

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS PROFESIONAL

**PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA DEL PROSPECTO ISABEL
DISTRITO DE JIRCÁN - HUÁNUCO**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

Presentado por:

Bach. Percy Gonzalo Cueva Salazar

Asesor:

Mcs. Ing. José Alfredo Siveroni Morales

CAJAMARCA – PERÚ

2017

DEDICATORIA

A mis queridos padres Nelson
Gonzalo y María Isabel, que
son el motor para seguir
adelante, por su amor,
enseñanzas y apoyo
incondicional

A mis hermanas Elizabeth y
Martha por su paciencia y
buenos consejos.

A mis abuelos Dina, Claudio,
Ángela y Brigido por el cariño
incondicional y buenos valores
inculcados

AGRADECIMIENTO

Mi más profundo agradecimiento a la empresa CENITEG SOLUTIONS y al Ing. José Luis Ballón por permitirme realizar el trabajo de prospección y facilitarme. Especialmente quisiera agradecer al Ing. Víctor Rivasplata por sus enseñanzas inculcadas en campo y a mi colega Francescoli Escobedo por el apoyo en campo

Por último, quisiera agradecer a mis padres y hermanas por su apoyo incondicional en todo momento

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
CONTENIDO.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE FOTOS.....	viii
INDICE DE PLANOS.....	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
2.2. BASES TEÓRICAS	4
2.2.1. PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA GEOQUÍMICA	4
2.2.2. MUESTREO EN PROYECTOS DE PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA	12
2.2.3. PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	19
2.2.4. PARÁMETROS GEOQUÍMICOS	24
2.2.5. MÉTODOS UTILIZADOS EN EL AJUSTE ESTADÍSTICO DE LOS DATOS	29
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	29
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD	31
3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	31
3.1.2. UBICACIÓN POLÍTICA	31
3.1.3. CONCESIONES QUE CONFORMAN EL PROSPECTO	31
3.1.4. ACCESIBILIDAD	32
3.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	46
3.2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	46
3.2.2. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
3.2.3. TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	50

	Pág.
3.2.4. INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	50
3.3. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL.....	51
3.3.1. COMPLEJO DEL MARAÑÓN	51
3.4. MARCO GEOLÓGICO LOCAL	54
3.4.1. ROCAS METAMÓRFICAS.....	54
3.4.2. ROCAS IGNEAS	56
 CAPÍTULO IV	
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	58
4.1. METODOLOGÍA DE MUESTREO	58
4.1.1. MUESTREO SISTEMÁTICO CONVENCIONAL	58
4.1.2. MUESTREO SELECTIVO	58
4.2. LÍMITES DE DETECCIÓN	58
4.3. CONTROL DE CALIDAD DE LOS ANÁLISIS	59
4.3.1. STANDARDS (STD).....	59
4.3.2. DUPLICADOS (DUP)	61
4.4. POBLACIÓN ESTADÍSTICA.....	63
4.4.1. POBLACIÓN METAMÓRFICA	63
4.5. PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO	63
4.5.1. PRUEBA DE NORMALIDAD KOLMOGOROV – SMIRNOV	64
4.5.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO UNIVARIADO	65
4.5.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO MULTIVARIADO.....	80
4.6. CÁLCULO DE PARÁMETROS GEOQUÍMICOS	82
4.7. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	84
4.7.1. ASOCIACIONES GEOQUÍMICAS	108
 CAPÍTULO V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	110
5.1. CONCLUSIONES.....	110
5.2. RECOMENDACIONES	112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
ANEXO I.....	116
ANÁLISIS GEOQUÍMICOS REPORTADOS POR EL LABORATORIO	116
ANEXO II.....	124
ANÁLISIS GEOQUÍMICOS PARA EL QA/QC.....	124
REPORTE DE MUESTRAS STANDARD	124

REPORTE DE MUESTRAS DUPLICADAS	Pág. 125
ANEXO III.....	126
FOTOGRAFÍAS DEL ÁREA DE ESTUDIO	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Movilidad de elementos en ambientes supérgenos (Perel, Man, 1967, modificada por Rose y otros, 1979)	5
Tabla 2.2	Algunas asociaciones geoquímicas comunales de elementos (Perel, Man, 1967, modificada por Rose y otros, 1979)	7
Tabla 2.3	Clasificación geoquímica 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)	9
Tabla 2.4	Asociaciones de elementos (pathfinder)	11
Tabla 2.5	Rangos de Coeficiente de Correlación	26
Tabla 3.1	Concesiones del Prospecto Isabel	31
Tabla 3.2	Coordenadas de las concesiones que conforman el prospecto Isabel	32
Tabla 3.3	Accesibilidad a la zona de estudio	32
Tabla 4.1	Límites de detección para los elementos analizados	59
Tabla 4.2	Estadísticas básicas de las muestras Standards	59
Tabla 4.3	Taza de errores para los pares de muestras duplicadas	61
Tabla 4.4	Datos obtenidos en la prueba de Kolmogorov - Smirnov	65
Tabla 4.5	Estadística Univariada para los elementos sin transformar	66
Tabla 4.6	Estadística Univariada para los elementos transformados a logaritmo natural	67
Tabla 4.7	Parámetros Geoquímicos	82
Tabla 4.8	Rangos de anomalías geoquímicas para cada elemento	83
Tabla 4.9	Porcentaje de muestras anómalas por elemento	83
Tabla 4.10	Muestras anómalas de Mo con su ubicación y código	84
Tabla 4.11	Muestras anómalas de Cu con su ubicación y código	86
Tabla 4.12	Muestras anómalas de Pb con su ubicación y código	88

	Pág.	
Tabla 4.13	Muestras anómalas de Zn con su ubicación y código	90
Tabla 4.14	Muestras anómalas de Ag con su ubicación y código	92
Tabla 4.15	Muestras anómalas de As con su ubicación y código	94
Tabla 4.16	Muestras anómalas de Au con su ubicación y código	96
Tabla 4.17	Muestras anómalas de Cd con su ubicación y código	98
Tabla 4.18	Muestras anómalas de Sb con su ubicación y código	100
Tabla 4.19	Muestras anómalas de Ba con su ubicación y código	102
Tabla 4.20	Muestras anómalas de Mn con su ubicación y código	104
Tabla 4.21	Muestras anómalas de Fe con su ubicación y código	106
Tabla 4.19	Asociaciones geoquímicas presentes en el Prospecto Isabel	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Grafico que representa una distribución estadística normal	21
Figura 2.2	Grafico que representa la Curtosis en sus diferentes distribuciones	22
Figura 2.3	Asimetría de un conjunto de datos	23
Figura 2.4	Parámetros geoquímicos de distribución	25
Figura 3.1	Columna esquemática de la parte oeste del Valle del Rio Marañón (Área Huacchis – Arancay).	53
Figura 4.1	Reporte de las muestras Standards	60
Figura 4.2	Reporte de las muestras duplicadas	62
Figura A1	Histograma normal del Molibdeno	68
Figura A2	Histograma log normal del Molibdeno	68
Figura A3	Box Plot del Ln_Mo	68
Figura A4	Diagrama de dispersión del Mo en el complejo metamórfico	68
Figura B1	Histograma normal del Cobre	69
Figura B2	Histograma log normal del Cobre	69
Figura B3	Box Plot del Ln_Cu	69
Figura B4	Diagrama de dispersión del Cu en el complejo metamórfico	69

	Pág.	
Figura C1	Histograma normal del Plomo	70
Figura C2	Histograma log normal del Plomo	70
Figura C3	Box Plot del Ln_Pb	70
Figura C4	Diagrama de dispersión del Pb en el complejo metamórfico	70
Figura D1	Histograma normal del Zinc	71
Figura D2	Histograma log normal del Zinc	71
Figura D3	Box Plot del Ln_Zn	71
Figura D4	Diagrama de dispersión del Zn en el complejo metamórfico	71
Figura E1	Histograma normal de la Plata	72
Figura E2	Histograma log normal de la Plata	72
Figura E3	Box Plot del Ln_Ag	72
Figura E4	Diagrama de dispersión de la Ag en el complejo metamórfico	72
Figura F1	Histograma normal del Arsenico	73
Figura F2	Histograma log normal del Arsenico	73
Figura F3	Box Plot del Ln_As	73
Figura F4	Diagrama de dispersión del As en el complejo metamórfico	73
Figura G1	Histograma normal del Oro	74
Figura G2	Histograma log normal del Oro	74
Figura G3	Box Plot del Ln_Au	74
Figura G4	Diagrama de dispersión del Au en el complejo metamórfico	74
Figura H1	Histograma normal del Cadmio	75
Figura H2	Histograma log normal del Cadmio	75
Figura H3	Box Plot del Ln_Cd	75
Figura H4	Diagrama de dispersión del Cd en el complejo metamórfico	75
Figura I1	Histograma normal del Antimonio	76
Figura I2	Histograma log normal del Antimonio	76
Figura I3	Box Plot del Ln_Sb	76

	Pág.
Figura I4	76
Diagrama de dispersión del Sb en el complejo metamórfico	
Figura J1	77
Histograma normal del Bario	
Figura J2	77
Histograma log normal del Bario	
Figura J3	77
Box Plot del Ln_Ba	
Figura J4	77
Diagrama de dispersión del Ba en el complejo metamórfico	
Figura K1	78
Histograma normal del Manganeseo	
Figura K2	78
Histograma log normal del Manganeseo	
Figura K3	78
Box Plot del Ln_Mn	
Figura K4	78
Diagrama de dispersión del Mn en el complejo metamórfico	
Figura L1	79
Histograma normal del Hierro	
Figura L2	79
Histograma log normal del Hierro	
Figura L3	79
Box Plot del Ln_Fe	
Figura L4	79
Diagrama de dispersión del Fe en el complejo metamórfico	
Figura 4.3	80
Diagrama de correlación de Pearson	

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 3.1	48
Cartografiado Geológico en el Cerro Tambococha	
Foto 3.2	49
Toma de muestras en el área de estudio	
Foto 3.3	54
Esquistos micáceos presentando su brillo característico	
Foto 3.4	55
Esquistos verdes que se muestrearon en el prospecto Isabel	
Foto 3.5	55
Presencia de esquistosidad en el prospecto Isabel	
Foto 3.6	56
Cuerpo intrusivo dispuesto a manera de dique tabular	
Foto 3.7	56
Muestra del cuerpo intrusivo en la que se puede apreciar la textura obliterada	
Foto 3.8	125
Vista panorámica del Cerro Santa Punta (izquierda) y Cabra Vaqueria (derecha), parte norte del prospecto	
Foto 3.9	126
Sistema de gravens en el cerro Huarmi Huanushgan	

		Pág.
Foto 3.10	Falla identificada en el derrumbe del cerro Huarmi Huanushgan generando una zona por donde pudieron emerger soluciones mineralizantes puesto que en este lugar se identificó la asociación geoquímica para metales base (Pb – Zn - Cd (Ag))	127
Foto 3.11	Sulfuros masivos en contacto con dique silicificado en el cerro Puytush Grande donde se identificó la asociación Zn - Cd	128
Foto 3.12	Aporte de sílice hidrotermal en el cerro Huishuros	129
Foto 3.13	Vista panorámica del cerro Tambococha en donde se observan afloramientos de esquistos micáceos	130
Foto 3.14	Vista panorámica del cerro Cajaragra en donde se obtuvieron anomalías débiles y moderadas de Bario	131

INDICE DE PLANOS

Plano N°01	Plano de Ubicación	44
Plano N°02	Plano de las Concesiones	45
Plano N°03	Plano Geológico	57
Plano N°04	Dispersión Geoquímica del Mo	85
Plano N°05	Dispersión Geoquímica del Cu	87
Plano N°06	Dispersión Geoquímica del Pb	89
Plano N°07	Dispersión Geoquímica del Zn	91
Plano N°08	Dispersión Geoquímica de la Ag	93
Plano N°09	Dispersión Geoquímica del As	95
Plano N°10	Dispersión Geoquímica del Au	97
Plano N°11	Dispersión Geoquímica del Cd	99
Plano N°12	Dispersión Geoquímica del Sb	101
Plano N°13	Dispersión Geoquímica del Ba	103
Plano N°14	Dispersión Geoquímica del Mn	105
Plano N°15	Dispersión Geoquímica del Fe	107
Plano N°16	Asociaciones Geoquímicas	109

RESUMEN

El Prospecto Isabel se ubica en la cordillera Oriental del centro del Perú con una altura promedio de 3700 m.s.n.m, políticamente se encuentra en el departamento de Huánuco, provincia de Huamiles, distrito de Jircan. El prospecto está conformado por 7 concesiones haciendo un total de 4600 has. La geología de la zona comprende en su mayoría por esquistos micáceos y esquistos verdes pertenecientes al Complejo metamórfico del Marañón de edad Precámbrica, también tiene pequeños cuerpos intrusivos fuertemente silicificados. Para el presente estudio se realizó un muestreo sistemático convencional y aleatorio obteniéndose un total de 172 muestras de fragmentos de roca que pertenecen a una sola población metamórfica para los cuales se analizaron 12 elementos de mayor importancia económica y asociativa (Mo, Cu, Pb, Zn, Ag, As, Au, Cd, Sb, Ba, Mn y Fe), haciendo un total de 2052 valores tratados estadísticamente. A partir del análisis estadístico univariado se procedió a calcular los parámetros geoquímicos Background y Threshold los cuales sirvieron para poder generar anomalías de los elementos analizados obteniéndose de esta manera 73 áreas anómalas que se encuentran principalmente en los cerros Santa Punta, Puytush Grande, Huishuros, Cajaragra, Huarmi Huanushgan y Tambococha. Así mismo se identificaron 5 asociaciones geoquímicas que proponen un sistema polimetálico en vetas para metales base (Pb – Zn – Cd (Ag), Cu – Sb, Zn – Cd) y para metales preciosos (Au – As – Sb – Cd (Ag), As – Sb (Au))

Palabras Claves: Prospección Geoquímica, Valor de fondo, Umbral, Anomalía, Asociación Geoquímica

ABSTRACT

Prospect Isabel is located in the Eastern Cordillera of central Peru with an average height of 3700 msnm, politically it is located in the department Huanuco province of Huamiles, Jircan district. The prospect consists of seven concessions for a total of 4600 has. The geology of the area consists mainly of micaceous schist and greenschist metamorphic Complex belonging to the Marañon of Precambrian age, also has small, heavily silicified intrusive bodies. For this study a standard and systematic random sampling yielding a total of 172 samples rock chip belonging to a single metamorphic population for which 12 elements of greater economic and associative significance (Mo, Cu, Pb, Zn, Ag were analyzed performed, As, Au, Cd, Sb, Ba, Mn and Fe), making a total of 2052 values statistically treated. From univariate statistical analysis proceeded to calculate the geochemical parameters Background and Threshold which served us to generate anomalies of the analyzed elements thereby obtaining 73 anomalous areas are mainly in the Holy hills Punta, Puytush Grande Huishuros, Cajaragra, Huarmi Huanushgan and Tambococha. and precious metals (Au - As - Sb - Cd (Ag) Also in May geochemical associations propose a polymetallic system in veins for base metals (- Zn - Cd (Ag), Cu - - Sb, Zn Cd Pb) were identified, As - Sb (Au))

Keywords: Prospection Geochemistry, Background, Threshold, Anomaly, Geochemistry Association

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el distrito de Jircán, departamento de Huánuco se encuentran rocas metamórficas pertenecientes al Complejo del Marañón que afloran dentro del prospecto Isabel, las cuales se encuentran afectadas por estructuras discontinuas como fallas y diaclasas, presentan algunas zonas con sulfuros quedando latente la probabilidad de identificar blancos exploratorios. De ahí la necesidad de realizar un trabajo de prospección geoquímica para poder identificar zonas de interés que a la larga podría llevarnos a encontrar un yacimiento mineral por esta zona.

Así tenemos como formulación del problema la siguiente pregunta: ¿Cuál es el potencial para la generación de blancos exploratorios que presenta el prospecto Isabel?

El desarrollo de esta tesis permitirá plantear de forma preliminar un modelo geoquímico predictivo basado principalmente en las leyes anómalas de las muestras obtenidas de manera sistemática para luego poder generar blancos exploratorios que a la larga pueden convertirse en yacimientos minerales económicos contribuyendo al desarrollo de la región.

También se debe recalcar el aporte de investigación que se brindará a estudiantes y profesionales interesados con el tema, estableciéndose como un antecedente para trabajos posteriores, en la línea de Geoquímica

La investigación se realizará en el distrito de Jircán, provincia de Huamalíes, departamento de Huánuco teniendo una duración de 3 meses desde Enero hasta Marzo del 2017 y se centrará en la geoquímica de las ocurrencias de sulfuros en las rocas metamórficas del complejo del Marañón que afloran en el prospecto Isabel. Teniendo como objetivo general la generación blancos exploratorios en las

rocas metamórficas del Complejo del Marañón que afloran en el prospecto Isabel para lo cual se llevaron a cabo los siguientes trabajos: realizar un análisis estadístico univariado y multivariado de las muestras, calcular el Background y Thresold de los elementos con mayor relevancia económica y finalmente proponer un modelo geoquímico predictivo para el área de investigación.

La prospección geoquímica se determina blancos exploratorios para metales de mayor interés económico asociándolos de acuerdo a las anomalías Geoquímicas halladas, generando de esta manera un modelo geoquímico predictivo.

La presente investigación sigue el siguiente orden de capítulos:

CAPÍTULO I: Correspondiente al Planteamiento del Problema, Formulación, Justificación, Delimitación, Objetivos e Hipótesis de la Investigación

CAPÍTULO II: Correspondiente al Marco Teórico, donde se describen los antecedentes, las bases teóricas y definición de términos de la investigación

CAPÍTULO III: Correspondiente a Materiales y Métodos que describen la ubicación geográfica y política, accesibilidad, metodología utilizada, procedimiento empleado, instrumentos para la recolección de datos además del marco geológico regional y local del prospecto

CAPÍTULO IV: Correspondiente al Análisis y Discusión de Resultados en el que se detalla la metodología de muestreo empleada, los límites de detección por cada elemento analizado, el control de calidad de los análisis, la población estadística a ser analizada, el procesamiento estadístico que se llevó a cabo para que finalmente se pueda calcular los parámetros geoquímicos y generar los blancos exploratorios.

CAPÍTULO V: Muestra las conclusiones y recomendaciones obtenidas en base a los objetivos planteados y al análisis de la data obtenida.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICOS

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Existen estudios geológicos a nivel regional y de manera preliminar en donde se enmarca el Prospecto Isabel, es así que se mencionara los siguientes estudios realizados:

Jacay (1996) INGEMMET Boletín N° 67 Geología del cuadrángulo de Singa (Hoja 19J). Este estudio nos habla acerca de los metalotectos potenciales de la zona como son el complejo del Marañón que podría contener minerales metálicos de Cu, Ag, Au en los esquistos y gneis en contacto con los intrusivos, así como también de Ni, Co; Ti, Pt, etc. dentro de las rocas ultra básicas. Asimismo, nos habla de los Aspectos para la prospección de áreas mineralizadas, los cuales vienen a ser: los controles estructurales y regionales (sistema de fallas, fracturamiento y zonas de contacto, Roca caja favorable a la mineralización y Roca intrusiva como fuente generadora de los fluidos hidrotermales

Navarro (2007) "Informe Preliminar". El propósito de este informe considera tanto los aspectos generales como la descripción mineralógica más visible como: Galena, Calcopirita, Niquelita, Cromita, Pirrotita, Tenantita, Hematita, Pirita y Arsenopirita. También se presentan algunos reportes de laboratorio referenciales para justificar la visita de una brigada de geólogos a la zona.

Rivasplata (2015) "Informe preliminar de las concesiones Pepitos, Joas y Ronies". Estudio que Analiza de manera general las posibles ocurrencias minerales que se podría identificar en campo relacionando los proyectos cercanos a las concesiones y las franjas metalogenéticas

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA GEOQUÍMICA

2.2.1.1. Ambiente Geoquímico

Las variables que condicionan la dispersión de los iones metálicos en un ambiente geoquímico son: la presión, la temperatura y la disponibilidad de los elementos químicos en la naturaleza, los cuales determinan que las fases químicas sean estables en cualquier circunstancia (Rivera 2007); es así que el ambiente geoquímico puede dividirse en:

a) 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.

b) 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.

2.2.1.2. Movilidad Geoquímica

La relación que tiene un elemento está sujeto a un proceso de dispersión dependiendo sobre todo de su movilidad: esto es, la facilidad con la cual el elemento se puede mover en cualquier ambiente. (Tabla 2.3).

Tabla 2.1: Movilidad de elementos en ambientes supérgenos (Perel, Man, 1967, modificada por Rose y otros, 1979)

Movilidad Relativa	Oxidante (pH 5-8)	Oxidante (pH < 4)	Reductor
Muy móvil (k>10)	Cl, Br, I, S, Rn, He, C, N, Mo, B, (Se, Te, Re).	Cl, Br, I, S, Rn, I, Fe, C, N, B	Cl, Br, I, Rn, He.
Moderadamente móvil (k= 1-10)	Ca, Na, Mg, Li, F, Zn, Ag, U, V, As,(Sr, Hg, Sb)	Ca, Na, Mg, Sr, Li, F, Zn, Cd, Ni, U, V, As, Mil, P.	Ca, Na, Mg, Li. Sr, Ba, Ra, F, Mn.
Ligeramente móvil (k=1-10)	K, Rb, Ba, Mil, Si, Ge, P, Rb, Cu, Ni, Co, (Cd, Be, Rn, In, W)	K, Rb, Ba, Si, Ge, Ra.	K, Rb, Si, P, Fe.
Inmóvil (k<0.1)	Fe, Al, Ga, Se, Ti, Zr, Hf, Th, Pa, Sn. TR. grupo Pt, Au, (Cr, Nb, Ta, Bi, Cs)	Fe, Al, Ga, Se, Ti, Zr, Hf, Th, Pa, Sn, Tr, Grupo Pt, Au, As, Mo, Se.	Fe, Al, Ga, Ti, Zr, Hf, Th, Pa, Sn, Tr, grupo Pt, Au, Cu, Ag, Pb, Zn, Cd, Hg, Ni, Co, As, Sb, Bi, Y, V, Se, Te, Mo, In, Cr, (Nb, Ta, Cs)

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:

- Las Características Mecánicas de la Fase Móvil
- Las Características Químicas de la Fase Móvil

a) Las Características Mecánicas de La Fase Móvil

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

b) 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.

2.2.1.3. Asociación de Elementos

Algunos elementos tienden a ocurrir juntos en ciertas condiciones.

Esta tendencia resulta como una manifestación de movilidad de un elemento relativo 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 2.4).

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 2.2: Algunas asociaciones geoquímicas comunales de elementos (Perel, Man, 1967, modificada por Rose y otros, 1979)

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 de elementos litófilos ASOCIACIONES ESPECIFICAS Rocas ígneas Félsicas. Rocas ígneas Alcalinas Rocas Ígneas Máficas Rocas Ultramáficas. Algunas Pegmatitas Diferenciadas. Algunos Depósitos de Metasomatismo de Contacto Feldespatos Potásicos Muchos Otros Materiales Potásicos Materiales Ferromagnesianos	Si--Al-Fe-G-Ca-Na-K-Ti-Mn-Zr-Hf-Th-U-B-Be-Li-Sr-Ba-P-V-Vr-Sn-Ga-Nb-Ta-W-Halogenos-Tierras- raras. Si-K-Na Al-Na-Zr-t-Nb-Ta-P-Tierras-raras Fe-Mg-Ti-V Mg-Fe-Cr-Ni-Co Li-Be-B-Cs-Tierras raras - Nb -Ta-U-Th. Mo-W-Sn. K-Ba-Pb K-Na-Rb-Cs-Ti Fe-Mg-Mn-Cu-Zn-Co-Ni.
ROCAS SEDIMENTARIAS Óxido de Hierro Oxido de Manganeso Fosforita. Pizarras negras	Fe-As-Co-Ni-Se. Mn-As-Ba-Co-Mo-Ni-V-Zn. P -Ag-Mo-Pb-F-U- Al-Ag-As-Au-Bi-Cd-No-NI-Sb-V-Zn.

a) Clasificación Geoquímica de los Elementos

Goldschmidt (1937) compiló los datos sobre la distribución de los elementos químicos en materias naturales y artificiales, reconoció 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 2.5)

- Los elementos siderófilos.- Son aquellos que no 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 al 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 que forman parte de la composición de organismos necesarios para sus funciones vitales. Se denominan Elementos propios de la atmósfera.
- Los elementos biófilos.- Elementos esenciales para la vida animal y vegetal (Goldschmidt 1937)

Tabla 2.3: Clasificación geoquímica 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	CALCOFILA	LITOFILA	ATMOFILA	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 Re, Os, Ir, Pt. Au, Ge, Sn, Sb. (Pb), C, (As), P Mo, W, (Nb), Ta, Se. Te. Cu, Ga.	Fe, Cr, (Ni), (Co), Cu, Zn, Cd, Pb, Sn, Ge, Mo, (o). As, Sb, Bi. Ag, (Au), Hg. Ru, (Pt), (Rh). Ga, In, Tl, (Pd).	Si, Ti, Zr, Hf, Th, Li, N, K, Rb, Cs, F, Cl, Br, I, B, Al, (Ga), Se, Y,Tr(La-Lu) Be, Mg, Ga, Sr, Ba, (Fe), V. Cr, Nb, Ta. W, U, (T1), (Ge), (Zn), (N).	F, Cl, Br, I Ar. He, Ne. Kr, Xe	S, Cl, I, (Ca), (Mg), (K), (Na), (V), (Mn), (Fe). (Cu).

b) Asociación Geoquímica de los Elementos

Generalmente el principal constituyente de un mineral es el elemento(s), el cual es determinado mediante el estudio de exploración geoquímica. Por ejemplo, el cobre que usualmente suele estar presente en suelos, rocas y sedimentos, está condicionado a un elemento indicador. (Tabla 2.4).

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

c) 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 N° 2.4).

2.2.1.4. 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 isoclinas de distribución geoquímica, las cuales nos indicarán donde hay mayor abundancia de un elemento sobre la superficie estudiada luego de realizar el análisis estadístico y la Prospección Geoquímica de la zona (Goldschmidt 1937)

Tabla 2.4: Asociaciones de elementos (pathfinder)

TIPO DE DESPOSITO	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 Porfírico (Bingham).	Cu, S	Mo, Au, Ag, Re, As, Pb, Zn, K
Molibdeno Porfírico (Climax).	Me, 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. Se, Mo, V, Cu, Pb.
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: Geoquímica Aplicada (1992) Siegel

2.2.2. MUESTREO EN PROYECTOS DE PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA

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.

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 (Blanco J. 1984)

2.2.2.1. 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:

- ✓ Por su resistencia a la humedad, pueden contener material húmedo sin deteriorarse.
- ✓ Al ser impermeables favorece que la parte líquida de la muestra permanezca hasta sedimentar sin que se pierda información geoquímica.
- ✓ 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 arear 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, 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 lo 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 (Blanco J. 1984).

2.2.2.2. 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 Km² a 1:200 Km² Para delimitar provincias geoquímicas o rasgos similares muy amplios.
- 1:10 Km² a 1:50 Km² Prosección del trabajo en regiones específicas, susceptibles de contener una faja mineralizada o rasgo similar
- 1:2.5 Km² a 1:5 Km² 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.

2.2.2.3. 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.

2.2.2.4. Clases de Muestreo

Este muestreo se hace siguiendo las pautas determinadas 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.

a) 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.

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 primeras 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 5°, 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 (Rivera H. 2007)

b) 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 de 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, más 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 (Rivera H. 2007)

2.2.3. PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

2.1.3.1. La Media (\bar{X})

Es la medida más popular de la tendencia central, es lo que se llama un promedio y los que los estadísticos denominan aritmética o solamente media.

"la media de (n) números, es la suma de los mismos dividida entre (N)"

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + \dots + X_n}{N}$$

2.2.3.2. La Media Geométrica (MG)

Es la raíz de N-ésima del producto de los datos.

$$MG = (X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4 \dots X_n)^{1/N}$$

2.2.3.3. La Mediana

La mediana es una colección de datos ordenados en orden de magnitud, es el valor medio o la media aritmética de los dos valores medios.

2.2.3.4. La Moda

La moda de una serie de números, es aquel valor que se presenta con la mayor frecuencia, es decir es el valor más común. La moda puede no existir e incluso si existe puede que no sea única.

2.2.3.5. Amplitud

La amplitud (A_m) de un conjunto de datos es el valor mayor (V_{\max}) menos el valor mínimo (V_{\min}):

$$A_m = V_{\max} - V_{\min}$$

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

$$\text{INTERVALO} = (V_{\max} - V_{\min}) / N^{\circ} \text{ clases}$$

2.2.3.6. Desviación Estándar (S)

Es la más confiable de las medidas de dispersión, también se le conoce como la desviación típica.

Es el parámetro más crítico necesario para establecer los valores del Background, las variaciones locales y regionales (Threshold) y las posibles y probables anomalías en una serie de valores de concentración geoquímica, la cual puede ser calculada por la ecuación (Rivera H. 2007):

$$S = \sum \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Donde, S es la desviación estándar, X es el valor de cada medida, \bar{X} es la media o promedio y n es el número de observaciones.

De acuerdo a la estadística clásica en una distribución normal sucede lo siguiente:

- 68.27% de la población tendría valores entre $(x-s)$ y $(x+s)$.
- 95.45% de la población tendría valores entre $(x-2s)$ y $(x+2s)$.
- 99.73% de la población tendría valores entre $(x-3s)$ y $(x+3s)$.
- 99.99% de la población tendría valores entre $(x-4s)$ y $(x+4s)$.

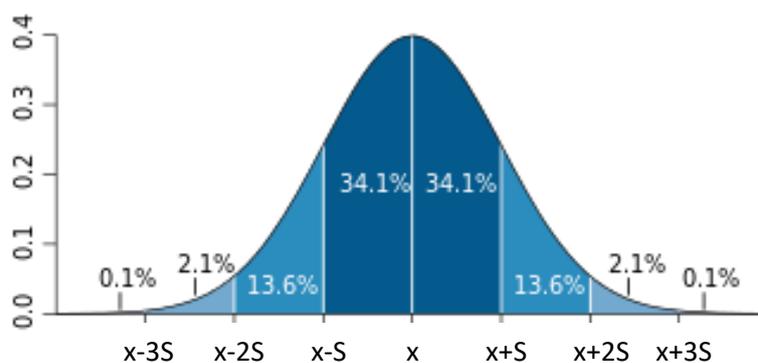


Figura 2.1: Grafico que representa una distribución estadística normal

Esto quiere decir que, en una media geoquímica de una población de 1000 muestras, 682 muestras tendrán teóricamente valores de concentración geoquímica entre el promedio más o menos una desviación estándar, puesto que en geoquímica estamos interesados en los valores positivos, 159 valores tendrán valores mayores que $x+2s$ y una sola muestra tendrá teóricamente un valor mayor que $x+3s$.

En prospección geoquímica es más común seleccionar como Background el valor que corresponde a \bar{X} y como límite de las fluctuaciones local y regional (threshold) la cifra que corresponde a $x+2s$ (propuesta por Lepeltier) y los valores que exceden de este límite pueden ser considerados como anomalía geoquímica

2.2.3.7. La Varianza (S^2)

La varianza de un conjunto de datos viene a ser el cuadrado de la desviación estándar.

La varianza viene a ser otra medida de dispersión, la que define como el promedio o media de los cuadrados de las desviaciones de las medias respecto a su media.

$$s^2 = \sum \frac{(X_1 - \bar{X})^2}{n - 1}$$

2.2.3.8. Coeficiente de Curtosis

Es una medida de concentración entorno a la media, si la variable es normal el coeficiente es cero, valores mayores que cero indicarán que la distribución tiende a concentrarse en torno a la media más que una distribución normal (distribución Leptocúrtica), mientras que valores menores que cero indica que tiende a dispersarse más (distribución Platicúrtica) y si tienen una tendencia casi simétrica se le conoce como distribución Mesocúrtica.

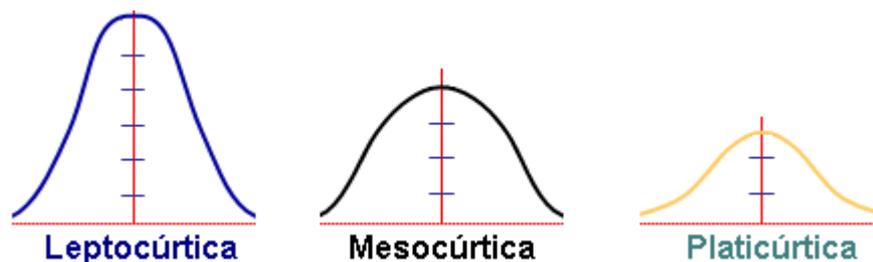


Figura 2.2: Grafico que representa la Curtosis en sus diferentes distribuciones

2.2.3.9. Coeficiente de Asimetría

El concepto de asimetría de una distribución indica la deformación horizontal de las distribuciones de frecuencias (figura 2.3)

Una distribución es simétrica, cuando su curva (o polígono) de frecuencias es simétrica respecto al eje vertical y en este caso la media aritmética, la mediana y la moda coinciden.

La asimetría positiva o ala derecha, si tiene una ramificación más extendida hacia la derecha o hacia los valores grandes de la variable, en este caso la media aritmética es mayor que la moda, la mediana quedara comprendida entre ambas.

La asimetría negativa o a la izquierda, si tiene una ramificación más extendida

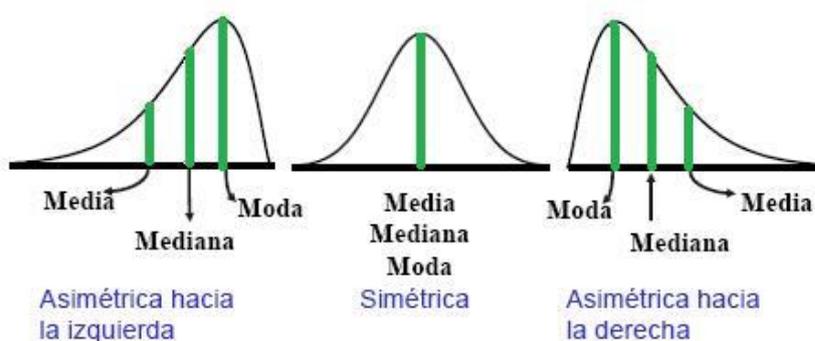


Figura 2.3: Asimetría de un conjunto de datos

2.2.3.10. Coeficiente de Variación

Una forma de evaluar si la desviación estándar es grande o pequeña es al compararla con la media.

$$CV = \frac{S}{\bar{X}}$$

Además, es una regla práctica para conocer la normalidad de la distribución del elemento, entonces una población puede considerarse como Gaussiana si el coeficiente de variación es inferior a 0.5 en caso contrario indicará un carácter log normal.

2.2.3.11. Coeficiente de Correlación

Es otro cálculo que utiliza la prospección geoquímica para establecer la relación entre un par de factores (o dos grupos de valores). El coeficiente de correlación o índice de correlación lineal de Pearson, entre variables x e y se define por:

$$r = \frac{Cov(x,y)}{S_x S_y}$$

Donde S_x y S_y son las desviaciones estándares de x e y respectivamente y Cov es la covarianza. Se demuestra que el coeficiente de correlación cumple.

- Si existe una relación lineal exacta entre ambas variables y todos los puntos están en la línea $y=a+bx$ (recta de regresión), el coeficiente de correlación es igual a 1 (si $b>0$) o -1 (si $b<0$).

- Si no existe relación lineal exacta $-1 < r < 1$, el cual representa el grado de asociación.
- Si $r=0$, cuando no hay ninguna correlación lineal entre x e y

2.2.4. 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 conlleva a forzar el resultado, como lo que ocurre en el procesamiento de datos de Ag, Sb y W 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 problemas en los parámetros geoquímicos.

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 dicha muestra (Rivera, 2007)

2.2.4.1. Background o Valor de Fondo

Se denomina así a la concentración normal de un elemento en un material terrestre. 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 considerara 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 ponderado.

En el caso del presente estudio, se ha considerado un promedio geométrico (media geométrica) por tratarse de un estudio netamente regional además de que la media castiga o reprime un poco los valores altos o bajos erráticos y no permite una alta desviación estándar.

2.2.4.2. Threshold o Umbral Geoquímico

Es un parámetro geoquímico también conocido como Umbral Geoquímico, que está en función de la concentración normal más dos veces la cantidad por las que se desvían los valores de su contenido de fondo.

Desde el punto de vista nominal, sea el caso de una normal o log normal, el 95% de los valores individuales caen entre el background más dos veces la desviación estándar, es decir que solamente el 2.5% de la población excede el límite superior ($X+2S$), este límite superior está tomado convencionalmente como un nivel umbral (Threshold), encima del cual cualquier valor es considerado anómalo.

2.2.4.3. 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 desde el punto de vista cualitativo.

a) Anomalía Significativa

Se pueden usar como guías en prospección ya que tienen relación con la mineralización, las cuales son determinadas con métodos estadísticos.

b) Anomalía No Significativa

Sin relación con la mineralización, puede ser una anomalía espectral que mediante un tratamiento estadístico de sus muestras indican que no están relacionadas a una mineralización significativa.

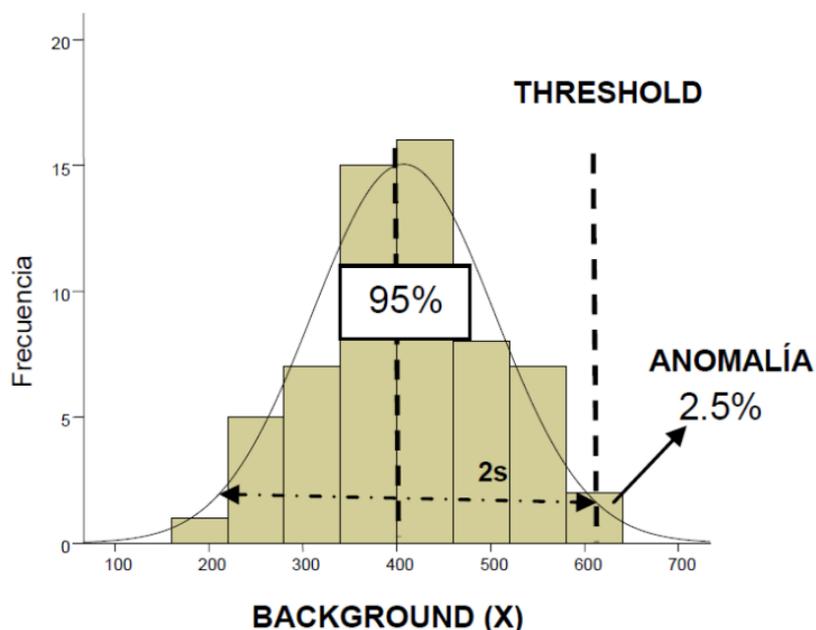


Figura 2.4: Parámetros geoquímicos de distribución

2.2.4.4. 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

2.2.4.5. Coeficiente de Correlación

Es otro cálculo que utiliza la prospección geoquímica para establecer la relación entre un par de factores (o dos grupos de valores). El coeficiente de correlación o índice de correlación lineal de Pearson, entre dos variables x e y se define por:

$$r = \frac{Cov(x,y)}{S_x S_y}$$

Donde $S_x S_y$ son las desviaciones estándares de x e y respectivamente y Cov es la covarianza. Se demuestra que el coeficiente de correlación cumple

- Si existe una relación lineal exacta entre ambas variables y todos los puntos están en línea $y=a+bx$ (recta de regresión), el coeficiente de correlación es igual a 1 (si $b>0$) o -1 (si $b<0$)
- Si no existe relación lineal exacta: $-1<r<1$, el cual representa el grado de asociación.
- $r=0$, cuando no hay ninguna correlación lineal entre x e y

Tabla 2.5: 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

2.2.4.6. Análisis de Correlación

Cuando calculamos r con una base a datos muestrales, 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 muestrales, el valor que obtenemos para r es sólo una estimación de un parámetro correspondiente.

2.2.4.7. Ventajas del Análisis Estadístico

Se considera que la geoquímica es una compilación de análisis inexactos, reproducibles 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 sí 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, cualquiera 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.

2.2.4.8. 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 difíciles 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 coleccionar 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,

2.2.4.9. Distribución de Frecuencia Acumulada

El método gráfico para determinar el Umbral Geoquímico de una población de resultados de muestras de rocas, 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 tienen dos tendencias representadas por dos rectas que se interceptan entre sí.

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% del 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 abscisas

2.2.5. Métodos utilizados en el ajuste estadístico de los datos

2.2.5.1. Método de los Histogramas

Se trata de dividir el conjunto de datos en una serie de intervalos y representarlos bajo la forma de un histograma de frecuencias. La similitud con una curva de Gauss nos puede inducir a clasificar esta distribución como normal.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Anomalía Geoquímica:** Signo o señal de un patrón geoquímico mayor, mostrado por la presencia de elementos de interés en cantidades muy pequeñas (Dávila, 2011)
- **Elemento Pathfinder:** Es un elemento fácilmente detectable, el cual puede ser usado como guía para ubicar la presencia de un elemento económicamente más deseable (Rivera, 2007)
- **Blanco exploratorio:** Zona de interés por presentar Anomalías Geoquímicas que a la larga pueden determinar un Yacimiento Minero (Viladevall, 2008)
- **Leyes muestrales:** Cantidad de un elemento químico en una roca se puede usar porcientos (%), ppm (partes por millón) o gramos por tonelada (g/t). (Viladevall, 2008)
- **Malla de muestreo:** Espaciamiento constante entre muestras con el fin de obtenerlas de manera sistemática y ordenada, el diseño de la malla está en función al tipo de yacimiento a prospectar (Viladevall, 2008)

- **Modelo Geoquímico:** Modelo que asocia las anomalías geoquímicas de los elementos de interés económico y los delimita mediante un área con potencial exploratorio (Viladevall, 2008)
- **Prospección Geoquímica:** Uno de los métodos de la investigación minera que se basa en la medida sistemática de las propiedades químicas de los materiales naturales. El fin de dichas medidas sería la localización de anomalías geoquímicas o de áreas cuya estructura, hiciera pensar en la presencia de un cuerpo mineralizado en su vecindad (Hawkes, 1957)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El Prospecto Isabel se ubica en la cordillera Oriental del centro del Perú, a 296 Km al SE de la ciudad de Cajamarca y a 315 Km al NE de la ciudad de Lima, a una altura promedio de 3700 m.s.n.m.

3.1.2. UBICACIÓN POLÍTICA

Políticamente se encuentra en el Departamento de Huánuco, Provincia de Huamalíes, distrito de Jircán (Plano N° 01)

3.1.3. CONCESIONES QUE CONFORMAN EL PROSPECTO

Las concesiones que conforman el Prospecto Isabel son las siguientes (Plano N° 02):

Tabla 3.1: Concesiones del Prospecto Isabel

Nombre	Área (has)
Joas 1	900
Joas 2	500
Joas 4	300
Joas 7	600
Pepito IA	1000
Ronie 2	1000
Ronie 3	300
TOTAL	4600

3.1.3.1. Coordenadas de las Concesiones

Las Coordenadas de las concesiones (UTM Psad 56-Zona 18S) se muestran a continuación:

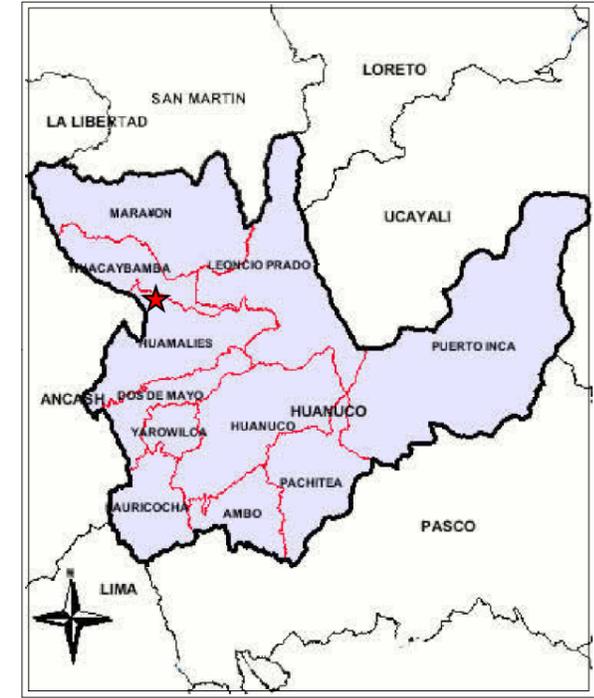
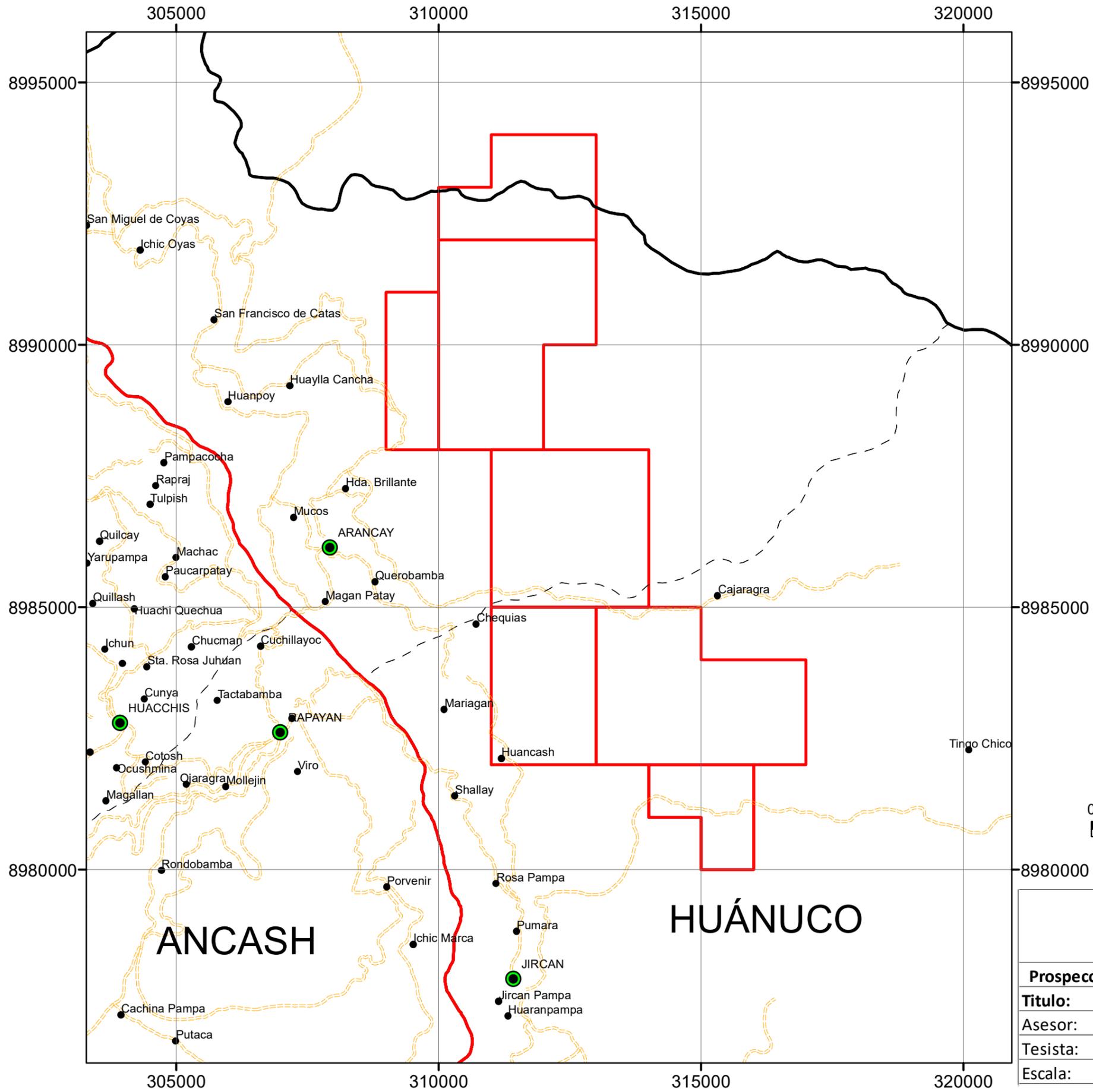
Tabla 3.2: Coordenadas de las concesiones que conforman el prospecto Isabel

RONIE 2			JOAS 1		
Vértice	Norte	Este	Vertice	Norte	Este
1	8985000	315000	1	8988000	314000
2	8984000	315000	2	8985000	314000
3	8984000	317000	3	8985000	311000
4	8982000	317000	4	8988000	311000
5	8982000	313000	JOAS 2		
6	8985000	313000	Vértice	Norte	Este
RONIE 3			1	8994000	313000
Vértice	Norte	Este	2	8992000	313000
1	8982000	316000	3	8992000	310000
2	8980000	316000	4	8993000	310000
3	8980000	315000	JOAS 7		
4	8981000	315000	Vertice	Norte	Este
5	8981000	314000	1	8985000	313000
6	8982000	314000	2	8982000	313000
			3	8982000	311000
			4	8985000	311000
			PEPITOS IA		
			Vertice	Norte	Este
			1	8992000	313000
			2	8990000	313000
			3	8990000	312000
			4	8988000	312000
			5	8988000	310000
			6	8992000	310000

3.1.4. ACCESIBILIDAD

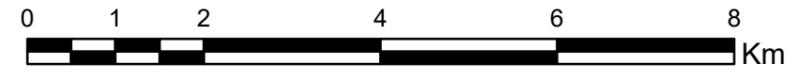
Tabla 3.3: Accesibilidad a la zona de estudio

Tramo	Tipo de Carretera	Distancia	Tiempo
Cajamarca - Lima	Asfaltada	850 Km	14 horas
Lima – Jircán	Asfaltada en un tramo	510 Km	12 horas
Jircán - Huancash	Afirmada	3.5 Km	15 min
Huancash - Campamento 1	Camino de herradura	7.5 Km	6 horas

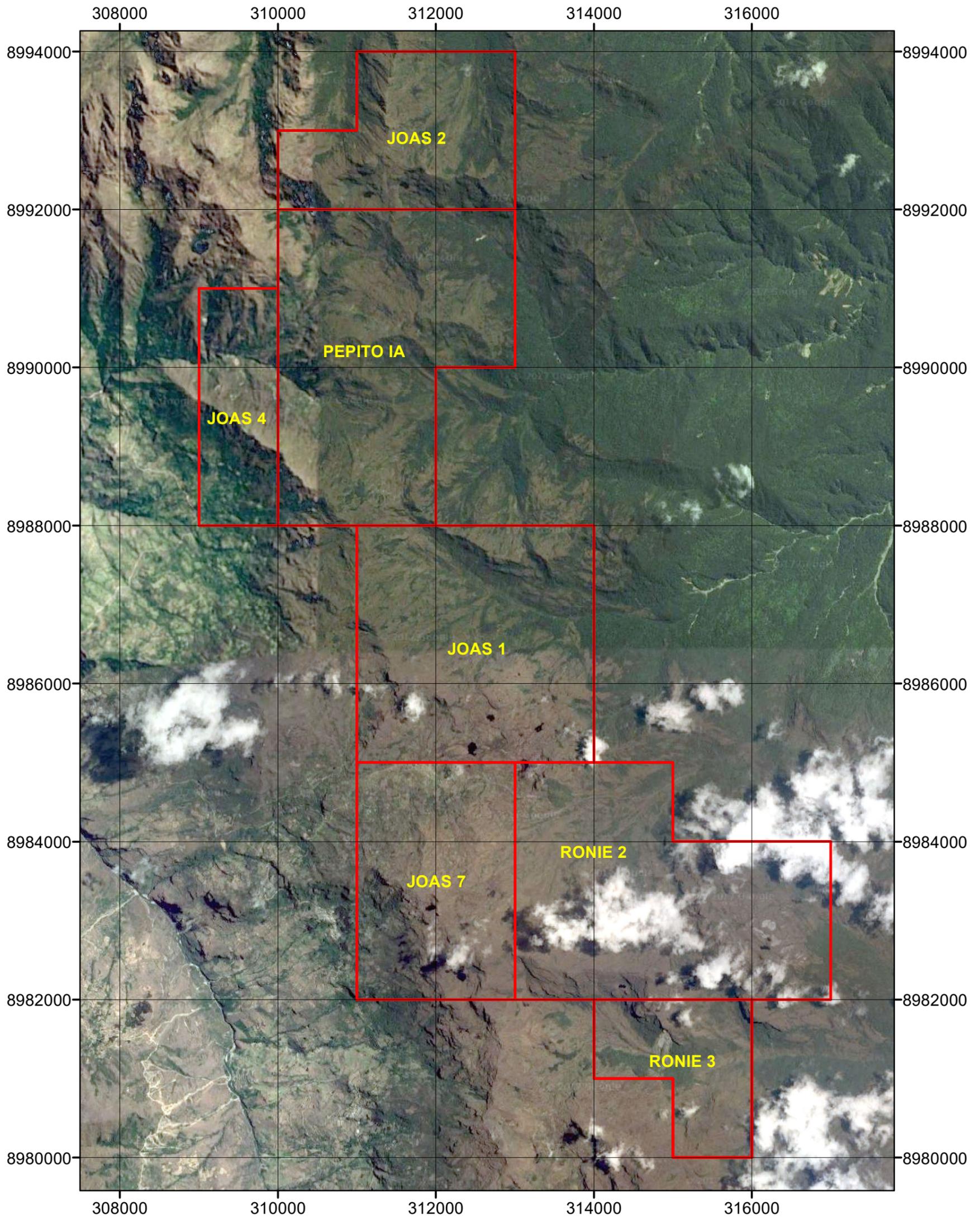


LEYENDA

- Distritos
- Centros Poblados
- Camino de herradura
- Prospecto Isabel



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
Facultad de Ingeniería		
<i>Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica</i>		
Prospección Geoquímica del Prospecto Isabel, Distrito de Jirca - Huánuco		
Título: PLANO DE UBICACIÓN		
Asesor:	Mcs. Ing. José Alfredo Siveroni Morales	Plano N°: 01
Tesista:	Bach. Percy Gonzalo Cueva Salazar	
Escala:	1/80000	
Fecha:		Cajamarca Mayo del 2017



LEYENDA

 Concesiones

Area Total = 4600 Has

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
Facultad de Ingenieria		
<i>Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica</i>		
Prospección Geoquímica del Prospecto Isabel, Distrito de Jircán -Huánuco		
Título: PLANO DE LAS CONCESIONES		
Asesor:	Mcs. Ing. José Alfredo Siveroni Morales	Plano N°: 02
Tesista:	Bach. Percy Gonzalo Cueva Salazar	
Escala:	1/50000	
Fecha: Cajamarca Mayo del 2017		

3.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de tesis es del tipo Cualitativo ya que utilizaron magnitudes numéricas que pueden ser tratadas mediante herramientas del campo de la estadística como histogramas de frecuencias, correlaciones, desviaciones estándar y ser representadas mediante un modelo numérico en forma de planos geoquímicos

Presenta un nivel Exploratorio – Explicativo ya que nos enfrentamos a una zona que no ha sido estudiada a nivel prospectivo y en consecuencia con la exploración de la zona y mediante el tratamiento y análisis de los datos geoquímicos se podrá dar una explicación de las anomalías generadas y su relación con algún tipo de yacimiento

El diseño del estudio es no experimental y el método de la investigación es Hipotético – Deductivo – Predictivo.

3.2.2. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.2.1. Etapa Preliminar de Gabinete

a) Compilación bibliográfica

Esta etapa consiste en la búsqueda, revisión y análisis de la información existente sobre los trabajos realizados en el área como: el Boletín N°67 del INGEMMET- “Geología del Cuadrángulo de Singa” y los trabajos preliminares.

b) Diseño de un programa de muestreo

Procedimientos para realizar un programa de muestreo adecuado:

- El área es seleccionada por las características metálicas, litológicas y estructurales que presenta verificada por la información bibliográfica referente a este tema.

- Se han ubicado las muestras teniendo en cuenta la presencia de anomalías de alteración hidrotermal en la parte norte y ausencia de afloramientos en la parte sur
- Para la parte norte se realizará un muestreo selectivo en zonas determinadas con alteración hidrotermal y mineralización
- Para la parte sur se realizará un muestreo sistemático convencional en malla rómbica con un espaciado de 350 m
- Elaboración de una imagen satelital con la malla de muestreo definida codificando cada muestra, esta imagen será la que nos servirá de base para el cartografiado y muestreo en campo.

3.2.2.2. Trabajo de Campo

Una vez completado los análisis de gabinete se procede con la parte más interesante desde el punto de vista geológico, los trabajos de campo. Ir al campo no es tan solo un paseo bien pagado, requiere de objetivos claros, un compromiso absoluto y una definición específica de la estrategia y tácticas a seguir.

a) Cartografiado Geológico de afloramientos superficiales a escala 1/10000

Básicamente consistió en el cartografiado de afloramientos, estructuras, alteraciones y rumbos de la esquistosidad presente (Foto 3.1). Todos estos datos fueron plasmados en varios planos elaborando un folio del prospecto.



Foto 3.1: Cartografiado Geológico en el Cerro Tambococha (vista hacia el SE)

b) Muestreo Geoquímico Superficial (Rock Chip)

Se ha tomado un total de 172 muestras en todo el prospecto de las cuales 113 son muestras del tipo sistemáticas pertenecientes a la malla de muestreo y 59 son muestras del tipo selectivo tomadas en puntos de interés para el geólogo como estructuras o vetas y que pertenecen a campañas anteriores cuya información fue brindada para este trabajo.

Para el muestreo se procedió con la toma de 2Kg aproximadamente de fragmentos de roca en cada punto de la malla espaciada 350m, estos fragmentos se guardaron en bolsas de muestreo debidamente codificadas y posteriormente selladas para evitar posibles contaminantes.



Foto 3.2: Toma de muestras en el Cerro Huishuros, vista hacia el SW

3.2.2.3. Trabajo de Laboratorio

Todas las muestras obtenidas fueron analizadas por el paquete ICP-Multielementos en el laboratorio Bureau Veritas Mineral – Canadá, que consistió en el análisis de 53 elementos utilizando digestión de agua regia (combinación de 3:1 de HCl: HNO₃). Después de la digestión de la muestra, la solución se analiza mediante espectrometría de masas de plasma acoplados inductivamente (ICP-MS)

3.2.2.4. Trabajo de Gabinete

a) Elaboración e interpretación de Planos

A partir del cartografiado superficial se procedió a la interpretación de los planos litológicos y estructurales.

b) Elaboración e interpretación de Planos Geoquímicos

A partir de la data geoquímica entregada por el laboratorio, con el que se determinaron parámetros estadísticos y anomalías para los elementos de mayor importancia económica, los que posteriormente fueron plasmados en planos de dispersiones y asociaciones geoquímicas

3.2.3. TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Para este estudio se tomaron en cuenta 12 elementos de mayor interés los cuales fueron: Mo, Cu, Pb, Zn, Ag, As, Au, Cd, Sb, Ba, Mn y Fe. El tratamiento de los datos se realizó en el software estadístico Minitab 16 realizando los siguientes análisis:

- Análisis multivariado que consistió en realizar una correlación de Pearson y generación de un dendrograma con los 12 elementos para poder encontrar asociaciones geoquímicas

- Análisis univariado con el que se pudo determinar los parámetros estadísticos de cada elemento por separado, así como su histograma de frecuencias, box plot y ver si dichos elementos presentan una distribución normal; para luego calcular sus anomalías geoquímicas

Las presentaciones de los resultados estarán dados por planos geoquímicos que mostrarán las anomalías detectadas para cada uno de los elementos y su asociación espacial que nos mostrara blancos exploratorios en el prospecto.

3.2.4. INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

- ✓ Libreta de Campo: Utilizada para tomar apuntes en campo así como para graficar las zonas de interés en la investigación.
- ✓ Imágenes satelitales, mapa topográfico y carta geológica: Que sirvieron de base para el reconocimiento del área de estudio.
- ✓ GPS Garmin : Importante para ubicar los puntos de la malla de muestreo así como para el cartografiado geológico.
- ✓ Picota de geólogo: Con la cual se extrajeron las muestras de roca para la descripción correspondiente
- ✓ Lupa 20X: Con la cual se pudieron observar mejor las muestras de roca y poder describir la mineralogía que presentaban.
- ✓ Protactor (1:1000, 1:2000) : Importante para el cartografiado geológico ya que nos permite ubicar lugares en el plano así como graficar lineamientos, rumbo de los estratos y planos de esquistosidad.

- ✓ Cámara fotográfica: Con la que se tomaron todas las fotos concernientes al trabajo de investigación.
- ✓ Tablero: Sirve como una base sólida sobre la cual se cartografió
- ✓ Colores y plumón indeleble: Sirvieron para cartografiar y codificar las muestras tomadas en campo.
- ✓ Bolsas de muestreo: Son de plástico resistente y sirvieron para almacenar las muestras de rocas que posteriormente fueron codificadas y analizadas.
- ✓ Etiquetas de muestreo: Donde se escribe el código de la muestra tomada
- ✓ Combas y puntas: Utilizadas para muestrear los fragmentos de roca.

3.3. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

3.3.1. COMPLEJO DEL MARAÑÓN

Bajo esta denominación, Wilson y Reyes (1964), Wilson J. et al., (1967), designaron a una gruesa secuencia de rocas metamórficas que afloran en la Cordillera Central y Oriental del Norte como constituyente de la Cadena Hercínica (Dalmayrac, 1970) y que está constituida litológicamente por esquistos micáceos y cloritosos de colores gris verdosos, con filitas y pizarras grisáceas con algunas vetillas de cuarzo.

El Complejo del Marañón consiste de una potente secuencia de rocas metamórficas que afloran ampliamente en la parte central y en la región oriental de la hoja. En general los afloramientos se encuentran en ambos márgenes del río Marañón, y consisten de esquistos micáceos, cloritosos de coloración gris y verde, los cuales están cortados por vetas de cuarzo lechoso de diferente grosor. El resto del Complejo del Marañón consiste generalmente en filitas y pizarras de color gris; presentando, además, una unidad metavolcánica que se presenta a manera de grandes lentes que se siguen, a través de cientos de metros, tal como se observa en los farallones de las profundas quebradas, como el que baja de Huacchis-Rapayan al Marañón, en la quebrada Colpa Grande sobre el camino de Huacchis-Singa, observándose también sobre la ruta Huacaybamba-Cochabamba (parte alta del pueblo de Shiricayoc).

Las observaciones geológicas realizadas sobre el Complejo del Marañón, permiten definir en la región tres fases tectónicas principales comparables a las definidas por Dalmayrac (1978) y Rivera (1992).

Fase I

Está representada por una esquistosidad muy notoria en los afloramientos, que afecta principalmente a las filitas. El ensamble mineralógico consiste mayormente de cuarzo, sericita y clorita, que caracterizan a un metamorfismo de bajo grado de facies de esquistos verdes. Los planos de esquistosidad se encuentran buzando al NE y SO, por haber sido afectados por la tectónica andina.

En algunos sectores (laguna Agracocha, quebrada Colpa Grande) se ha observado en las filitas, venillas de cuarzo afectadas por un plegamiento de plano axial paralelo a la esquistosidad (S2), lo que permite definir la existencia de una fuerte deformación mecánica plástica contemporánea a esta fase metamórfica.

Fase II

La esquistosidad S2 es afectada por un plegamiento F3. Los pliegues son mayormente isópacos; apreciándose también pliegues en chevrón de magnitudes centimétricas, verticales e inclinados, acompañados de una esquistosidad que viene desde el fracturamiento.

Fase III

Se ha podido observar en algunos afloramientos (quebrada Batán, Huacchis, Tantamayo) en filitas pliegues decimétricos a centimétricos (F4) en chevrón con eje de dirección NE-SO, que afectan a S2 y a S3 sin una esquistosidad evidente.

Estas tres fases tectónicas observadas en el cuadrángulo de Singa, corresponderían a las fases 2,3 y 4 de Dalmayrac (1978), quien además reconoce la existencia de una fase 1 al igual que Rivera (1992), quienes mencionan la existencia de esta fase señalando la existencia de un metamorfismo precoz anterior a la esquistosidad principal observada regionalmente; asimismo se correlacionarían a la primera, segunda y tercera fase de deformación de Carlier (1983).

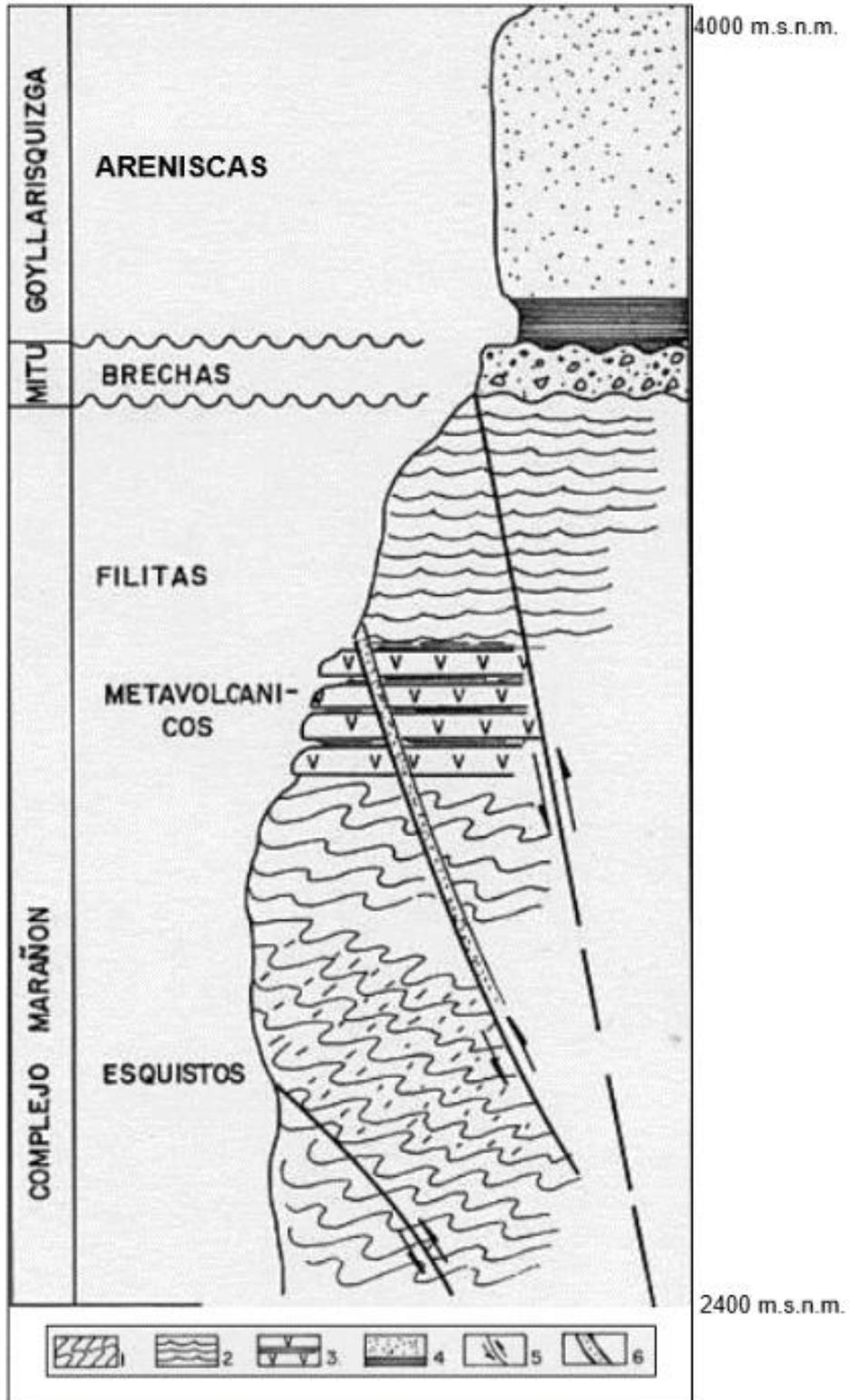


Figura 3.1: Columna esquemática de la parte oeste del Valle del Río Marañón (Área Huacchis – Arancay). (1) Esquistos; (2) Filitas; (3) Metavolcanicos; (4) Fm Gollarisquizga; (5) Fallas; (6) Vetas de cuarzo. (Jacay, 2000)

3.4. MARCO GEOLÓGICO LOCAL

3.4.1. ROCAS METAMÓRFICAS

3.4.1.1. Esquistos Micáceos

Estas rocas metamórficas se identifican por su brillo característico que le confiere la muscovita (mica) se disponen a manera de láminas debido a los planos de esquistosidad que estas presentan y se notan de una coloración gris oscura (Foto 3.3)



Foto 3.3: Esquistos micáceos presentando su brillo característico (vista hacia el NE)

3.4.1.2. Esquistos Verdes

Estas rocas metamórficas presentan una coloración verdosa debido a la presencia de cloritas y serpentinas en donde el contenido de muscovita decrece.



Foto 3.4: Esquistos verdes que se muestrearon en el prospecto Isabel



Foto 3.5: Presencia de esquistosidad en el prospecto Isabel (vista hacia el NW)

3.4.2. ROCAS IGNEAS

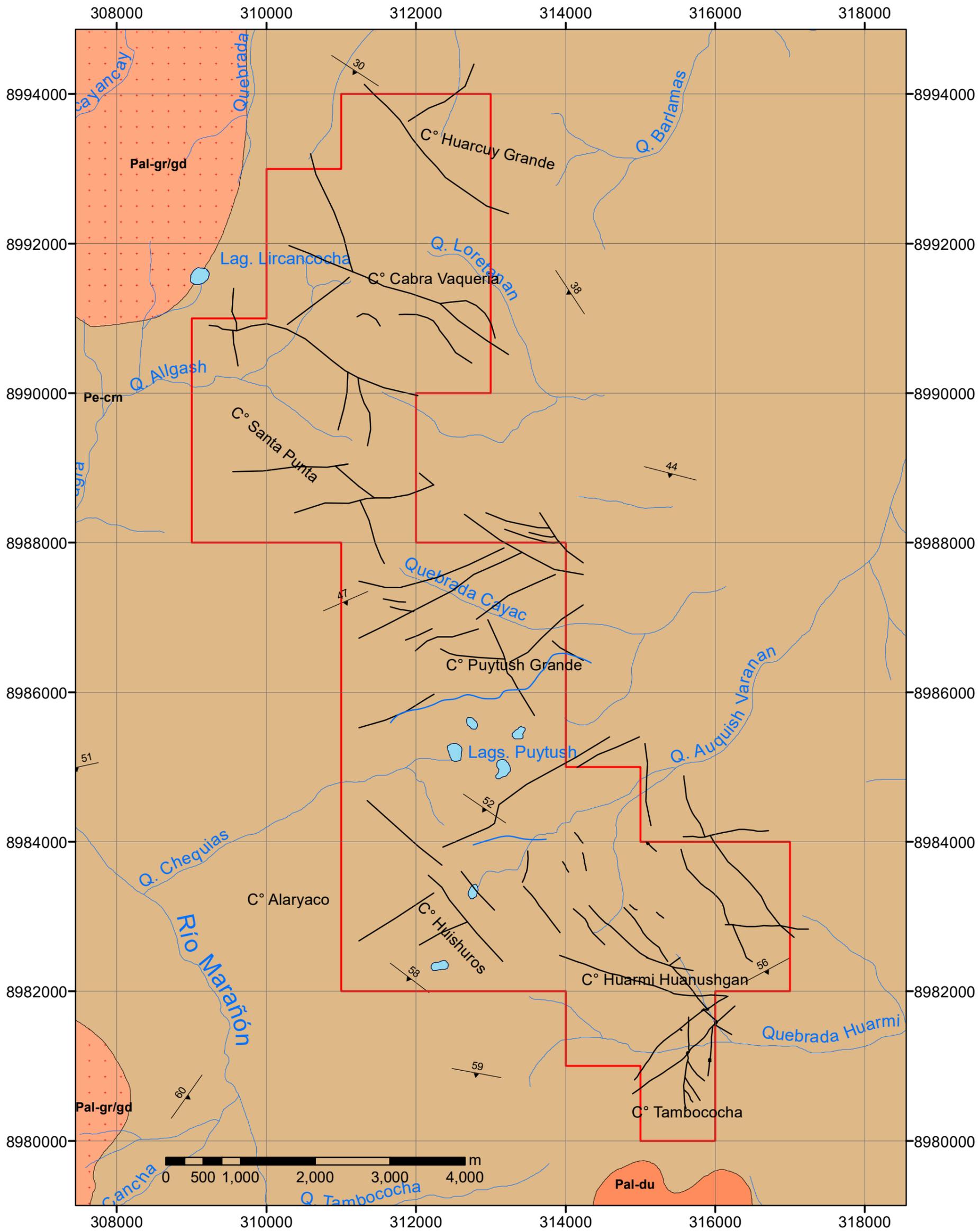
Se logró identificar cuerpos intrusivos de textura obliterada debido a la intensa silicificación a la que fueron sometidos por lo que no se logró reconocer el protolito. Estos cuerpos se encontraron a manera de sills (paralelos a la esquistosidad) y diques (cortando a los esquistos)



Foto 3.6: Cuerpo intrusivo dispuesto a manera de dique tabular fuertemente silicificado (vista hacia el NW)



Foto 3.7: Muestra del cuerpo intrusivo de textura obliterada (no se logró reconocer el protolito)



LITOLOGIA		LEYENDA	
	Qh-al		Estruc_locales
	Pal-du		Esquistosidad
	Pal-gr/gd		Prospecto
	Pe-cm		

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA Facultad de Ingeniería Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica		
Prospección Geoquímica del Prospecto Isabel, Distrito de Jirca - Huánuco		
Título: PLANO GEOLÓGICO		
Asesor:	Mcs. Ing. José Alfredo Siveroni Morales	Plano N°: 03
Tesista:	Bach. Percy Gonzalo Cueva Salazar	
Escala:	1/50000	
Fecha: Cajamarca Julio del 2016		

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. METODOLOGÍA DE MUESTREO

4.1.1. MUESTREO SISTEMÁTICO CONVENCIONAL

Se elaboró una malla de muestreo tipo rómbico cada 350 metros con la finalidad de tener una mayor probabilidad de interceptar anomalías ligadas a estructuras tanto E-W, N-S Y NW-SE, como resultado de este muestreo se obtuvieron un total de 113 muestras.

4.1.2. MUESTREO SELECTIVO

Se realizó un muestreo selectivo correspondiente a una segunda campaña de muestreo en la que se tomaron en cuenta zonas de interés estructural, como resultado de este muestreo se obtuvieron un total de 59 muestras.

4.2. LÍMITES 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 sus 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. A continuación, se muestran los límites de detección para los 12 elementos analizados.

Tabla 4.1: Límites de detección para los elementos analizados

Mo ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Ag ppb	As ppm	Au ppb	Cd ppm	Sb ppm	Ba ppm	Mn ppm	Fe %
0.01	0.01	0.01	0.1	0.2	0.1	0.2	0.01	0.02	0.5	1	0.01

4.3. CONTROL DE CALIDAD DE LOS ANÁLISIS

4.3.1. STANDARDS (STD)

Este ensayo nos sirvió para evaluar la exactitud analítica de las muestras enviadas al laboratorio, consistió en 6 muestras de material homogéneo cuya matriz es similar al material que está siendo analizado, envasados en potes, a continuación, se presentan las estadísticas básicas de las muestras estándar.

Tabla 4.2: Estadísticas básicas de las muestras Standards

Elemento	N° Muestras	Promedio	σ	Prom-2 σ	Prom+2 σ	%
Mo ppm	6	15.1	0.67	13.76	16.43	100
Cu ppm	6	157	8.00	141.26	173.26	100
Pb ppm	6	150	8.11	133.60	166.03	100
Zn ppm	6	374	18.43	337.56	411.27	100
Ag ppm	6	0.191	0.02	0.16	0.22	100
As ppm	6	43.6	3.25	37.11	50.09	100
Au ppm	6	0.0982	0.02	0.05	0.15	100
Cd ppm	6	2.47	0.18	2.11	2.83	100
Sb ppm	6	9.46	0.67	8.11	10.80	100
Ba ppm	6	345	31.64	281.75	408.29	100
Mn ppm	6	837	36.50	763.67	909.67	100
Fe ppm	6	27100	931.67	25236.67	28963.33	100

El criterio de aceptación corresponde a que más del 90% de las muestras arrojen valores entre ± 2 desviaciones estándar en torno al promedio

Como se puede observar, el 100% de las muestras Standards que fueron analizadas se encuentran entre su valor promedio ± 2 desviaciones estándar por lo que podemos decir que el laboratorio presenta una buena exactitud en sus análisis. (ver figura 4.1)

<p>Ag</p> <p>Mean: 0.191 Accept: +0.0321 (2 std.dev.)</p>	<p>Mn</p> <p>Mean: 837 Accept: +73 (2 std.dev.)</p>	<p>Fe</p> <p>Mean: 27100 Accept: +1860 (2 std.dev.)</p>
<p>Ba</p> <p>Mean: 2.47 Accept: +0.356 (2 std.dev.)</p>	<p>As</p> <p>Mean: 43.6 Accept: ±6.49 (2 std.dev.)</p>	<p>Cu</p> <p>Mean: 157 Accept: ±16 (2 std.dev.)</p>
<p>Fe</p> <p>Mean: 345 Accept: +63.3 (2 std.dev.)</p>	<p>Sb</p> <p>Mean: 9.46 Accept: +1.31 (2 std.dev.)</p>	<p>Mo</p> <p>Mean: 15.1 Accept: +1.33 (2 std.dev.)</p>
<p>Pb</p> <p>Mean: 150 Accept: +16.2 (2 std.dev.)</p>	<p>Au</p> <p>Mean: 0.0982 Accept: +0.0496 (2 std.dev.)</p>	<p>Zn</p> <p>Mean: 374 Accept: +36.9 (2 std.dev.)</p>

Figura 4.1: Reporte de las muestras Standards

Fail: ● Default +/-2 std. dev.
Pass: ●

4.3.2. DUPLICADOS (DUP)

Para el presente estudio se tomaron en cuenta 4 muestras duplicadas finas las cuales fueron incluidas en el mismo lote de muestras a ser analizadas por el laboratorio Bureau Veritas, pero con diferente código, estas muestras nos servirán para evaluar la precisión analítica que presenta el laboratorio.

El duplicado corresponde a una muestra que es dividida en dos partes representativas, las cuales son cuarteadas en el terreno luego de ser homogenizadas

A continuación, se presentan la tasa de errores para los pares de muestras analizadas por cada elemento.

Tabla 4.3: Taza de errores para los pares de muestras duplicadas

Elemento	N° de Pares	Pares Fallidos	Taza de errores
Ag_ppm	4	1	25%
As_ppm	4	2	50%
Au_ppm	4	3	75%
Ba_ppm	4	2	50%
Cd_ppm	4	4	100%
Cu_ppm	4	1	25%
Fe_ppm	4	1	25%
Mn_ppm	4	1	25%
Mo_ppm	4	2	50%
Pb_ppm	4	0	0%
Sb_ppm	4	2	50%
Zn_ppm	4	1	25%

Para que el análisis de un elemento sea considerado de buena precisión este debe tener al menos una tasa de error inferior o igual al 50% en sus pares analizados. De lo anteriormente mencionado podemos decir que los elementos **muestran una buena precisión** en sus análisis con excepción de **Au y Cd**.

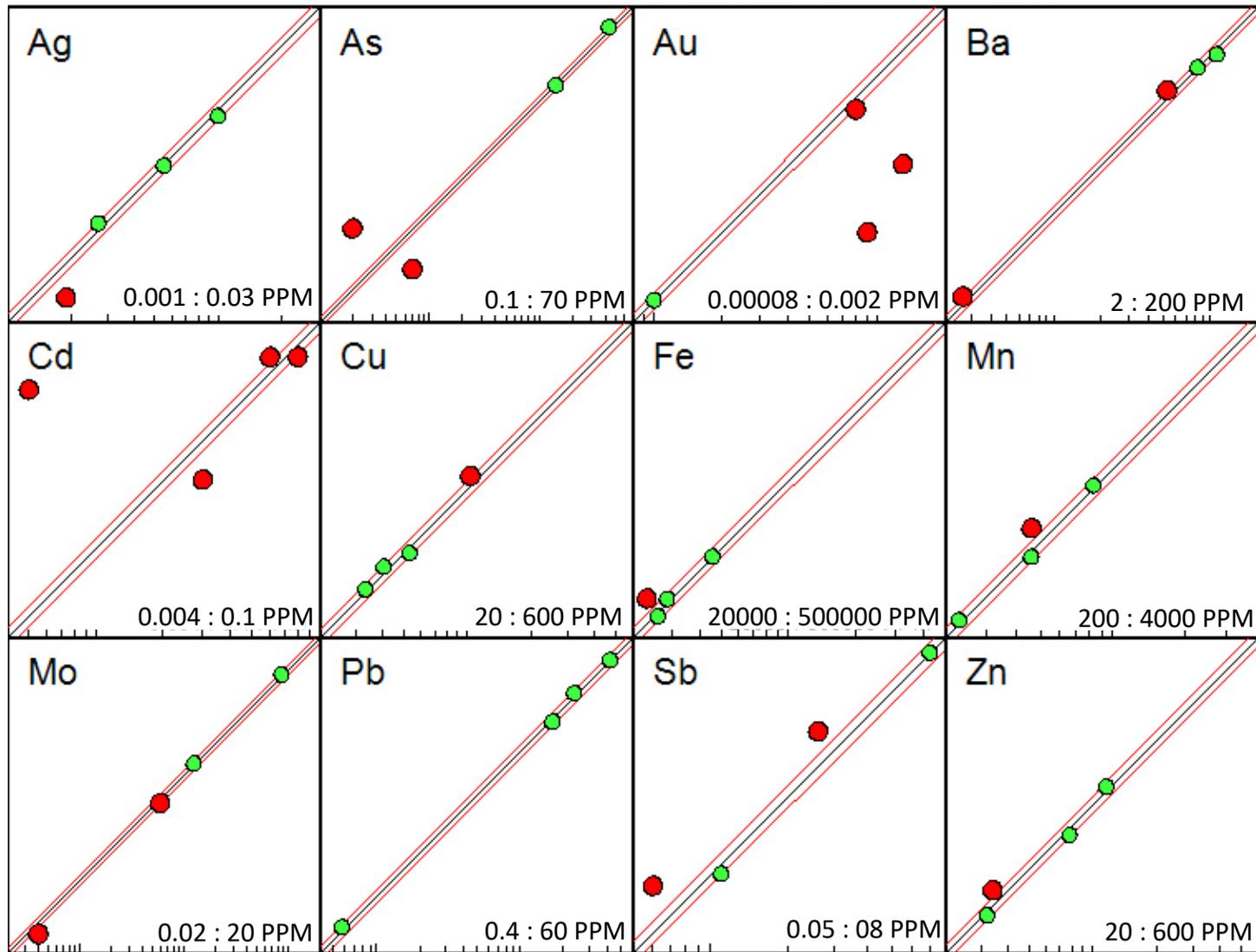


Figura 4.2: Reporte de las muestras duplicadas

Tol: ● +/- 10 %
Pass: ●

4.4. POBLACIÓN ESTADÍSTICA

Durante toda la etapa que duro la prospección se tomaron un total de 172 muestras entre sistemáticas y selectivas las cuales pertenecieron a una sola población estadística metamórfica.

4.4.1. POBLACIÓN METAMÓRFICA

Esta población se encuentra constituida en su totalidad por esquistos micáceos y cloritosos del Complejo del Marañón (ver plano G1), por lo que en adelante todo el estudio se basara en esta población estadística.

4.5. PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO

El procesamiento estadístico se realizó para las 172 muestras de fragmentos de roca que pertenecen a una sola población metamórfica para los cuales se analizaron 12 elementos de mayor importancia económica y asociativa, haciendo un total de 2052 valores tratados estadísticamente. Para dicho procesamiento se utilizaron los softwares estadísticos SPSS V.15 y Minitab V.16.

Con el software SPSS V.15 se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov - Smirnov - Liliefors para determinar si nuestros datos presentan una distribución normal o Log-normal.

Con el software Minitab V.16 se calcularon las principales estadísticas descriptivas: media, mediana, desviación estándar, varianza, coeficiente de variación, asimetría y Curtosis. Estos parámetros nos ayudan a tener una idea general acerca del comportamiento de nuestra data. Este software también nos elabora graficas muy importantes para ser analizadas como Histogramas, Box plot y graficas normalidad (Q-Q Plots) que no es más que la gráfica de la prueba de normalidad de Kolmogorov -Smirnov – Liliefors.

Haciendo uso de box plots (gráfico de cajas) se han “separado” los valores altos y bajos erráticos en la data ingresada al Minitab V.16 para el cálculo de los parámetros geoquímicos, pues con este proceso se cumplen el concepto no solo de representatividad sino de homogeneidad de los datos, haciendo más confiable los resultados de nuestro tratamiento estadístico. En tal sentido los

valores no considerados son tomados en cuenta al final para la elaboración de planos de dispersión geoquímica en el software ArcGis 10.3.

Con el Minitab V16. También se realizó el análisis multivariado de los 12 elementos tratados, esto se observó con la correlación de Pearson en la que se pudo determinar asociaciones geoquímicas que presenta la población estadística.

4.5.1. PRUEBA DE NORMALIDAD KOLMOGOROV – SMIRNOV

Es una prueba de bondad de ajuste utilizada para contrastar 2 hipótesis:

H₀: Los datos analizados siguen una distribución normal

H₁: Los datos analizados no siguen una distribución normal

Para este caso utilizaremos el método alternativo para realizar la prueba de Kolmogorov – Smirnov el cual consiste mediante el empleo del **p-valor** asociado al estadístico D observado. Donde el p-valor se define como:

$$p\text{-valor} = P(D > D_{\text{obs}} / H_0 \text{ es cierta})$$

Si el p-valor es grande significa que, siendo cierta la hipótesis nula. El valor observado del estadístico D era esperable. Por tanto, no hay razón para rechazar dicha hipótesis. Asimismo, si el p-valor fuera pequeño, ello indicaría que, siendo cierta la hipótesis nula, era muy difícil que se produjera el valor de D que efectivamente se ha observado. Ello obliga a poner muy en duda, y por tanto rechazar, la hipótesis nula.

De esta manera realizando la prueba de normalidad para un nivel de significancia $\alpha = 5\% = 0.05$, la regla de contraste sería:

$$\text{Si } p\text{-valor} \geq 0.05 \rightarrow \text{Aceptar } H_0$$

$$\text{Si } p\text{-valor} < 0.05 \rightarrow \text{Rechazar } H_0$$

Con el software Minitab se calculó el estadístico como el p-valor para un nivel de significancia de 0.05 obteniéndose la tabla 4.4

Tabla 4.4: Datos obtenidos en la prueba de Kolmogorov - Smirnov

Elemento	Kolmogorov-Smirnov				
	N°	Estadístico	p-valor	Sig.	H ₀
Mo_ppm	172	0.293	<0.01	0.05	Se rechaza
Cu_ppm	172	0.31	<0.01	0.05	Se rechaza
Pb_ppm	172	0.423	<0.01	0.05	Se rechaza
Zn_ppm	172	0.392	<0.01	0.05	Se rechaza
Ag_ppm	172	0.299	<0.01	0.05	Se rechaza
As_ppm	172	0.488	<0.01	0.05	Se rechaza
Au_ppm	172	0.379	<0.01	0.05	Se rechaza
Cd_ppm	172	0.447	<0.01	0.05	Se rechaza
Sb_ppm	172	0.401	<0.01	0.05	Se rechaza
Ba_ppm	172	0.332	<0.01	0.05	Se rechaza
Mn_ppm	172	0.196	<0.01	0.05	Se rechaza
Fe_%	172	0.113	<0.01	0.05	Se rechaza

Los resultados de las pruebas de Kolmogorov – Smirnov nos indican que las muestras tomadas no presentan una distribución normal debido a que el p-valor es menor al nivel de significancia, esto quiere decir que los elementos tienen una distribución log-normal es decir que para realizar su respectivo análisis estadístico los datos tendrían que ser previamente transformados a log natural (Ln)

4.5.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO UNIVARIADO

Los resultados del análisis estadístico básico son presentados en las Tablas 4.5 y 4.6, donde se indican los valores para la media, mediana, desviación estándar, varianza, coeficiente de variación, asimetría y curtosis.

En la primera tabla se presentan las medidas estadísticas para los datos sin ninguna transformación y en la segunda tabla se muestran las mismas medidas, pero para una data transformada a log natural, esto con el fin de ver la gran diferencia que existen entre ambas, posteriormente esta información será complementada con gráficos estadísticos para cada elemento.

Tabla 4.5: Estadística Univariada para los elementos sin transformar

Elemento	N°	Media	Mediana	Desv.Est.	Varianza	Coef.Var.	Asimetría	Curtosis
Mo_ppm	172	0.984	0.45	1.768	3.125	1.80	4.42	24.7
Cu_ppm	172	72.1	47	143.3	20529.4	1.99	9.71	112.12
Pb_ppm	172	15.59	4.54	79.57	6331.11	5.10	12.67	164.1
Zn_ppm	172	82.3	57.1	299.8	89864.3	3.64	12.64	163.51
Ag_ppm	172	0.052	0.034	0.056	0.003	1.09	3.05	12.27
As_ppm	172	135.3	3	944.9	892788	6.98	8.82	82.85
Au_ppm	172	0.007	0.0006	0.038	0.001	5.71	10.26	117.23
Cd_ppm	172	0.137	0.03	0.992	0.9836	7.23	12.85	167.26
Sb_ppm	172	0.353	0.11	1.376	1.894	3.89	9.48	99.21
Ba_ppm	172	115.8	51	265.7	70599.6	2.29	6.14	42.07
Mn_ppm	172	629	522	603.1	363669.8	0.96	5.55	48.52
Fe_%	172	3.111	2.77	1.927	3.715	0.62	1.65	4.99

En la tabla podemos notar que la media y la mediana son ampliamente diferentes esto debido a la existencia de algunas leyes altas, sus coeficientes de variación son mayores que 1 (excepto Mn y Fe) por lo que se consideran datos con alta varianza que no son típicos en una distribución normal, la asimetría es mayor que 0 esto quiere decir que sus histogramas presentan un sesgo a la izquierda (no presentan una distribución normal) y debido a que las Curtosis son positivas mayores a 0.263 la concentración de valores tienden a concentrarse en torno a la media.

Tabla 4.6: Estadística Univariada para los elementos transformados a logaritmo natural

Elemento	N°	Media	Mediana	Desv.Est.	Varianza	Coef.Var.	Asimetría	Curtosis
Ln_Mo	172	-0.893	-0.799	1.342	1.802	1.50	0.03	-0.23
Ln_Cu	159	3.808	3.891	0.9474	0.8975	0.25	-0.4	-0.06
Ln_Pb	171	1.494	1.506	1.338	1.79	0.89	-0.1	-0.88
Ln_Zn	163	3.8946	4.0656	0.6499	0.4223	0.17	-0.38	-0.11
Ln_Ag	170	-3.3761	-3.3391	0.9421	0.8876	0.28	-0.13	-0.09
Ln_As	161	1.1534	1.0647	1.2376	1.5318	1.07	0.14	-0.13
Ln_Au	93	-6.512	-6.571	1.043	1.087	0.16	0.05	0.12
Ln_Cd	166	-3.5559	-3.5066	1.0473	1.0968	0.29	-0.27	-0.64
Ln_Sb	161	-2.2065	-2.3026	0.7696	0.5923	0.35	0.48	0.11
Ln_Ba	163	3.9189	3.9318	1.0246	1.0497	0.26	-0.2	-0.21
Ln_Mn	158	6.2662	6.2804	0.593	0.3516	0.09	-0.1	-0.19
Ln_Fe	168	10.179	10.243	0.596	0.355	0.06	-0.43	-0.08

A diferencia de la tabla anterior en esta podemos notar que la media y la mediana tan solo varían en decimales por lo que se puede hablar de una distribución normal, sus coeficientes de variación son menores que 0.5 (excepto Mo, Pb y As) por lo que se consideran datos con una distribución normal, en la asimetría se puede observar que los valores son cercanos a 0 por lo que sus histogramas presentan ligeros sesgos a la derecha en los valores negativos y a la izquierda en los positivos y debido a que las Curtosis son menores que 0.263 (excepto Pb y Cd) por que se tendría una forma mesocurtica típica de una distribución normal.

COMPORTAMIENTO ESTADÍSTICO DEL MOLIBDENO

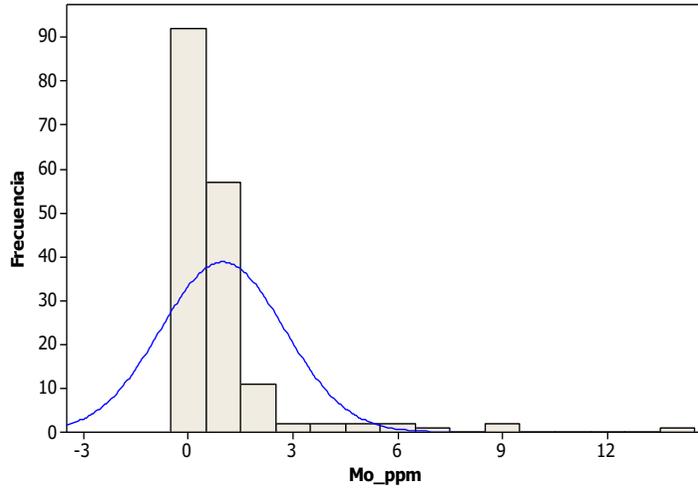


Figura A1: Histograma normal del Molibdeno

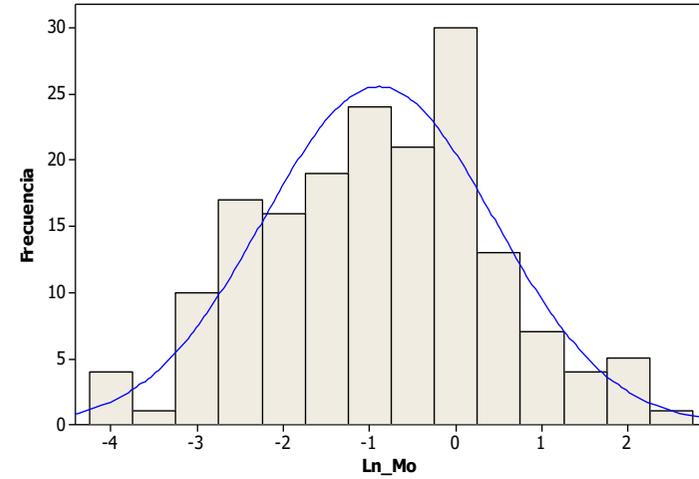


Figura A2: Histograma log normal del Molibdeno

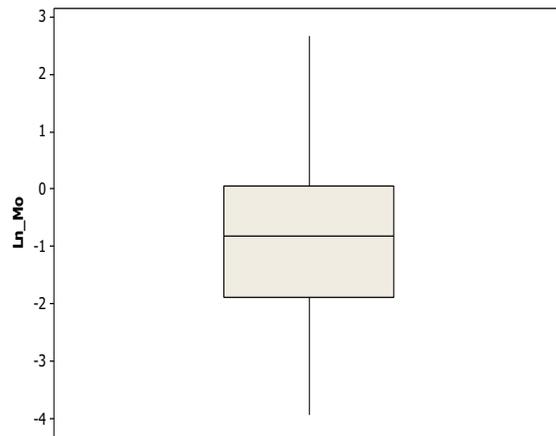


Figura A3: Box Plot del Ln_Mo

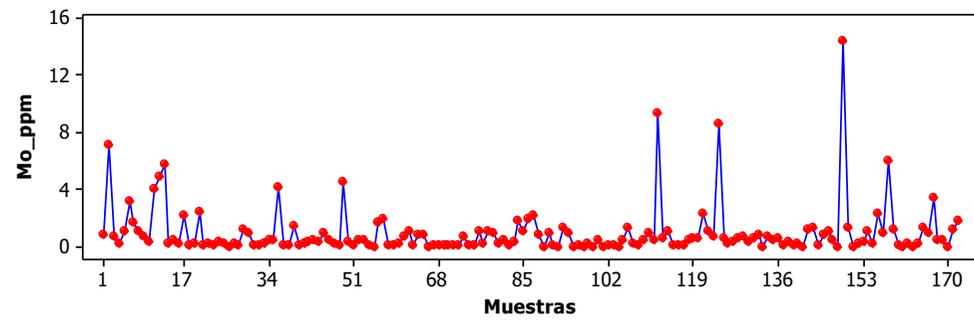


Figura A4: Diagrama de dispersión del Mo en el complejo metamórfico

COMPORTAMIENTO ESTADÍSTICO DEL COBRE

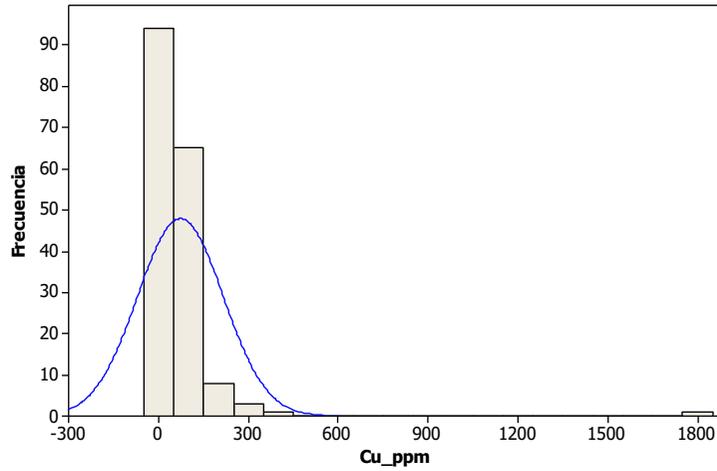


Figura B1: Histograma normal del Cobre

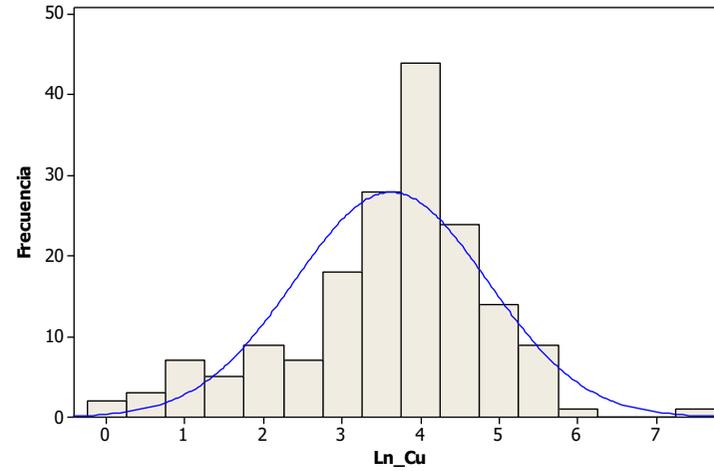


Figura B2: Histograma log normal del Cobre

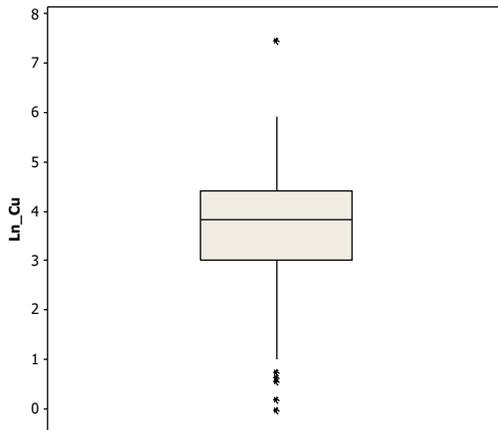


Figura B3: Box Plot del Ln_Cu

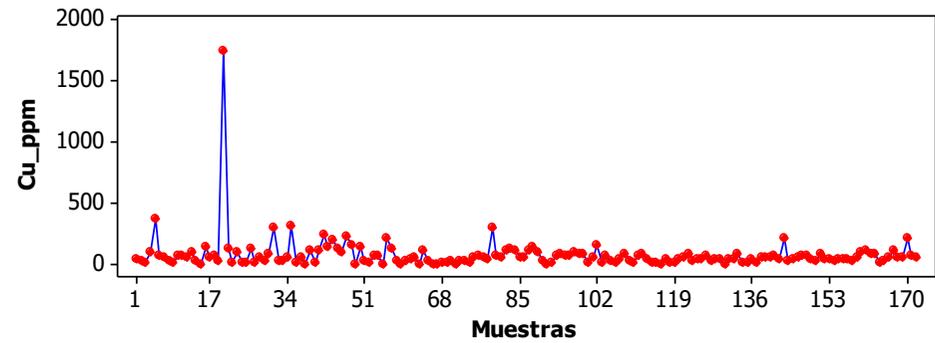


Figura B4: Diagrama de dispersión del Cu en el complejo metamórfico

COMPORTAMIENTO ESTADÍSTICO DEL PLOMO

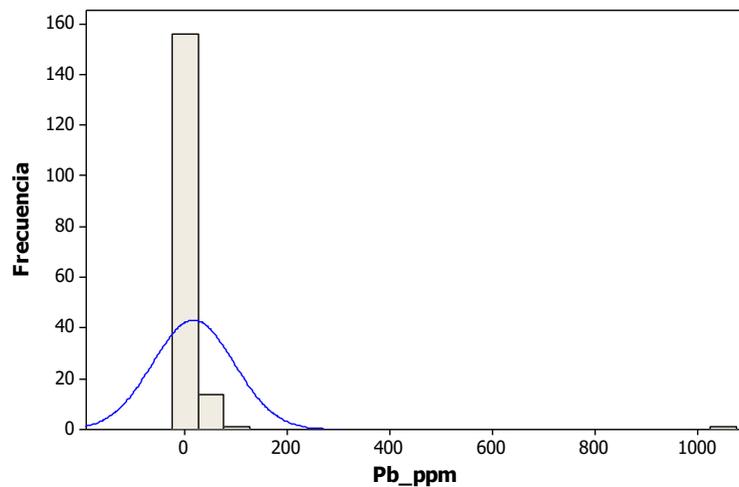


Figura C1: Histograma normal del Plomo

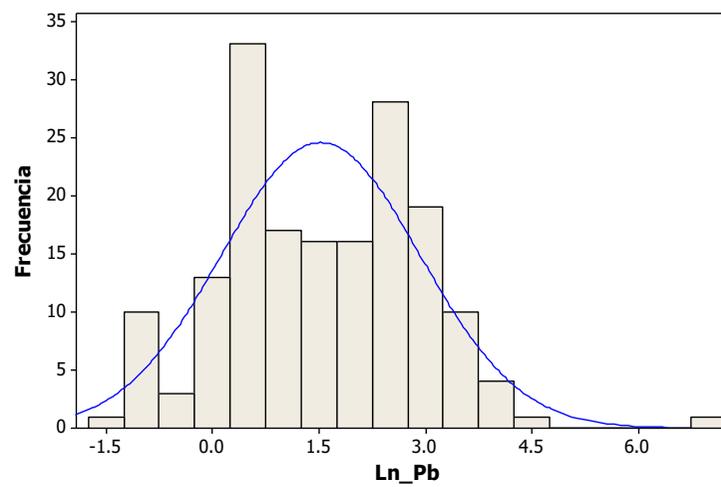


Figura C2: Histograma log normal del Plomo

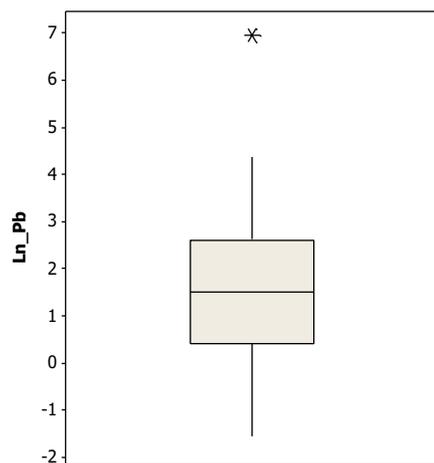


Figura C3: Box Plot del Ln_Pb

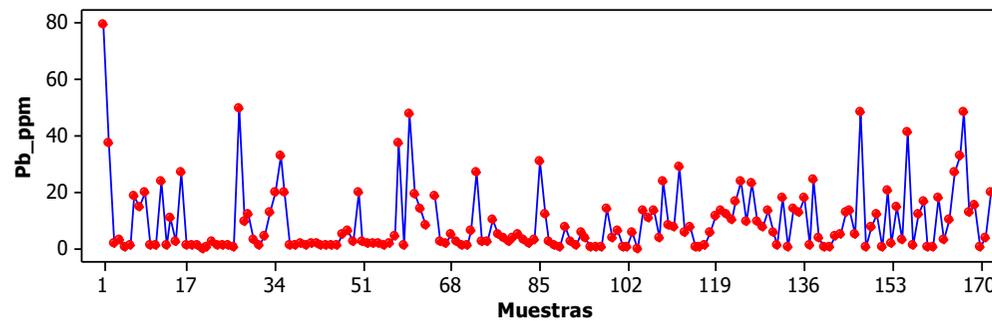


Figura C4: Diagrama de dispersión del Pb en el complejo metamórfico

COMPORTAMIENTO ESTADÍSTICO DEL ZINC

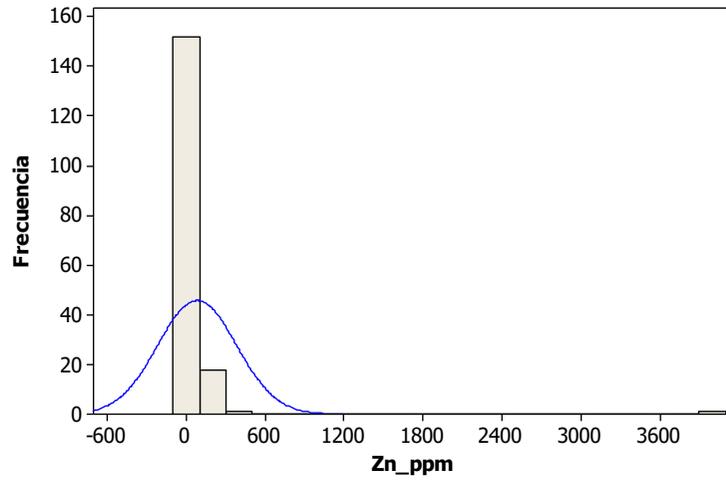


Figura D1: Histograma normal del Zinc

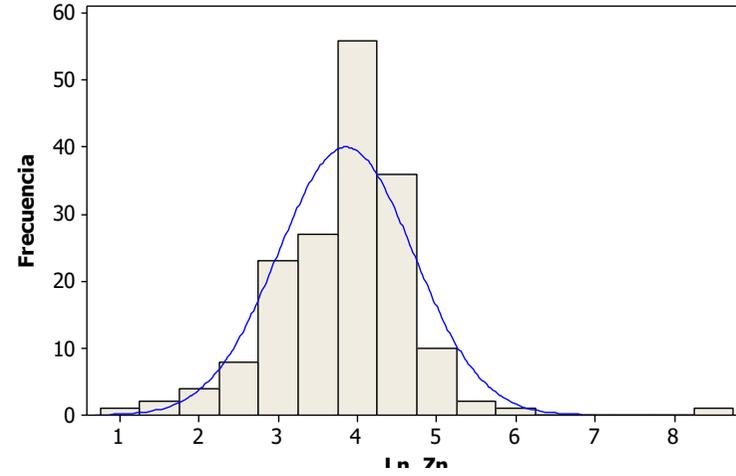


Figura D2: Histograma log normal del Zinc

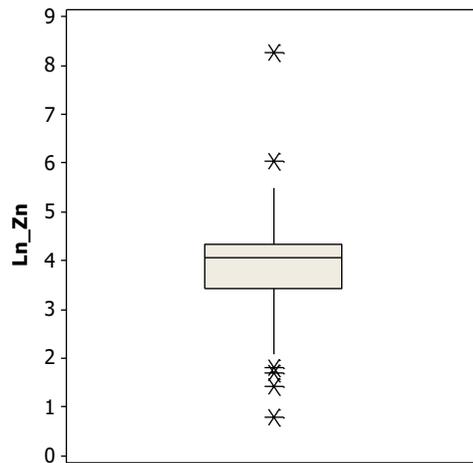


Figura D3: Box Plot del Ln_Zn

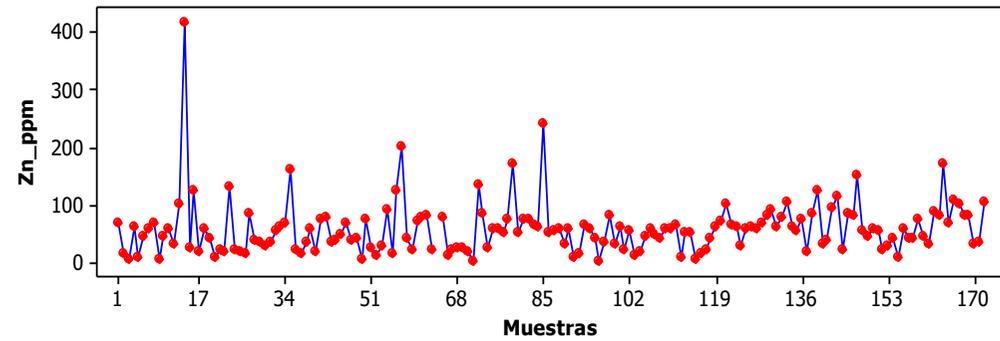


Figura D4: Diagrama de dispersión del Zn en el complejo metamórfico

COMPORTAMIENTO ESTADÍSTICO DE LA PLATA

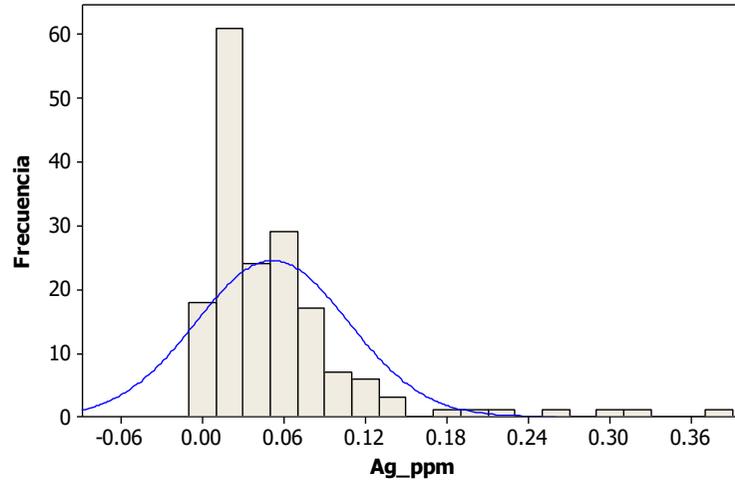


Figura E1: Histograma normal de la Plata

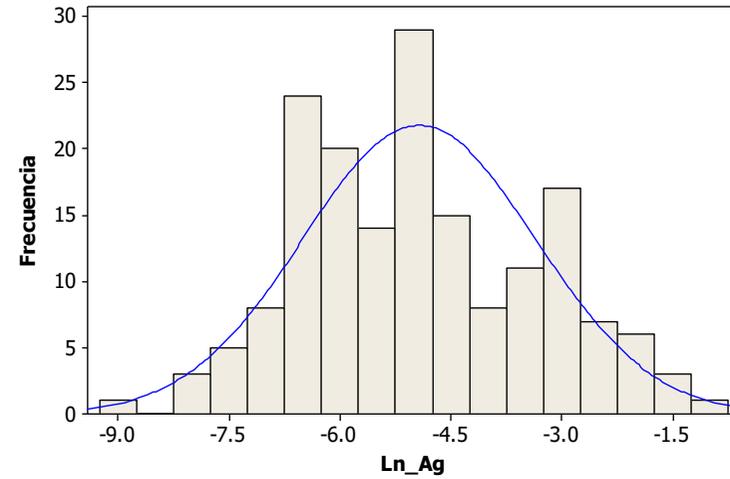


Figura E2: Histograma log normal de la Plata

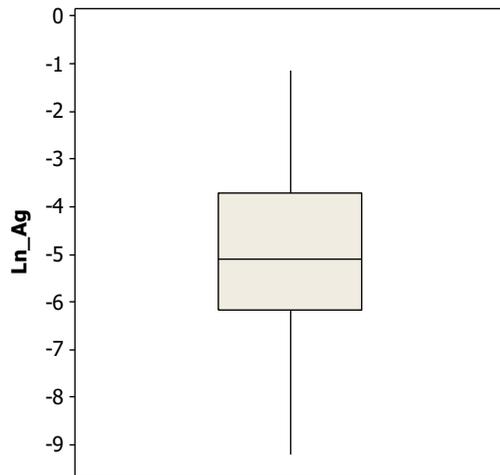


Figura E3: Box Plot del Ln_Ag

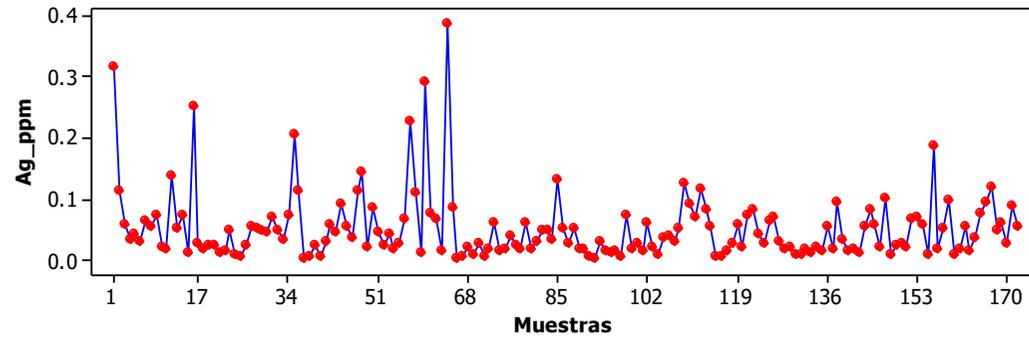


Figura E4: Diagrama de dispersión de la Ag en el complejo metamórfico

COMPORTAMIENTO ESTADÍSTICO DEL ARSÉNICO

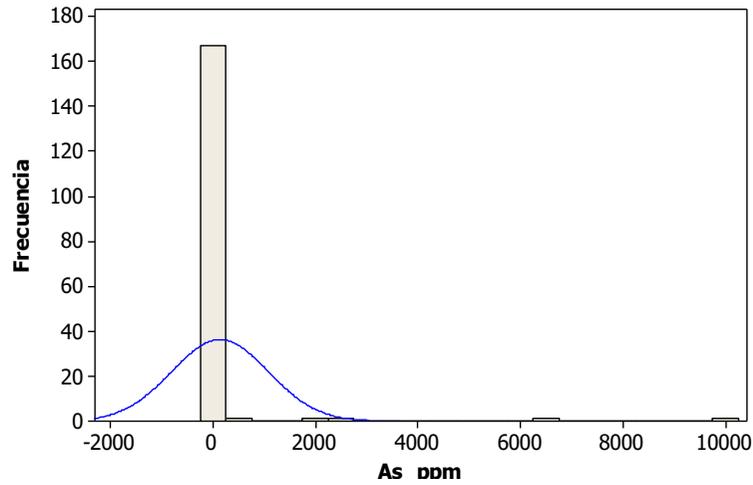


Figura F1: Histograma normal del Arsénico

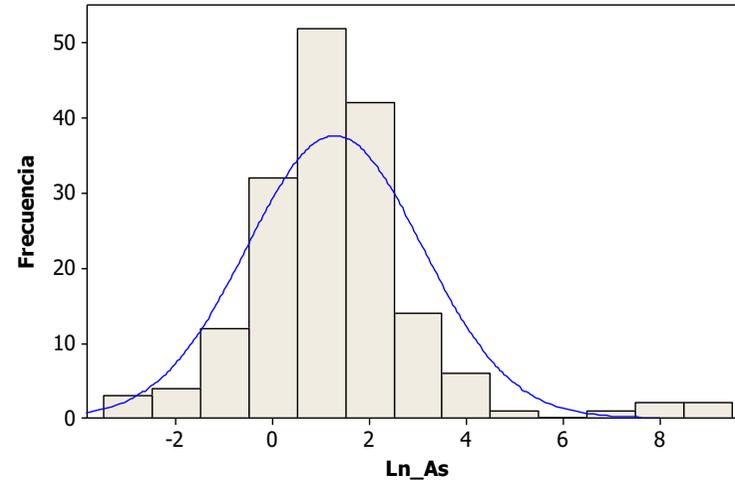


Figura F2: Histograma log normal del Arsénico

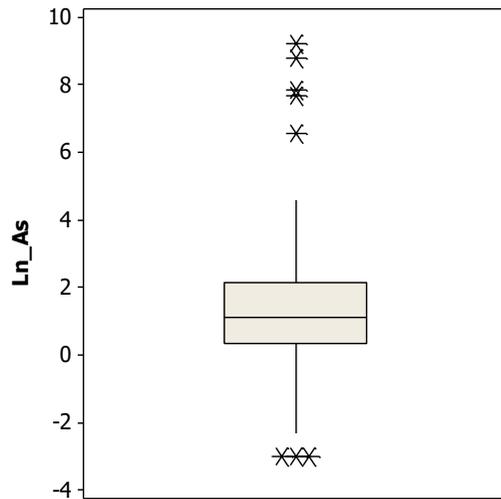


Figura F3: Box Plot del Ln_As

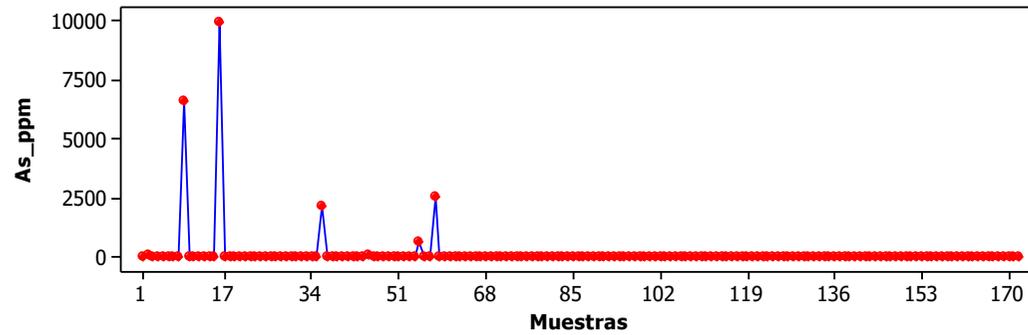


Figura F4: Diagrama de dispersión del As en el complejo metamórfico

COMPORTAMIENTO ESTADÍSTICO DEL ORO

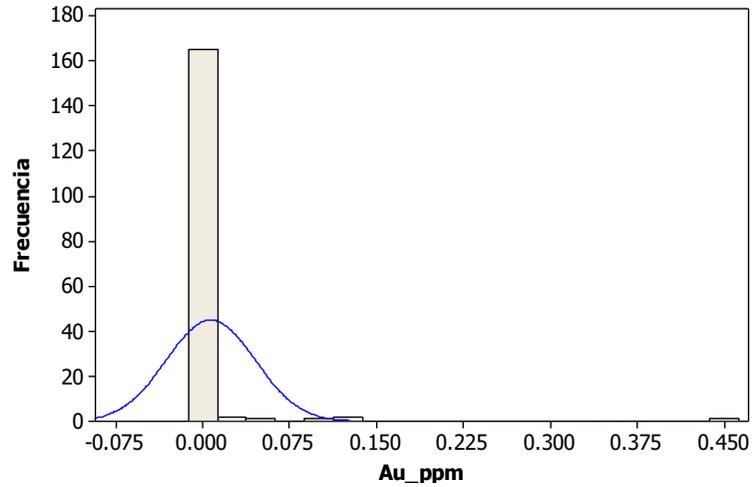


Figura G1: Histograma normal del Oro

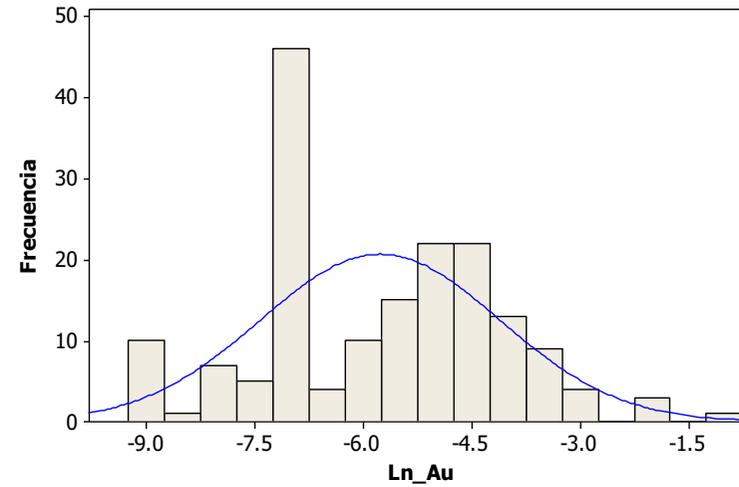


Figura G2: Histograma log normal del Oro

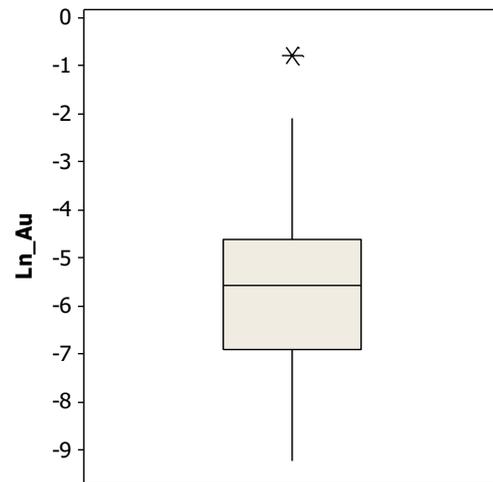


Figura G3: Box Plot del Ln_Au

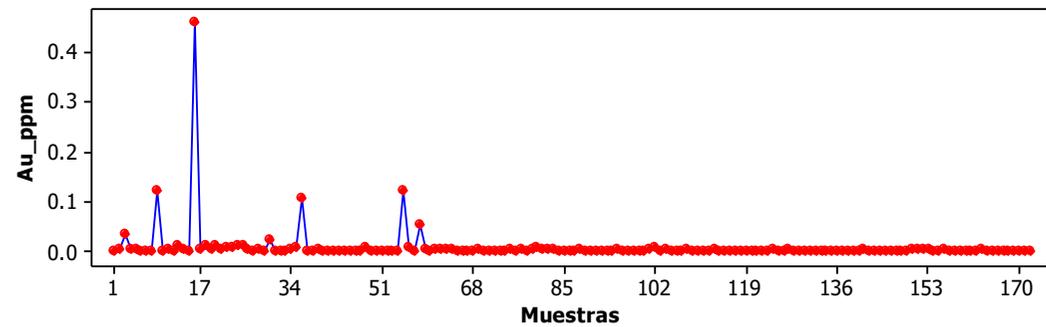


Figura G4: Diagrama de dispersión del Au en el complejo metamórfico

COMPORTAMIENTO ESTADÍSTICO DEL CADMIO

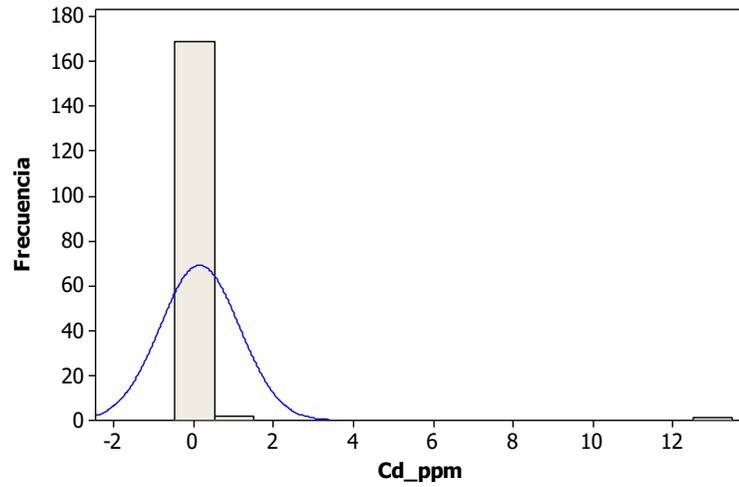


Figura H1: Histograma normal del Cadmio

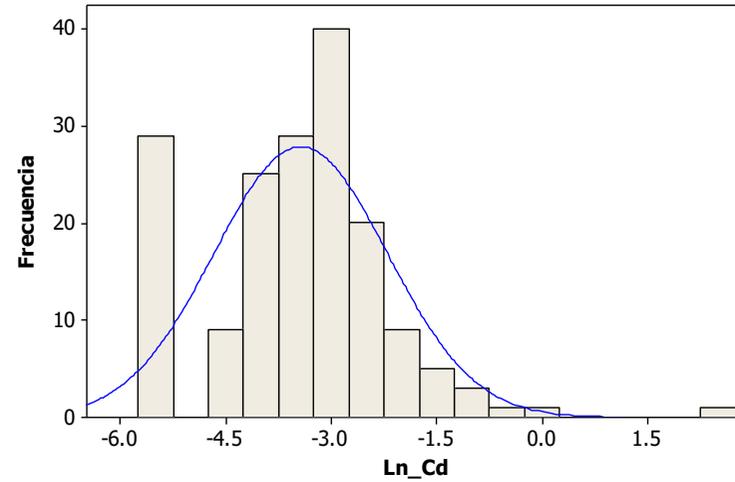


Figura H2: Histograma log normal del Cadmio

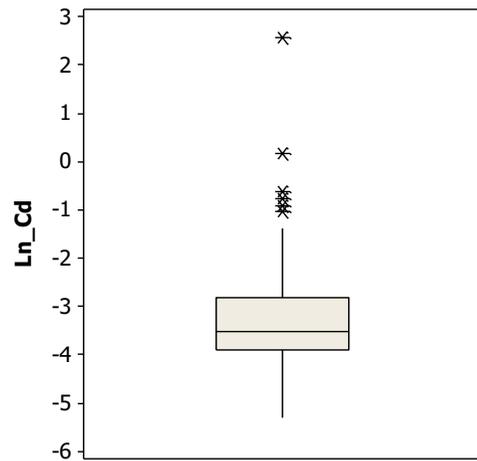


Figura H3: Box Plot del Ln_Cd

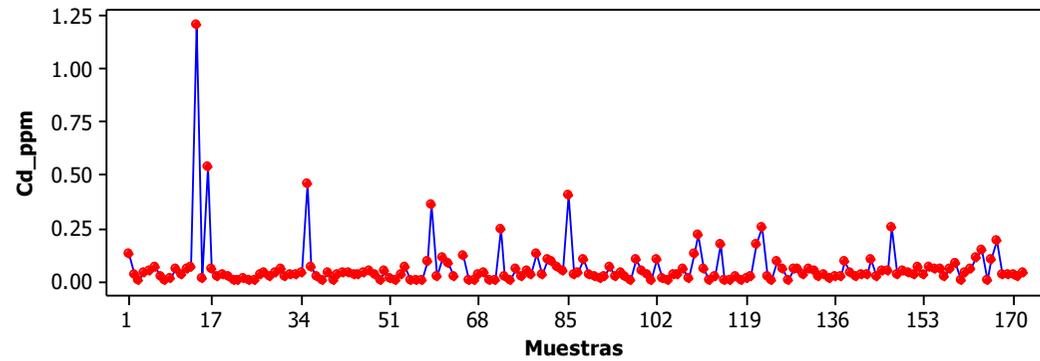


Figura H4: Diagrama de dispersión del Cd en el complejo metamórfico

COMPORTAMIENTO ESTADÍSTICO DEL ANTIMONIO

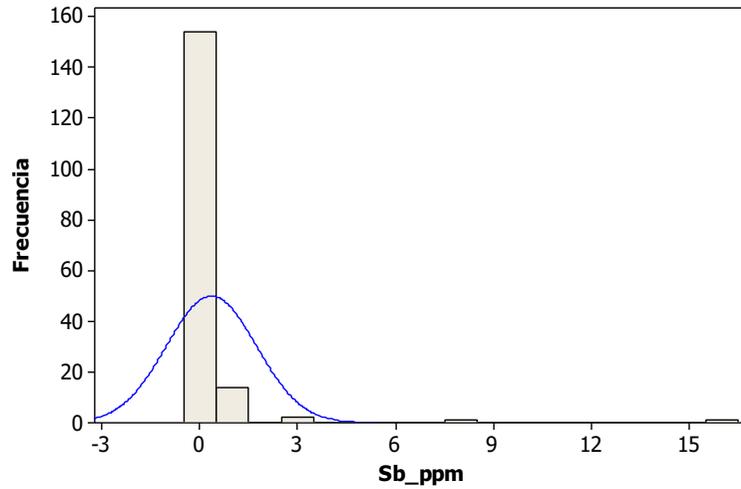


Figura I1: Histograma normal del Antimonio

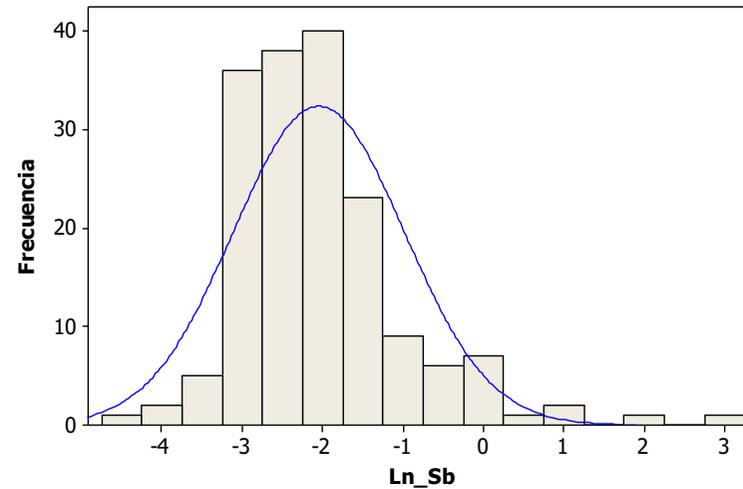


Figura I2: Histograma log normal del Antimonio

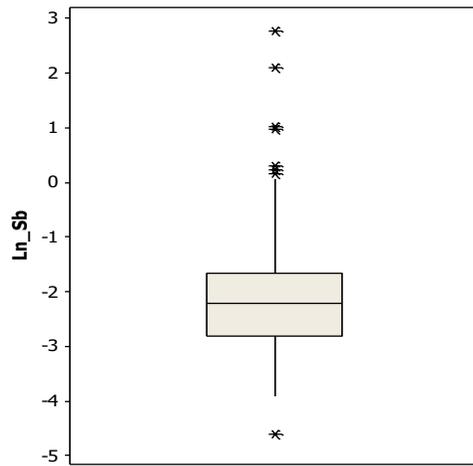


Figura I3: Box Plot del Ln_Sb

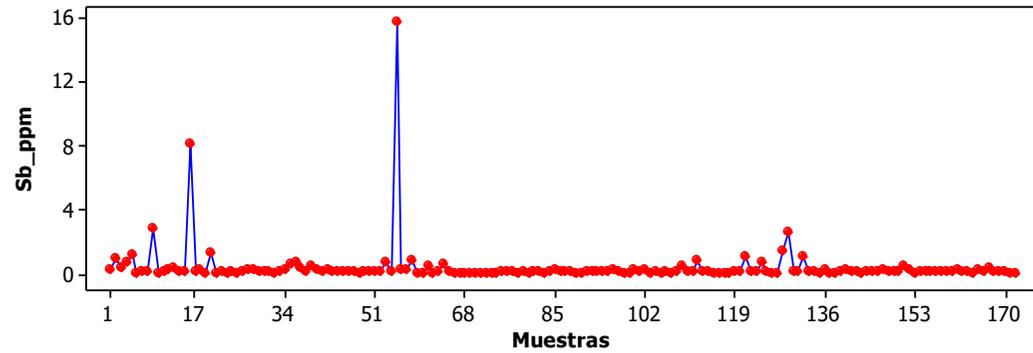


Figura I4: Diagrama de dispersión del Sb en el complejo metamórfico

COMPORTAMIENTO ESTADÍSTICO DEL BARIO

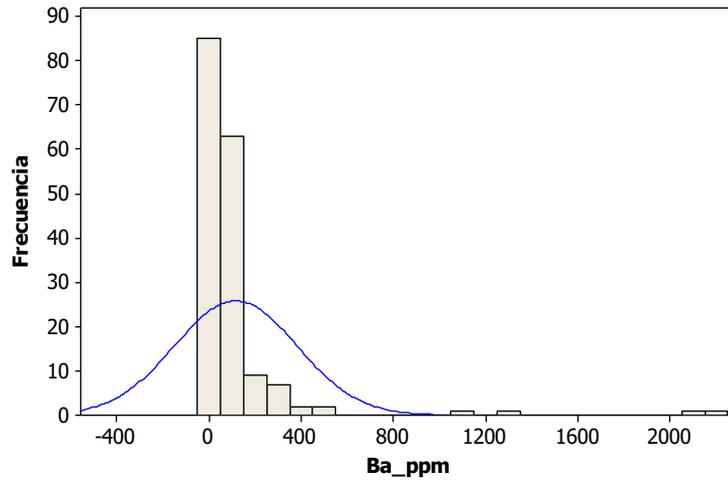


Figura J1: Histograma normal del Bario

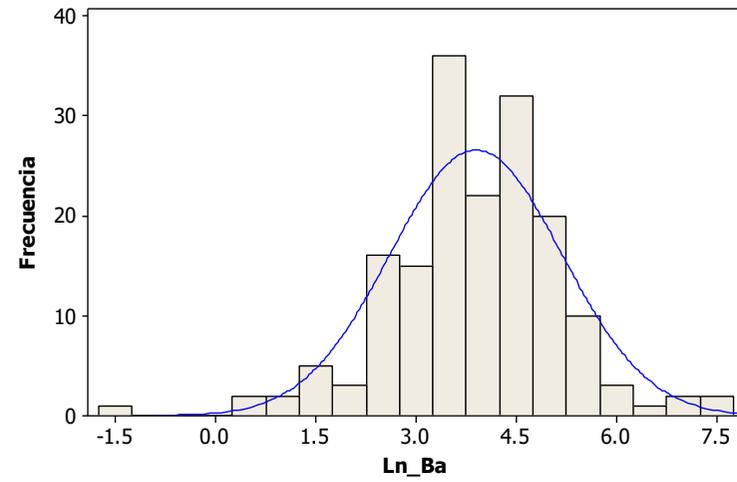


Figura J2: Histograma log normal del Bario

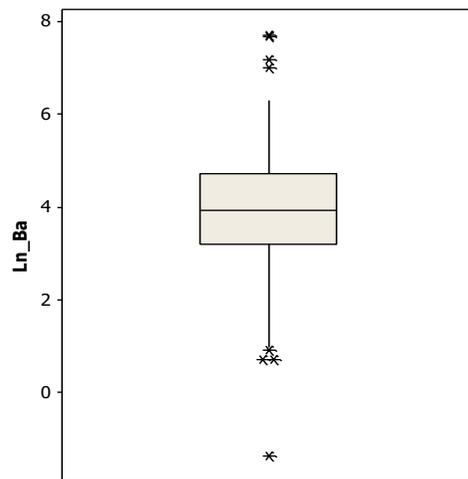


Figura J3: Box Plot del Ln_Ba

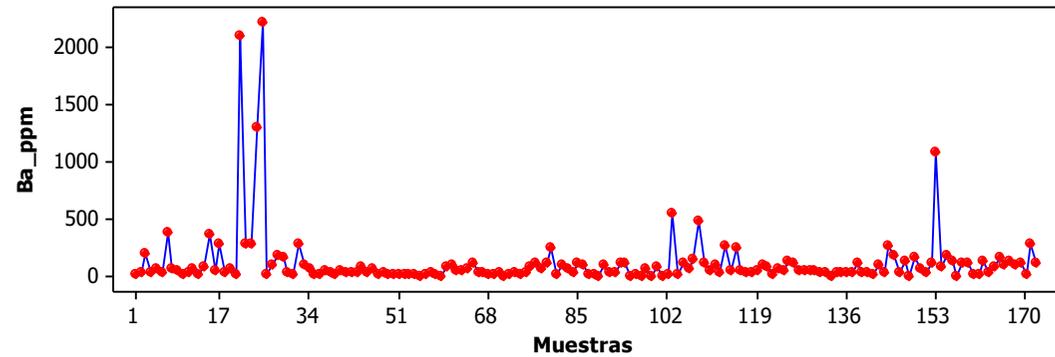


Figura J4: Diagrama de dispersión del Ba en el complejo metamórfico

COMPORTAMIENTO ESTADÍSTICO DEL MANGANESO

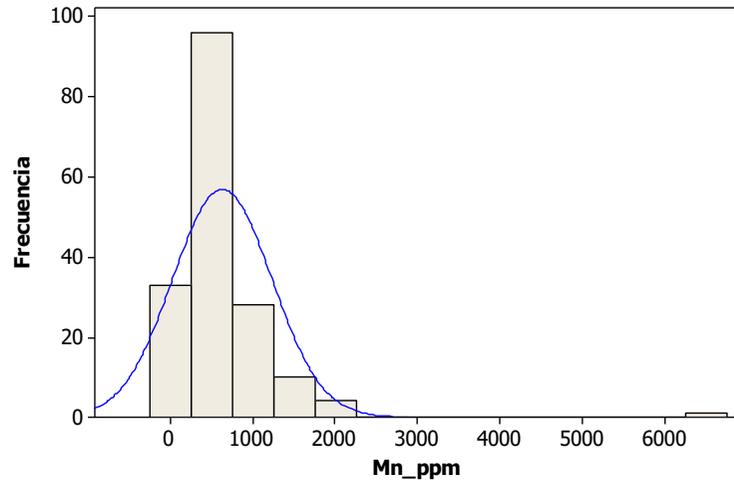


Figura K1: Histograma normal del Manganeseo

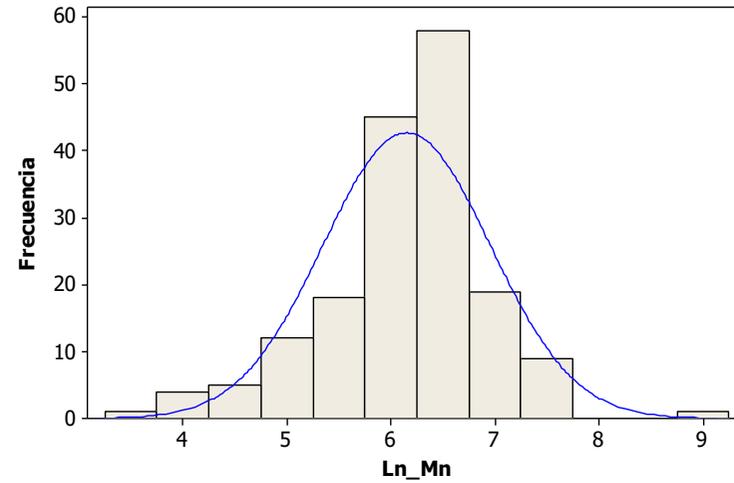


Figura K2: Histograma log normal del Manganeseo

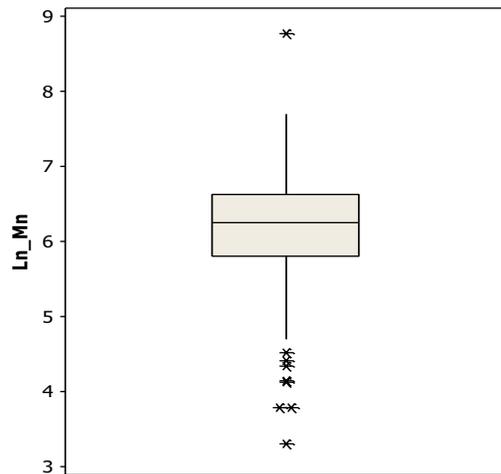


Figura K3: Box Plot del Ln_Mn

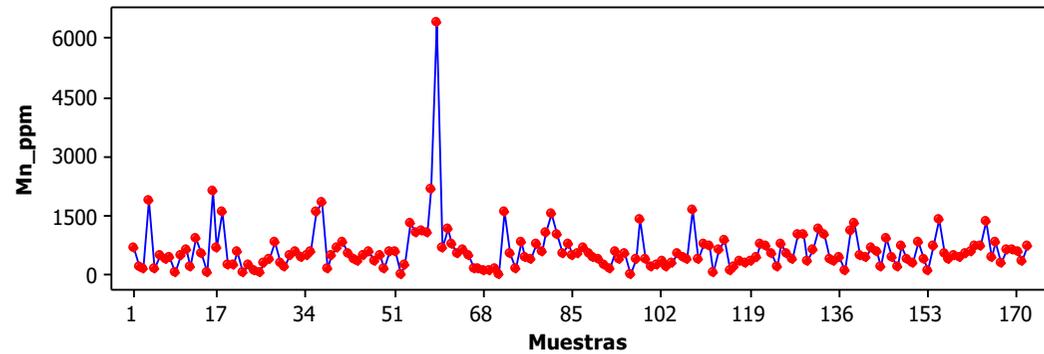


Figura K4: Diagrama de dispersión del Mn en el complejo metamórfico

COMPORTAMIENTO ESTADÍSTICO DEL HIERRO

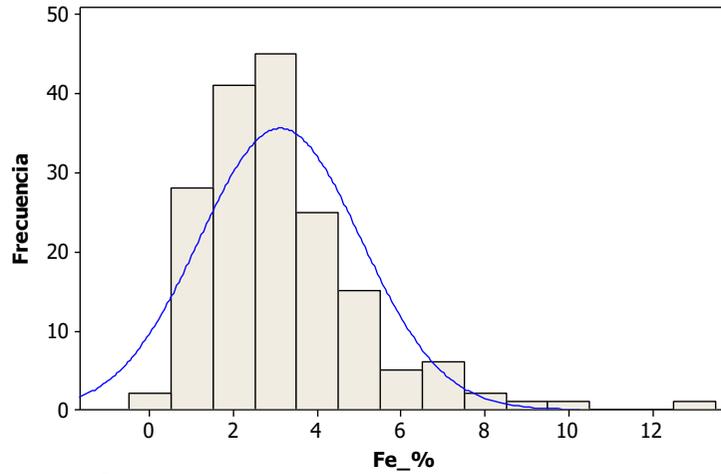


Figura L1: Histograma normal del Hierro

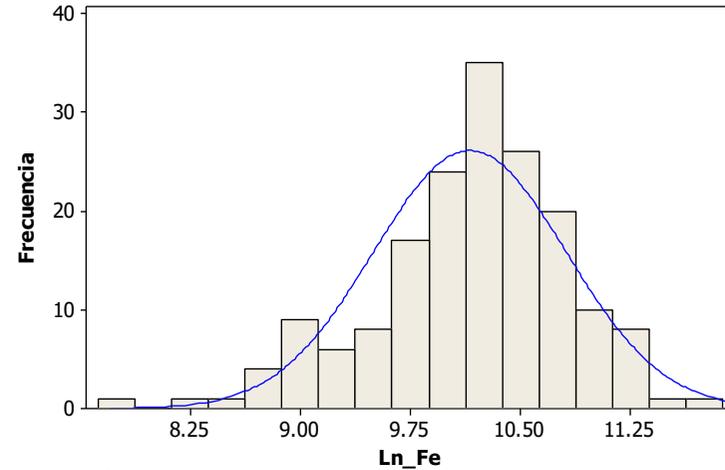


Figura L2: Histograma log normal del Hierro

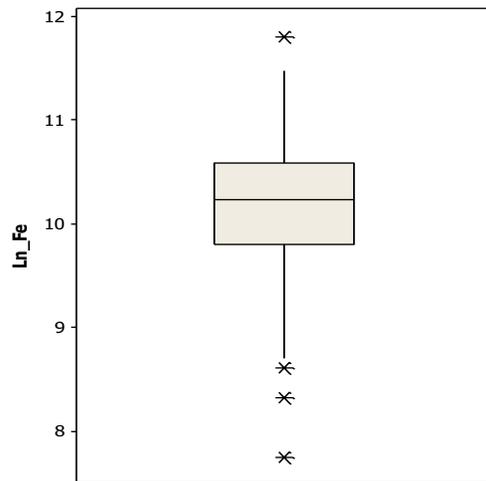


Figura L3: Box Plot del Ln_Fe

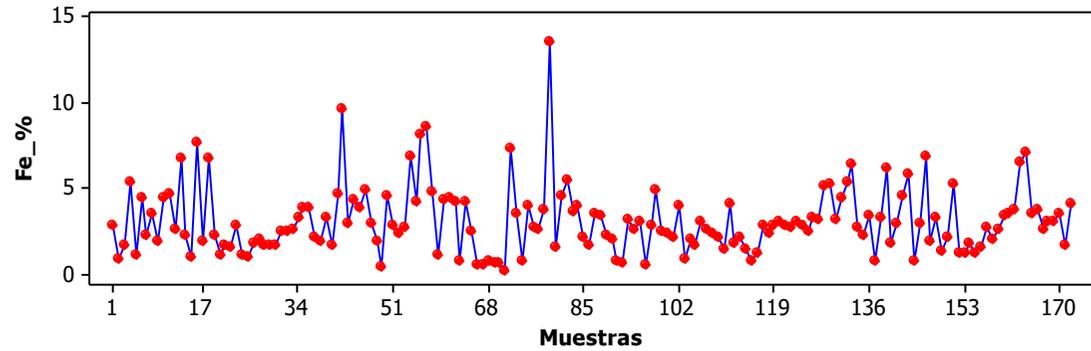


Figura L4: Diagrama de dispersión del Fe en el complejo metamórfico

4.5.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO MULTIVARIADO

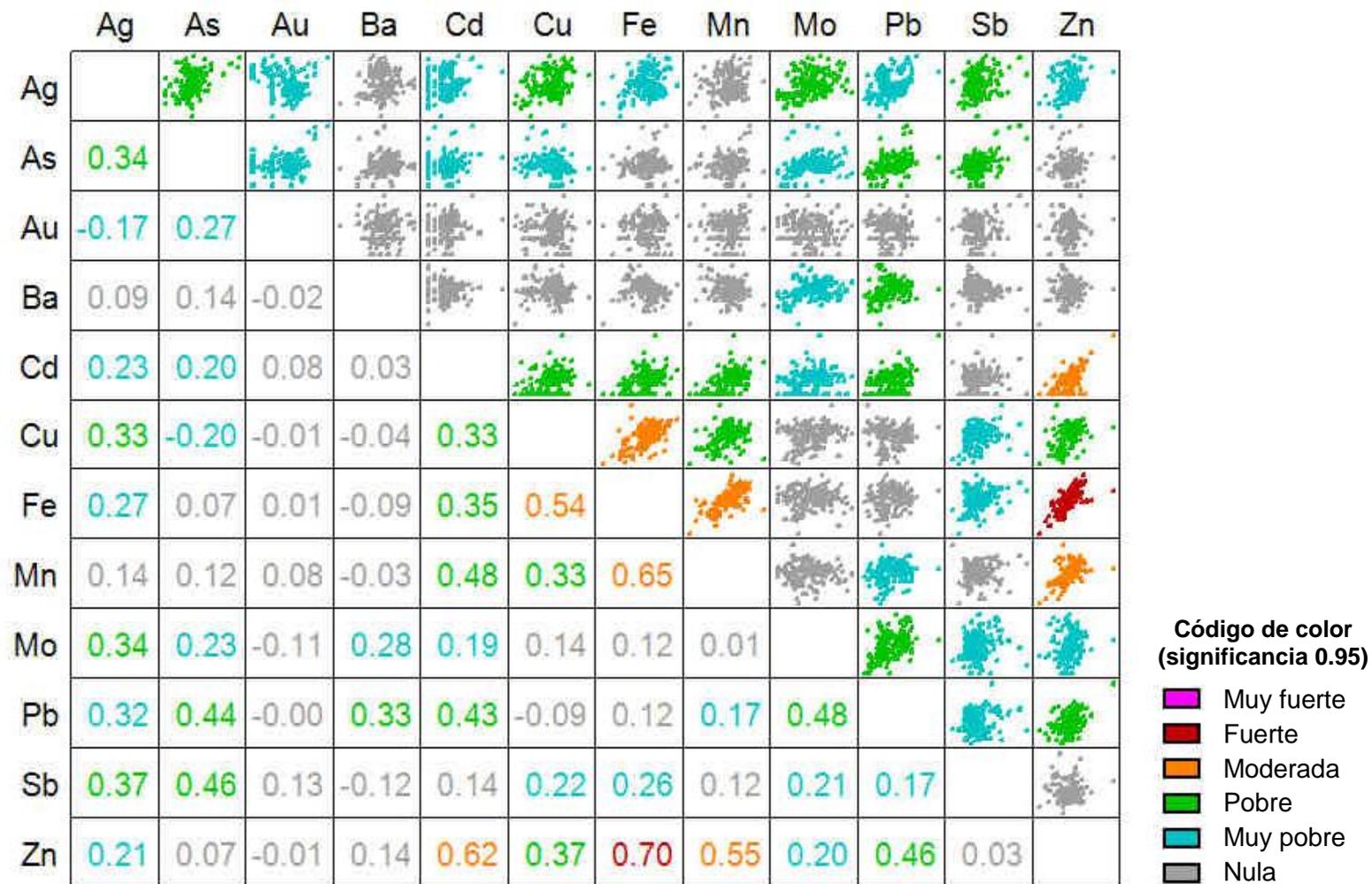


Figura 4.3: Diagrama de correlación de Pearson

Para identificar las relaciones existentes entre variables se calculan los índices de correlación bivariar de Pearson a escala logarítmica. En tal sentido se demuestra un excelente contraste y correspondencia estadística entre las variables

Los índices de correlación de Pearson fueron calculados con el software Oasis Montaj y se clasifican de la siguiente manera (ver figura 4.3)

0.90 a 1.00 Muy fuerte

0.68 a 0.89 Fuerte

0.52 a 0.67 Moderada

0.36 a 0.51 Pobre

0.22 a 0.35 Muy Pobre

0.00 a 0.21 Nula

Es así que de esta manera se aprecien correlaciones moderadas entre los siguientes elementos: Zn-Cd, Fe-Cu, Mn-Fe, Zn-Mn

Y correlaciones fuertes entre los siguientes elementos: Zn-Fe

4.6. CÁLCULO DE PARÁMETROS GEOQUÍMICOS

Con la ayuda del software estadístico Minitab 16 se calcularon los parámetros geoquímicos Background (valor de fondo) y el Threshold (umbral) los cuales fueron de mucha importancia para el cálculo de anomalías en la zona de estudio

Tabla 4.7: Parámetros Geoquímicos

Elemento	Muestras empleadas	Background	Threshold
Mo_ppm	172	0.41	6
Cu_ppm	159	45.06	300
Pb_ppm	171	4.45	65
Zn_ppm	163	49.14	180
Ag_ppm	172	0.007	0.169
As_ppm	161	3.17	38
Au_ppm	171	0.003	0.078
Cd_ppm	166	0.029	0.232
Sb_ppm	161	0.110	0.513
Ba_ppm	163	50.35	391
Mn_ppm	158	526	1724
Fe_%	168	2.63	9

4.7. CÁLCULO DE ANOMALÍAS GEOQUÍMICAS

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

4.7.1. RANGOS DE ANOMALÍAS

En función al umbral geoquímico (Threshold) y valor de fondo (Background) calculado anteriormente tenemos:

< B Valores por debajo del contenido de fondo.

B - T Valores dentro del contenido de fondo

T - 2T Valores débilmente anómalos

2T - 3T Valores moderadamente anómalos

>3T Valores fuertemente anómalos

Tabla 4.8: Rangos de anomalías geoquímicas para cada elemento

Elemento	Muestras	Muestras empleadas	Threshold	2 Threshold	3 Threshold
Mo_ppm	172	172	6	12	18
Cu_ppm	172	159	300	599	899
Pb_ppm	172	171	65	129	194
Zn_ppm	172	168	180	361	541
Ag_ppm	172	172	0.225	0.450	0.675
As_ppm	172	161	38	75	113
Au_ppm	172	171	0.012	0.024	0.036
Cd_ppm	172	166	0.232	0.464	0.696
Sb_ppm	172	161	0.513	1.026	1.539
Ba_ppm	172	163	391	782	1172
Mn_ppm	172	158	1724	3447	5171
Fe_%	172	168	9	17	26

Tabla 4.9: Porcentaje de muestras anómalas por elemento

Elemento	Muestras	Background %	Débilmente %	Moderadamente %	Fuertemente %
Mo_ppm	172	97.09	2.33	0.58	0
Cu_ppm	172	98.26	1.16	0.00	0.58
Pb_ppm	172	98.84	0.58	0.00	0.58
Zn_ppm	172	97.60	1.20	0.60	0.60
Ag_ppm	172	95.93	3.49	0.58	0.00
As_ppm	172	94.19	1.74	1.16	2.91
Au_ppm	172	97.67	1.74	0.00	0.58
Cd_ppm	172	94.77	3.49	0.58	1.16
Sb_ppm	172	89.53	5.23	2.91	2.33
Ba_ppm	172	96.51	1.16	0.58	1.74
Mn_ppm	172	97.09	2.33	0.00	0.58
Fe_%	172	98.84	1.16	0.00	0.00

4.7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

MOLIBDENO

Según el análisis estadístico univariado realizado, el Molibdeno posee un comportamiento Log Normal (ver figuras A1 – A2). La distribución del Molibdeno en el complejo metamórfico del Marañón perteneciente a la zona de estudio está en el rango de 0.02 a 14.46 ppm, con un comportamiento errático de algunos de sus valores (ver figura A4).

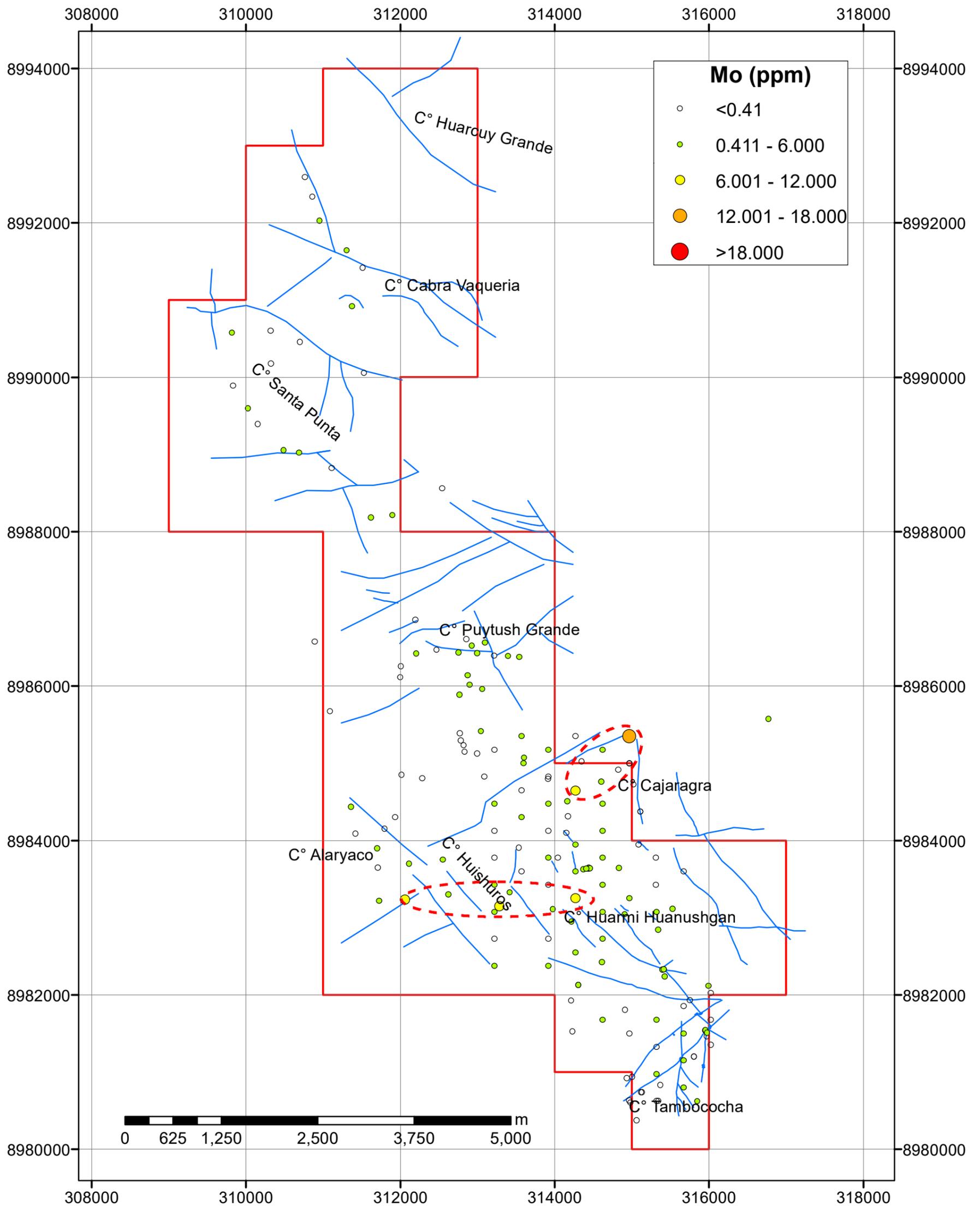
Según Pearson (ver figura 4.3) la correlación de Molibdeno con los demás elementos analizados es pobre, muy pobre a nula.

El Background obtenido es de 0.41 ppm y su Threshold es 6 ppm, para obtener estos valores se utilizaron los datos depurados, estos datos se obtuvieron mediante los Box Plots en la distribución Log Normal (ver figura A3) para este caso no presentaron altos ni bajos erráticos por lo que se trabajó con las 172 muestras analizadas

Se identificaron 5 valores por encima del Threshold, que representan el 2.91% del total, los cuales se van de débil a moderadamente anómalo (ver plano N°01)

Tabla 4.10: Muestras anómalas de Mo con su ubicación y código

N° Muestra	Mo (ppm)	Lugar
179	7.18	C° Huishuros
2051	1.05	C°Huishuros
2065	8.62	C° Huarmi Huanushgan
2113	14.46	C° Cajuragra
2122	6.11	C° Cajuragra



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA Facultad de Ingeniería <i>Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica</i>			
Prospección Geoquímica del Prospecto Isabel, Distrito de Jircán -Huánuco			
Título: DISPERSIÓN GEOQUÍMICA DEL Mo			
Asesor:	Mcs. Ing. José Alfredo Siveroni Morales	Plano N°: 04	
Tesista:	Bach. Percy Gonzalo Cueva Salazar		
Escala:	1/50000		Fecha: Cajamarca Mayo del 2017

COBRE

Según el análisis estadístico univariado realizado, el Cobre posee un comportamiento Log Normal (ver figuras B1 – B2). La distribución del Cobre en el complejo metamórfico del Marañón perteneciente a la zona de estudio está en el rango de 0.98 a 1753.63 ppm, con un comportamiento errático en algunos de sus valores (ver figura B4).

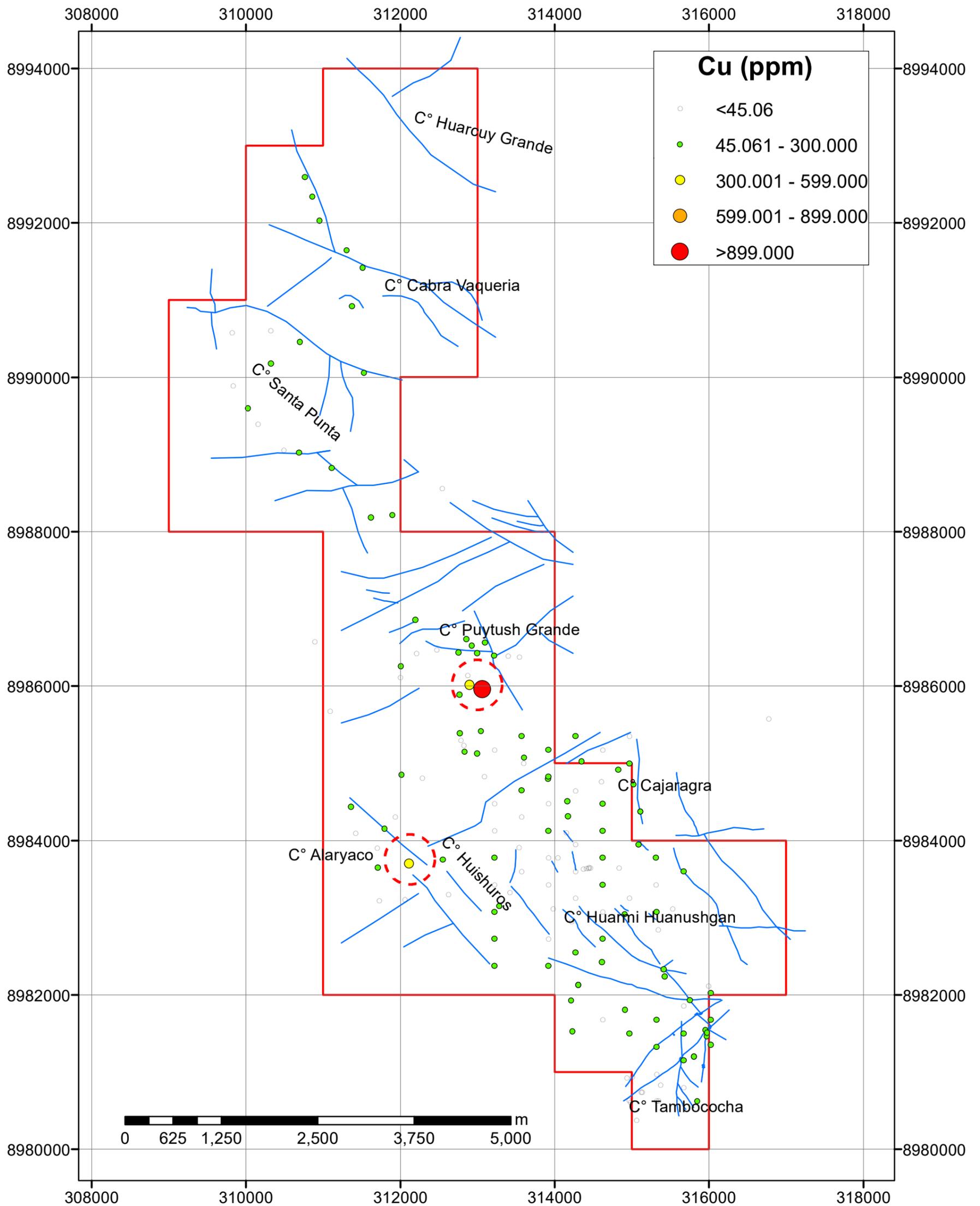
Según Pearson (ver figura 4.3) la correlación Cu – Zn es moderada (0.54), con los demás elementos analizados es pobre, muy pobre a nula con un nivel de significancia de 0.95.

El Background obtenido es de 45.06 ppm y su Threshold es 300 ppm, para obtener estos valores se utilizaron los datos geoquímicos depurados, estos datos se obtuvieron mediante los Box Plots en la distribución Log Normal (ver figura A3) eliminándose de esta manera 13 valores entre altos y bajos erráticos que representan el 7.5% del total.

Se identificaron 3 valores por encima del Threshold, que representan el 1.74% del total, los cuales se van entre débil y fuertemente anómalos (ver plano N°02)

Tabla 4.11: Muestras anómalas de Cu con su ubicación y código

N° Muestra	Cu (ppm)	Lugar
182	373.36	C° Huishuros
197	1753.63	C° Puytush Grande
212	305.79	C° Puytush Grande



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA Facultad de Ingeniería Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica		
Prospección Geoquímica del Prospecto Isabel, Distrito de Jircán -Huánuco		
Título: DISPERSIÓN GEOQUÍMICA DEL Cu		
Asesor:	Mcs. Ing. José Alfredo Siveroni Morales	Plano N°:
Tesista:	Bach. Percy Gonzalo Cueva Salazar	05
Escala:	1/50000	

PLOMO

Según el análisis estadístico univariado realizado, el Plomo posee un comportamiento Log Normal (ver figuras C1 – C2). La distribución del Plomo en el complejo metamórfico del Marañón perteneciente a la zona de estudio está en el rango de 0.21 a 1041.13 ppm, con un comportamiento errático de algunos de sus valores (ver figura C4).

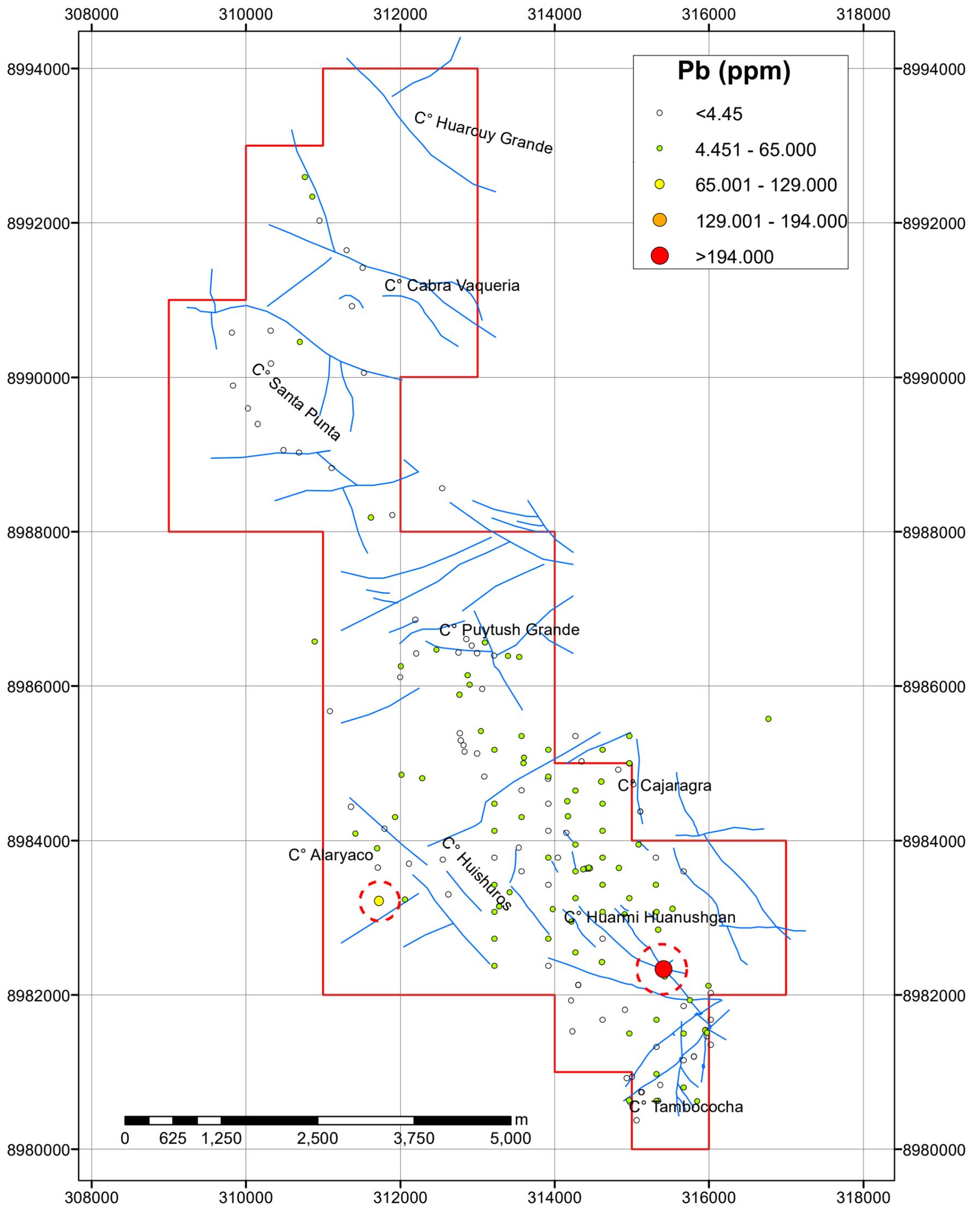
Según Pearson (ver figura 4.3) la correlación de Plomo con los demás elementos analizados es pobre, muy pobre a nula.

El Background obtenido es de 4.45 ppm y su Threshold es 65 ppm, para obtener estos valores se utilizaron los datos geoquímicos depurados, estos datos se obtuvieron mediante el uso de Box Plots en la distribución Log Normal (ver figura A3) eliminándose de esta manera 1 alto errático que representan el 0.58% del total.

Se identificaron 2 valores por encima del Threshold, que representan el 1.16% del total, los cuales se van entre débil y fuertemente anómalos (ver plano N°03)

Tabla 4.12: Muestras anómalas de Pb con su ubicación y código

N° Muestra	Pb (ppm)	Lugar
178	79.55	C° Huishuros
2005	1041.13	C° Huarmi Huanushgan



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA Facultad de Ingeniería Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica		
Prospección Geoquímica del Prospecto Isabel, Distrito de Jircán -Huánuco		
Título: DISPERSIÓN GEOQUÍMICA DEL Pb		
Asesor:	Mcs. Ing. José Alfredo Siveroni Morales	Plano N°: <div style="font-size: 2em; font-weight: bold;">06</div>
Tesista:	Bach. Percy Gonzalo Cueva Salazar	
Escala:	1/50000	
Fecha:		Cajamarca Mayo del 2017

ZINC

Según el análisis estadístico univariado realizado, el Zinc posee un comportamiento Log Normal (ver figuras D1 – D2). La distribución de Zinc en el complejo metamórfico del Marañón perteneciente a la zona de estudio está en el rango de 2.2 a 3942.6 ppm, con un comportamiento errático en algunos de sus valores (ver figura D4).

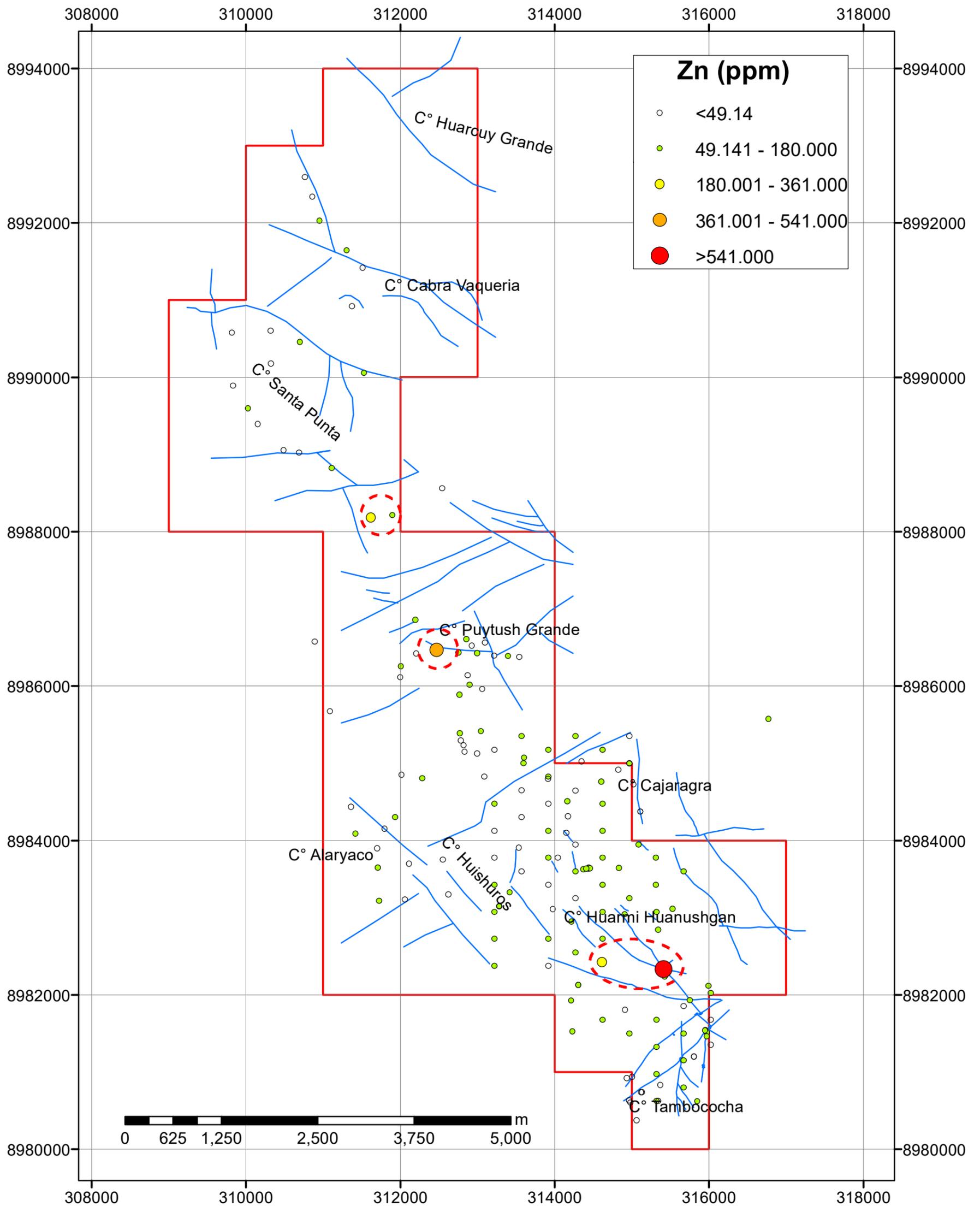
Según Pearson (ver figura 4.3) la correlación Zn – Fe es fuerte (0.70), Zn - Cd es moderada (0.54) al igual que Zn – Mn (0.55) con los demás elementos analizados es pobre, muy pobre a nula con un nivel de significancia de 0.95.

El Background obtenido es de 49.14 ppm y su Threshold es 180 ppm, para obtener estos valores se utilizaron los datos geoquímicos depurados, estos datos se obtuvieron mediante los Box Plots en la distribución Log Normal (ver figura D3) eliminándose de esta manera 9 valores entre altos y bajos erráticos que representan el 5.23% del total.

Se identificaron 4 valores por encima del Threshold, que representan el 2.32% del total, los cuales se van entre débil y fuertemente anómalos (ver plano N°04)

Tabla 4.13: Muestras anómalas de Zn con su ubicación y código

N° Muestra	Zn (ppm)	Lugar
191	419.3	C° Puytush Grande
250	202.7	C° Santa Punta
2005	3942.6	C° Huarmi Huanushgan
2026	243.8	C° Huarmi Huanushgan



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA Facultad de Ingeniería Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica		
Prospección Geoquímica del Prospecto Isabel, Distrito de Jircán -Huánuco		
Título: DISPERSIÓN GEOQUÍMICA DEL Zn		
Asesor:	Mcs. Ing. José Alfredo Siveroni Morales	Plano N°:
Tesista:	Bach. Percy Gonzalo Cueva Salazar	07
Escala:	1/50000	

PLATA

Según el análisis estadístico univariado realizado, la Plata posee un comportamiento Log Normal (ver figuras E1 – E2). La distribución de Plata en el complejo metamórfico del Marañón perteneciente a la zona de estudio está en el rango de 0.001 a 0.388 ppm, con un comportamiento errático en algunos de sus valores (ver figura E4).

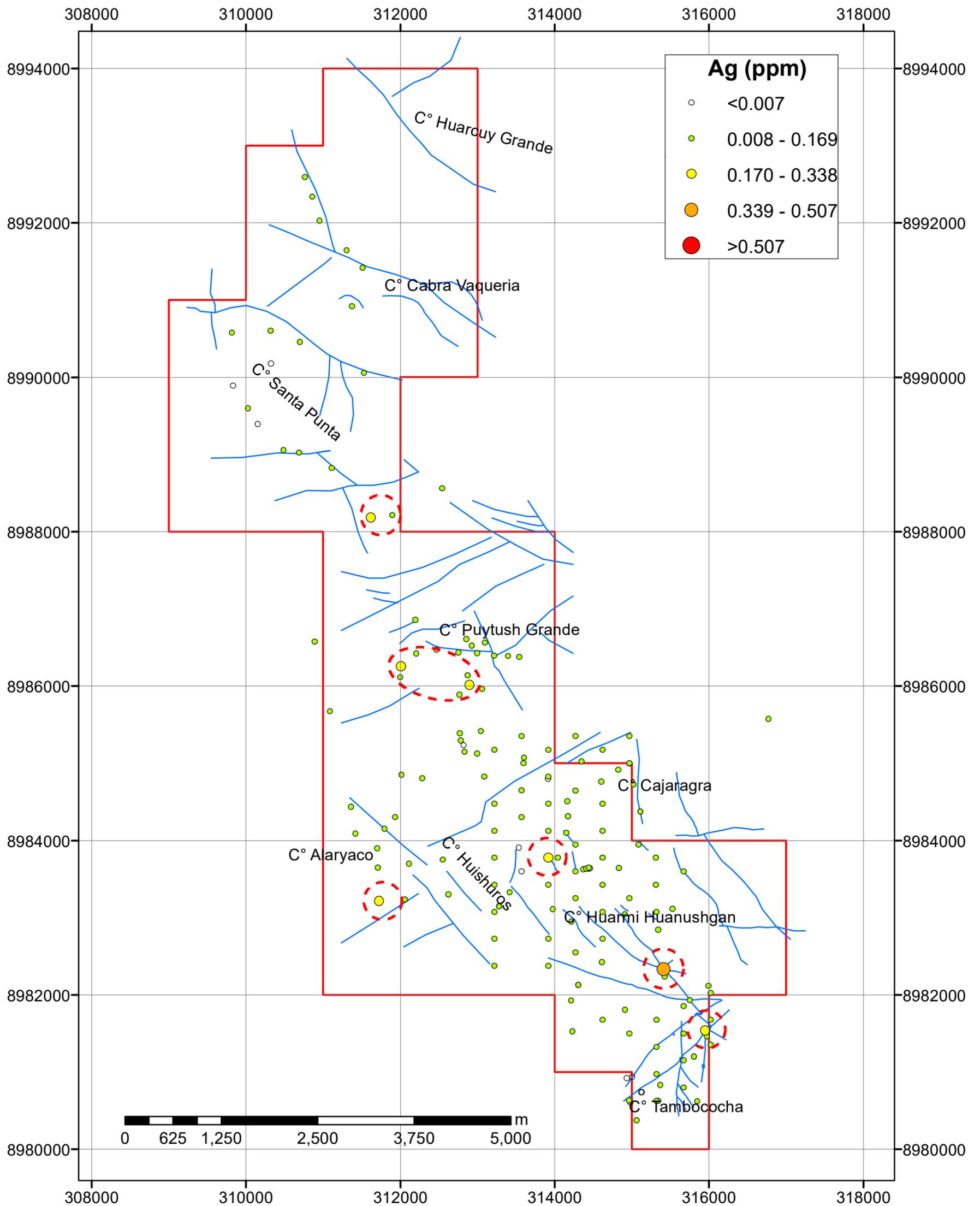
Según Pearson (ver figura 4.3) la correlación de Plata con los demás elementos analizados es pobre, muy pobre a nula.

El Background obtenido es de 0.007 ppm y su Threshold es 0.169 ppm, para obtener estos valores se utilizaron los datos geoquímicos depurados, estos datos se obtuvieron mediante los Box Plots en la distribución Log Normal (ver figura E3) para este caso no presentaron altos ni bajos erráticos por lo que se trabajó con las 172 muestras analizadas

Se identificaron 7 valores por encima del Threshold, que representan el 4.07% del total, los cuales se van de débil a moderadamente anómalo (ver plano N°05)

Tabla 4.14: Muestras anómalas de Ag con su ubicación y código

N° Muestra	Ag (ppm)	Lugar
178	0.316	C° Huishuros
193	0.251	C° Puytush Grande
212	0.206	C° Puytush Grande
250	0.228	C° Santa Punta
2001	0.290	C° Huarmi Huanushgan
2005	0.388	C° Huarmi Huanushgan
2120	0.188	C° Huarmi Huanushgan



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA Facultad de Ingeniería Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica		
Prospección Geoquímica del Prospecto Isabel, Distrito de Jircán -Huánuco		
Título: DISPERSIÓN GEOQUÍMICA DE LA Ag		
Asesor:	Mcs. Ing. José Alfredo Siveroni Morales	Plano N°: 08
Tesista:	Bach. Percy Gonzalo Cueva Salazar	
Escala:	1/50000	
Fecha:		Cajamarca Mayo del 2017

ARSÉNICO

Según el análisis estadístico univariado realizado, el Arsénico posee un comportamiento Log Normal (ver figuras F1 – F2). La distribución de Arsénico en el complejo metamórfico del Marañón perteneciente a la zona de estudio está en el rango de 0.05 a 10000 ppm, con un comportamiento errático en algunos de sus valores (ver figura F4).

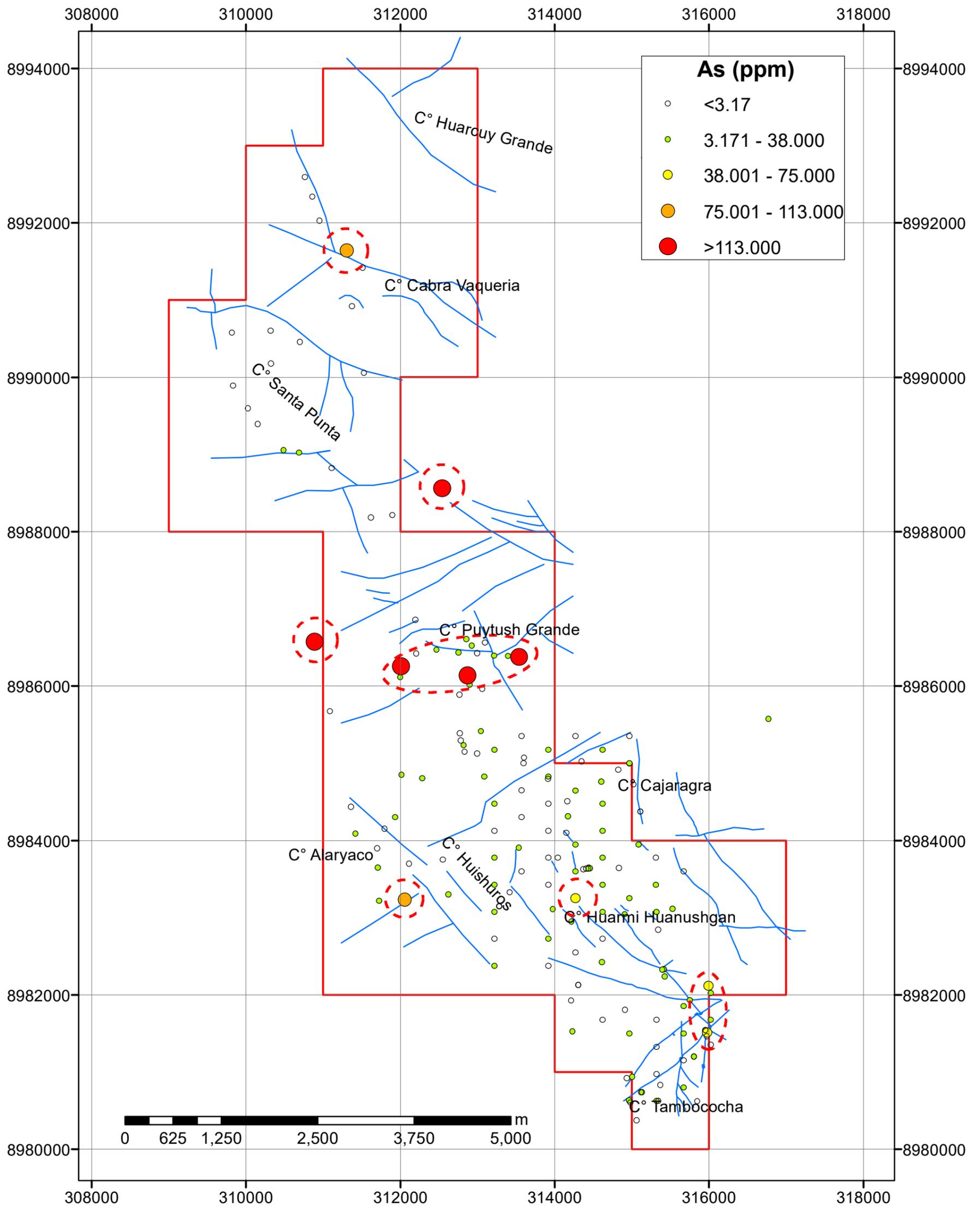
Según Pearson (ver figura 4.3) la correlación de Arsénico con los demás elementos analizados es pobre, muy pobre a nula.

El Background obtenido es de 3.17 ppm y su Threshold es 38 ppm, para obtener estos valores se utilizaron los datos geoquímicos depurados, estos datos se obtuvieron mediante los Box Plots en la distribución Log Normal (ver figura F3) eliminándose de esta manera 11 valores entre altos y bajos erráticos que representan el 6.39% del total.

Se identificaron 10 valores por encima del Threshold, que representan el 5.81% del total, los cuales se van de débil a moderadamente y fuertemente anómalo (ver plano N°06)

Tabla 4.15: Muestras anómalas de As con su ubicación y código

N° Muestra	As (ppm)	Lugar
179	100.2	C° Huishuros
186	6633.9	C° Puytush Grande
193	10000	C° Puytush Grande
213	2170.6	C° Puytush Grande
222	82	C° Cabra Vaqueria
248	691.8	C° Santa Punta
251	2564.8	C° Puytush Grande
2002	67.9	C° Huarmi Huanushgan
2022	59.1	C° Tambococha
2065	42.9	C° Huarmi Huanushgan



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA Facultad de Ingeniería Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica		
Prospección Geoquímica del Prospecto Isabel, Distrito de Jirca -Huánuco		
Título: DISPERSIÓN GEOQUÍMICA DEL As		
Asesor:	Mcs. Ing. José Alfredo Siveroni Morales	Plano N°: 09
Tesista:	Bach. Percy Gonzalo Cueva Salazar	
Escala:	1/50000	
Fecha:		Cajamarca Mayo del 2017

ORO

Según el análisis estadístico univariado realizado, el Oro posee un comportamiento Log Normal (ver figuras G1 – G2). La distribución de Oro en el complejo metamórfico del Marañón perteneciente a la zona de estudio está en el rango de 0.0001 a 0.4584 ppm, con un comportamiento errático en algunos de sus valores (ver figura G4).

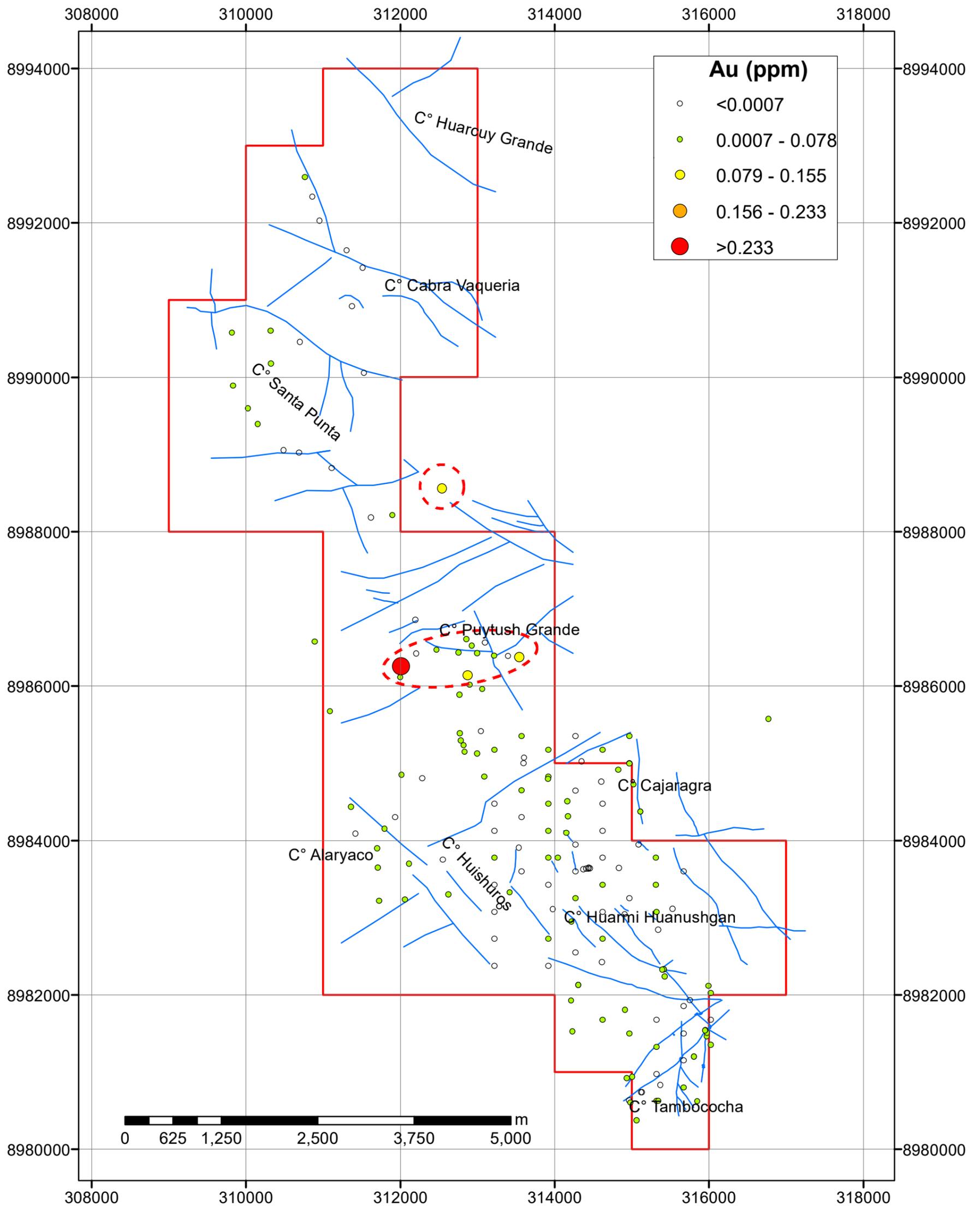
Según Pearson (ver figura 4.3) la correlación de Oro con los demás elementos analizados es pobre, muy pobre a nula.

El Background obtenido es de 0.003 ppm y su Threshold es 0.078 ppm, para obtener estos valores se utilizaron los datos geoquímicos depurados, estos datos se obtuvieron mediante los Box Plots en la distribución Log Normal (ver figura G3) eliminándose de esta manera 1 valor alto erráticos que representan el 0.58% del total.

Se identificaron 4 valores por encima del Threshold, que representan el 2.32% del total, los cuales se van entre débil y fuertemente anómalo (ver plano N°07)

Tabla 4.16: Muestras anómalas de Au con su ubicación y código

N° Muestra	Au (ppm)	Lugar
186	0.1218	C° Puytush Grande
193	0.4584	C° Puytush Grande
213	0.1068	C° Puytush Grande
248	0.1215	C° Santa Punta



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA Facultad de Ingeniería <i>Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica</i>		
Prospección Geoquímica del Prospecto Isabel, Distrito de Jircán -Huánuco		
Título: DISPERSIÓN GEOQUÍMICA DEL Au		
Asesor:	Mcs. Ing. José Alfredo Siveroni Morales	Plano N°: 10
Tesista:	Bach. Percy Gonzalo Cueva Salazar	
Escala:	1/50000	
Fecha:		Cajamarca Mayo del 2017

CADMIO

Según el análisis estadístico univariado realizado, el Cadmio posee un comportamiento Log Normal (ver figuras H1 – H2). La distribución de Cadmio en el complejo metamórfico del Marañón perteneciente a la zona de estudio está en el rango de 0.005 a 12.98 ppm, con un comportamiento errático en algunos de sus valores (ver figura H4).

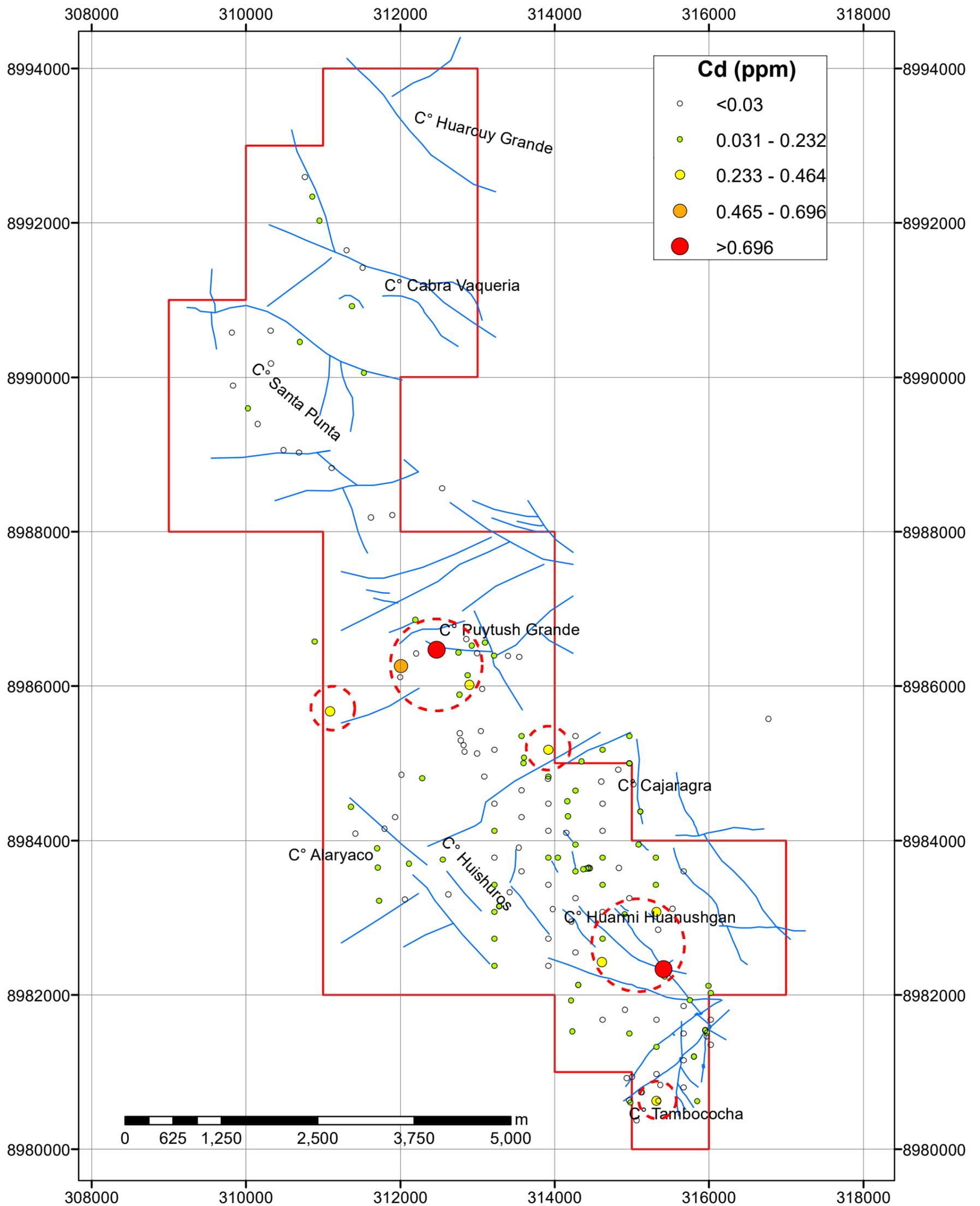
Según Pearson (ver figura 4.3) la correlación Cd - Zn es moderada (0.62) con los demás elementos analizados es pobre, muy pobre a nula con un nivel de significancia de 0.95.

El Background obtenido es de 0.029 ppm y su Threshold es 0.232 ppm, para obtener estos valores se utilizaron los datos geoquímicos depurados, estos datos se obtuvieron mediante los Box Plots en la distribución Log Normal (ver figura H3) eliminándose de esta manera 6 valores entre altos y bajos erráticos que representan el 3.49% del total.

Se identificaron 9 valores por encima del Threshold, que representan el 3.49% del total, los cuales se van entre débil, moderado y fuertemente anómalos (ver plano N°08)

Tabla 4.17: Muestras anómalas de Cd con su ubicación y código

N° Muestra	Cd (ppm)	Lugar
191	1.20	C° Puytush Grande
193	0.54	C° Puytush Grande
212	0.46	C° Puytush Grande
252	0.36	C° Puytush Grande
2005	12.98	C° Huarmi Huanushgan
2013	0.24	C° Tambococha
2026	0.40	C° Huarmi Huanushgan
2063	0.25	C° Huarmi Huanushgan
2111	0.25	C° Cajaragra



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA Facultad de Ingeniería Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica			
Prospección Geoquímica del Prospecto Isabel, Distrito de Jircán -Huánuco			
Título: DISPERSIÓN GEOQUÍMICA DEL Cd			
Asesor:	Mcs. Ing. José Alfredo Siveroni Morales	Plano N°:	11
Tesista:	Bach. Percy Gonzalo Cueva Salazar		
Escala:	1/50000	Fecha:	

ANTIMONIO

Según el análisis estadístico univariado realizado, el Antimonio posee un comportamiento Log Normal (ver figuras I1 – I2). La distribución de Antimonio en el complejo metamórfico del Marañón perteneciente a la zona de estudio está en el rango de 0.01 a 15.8 ppm, con un comportamiento errático en algunos de sus valores (ver figura I4).

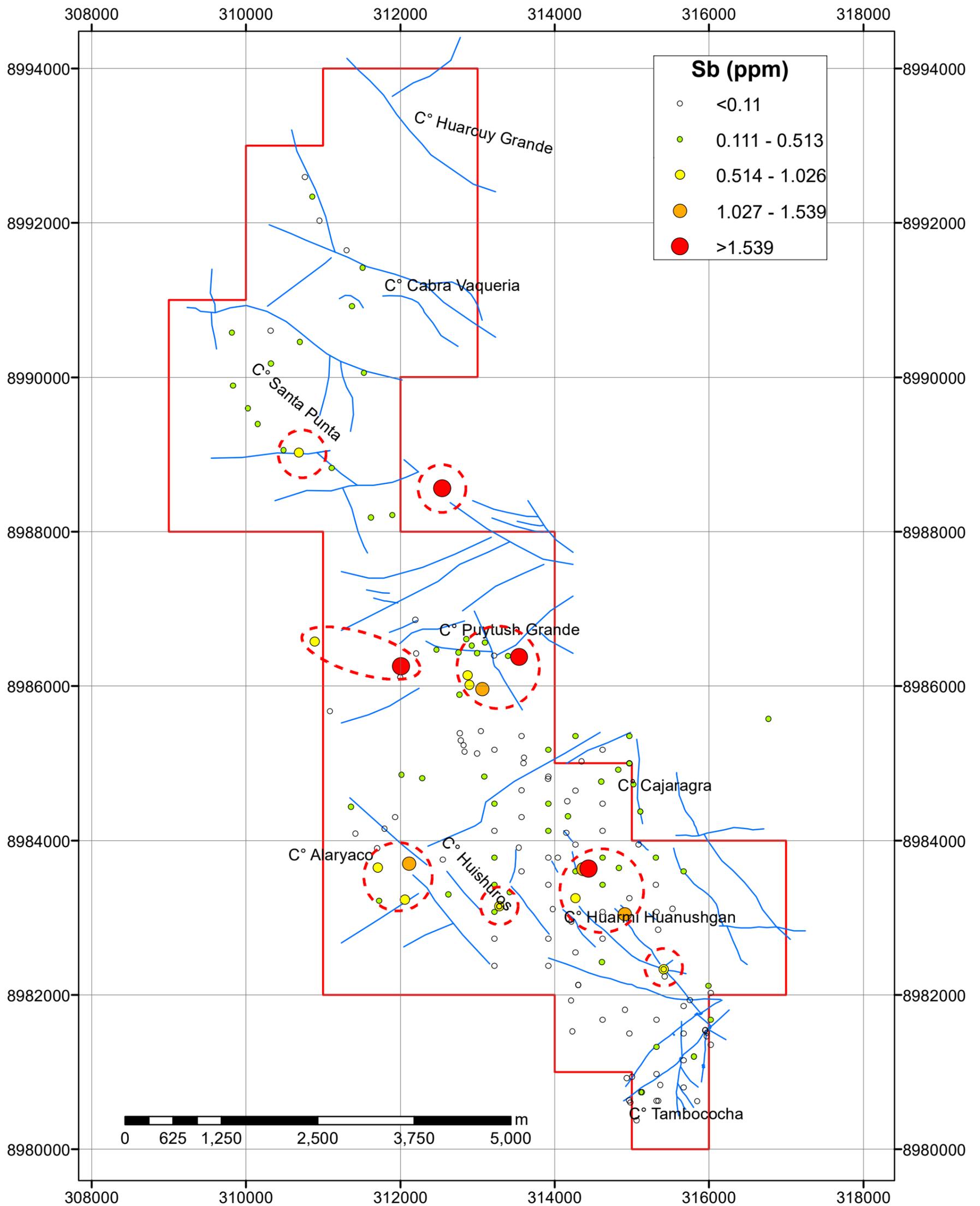
Según Pearson (ver figura 4.3) la correlación de Antimonio con los demás elementos analizados es pobre, muy pobre a nula.

El Background obtenido es de 0.11 ppm y su Threshold es 0.513 ppm, para obtener estos valores se utilizaron los datos geoquímicos depurados, estos datos se obtuvieron mediante los Box Plots en la distribución Log Normal (ver figura I3) eliminándose de esta manera 11 valores entre altos y bajos erráticos que representan el 6.39% del total.

Se identificaron 18 valores por encima del Threshold, que representan el 10.46% del total, los cuales se van entre débil, moderado y fuertemente anómalos (ver plano N°09)

Tabla 4.18: Muestras anómalas de Sb con su ubicación y código

N° Muestra	Sb (ppm)	Lugar		N° Muestra	Sb (ppm)	Lugar
179	0.94	C° Huishuros		248	15.8	C° Santa Punta
181	0.66	C° Huishuros		251	0.81	C° Puytush Grande
182	0.17	C° Huishuros		2005	0.54	C°Huarmi Huanushgan
186	2.81	C° Puytush Grande		2053	0.8	C° Huishuros
193	8.09	C° Puytush Grande		2062	1.04	C°Huarmi Huanushgan
197	1.28	C° Puytush Grande		2065	0.7	C°Huarmi Huanushgan
212	0.64	C° Puytush Grande		2069	1.37	C°Huarmi Huanushgan
213	0.75	C° Puytush Grande		2070	2.63	C°Huarmi Huanushgan
230	0.66	C° Santa Punta		2073	1.07	C°Huarmi Huanushgan



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA Facultad de Ingeniería <i>Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica</i>		
Prospección Geoquímica del Prospecto Isabel, Distrito de Jircán -Huánuco		
Título: DISPERSIÓN GEOQUÍMICA DEL Sb		
Asesor:	Mcs. Ing. José Alfredo Siveroni Morales	Plano N°: 12
Tesista:	Bach. Percy Gonzalo Cueva Salazar	
Escala:	1/50000	
Fecha:		Cajamarca Mayo del 2017

BARIO

Según el análisis estadístico univariado realizado, el Bario posee un comportamiento Log Normal (ver figuras J1 – J2). La distribución de Bario en el complejo metamórfico del Marañón perteneciente a la zona de estudio está en el rango de 0.25 a 2205.6 ppm, con un comportamiento errático en algunos de sus valores (ver figura J4).

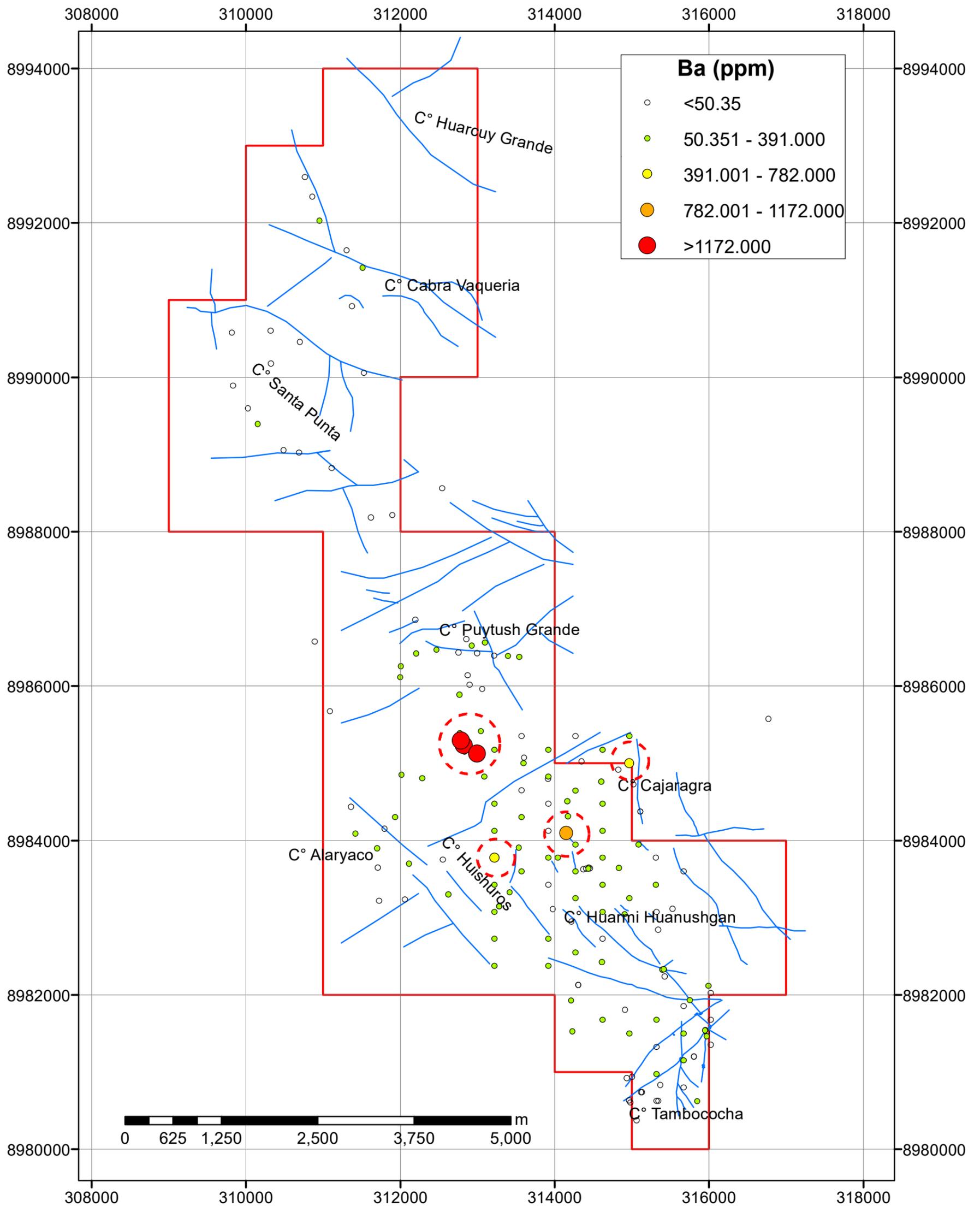
Según Pearson (ver figura 4.3) la correlación de Bario con los demás elementos analizados es pobre, muy pobre a nula.

El Background obtenido es de 50.35 ppm y su Threshold es 391 ppm, para obtener estos valores se utilizaron los datos geoquímicos depurados, estos datos se obtuvieron mediante los Box Plots en la distribución Log Normal (ver figura J3) eliminándose de esta manera 9 valores entre altos y bajos erráticos que representan el 5.23% del total.

Se identificaron 6 valores por encima del Threshold, que representan el 3.49% del total, los cuales se van entre débil, moderado y fuertemente anómalos (ver plano N°10)

Tabla 4.19: Muestras anómalas de Ba con su ubicación y código

N° Muestra	Ba (ppm)	Lugar
198	2091	C° Puytush Grande
201	1293.5	C° Puytush Grande
202	2205.6	C° Puytush Grande
2044	541.5	C° Cajaragra
2049	475.8	C° Huishuros
2117	1074.8	C° Cajaragra



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA Facultad de Ingeniería <i>Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica</i> 	
Prospección Geoquímica del Prospecto Isabel, Distrito de Jircán -Huánuco	
Título: DISPERSIÓN GEOQUÍMICA DEL Ba	
Asesor: Mcs. Ing. José Alfredo Siveroni Morales	Plano N°:
Tesista: Bach. Percy Gonzalo Cueva Salazar	13
Escala: 1/50000	Fecha: Cajamarca Mayo del 2017

MANGANESO

Según el análisis estadístico univariado realizado, el Manganeso posee un comportamiento Log Normal (ver figuras K1 – K2). La distribución de Manganeso en el complejo metamórfico del Marañón perteneciente a la zona de estudio está en el rango de 27 a 6390 ppm, con un comportamiento errático en algunos de sus valores (ver figura K4).

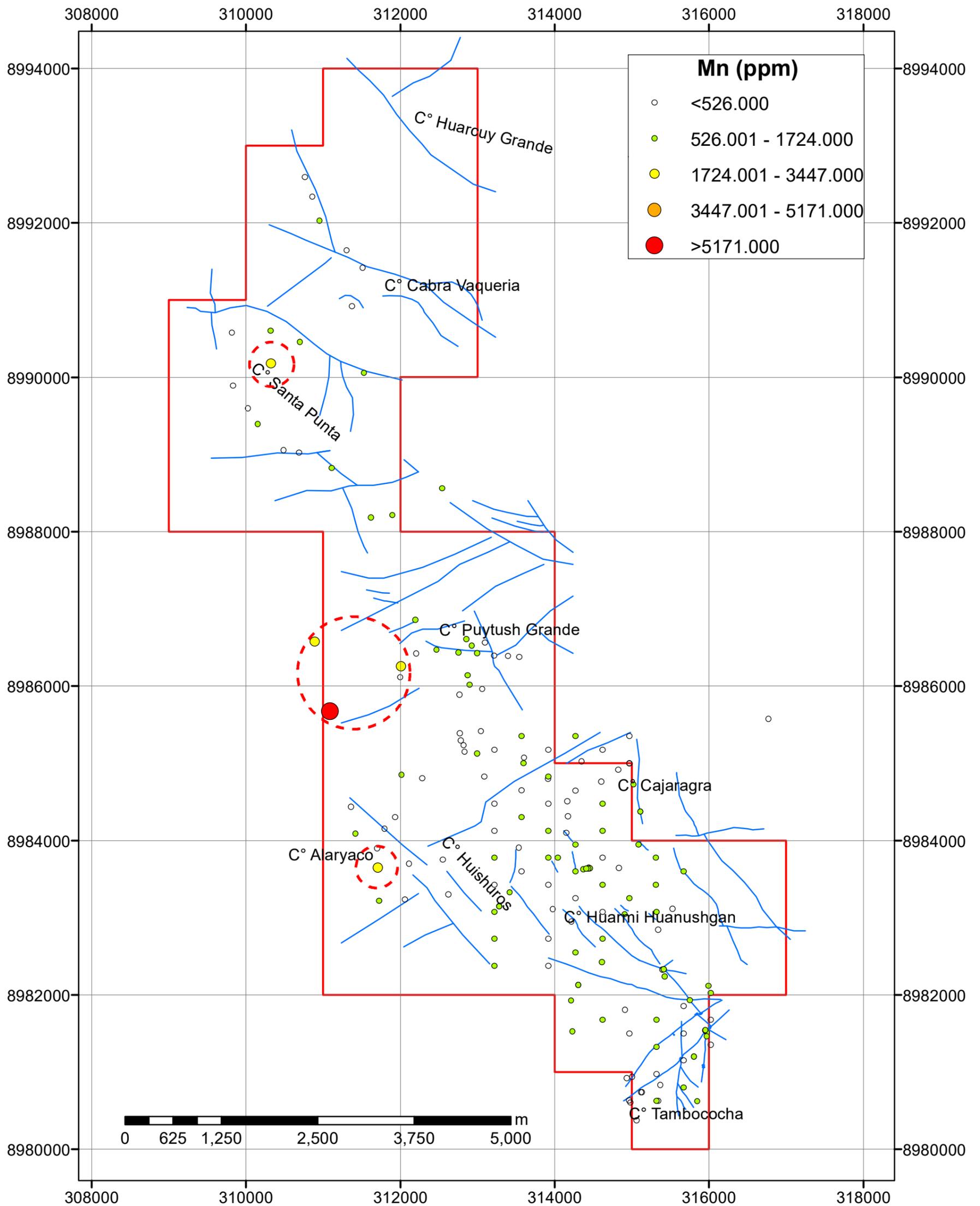
Según Pearson (ver figura 4.3) la correlación Mn - Fe es moderada (0.65) al igual que Mn - Zn (0.55) con los demás elementos analizados es pobre, muy pobre a nula con un nivel de significancia de 0.95.

El Background obtenido es de 526 ppm y su Threshold es 1724 ppm, para obtener estos valores se utilizaron los datos geoquímicos depurados, estos datos se obtuvieron mediante los Box Plots en la distribución Log Normal (ver figura K3) eliminándose de esta manera 14 valores entre altos y bajos erráticos que representan el 8.14% del total.

Se identificaron 5 valores por encima del Threshold, que representan el 2.91% del total, los cuales se van entre débil y fuertemente anómalos (ver plano N°11)

Tabla 4.20: Muestras anómalas de Mn con su ubicación y código

N° Muestra	Mn (ppm)	Lugar
181	1896	C° Huishuros
193	2134	C° Puytush Grande
214	1828	C° Santa Punta
251	2200	C° Puytush Grande
252	6390	C° Puytush Grande



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA Facultad de Ingeniería Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica			
Prospección Geoquímica del Prospecto Isabel, Distrito de Jircán -Huánuco			
Título: DISPERSIÓN GEOQUÍMICA DEL Mn			
Asesor:	Mcs. Ing. José Alfredo Siveroni Morales	Plano N°:	14
Tesista:	Bach. Percy Gonzalo Cueva Salazar		
Escala:	1/50000	Fecha:	

HIERRO

Según el análisis estadístico univariado realizado, el Hierro posee un comportamiento Log Normal (ver figuras L1 – L2). La distribución de Hierro en el complejo metamórfico del Marañón perteneciente a la zona de estudio está en el rango de 0.23 a 13.49 %, con un comportamiento errático en algunos de sus valores (ver figura L4).

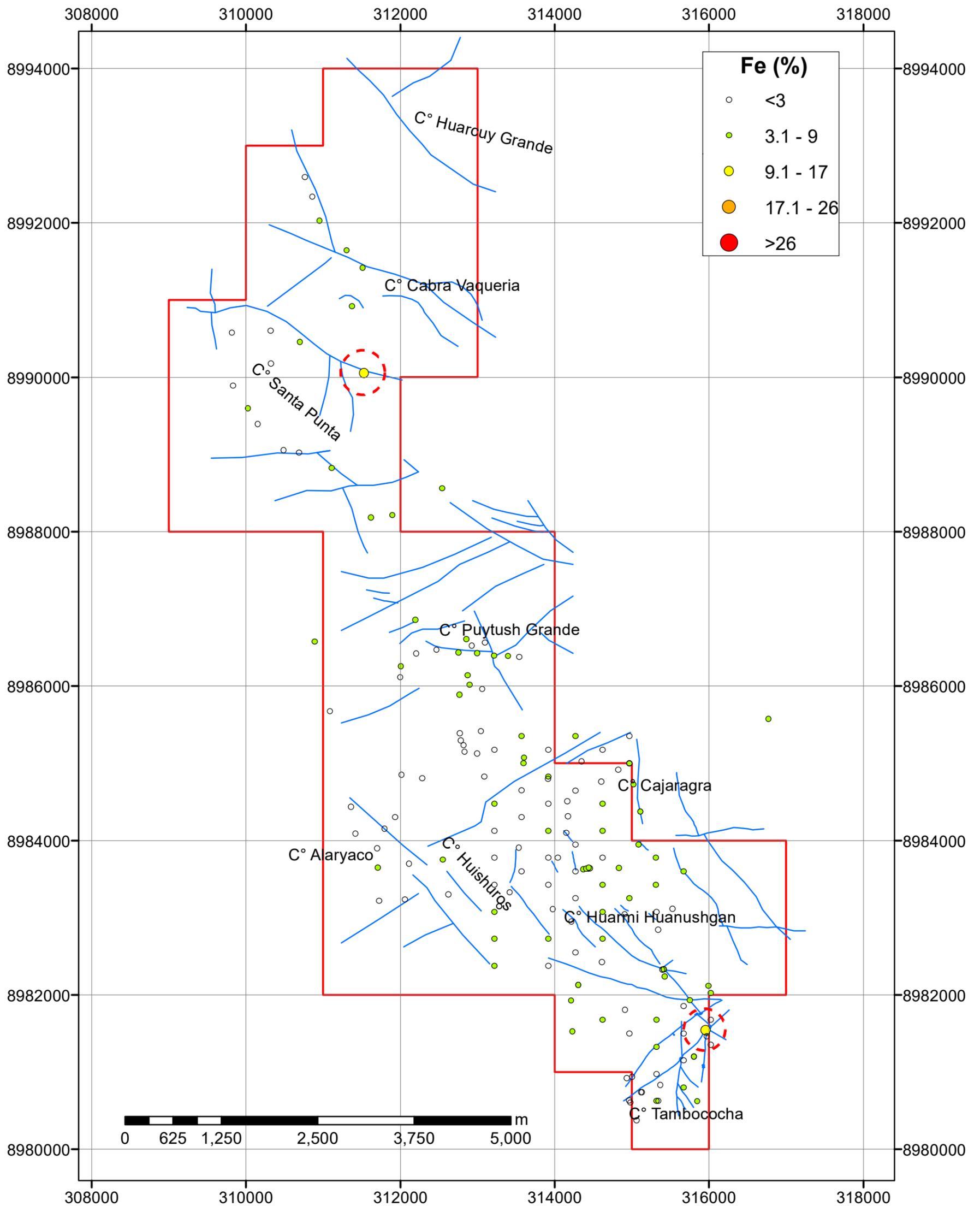
Según Pearson (ver figura 4.3) la correlación Fe - Zn es fuerte (0.70), Fe - Cu es moderada (0.54) al igual que Fe – Mn (0.65) con los demás elementos analizados es pobre, muy pobre a nula con un nivel de significancia de 0.95.

El Background obtenido es de 2.63 % y su Threshold es 9 %, para obtener estos valores se utilizaron los datos geoquímicos depurados, estos datos se obtuvieron mediante los Box Plots en la distribución Log Normal (ver figura L3) eliminándose de esta manera 4 valores entre altos y bajos erráticos que representan el 2.32 % del total.

Se identificaron 2 valores por encima del Threshold, que representan el 1.16% del total, los cuales se presentan débilmente anómalos (ver plano N°12)

Tabla 4.21: Muestras anómalas de Fe con su ubicación y código

N° Muestra	Fe (%)	Lugar
219	9.65	C° Cabra Vaqueria
2020	13.49	C° Tambococha



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA Facultad de Ingeniería Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica			
Prospección Geoquímica del Prospecto Isabel, Distrito de Jircán -Huánuco			
Título: DISPERSIÓN GEOQUÍMICA DEL Fe			
Asesor:	Mcs. Ing. José Alfredo Siveroni Morales	Plano N°:	15
Tesista:	Bach. Percy Gonzalo Cueva Salazar		
Escala:	1/50000	Fecha:	

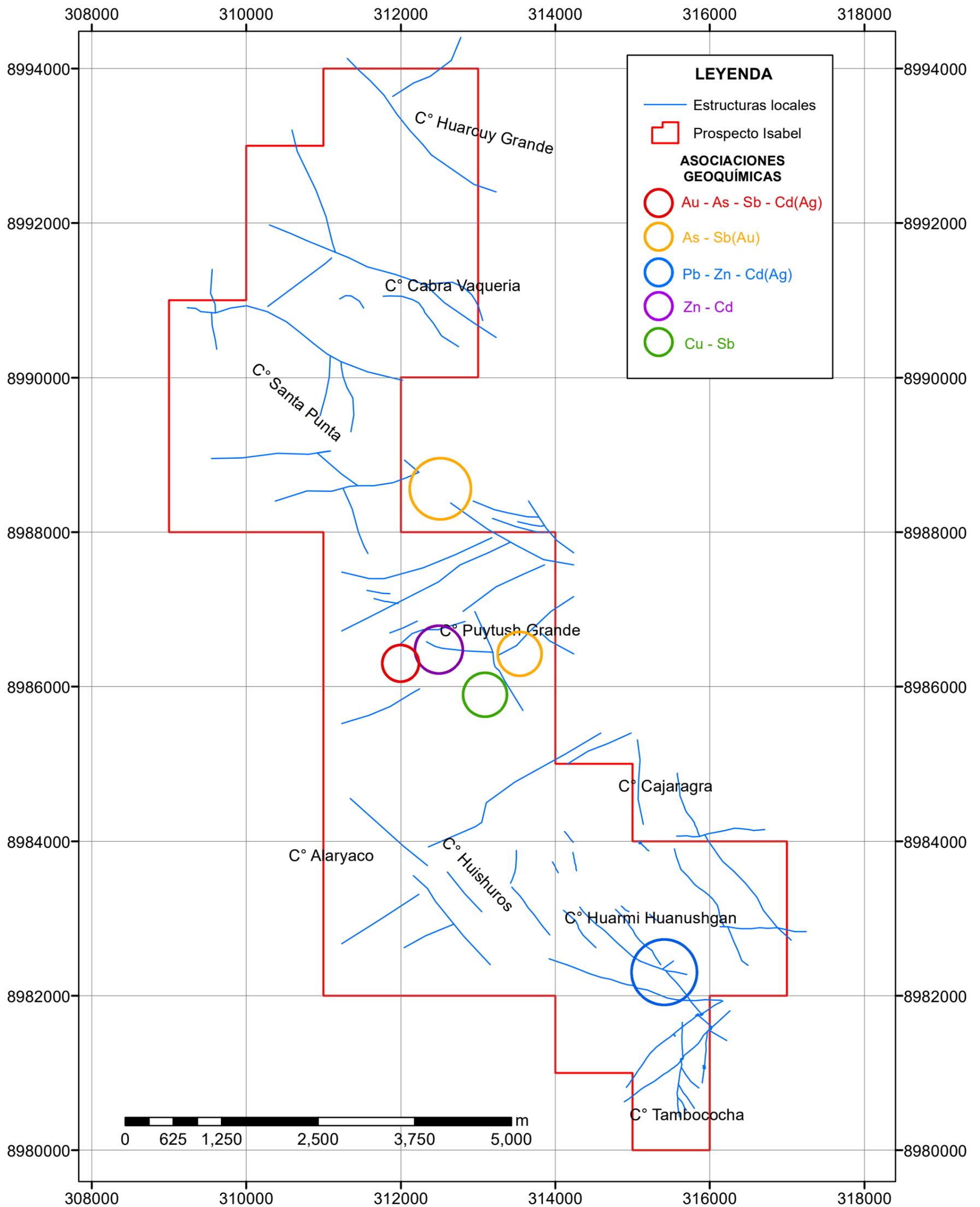
4.7.1. ASOCIACIONES GEOQUÍMICAS

Superponiendo los planos de dispersiones geoquímicas para cada elemento analizado se logró obtener un plano de asociaciones geoquímicas.

Es así que en el prospecto estudiado se lograron identificar 5 asociaciones geoquímicas las cuales nos indican que nos encontramos aparentemente en un sistema polimetálico, es decir tenemos elementos asociados para metales base como para metales preciosos en vetas (tomando como base la tabla 2.6, Siegel), dichas asociaciones son las siguientes (ver plano N°13):

Tabla 4.22: Asociaciones geoquímicas presentes en el Prospecto Isabel

TIPO DE DEPOSITO	ASOCIACIÓN	UBICACIÓN
Metales Base en vetas	Pb – Zn – Cd (Ag)	C° Huarmi Huanushgan
	Cu - Sb	C° Puytush Grande
	Zn - Cd	
“Epitermal” Metales Preciosos	Au – As – Sb – Cd (Ag)	C° Santa Punta
	As – Sb (Au)	



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA Facultad de Ingeniería Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica		
Prospección Geoquímica del Prospecto Isabel, Distrito de Jircán -Huánuco		
Título: BLANCOS EXPLORATORIOS POR ASOCIACIONES GEOQUÍMICAS		
Asesor:	Mcs. Ing. José Alfredo Siveroni Morales	Plano N°:
Tesista:	Bach. Percy Gonzalo Cueva Salazar	16
Escala:	1/50000	

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

La población estadística muestreada se encuentra constituida en su totalidad por esquistos micáceos y cloritosos pertenecientes al Complejo metamórfico del Marañón

El análisis estadístico univariado muestra que en los datos analizados la media y la mediana son ampliamente diferentes esto debido a la existencia de algunas leyes altas (outliers), sus coeficientes de variación son mayores que 1 (excepto Mn y Fe) por lo que se consideran datos con alta varianza, la asimetría es mayor que 0 esto quiere decir que sus histogramas presentan un sesgo a la izquierda concluyéndose que dichos datos presentarían una distribución log normal.

En el análisis estadístico multivariado los índices de correlación de Pearson mostraron una correlación fuerte entre Zn – Fe y correlaciones moderadas de Zn -Cd, Fe – Cu, Fe – Mn, Zn - Mn porque existe cierta afinidad de dichos elementos en su comportamiento (incremento de leyes progresivamente)

A partir del análisis estadístico univariado se calcularon los parámetros geoquímicos Background (valor de fondo) y Threshold (umbral) de los 12 elementos analizados

Mediante el análisis geoquímico – estadístico se obtuvieron 73 áreas anómalas relacionada a los elementos Mo, Cu, Pb, Zn, Ag, As, Au, Cd, Sb, Ba, Mn las cuales varían desde débilmente a fuertemente anómalas, dichas anomalías se encuentran principalmente en los cerros Santa Punta, Puytush Grande, Huishuros, Cajaragra, Huarmi Huanushgan y Tambococha que vienen a ser blancos exploratorios para los elementos mencionados anteriormente.

El modelo geoquímico está relacionado a un sistema polimetálico en vetas, es decir, tenemos elementos asociados para metales base (Pb – Zn – Cd (Ag), Cu – Sb, Zn – Cd) como para metales preciosos (Au – As – Sb – Cd (Ag), As – Sb (Au))

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar trabajos de exploración a detalle en las anomalías geoquímicas asociadas de los cerros Huarmi Huanushgan, Puytush Grande y Santa Punta para poder identificar potenciales estructuras mineralizadas.

Hacer una campaña de geofísica de inducción polarizada (IP) y magnetometría para identificar cuerpos con respuesta magnética y cargables (sulfuros).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blanco J. 1984 Importancia del Muestreo en un Programa de Geoquímica de Prospección. Buenos Aires – Argentina
- Bradshaw, P.M.D., Clews, D.R. and Walker, J.L., 1973. Exploration Geochemistry. Barringer Research Limited, Toronto, Ont., 50 pp.
- Cisneros C. 1996 Estudio Geoquímico Preliminar de la Dispersión Primaria Asociada a Algunos Yacimientos. Tesis universitaria
- Dávila J. 2011 Diccionario Geológico. INGEMMET
- Gallardo D. 1983 Geoquímica de Exploración. Servicio de Geología y Minería
- Goldschmidt V. 1937 The principle of distribution of chemical elements in minerals and rocks J. Chem. Soc. 665-673 Pág.
- Hawkes y Webb 1962 Geochemistry in Mineral Exploration: Harper's Geoscience Series
- Hurtado Y. 2002 Prospección Geoquímica del Cuadrángulo de Chalhuanca (29-p) inventario de recursos minerales. Tesis universitaria
- Jacay J. 1995 Geología del Cuadrángulo de Singa (19-j). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Mejía I. 2009 Prospección Geoquímica Superficial del Prospecto Huayquishongo Provincia de San Pablo Departamento de Cajamarca. Tesis universitaria
- Ovchinnikov, L. N., and Grigoryan, S. V., 1971, Vertical Zoning of Primary halos. In Scientific Principles of Geochemical Methods for Prospecting for Deep-lying Ore Deposits
- Perel man 1967 Geochemistry of Epigenesis

Rivasplata V. 2012 Geología y Geoquímica del Prospecto Andrea, Área de Exploración Regional de Minera Yanacocha – Cajamarca. Tesis universitaria

Rivera H. 2007 Introducción a la Geoquímica General y Aplicada. Editorial Lima Gráf. Retai. Pág. 323-392

Rose 1979 Geochemistry in Mineral Exploration

Villadevall M. 2008 La Prospección Geoquímica, Universidad de Barcelona

Whittaker, E. J. W. y Muntus R. 1970. Ionic radii for use in geochemistry. Geochimica Cosmochimica

ANEXOS

ANÁLISIS GEOQUÍMICOS REPORTADOS POR EL LABORATORIO

ANÁLISIS GEOQUÍMICOS PARA EL QA/QC

REPORTE DE MUESTRAS STANDARD

REPORTE DE MUESTRAS DUPLICADAS

FOTOGRAFÍAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

ANEXO I

ANÁLISIS GEOQUÍMICOS REPORTADOS POR EL LABORATORIO

	Elemento	Wgt	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Au	Cd	Sb	Ba	Mn	Fe
	Unit	Kg	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	%
	MDL	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.02	0.5	1	0.01
Sample	Type													
178	Rock Chip	1.95	0.93	32.83	79.55	69	316	4.8	1	0.130	0.27	14.1	702	2.89
179	Rock Chip	1.15	7.18	18.9	37.37	15.6	114	100.2	1.4	0.030	0.94	33.5	223	0.97
180	Rock Chip	1.18	0.71	9.66	1.89	8.4	58	13.9	32.7	0.005	0.31	196.4	190	1.73
181	Rock Chip	1.43	0.27	101.77	3.05	63.2	32	8.5	3.8	0.040	0.66	40.6	1896	5.38
182	Rock Chip	2.03	1.16	373.36	0.91	9.7	42	0.9	4	0.050	1.17	69.7	168	1.14
183	Rock Chip	1.25	3.18	66.57	1.38	46.7	29	1.7	0.5	0.070	0.03	33.3	522	4.49
184	Rock Chip	1.42	1.7	47.2	18.71	60.8	63	6.3	0.5	0.020	0.07	384.7	433	2.29
185	Rock Chip	1.23	1.17	20.36	14.93	68.3	54	5.8	0.4	0.005	0.17	67.4	468	3.51
186	Rock Chip	0.89	0.72	5.78	20.26	8	72	6633.9	121.8	0.010	2.81	50.9	77	2.01
187	Rock Chip	1.12	0.4	65.51	1.44	46	20	5	0.6	0.060	0.06	17.7	522	4.52
188	Rock Chip	1.11	4.11	65.01	1.18	58.7	18	2.6	3.2	0.030	0.16	30.9	641	4.73
189	Rock Chip	0.95	4.89	50.05	24.03	33.1	137	0.3	0.4	0.060	0.21	65.2	225	2.59
190	Rock Chip	1.28	5.81	100.18	1.05	103.7	53	6.2	9.8	0.070	0.38	19	923	6.74
191	Rock Chip	0.79	0.27	30.58	10.99	419.3	74	30.9	2.3	1.200	0.12	79.9	570	2.32
192	Rock Chip	0.23	0.56	2.73	2.83	25.7	11	2.1	0.2	0.010	0.07	358.1	92	0.99
193	Rock Chip	1.36	0.31	141.16	27.04	126.3	251	10000	458.4	0.540	8.09	53.8	2134	7.71
194	Rock Chip	1	2.27	60.59	1.58	21.4	28	35.9	2.8	0.060	0.15	281.8	711	2.01
195	Rock Chip	1.27	0.15	73.95	1.36	60.9	17	8.4	11.7	0.020	0.22	41.7	1628	6.83

	Elemento	Wgt	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Au	Cd	Sb	Ba	Mn	Fe
	Unit	Kg	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	%
	MDL	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.02	0.5	1	0.01
Sample	Type													
196	Rock Chip	1.36	0.22	20.39	1.47	44	23	21	1.4	0.030	0.04	61	276	2.31
197	Rock Chip	1.56	2.44	1753.63	0.3	11.7	24	1.6	9.7	0.020	1.28	18.5	247	1.11
198	Rock Chip	1.71	0.18	118.59	0.92	23.9	12	1.7	4.1	0.005	0.05	2091	596	1.69
199	Rock Chip	1.4	0.25	6.38	2.39	19.7	14	25	7	0.005	0.18	288.1	63	1.61
200	Rock Chip	1.78	0.15	90.87	1.32	132.2	49	0.6	7.3	0.010	0.05	276.1	286	2.88
201	Rock Chip	1.82	0.38	7.51	1.25	22.3	9	3.1	9	0.005	0.07	1293.5	110	1.12
202	Rock Chip	1.27	0.21	7.76	1.36	20.6	5	4.5	10.3	0.005	0.05	2205.6	62	1.02
203	Rock Chip	1.45	0.05	118.57	0.79	17.6	23	1.4	3.2	0.030	0.11	15.5	313	1.84
204	Rock Chip	1.06	0.3	17.2	49.79	87	55	6.1	0.4	0.040	0.29	100.5	420	2.12
205	Rock Chip	1.17	0.15	58.02	9.44	38.9	51	6.6	1.9	0.020	0.19	180.6	818	1.72
206	Rock Chip	1.23	1.22	30.84	12.23	35.3	50	1.4	0.8	0.040	0.1	171.9	316	1.71
207	Rock Chip	1.66	0.96	85	3.2	31.1	45	2.9	23	0.060	0.13	34.3	206	1.73
208	Rock Chip	0.98	0.1	292.29	1.54	38.2	70	1	0.8	0.020	0.07	10.3	503	2.51
209	Rock Chip	1.07	0.09	22.14	4.57	57.8	48	3.3	0.1	0.030	0.06	288.4	603	2.58
210	Rock Chip	0.84	0.23	24.43	13.01	62.4	33	4.8	0.1	0.030	0.08	103.2	480	2.6
211	Rock Chip	0.97	0.47	58.78	19.8	70.3	74	1	1.6	0.040	0.19	71.4	499	3.31
212	Rock Chip	1.41	0.48	305.79	32.93	162.1	206	30.7	5.1	0.460	0.64	10.1	597	3.87
213	Rock Chip	0.72	4.23	17.5	20.22	22.6	114	2170.6	106.8	0.070	0.75	24.4	1597	3.87
214	Rock Chip	0.96	0.19	54.39	1.61	15.9	1	1	1.1	0.020	0.36	45.6	1828	2.15
215	Rock Chip	0.99	0.1	3.39	1.44	37.6	6	0.6	1	0.005	0.17	26.3	158	1.91
216	Rock Chip	1.35	1.47	117.42	1.89	61.5	25	1.9	2.1	0.040	0.43	15.2	504	3.36
217	Rock Chip	1.2	0.1	14.8	1.41	18.9	6	2.1	0.6	0.005	0.23	53	682	1.68
218	Rock Chip	0.92	0.26	109.15	1.8	77.7	31	1.4	0.1	0.030	0.16	28.8	829	4.69

Sample	Elemento	Wgt	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Au	Cd	Sb	Ba	Mn	Fe
	Unit	Kg	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	%
	MDL	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.02	0.5	1	0.01
	Type													
219	Rock Chip	1.13	0.33	243.53	1.77	78.3	58	2	0.1	0.040	0.2	34.8	539	9.65
220	Rock Chip	0.98	0.57	135.17	1.33	35.9	44	0.7	0.1	0.040	0.12	31.9	388	3.01
221	Rock Chip	1.58	0.34	203.2	1.51	41.4	92	2.5	0.1	0.030	0.18	76.2	386	4.33
222	Rock Chip	1.77	1.01	123.31	1.56	51.2	54	82	0.1	0.030	0.1	29.8	504	3.88
223	Rock Chip	1.44	0.46	98.3	1.56	69.8	37	1	0.3	0.040	0.11	74.4	614	4.94
224	Rock Chip	1.32	0.23	229.42	4.95	40.4	113	1.6	0.3	0.050	0.14	19.7	342	3
225	Rock Chip	0.91	0.17	159.49	6.77	43.7	145	0.7	5.3	0.030	0.05	27.4	513	1.97
226	Rock Chip	1.08	4.54	2.77	2.87	6.1	22	23.6	0.1	0.005	0.16	9.6	182	0.41
227	Rock Chip	1.83	0.34	145	20.13	75.4	85	1.8	0.3	0.050	0.17	8.9	585	4.54
228	Rock Chip	1.68	0.14	25.09	2.61	26.8	44	0.7	0.6	0.010	0.09	11.8	607	2.84
229	Rock Chip	1.21	0.57	6.82	1.89	13.9	24	2.4	0.9	0.005	0.16	9.9	44	2.38
230	Rock Chip	1.44	0.47	70.07	2	30.5	43	11.9	0.1	0.030	0.66	10.2	290	2.73
247	Rock Chip	0.93	0.1	63.92	1.67	92.4	17	0.05	0.1	0.070	0.11	14.8	1338	6.9
248	Rock Chip	1.38	0.05	3.37	1.16	17.2	28	691.8	121.5	0.005	15.8	2.5	1083	4.23
249	Rock Chip	1.46	1.78	206.23	1.75	125.9	66	2.1	8.4	0.005	0.21	9.6	1108	8.19
250	Rock Chip	1.57	1.94	123.81	4.47	202.7	228	1.5	0.4	0.005	0.22	28.5	1072	8.61
251	Rock Chip	1.02	0.08	21.3	37.75	41.8	109	2564.8	53.1	0.090	0.81	20.1	2200	4.88
252	Rock Chip	1.27	0.08	1.75	1.49	22.3	11	0.7	3.8	0.360	0.01	5	6390	1.2
2001	Rock Chip	0.97	0.21	32.11	48.16	74.4	290	7.3	0.9	0.020	0.06	88.6	701	4.42
2002	Rock Chip	2.94	0.71	40.99	19.16	80.4	75	67.9	2.1	0.110	0.44	99.5	1155	4.44
2003	Rock Chip	1.62	1.13	47.07	14	84.2	68	11.3	1.4	0.080	0.06	45.9	803	4.25
2004	Rock Chip	1.62	0.09	1.2	8.64	23.4	16	10.3	2.6	0.020	0.08	47.3	566	0.77
2005	Rock Chip	1.99	0.85	111.32	1041.13	3942.6	388	17.3	1.7	12.980	0.54	61.4	657	4.23

	Elemento	Wgt	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Au	Cd	Sb	Ba	Mn	Fe
	Unit	Kg	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	%
	MDL	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.02	0.5	1	0.01
Sample	Type													
2006	Rock Chip	1.86	0.86	26.81	18.6	81.2	86	7.8	1.1	0.120	0.18	120.7	513	2.55
2007	Rock Chip	2.28	0.04	1.9	2.45	14.4	3	4	1	0.005	0.03	37.4	151	0.63
2008	Rock Chip	2.37	0.1	2.86	1.7	23.5	5	0.3	0.6	0.005	0.02	37.1	180	0.6
2009	Rock Chip	2.18	0.1	11.77	5.3	28.2	22	3.4	0.1	0.030	0.05	14.7	109	0.78
2010	Rock Chip	2.41	0.09	4.88	2.52	28.1	7	1.9	1.7	0.040	0.03	19.6	142	0.71
2011	Rock Chip	2.34	0.17	18.76	1.48	20.5	28	1.1	1	0.005	0.05	29.3	152	0.72
2012	Rock Chip	2.08	0.13	0.98	1.34	2.2	5	1.7	0.6	0.005	0.02	0.25	27	0.23
2013	Rock Chip	1.98	0.12	19.36	6.72	136.9	19	4.5	0.8	0.240	0.03	23.4	1615	7.34
2014	Rock Chip	1.96	0.81	18.22	27.37	84.9	61	4.2	0.6	0.020	0.04	39.2	552	3.57
2015	Rock Chip	2.15	0.15	5.14	2.33	27	16	1.4	0.5	0.005	0.03	22.7	160	0.83
2016	Rock Chip	3.1	0.16	53.77	2.59	59.6	18	0.9	1.4	0.060	0.16	36.5	838	4.03
2017	Rock Chip	2.29	1.16	62.39	10.28	59.1	38	3.3	0.5	0.020	0.07	87.8	465	2.73
2018	Rock Chip	2.62	0.3	55.55	5.12	54.1	25	4.1	1.2	0.050	0.09	115.8	434	2.67
2019	Rock Chip	2.35	1.07	41.36	4.01	77.3	19	2.3	1.1	0.030	0.04	59	792	3.79
2020	Rock Chip	3.83	1.06	293.36	2.43	174.1	61	0.1	2.7	0.130	0.11	114.4	618	13.49
2021	Rock Chip	2.24	0.22	63.45	3.61	52.1	19	3	5.8	0.030	0.04	243.9	1061	1.6
2022	Rock Chip	1.46	0.45	49.57	5	76.4	29	59.1	2.9	0.100	0.09	24.6	1548	4.62
2023	Rock Chip	1.98	0.19	116.94	3	75.2	48	3.3	3	0.090	0.08	101	1049	5.5
2024	Rock Chip	2.37	0.36	132.13	1.77	67.4	47	2.9	3.4	0.070	0.06	64.2	557	3.64
2025	Rock Chip	1.82	1.81	106.84	2.91	62.6	33	2.5	0.7	0.050	0.09	29.1	800	3.99
2026	Rock Chip	1.33	1.14	56.44	31.21	243.8	133	5.6	0.4	0.400	0.21	117.5	530	2.19
2027	Rock Chip	1.93	2.02	46.62	12.13	53.6	52	0.7	0.5	0.030	0.1	99.1	535	1.75
2028	Rock Chip	1.65	2.27	105.31	2.49	56.5	28	1.6	0.3	0.040	0.08	24.2	682	3.56

	Elemento	Wgt	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Au	Cd	Sb	Ba	Mn	Fe
	Unit	Kg	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	%
	MDL	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.02	0.5	1	0.01
Sample	Type													
2029	Rock Chip	1.87	0.83	136.07	1.38	60.9	53	2.2	2	0.100	0.11	21	531	3.47
2030	Rock Chip	1.97	0.04	103.11	0.57	33.7	19	0.2	0.9	0.030	0.06	2.6	459	2.33
2031	Rock Chip	2.2	0.99	29.5	7.82	59.6	18	1.5	0.1	0.020	0.06	106.7	410	2.09
2032	Rock Chip	1.6	0.1	3.05	2.54	11.1	4	2.9	0.3	0.010	0.1	36.4	253	0.76
2033	Rock Chip	1.31	0.07	4.68	1.29	16.6	1	4.1	0.1	0.020	0.12	37.2	191	0.64
2034	Rock Chip	2.05	1.34	63.64	5.81	65.9	30	0.9	0.8	0.070	0.07	108.3	603	3.19
2035	Rock Chip	2.26	1.04	87.51	3.9	58.4	14	0.9	0.1	0.020	0.08	109.7	389	2.66
2036	Rock Chip	2.29	0.04	64.79	0.39	42.9	11	0.3	2.2	0.040	0.18	6.1	533	3.11
2037	Rock Chip	0.76	0.11	64.97	0.8	4.1	14	3.7	0.1	0.020	0.25	9.5	44	0.55
2038	Rock Chip	1.77	0.05	95.39	0.94	35.9	5	0.05	0.8	0.005	0.11	2	424	2.85
2039	Rock Chip	1.52	0.32	84.18	14.51	84.2	73	7.8	1	0.100	0.04	73.4	1392	4.94
2040	Rock Chip	1.39	0.02	83.04	3.64	32.5	17	0.8	0.1	0.050	0.06	3.8	413	2.55
2041	Rock Chip	1.92	0.52	17.46	6.78	63.8	27	33.3	0.1	0.030	0.24	91.1	206	2.46
2042	Rock Chip	2.49	0.06	48.95	0.35	21.9	14	0.2	3.1	0.005	0.12	2	261	2.21
2043	Rock Chip	2.79	0.11	160.31	0.45	58.3	61	5.4	5.1	0.100	0.28	10.6	346	3.97
2044	Rock Chip	2.3	0.11	5.7	5.99	15.2	22	3.8	0.1	0.010	0.05	541.5	213	0.91
2045	Rock Chip	2.17	0.02	62.32	0.21	21.6	9	0.6	1.3	0.005	0.07	23.7	312	2.11
2046	Rock Chip	1.73	0.52	30.8	13.84	45.4	37	1.6	0.3	0.030	0.05	123.3	568	1.74
2047	Rock Chip	2.08	1.34	16.72	10.95	59.6	40	10.8	0.1	0.030	0.16	72.4	458	3.05
2048	Rock Chip	1.8	0.26	36.26	13.73	48.9	31	0.05	0.1	0.060	0.06	141.7	409	2.62
2049	Rock Chip	1.03	0.09	85.48	3.62	42.1	51	4.7	1.6	0.010	0.12	475.8	1640	2.46
2050	Rock Chip	1.64	0.53	22.45	23.83	59.3	126	8.7	0.1	0.130	0.45	118.4	431	2.16
2051	Rock Chip	1.31	1.05	7.72	8.22	58.8	91	1.8	0.1	0.220	0.1	54.2	804	1.46

	Elemento	Wgt	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Au	Cd	Sb	Ba	Mn	Fe
	Unit	Kg	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	%
	MDL	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.02	0.5	1	0.01
Sample	Type													
2052	Rock Chip	1.68	0.47	64.88	7.8	65.2	71	6.5	0.1	0.060	0.14	92.1	725	4.14
2053	Rock Chip	1.42	9.37	87.5	29.43	8.9	117	0.3	0.3	0.005	0.8	40.7	82	1.8
2054	Rock Chip	1.77	0.61	39.78	6.02	51.8	81	2.8	1.6	0.020	0.16	265.1	649	2.17
2055	Rock Chip	1.45	1.17	7.54	7.79	53.5	56	2	0.1	0.170	0.1	57.9	911	1.48
2056	Rock Chip	1.31	0.15	12.63	0.36	5.5	5	0.5	0.1	0.005	0.04	242.4	134	0.76
2057	Rock Chip	1.71	0.16	3.29	0.81	17.1	4	4	0.1	0.005	0.06	51	197	1.27
2058	Rock Chip	1.43	0.1	35.93	0.99	22.8	16	1.9	0.1	0.020	0.06	40.7	376	2.85
2059	Rock Chip	1.29	0.45	8.15	5.87	44.6	28	4.7	0.5	0.005	0.04	38	316	2.41
2060	Rock Chip	1.29	0.59	10.95	11.68	62.7	58	5.9	0.6	0.010	0.07	48.7	357	2.93
2061	Rock Chip	1.46	0.63	37.71	13.29	71.7	20	3.5	0.1	0.020	0.09	98.9	444	3.11
2062	Rock Chip	1.57	2.34	46.68	12.5	102.8	73	8.9	0.2	0.170	1.04	85.3	815	2.87
2063	Rock Chip	1.5	1.07	83.71	10.56	65.1	81	20.3	0.9	0.250	0.07	14.1	766	2.72
2064	Rock Chip	1.84	0.79	19.67	16.69	63.9	43	6.2	0.1	0.020	0.1	71.3	538	3.06
2065	Rock Chip	1.88	8.62	40.12	23.73	31.6	27	42.9	1.3	0.005	0.7	52.8	229	2.86
2066	Rock Chip	1.81	0.58	37.06	9.63	59.3	64	7.2	0.1	0.090	0.13	132.5	812	2.49
2067	Rock Chip	1.69	0.31	62.39	23.09	64.1	70	2.6	0.1	0.060	0.05	109.9	570	3.35
2068	Rock Chip	2.32	0.38	32.16	10.04	60.6	31	8.6	2.4	0.005	0.05	54	409	3.25
2069	Rock Chip	2.28	0.61	34.51	7.65	69.2	17	10.6	0.3	0.060	1.37	47.1	1039	5.21
2070	Rock Chip	2.37	0.76	33.84	13.35	83.3	22	10.4	0.1	0.060	2.63	53.3	1024	5.31
2071	Rock Chip	1.89	0.39	2.1	6.01	92.9	8	15	0.1	0.030	0.17	54	370	3.27
2072	Rock Chip	2.06	0.61	34.26	1.05	64.9	9	1.7	0.1	0.060	0.1	38.9	671	4.5
2073	Rock Chip	1.73	0.84	39.02	17.95	81	18	2.3	0.1	0.050	1.07	38.3	1188	5.39
2074	Rock Chip	2.14	0.06	86.09	0.42	107.7	13	0.8	0.1	0.020	0.13	3.7	1028	6.38

	Elemento	Wgt	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Au	Cd	Sb	Ba	Mn	Fe
	Unit	Kg	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	%
	MDL	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.02	0.5	1	0.01
Sample	Type													
2075	Rock Chip	2.1	0.79	8.67	14.04	63.9	22	5.4	0.1	0.030	0.11	37.2	416	2.76
2076	Rock Chip	1.7	0.5	12.39	12.8	58.3	16	2.9	0.1	0.010	0.06	39.7	372	2.28
2077	Rock Chip	1.71	0.63	36.45	18.3	76	56	12.1	0.6	0.020	0.19	37.2	462	3.46
2101	Rock Chip	1.94	0.2	13.49	1.53	21.5	19	3.2	0.4	0.020	0.04	39.8	147	0.82
2102	Rock Chip	1.91	0.4	47.02	24.54	87.8	94	8.5	0.1	0.090	0.06	110.1	1107	3.29
2103	Rock Chip	1.81	0.19	49.6	3.61	127.6	34	14.9	0.8	0.040	0.09	37.5	1311	6.25
2104	Rock Chip	1.82	0.31	48.22	0.83	32	16	3.2	0.1	0.020	0.2	37	502	1.8
2105	Rock Chip	1.74	0.06	65.57	0.67	38.9	17	0.2	2.3	0.030	0.08	20.4	461	2.97
2106	Rock Chip	2.05	1.31	45.3	4.51	96.3	13	1.6	0.1	0.030	0.07	94.9	685	4.56
2107	Rock Chip	1.43	1.39	215.17	5.2	116.6	56	0.9	1	0.100	0.05	39.7	613	5.85
2108	Rock Chip	1.57	0.17	26.77	12.73	23.4	82	6.2	1	0.020	0.11	261.6	208	0.85
2109	Rock Chip	1.99	0.82	41.36	13.54	85.1	58	2	0.1	0.050	0.1	186.7	946	3.01
2110	Rock Chip	1.78	1.14	48.4	5.11	82.6	22	2.6	0.3	0.050	0.11	36.1	478	6.94
2111	Rock Chip	1.93	0.53	63.21	48.76	152.2	100	30.6	0.6	0.250	0.2	130.9	222	1.97
2112	Rock Chip	2.26	0.04	69.77	0.34	55.7	10	0.3	0.1	0.030	0.12	5.4	742	3.37
2113	Rock Chip	2.38	14.46	44.79	7.55	46.5	23	0.6	0.7	0.050	0.14	171.8	404	1.35
2114	Rock Chip	2	1.4	25.98	12.51	60.7	26	4.1	1.8	0.040	0.07	72.8	331	2.17
2115	Rock Chip	2.49	0.02	81.1	0.37	55.8	21	1.1	1.9	0.030	0.44	33.4	834	5.3
2116	Rock Chip	2.44	0.22	45.95	20.44	25.1	66	9.9	1.9	0.070	0.19	122.7	398	1.25
2117	Rock Chip	1.29	0.33	38.06	2.1	31.6	70	1.9	3	0.030	0.05	1074.8	128	1.22
2118	Rock Chip	2.31	1.16	25.37	15	42	59	15.5	0.4	0.070	0.11	82.1	761	1.84
2119	Rock Chip	1.59	0.23	34.84	3.27	10.7	8	2.4	0.6	0.060	0.09	185.3	1397	1.22
2120	Rock Chip	2.19	2.38	43.43	41.36	59.5	188	2.8	4.4	0.060	0.1	135.3	561	1.67

	Elemento	Wgt	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Au	Cd	Sb	Ba	Mn	Fe
	Unit	Kg	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	%
	MDL	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.02	0.5	1	0.01
Sample	Type													
2121	Rock Chip	2.72	0.98	32.62	1.34	43.5	18	0.9	0.7	0.020	0.17	5.3	434	2.78
2122	Rock Chip	2.34	6.11	32.01	12.58	42.5	51	3.8	0.1	0.060	0.07	124	523	2.09
2123	Rock Chip	1.68	1.24	53.04	16.69	77.6	99	0.7	0.8	0.080	0.11	110	458	2.6
2124	Rock Chip	2.2	0.09	98.07	0.54	47.6	10	0.6	0.9	0.005	0.13	9.4	540	3.44
2125	Rock Chip	1.59	0.03	110.27	0.41	34.5	17	0.05	0.1	0.040	0.19	13.4	606	3.58
2126	Rock Chip	1.67	0.29	76.66	18.42	90.9	54	10.1	0.5	0.060	0.1	132.6	737	3.74
2127	Rock Chip	1.66	0.07	80.68	3.04	82.8	16	1.6	1.8	0.110	0.15	26.9	767	6.49
2128	Rock Chip	1.73	0.22	5.06	10.34	172.4	37	7.8	0.7	0.150	0.04	79.5	1366	7.17
2129	Rock Chip	1.88	1.41	22.7	27.45	70.7	77	2.4	0.1	0.005	0.25	170.6	436	3.56
2130	Rock Chip	1.84	1.03	54.6	32.95	109.8	95	6.5	0.6	0.100	0.14	100.4	832	3.74
2131	Rock Chip	1.68	3.46	117.56	48.66	104.4	119	17.4	0.1	0.190	0.4	139.9	336	2.7
2132	Rock Chip	1.65	0.53	48.96	12.93	82.3	47	9.3	0.1	0.030	0.08	97.5	633	3.09
2133	Rock Chip	1.75	0.45	56.43	15.51	83.7	61	8.9	0.1	0.030	0.07	123.3	643	3.06
2134	Rock Chip	1.31	0.02	208.44	0.32	32.9	26	0.6	0.7	0.030	0.15	22.9	622	3.58
2135	Rock Chip	1.9	1.23	62.31	3.77	37.1	87	1.8	0.1	0.020	0.06	282	384	1.73
2136	Rock Chip	1.72	1.84	51.81	20.12	104.8	55	13.8	0.1	0.040	0.04	111.5	748	4.15

ANEXO II

ANÁLISIS GEOQUÍMICOS PARA EL QA/QC

REPORTE DE MUESTRAS STANDARD

		Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Au	Cd	Sb	Ba	Mn	Fe
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Sample	Type												
STD DS10	STD	14.86	160.35	143.01	387	0.1756	40.5	0.0589	2.24	9.15	306.9	820	26200
STD DS10	STD	14.59	157.22	143.31	387.6	0.1786	42.1	0.1083	2.5	9.58	330.7	855	26700
STD DS10	STD	14.52	145.22	150.18	338.6	0.2126	45	0.1087	2.53	10.32	347.3	857	26100
STD DS10	STD	16.24	167.54	147.87	374.8	0.1871	42.7	0.1328	2.48	8.61	353.8	862	27900
STD DS10	STD	15.53	151.18	165.17	375	0.2095	49.5	0.0901	2.75	10.12	400.4	769	28400
STD DS10	STD	14.81	162.04	149.34	383.5	0.1825	41.8	0.0905	2.32	8.96	331	857	27300

REPORTE DE MUESTRAS DUPLICADAS

Sample	Type	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Mn	Fe	As	Au	Cd	Sb	Ba
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
2123	Rock Chip	1.24	53.04	16.69	77.6	0.0099	458	26000	0.7	0.0008	0.08	0.11	110
2123	REP	1.26	49.69	15.71	71.3	0.0092	429	24800	0.3	0.0007	0.07	0.1	99.6
2030	Rock Chip	0.04	103.11	0.57	33.7	0.0019	459	23300	0.2	0.0009	0.03	0.06	2.6
2030	REP	0.03	114.24	0.6	39.2	0.0013	563	29700	0.7	0.0002	0.02	0.09	2.9
2065	Rock Chip	8.62	40.12	23.73	31.6	0.0027	229	28600	42.9	0.0013	0.005	0.7	52.8
2065	REP	8.87	42.77	24.73	29.9	0.0029	235	29600	45.8	0.0004	0.05	0.7	59.1
1010	Rock Chip	0.59	32.88	41.96	115.9	0.0055	831	45600	14.1	0.0001	0.06	0.26	82.6
1010	REP	0.53	33.62	41.78	119.6	0.0054	848	45500	13.7	0.0001	0.07	0.35	81.9

ANEXO III

FOTOGRAFÍAS DEL ÁREA DE ESTUDIO



Foto 3.8: Vista panorámica del Cerro Santa Punta (izquierda) y Cabra Vaqueria (derecha), parte norte del prospecto (vista hacia el NW)

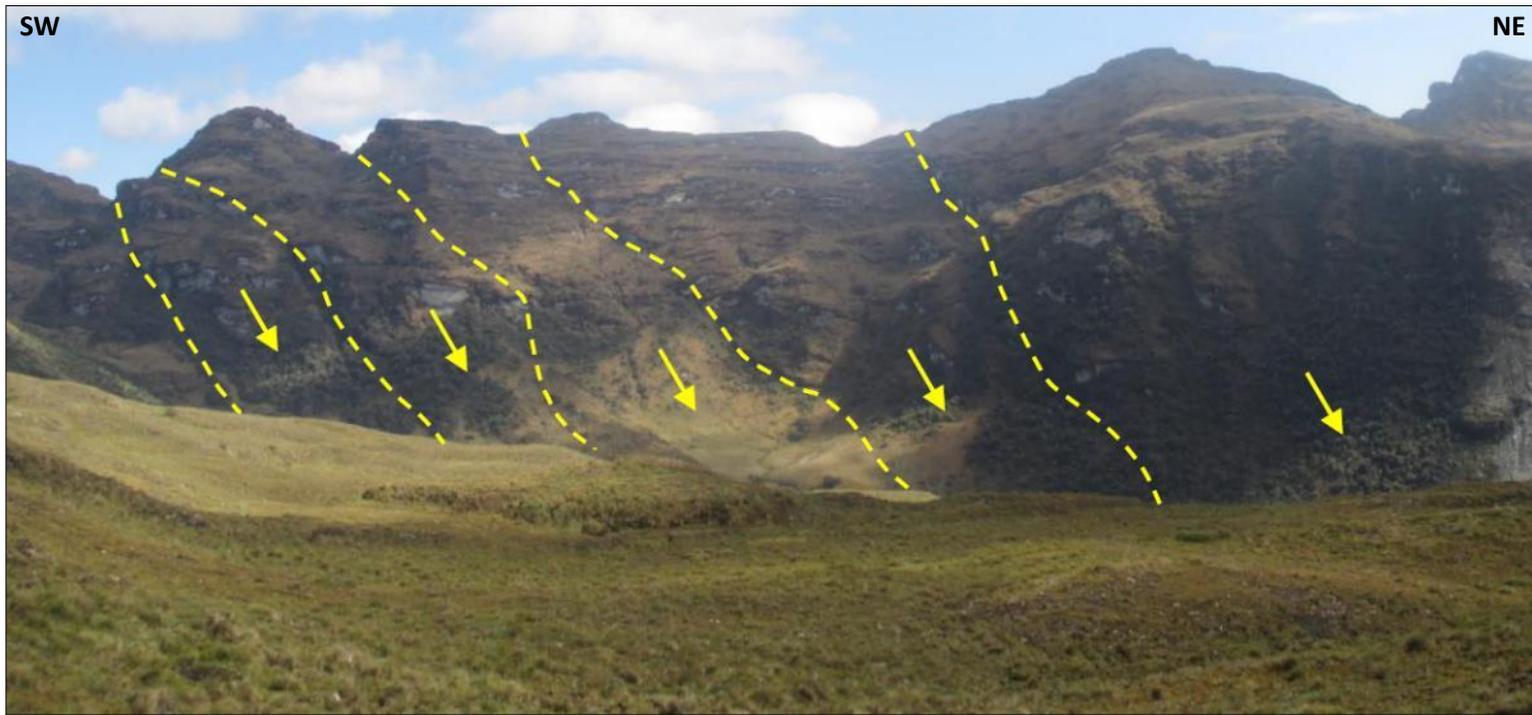


Foto 3.9: Sistema de gravens en el cerro Huarmi Huanushgan (vista hacia el NW)



Foto 3.10: Falla identificada en el derrumbe del cerro Huarmi Huanushgan generando una zona por donde pudieron emerger soluciones mineralizantes puesto que en este lugar se identificó la asociación geoquímica para metales base (Pb – Zn - Cd (Ag)) (vista hacia el NW)

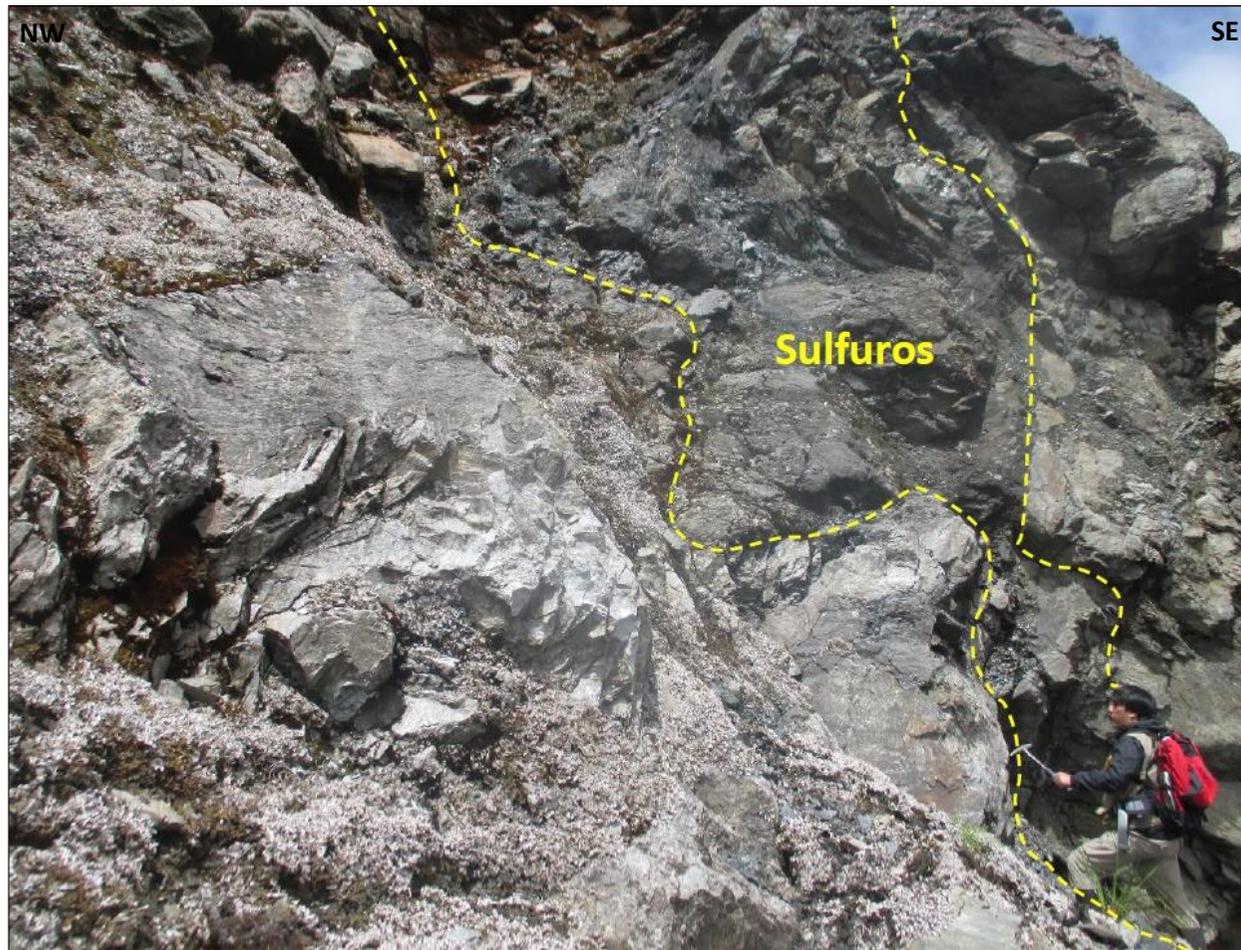


Foto 3.11: Sulfuros masivos en contacto con dique silicificado en el cerro Puytush Grande donde se identificó la asociación Zn - Cd (vista hacia el NE)

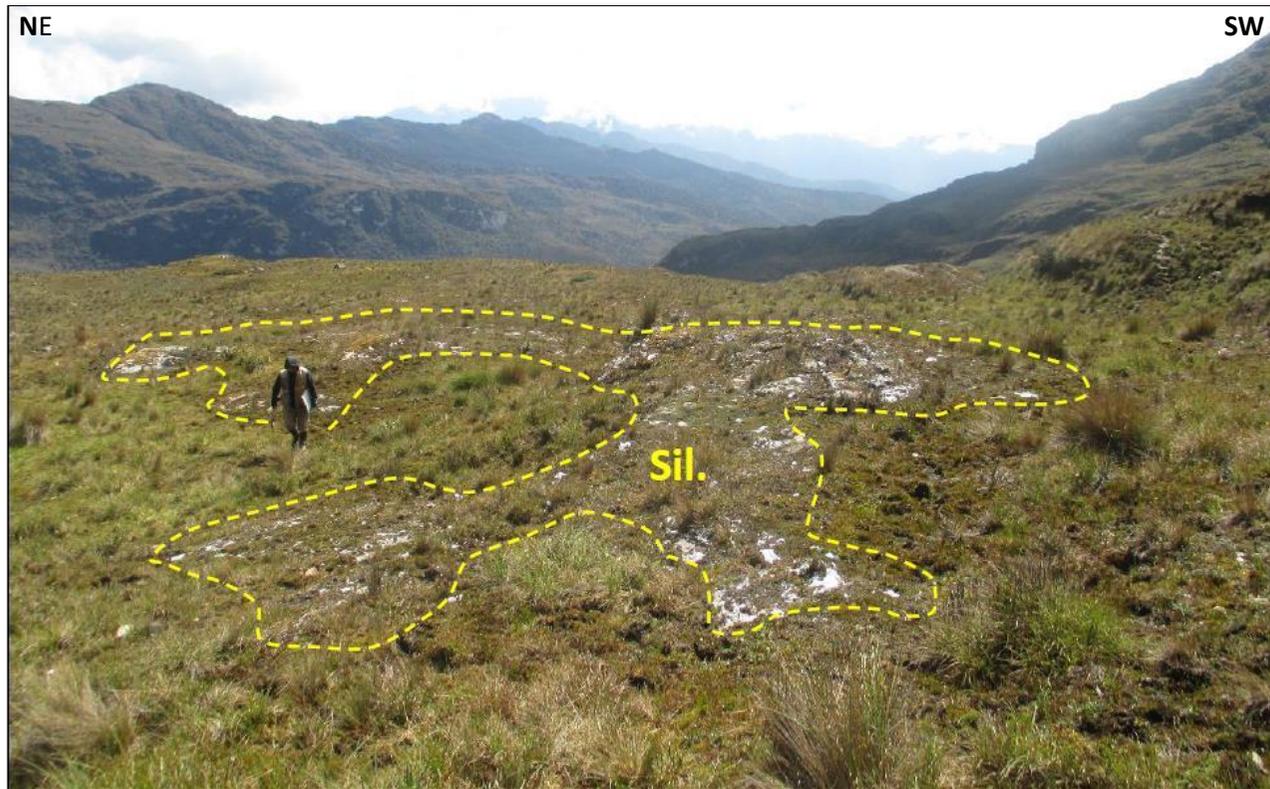


Foto 3.12: Aporte de sílice hidrotermal en el cerro Huishuros (vista hacia el SE)



Foto 3.13: Vista panorámica del cerro Tambococha en donde se observan afloramientos de esquistos micáceos (vista hacia el SW)



Foto 3.14: Vista panorámica del cerro Cajaragra en donde se obtuvieron anomalías débiles y moderadas de Bario (vista hacia el SE)