupapuquio.

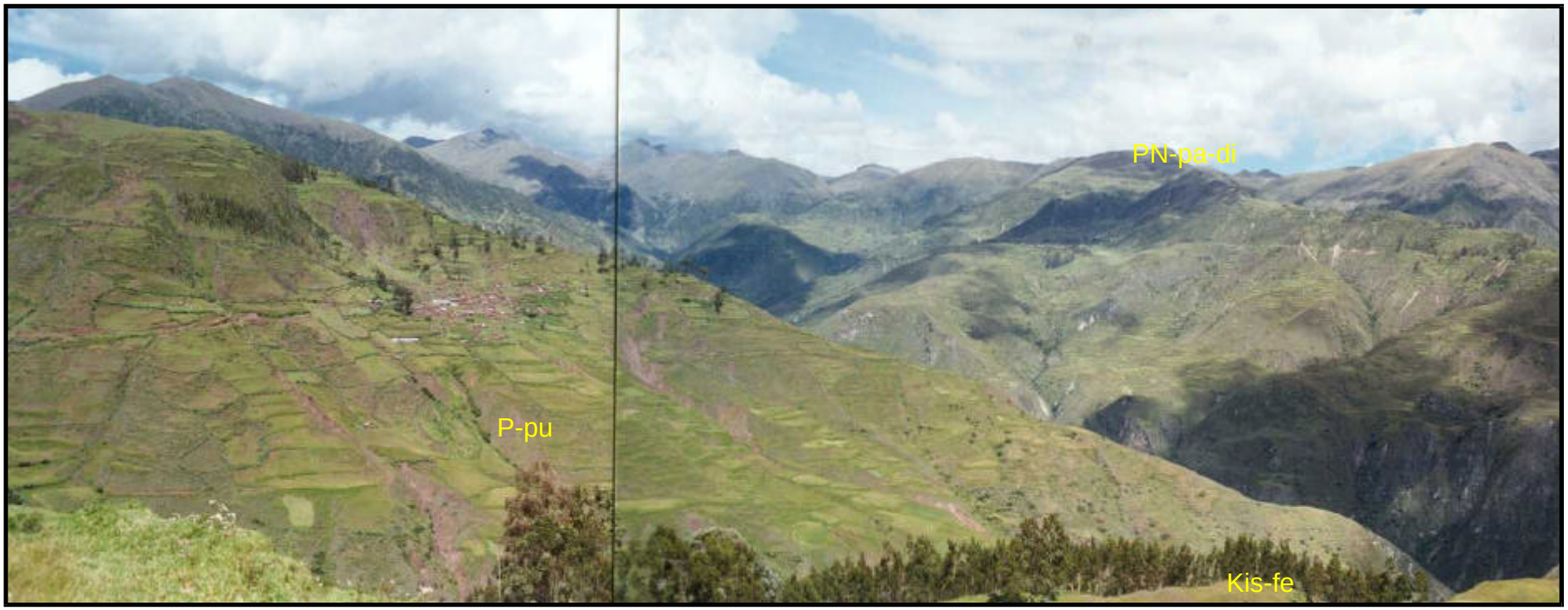


Foto Nº 17: Grupo Puno, sobreyaciendo a la secuencia carbonatada de la Formación Ferrobamba, al fondo el plutón dioritico, observado en la localidad de Pampallacta.

.

APENDICE IV

TAMAÑO DE TAMICES
&
TERMINOS DE PARTICULAS

TAMAÑO DE TAMICES & TERMINOS DE PARTICULAS		
MALLA Nº	ABERTURA	TERMINOLOGIA POR TAMAÑO DE PARTICULA
20	850 µm	Arena Gruesa
25	710 µm	
30	600 µm	
35	500 µm	
40	425 µm	Arena Media
45	355 µm	
50	300 µm	
60	250 µm	
70	212 µm	Arena Fina
80	180 µm	
100	150 µm	
120	125 µm	
140	106 µm	Arena Muy Fina
170	90 µm	
200	75 µm	
230	63 µm	
270	53 µm	Limo
325	45 µm	
400	38 µm	

Consultar el capitulo completo en formato impreso