

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA



**“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL GEOLÓGICO -
MINERO DEL SEGMENTO HUAYO - CHALLAS,
CORDILLERA ORIENTAL, LA LIBERTAD**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEOLOGO

ELABORADO POR:

VICTOR LOZADA VALDIVIA

ASESOR

M.Sc. ATILIO MENDOZA APOLAYA

Lima – Perú

2016

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía espiritual y a mis padres
Bertha y Daniel por su invaluable apoyo hacia
el logro de mis metas.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Directorio del INGEMMET y la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos por el apoyo brindado en la elaboración del siguiente trabajo.

A los colegas de la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos, Ing. Harold Huisa por el apoyo en la elaboración del Plano de Potencial Minero Metálico, la Ing. Mónica Vera por el apoyo en la realización de los estudios petrográficos y mineragráficos, los ingenieros Michael Valencia, Mary Manrique, Jorge Acosta, Alexander Santisteban, y a la asesora institucional Dra. Miriam Mamani por sus comentarios, sugerencias y observaciones acerca del trabajo realizado.

A los asesores académicos por parte de la Universidad Nacional de Ingeniería, M.Sc. Atilio Mendoza y Dr. Humberto Chirif, por su tiempo y por transmitir sus conocimientos y sugerencias que permitieron llevar el desarrollo de la presente tesis.

INDICE

RESÚMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN 25

CAPITULO I GENERALIDADES 27

1.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD 27

1.2 CLIMA E HIDROGRAFÍA 29

1.3 ANTECEDENTES 33

1.4 IMPORTANCIA METALOGENÉTICA DE LA CORDILLERA ORIENTAL 34

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 39

1.6 HIPÓTESIS 39

1.7 PROCEDIMIENTO DE ESTUDIO 40

1.7.1 Etapa de Generación 40

1.7.2 Etapa de Campo 40

1.7.3 Etapa de Gabinete 41

1.8 METODOLOGÍA DE TRABAJO: MÉTODO EMPÍRICO-ANALÍTICO 41

1.8.1 Método Analítico 41

1.8.2 Método Sintético 42

1.8.3 Método Descriptivo 42

1.8.4 Método de la Medición 43

CAPITULO II. MARCO GEOLÓGICO, TECTÓNICO Y METALOGENÉTICO	46
2.1 GEOMORFOLOGÍA	46
2.2 ESTRATIGRAFÍA	49
2.2.1 Contexto Regional	49
2.2.2 Neoproterozoico	50
2.2.3 Paleozoico inferior	55
2.2.4 Paleozoico superior	58
2.2.5 Triásico – Jurásico	60
2.2.6 Cretáceo inferior	63
2.2.7 Cretáceo superior – Paleógeno	63
2.2.8 Cuaternario	64
2.3 ROCAS INTRUSIVAS	66
2.3.1 Intrusivos del Paleozoico inferior	66
2.3.2 Intrusivos del Paleozoico superior	69
2.3.3 Intrusivos del Cenozoico	72
2.3.4 Petroquímica	77
2.5.2 Dataciones Radiométricas	82
2.4 TECTÓNICA REGIONAL Y CONTROL ESTRUCTURAL	86
2.4.1 Evolución Tectónica Regional	86
2.4.2 Fases Tectónicas	90
2.4.3 Unidades Estructurales	92
2.4.4 Marco Estructural del área de estudio	95
2.5 METALOGENIA Y GEOLOGÍA ECONÓMICA	100
2.5.1 Aspectos Metalogenéticos	100
2.5.2 Alteraciones Hidrotermales	102
2.5.3 Mineralización y Geoquímica .	107

2.5.4	Franjas Metalogenéticas y Depósitos Metálicos	115
CAPITULO III POTENCIAL GEOLÓGICO MINERO		131
3.1	INTRODUCCIÓN	131
3.2	ESTADÍSTICA APLICADA A LA PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA	133
3.2.1	Tratamiento Estadístico de Sedimentos	136
3.2.2	Tratamiento Estadístico de Rocas	188
3.3	POTENCIAL MINERO METÁLICO	206
3.3.1	Criterio de evaluación de variables	207
3.3.2	Potencial Minero Metálico de la zona de estudio	213
CAPÍTULO IV DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS		224
4.1	DISPERSIÓN DE LOS ELEMENTOS Y DISCUSIÓN	224
4.2	DETERMINACIÓN DE ANOMALÍAS GEOQUÍMICAS	239
4.3	COMPARACIÓN Y VALIDACIÓN DEL POTENCIAL MINERO METÁLICO CON LA PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA	242
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		250
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		256

INDICE DE FIGURAS

Figura 1, 1	Ubicación y accesibilidad de la zona de estudio.	28
Figura 1, 2	Cuencas Hidrográficas (Modificado de Boletín N°27, serie B, INGEMMET).	31
Figura 1, 3	Franjas Metalogenéticas de La Libertad (Mapa Metalogenético 2014, INGEMMET)	35
Figura 1, 4	Producción del Au por franjas metalogenéticas.	36
Figura 1, 5	Producción de la Ag por franjas metalogenéticas.	36
Figura 1, 6	Producción del Cu por franjas metalogenéticas.	37
Figura 1, 7	Producción del Pb por franjas metalogenéticas.	38
Figura 1, 8	Producción del Zn por franjas metalogenéticas.	38
Figura 2, 1	Columna Estratigráfica de la zona de estudio.	52
Figura 2, 2	Afloramientos del Proterozoico y Paleozoico inferior en relación a rocas ígneas.	57
Figura 2, 3	Afloramientos del Paleozoico superior y Triásico -Jurásico en relación a rocas ígneas.	62
Figura 2, 4	Afloramientos del Cretáceo, Terciario y Cuaternario en relación a rocas ígneas.	65
Figura 2, 5	Unidades Intrusivas del área de estudio.	76
Figura 2, 6	Alcalinidad y nomenclatura de rocas volcánicas según diagrama TAS (Total álcalis Vs sílice) (Le Bas et al., 1986)	78
Figura 2, 7	Diagrama para determinar el índice de saturación de alúmina (Shand, 1947)	79

Figura 2, 8	Diagrama de alcalinidad (A), contenido de K en las rocas calcoalcalinas (B), aluminosidad (C), y el contenido de FeO total (D) del Batolito de Pataz (Tomado de Gómez et al., 2012)	79
Figura 2.9	Clasificación de rocas plutónicas usando los parámetros R1 y R2 (De la Roche et al., 1980)	80
Figura 2, 10	Diagrama para distinguir Adakitas en base a las razones de Sr/Y versus concentraciones de Y (Drummond & Defant, 1990).	81
Figura 2, 11	Diagrama Rb Vs Sr para determinar la evolución magmática del Batolito de Pataz y del Intrusivo del Eoceno.	82
Figura 2, 12	Extensión de los terrenos Paracas y Oaxaquia a fines del Ordovícico (Ramos & Alemán, 2000).	87
Figura 2, 13	Reconstrucción paleogeográfica de la Cordillera Oriental del Mesoproterozoico al Carbonífero (Carlotto et al., 2009).	88
Figura 2, 14	Reconstrucción paleogeográfica de la Cordillera Oriental del Missisipiano al Permo-Triásico (Haeberlin et al., 2004).	89
Figura 2, 15	Diagramas discriminantes para la clasificación tectónica de granitos (Pearce et al., 1984), en base a concentraciones de elementos Y Vs Nb, y Nb+Y Vs Rb.	90
Figura 2, 16	Diagramas discriminantes para la clasificación tectónica del Batolito de Pataz, en base a concentraciones de elementos Y Vs Nb, y Nb+Y Vs Rb.	90
Figura 2, 17	Realce de Estructuras – LANDSAT B4.	98
Figura 2, 18	Plano Geológico – Estructural de la zona de estudio.	99
Figura 2, 19	Diagrama del estado de oxidación versus anomalías de Eu/Eu* (Lang y Baker, 2001).	101

Figura 2, 20	Diagrama del estado de oxidación Vs anomalías de Eu/Eu* (Tomado de Gómez et al., 2012), del Batolito de Pataz.	101
Figura 2, 21	Anomalías Espectrales de la zona de estudio.	104
Figura 2, 22	Franjas Metalogenéticas Interpretadas y ubicación de Depósitos.	119
Figura 2, 23	Tipos de Depósitos en relación a la Geología y Estructuras.	130
Figura 3, 1	Coeficiente de correlación de Pearson de la población de Sedimentarios Silicoclásticos del Mesozoico-Paleógeno.	152
Figura 3, 2	Coeficiente de correlación de Pearson de la población de Sedimentarios Carbonatados del Mesozoico.	153
Figura 3, 3	Coeficiente de correlación de Pearson de la población de Sedimentarios y Metasedimentarios del Paleozoico.	154
Figura 3, 4	Coeficiente de correlación de Pearson de la población de Intrusivo del Paleozoico superior.	155
Figura 3, 5	Coeficiente de correlación de Pearson de la población de Intrusivo metamorfizado del Paleozoico inferior.	156
Figura 3, 6	Coeficiente de correlación de Pearson de la población de Metamórficos del Neoproterozoico.	157
Figura 3, 7	Mapa de la variable geología de la zona de estudio.	217
Figura 3, 8	Mapa de la variable de concesiones mineras de la zona de estudio.	218
Figura 3, 9	Mapa de la variable fallas de la zona de estudio.	219
Figura 3, 10	Mapa de la variable depósitos minerales de la zona de estudio.	220
Figura 3, 11	Mapa de la variable geoquímica de la zona de estudio.	221
Figura 3, 12	Mapa de la variable sensores remotos de la zona de estudio.	222
Figura 4, 1	Comparación del background en sedimentos.	236
Figura 4, 2	Comparación del threshold en sedimentos.	237

Figura 4, 3	Comparación del background en rocas.	238
Figura 4, 4	Comparación del threshold en rocas.	239
Figura 4, 5	Zonas de prioridad según la variable geología.	244
Figura 4, 6	Zonas de prioridad según la variable concesiones mineras.	245
Figura 4, 7	Zonas de prioridad según la variable fallas.	246
Figura 4, 8	Zonas de prioridad según la variable depósitos minerales.	247
Figura 4, 9	Zonas de prioridad según la variable geoquímica.	248
Figura 4, 10	Zonas de prioridad según el Mapa de Potencial Minero Metálico.	249

INDICE DE TABLAS

Tabla 1, 1	Accesibilidad a la zona de estudio.	29
Tabla 1, 2	Distribución de los principales depósitos según eras geológicas (Steinmuller, 1999).	39
Tabla 1, 3	Vector de la suma ponderada	45
Tabla 1, 4	Ponderación de variables o atributos.	45
Tabla 2, 1	Dataciones radiométricas realizadas en la zona de estudio y en su entorno geológico regional (Tomado del GEOCATMIN).	84
Tabla 3, 1	Rangos de intensidad de las anomalías geoquímicas.	134
Tabla 3, 2	Límites de detección de los elementos para muestras de sedimentos.	135
Tabla 3, 3	Límites de detección de los elementos para muestras de rocas.	135
Tabla 3, 4	Escala del coeficiente de correlación de Pearson.	136
Tabla 3, 5	Poblaciones estadísticas de muestras de sedimentos.	137
Tabla 3, 6	Resultado estadístico de las 46 muestras de la población de Sedimentarios Silicoclásticos del Mesozoico-Paleógeno.	140
Tabla 3, 7	Background, threshold y rangos de anomalía de la población de Sedimentarios Silicoclásticos del Mesozoico-Paleógeno.	141
Tabla 3, 8	Resultado estadístico de las 62 muestras de la población de Sedimentarios Carbonatados del Mesozoico.	142

Tabla 3, 9	Background, threshold y rangos de anomalía de la población de Sedimentarios Carbonatados del Mesozoico.	143
Tabla 3, 10	Resultado estadístico de las 48 muestras de la población de Sedimentarios y Metasedimentarios del Paleozoico.	144
Tabla 3, 11	Background, threshold y rangos de anomalía de la población de Sedimentarios y Metasedimentarios del Paleozoico.	145
Tabla 3, 12	Resultado estadístico de las 26 muestras de la población de Intrusivo del Paleozoico superior.	146
Tabla 3, 13	Background, threshold y rangos de anomalía de la población de Intrusivo del Paleozoico superior.	147
Tabla 3, 14	Resultado estadístico de las 44 muestras de la población Intrusivo metamorizado del Paleozoico inferior.	148
Tabla 3, 15	Background, threshold y rangos de anomalía de la población Intrusivo metamorizado del Paleozoico inferior.	149
Tabla 3, 16	Resultado estadístico de las 45 muestras de la población de Metamórficos del Neoproterozoico.	150
Tabla 3, 17	Background, threshold y rangos de anomalía de la población de Metamórficos del Neoproterozoico.	151
Tabla 3, 18	Principales correlaciones en la población de Sedimentarios Silicoclásticos del Mesozoico-Paleógeno.	152
Tabla 3, 19	Principales correlaciones en la población de Sedimentarios Carbonatados del Mesozoico.	153
Tabla 3, 20	Principales correlaciones en la población de Sedimentarios y Metasedimentarios del Paleozoico.	154
Tabla 3, 21	Principales correlaciones en la población de Intrusivo del Paleozoico superior.	155

Tabla 3, 22	Principales correlaciones en la población de Intrusivo metamorizado del Paleozoico inferior.	156
Tabla 3, 23	Principales correlaciones en la población de Metamórficos del Neoproterozoico.	157
Tabla 3, 24	Caracterización Estadística y Tabla de Control del Hierro (Fe).	158
Tabla 3, 25	Caracterización Estadística y Tabla de Control del Oro (Au).	159
Tabla 3, 26	Caracterización Estadística y Tabla de Control de la Plata (Ag).	160
Tabla 3, 27	Caracterización Estadística y Tabla de Control del Cobre (Cu).	161
Tabla 3, 28	Caracterización Estadística y Tabla de Control del Molibdeno (Mo).	162
Tabla 3, 29	Caracterización Estadística y Tabla de Control del Plomo (Pb).	163
Tabla 3, 30	Caracterización Estadística y Tabla de Control del Zinc (Zn).	164
Tabla 3, 31	Caracterización Estadística y Tabla de Control del Estaño (Sn).	165
Tabla 3, 32	Caracterización Estadística y Tabla de Control del Wolframio (W).	166
Tabla 3, 33	Caracterización Estadística y Tabla de Control del Cromo (Cr).	167
Tabla 3, 34	Caracterización Estadística y Tabla de Control del Níquel (Ni).	168
Tabla 3, 35	Caracterización Estadística y Tabla de Control del Arsénico (As).	169
Tabla 3, 36	Caracterización Estadística y Tabla de Control del Antimonio (Sb).	170
Tabla 3, 37	Caracterización Estadística y Tabla de Control del Mercurio (Hg).	171
Tabla 3, 38	Caracterización Estadística y Tabla de Control del Uranio (U).	172
Tabla 3, 39	Rangos de elementos usados en los mapas de anomalías por cuencas de sedimentos.	173

Tabla 3, 40	Poblaciones estadísticas de muestras de rocas.	188
Tabla 3, 41	Resultado estadístico de la población de Intrusivos del Terciario.	190
Tabla 3, 42	Background, threshold y rangos de anomalía de la población de Intrusivos del Terciario.	190
Tabla 3, 43	Resultado estadístico de la población de Sedimentarios Carbonatados del Mesozoico.	191
Tabla 3, 44	Background, threshold y rangos de anomalía de la población de Sedimentarios Carbonatados del Mesozoico.	191
Tabla 3, 45	Resultado estadístico de la población de Sedimentarios y Metasedimentarios del Paleozoico.	192
Tabla 3, 46	Background, threshold y rangos de anomalía de la población de Sedimentarios y Metasedimentarios del Paleozoico.	192
Tabla 3, 47	Resultado estadístico de la población de Intrusivos del Paleozoico superior.	193
Tabla 3, 48	Background, threshold y rangos de anomalía de la población de Intrusivos del Paleozoico superior	193
Tabla 3, 49	Resultado estadístico de la población de Volcánicos Paleozoicos.	194
Tabla 3, 50	Background, threshold y rangos de anomalía de la población de Volcánicos Paleozoicos.	194
Tabla 3, 51	Resultado estadístico de la población de Metamórficos del Paleozoico inferior y Neoproterozoico.	195
Tabla 3, 52	Background, threshold y rangos de anomalía de la población Metamórficos del Paleozoico inferior y Neoproterozoico.	195
Tabla 3, 53	Rangos de elementos usados en los mapas de	

	anomalías de rocas.	196
Tabla 3, 54	Escala de colores utilizados en el Mapa de Potencial Metálico.	210
Tabla 3, 55	Matriz de valoración para calificar las variables.	210
Tabla 4, 1	Valores de fondo y umbrales del oro (ppb) en muestras de sedimentos.	225
Tabla 4, 2	Valores de fondo y umbrales del oro (ppb) en muestras de rocas.	225
Tabla 4, 3	Valores de fondo y umbrales de la plata (ppm) en muestras de sedimentos.	225
Tabla 4, 4	Valores de fondo y umbrales de la plata (ppm) en muestras de rocas.	226
Tabla 4, 5	Valores de fondo y umbrales del cobre (ppm) en muestras de sedimentos.	226
Tabla 4, 6	Valores de fondo y umbrales del cobre (ppm) en muestras de rocas.	226
Tabla 4, 7	Valores de fondo y umbrales del molibdeno (ppm) en muestras de sedimentos.	227
Tabla 4, 8	Valores de fondo y umbrales del molibdeno (ppm) en muestras de rocas.	227
Tabla 4, 9	Valores de fondo y umbrales del plomo (ppm) en muestras de sedimentos.	228
Tabla 4, 10	Valores de fondo y umbrales del plomo (ppm) en muestras de rocas.	228
Tabla 4, 11	Valores de fondo y umbrales del zinc (ppm) en muestras de sedimentos.	229
Tabla 4, 12	Valores de fondo y umbrales del zinc (ppm) en muestras de rocas.	229

Tabla 4, 13	Valores de fondo y umbrales del wolframio (ppm) en sedimentos.	229
Tabla 4, 14	Valores de fondo y umbrales del wolframio (ppm) en rocas.	230
Tabla 4, 15	Valores de fondo y umbrales del estaño (ppm) en muestras de sedimentos.	230
Tabla 4, 16	Valores de fondo y umbrales del estaño (ppm) en muestras de rocas.	231
Tabla 4, 17	Valores de fondo y umbrales del uranio (ppm) en muestras de sedimentos.	231
Tabla 4, 18	Valores de fondo y umbrales del uranio (ppm) en muestras de rocas.	231
Tabla 4, 19	Valores de fondo y umbrales del cromo (ppm) en muestras de sedimentos.	232
Tabla 4, 20	Valores de fondo y umbrales del cromo (ppm) en muestras de rocas.	232
Tabla 4, 21	Valores de fondo y umbrales del níquel (ppm) en muestras de sedimentos.	233
Tabla 4, 22	Valores de fondo y umbrales del níquel (ppm) en muestras de rocas.	233
Tabla 4, 23	Valores de fondo y umbrales del antimonio (ppm) en sedimentos.	234
Tabla 4, 24	Valores de fondo y umbrales del mercurio (ppm) en muestras de sedimentos.	234
Tabla 4,25	Valores de fondo y umbrales del arsénico en muestras de sedimentos.	235
Tabla 4, 26	Valores de fondo y umbrales del cadmio en muestras de sedimentos.	235

INDICE DE MAPAS

- Mapa 1, 1 Mapa Climatológico de la zona de estudio (Modificado de Boletín N°27, serie B, INGEMMET).
- Mapa 2, 1 Mapa Geomorfológico de la zona de estudio (Modificado de Boletín N°27, serie B, INGEMMET).
- Mapa 2, 2 Mapa Geológico Regional.
- Mapa 2, 3 Mapa de Dataciones Radiométricas en Rocas Ígneas y Mineralizadas.
- Mapa 2, 4 Mapa de Unidades Estructurales.
- Mapa 3.1 Mapa de ubicación de muestras de sedimento y sus Unidades de aporte.
- Mapa 3, 2 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Oro (Au).
- Mapa 3, 3 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Plata (Ag).
- Mapa 3, 4 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Cobre (Cu).
- Mapa 3, 5 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Molibdeno (Mo).
- Mapa 3, 6 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Plomo (Pb).
- Mapa 3, 7 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Zinc (Zn).
- Mapa 3, 8 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Estaño (Sn).
- Mapa 3, 9 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Wolframio (W).
- Mapa 3, 10 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Cromo (Cr).
- Mapa 3, 11 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Níquel (Ni).
- Mapa 3, 12 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Arsénico (As).
- Mapa 3, 13 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Antimonio (Sb).
- Mapa 3, 14 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Mercurio (Hg)
- Mapa 3, 15 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Uranio (U).

- Mapa 3, 16 Mapa de ubicación de muestras de roca
- Mapa 3, 17 Mapa de Anomalías Geoquímicas en Rocas. Elemento: Oro (Au)
- Mapa 3, 18 Mapa de Anomalías Geoquímicas en Rocas. Elemento: Plata (Ag)
- Mapa 3, 19 Mapa de Anomalías Geoquímicas en Rocas. Elemento: Cobre (Cu)
- Mapa 3, 20 Mapa de Anomalías Geoquímicas en Rocas. Elemento: Molibdeno (Mo)
- Mapa 3, 21 Mapa de Anomalías Geoquímicas en Rocas. Elemento: Plomo (Pb)
- Mapa 3, 22 Mapa de Anomalías Geoquímicas en Rocas. Elemento: Zinc (Zn)
- Mapa 3, 23 Mapa de Anomalías Geoquímicas en Rocas. Elemento: Wolframio (W)
- Mapa 3, 24 Mapa de Anomalías Geoquímicas en Rocas. Elemento: Estaño (Sn)
- Mapa 3, 25 Mapa de Anomalías Geoquímicas en Rocas. Elemento: Uranio (U)
- Mapa 3, 26 Mapa de Potencial Minero Metálico de la Libertad.
- Mapa 3, 27 Mapa de Potencial Minero Metálico de la zona de estudio.
- Mapa 4, 1 Cuencas de prioridad del área de estudio.

INDICE DE FOTOS

- Foto 2, 1 Superficie encañonada (1500 m) en la confluencia de los ríos Cajas y Marañón.
- Foto 2, 2 Vetillas de cuarzo paralelas a la foliación de los esquistos (Cerro Rucos).
- Foto 2, 3 Filitas y pizarras de la Formación Contaya intruidas por stock cuarzomonzonita y en contacto con granito gneisificado (Huayo).
- Foto 2, 4 Vista en nicoles cruzados de la cuarzomonzonita Huayo mostrando la alteración de los feldespatos (FPKs) a arcillas (ARCs).
- Foto 2, 5 Vista en nicoles cruzados mostrando cristal de allanita (ortita) subhedral incluida en la plagioclasa (PGLs) asociada con la epidota (ep) y la ortosa (ort). La epidota y arcillas (ARCs) derivadas de la alteración de las plagioclasas.
- Foto 2, 6 Vista en nicoles cruzados del monzogranito Miramar mostrando alteración de las plagioclasas en sericita (ser).
- Foto 2, 7 Vista en nicoles cruzados de la granodiorita Quebrada Valdivia mostrando cristales de calcita (cac) con inclusiones de minerales opacos (OPs) asociadas a ortosas (ort) y clorita (CLOs) intersticial.
- Foto 2, 8 Vista al NE de granodiorita porfírica de grano grueso oxidada (goetita y jarosita diseminada) por alteración supérgena.
- Foto 2, 9 Esquisto micáceo con leve alteración supérgena y óxidos de hierro en fracturas (Cr 334 ppm, Sb 3.6 ppm). Cerro Rucos.
- Foto 2, 10 Detalle de dique granítico de grano grueso cortando gneis, ancho 0.20 m. (Sb 5.7 ppm, W 10 ppm y Sn 6 ppm). Río Cajas.

Foto 2, 11 Volcánico riolítico en matriz criptocristalina cuarzo feldespática.
Alrededores de la Quebrada Pumachapana.

Foto 2, 12 Vetilla de cuarzo-óxidos con halo de alteración de 15 cm. cortando
Intrusivo Miramar. Reporta anomalías en Ag, Pb, Zn, As y Sb.

INDICE DE LÁMINAS

- Lámina 2, 1 Esquisto micáceo del Complejo Marañón (Cerro Rucos).
- Lámina 2, 2 Gneis granítico del Complejo Marañón (Confluencia ríos Marañón y Cajas).
- Lámina 2, 3 Filita de sericita de la Formación Contaya (Huayo).
- Lámina 2, 4 Volcánico riolítico del Grupo Mitu (Cerro Rucos).
- Lámina 2, 5 Caliza gris oscura del Grupo Pucará (Cerro Rucos).
- Lámina 2, 6 Caliza micrítica de la Formación Jumasha-Celendín (Cerro Challac Irca).
- Lámina 2, 7 Intrusivo metamorfizado de la Quebrada Valdivia de composición granodiorita.
- Lámina 2, 8 Granito del Paleozoico inferior aflorando en la Quebrada Valdivia.
- Lámina 2, 9 Intrusivo metamorfizado de la Quebrada Valdivia de composición granodiorita.
- Lámina 2, 10 Vista en interior mina del Batolito de Pataz a 2786 msnm (Parcoy, CMH).
- Lámina 2, 11 Batolito de Pataz en la mina de Parcoy de composición granodiorita.
- Lámina 2, 12 Granodiorita Muñancapata en los alrededores del cerro del mismo nombre.
- Lámina 2, 13 Intrusivo de Muñancapata de composición granodiorita.
- Lámina 2, 14 Cuarzomonzonita de Huayo usado como cantera y cortado por carretera.
- Lámina 2, 15 Intrusivo de Huayo de composición cuarzomonzonita.

- Lámina 2, 16 Monzogranito de Miramar diaclasado y cortado por venillas de cuarzo-óxidos.
- Lámina 2, 17 Intrusivo de Miramar de composición monzogranito.
- Lámina 2, 18 Brecha polimíctica con clastos de caliza silicificada y fragmentos cloritizados de hasta 15 cm. (U 4.78 ppm y Zn 127 ppm). Localidad de Huayachi.
- Lámina 2, 19 Brecha en matriz jasperoide con clastos de caliza silicificada y chert subangulosos de distintos tamaños (As 68 ppm y Zn 255 ppm). Río Cajas.
- Lámina 2, 20 Vista en sección pulida de la muestra 17i-R-011 con minerales de calcopirita y malaquita. Quebrada Valdivia
- Lámina 2, 21 Muestra de la Quebrada Yanga con venillas de sílice menores a 5 mm y especularita diseminada.
- Lámina 2, 22 Muestra de la Quebrada Cuntiojo con venillas de óxidos y pirita diseminada, reportó una anomalía de Mo 22 ppm.

RESÚMEN

El área de estudio tiene una extensión de 60 x 15 km, desde los poblados de Huayo al norte y Challas al sur, dentro de la Cordillera Oriental, en la región La Libertad. En el cartografiado geológico-estructural a escala 1:50,000 se reconoció rocas del Neoproterozoico al Cuaternario, con rasgos estructurales que corresponden a fallas y pliegues principales NO-SE y NE-SO, así como fallas secundarias N-S y E-O. Las rocas ígneas alineadas con rumbo andino, están representadas por un batolito del Paleozoico inferior y pequeños stocks emplazados en el Paleozoico superior y el Eoceno, dichos eventos magmáticos han sido interpretados mediante la petroquímica y la descripción petromineralógica.

En la prospección geoquímica regional, se ha analizado estadísticamente por poblaciones, determinando valores de fondo y umbrales regionales para 20 elementos en sedimentos y 14 en rocas, se determinó el coeficiente de correlación en sedimentos y se elaboraron planos de anomalías por cuencas y por rocas.

Siguiendo la metodología del INGEMMET, se elaboró el plano de Potencial Minero Metálico de la zona de estudio, el cual se valida y complementa con los planos de anomalías de la prospección geoquímica. Finalmente la evaluación del potencial geológico – minero propone a partir de la prospección geoquímica y el plano de potencial tres áreas de interés prospectivo, en Huayo y Chillia al norte y Challas en el sur, donde los stocks del Eoceno se proponen como posibles metalotectos.

ABSTRACT

The study area extends 60 x 15 km from the towns of Huayo at the north, and Challas at the south, within the Eastern Cordillera, in La Libertad region. Geological-structural mapping was performed to 1:50 000 scale, recognizing rocks from the Neoproterozoic to Quaternary with structural features that correspond to faults and folds NW-SE and NE-SW; and secondary faults N-S and E-W. A Lower Paleozoic batholith and small stocks emplaced from the upper Paleozoic to Eocene represents igneous rocks direction aligned with Andean, these magmatic events have been interpreted by the petrochemistry and petrographic description.

In the regional geochemical prospecting, it was statistically analyzed by populations, determining regional background values and thresholds for 20 elements in sediments and 14 elements in rocks. The Pearson correlation coefficient was determined in sediments, anomaly maps by basins and anomaly maps in rocks were developed.

Following the methodology of INGEMMET, the Metallic Mineral Potential Map of the study area was developed, which validates and complements with anomalies maps of the geochemical prospecting. Finally the evaluation of geologic – miner Potential suggests from the geochemical prospecting and the potential map three areas of prospective interest, two at the north between Huayo and Chillia, the other in the south in Challas, where Eocene's stocks are proposed as possible metallotects.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo busca evaluar el potencial geológico - minero del sector Huayo - Challas mediante la información geológica de campo (prospección geoquímica) y el análisis de variables que generan el Mapa de Potencial Minero Metálico.

Siguiendo a nivel piloto la metodología que propone el INGEMMET (actualmente en revisión) para evaluar y elaborar el Mapa de Potencial Minero Metálico de la zona de estudio, el presente trabajo busca comparar, complementar y validar dicho mapa con la información generada mediante la prospección geoquímica.

El mapa de Potencial Minero Metálico utiliza seis variables, las cuales pueden incrementar el potencial a medida que se tenga un mayor detalle de estas, sobre todo las variables geología, fallas y geoquímica, ampliando las zonas con alto y muy alto potencial, favorables para la prospección.

Mediante el tratamiento estadístico de sedimentos y de rocas se obtuvo los valores de fondo y umbrales regionales, así como la correlación entre pares de elementos, mapas de anomalías por cuencas y mapas de anomalías en rocas, que junto al mapa

de Potencial elaborado tienen como objetivo definir zonas de prospección favorables, y continuar con una etapa más avanzada de prospección.

Toda la información geológica generada, puede servir además como referencia para futuros estudios prospectivos y de investigación.

CAPITULO I.

GENERALIDADES

1.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

La zona de estudio se encuentra ubicada en la Cordillera Oriental de la región La Libertad, provincia de Pataz, distritos de Huayo, Chillia, Taurija, Urpay, Santiago de Challas y Huancaspata; abarcando los cuadrángulos de Pataz (16-h), Pallasca (17-h) y Tayabamba (17-i). Se encuentra comprendido entre los paralelos 7°57.1' y 8°28.8' sur, con una extensión aproximada de 60 x 15 km y un área de 891.6 kilómetros cuadrados (Figura 1, 1).

Es accesible desde la ciudad de Lima por la carretera Panamericana Norte hasta Trujillo, luego pasando por una vía asfaltada hacia Huamachuco, se continúa por una vía afirmada hasta el poblado de Chagual, posteriormente por la misma vía hasta los poblados de Macno, Parcoy, Buldibuyo, Huaylillas y Tayabamba, desde donde por medio de carreteras de penetración es

accesible la zona de estudio (Tabla 1, 1). Otra forma de acceder es tomando el desvío desde Macno por una carretera de penetración hacia los poblados de Huayo, Chillia, Jucusbamba, Taurija, Urpay y Challas.

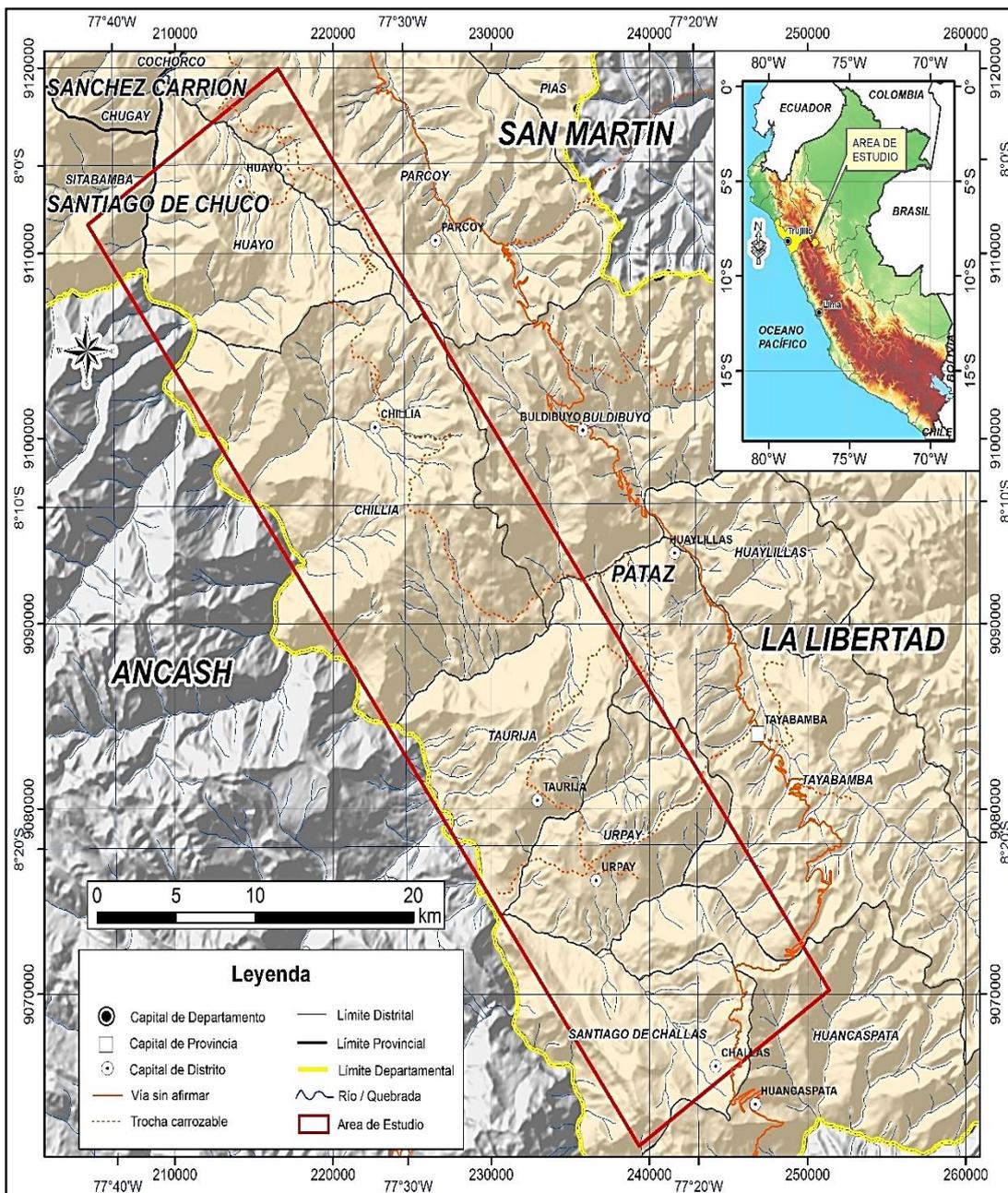


Figura 1, 1 Ubicación y accesibilidad de la zona de estudio.

Tabla 1, 1 Accesibilidad a la zona de estudio

ACCESO	DISTANCIA (Km.)	TIEMPO
Lima - Trujillo	570	8 hrs.
Trujillo - Huamachuco	180	7 hrs.
Huamachuco - Chagual	170	8 hrs.
Chagual - Huaylillas	70	7 hrs.
Huaylillas - Tayabamba	30	2 hrs.
TOTAL:	1020	32 hrs.

1.2 CLIMA E HIDROGRAFÍA

El clima se caracteriza por presentar una estación de fuertes lluvias en los meses de diciembre a marzo y épocas secas el resto del año. En general, la temperatura ambiental disminuye con la altitud, mientras que la precipitación pluvial aumenta. La diversidad de alturas hace que el clima y la vegetación sean diferentes según los lugares: A una altitud mayor a 4500 msnm, el clima se caracteriza por ser frígido y ausencia de vegetación, entre los 3500 a 4500 msnm se tiene temperaturas que bajan de 0° C y presencia de ichu; por debajo a los 3500 msnm, se comienzan a utilizar los terrenos para cultivo. De acuerdo con la clasificación climática del SENAMHI (2005), se tienen cuatro zonas descritas de menor a mayor altitud (Mapa 1, 1):

- **Zona con clima semiseco, cálido y húmedo, con otoño, invierno y primavera seca** (<2000 msnm), a lo largo del río Marañón. Constituye una franja NNO-SSE donde se emplazan poblados como San Nicolás, Matibamba, San Mateo, San pablo, La Pampa y Mitubamba entre otros.

- **Zona con clima semiseco, semicálido y seco, con otoño, invierno y primavera seca** (2000-3500 msnm). Se presenta en un nivel superior a la anterior, a lo largo de los principales afluentes. Esta zona ocupa la mayor parte del territorio estudiado. Los principales poblados ubicados en dicha zona son Huayo, Usca, Chillia, Taurija, Urpay, etc.
- **Zona con clima lluvioso, semifrío y húmedo, con otoño e invierno seco** (3500-4400 msnm), donde se ubican los poblados de Quishuar, Canta, Canyas, Challas, entre otros.
- **Zona con clima semiseco, frío y húmedo, con invierno seco** (>4400 msnm). Ubicada a niveles superiores, en las zonas altas de Cerro Campanas y Cerro Grande.

La hidrografía del área se encuentra caracterizada por un conjunto de cuencas que drenan hacia el Atlántico, formados principalmente por los ríos Marañón y Cajas (Figura 1, 2).

- **Cuenca del río Marañón 1:** Presenta un área de drenaje de 952,5 km², con numerosos colectores controlados por una morfología abrupta, con más de 45° de pendiente sobre la Cordillera Oriental. Destacan en la margen izquierda los ríos Mayas, Llampá, Casga, Chinchango y San Sebastián, que recogen las aguas provenientes de la Cordillera Blanca, a más de 4500 msnm. En la margen derecha, el más importante es el río Rupaybamba procedente del distrito de Chillia.
- **Cuenca del río Marañón 2:** Drenada por dos grandes ríos en su margen derecha, el Challas y Arancante. El primero formado por los ríos Challas y Huancas, que bajan del macizo metamórfico emplazado entre los distritos

de Urpay y Challas; mientras que el segundo está formado por el Aracante y Blanca, cerca del distrito de Taurija.

- **Cuenca del río Cajas:** El río Cajas es el principal colector, con 744,5 km² de drenaje. Tiene sus orígenes en las lagunas Blanca, Carhunco, Crucero y Huascacocha, cerca de los 4500 msnm. Sus principales tributarios son el río Cajón, procedente de Tayabamba y el río Buldibuyo, formado por la confluencia de las quebradas de Yanapaccha, Huascacocha y Taullis. La confluencia de estos ríos se produce en Huaylillas.

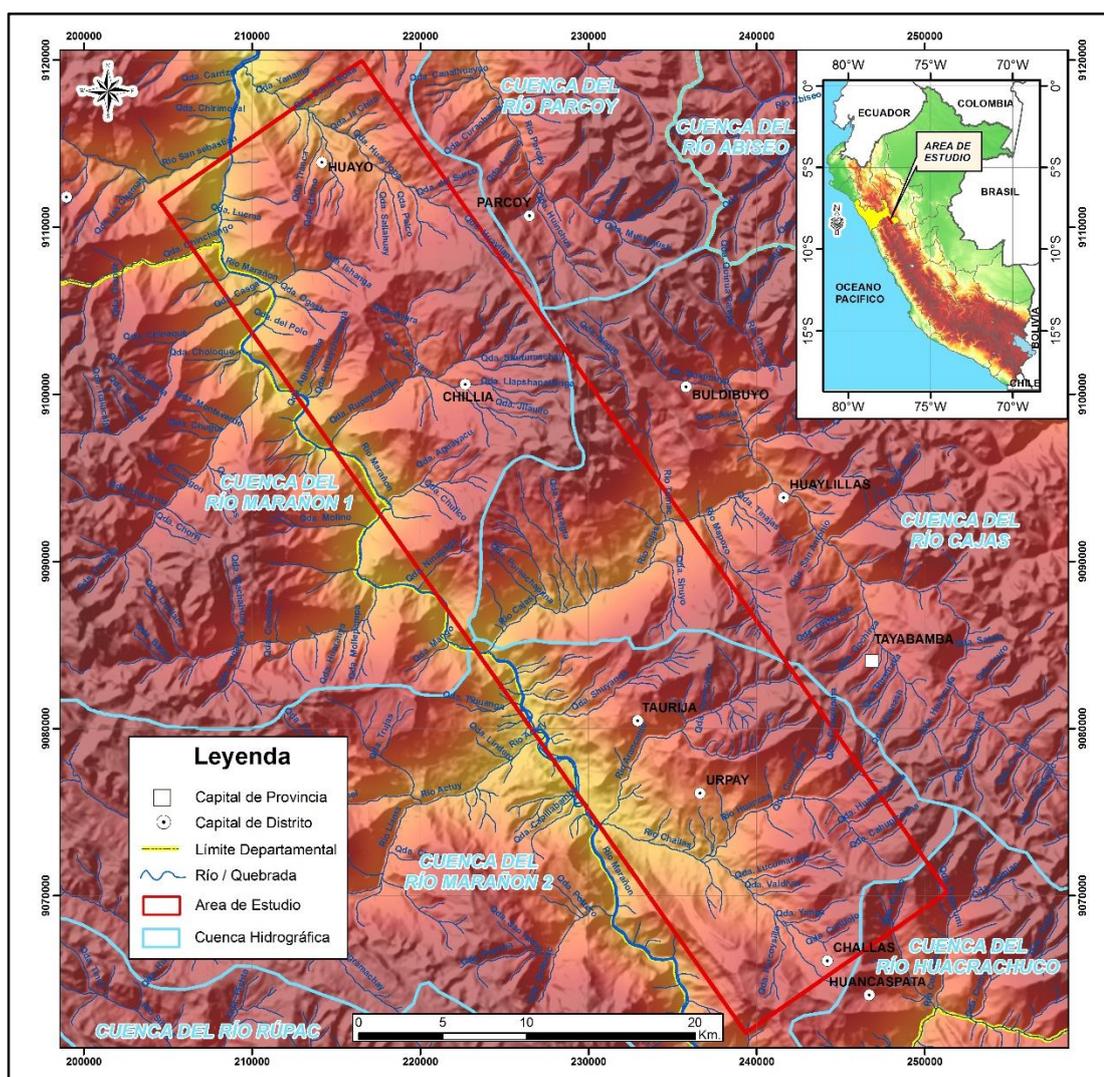
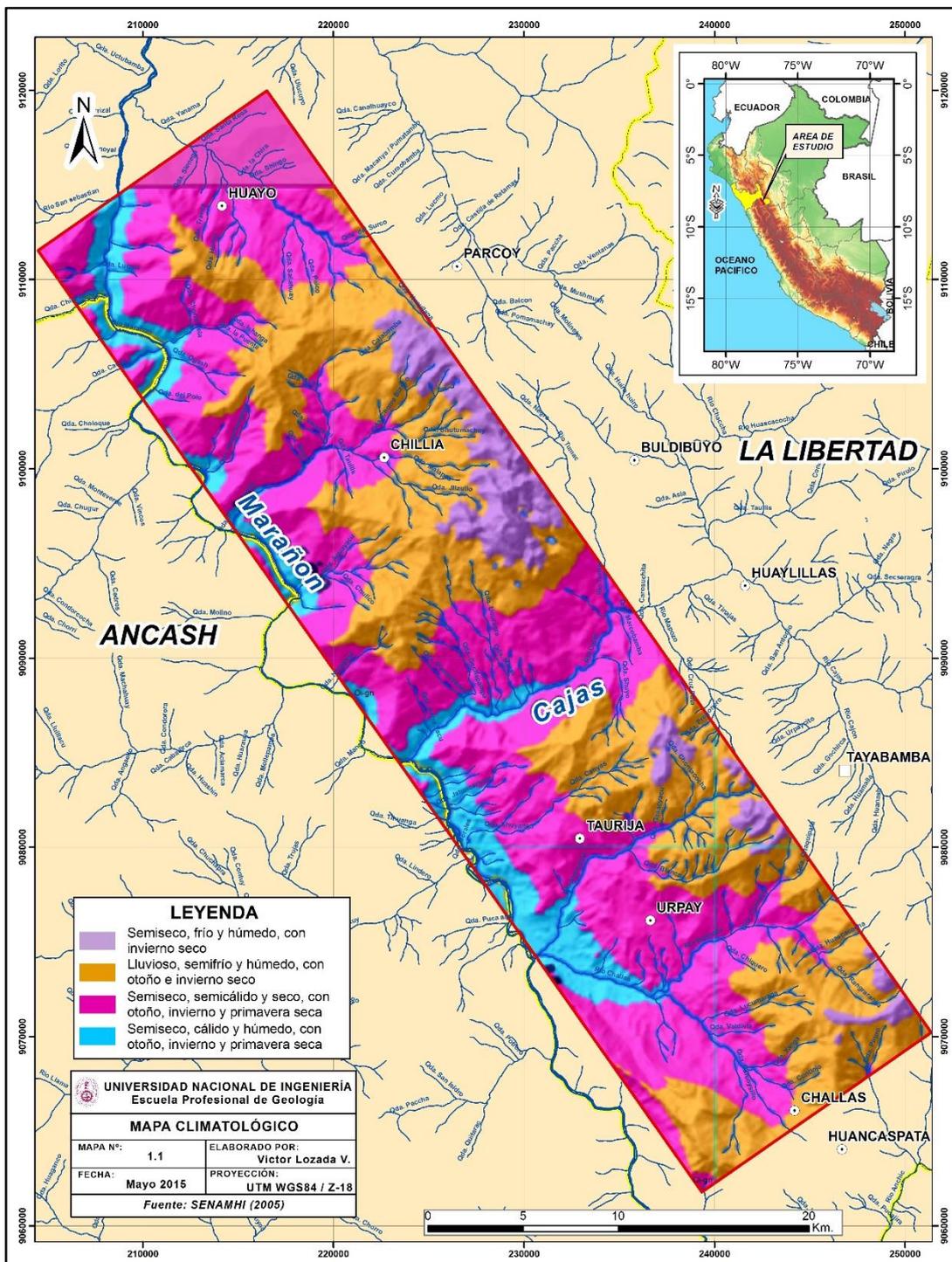


Figura 1, 2 Cuencas Hidrográficas (Modificado de Boletín N°27, serie B, INGEMMET).



Mapa 1, 1 Mapa Climatológico de la zona de estudio (Modificado de Boletín N°27, serie B, INGEMMET).

1.3 ANTECEDENTES

Entre los años de 1964 y 1998 se realizaron estudios regionales por parte del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico en la elaboración de la Carta Geológica Nacional, cartografiando a escala 1:100000 los cuadrángulos de Pataz (Wilson & Reyes, 1964), Pallasca y Tayabamba (Wilson et al., 1967), y Juscusbamba (Sánchez, 1998).

Posteriormente, Sánchez et al. (2006) y Haeberlin et al. (2002) realizan trabajos doctorales y diversas dataciones radiométricas en las rocas metamórficas y rocas ígneas de la región evidenciando que ocurrieron diversos eventos magmáticos.

El año 2007, se realiza por parte del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico la elaboración del cuadrángulo de Pallasca, Hoja 17-h-I cartografiando a escala 1:50 000.

En el 2009, el investigador Bosnio Alexandar Miskovic realizó su tesis doctoral sobre la evolución tectonomagmática de la Cordillera Oriental Peruana, elaborando una densa base de datos sobre geocronología y geoquímica de rocas, sentando una base sólida para futuras investigaciones.

El año 2011 el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico realizó una prospección geoquímica regional entre el paralelo 8º y 9º sur, cuencas de la vertiente atlántica, en el cual recolectaron 619 muestras de sedimento.

Gómez, W., y Mamani, M. (2012) realizaron estudios de geoquímica de los granitoides del Batolito de Pataz y las ignimbritas de la Formación Lavasén

proponiendo que estas rocas ígneas son co-magmáticas formándose durante la formación del Arco Magmático de Pataz.

1.4 IMPORTANCIA METALOGÉNICA DE LA CORDILLERA ORIENTAL

La Cordillera Oriental de la Región La Libertad involucra siete franjas metalogénicas: **I.** Depósitos de Au en rocas meta-sedimentarias del Ordovícico y Silúrico-Devónico; **II.** Depósitos orogénicos de Au-Pb-Zn-Cu del Carbonífero-Pérmico; **III.** Pórfidos-skarns Cu-Mo-Zn y depósitos Au-Cu-Pb-Zn relacionados con intrusivos del Pérmico; **VI.** Pórfidos y skarns de Cu-Au del Jurásico superior; **XIV.** Depósitos de Au-Cu-Pb-Zn relacionados con depósitos del Eoceno; **XVI.** Depósitos tipo Mississippi Valley de Pb-Zn del Eoceno-Mioceno; y **XX.** Pórfidos Cu-Mo-Au, Skarns Pb-Zn-Cu-Ag y depósitos polimetálicos relacionados con intrusivos del Mioceno (Figura 1, 3).

Las franjas I y II representan las más importantes para la producción de oro y con posibilidades de aumentar, ya que según Haerberlin (2002) en el Batolito de Pataz se han producido aproximadamente 6 millones de onzas de oro y se estima que los recursos ascienden a 40 millones; dejando posibilidades de exploración para las franjas III, VI y XIV (Figura 1, 4).

En el caso de la plata, la franja XX resulta la más interesante para seguir prospectando por este metal, además la franja III podría vislumbrar nuevas posibilidades (Figura 1, 5).

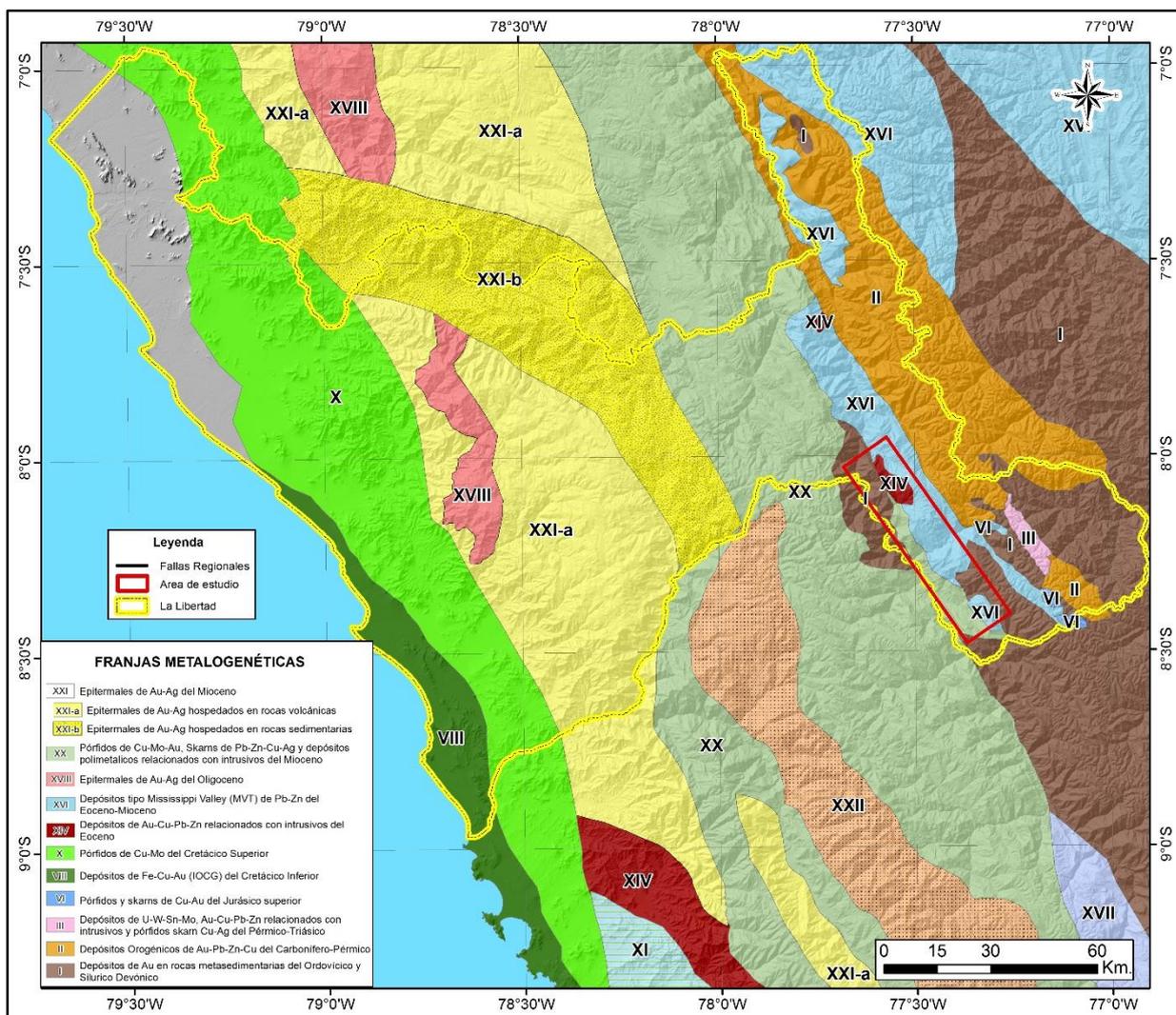


Figura 1, 3 Franjas Metalogénicas de La Libertad (Mapa Metalogénico 2014, INGEMMET)

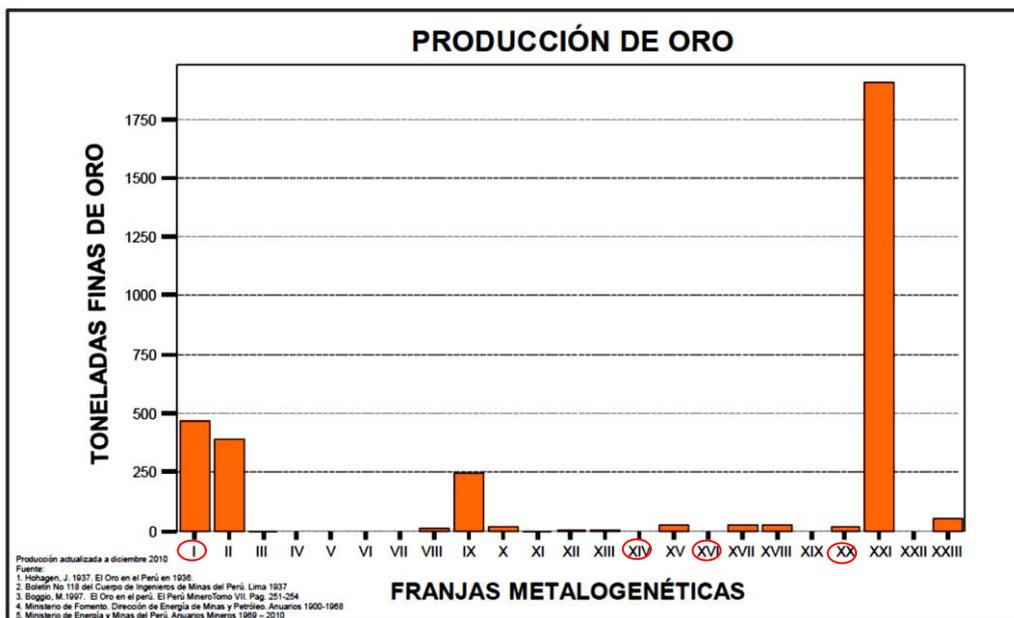


Figura 1, 4 Producción del Au por franjas metalogénicas

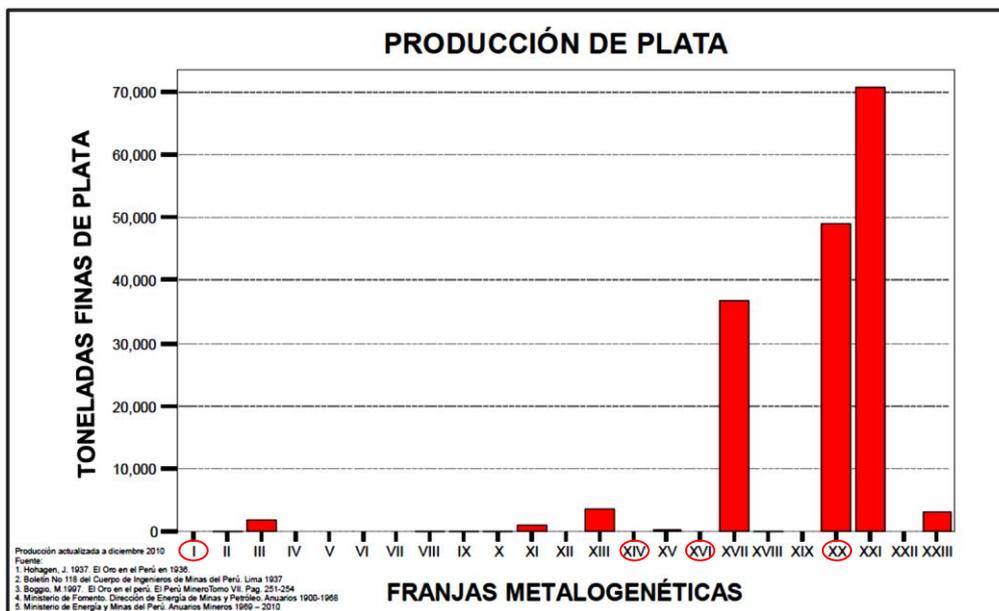


Figura 1, 5 Producción de la Ag por franjas metalogénicas

En el caso del cobre las franjas III y XX pueden seguir incrementando su prospección geológica-minera, mientras que las franjas VI y XIV han sido poco exploradas o albergan pocos depósitos minerales, por lo que se presentan como futuros blancos de exploración (Figura 1, 6).

El plomo y el zinc tienen una producción bastante parecida, siendo las franjas XVI y XX las de mayor producción con opciones a seguir incrementando sus recursos, mientras que las franjas III y XIV representan vastas áreas para descubrir nuevos depósitos en regiones aún inexploradas (Figuras 1, 7 y 1, 8).

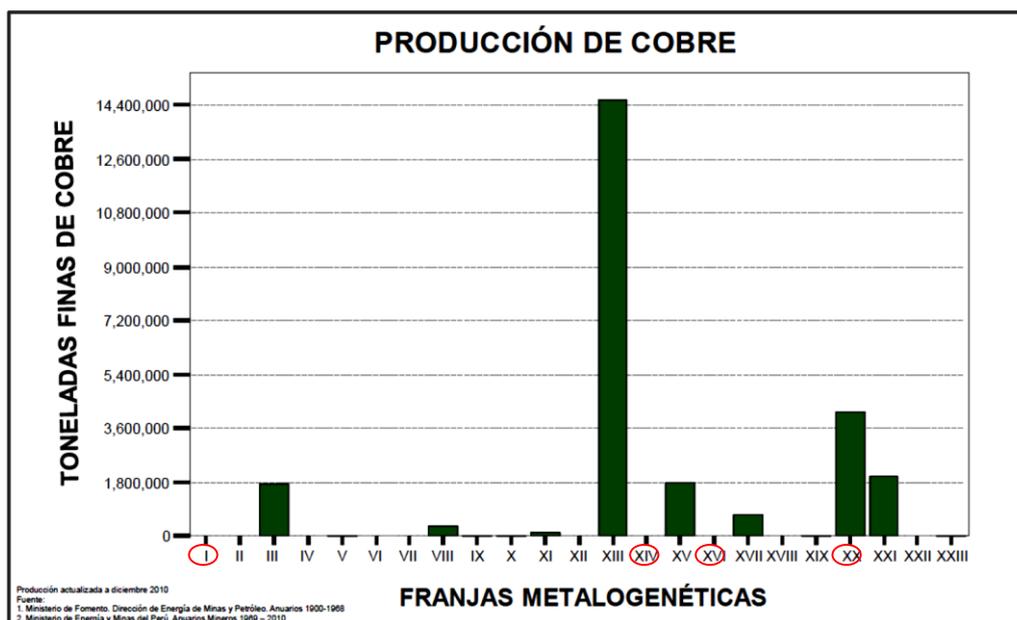


Figura 1, 6 Producción del Cu por franjas metalogénicas

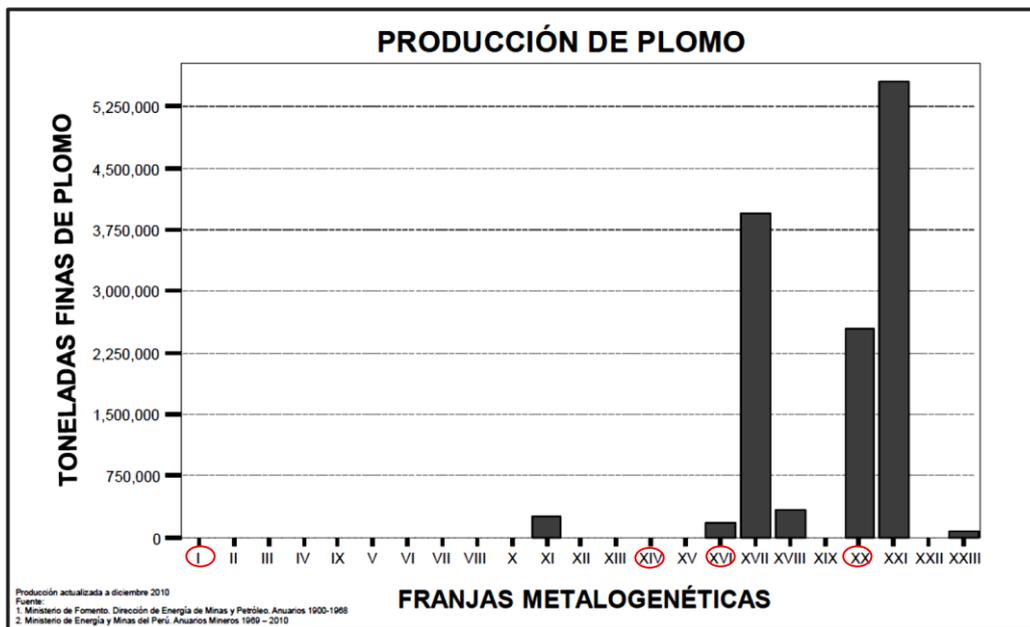


Figura 1, 7 Producción del Pb por franjas metalogénicas

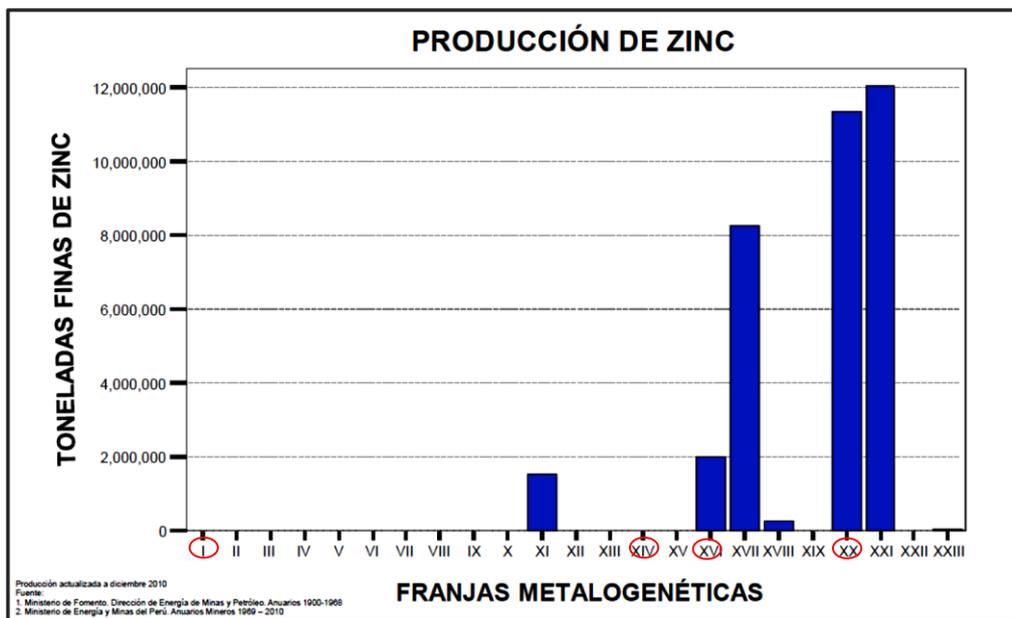


Figura 1, 8 Producción del Zn por franjas metalogénicas

Steinmuller (1999) hace una distribución de los principales depósitos productivos en el Perú según las eras geológicas (Tabla 1, 2), donde las rocas

proterozoicas del Perú (Complejo Basal de la Costa, Complejo Marañón o Complejo Olmos-Morropón) no han sido exploradas o no contienen depósitos, y las rocas paleozoicas han sido poco exploradas o albergan pocos depósitos.

Tabla 1, 2 Distribución de los depósitos según eras geológicas (Steinmuller, 1999).

Depósitos productivos	Era geológica			
	Precámbrico (%)	Paleozoico (%)	Mesozoico (%)	Cenozoico (%)
Depósitos de Cu	0	3	7	90
Depósitos de Zn	0	0	26	74
Depósitos de Pb	0	0	15	85
Depósitos de Ag	0	2	4	94
Depósitos de Au (sin depósitos de placer)	0	11	4	85

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

- Generar información litológica, geoquímica, estructural, petromineralógica, litogeoquímica y metalogenética para conocer el potencial geológico - minero del segmento Huayo - Challas.
- Utilizar los datos de campo y gabinete para determinar las variables del Mapa de Potencial Minero Metálico del área de estudio.
- Dentro del área de estudio, determinar los sectores de anomalías geoquímicas y compararlas con el Mapa de Potencial Minero Metálico.

1.6 HIPÓTESIS.

Existe alta posibilidad de establecer el Potencial Geológico – Minero en el segmento Huayo – Challas utilizando variables geológicas y geoquímicas para estudios prospectivos y de investigación.

1.7 PROCEDIMIENTO DE ESTUDIO

1.7.1.- Etapa de generación

En esta primera etapa se definieron blancos prospectivos, comprende básicamente una fase de gabinete y consiste en:

- Recopilación y evaluación de la información geológica existente en boletines y publicaciones del INGEMMET, de la Sociedad Geológica y material bibliográfico diverso.
- Generación de base de datos con la ubicación y características geológicas de los depósitos y prospectos mineros existentes en el área.
- Preparación de imágenes satelitales LANDSAT y RASTER para interpretar rasgos estructurales y anomalías espectrales.
- Preparación de mapas topográficos preliminares para cartografiado geológico – estructural y ubicación de muestras de rocas.

1.7.2.- Etapa de campo

- Recolección de 30 muestras de roca para su análisis químico, de las cuales 7 se analizaron por elementos mayores.
- Recolección de 17 muestras de mano para estudio de sección delgada y 6 muestras de sección pulida.
- Cartografiado a escala 1:50,000 para resaltar características estratigráficas, estructurales y definición de contactos.
- Toma de fotografías para destacar rasgos litológicos y estructurales.

- Toma de datos con presencia de alteración, mineralización, óxidos de hierro, arcillas, sulfuros, etc.

1.7.3.- Etapa de gabinete

- Elaboración e interpretación de planos, diagramas litogeoquímicos, figuras, cuadros y tablas correspondientes para cada capítulo.
- Interpretación geoquímica mediante el uso de 196 muestras de roca y 271 muestras de sedimentos de corriente, de las cuales 53 muestras de roca y 119 muestras de sedimentos se encuentran dentro de la zona de estudio. La información total se obtuvo adicionando las muestras de los distintos trabajos recopilados y disponibles en el GEOCATMIN.
- Análisis estadístico de resultados y determinación de parámetros estadísticos. Generación de mapas de isovalores y anomalías geoquímicas.
- Análisis de las variables y elaboración del Potencial Minero Metálico.
- Preparación de muestras para corte en sección delgada y pulida con su respectiva descripción final.
- Elaboración y redacción del Informe Final.

1.8 METODOLOGÍA DE TRABAJO: MÉTODO EMPÍRICO - ANALÍTICO

1.8.1 Método Analítico

Este método se basa en que para conocer un fenómeno es necesario descomponerlo en sus partes. En este caso se han elaborado diagramas litogeoquímicos para el análisis e interpretación de los eventos magmáticos,

tectónicos y metalogenéticos del área de estudio. Los diagramas usados fueron el TAS (Le Bas et al., 1986), índice de saturación de alúmina (Shand, 1947), clasificación de rocas plutónicas según parámetros R1 y R2 (De la Roche et al., 1980), para distinguir Adakitas (Drummond & Defant, 1990), para la clasificación tectónica de granitos (Pearce et al., 1984), de circulación hidrotermal, y del estado de oxidación versus anomalías de Eu/Eu* (Lang y Baker, 2001).

1.8.2 Método Sintético

Este método consiste en unir sistemáticamente los elementos de un fenómeno con el fin de reencontrar la individualidad del objeto en estudio. En este caso se ha realizado el cartografiado geológico - estructural por sectores del área de estudio para poder integrarlo en uno solo, simultáneamente se usaron planos geológicos antiguos y cartografiados a distintas escalas, los cuales han sido modificados, interpretados y unificados para la elaboración final del Mapa Geológico, Mapa Estructural, Columna Estratigráfica y Mapa de Potencial Minero Metálico.

1.8.3 Método Descriptivo

Este método se basa en la observación científica del objeto en estudio y detallar sus cualidades y características distintivas. Se realizaron estudios petrográficos y petromineralógicos de secciones delgadas y pulidas usando el microscopio Leitz Wetzlar, Modelo Orthoplan, que cuenta con 5 objetivos para luz transmitida y 3 objetivos para luz polarizada.

1.8.4 Método de la Medición

Es el método que se desarrolla con el objetivo de obtener información numérica acerca del objeto en estudio donde se comparan magnitudes medibles conocidas, asignando valores numéricos a determinadas propiedades del objeto, así como relaciones para evaluarlas y representarlas adecuadamente, para ello se apoya en procedimientos estadísticos.

1.8.4.1. Análisis químico de muestras en laboratorio

Se realizó el análisis químico en laboratorio de los elementos mayores y trazas por varias técnicas: Análisis de Espectrometría de Masa por Inducción de Plasma acoplado (ICP-MS) para 55 elementos, Fluorescencia de Rayos X (XRF) para rocas ígneas frescas y el análisis por ensayo al fuego para Au 50 g. Las muestras de roca tienen un peso promedio de 2 a 3 kg, las muestras de mano de hasta 1 kg para los estudios de sección delgada y pulida. Muestras de sedimento tamizadas a malla 200 han sido analizadas por ICP-MS, previa digestión de agua regia y por ensayo al fuego. El QA/QC consiste en la inserción de muestras duplicadas, estándares y blancos cada 10 muestras recolectadas para rocas y cada 30 muestras para sedimentos. La selección de muestras se basó en el criterio de recolectar rocas tanto frescas como alteradas para estudios petromineralógicos de secciones delgadas y pulidas; así como rocas frescas para los análisis químicos de elementos mayores.

1.8.4.2. Estadística aplicada a la Prospección Geoquímica.

Los datos estadísticos sirven de guía en la evaluación científica junto con las estimaciones visuales de los mapas geoquímicos. La geoestadística básica

determina los parámetros geoquímicos: el valor de fondo (background), sus limitaciones de fluctuación local y regional (threshold o umbral) y el valor por encima del cual una concentración geoquímica puede considerarse anormal (anomalía).

El tratamiento estadístico comprende además determinar el coeficiente de correlación y planos de isovalores por elementos, así como la determinación de zonas anómalas por cuencas y por sectores según el muestreo de rocas.

1.8.4.3. Variables para el cálculo del Potencial Minero Metálico.

De acuerdo al proceso analítico jerárquico aplicado a las seis variables consideradas: 1. Unidad Geológica; 2. Concesiones Mineras; 3. Fallas; 4. Depósitos Minerales Metálicos; 5. Geoquímica; y 6. Sensores Remotos.

Se elaboró una matriz de comparaciones pareadas, dando lugar a la Tabla 1, 3, donde se aprecia las sumas ponderadas para cada variable, con lo que se obtiene el peso que tiene cada atributo considerado (Tabla 1, 4).

Para la elaboración del mapa de Potencial Minero Metálico es necesario contar con el programa ArcGIS de las versiones 9.3 hacia adelante el cual es un conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica o SIG, producido y comercializado por ESRI.

Para esta variable se utilizará el ArcMap que es el componente principal de creación de mapas de ArcGIS el cual sirve para ver, editar, crear y analizar datos geoespaciales.

Tabla 1, 3 Vector de la Suma Ponderada

Atributo	Unidad Geológica	Concesiones Mineras	Fallas	Depósitos Minerales Metálicos	Geoquímica	Sensores Remotos
Unidad Geológica	0.481	1.197	0.871	0.481	0.304	0.247
Concesiones Mineras	0.096	0.239	0.435	0.344	0.304	0.247
Fallas	0.080	0.080	0.145	0.206	0.228	0.192
Depósitos Minerales Metálicos	0.069	0.048	0.048	0.069	0.114	0.082
Geoquímica	0.060	0.030	0.024	0.023	0.038	0.055
Sensores Remotos	0.053	0.027	0.021	0.023	0.019	0.027

Tabla 1, 4 Ponderación de variables o atributos

Atributo	Peso
Unidad Geológica	0.48
Concesiones Mineras	0.24
Fallas	0.14
Depósitos Minerales Metálicos	0.07
Geoquímica	0.04
Sensores Remotos	0.03

CAPITULO II.

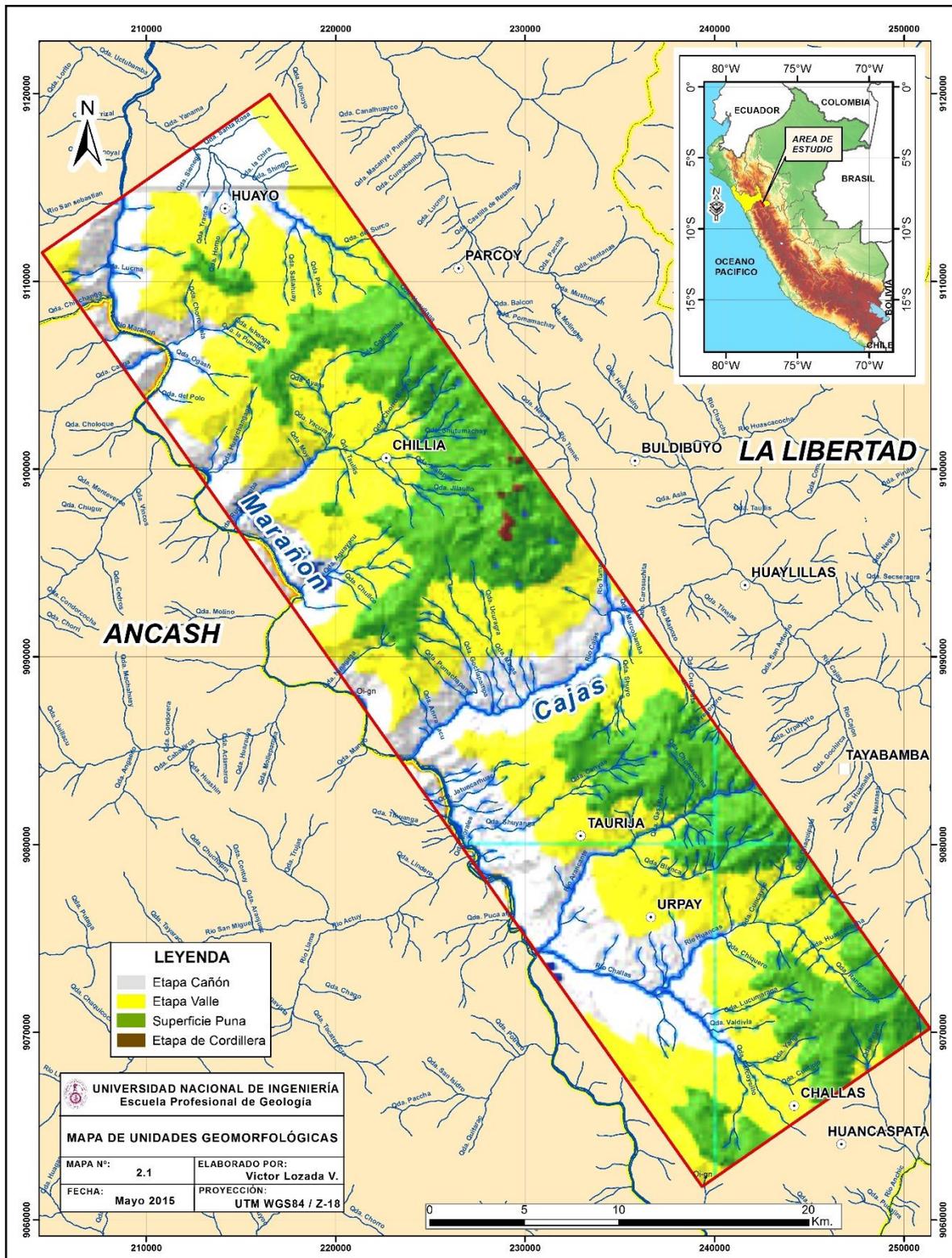
MARCO GEOLÓGICO, TECTÓNICO Y METALOGENÉTICO

2.1 GEOMORFOLOGÍA

Como producto de la acción conjugada de los levantamientos tectónicos y la erosión, se han generado en la zona de estudio las siguientes unidades geomorfológicas: Superficie Puna, Etapa Valle, Etapa Cañón y Etapa Cordillera (Mapa 2, 1).

La Superficie Puna son peniplanicies generadas por una intensa abrasión sin mayor levantamiento, de topografía suave y ondulada, a una altitud entre 3500 a 4500 msnm. En esta unidad encontramos pocos poblados como Condorpuquio, Canyas y Chogopata, entre otros.

La Etapa Valle está representado por terrenos de pendiente suave que forman terrazas. Se ubican entre los principales ríos y la superficie Puna, entre los 2500 y 3500 msnm; en ellas se asientan los principales poblados como Challas, Urpay, Taurija, Chillia, Canta, Usca y Huayo entre otros.



Mapa 2, 1 Mapa Geomorfológico de la zona de estudio (Modificado de Boletín N°27, serie B, INGEMMET).

La Etapa Cañón es el resultado de la excavación profunda dentro de formas más abiertas de la etapa Valle. El río Marañón se ha encañonado aproximadamente 1000 m debajo del nivel de la unidad Valle, debido a este proceso se ha formado una serie de pequeños riachuelos activos, cuyas cabeceras se extienden hacia la parte superior, erosionando los valles. Esta unidad también se aprecia en los tributarios principales del Marañón, los cuales comienzan con valles de rumbo NO-SE, para pasar a un tramo con rumbo perpendicular, es en este tramo donde se presentan fuertemente encañonados. Este encañonamiento es más pronunciado en el río Marañón, a partir de la confluencia del río Cajas (Foto 2,1). En esta unidad encontramos poblados como Huambo, San Nicolás, San Mateo, San Pablo y Mitubamba, entre otros.



Foto 2, 1 Superficie encañonada (1500 m) en la confluencia de los ríos Cajas y Marañón.

Las geoformas locales que caracterizan a las cordilleras son los valles en «V», las lagunas de origen glacial, y los depósitos tipo morrenas y fluvioglaciales. La elevación generalmente se encuentra entre los 4000 y 4500 msnm. El gran valle del río Marañón separa las Cordilleras Oriental y Central. Ambas

alcanzan alturas de más de 4000 msnm, mientras que el río Marañón queda a una altura de 1200 msnm.

2.2 ESTRATIGRAFÍA

2.2.1.- Contexto Regional

Se reconocen rocas desde la más antigua representada por el Complejo Marañón (Neoproterozoico-Cámbrico inferior), formado por esquistos micáceos, filitas y gneises. Suprayaciendo a esta unidad tenemos a la Formación Macno (Cámbrico-Ordovícico inferior) que consiste de rocas metasedimentarias clásticas, luego se tiene una secuencia pelítica pizarrosa considerada como Formación Contaya del Ordovícico medio (Sánchez et al., 2006).

Las unidades Permo-Carboníferas se encuentran representadas por una secuencia de arcillitas micáceas, areniscas, y conglomerados correspondientes al Grupo Ambo; secuencias calcáreas del Grupo Copacabana, y finalmente el Grupo Mitu que consiste de areniscas, conglomerados y volcánicos riolíticos color rojo oscuro.

La sedimentación del ciclo andino comienza con las calizas Pucará (Triásico superior-Jurásico inferior), posteriormente se depositó la secuencia silícica clástica del Cretaceo inferior conocido como Grupo Goyllarisquizga, que junto a las calizas cretácicas y capas rojas Chota del Cretaceo-Paleógeno que le sobreyacen, conforman la cobertura dispuesta de manera adyacente a la Cordillera Oriental (Figura 2, 1 y Mapa 2, 2).

El emplazamiento batolítico del Carbonífero al Pérmico es de composición y textura variable, que debido a la consolidación de un magma calco-alcalino, dio lugar a una mayor proporción de granodiorita, con zonación de bordes dioríticos a tonalíticos y pulsaciones más jóvenes de cuarzomonzonita.

En las proximidades de los poblados de Huayo, Chillia y Miramar afloran unos stocks porfiríticos de composición granodiorita con variaciones de cuarzomonzonita a monzogranito, tendencia alcalina, de edad Eoceno y emplazados en un ambiente tectónico de intraplaca.

2.2.2 Neoproterozoico

De acuerdo a la posición estratigráfica y grado de metamorfismo, se consideran como las rocas más antiguas de la región a la unidad litológica de carácter metamórfico denominado **Complejo Marañón**, que aflora en el extremo occidental de la Cordillera Oriental y conforma el basamento cristalino sobre la cual se han desarrollado cuencas paleozoicas y mesozoicas.

Principalmente constituido por rocas metamórficas de origen sedimentario, volcánico y plutónico que muestran un grado moderado de metamorfismo, mayormente de facies esquistos verdes a anfibolita de bajo grado (Sánchez, 2006).

Consiste de esquistos micáceos, gneises, filitas y cuerpos plutónicos, metavolcánicos y metasedimentarios de foliación moderada, asociados a vetillas y cuerpos lenticulares de cuarzo lechoso (Foto 2, 2), probablemente producto de segregación derivados del protolito.

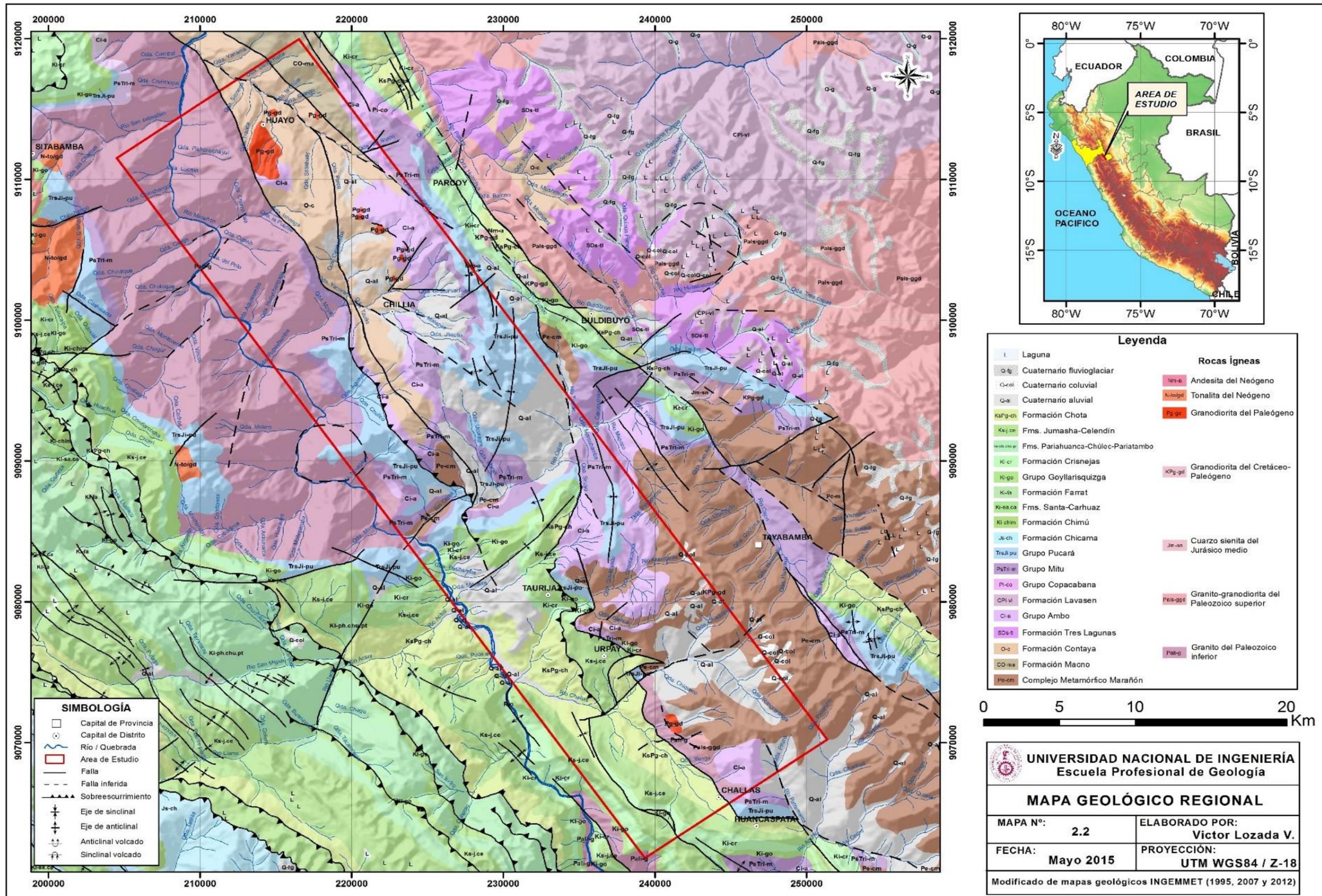
Algunos afloramientos de esquistos micáceos los encontramos en el Río Cajas, Huayaucito y Quebrada Chiquero (Figura 2, 2), así como esquistos cuarzo - mica - feldespato - clorita en el Cerro Rucos, donde se observa en sección delgada su textura lepido-porfidoblástica y moldes de granoblastos que indicarían relictos de una primera esquistosidad S1 (Lámina 2, 1).

En la confluencia de los ríos Cajas y Marañón se encuentra un ortogneis de composición granítica de textura pórfido-lepidoblástica y el crecimiento de tipo mirmequita de la plagioclasa con cuarzo que indica el metamorfismo de tipo regional al que fue sometida la roca (Lámina 2, 2).

El Complejo Marañón subyace a las formaciones Macno y Contaya, consideradas del Cambriano-Ordovícico, permitiendo considerarlo de edad Neoproterozoica a Cambriano inferior (Sánchez, 2006).

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOSTRATIGRAFICA	COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION	
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE	DEPÓSITOS ALUVIALES		Conglomerados polimicticos desleznables, clastos heterogéneos en matriz arenolimoso	
			DEPÓSITOS FLUVIOGLACIARES		Clastos subangulosos en matriz limoarenosa.	
			DEPÓSITOS MORRENICOS		Areniscas rojas de poca resistencia, intercaladas con lodolitas y conglomerados rojizos.	
MESOZOICO	PALEOGENO		FM. CHOTA		Intrusivos del Eoceno (Stocks de Huayo, Quisuar y Miramar)	
			FMS. JUMASHA-CELENDIN		Calizas de estratificación gruesa color gris con margas y arcillas calcáreas al tope	
			FM. CRISNEJAS		Calizas intercaladas arcillas calcáreas y margas color crema a pardo claro generalmente en capas delgadas.	
			GPO. GOYLARISQUIZGA		Secuencia de areniscas blancas friables de grano medio a grueso, algo conglomerádicas en la base, calcáreo en la parte intermedia, con intercalaciones de limoarcillitas y areniscas en la parte superior.	
	JURASICO	INF.	FM. CONDORSINGA		Discordancia (Deformación Nevadiana)	
			FM. ARAMACHAY		Calizas y dolomitas grises en estratos medios a gruesos con niveles limoarcillíticos calcáreos.	
	TRIASICO	SUP.	FM. CHAMBARA		Discordancia (Deformación Finihercínica)	
			GPO. MITU		Areniscas y conglomerados intercalados con niveles de volcánicos riolíticos y lodolitas rojizas.	
	PALEOZOICO	PERMICO	INF.	GPO. COPACABANA		Discordancia (Deformación Tardihercínica)
				GPO. AMBO		Calizas claras con lutitas calcáreas en la base
CARBONIFERO		INF.	GPO. AMBO		Secuencia de areniscas beige grisáceas y delgados niveles de pizarras grises y conglomerados en la base	
			Intrusivos del Paleozoico superior (Batolito de Pataz Granodiorita Muñanapata)			
ORDOVICICO		MED.	FM. CONTAYA		Discordancia (Deformación Eohercínica)	
			FM. MACNO		Principalmente filitas, lutitas pizarrosas y pizarras laminares de color gris oscuro intercalado con niveles delgados de cuarcitas.	
CÁMBRICO		FM. MACNO		Metarenisca, cuarcitas, pizarras, esquistos y metalutitas.		
NEOPROTEROZOICO	COMPLEJO MARAÑON		ESQUISTOS		Intrusivos del Paleozoico inferior (Granito gneisificado del Maraño, Granito Quebrada Valdivia)	
			GNEISS		Esquistos micáceos gris a gris verdosos.	
			Gneises graníticos con micas, cuarzo y plagioclasas cortados por venillas de cuarzo y ocasionalmente por diques pegmatíticos.			

Figura 2, 1 Columna estratigráfica generalizada de la zona de estudio (Modificado de Boletín N°60 A, INGEMMET)



Mapa 2, 2 Mapa Geológico Regional



Foto 2, 2 Vetillas de cuarzo paralelas a foliación de los esquistos pizarrosos (Cerro Rucos).

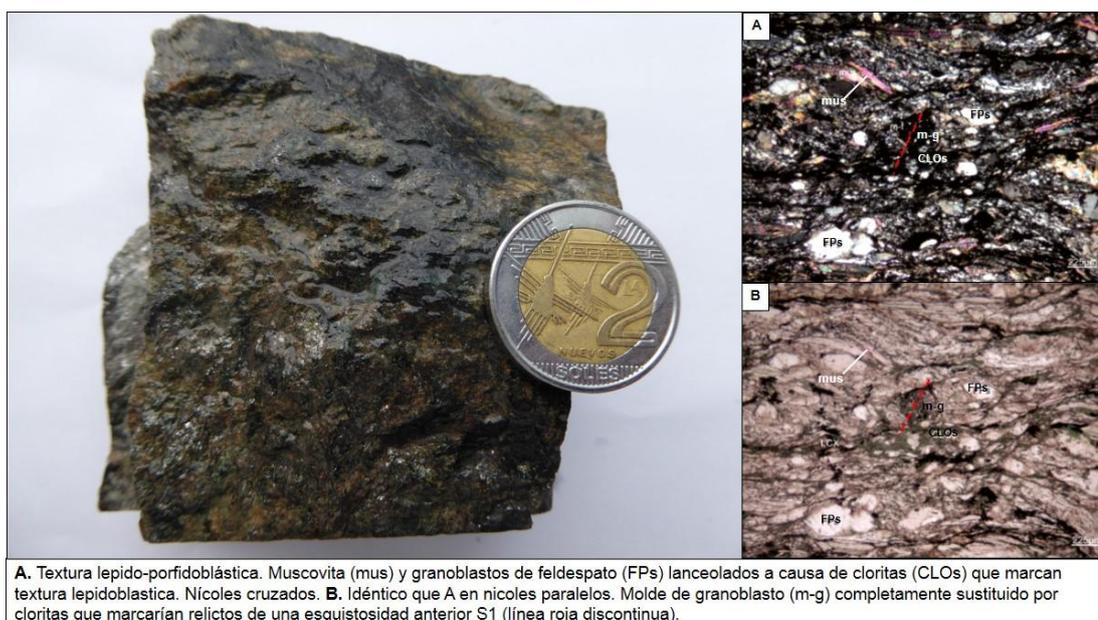


Lámina 2, 1 Esquisto micáceo del Complejo Maraón (Cerro Rucos).



Lámina 2, 2 Gneis granítico del Complejo Marañón (Confluencia ríos Marañón y Cajas).

2.2.3 Paleozoico inferior

Las formaciones Macno y Contaya conforman la secuencia del Paleozoico inferior que tiene afloramientos continuos y mejor expuestos en el sector norte del área de estudio, entre Huayo y Chillia.

La **Formación Macno** consiste de rocas metasedimentarias clásticas pertenecientes a la parte superior del Complejo Marañón la cual se encuentra aflorando en los cuadrángulos de Pataz y Pallasca. La base se encuentra formado por meta-areniscas con intercalaciones de niveles delgados de metapelitas y areniscas conglomerádicas; hacia la parte media y superior se encuentran rocas metapelíticas pizarrosas con meta-areniscas y cuarcitas, siendo frecuente la presencia de cuarzo lechoso ondulante. La Formación Macno yace en discordancia angular sobre el Complejo Marañón, por lo cual se le atribuye una edad Cambriana a Ordoviciana inferior (Sánchez, 2006).

Los afloramientos de la **Formación Contaya** se caracterizan por tener coloraciones grises a negras, conformadas por pizarras y lutitas, intercaladas con areniscas y cuarcitas. Las lutitas pizarrosas de esta unidad muestran generalmente una esquistosidad tenue y un plegamiento moderado (Sánchez, 2006). En la zona de Huayo se reconoció una filita de sericita de textura lepidoblastica (Lámina 2, 3) en contacto con el granito gneisificado y cortada por el Intrusivo de Huayo (Figura 2, 2 y Foto 2, 3). La Formación Contaya sobreyace a la Formación Macno e infrayace al Grupo Ambo en discordancia angular, además en la región de Pataz, Wilson y Reyes (1964) mencionan la presencia de graptolites ordovicianos, por lo cual se le atribuye una edad Llanvirniana correspondiente al Ordoviciano medio.

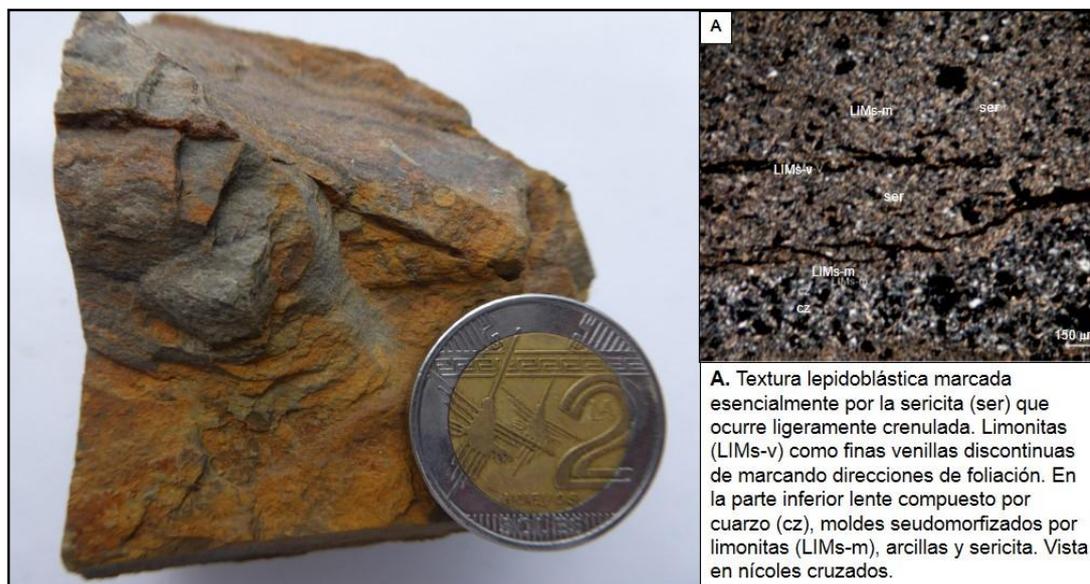


Lámina 2, 3 Filita de sericita de la Formación Contaya (Huayo).

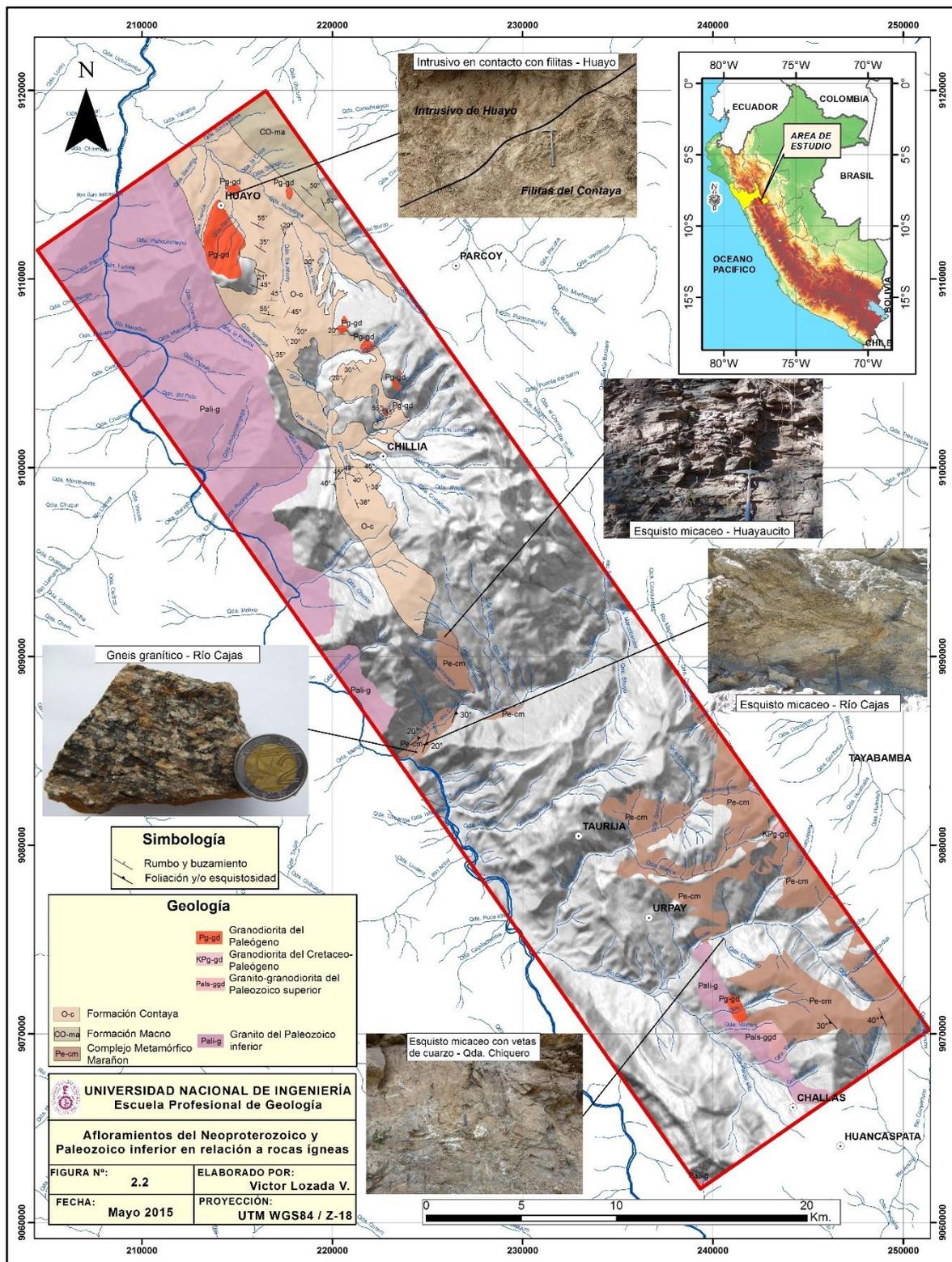


Figura 2, 2 Afloramientos del Proterozoico y Paleozoico inferior en relación a rocas ígneas.

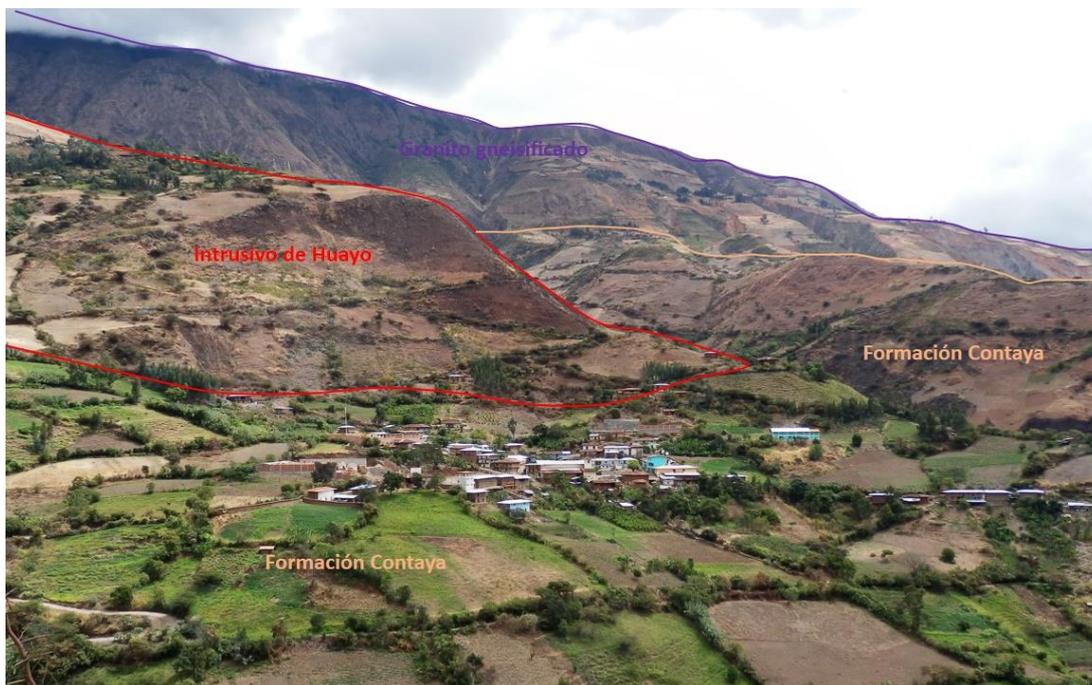


Foto 2, 3 Vista al suroeste, se observa el poblado de Huayo asentado en las filitas y pizarras de la Formación Contaya, intruidas por stock cuarzomonzonita (Intrusivo de Huayo) y en contacto con el granito gneisificado del Marañón.

2.2.4 Paleozoico superior

En la zona de estudio se encuentran tres unidades del Paleozoico superior, uno de litofacies sedimentarias y volcánico-sedimentarias descrito como Grupo Ambo, una netamente sedimentaria carbonatada denominado Grupo Copacabana y finalmente una sedimentación continental con magmatismo efusivo – explosivo conocido como Grupo Mitu.

El **Grupo Ambo** está constituido por areniscas feldespáticas, areniscas subarcósicas gris verdosas, intercaladas con arcillas micáceas y conglomerados hacia el tope del grupo. Suprayace en discordancia angular a las rocas del Complejo Marañón y Formación Contaya e infrayace a las calizas del Grupo Copacabana y a las secuencias del Grupo Mitu en

discordancia (Wilson et al., 1995), por ello se le atribuye una edad Carbonífero inferior.

Durante el Pensilvaniano tardío y Permiano temprano una plataforma carbonatada de poca profundidad cubre discordantemente al Grupo Ambo. Estas rocas sedimentarias marinas principalmente calcáreas se denominan **Grupo Copacabana** y consisten de calizas, calizas arenosas con algunas intercalaciones de pelitas gris oscuras y con restos de crinoideos y fusulínidos (Sánchez, 2006).

En el Permiano tardío al Triásico temprano se depositan rocas sedimentarias continentales relacionadas al ascenso del territorio y su exposición a erosión intensa (Dalmayrac et al., 1988) como resultado de un régimen en extensión. El resultado se conoce como **Grupo Mitu**, constituido en la base por conglomerados polimícticos y areniscas rojas (Figura 2, 3) intercaladas con lodolitas y limolitas, así como secuencias volcanoclásticas y piroclásticas constituidas por tobas de lapilli, tobas de ceniza y areniscas tobáceas. En el sector del Cerro Rucos se ha reconocido una secuencia volcánica riolítica de textura porfirítica en matriz criptocristalina fluidal (Lámina 2, 4). Este volcánico riolítico también fue reconocido cerca a la Quebrada Pumachapana, y según los resultados petroquímicos ambas muestras pertenecen a la serie calcoalcalina con una tendencia alcalina, son peraluminosas y se habrían formado en un ambiente tectónico de arco volcánico.

El Grupo Mitu yace con leve discordancia sobre el Grupo Copacabana e indistintamente sobre el Complejo del Marañón y sobre el Grupo Ambo en discordancia angular. Su contacto superior es una discordancia de ángulo variable con las calizas del Grupo Pucará del Triásico superior, por cual pudo

haberse depositado entre el Permiano medio y Triásico medio (Sánchez, 2006).

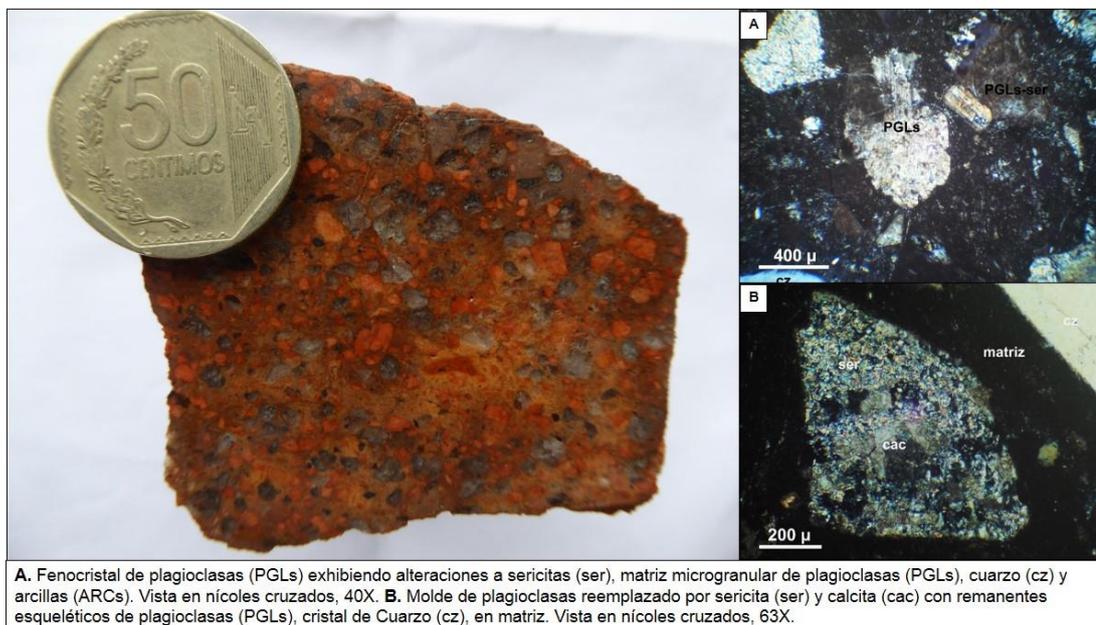


Lámina 2, 4 Volcánico riolítico del Grupo Mitu (Cerro Rucos).

2.2.5 Triásico – Jurásico

Luego de la acumulación del Grupo Mitu relacionado a un proceso de levantamiento, en el Triásico superior se produce una transgresión marina dando inicio al ciclo andino (Dalmayrac B., et. al. 1988). Como resultado se acumuló la secuencia carbonatada clástica del **Grupo Pucará**, que la constituyen tres formaciones: Chambará, Aramachay y Condorsinga.

La unidad inferior es la **Formación Chambará** formada esencialmente de calizas, calizas dolomíticas y algunas areniscas calcáreas de estratos gruesos en la base, le sobreyace la **Formación Aramachay** constituida por calizas y limoarcillitas en estratos tabulares y delgados con alto contenido de fósiles (ammonites); hacia arriba la **Formación Condorsinga** presenta estratos

gruesos y delgados de calizas micríticas. El contenido de paleofauna establece la edad de este Grupo entre el Noriano y Sinemuriano y además permiten caracterizar el ambiente de sedimentación marina como de tipo subtropical a tropical con aporte detrítico restringido y las litofacies dependientes de su posición en la cuenca de sedimentación (Sánchez, 2006). En el flanco sur del río Cajas aledaño al Cerro Rucos, se reconocieron calizas gris oscuras de la Formación Chambará con textura en mosaico inequigranular en mosaico de pseudoesparita (calcita neomórfica) producto de la recrystalización, donde los contactos entre los cristales son muy irregulares. (Lámina 2, 5).

El Grupo Pucará yace sobre el Grupo Mitu discordantemente y subyace a las areniscas del Cretáceo inferior en discordancia angular por lo que se le atribuye una edad entre el Triásico superior y Jurásico inferior.



Lámina 2, 5 Caliza gris oscura del Grupo Pucará (Cerro Rucos).

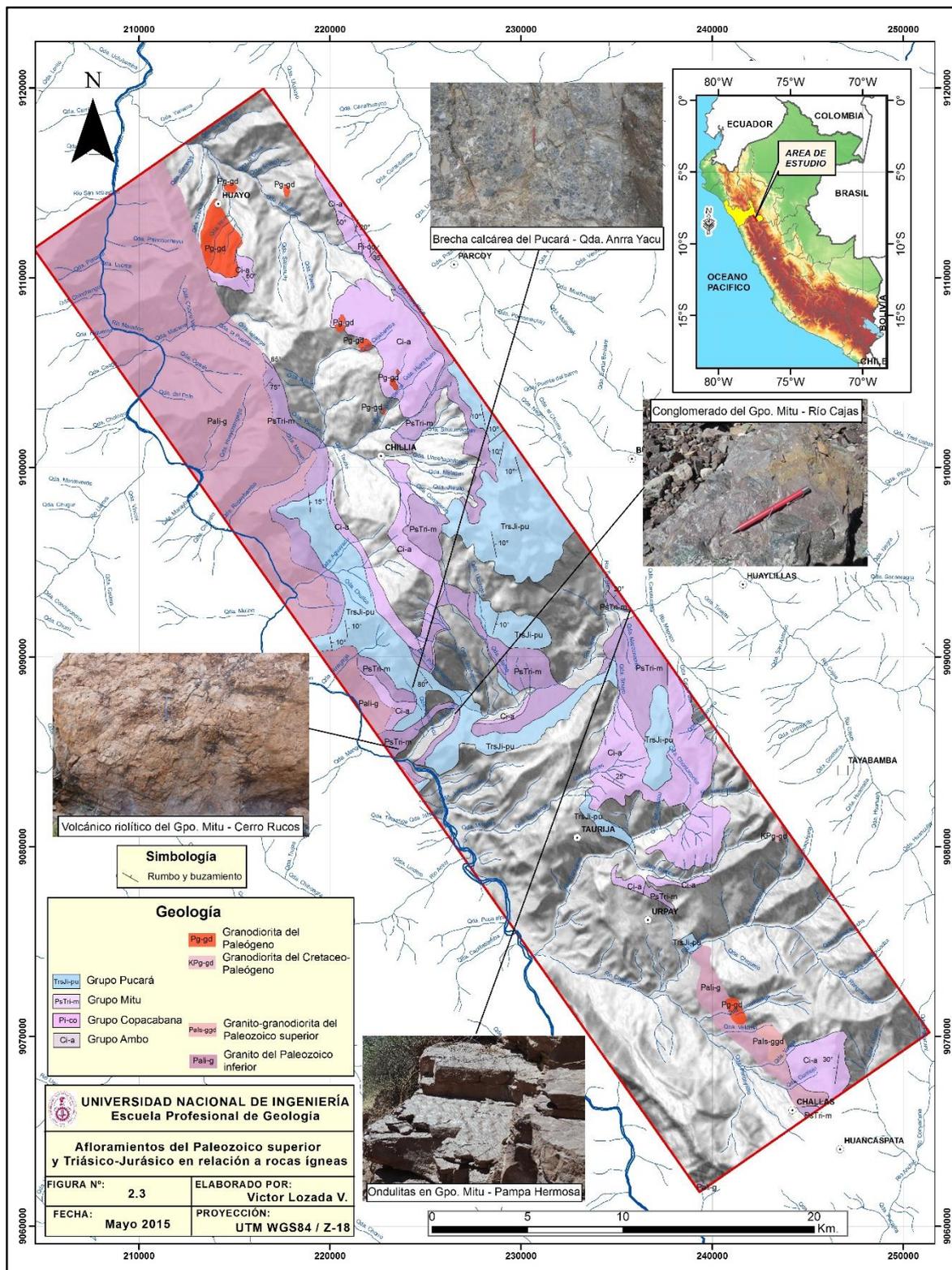


Figura 2, 3 Afloramientos del Paleozoico superior y Triásico-Jurásico en relación a rocas ígneas.

2.2.6 Cretáceo inferior

En la zona de estudio se produjo una sedimentación silicoclastica que dio lugar a la secuencia de areniscas cuarzosas intercaladas con limolitas y limoarcillitas que se describen como **Grupo Goyllarisquizga** indiviso, ya que en la práctica no es posible separar las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat, que si se pueden cartografiar al oeste. El Grupo Goyllarisquizga yace discordantemente sobre las unidades precedentes y de acuerdo a algunos restos de plantas se le considera de edad Valanginiana – Aptiana (Sánchez, 2006).

El contacto superior de las areniscas Goyllarisquizga es concordante con calizas del Albiano registradas como formaciones Inca, Chulec y Pariatambo o **Formación Crisnejas** hacia el lado del río Marañón (Benavides V., 1956). Su litología consiste de calizas y margas de colores cremas a pardo claro que tienen una expresión morfológica más suave, puede encontrarse calizas ferruginosas en la base y en la parte superior algunas calizas negras, bituminosas. Su contenido de paleofauna es abundante y corresponde al Albiano inferior a medio (Sánchez, 2006).

2.2.7 Cretáceo superior – Paleógeno

Sobre las calizas del Albiano yacen concordantemente las calizas de las formaciones **Jumasha-Celendín**, que han sido cartografiadas juntas debido a que es un poco dificultosa su separación. Estas calizas del Cretáceo superior son mayormente biomicritas (Lámina 2, 6), calizas bioespáticas y calizas arcillosas (Figura 2, 4); en estratos tabulares y con superficies de estratificación ondulada.

Hacia el levante se correlaciona con la parte superior de la **Formación Chota**, que es una de las unidades de “capas rojas” depositadas luego del levantamiento de los Andes, la cual marca el fin de la sedimentación marina. Litológicamente constituido por conglomerados polimícticos intercalados con areniscas rojas (Figura 2, 4) y lodolitas en niveles delgados. La Formación Chota yace cubriendo una superficie de erosión sobre las calizas del Cretáceo superior, por lo que se asigna una edad del Cretáceo superior a Paleoceno.

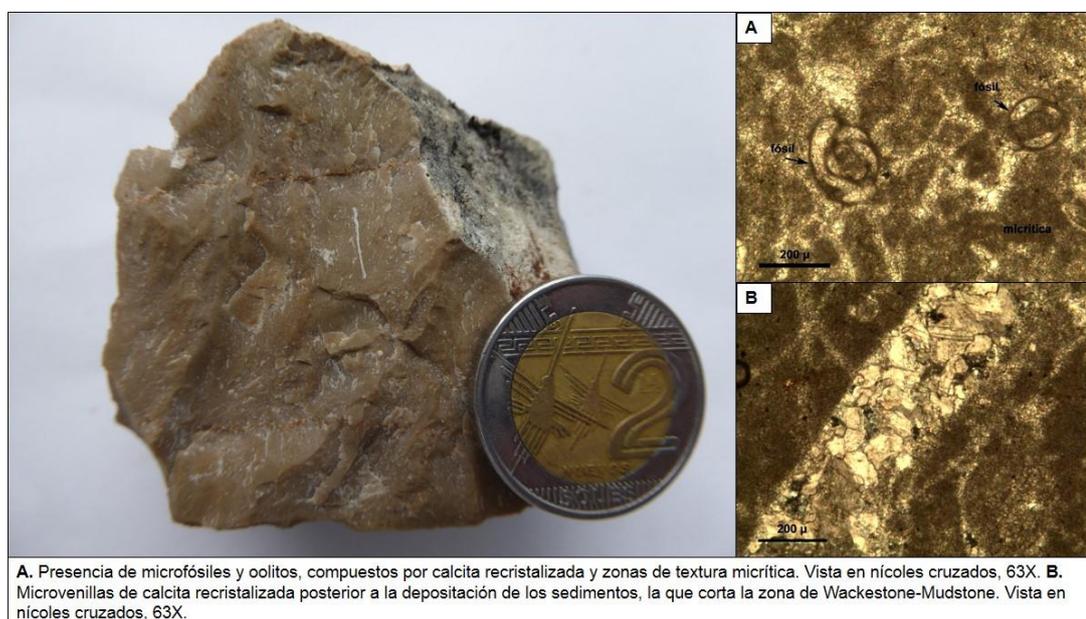


Lámina 2, 6 Caliza biomicrítica de la Formación Jumasha-Celendín (Cerro Challac Irca).

2.2.8 Cuaternario

Agrupar los depósitos aluviales inconsolidados recientes, acumulados por la combinación de procesos coluviales, aluvionales y fluviales que generalmente se ubican en las partes bajas inmediatas a las zonas elevadas y en los lechos de los valles, se incluyen las terrazas aluviales antiguas. Sus grosores son variables, al igual que su extensión y su composición litoclástica.

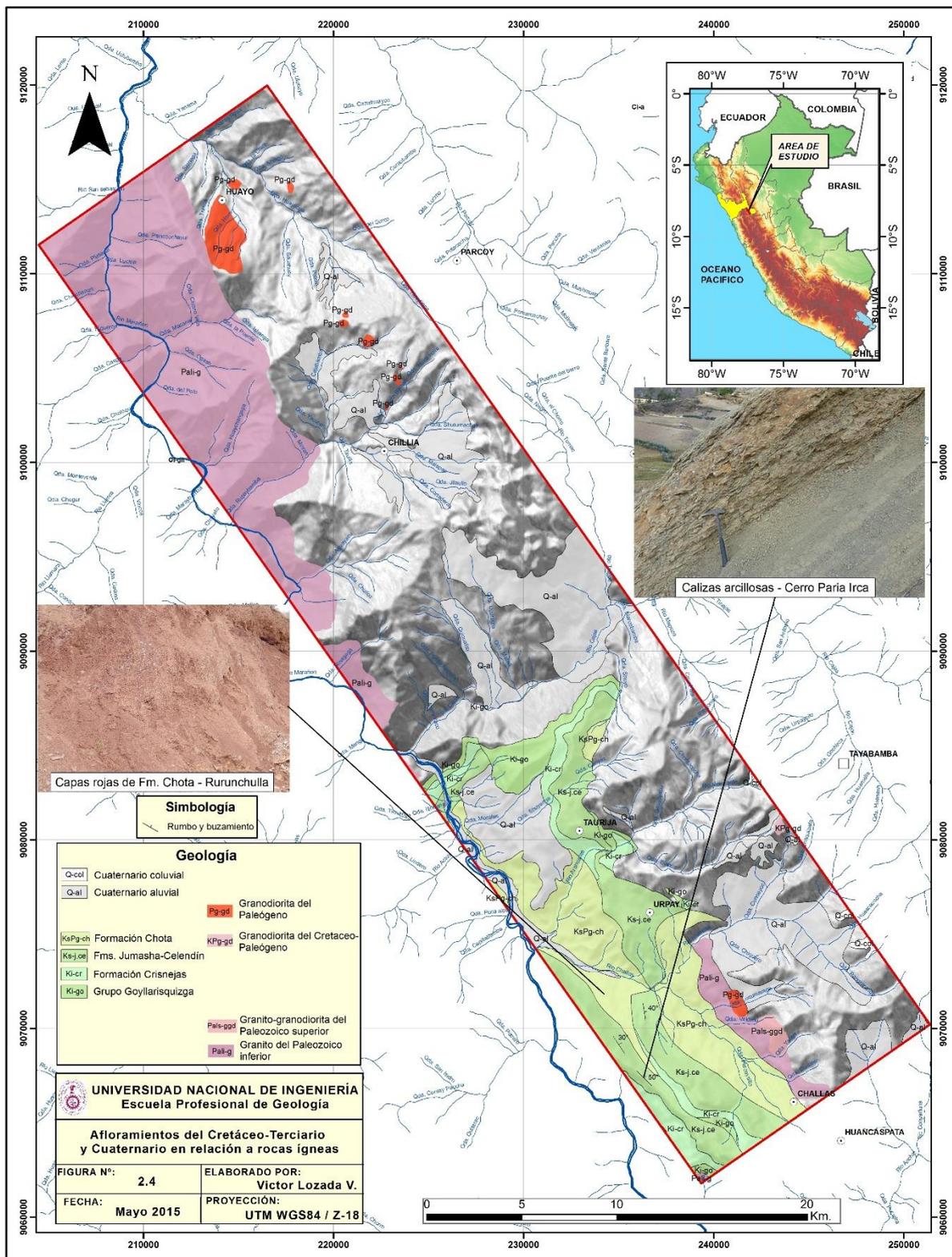


Figura 2, 4 Afloramientos del Cretáceo, Terciario y Cuaternario en relación a rocas ígneas.

2.3 ROCAS INTRUSIVAS

En la zona de estudio las rocas intrusivas representan aproximadamente el 18% del área total, emplazados a manera de batolitos y stocks en un intervalo desde el Paleozoico inferior hasta el Terciario inferior. La distribución de estos cuerpos ígneos según su tiempo de emplazamiento y composición se describen a continuación (Figura 2, 5).

2.3.1.- Intrusivos del Paleozoico inferior

2.3.1.1.- Granito Gneisificado del Marañón.

En el valle del Marañón aflora un granito gneisificado que evidencia su gran antigüedad, en el que predomina la ortosa rosada, siendo más gneisificado cerca a sus contactos. Se emplaza entre las unidades del Complejo del Marañón y está cubierto en discordancia por el Grupo Mitu. Este batolito posiblemente se emplazó entre el Ordovícico y Silúrico (Wilson, op. cit.); y posee una gran extensión, el 14.75% del área de estudio (Figura 2, 5).

Es de textura holocristalina, constituido principalmente de cuarzo, ortosa, y biotita; en la zona de contacto, la biotita está alterándose a clorita y se aprecia mica blanca, con cierta foliación; asimismo, se observan xenolitos constituidos de esquistos micáceos.

2.3.1.2.- Granito Metamorfizado Quebrada Valdivia

En sector sur del área de estudio, entre Challas y el Río Huancas, se emplaza en el flanco este del río Challas un intrusivo con rumbo NO-SE y de aproximadamente 9.5 km de largo. Abarca cerca del 2% del área de estudio

y su composición varía de granito a granodiorita, de textura hipidiomórfica granular, de grano medio con contenidos de ortosa que varían de 10 a 40 %, plagioclasa de 25 a 35 %, cuarzo de 20 a 25 %, biotita de 3 a 8 % y hornblenda de 2 a 5 %.

La muestra 17i-R-011 (Lámina 2, 7) se presenta brechada con una fuerte trituración de sus minerales producto de un tectonismo asociado grandes fallamientos longitudinales de rumbo NO-SE (Lámina 2, 8).

La muestra 17i-R-011A aflora en la Quebrada Valdivia y consiste de un granito de ortosa rosada con cuarzo, plagioclasas y pequeñas cantidades de hornblenda (Lámina 2, 9).

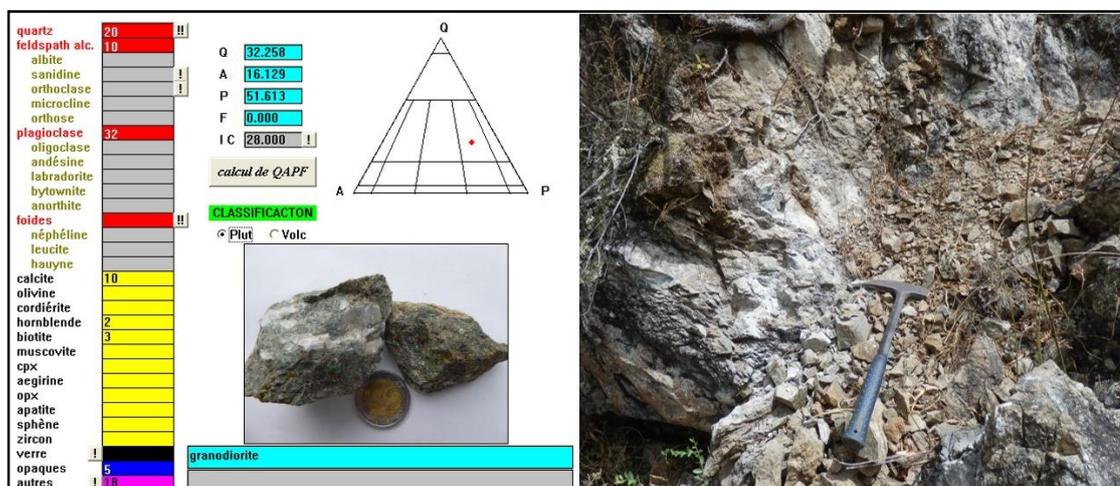


Lámina 2, 7 Intrusivo metamorfozado de la Quebrada Valdivia de composición granodiorita.



Lámina 2.8 Granodiorita microbrechada por tectonismo y con mineralización de cobre.

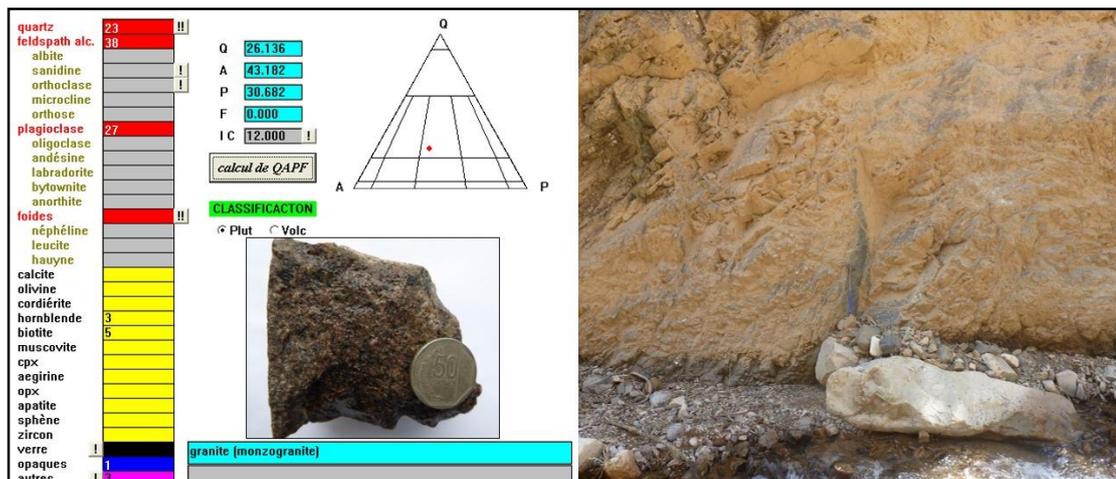


Lámina 2.9 Granito del Paleozoico inferior aflorando en la Quebrada Valdivia.

2.3.2.- Intrusivos del Paleozoico superior

2.3.2.1.- Batolito de Pataz

Emplazada a lo largo de una fractura regional de dirección andina NO-SE, como un cuerpo intrusivo de forma lenticular y alargada (160 km de largo, 1-3 km de ancho) y con una extensión en superficie cercana a los 200 km².

Constituido por granodioritas (Láminas 2, 10 y 2, 11), y monzogranitos de la serie ácida; compuesto por plagioclasa, cuarzo, ortosa, accesorios de apatito y zircón en trazas, sericita, clorita y minerales opacos; así como tonalitas; dioritas y microdioritas, de una serie intermedia a básicas (Haeberlin et al 2000).

Algunas dataciones K-Ar (Schreiber, 1990), dieron edades de 321 Ma, en los plutones del área de Pataz, y dataciones U-Pb en zircón dio 329 ± 1 Ma (Vidal et al., 1995) para las granodioritas en el área de Parcoy asignándole una edad de emplazamiento de Carbonífero inferior-superior.

Los sistemas de vetas auríferas (312-314 Ma., Haeberlin, 2000) en la región de Pataz están ligados espacialmente a la geometría del Batolito, en el margen occidental de este cuerpo intrusivo (Maque, 2007).

Este batolito no aflora en el área de estudio, pero se menciona debido a su importancia económica y sus semejanzas petroquímicas con la granodiorita de Muñancapata.

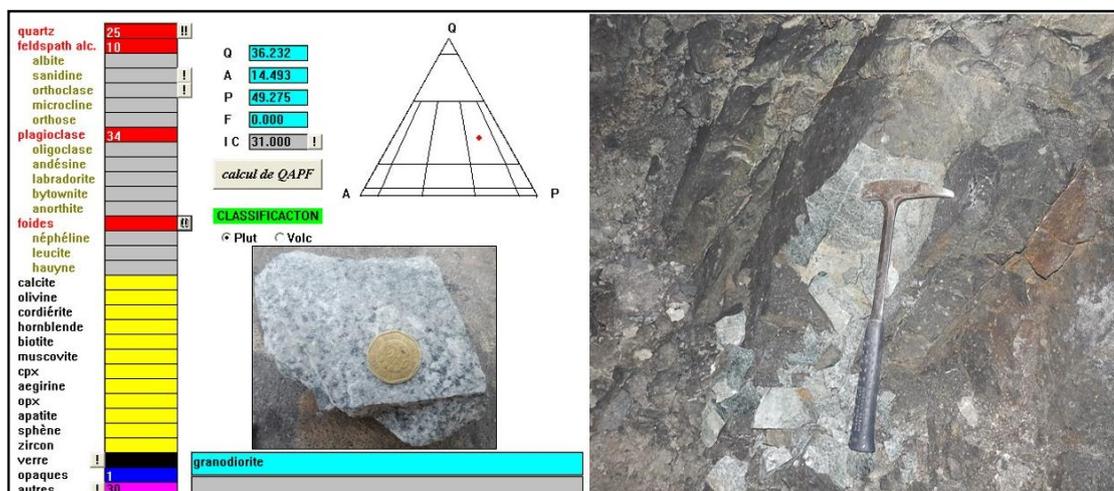


Lámina 2, 10 Vista en interior mina del Batolito de Pataz a 2786 msnm (Parcoy, CMH).



Lámina 2, 11 Granodiorita del Batolito de Pataz de la mina Parcoy (CMH).

2.3.2.2.- Granodiorita Muñancapata

En el Cerro Muñancapata a 3 km al noroeste de Challas, se encuentra un pequeño stock de 2.5x1 km, abarca el 0.25% del área de estudio.

Según su petroquímica (calcoalcalina, metaluminosa, de arco volcánico) y relaciones de campo; intruye secuencias del Paleozoico inferior y al grupo Ambo; se le ha caracterizado equivalente al Batolito de Pataz del Paleozoico superior (Lámina 2, 12).

Es una granodiorita de textura holocristalina hipidiomórfica granular seriada constituida por minerales principales de plagioclasa, cuarzo y ortosa; accesorios de hornblenda, piroxenos, y trazas de zircón. Presenta arcillas, clorita y opacos como minerales de alteración. Presenta una leve alteración argílica y propilítica. (Lámina 2, 13).

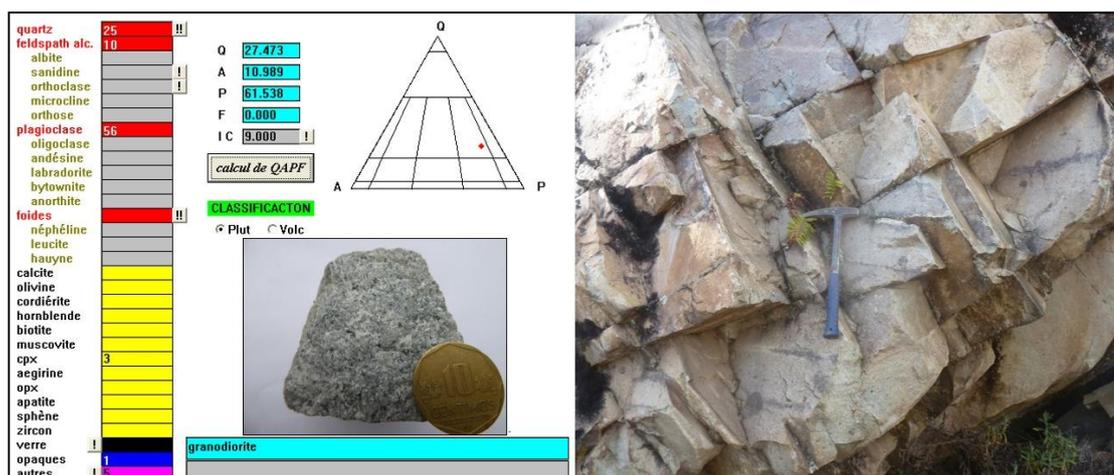


Lámina 2, 12 Granodiorita Muñancapata en los alrededores del cerro del mismo nombre.

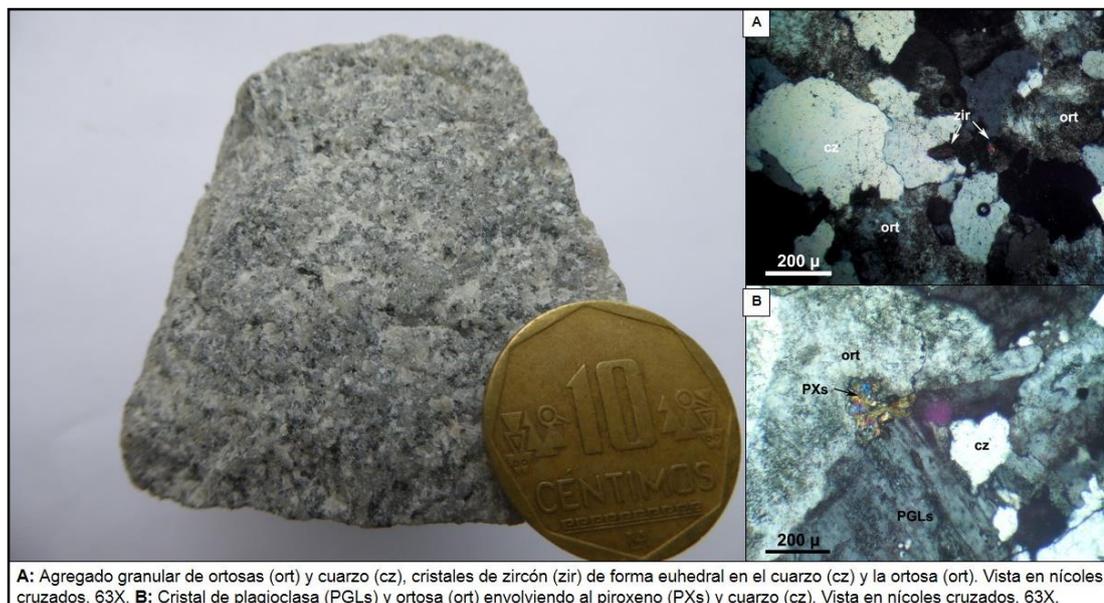


Lámina 2, 13 Intrusivo de Muñancapata de composición granodiorita.

2.3.3.- Intrusivos del Cenoico

Las muestras de estos cuerpos intrusivos se clasifican como granodioritas y pueden variar localmente a cuarzomonzonitas, monzogranitos y tonalitas, caen en el rango de la serie alcalina, metaluminosa y de un ambiente de intraplaca.

2.3.3.1.- Cuarzomonzonita - Granodiorita Huayo

Se consideran dentro de esta unidad un conjunto de ocho pequeños stocks y uno de mayores dimensiones, localizados en el sector norte entre Chillia y Huayo, representan el 0.8% del área de estudio y se encuentran emplazadas en rocas de la Formación Contaya y del Grupo Ambo.

El stock ubicado al sur de Huayo tiene 2 x 4 km, otro cuerpo similar aunque más pequeño se encuentra en el corte de carretera a esta localidad emplazado en las pelitas grises Contaya (Lámina 2, 14).

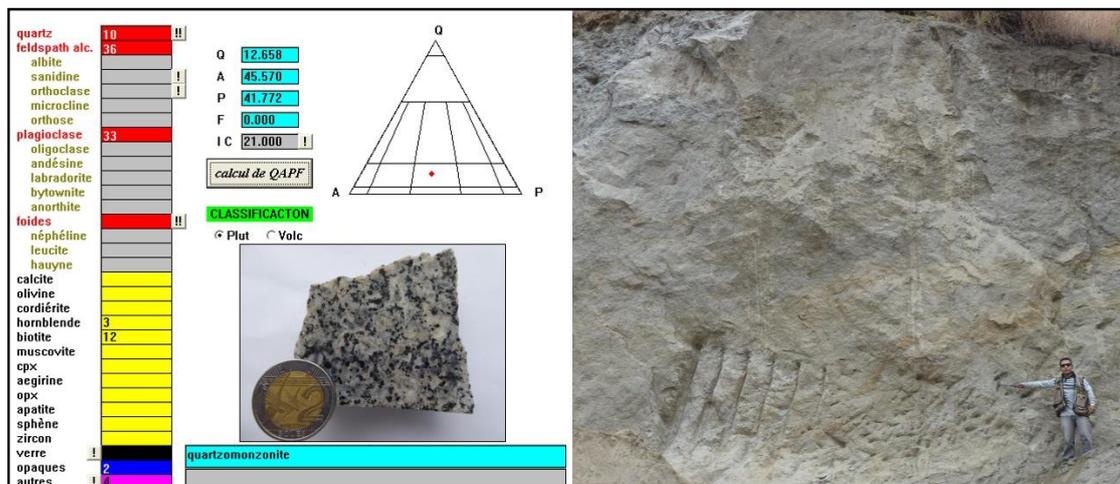


Lámina 2, 14 Cuarzomonzonita de Huayo usado como cantera y cortado por carretera.

Al norte de Chillia entre Canta y el Cerro Peña Prieta se encuentran seis cuerpos de granodiorita a cuarzomonzonitas con dimensiones menores a 1 km alineados en dirección NO-SE, emplazadas en las pelitas ordoviácianas y areniscas del Grupo Ambo.

Son cuerpos leucócratas holocristalinas, inequigranulares de grano medio e hipidiomórficos, cuyo contenido de ortosa varía de 30 a 40% con intercrecimientos perfiticos, plagioclasas de 25 a 35%, cuarzo de 10 a 20%, biotita de 8 a 12%, hornblenda de 3 a 8%. Como accesorios trazas de apatito, zircón asociado a biotita y opacos hasta 2%, se nota una leve deformación en los cristales de feldespatos y alteración de los máficos (Lámina 2, 15).

Algunas dataciones Ar-Ar (Sánchez et al., 2006) en biotita han reportado edades de 40.7 y 41.2 Ma, confirmando la hipótesis de un evento magmático durante el Eoceno.

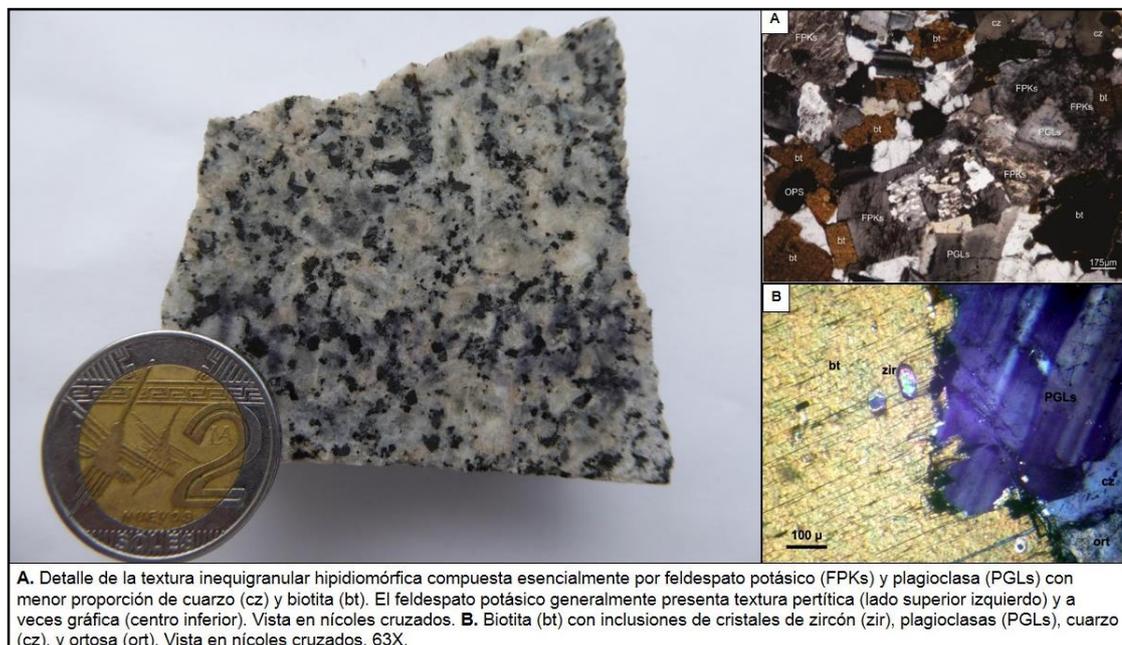


Lámina 2, 15 Intrusivo de Huayo de composición cuarzomonzonita.

2.3.3.2.- Monzogranito - Granodiorita Miramar

Este pequeño stock de 1.5 x 0.7 km se encuentra en los alrededores de la Hacienda Miramar, abarca el 0.2% del área de estudio en el sector sur. Se encuentra intruyendo el Granito metamorfozido del Paleozoico inferior.

Consiste de un monzogranito con variaciones a granodiorita de textura holocristalina hipidiomórfica inequigranular, con leve a moderada alteración (Lámina 2, 16). Constituida por minerales principales de plagioclasas (35-45%), cuarzo (15-25%) y ortosa (20-30%); accesorios de hornblendas (8-10%), biotitas (5-8%), minerales opacos (3-4%) y trazas de apatito, zircón, allanita y epidota. Las epidotas además de estar asociadas a las allanitas (ortitas) están también dentro de los intersticios de los minerales esenciales derivadas de la alteración de algunas hornblendas y biotitas (Lámina 2, 17).

Este intrusivo según sus resultados petroquímicos, analizados más adelante (alcalina, metaluminosa y de un ambiente tectónico de intraplaca), se le asigna una edad tentativa del Eoceno, similar al Intrusivo de Huayo al norte de la zona de estudio.

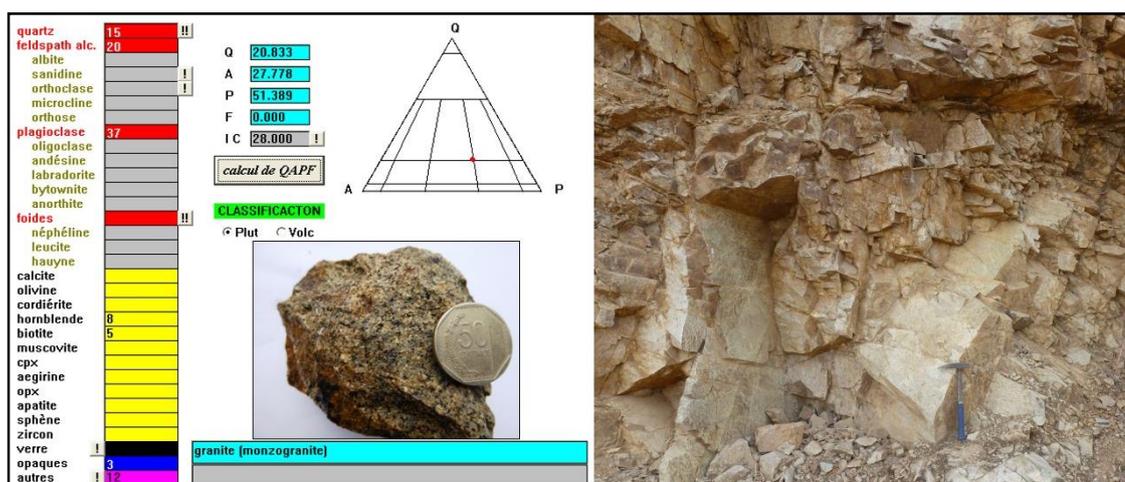


Lámina 2, 16 Monzogranito de Miramar diaclasado y cortado por venillas de cuarzo-óxidos.



Lámina 2, 17 Intrusivo de Miramar de composición monzogranito.

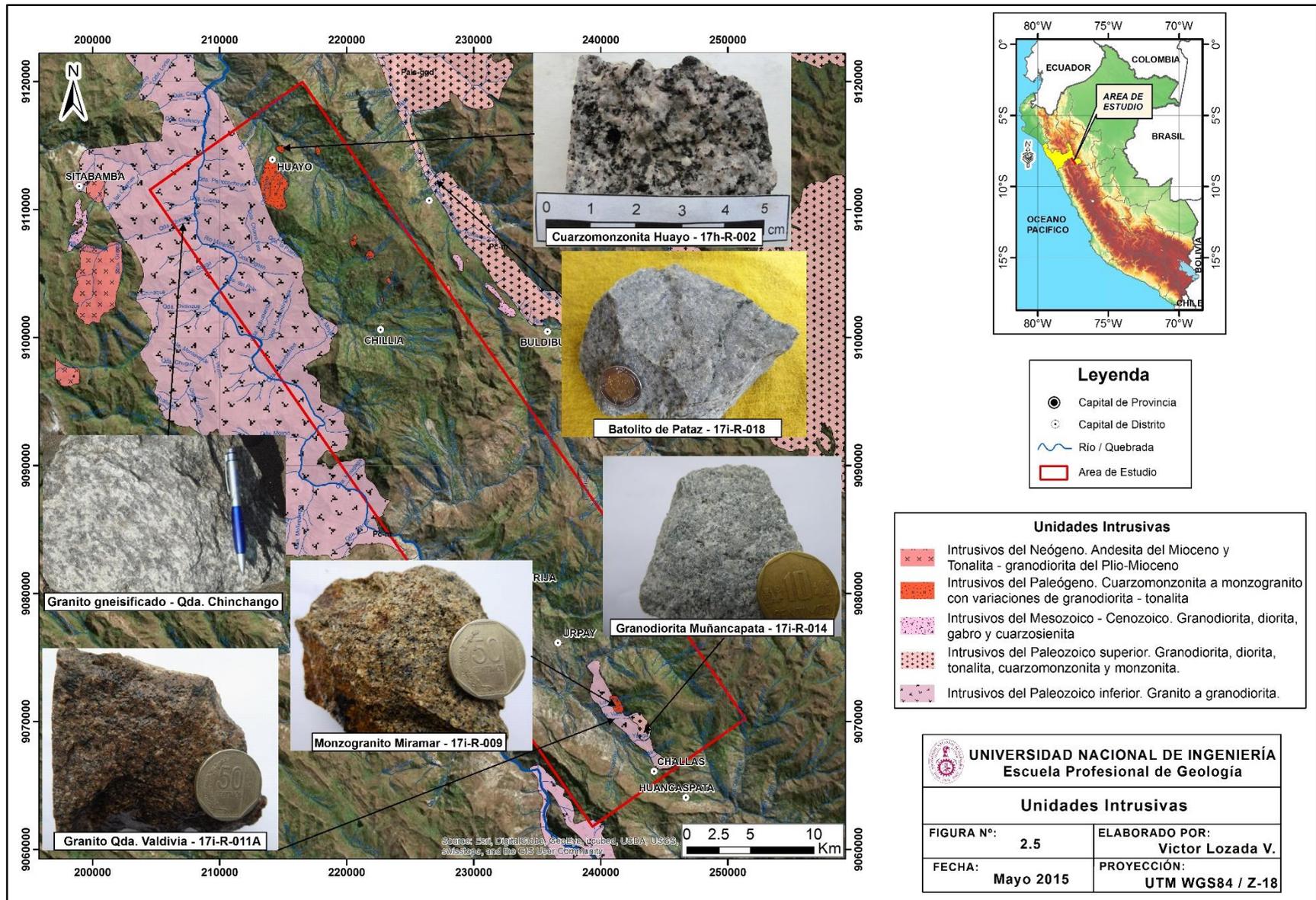


Figura 2, 5 Unidades Intrusivas del área de estudio

2.3.4.- Petroquímica

Los diagramas petroquímicos han ayudado a caracterizar los intrusivos del área de estudio según su composición magmática y ambiente tectónico; para poder definir aproximadamente su edad de emplazamiento.

Para el desarrollo de esta sección se ha procesado una base de datos de geoquímica de elementos mayores (7 muestras) y elementos traza (15 muestras) correspondientes al Proyecto GE33-2013 de la DRME del INGEMMET. Además se ha utilizado una base de datos de roca total (54 muestras) tomados de la base de datos de petroquímica del GEOCATMIN compilados de los trabajos de Haeberlin (2002), Sánchez (2006), Cardona (2006) y Miskovic (2009). También se incluyen unas gráficas tomadas de Gómez et al. (2012) para caracterizar al Batolito de Pataz.

En el diagrama de alcalinidad (Figura 2, 6), la muestra 17h-R-002 del Intrusivo de Huayo y 17h-R-009 del Intrusivo de Miramar caen en el campo alcalino, mientras que las muestras 17i-R-014 del Intrusivo de Muñancapata y 17i-R-018 del Batolito de Pataz (Mina Parcoy) pertenecen a la serie calcoalcalina. Los volcánicos del Grupo Mitu son riolitas de la serie calcoalcalinas con una tendencia alcalina, mientras que el dique granítico del Complejo Marañón pertenece a la serie tholeítica. Las unidades graníticas del Batolito de Pataz corresponden a la serie magmática calcoalcalina con contenido medio a alto de K_2O , bajo a alto contenido de FeO total y corresponden al grupo de rocas peraluminicas a metaluminicas (Gómez et al., 2012) (Figura 2, 8).

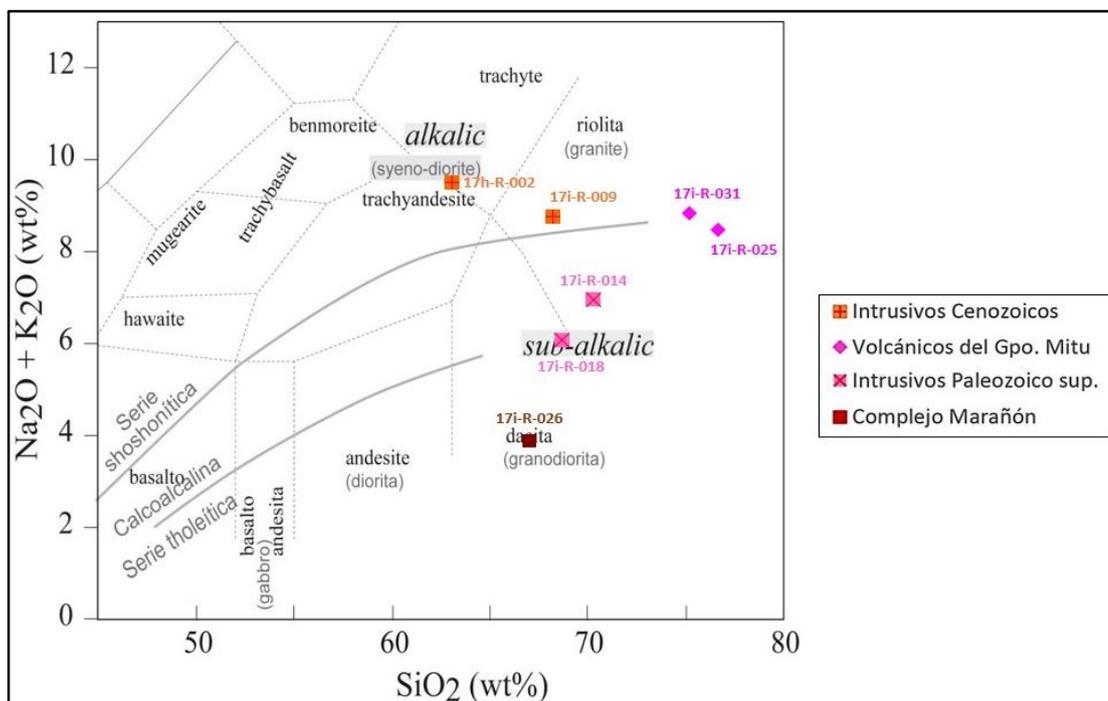


Figura 2, 6 Alcalinidad y nomenclatura de rocas volcánicas según diagrama TAS (Total álcalis Vs sílice) (Le Bas et al., 1986)

En el diagrama de saturación de alúmina (Figura 2, 7) las muestras de los intrusivos cenozoicos de Huayo y Miramar son metaluminosas, las riolitas del Mitu peraluminosas, mientras que la muestra 17i-R-014 del Intrusivo de Muñancapata es metaluminosa y la muestra 17i-R-018 del Batolito de Pataz (Mina Parcoy) peraluminosa, así como el dique granítico del Complejo Marañón.

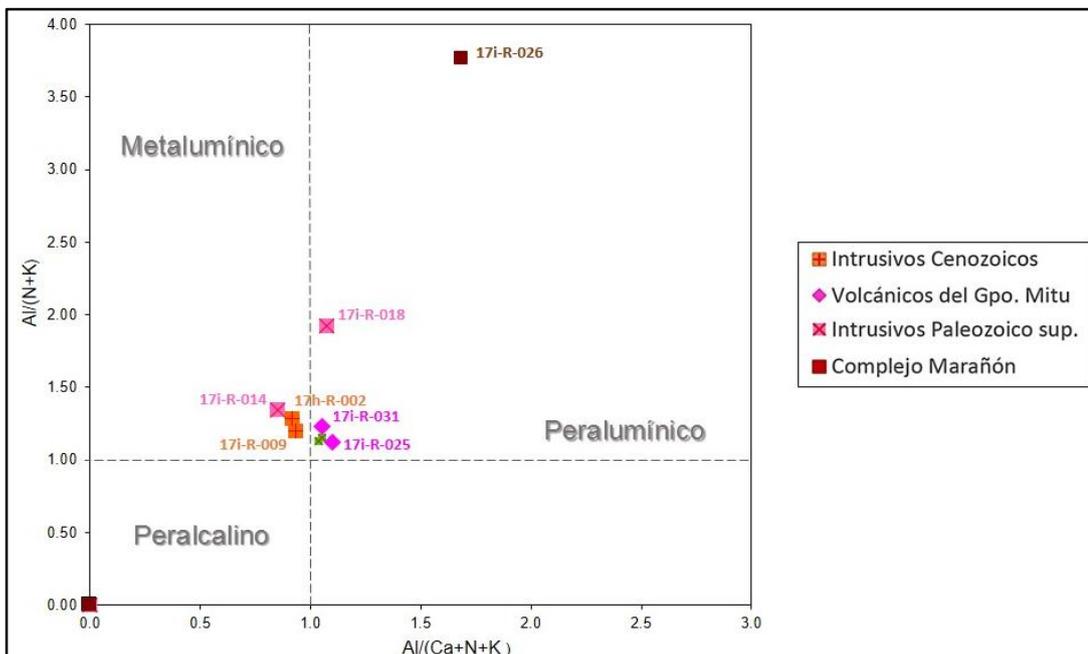


Figura 2, 7 Diagrama para determinar el índice de saturación de alúmina (Shand, 1947)

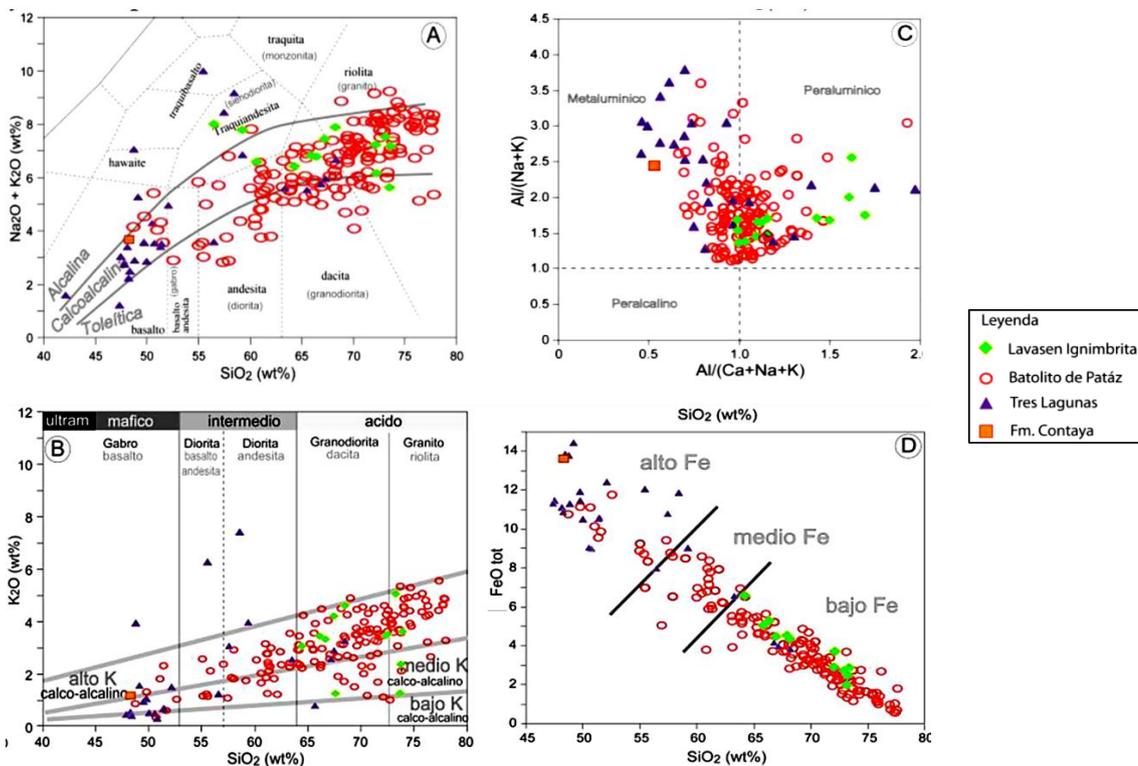


Figura 2, 8 Diagramas de alcalinidad en (A), contenido de K en las rocas calcoalcalinas en (B), aluminosidad en (C), y el contenido de FeO total en (D) del Batolito de Patáz (Tomado de Gómez et al., 2012)

En el diagrama de clasificación de rocas plutónicas (Figura 2, 9) se ha comprobado que la muestra 17h-R-002 del Intrusivo de Huayo es una cuarzomonzonita, y del 17i-R-009 del Intrusivo Muñancapata un monzogranito.

La muestra 17i-R-014 del Intrusivo de Muñancapata y la muestra 17i-R-018 del Batolito de Pataz (Mina Parcoy) corresponden a granodioritas, mientras que el Batolito de Pataz muestra un amplio rango de composición que van desde gabros, dioritas, granodioritas a granitos; y con un porcentaje de gran variedad de SiO₂ del 45 al 80% (Figura 2, 8).

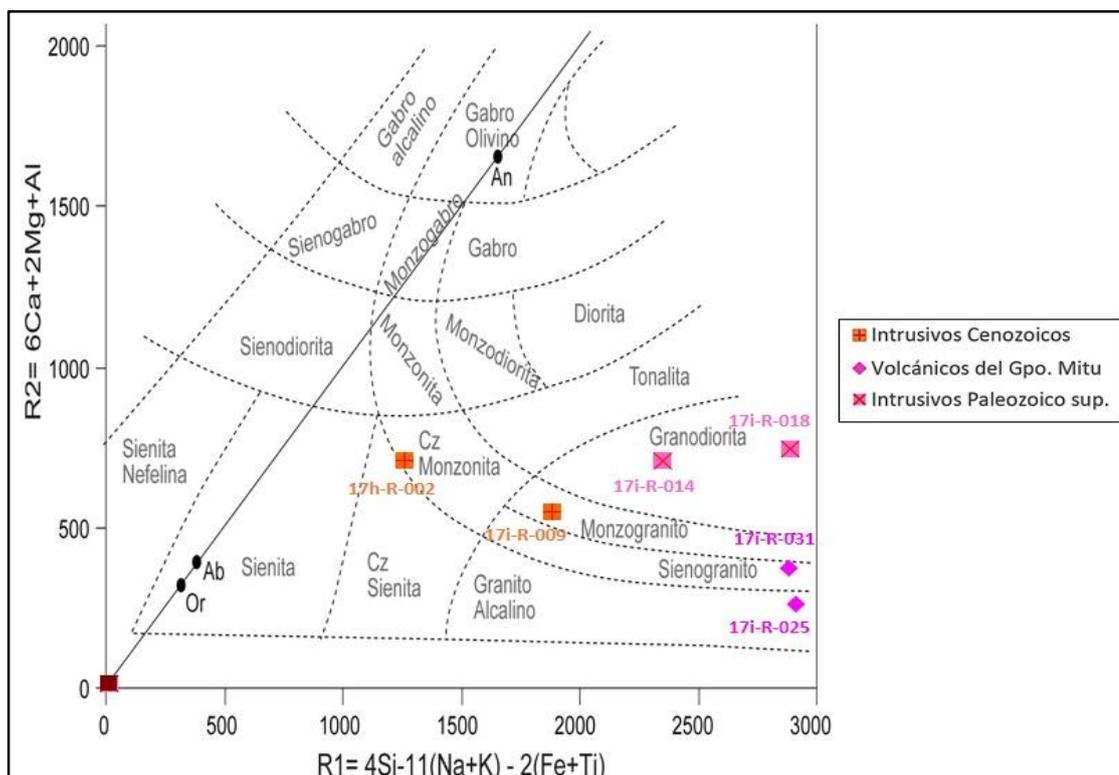


Figura 2, 9 Clasificación de rocas plutónicas usando los parámetros R1 y R2 (De la Roche et al., 1980)

En el diagrama para distinguir adakitas (Figura 2, 10) se observa que las rocas ígneas del Batolito de Pataz, del Intrusivo Muñancapata, del Intrusivo Miramar y los volcánicos Mitu caen fuera del campo de las adakitas y sus razones Sr/Y son bajas, a excepción del intrusivo Huayo que también cae fuera del campo de las adakitas pero con razones de Sr/Y que varían de 15 a 25 y perteneciendo al campo donde tienen al anfíbol como mineral residual.

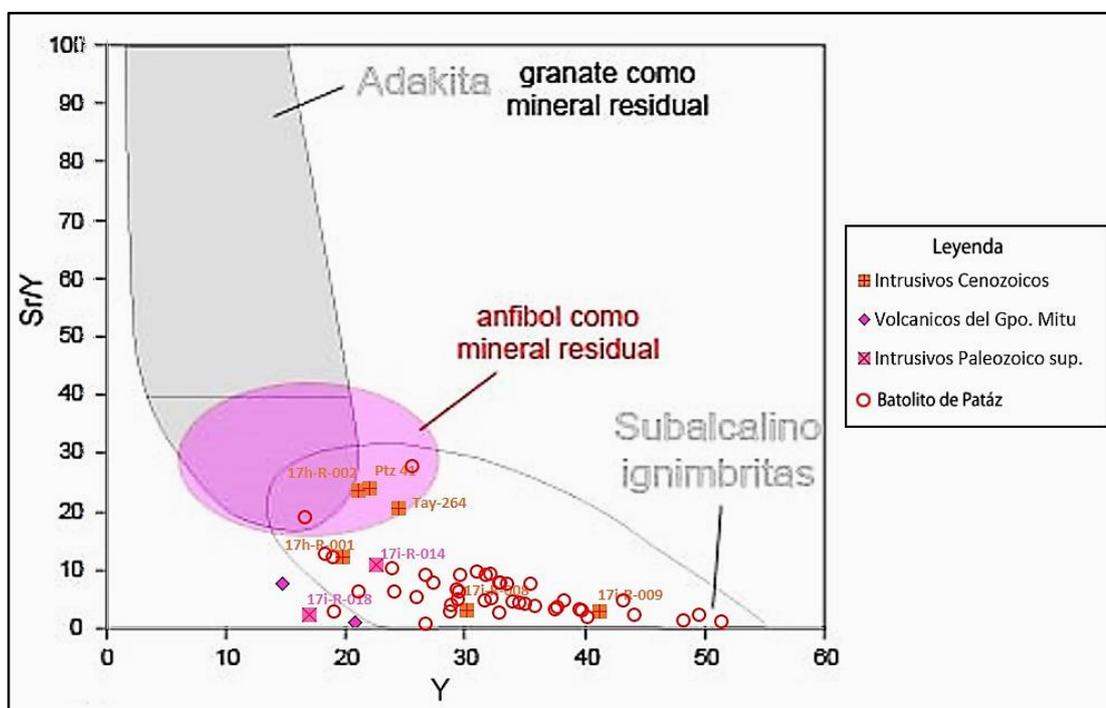


Figura 2, 10 Diagrama para distinguir Adakitas en base a las razones de Sr/Y versus concentraciones de Y (Drummond & Defant, 1990).

En el diagrama para determinar y comparar la evolución magmática del Intrusivo del Eoceno con el del Batolito de Pataz (Figura 2, 11), se puede observar que ambos cuerpos ígneos son muy evolucionados o muy fraccionados, es decir que durante su diferenciación magmática han pasado por los procesos de cristalización fraccionada, contaminación o asimilación cortical y mezcla de magmas distintos.

Sin embargo el Batolito de Pataz muestra una mayor evolución magmática con respecto al Intrusivo del Eoceno, debido a que ha experimentado una mayor mezcla de magmas distintos, mostrando un amplio rango de composición que van desde gabros a granitos, y con una gran variedad en su porcentaje de SiO_2 que van del 45 al 80% (Figura 2, 8)

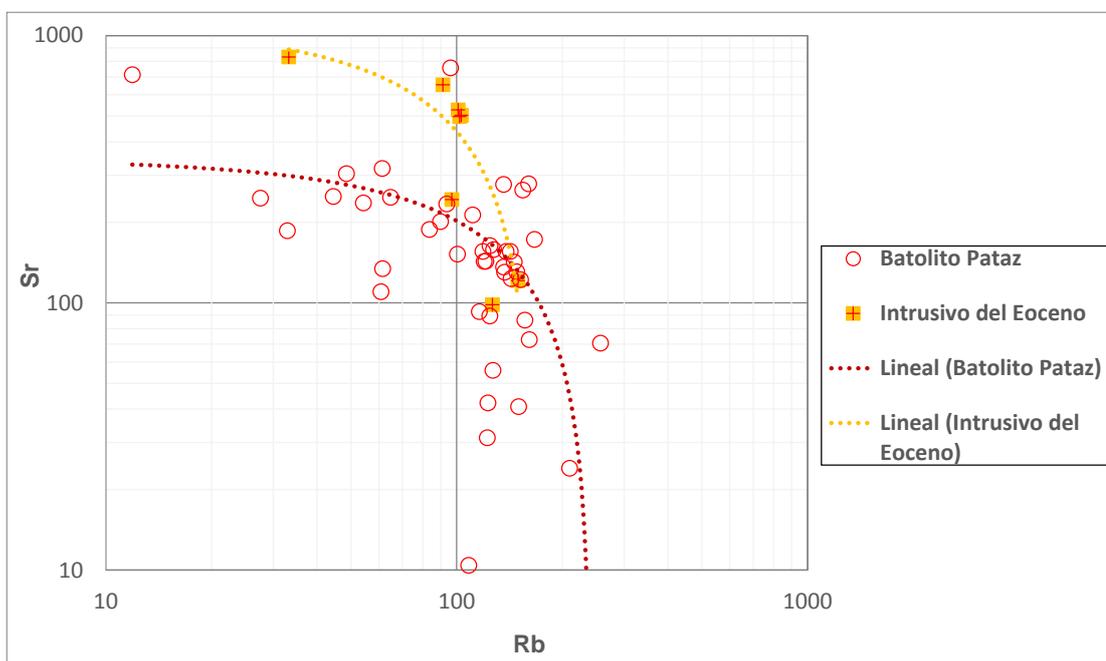


Figura 2, 11 Diagrama Rb Vs Sr para determinar la evolución magmática del Batolito de Pataz y del Intrusivo del Eoceno.

2.3.4.- Dataciones Radiométricas

A nivel regional se tiene registrado 16 dataciones, 3 ellas dentro de la zona de estudio, entre Huayo y Usca (Tabla 2, 1 y Mapa 2, 3).

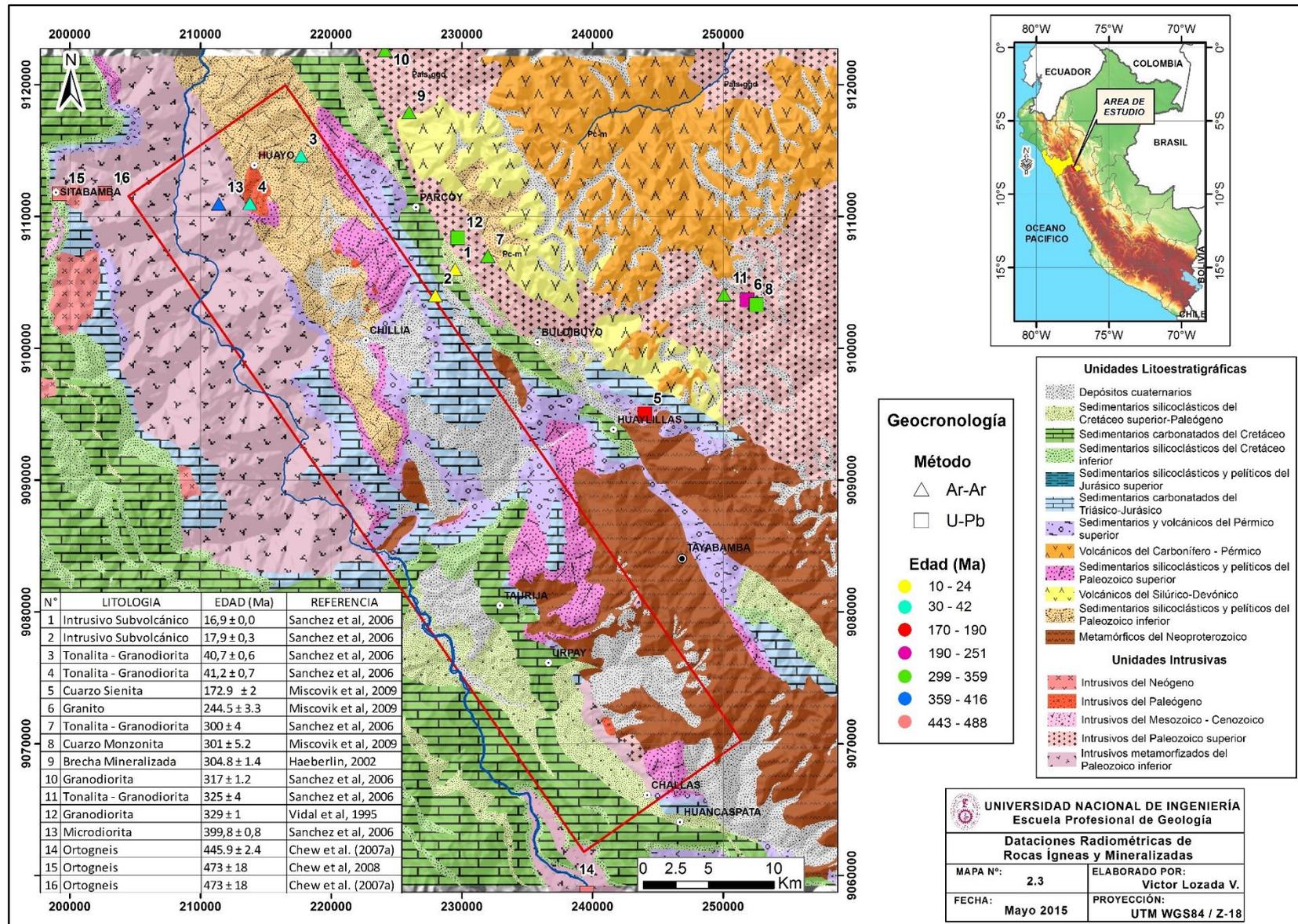
Las dataciones radiométricas miden las de edades absolutas basadas en el decaimiento radioactivo, proceso por el cual un isótopo específico de un átomo se convierte en otro a un ritmo constante y conocido.

Un método utilizado fue el de **$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$** en anfíbol, biotita y muscovita, cuyas temperatura de bloqueo (temperatura donde la difusión de isótopos entre un mineral y el ambiente geoquímico acaba) para cada una bordea los 500°C, 250°C y 400°C respectivamente. Se han realizado 9 dataciones usando este método, la mayoría en biotita, incluyendo las 3 dataciones dentro del área de estudio (Mapa 2, 3).

El otro método usado fue el de **U-Pb** en zircón, mineral usado por su alto contenido de U (mayor a 100 ppm), su compacta estructura cristalina, su alta resistencia mecánica y química, y una temperatura de bloqueo que bordea los 800 °C, que puede fechar edades de cristalización o metamorfismo de alto grado. Las 7 dataciones restantes usaron este método en zircón.

Tabla 2, 1 Dataciones radiométricas recopiladas de la zona de estudio y en su entorno geológico regional (Tomado del GEOCATMIN)

N°	NORTE	ESTE	CODIGO	LITOLOGIA	UNIDAD	HOJA	LOCALIDAD	MINERAL	METODO	EDAD (Ma)	REFERENCIA
1	9106000	229500	Pto - 4	Intrusivo Subvolcánico	Subvolcánico Cerro Negro	Tayabamba	Oeste de Cerro Gigante	Anfibol	40Ar/39Ar	16,9 ± 0,0	Sanchez et al, 2006
2	9104000	228000	Pto - 5	Intrusivo Subvolcánico	Subvolcánico Pena Grande	Tayabamba	Oeste de Cerro Gigante	Biotita	40Ar/39Ar	17,9 ± 0,3	Sanchez et al, 2006
3	9114603	217700	Tay -41	Tonalita - Granodiorita	El Huayo	Pallasca	Puente Huayo	Biotita	40Ar/39Ar	40,7 ± 0,6	Sanchez et al, 2006
4	9111000	213800	734	Tonalita - Granodiorita	El Huayo	Pallasca	Huayo	Biotita	40Ar/39Ar	41,2 ± 0,7	Sanchez et al, 2006
5	9095000	243998	NAM-11a	Cuarzo Sienita	Huaylillas	Tayabamba	Huaylillas	Zircon	U-Pb	172.9 ± 2	Miscovik et al, 2009
6	9103645	251849	NAM-05	Granito	Metal Palina	Tayabamba	Zona Maderos	Zircon	U-Pb	244.5 ± 3.3	Miscovik et al, 2009
7	9107000	232000	Pto -10	Tonalita - Granodiorita	Batolito Pataz	Tayabamba	Cerro Gigante	Biotita	40Ar/39Ar	300 ± 4	Sanchez et al, 2006
8	9103275	252548	NAM-02a	Cuarzo Monzonita	Metal Palina	Tayabamba	Zona Maderos	Zircon	U-Pb	301 ± 5.2	Miscovik et al, 2009
9	9117900	225985	YEX 21B	Brecha Mineralizada	Batolito Pataz	Juscusbamba	Alpamarca	Muscovita	40Ar/39Ar	304.8 ± 1.4	Haeberlin, 2002
10	9122604	224121	BT-117	Granodiorita	Batolito Pataz	Pataz	Yuracyacu	Biotita	40Ar/39Ar	317 ± 1.2	Sanchez et al, 2006
11	9104078	250073	Tay - 17	Tonalita - Granodiorita	Metal Palina	Tayabamba	Este de Laguna Huascacocha	Biotita	40Ar/39Ar	325 ± 4	Sanchez et al, 2006
12	9108368	229695	-	Granodiorita	Batolito Pataz	Tayabamba	Parcoy	Zircon	U-Pb	329 ± 1	Vidal et al, 1995
13	9110961	211407	738	Microdiorita	Sitabamba	Pallasca	Usca	Biotita	40Ar/39Ar	399,8 ± 0,8	Sanchez et al, 2006
14	9058652	239567	DC 05/6-5	Ortogneis	Sitabamba	Pomabamba	El Potrero	Zircon	U-Pb	445.9 ± 2.4	Chew et al. (2007a)
15	9111709	199222	DC 04/5.2	Ortogneis	Sitabamba	Pallasca	Sitabamba	Zircon	U-Pb	473 ± 18	Chew et al, 2008
16	9111730	202691	DC 04/5-2	Ortogneis	Sitabamba	Pallasca	Sitabamba	Zircon	U-Pb	473 ± 18	Chew et al. (2007a)



Mapa 2, 3 Dataciones radiométricas de rocas ígneas y mineralizadas

2.4 TECTÓNICA REGIONAL Y CONTROL ESTRUCTURAL

2.4.1.- Evolución Tectónica Regional

La Cordillera Oriental corresponde al borde occidental del continente Gondwana, donde su origen se remonta a la existencia de un cinturón orogénico continuo superior a 3500 kilómetros a lo largo del Cratón Amazonia occidental, durante la formación de Rodinia, su temprana fragmentación antes de 690 Ma, apoya un modelo de reacreción del Terreno Paracas-Arequipa-Antofalla al Gondwana occidental en el Ordovícico temprano, con la posterior separación del segmento de Paracas del microcontinente mexicano Oaxaquia a fines del Ordovícico Tardío (Figuras 2, 12 y 2, 13). La parte oeste de la Cordillera Oriental está bordeada por una depresión tectónica NNO-SSE que consiste en una serie de grábenes y semigrábenes que contienen secuencias detríticas y carbonatadas de los grupos Ambo (Misisipiano), Copacabana (Pensilvaniano-Pérmico inferior) y Mitu (Permo-Triásico); con secciones incompletas del Mesozoico (Wilson y Reyes, 1964; Schreiber, 1989; Haeberlin et al., 2004). Haeberlin (2002) considera que la Cordillera Oriental del norte peruano constituye un fragmento de antepaís en una faja orogénica y que además hubo desprendimiento de terrenos que corresponderían a la prolongación septentrional del terreno Paracas-Arequipa-Antofalla, ubicado al oeste de la Cordillera Oriental durante el Missisipiano y que migraron hacia el norte. En el Carbonífero inferior se desarrolló un arco magmático y apertura de cuencas transtensivas que dieron lugar a procesos corticales tectono – termales relacionados a una margen convergente en ascenso (Figura 2, 14). La mineralización aurífera del Batolito de Pataz está vinculada a los eventos tectono – termales ocurridos en la corteza (Haeberlin, 2002).

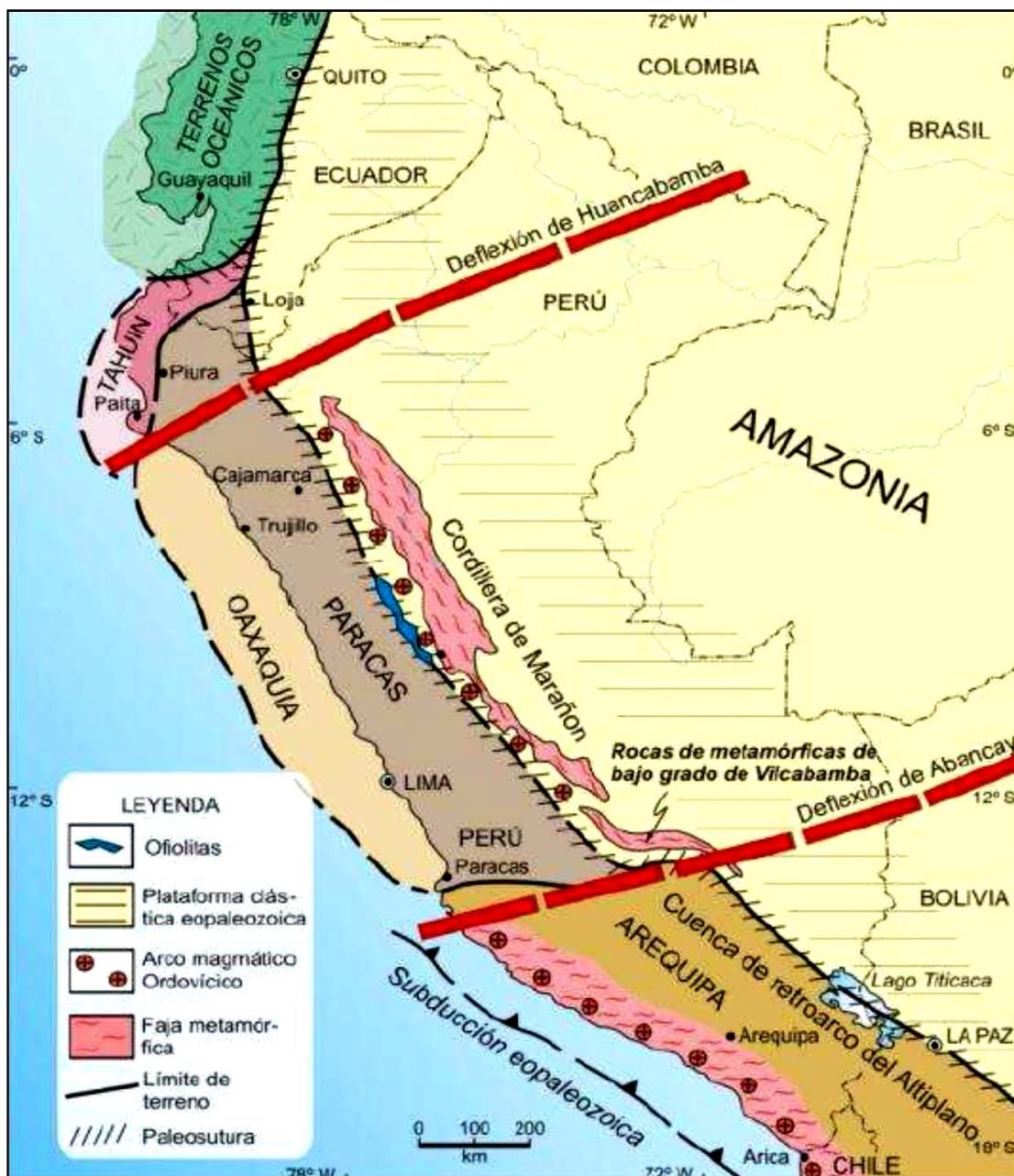


Figura 2, 12 Extensión de los terrenos Paracas y Oaxaquia a fines del Ordovícico (Ramos, V.; 2008). Se observa además el arco magmático Ordovícico y la ya formada Cordillera de Marañon.

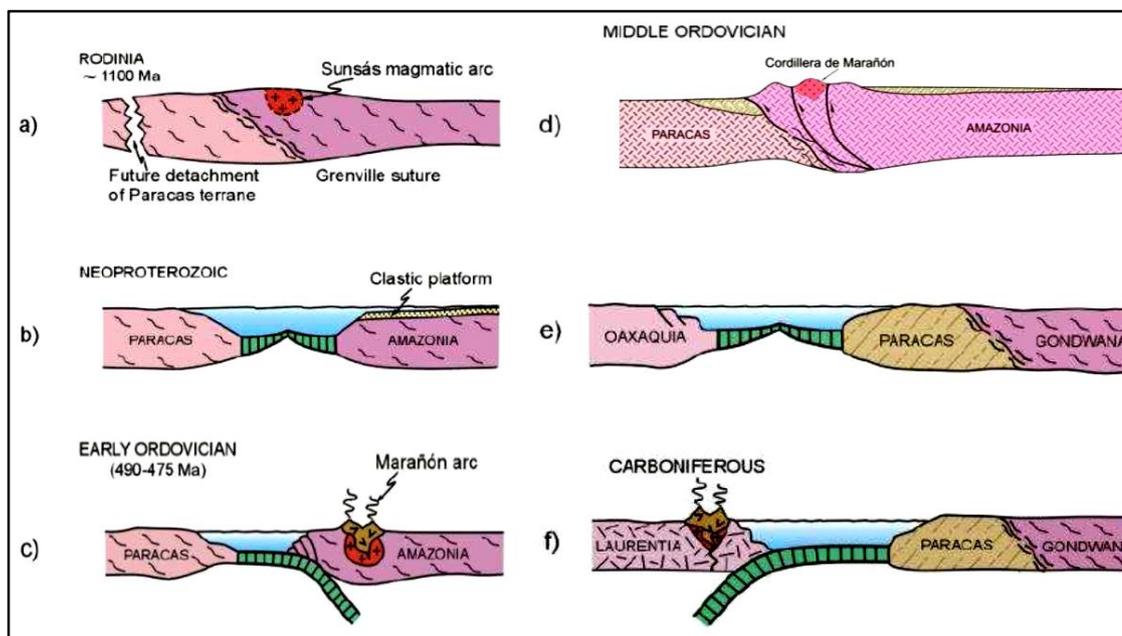


Figura 2, 13 Reconstrucción paleogeográfica de la Cordillera Oriental del Mesoproterozoico al Carbonífero (Carlotto et al., 2009). a) Supercontinente Rodinia formado de las acreciones mesoproterozoicas de bloques alóctonos. b) Fragmentación de Rodinia dio origen al terreno Paracas. c) Acreción del Terreno Paracas a la margen occidental de Gondwana (Cratón de Amazonia). d) Terreno de Paracas acretado a la margen de Gondwana y formación de la Cordillera de Marañón. e) Separación del Terreno Oaxaquia del margen godwanico en tiempos post-ordovícicos. f) Colisión del Terreno Oaxaquia contra Norte América (Laurentia) durante el Paleozoico superior.

En base a la geoquímica de elementos traza en el diagrama de la Figura 2, 15, vemos que el ambiente tectónico para las rocas precámbricas, rocas del Paleozoico inferior y superior y las lavas Permo-Triásicas del Grupo Mitu, corresponden a un Arco Volcánico de margen activa (ambiente de subducción), mientras que las rocas intrusivas cenozoicas (Intrusivos Huayo y Miramar), indican que están asociados a granitos de intraplaca que se habrían formado en un rift continental, durante el Eoceno (Figura 2, 15).

Por otra parte El Batolito de Pataz corresponde a granitos de arco volcánico y también de intraplaca (Figura 2, 16), que según Schreiber (1990), podría pertenecer al tipo "caledoniano" que está ligado a un estadio post orogénico

caracterizado por levantamiento y fracturamiento, mientras que Haeberlin (2002), indica que son rocas típicas de un magmatismo de arco continental.

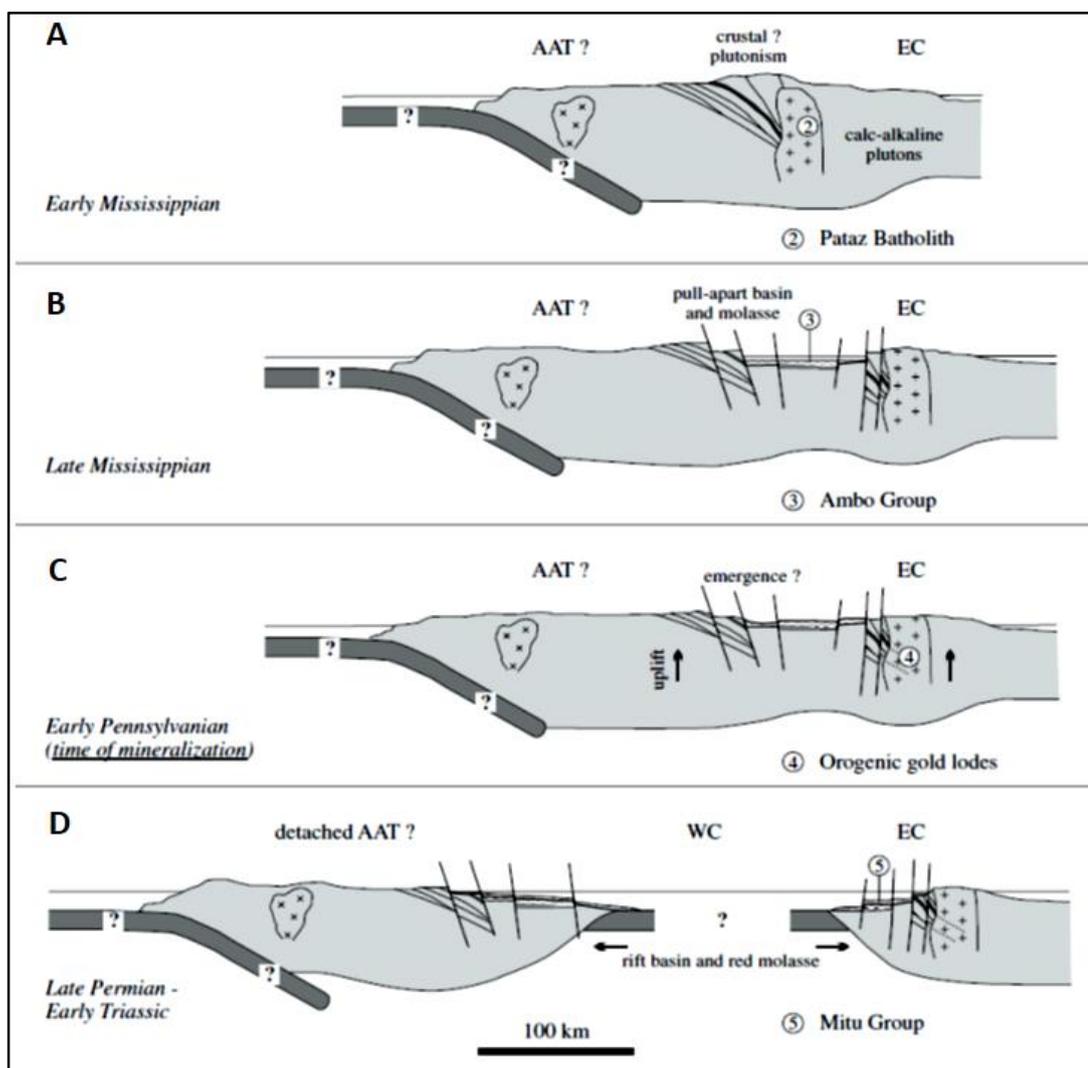


Figura 2, 14 Reconstrucción paleogeográfica de la Cordillera Oriental del Missisipiano al Permo-Triásico (Haeberlin et al., 2004). AAT: Terreno Arequipa-Antofalla, EC: Cordillera Oriental, WC: Cordillera Occidental. A. Plutonismo cortical calcoalcalino que dio lugar al emplazamiento del Batolito de Pataz. B. Sedimentación del Grupo Ambo en cuencas transtensionales en un periodo tardío de levantamientos tectónicos. C. Etapa de mineralización de las vetas auríferas desarrolladas en un entorno previo de fracturas. D. Sedimentación del Grupo Mitu y apertura de Rift Permo-Triásico que supone el desprendimiento de un microcontinente.

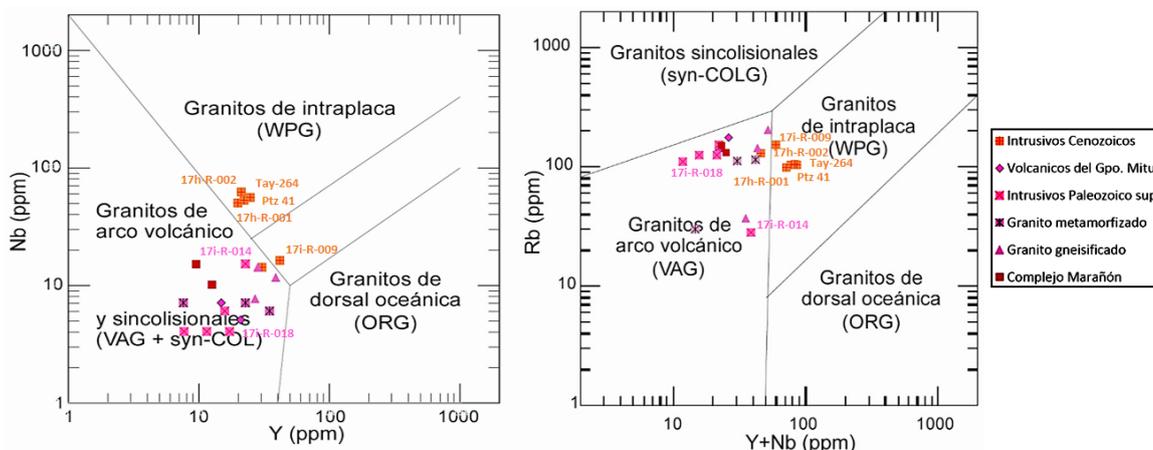


Figura 2, 15 Diagramas discriminantes para la clasificación tectónica de granitos (Pearce et al., 1984), en base a concentraciones de elementos Y Vs Nb, y Nb+Y Vs Rb.

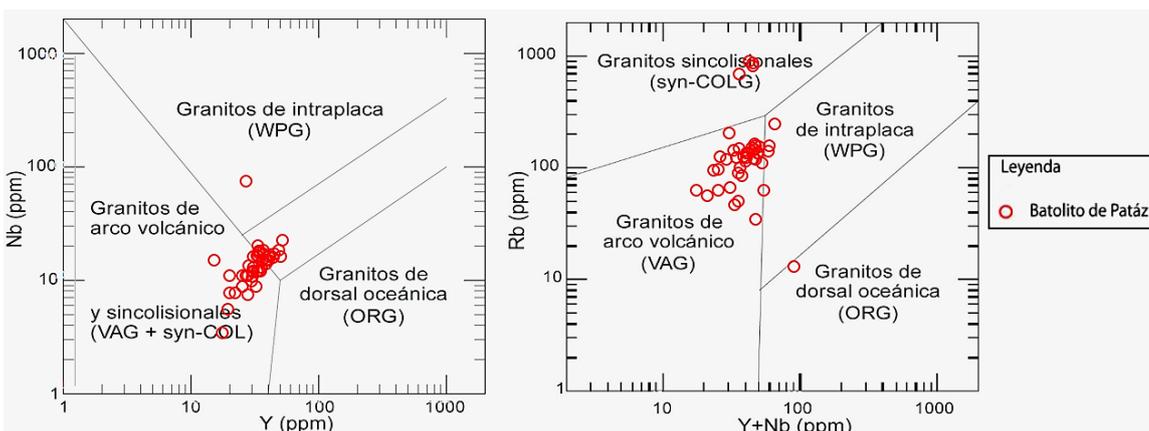


Figura 2, 16 Diagramas discriminantes para la clasificación tectónica del Batolito de Patáz, en base a concentraciones de elementos Y Vs Nb, y Nb+Y Vs Rb.

2.4.2.- Fases Tectónicas

2.4.2.1.- Tectónica Famatiniana

Evento tectónico que se manifestó desde el Ordovícico inferior a comienzos del Carbonífero como una serie de eventos de acreción de microcontinentes contra la proto-margen de Gondwana, y la generación de una zona de sutura (o un frente de subducción) que puede rastrearse en la

Cordillera Oriental gracias a los afloramientos de rocas metamórficas y segmentos de ofiolitas (Ramos, 2008).

2.4.2.2.- Tectónica Hercínica

Conjunto de movimientos tectónicos ocurridos desde el Devónico superior al Pérmico superior, originando un intenso plegamiento en las filitas del Complejo.

La fase Eohercínica caracterizada por ser una tectónica compresiva, produciendo las grandes fallas de rumbo N-S a NO-SE que permitió el posterior emplazamiento del Batolito de Pataz en el Carbonífero inferior y la posterior metalización 10 millones de años después con esfuerzos distensivos E-O. Significó la primera gran interrupción en la sedimentación de la cuenca Paleozoica, marcada por la discordancia angular del Grupo Ambo sobre la Formación Contaya.

La fase Tardihercínica caracterizada por ser una tectónica compresiva E-O que produjo fallas inversas N-S a NO-SE durante el Pérmico medio. Significó la segunda gran interrupción en la sedimentación de la cuenca Paleozoica, marcada por la discordancia angular del Pérmico superior (facies continentales del Grupo. Mitu) sobre el Pérmico inferior (facies marinas del Grupo Copacabana).

La fase Finihercínica caracterizada por ser una reactivación de la fase Tardihercínica con fallamientos en bloques y desplazamientos asociados a una tectónica distensiva, generando fosas y pilares a lo largo de un fallamiento longitudinal NNO-SSE, y marcada por una discordancia entre las capas rojas Mitu y el Grupo Pucará (Palacios et al., 1995).

2.4.2.3.- Tectónica Nevadiana

Conjunto de movimientos epirogénicos que provocan la emersión del territorio peruano durante el Jurásico medio. Este levantamiento determina en el centro y norte del Perú la definitiva separación en dos cuencas: una noroccidental y otra oriental, teniendo al centro al Arco Marañón como bloque positivo. Genera una ligera discordancia angular marcada por la transición de una sedimentación marina a otra continental en la Cuenca Oriental (Palacios et al., 1995).

2.4.2.4.- Tectónica Andina

Intenso tectonismo producido desde el Cretáceo superior al Terciario que ha actuado en varias etapas con rumbos NO-SE, E-O y NE-SO, con juegos de fallas NNO-SSE, N-S y NNE-SSO, produciendo una reactivación que generó fallas inversas, normales, dextrales y sinestrales, y vetas bastante disturbadas en el Batolito de Pataz. Por efecto de este tectonismo y magmatismo Andino se emplazaron pequeños stocks intrusivos subplutónicos, los cuales son responsables de otra época metalogénica.

2.4.3.- Unidades Estructurales

2.4.3.1 Unidad de Pliegues y Sobreescurrecimientos

Se caracteriza por la presencia de pliegues largos y estrechos, asociados con grandes sobreescurrecimientos, que se desarrollan en los sedimentos del Jurásico superior y Cretáceo. Los plegamientos tienen una orientación preferencia de NO-SE, con algunas inflexiones que no varían su rumbo general. Los sobreescurrecimientos se presentan en una faja estrecha

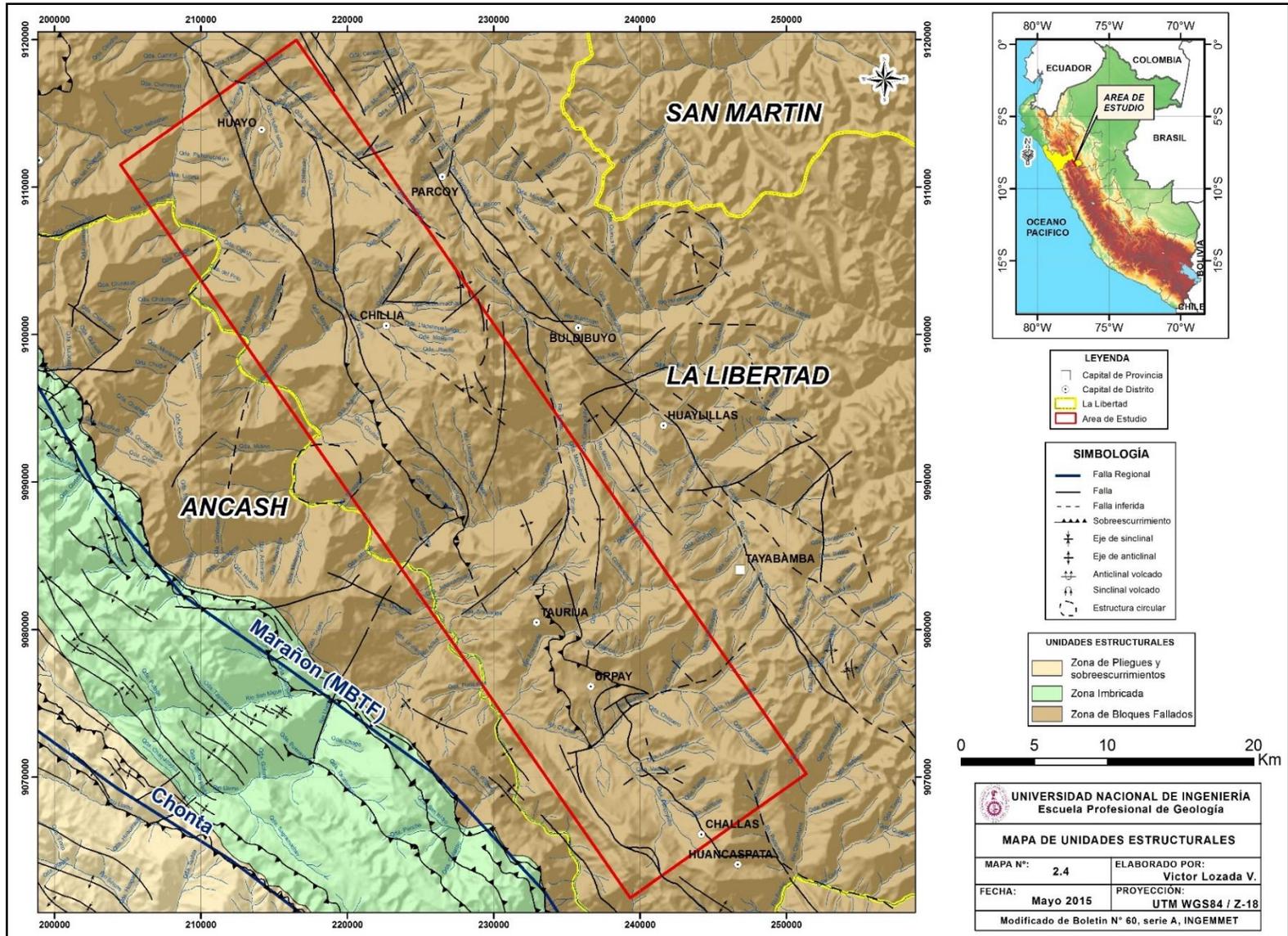
adyacente a la unidad imbricada, donde el buzamiento aumenta en profundidad (Wilson et al., 1995).

2.4.3.2.- Unidad Imbricada

Se encuentra limitado entre el Sistema de Fallas Marañón y el Sistema de Fallas Chonta (Mapa 2.4), como una faja estrecha que incluye algunos pliegues en calizas del Cretáceo superior, que buzaban al SO; y sobreescurrecimientos dentro de la estratificación de las margas y calizas. Los estratos sobreescurrecidos originalmente se ubicaban más al norte de sus límites actuales, pero han sido borradas por la erosión del valle del Marañón y por el tectonismo asociado a la unidad de bloques fallados (Wilson et al., 1995).

2.4.3.3.- Unidad de Bloques Fallados

EL área de estudio se encuentra en esta unidad, caracterizada por movimientos predominantemente verticales de bloques del basamento a lo largo de fallas, alcanzando su desarrollo máximo en la Cordillera Oriental. Un eje principal de fallamiento de esta unidad corresponde al valle del Marañón, donde el Complejo Marañón entra en un contacto de fallamiento inverso con las formaciones mesozoicas. Predominan los pliegues anchos y abiertos en rocas del Paleozoico superior y Mesozoico. Casi todas las antiguas fallas normales se reactivaron como fallas inversas (Wilson et al., 1995).



Mapa 2, 4 Unidades Estructurales

2.4.4.- Marco Estructural del área de estudio

La interpretación estructural se realizó a partir de imágenes satelitales Landsat TM, B4 (banda 4 monocromática) e imágenes DEM (modelo de elevación digital), donde se identificó lineamientos de diversa magnitud y áreas estructurales con peculiares características (Figura 2, 17).

En la zona de estudio, los lineamientos regionales que se destacan son los de orientación andina NO-SE y los lineamientos transversales de orientación antiandina NE-SO. Otros sistemas de orientación N-S y E-O de menor magnitud son el producto de fases compresivas y distensivas a lo largo de estas áreas tectónicas.

Según Sánchez et al. (2006), se pueden distinguir tres unidades con deformación característica según el grado de deformación y metamorfismo:

- Unidades del Neoproterozoico y Paleozoico inferior metamorizadas y con deformación plástica – blástica.
- Unidades del Paleozoico superior – Triásico inferior con deformación frágil moderada a débil (fallas).
- Unidades Meso – Cenozoicas con deformación plástica y frágil (pliegues y fallas en grado moderado).

2.4.4.1.- Sistema de Fallas NO – SE y NE – SO

El sistema NO - SE de rumbo andino es el más importante del área, de alcance regional y con varias decenas de kilómetros de longitud. Por ejemplo en el sector de Huayo se presentan tres sistemas de fallamiento bien

definidos, predominando las fallas longitudinales de dirección NO-SE, con un segundo dominio de fallas de rumbo antiandino NE-SO, donde en la intersección de estos sistemas se creó una zona de debilitamiento estructural donde se emplazaron los stocks porfiríticos.

Las vetas y mantos que cortan las pelitas ordovícicas tienen una orientación N40°-80°O mientras que en las metareniscas una orientación preferente N15°E. En el sector de Challas el pórfido cuarzomonzonítico se ha emplazado en una zona de debilidad estructural producido por la intersección de dos fallas principales N40°E y N80°O, ocasionando la mineralización posterior a su emplazamiento. Las fallas inversas tienen generalmente rumbo andino y son más evidentes en las secuencias mesozoicas.

En la zona central, por el Río Cajas, se observa una gran falla que se flexiona y es truncada por una falla inversa de rumbo NO-SE, que pone en contacto las calizas Pucará con las secuencias paleozoicas. Además tenemos familias de diques pegmatíticos con rumbo NE-SO que intruyen al gneis del Complejo Marañón, así como venillas y vetas de rumbo andino.

En la zona sur, una gran falla regional N60°O pone en contacto el Intrusivo del Paleozoico inferior con las capas rojas del Chota, además fallas inferidas NO-SE y ENE-OSO que cortan a dicho intrusivo habrían generado el emplazamiento de los intrusivos Miramar y Muñancapata (Figuras 2, 17 y 2, 18).

2.4.4.2 Fallas Menores E – O y N – S

Estas fallas menores son escasas y de alcance local, relacionados a los sistemas de fallas anteriormente mencionados.

En Huayo el tercer sistema de fallamiento tiene dirección E-O, además algunas vetas emplazadas en las lutitas tienen rumbo N-S.

En la zona de Challas las vetas en el intrusivo tienen orientación preferencial E-O y en las rocas sedimentarias tienden a ser concéntricas al pórfido.

2.4.4.3 Pliegues y Estructuras circulares

La zona plegada de Wilson y Reyes se encuentra más hacia el oeste fuera del área de estudio, siendo más notorias en las secuencias mesozoicas. Sin embargo existen anticlinales y sinclinales generalmente de amplios a moderados en las calizas Pucará, en algunos casos en las rocas cretácicas y capas rojas del Chota. Sus ejes tienen dirección preferente NO a NNO y secundariamente NNE a NEE.

En las confluencias de los ríos Cajas y Marañón se ha reconocido un anticlinal que tiene su eje con rumbo paralelo al Río Cajas.

Una estructura circular ha sido identificada en la zona central por el Cerro Chingol, flanqueado por la Quebrada Ninanga y el Río Marañón (Figuras 2, 17 y 2, 18).

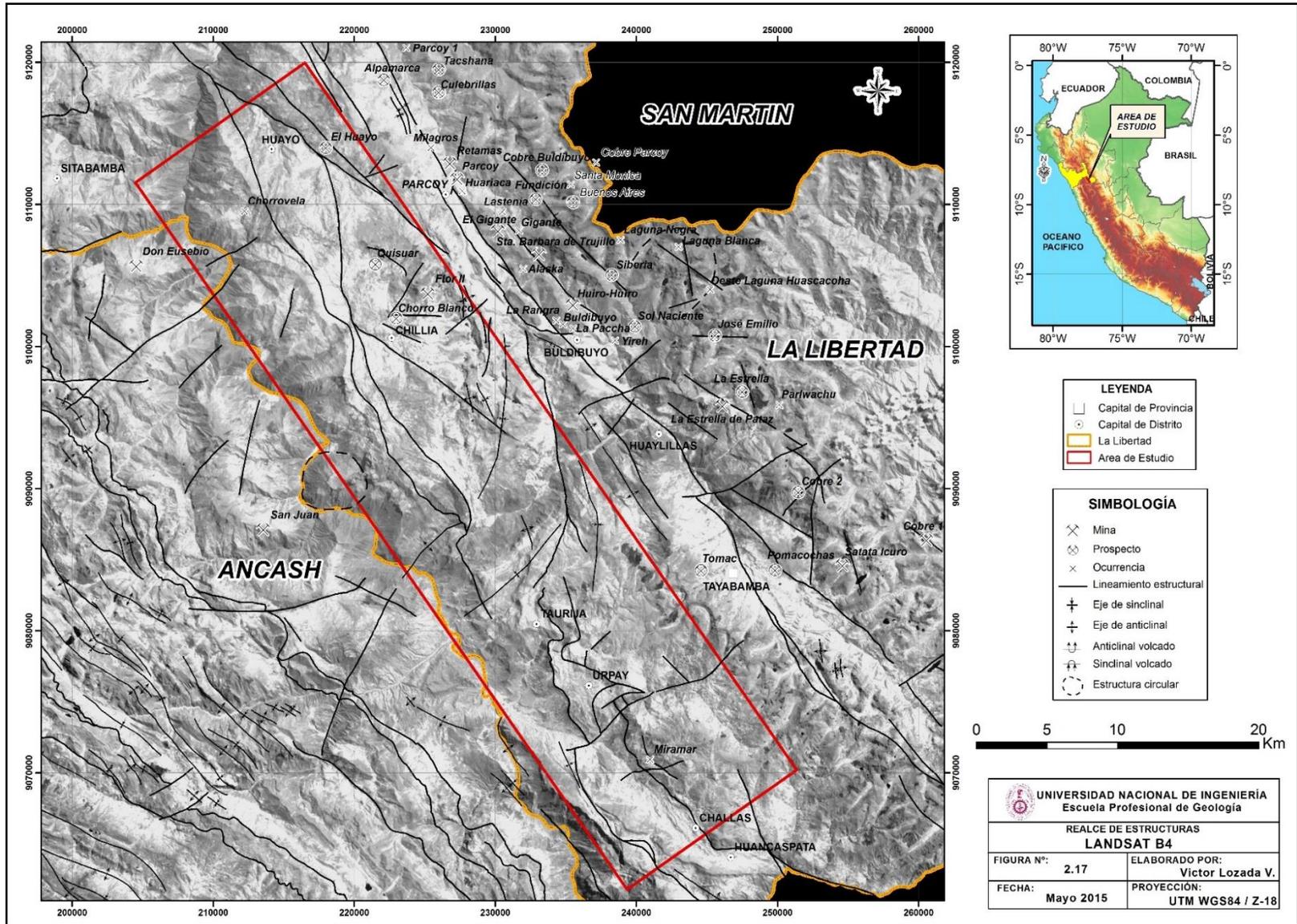


Figura 2, 17 Realce de estructuras – LANDSAT B4

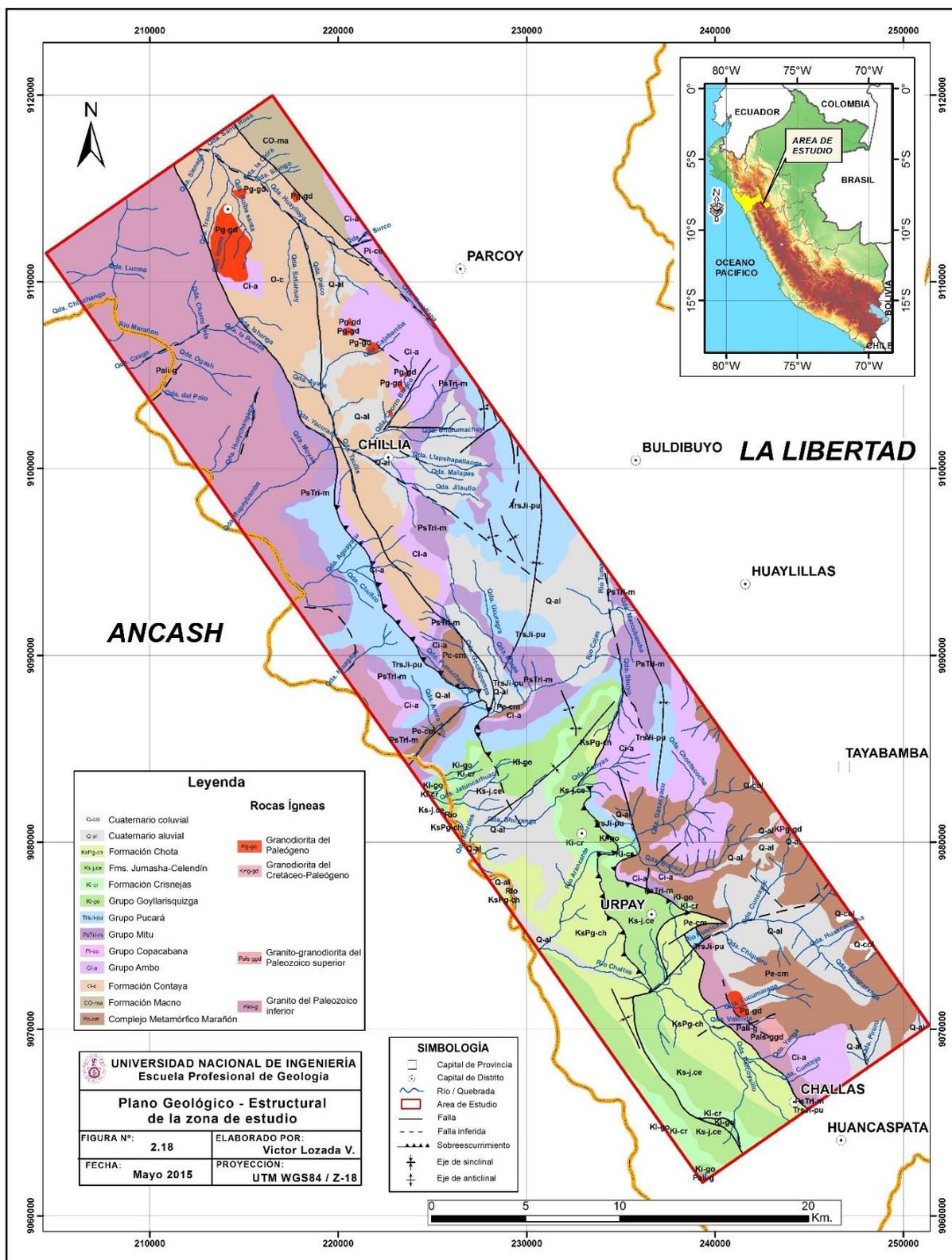


Figura 2, 18 Plano Geológico – Estructural de la zona de estudio.

2.5 METALOGENIA Y GEOLOGÍA ECONÓMICA

2.5.1.- Aspectos Metalogenéticos

Se ha realizado el análisis de algunos elementos traza relacionados a la metalogenia de la región, como la relación genética entre las rocas ígneas y las ocurrencias metálicas que pueden ser determinadas a través del estado de oxidación (FeO total) versus la fugacidad de oxígeno representado por las anomalías de Eu/Eu^* de los magmas (Figura 2, 19).

En el diagrama se observa que la muestra del Complejo Marañón está asociado a ocurrencias de Cu-Au, que al igual que la formación Tres Lagunas pudieron haber actuado como rocas caja contaminantes de los magmas fuente de los granitoides de Pataz (Gómez et al., 2012) (Figura 2, 20). Lo mismo puede pasar con las muestras 17i-R-009 del Intrusivo Miramar relacionado a Cu-Mo y a 17i-R-014 del Intrusivo Muñancapata que intruyen a rocas del Complejo y al granito del Paleozoico inferior.

La muestra 17h-R-002 del Intrusivo Huayo está relacionado a ocurrencias de Cu-Zn-Pb-Ag lo cual se corrobora con los valores anómalos en Cu y Au (Romero 2010), donde las pelitas de la Formación Contaya pudieron haber actuado como roca caja contaminante.

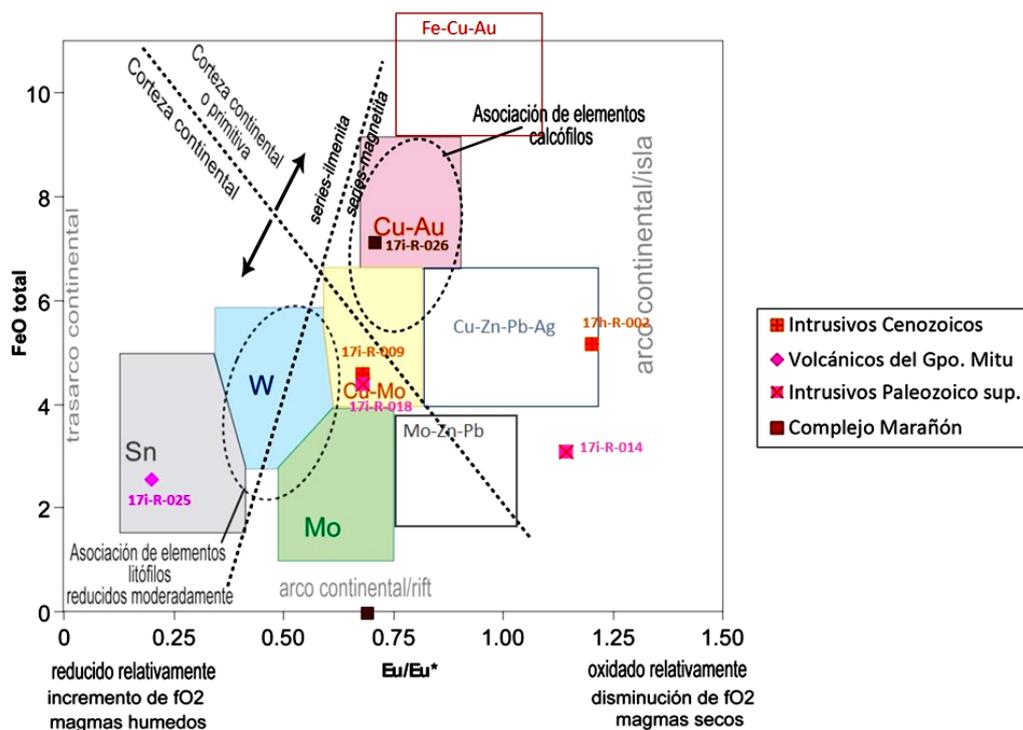


Figura 2, 19 Diagrama del estado de oxidación versus anomalías de Eu/Eu^* (Lang y Baker, 2001), de la zona de estudio.

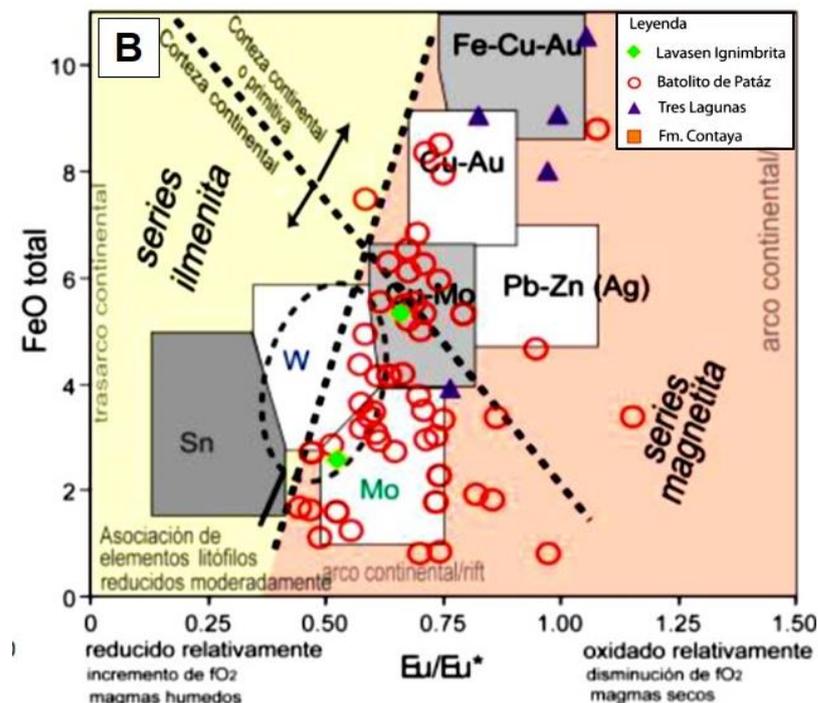


Figura 2, 20 Diagrama del estado de oxidación Vs anomalías de Eu/Eu^* (Tomado de Gómez et al., 2012), del Batolito de Patáz.

2.5.2.- Alteraciones Hidrotermales

Inicialmente se elaboró un mapa de anomalías espectrales LANDSAT, el cual consiste en un mosaico de imágenes LANDSAT 7 y 8 para asociarlas a zonas de alteración por presencia de óxidos y arcillas, utilizando el análisis de componentes principales, (Crósta & De Souza Filho, 2003).

Se presenta las zonas de alteración superpuestas en la banda 4, utilizando los siguientes colores: rojo para óxidos, verde para arcillas y amarillo para óxidos más arcillas (Figura 2, 21).

Por otra parte las alteraciones hidrotermales identificadas en el área de estudio han sido restringidas, siendo la argilización, propilitización y silicificación las de mayor propagación.

En Huayo se ha reconocido una leve argilización en la cuarzomonzonita con presencia de arcillas (4%) y sericita (trazas) como alteración de feldespatos, y clorita (trazas) como alteración de anfíboles (Foto 2, 4).

Romero (2010), reconoce en los intrusivos de la zona de Huayo, tramos con una moderada a fuerte silicificación producto de su asociación con vetillas de cuarzo así como una moderada a fuerte argilización asociados a mineralización representada por vetas de cuarzo y óxidos de hierro. Igualmente en la zona de Chillia reconoce en el intrusivo de textura porfírica moderada a fuerte argilización supérgena con óxidos de fierro y pirita lixiviada.

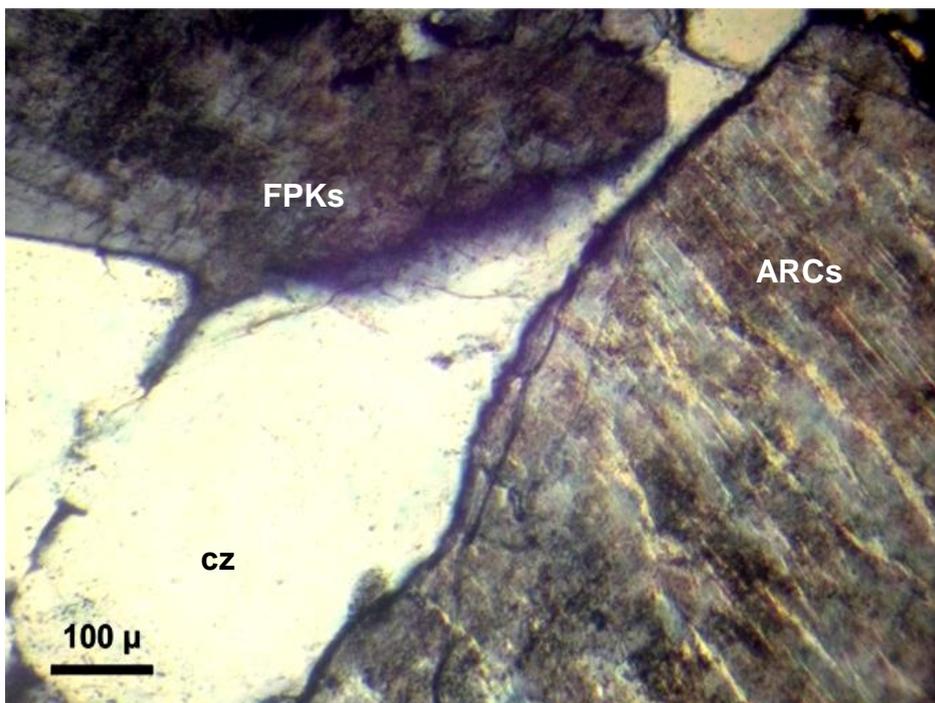


Foto 2, 4 Vista en nicoles cruzados de la cuarzomonzonita Huayo mostrando la alteración de los feldspatos (FPKs) a arcillas (ARCs).

En la zona de Miramar el monzogranito presenta una argilización moderada con superposición de propilitización incipiente, y presencia de arcillas (6%), sericita (4%), clorita (2%), minerales opacos (3%), allanita y epidota en trazas (Fotos 2, 5 y 2, 6).

La granodiorita Muñancapata presenta una leve a moderada alteración argílica con minerales de arcilla (5%) como la alteración de plagioclasas y hornblendas; y minerales opacos (1%), con formas que varían de subhaciales a anhaciales que se encuentran incluidos en los feldspatos y también en los intersticios de los cuarzos.

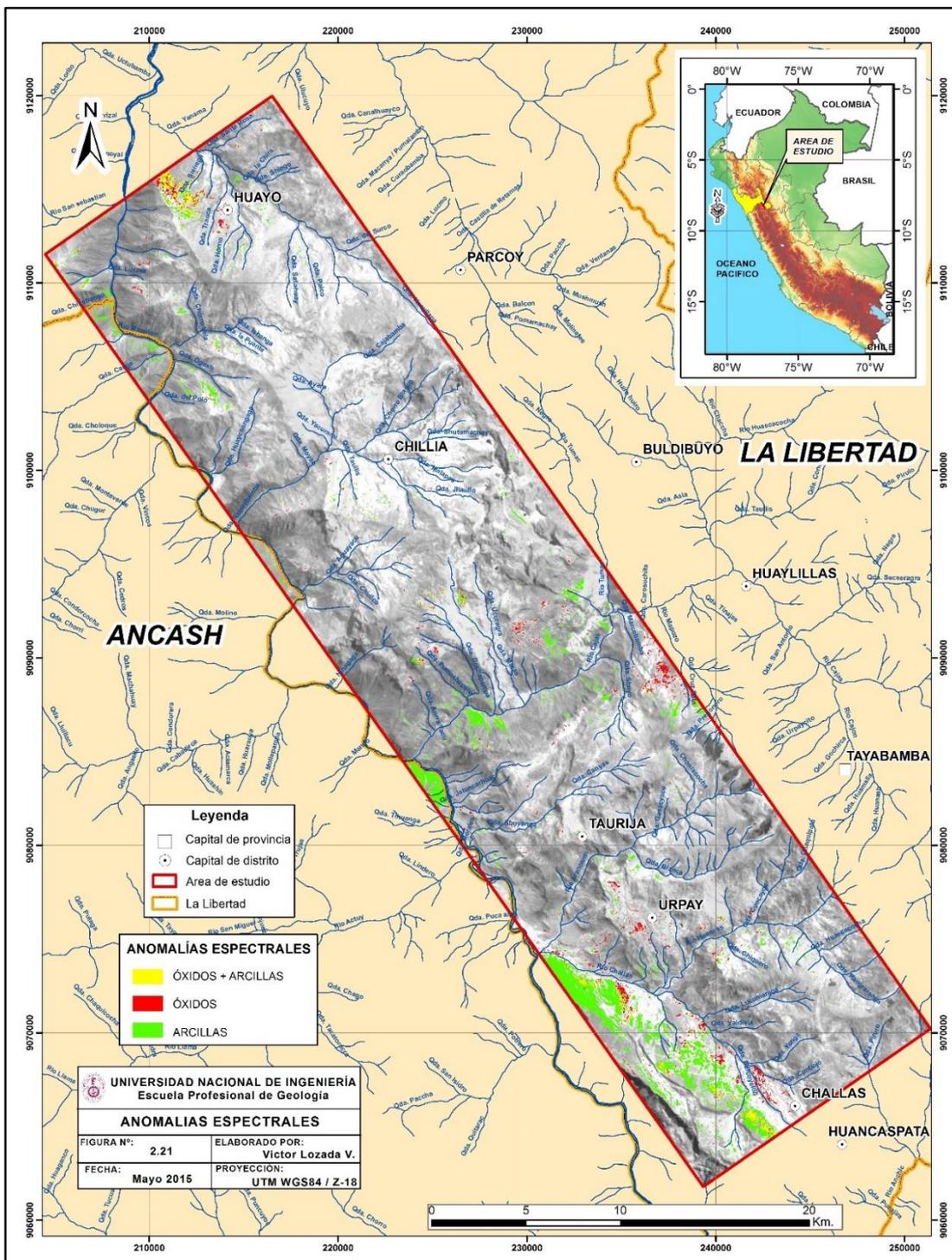


Figura 2, 21 Anomalías Espectrales de la zona de estudio.

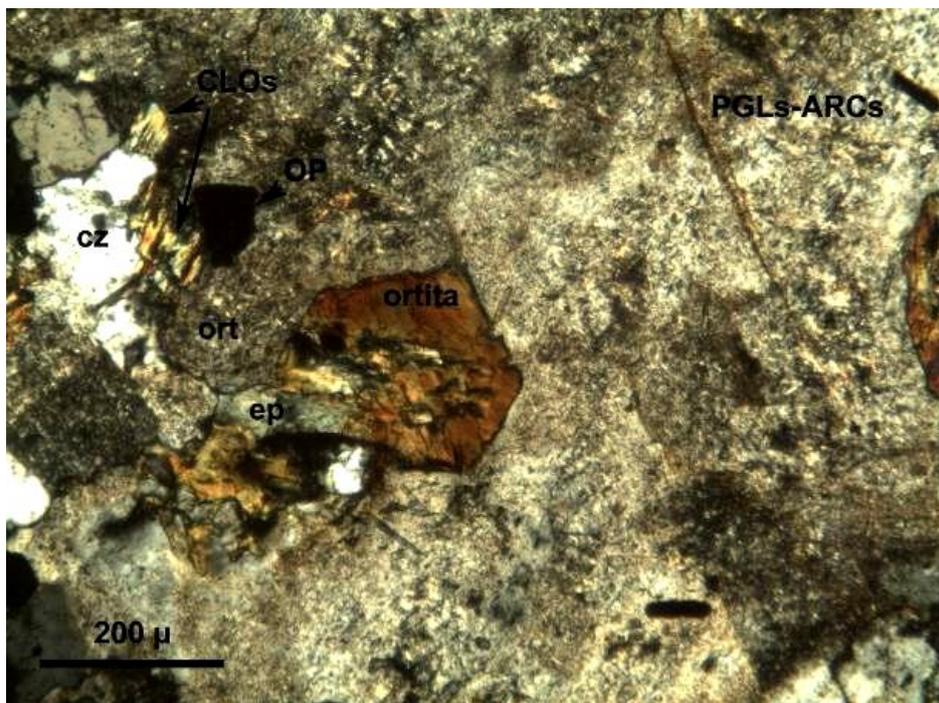


Foto 2, 5 Vista en nicols cruzados mostrando cristal de allanita (ortita) subhedral incluida en la plagioclasa (PGLs) asociada con la epidota (ep) y la ortosa (ort). La epidota y arcillas (ARCs) derivadas de la alteración de las plagioclasas.

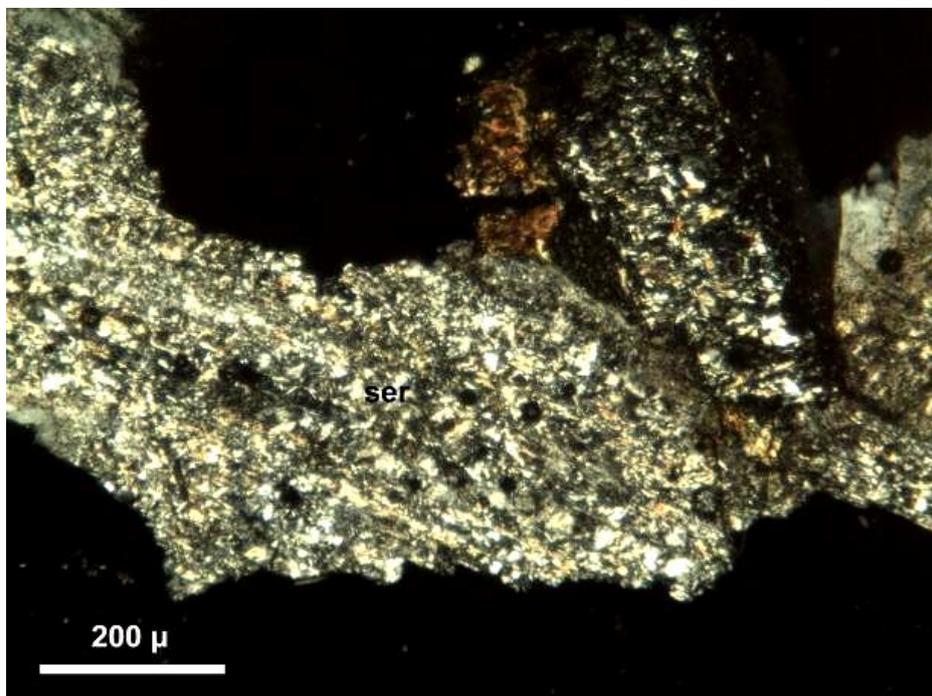


Foto 2, 6 Vista en nicols cruzados del monzogranito Miramar mostrando alteración de las plagioclasas en sericita (ser).

La granodiorita Quebrada Valdivia presenta una moderada a leve alteración propilítica con presencia de cloritas (5%) producto de la alteración de las biotitas y hornblendas, calcita (10%) como microvenillas y también como relleno de algunos intersticios de las plagioclasas y cuarzos, arcillas (3%), como agregados pulverulentos que están como alteración de las ortosas y plagioclasas., y minerales opacos (5%), diseminados dentro de los agregados de feldespatos y cuarzos, la mayoría de ellos presentan alteración a limonitas las que han coloreado a las cloritas dentro de las microfracturas (Foto 2, 7).

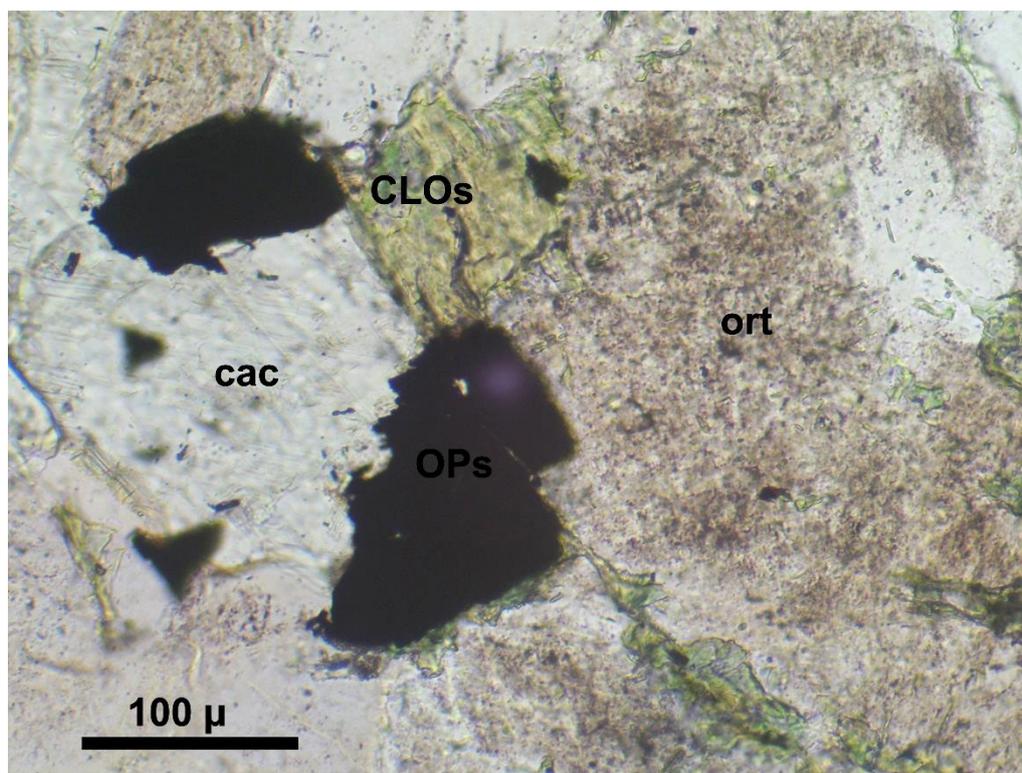


Foto 2, 7 Vista en nicoles cruzados de la granodiorita Quebrada Valdivia mostrando cristales de calcita (cac) con inclusiones de minerales opacos (OPs) asociadas a ortosas (ort) y clorita (CLOs) intersticial.

2.5.3.- Mineralización y Geoquímica

En el sector de Huayo, la cuarzomonzonita del Eoceno se encuentra en tramos oxidada con diseminación de óxidos de hierro por alteración supérgena (Foto 2, 8).

Por otra parte el trabajo prospectivo de Romero (2010) revela que la mineralización en el pórfido cuarcífero está representada por vetillas de cuarzo con jarosita y pirita diseminada, en ocasiones formando incipiente stockwork, los valores más altos reportados para el Au es de 5 ppb, 0.3 ppm de Ag, 57 ppm de Cu y 4 ppm para el Mo.

De igual manera en las lutitas pizarrosas del Contaya, se han reconocido 4 vetas manto de cuarzo-pirita de 0.10 m hasta 0.25 m con rumbos entre 40° - 80° NO y buzamientos entre 20° - 35° SO, los valores más alto registrados fueron de 56 ppb Au, 2.0 ppm Ag, y 257 ppm el Cu. También se tienen cuatro vetas de cuarzo-pirita con óxidos de cobre, trazas de covelina y potencias entre 0.40 – 1.10 m. la orientación preferencial está entre 50° - 70° NO y buzamientos entre 46° - 85° NE, los valores más altos están referidas a una estructura de 0.45 m. con 439 ppb Au, 0.3 ppm Ag y 5300 ppm Cu.

Relacionados a un fallamiento con rumbo antiandino 15° NE, las areniscas del Macno, han sufrido una fuerte silicificación, con mineralización de pirita, boxwork con relleno de óxidos de hierro (jarosita, goetita). Los valores más altos para las areniscas en Au son de 35 ppb, con 0.9 ppm Ag y 68 ppm Cu.



Foto 2, 8 Vista al NE de granodiorita porfírica de grano grueso oxidada (goetita y jarosita diseminada) por alteración supérgena.

En el sector de Chillia el trabajo de Romero da importantes alcances sobre el potencial de la zona, con mineralización de plata (proustita), observada en los mantos reemplazados de la caliza, con evidencias de labores antiguas colapsadas que según la gente de la localidad la explotación del yacimiento no fue intensiva. Algunos afloramientos de calizas con moderada silicificación y geodas con mineralización de proustita confirman la continuidad de la mineralización de plata aún por explorar. El material coluvial, derivado de los gossan, acumulados alrededor de las múltiples labores antiguas colapsadas, viene siendo cianurado en forma artesanal con valores de plata 156.86 g/TM y Oro 1.77 g/TM.

En lo que respecta al pórfido Chorro Blanco se han reconocido 6 vetas con orientación EO, con anchos de 0.70 m. a 1.20 m. con mineralización de pirita cristalizada y diseminada finamente, tungsteno, calcosina, molibdenita, galena y esfalerita. Los valores más relevantes están referidas a una veta de cuarzo con ancho de 1.20 m. que corta el intrusivo porfirítico, presentando leyes de 0.67 Au g/TM, 14.45 Au g/TM y 5.99 Au g/TM, tomadas del frente de la labor en zona de falla y de la cancha correspondiente a esta labor. Otra veta de cuarzo en el intrusivo con ancho de 1.20 m. dio leyes de 0.46 Au g/TM.

En lo referente al intrusivo porfirítico, con desarrollo de stockwork moderado, se tienen valores anómalos entre 21 a 226 Au ppb, valores anómalos de 105 a 717 ppm Cu, 21 a 128 ppm Mo, 119 a 2720 ppm Pb, 20 a 330 ppm W y 2.7 a 40.0 ppm Ag.

En el sector del Cerro Rucos y el Río Cajas, las brechas de las calizas Pucará se presentan silicificadas y han reportado valores significativos en Zn 255 ppm, U 4.78 ppm y As 68 ppm (Láminas 2, 18 y 2, 19). Las rocas del Complejo Marañón con leyes de Cr 334 ppm y Sb 3.6 ppm en los esquistos micáceos (Foto 2, 9), y 5.7 ppm Sb con 10 ppm W en el dique granítico (Foto 2, 10).



Lámina 2, 18 Brecha polimíctica con clastos de caliza silicificada y fragmentos cloritizados de hasta 15 cm. (U 4.78 ppm y Zn 127 ppm). Localidad de Huayachi.



Lámina 2, 19 Brecha en matriz jasperiode con clastos de caliza silicificada y chert subangulosos de distintos tamaños (As 68 ppm y Zn 255 ppm). Río Cajas.



Foto 2, 9 Esquisto micáceo con leve alteración supérgena y óxidos de hierro en fracturas (Cr 334 ppm, Sb 3.6 ppm). Cerro Rucos.



Foto 2, 10 Detalle de dique granítico de grano grueso cortando gneis, ancho 0.20 m. (Sb 5.7 ppm, W 10 ppm y Sn 6 ppm). Río Cajas.

Los volcánicos riolíticos del Grupo Mitu reportaron leves anomalías en Th 14 ppm, K 5.74% y una anomalía fuerte en Ba 4096.5 ppm (Foto 2, 11).

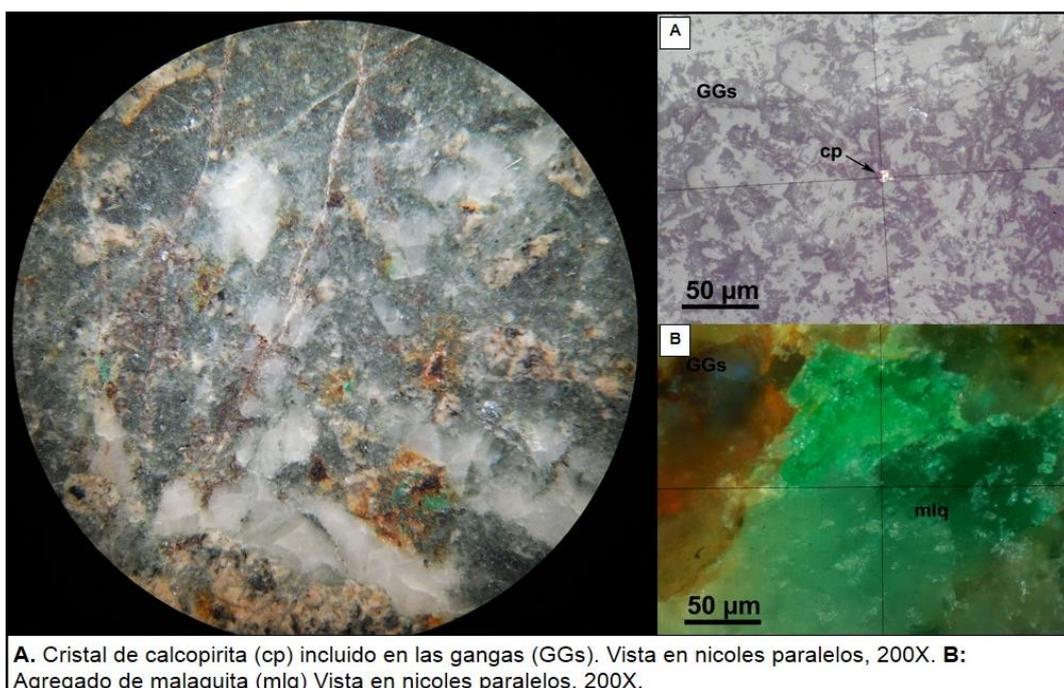


Foto 2.11.- Volcánico riolítico en matriz criptocristalina cuarzo feldespática. Alrededores de la Quebrada Pumachapana.

En la zona sur del área de estudio, el Intrusivo Miramar presenta vetillas de hasta 5 mm de cuarzo – óxidos con halos de alteración de 15 cm, el cual reportó débiles anomalías en Ag 1 ppm, Pb 234 ppm, Zn 236 ppm, As 53 ppm, Sb 3.1 ppm (Foto 2, 12). Por otra parte el Intrusivo Muñancapata registra valores significativos de Mo 8 ppm. En el Granito Quebrada Valdivia la muestra con minerales de calcita y malaquita en vetillas reporta una anomalía en Cu 608 ppm (Lámina 2, 20), la muestra con venillas de sílice y especularita en la Quebrada Yanga una anomalía en Au 54 ppb (Lámina 2, 21); y en la Quebrada Cuntiojo con venillas de óxidos y pirita diseminada una anomalía de Mo 22 ppm (Lámina 2, 22).



Foto 2, 12 Vetilla de cuarzo-óxidos con halo de alteración de 15 cm. cortando Intrusivo Miramar. Reporta anomalías en Ag, Pb, Zn, As, y Sb. Hacienda Miramar.



A. Cristal de calcopirita (cp) incluido en las gangas (GGs). Vista en nicoles paralelos, 200X. **B:** Agregado de malaquita (mlq) Vista en nicoles paralelos, 200X.

Lámina 2, 20 Vista en sección pulida de la muestra 17i-R-011 con minerales de calcopirita y malaquita con anomalía en Cu. Quebrada Valdivia.

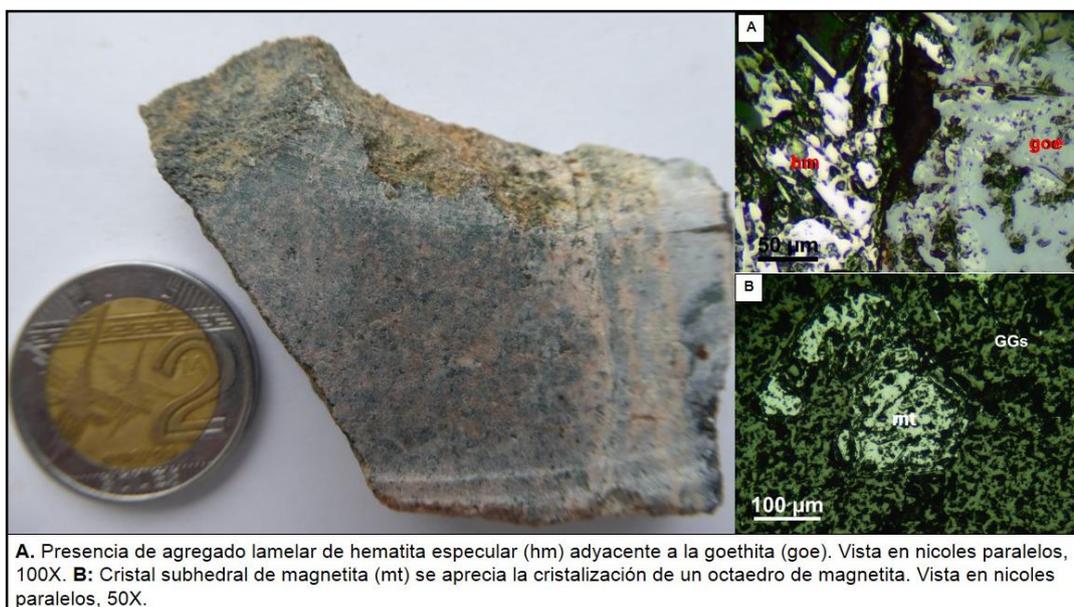


Lámina 2, 21 Muestra de la Quebrada Yanga con venillas de sílice menores a 5 mm y especularita diseminada.

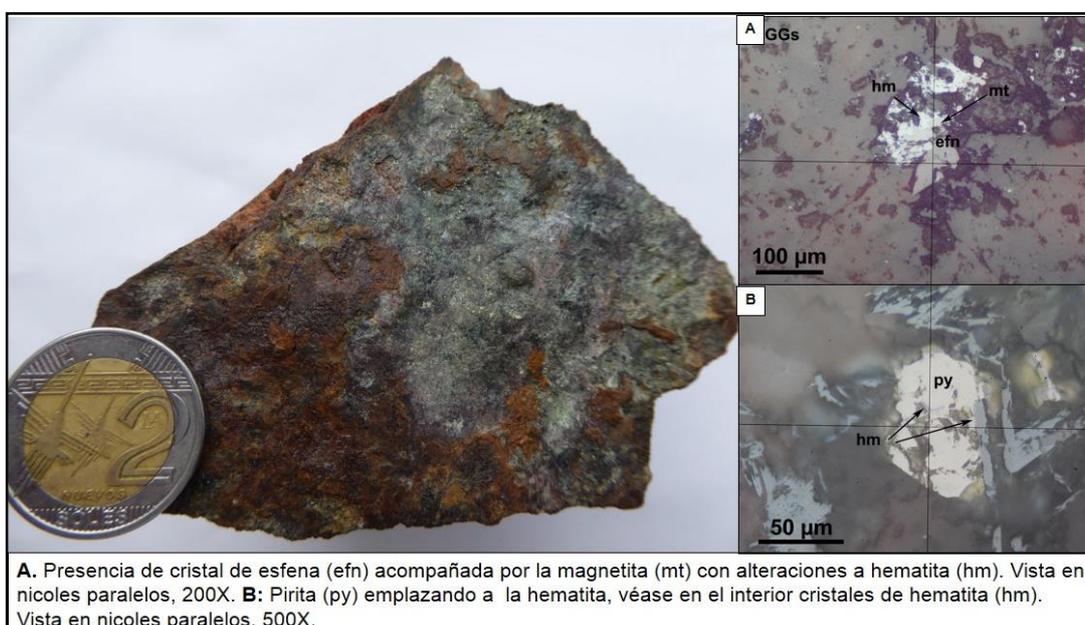


Lámina 2, 22 Muestra de la Quebrada Cuntiojo con venillas de óxidos y pirita diseminada, reportó una anomalía de Mo 22 ppm.

2.5.4.- Franjas Metalogenéticas y Depósitos Metálicos

La zona de estudio se encuentra enmarcando cuatro franjas metalogenéticas: **I.** Depósitos de Au en rocas meta-sedimentarias del Ordovícico y Silúrico-Devónico; **XIV.** Depósitos de Au-Cu-Pb-Zn relacionados con depósitos del Eoceno; **XVI.** Depósitos tipo Mississippi Valley de Pb-Zn del Eoceno-Mioceno; y **XX.** Pórfidos Cu-Mo-Au, Skarns Pb-Zn-Cu-Ag y depósitos polimetálicos relacionados con intrusivos del Mioceno (Figuras 2, 22 y 2, 23). A continuación se hace una descripción de todas las minas, prospectos y ocurrencias, del área de estudio y de su entorno geológico regional, los cuales hacen un total de siete franjas metalogenéticas, mencionadas anteriormente en el Capítulo I, Importancia metalogenética de la Cordillera Oriental. Todas las coordenadas están en UTM, Datum WGS84, Zona 18.

FRANJA I: Depósitos de Au en rocas meta-sedimentarias del Ordovícico y Silúrico-Devónico

Chorrovela (Au)

Se ubica a 1.5 km del poblado de Usca en la quebrada Chorrovela. Las coordenadas UTM son 212150 Este y 9109690 Norte. El depósito se presenta como una estructura vetiforme de rumbo N75°O y buzamiento 42°NE, rellena con óxidos y vetillas de cuarzo, emplazadas en una roca caja metamórfica que presenta esquistosidad. El ancho de la estructura alcanza un metro de promedio y está rellena con cuarzo, pirita, calcopirita y arsenopirita, en bandas de 5 a 10 cm de grosor.

Cobre 1 (Au-Cu)

Se ubica 13 km al noreste del pueblo de Tayabamba, sus coordenadas UTM son 260565 Este y 9086394 Norte. Consiste de una estructura filoneana irregular, la mineralización está constituida por disseminaciones de calcopirita, con presencia de óxidos de cobre. Existen también inyecciones de cuarzo que indicarían la presencia de canales mineralizados, pero no existen estructuras formadas. Las rocas que afloran en el área son pizarras pertenecientes al Complejo Marañón y derrames volcánicos de la Formación Lavasen. Las leyes promedio son: 0.002 Oz/Tc Au y 5.38% Cu.

Flor II (Au-Pb-Zn)

Se ubica 4 km al noreste del poblado de Chillia en el paraje quebrada Quinual. Sus coordenadas UTM son 225221 Este y 9103742 Norte. Las rocas que predominan en la zona son pizarras, esquistos y filitas del Complejo Marañón. La mineralización se encuentra emplazada dentro de una estructura cuarzosa con minerales de galena, esfalerita y oro libre. El tipo de explotación es subterráneo y de manera intermitente.

José Emilio (Cu-Ag-Au)

Se encuentra a 10 km de la localidad de Huaylillas, sus coordenadas UTM son 245576 Este y 9100790 Norte. Consiste de una veta principal de cuarzo emplazada en rocas metamórficas del Complejo Marañón. La mena está constituida de calcopirita que se presenta en bolsonadas. En la zona de oxidación el mineral principal está constituido de cuprita y malaquita. La ley promedio es 6.06% Cu y 0.0015 Oz/Tc Au.

Pomacochas (Au-Ag-Pb)

Se encuentra 3 km al este de Tayabamba, sus coordenadas UTM son: 249835 Este y 9084279 Norte. Consiste de una veta que intruye a los esquistos del Complejo Marañón y a las calizas del grupo Pucará. La mineralogía consiste de cuarzo, galena y argentita. Las leyes promedio son: 10.4 g/t Au, 0.54 g/t Ag y 12.2 % Pb.

Satata Icuero (Cu)

El yacimiento se encuentra ubicado en el cerro Icuero a 7 km de la ciudad de Tayabamba. Las coordenadas UTM son 254607 Este y 9084605 Norte. La mineralización del yacimiento está constituida por oro y sulfuros diseminados, así como en venillas lenticulares, en vetas y en cuerpos irregulares de cuarzo. Se ha definido una zona de óxidos de hierro con oro libre. Entre las rocas hospedantes, se tiene esquistos y metavolcánicos del Complejo Marañón, riolitas, dacitas, riodacitas y diques de andesitas de la Formación Lavasén. Todas estas rocas se encuentran afectadas por alteraciones tales como silicificación, cloritización, propilitización y seritización. De acuerdo con el análisis estadístico de 1320 muestras de roca, el threshold de Au es de 2,184 ppm y su background de 0,156 ppm evidencia un potencial yacimiento aurífero.

Sol Naciente (Cu)

Se encuentra ubicado a 5 km al noreste de la localidad de Buldibuyo, sus coordenadas UTM son 239906 Este y 9101433 Norte. El yacimiento es de tipo filoneano, donde la mineralización está constituida básicamente por calcopirita y calcita. En el área afloran rocas metavolcánicas de la Formación Tres Lagunas. La ley promedio es 2.19% Cu

Tomac (Au-Cu-Ag)

El yacimiento se encuentra a 3 km de la ciudad de Tayabamba, sus coordenadas UTM son 244600 Este y 9084249 Norte. El yacimiento es de tipo filoneano, consiste de una veta de geometría lenticular, la cual se encuentra emplazada en filitas pertenecientes al Complejo Marañón. Los minerales de mena son calcopirita y bornita. Las leyes promedio son: 1.56 g/TM Au, 0.89% Cu y 0.63 g/TM Ag.

FRANJA II: Depósitos orogénicos de Au-Pb-Zn-Cu del Carbonífero-Pérmico.**Alaska (Au)**

Se ubica en el cerro Viscachas, a 6.5 km del poblado de Buldibuyo. Las coordenadas UTM son 232000 Este y 9105450 Norte. Este yacimiento se encuentra en rocas granodioríticas a tonalita porfiríticas, formando parte del extremo Sur del Batolito de Patatz, limitado por fallas de extensión regional normal; con una componente de transcurrancia de rumbo N40°O, que pone en contacto fallado al Batolito con rocas Cretácicas hacia el Oeste y rocas metamórficas por el lado Este. La mineralogía predominante se presenta como cuarzo lechoso masivo, cuarzo cavernoso, pirita cristalizada, pirita fina (terrosa) y diseminada también se encuentran en vetillas, calcopirita, arsenopirita, hematita y óxidos de hierro. La roca caja se presenta alterada, silicificada, argilizadas y cloritizadas. En esta mina se ha efectuado una intensa exploración y perforaciones diamantinas.

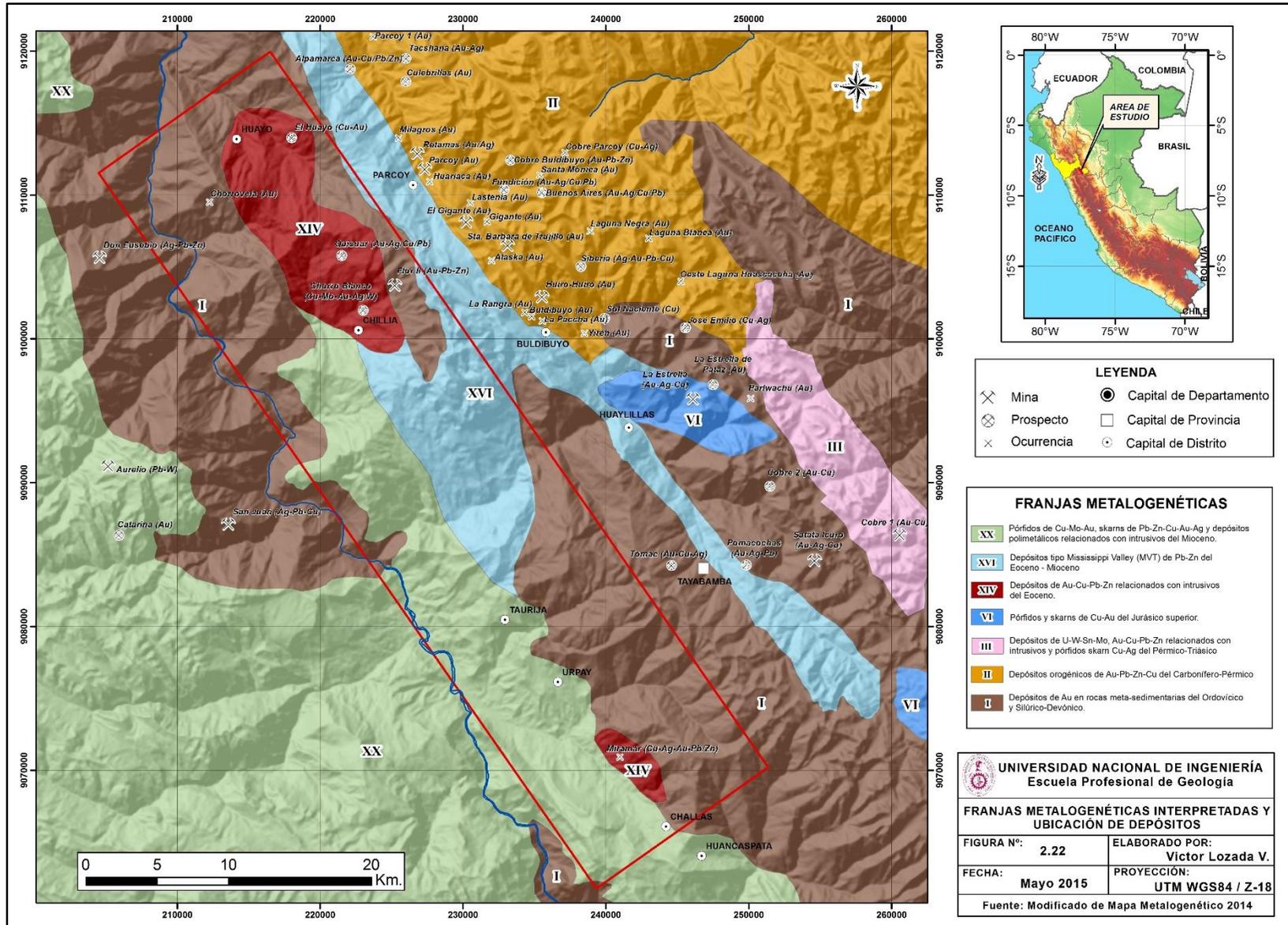


Figura 2, 22 Franjas Metalogénicas Interpretadas y ubicación de Depósitos.

Buldibuyo (Au)

Se encuentra 1.5 Km. al noroeste del poblado de Buldibuyo. La coordenadas UTM son 234812 Este y 9101550 Norte. El yacimiento es de origen pirometasomático, es decir, está formado por fluidos termales emanados de las rocas intrusivas, a temperatura y presión elevada. Presenta una zona de oxidación que alcanza una profundidad de 40 m verticales. Las estructuras más importantes del área de Buldibuyo la constituyen las fallas, pliegues y fracturas, en una dirección predominantemente NO-SE, estando los ejes de los pliegues preferencialmente orientados hacia el NE-SO. Los depósitos de este distrito están constituidos de oro, electrum, pirita, arsenopirita y pirrotita, siendo la pirita oxidada la que hospeda el oro frecuentemente. La pirita que está más cerca de la galena es más rica en oro. En los extremos de las zonas mineralizadas ricas en oro, se encuentra fierro oligisto en los lugares más próximos a la roca eruptiva. La ley promedio de la mena es 12 g/TM.

Culebrillas (Au)

Se localiza 7 km al norte del poblado de Parcoy, en las coordenadas UTM: 225994 Este y 9 117900 Norte, a una altitud de 2350 a 3100 m.s.n.m. Las rocas más antiguas son del complejo del Marañón compuestas por filitas y localmente meta-andesitas basálticas afaníticas de tonalidad verdosa. Esta secuencia está intruida por el Batolito de Pataz de composición calcoalcalina, ácida a intermedia y que varían desde granodiorita hacia el Oeste a una cuarzo-monzogranito hacia el Este. Es común la presencia de diques aplíticos, dioríticos, andesíticos y xenolitos de microdiorita. Las fallas y fracturas producto de dichos eventos tectónicos han tenido un importante rol en la distribución de zonas mineralizadas. La litología favoreció a la formación de un intenso fracturamiento en el cuarzo monzonita que permitió la

circulación y depositación de fluidos hidrotermales auríferos. Las cajas presentan textura brechada con cuarzo y pirita gruesa y diseminada, pirita fina por sectores y en venillas. La presencia del oro se da en microfracturas de pirita y arsenopirita, englobados por galena, calcopirita y esfalerita.

El Gigante (Au)

Este yacimiento se ubica en el Cerro Gigante, distrito de Buldibuyo, en las coordenadas UTM 230200 Este y 9108150 Norte, a una altitud de 4200 a 3200 m.s.n.m. Geológicamente se disponen esquistos y fillitas al NE del Batolito Pataz-Buldibuyo, el tipo de roca predominante es la granodiorita de grano grueso. El pórfido tonalítico – diorítico presenta una textura holocristalina y por lo general se aprecia sericitizado y piritizado. Estas rocas son cortadas por diques de regular grosor de composición pórfido – cuarcífero. Las vetas de cuarzo aurífero se emplazan dentro de dicho cuerpo intrusivo elongado de edad Carbonífero controlado por fallas regionales de rumbo NO–SE. La mineralogía en orden de abundancia tiene cuarzo lechoso, pirita de grano grueso sin oro, pirita de grano fino con oro, arsenopirita con oro en poca proporción, esporádicamente marmatita y galena relacionada con la mineralización de oro; en muy pequeña porción, se observan calcopirita y calcita. En cuanto a las alteraciones, la sericitación es la alteración hipógena más intensa, de manera subordinada se aprecia silicificación, argilización y cloritización. El Gigante es considerado un yacimiento mesotermal, con una posibilidad de profundización mayor a 1000 m.

Huariaca (Au)

Se ubica a solo 1 km del poblado de Parcoy, aledaño al río Llacuabamba. Las coordenadas UTM son 227664 Este y 9110921 Norte. El yacimiento consiste

en vetas de óxidos con fragmentos de cuarzo y pirita. La roca caja corresponde a una granodiorita de grano grueso, algo argilizada, encontrándose bastante deleznable. El laboreo consiste en pequeñas galerías siguiendo la estructura, según información verbal de los mineros artesanales la ley promedio varía de 10 a 20 g/T.

La Paccha (Au)

El yacimiento ocupa la parte media y alta del río Buldibuyo. Sus coordenadas UTM son 235550 Este y 9101250 Norte. La mina se encuentra entablada mayormente en granodioritas, también en esquistos del Complejo Marañón. Las rocas sedimentarias en el área de la mina incluyen una pizarra paleozoica de gris a verdosa, cloritizada y muy plegada; pizarras rojas y areniscas del Grupo Ambo, y unas calizas silicosas negras de edad Cretácica. La secuencia esta intruida por una masa muy irregular de granodiorita. El yacimiento está compuesto por un sistema de vetas paralelas con rumbo N70°O y cercano al E-O, paralelo al de los cuerpos de granodiorita. La alteración hidrotermal la constituye esencialmente la seritización de la granodiorita y cloritización de los metamórficos. Vidal et al (1995) sugiere que los fluidos mineralizantes son de origen magmático, o sea que tuvieron como fuente las rocas graníticas del Batolito y que la reactivación de las fracturas pre-existentes promovieron una circulación de los fluidos. La alteración está menos desarrollada en metasedimentarios y pizarras.

Parcoy (Au)

El yacimiento aurífero de Parcoy se encuentra ubicado en la zona sur centro del Batolito de Pataz. Las coordenadas UTM son 227308 Este y 9111815 Norte. La geología está dominada por tres franjas: el basamento Precámbrico

del complejo Marañón al este, los estratos deformados del Pérmico a Cenozoico al oeste y el Batolito de Pataz en la parte central del área en operación. El magmatismo y el tectonismo Eohercínico produjeron una gran sutura tectónica en la secuencia metavolcánica y sedimentos del Proterozoico - Carbonífero que sirvió de emplazamiento al Batolito de Pataz (Carbonífero inferior, 320-330 Ma) y a la consecuente mineralización aurífera 10 Ma después (Carbonífero superior). Este tectonismo fue posteriormente afectado por fallas de rumbo NO y buzamiento al NE, las que al mineralizarse dieron lugar a las vetas auríferas, alojadas principalmente en las facies granodiorítica – tonalítica. La mineralización del oro se presenta en la pirita fina y negruzca, pero no solo en zona de veta se presenta el oro sino además en las alteraciones hidrotermales tanto la sericitica y la propilítica en contacto con la veta. Los lugares donde la pirita se presenta de forma cúbica o cristalizada, no hay mayor concentración de oro. También aparece la esfalerita y arsenopirita; donde el oro no está dentro del mineral, pero son buenos indicadores de leyes económicas de oro. La ley promedio varía de 12 a 14 g/t.

Retamas (Au-Ag)

Se ubica en las proximidades del poblado de Retamas y del río Parcoy. Las coordenadas UTM son 226788 Este y 9112912 Norte. Es un yacimiento de tipo filoniano que está emplazado en rocas intrusivas del Batolito de Pataz, esquistos, filitas, pizarras y metavolcánicos del Complejo del Marañón. Los filones de cuarzo tienen concentraciones lenticulares de sulfuros, principalmente pirita y contenidos de oro libre. La alteración hidrotermal presente es la sericitación pervasiva, cloritización, carbonatización y piritización en las rocas caja. Se han distinguido dos etapas de mineralización: la primera está compuesta por cuarzo lechoso, pirita, arsenopirita y ankerita;

la segunda, siguiendo una etapa de fracturamiento, contiene cuarzo microgranular azul grisáceo, galena, esfalerita, calcopirita, sulfosales de antimonio y oro nativo, y es recortado por un evento posterior con venillas de calcita, dolomita y cuarzo. Se estima que las reservas deben bordear los 10 Mt con 10-13 g/ TM Au.

Tacshana (Au-Ag)

Se encuentra 7 km al norte de la mina de Retamas a una altitud de 3600 m.s.n.m., y sus coordenadas UTM son 226000 Este y 9119500 Norte. Se reconocen vetas auríferas donde existen labores mineras artesanales. La litología dominante está representada por rocas del Batolito de Pataz de composición correspondiente al Paleozoico, y esporádicamente al Este hacia la parte alta, se tiene cuarzo monzonita. La mineralización está caracterizada por pirita cristalizada y deleznable, óxidos de fierro en forma moderada, dominando jarosita sobre goetita y hematita, los óxidos de fierro se observan preferentemente en el cuarzo fracturado, y en la roca caja rellenando fracturas. La roca caja (cuarzo monzonita), tiene moderada a fuerte argilización supérgena, con especularita diseminada, débil cloritización con biotitas decoloradas. Las potencias y valores de Au y Ag se incrementan en profundidad con leyes de hasta 16.7 g/TM Au y 12.1 g/TM Ag.

Cobre Buldibuyo (Pb-Zn-Au-Ag-Cu)

Se ubica 7 km al este del poblado de Parcoy, sus coordenadas UTM son 233317 Este y 9112429 Norte. El depósito es de tipo filoneano y consiste de dos vetas mineralizadas con pirita, calcopirita y esfalerita. Las rocas metamórficas que afloran en la zona se encuentran intruidas por granitos,

dioritas y granodioritas con facies de anfibolita que a veces muestran foliación. Las leyes promedio son: 0.32% Pb, 0.35% Zn y 0.08 Oz/Tc Au.

Fundición (Au - Ag/Cu/Pb)

Se ubica en la quebrada Ventanas, 7 km al este del poblado de Parcoy. Las coordenadas UTM son 232875 Este y 9110390 Norte. La roca caja son principalmente limoarcillitas oscuras con algunas intercalaciones de areniscas de grano fino. Las vetas auríferas se componen de óxidos, sulfuros y relleno de roca triturada, tiene rumbo andino N40°O y buzamiento 20°NE promedio. Según información de los artesanales la ley promedio varía de 10 a 20 g/t.

Laguna Negra (Au-Ag)

Se ubica en las proximidades de la laguna del mismo nombre. Las coordenadas UTM son 238900 Este y 9107500 Norte. La geología está dominada por rocas piroclásticas de la Formación Lavasen, que se encuentra en contacto fallado con el intrusivo de composición granítica de textura porfírica predominantemente gradando de diorita a granodiorita con facies anfibolítica que a veces muestra una foliación bien desarrollada y presenta intenso desclasamiento que en algunos casos se observa estrías de fallamiento y desarrollo de manchas de clorita a lo largo de los planos de juntura. Las vetas presentan un rumbo N10°-25°E y buzamiento 75°NO, y consisten de un típico relleno de fractura en cajas bien definidas de pórfido granítico moderadamente silicificado y piritizado. La mineralogía consiste de pirita en cristales de 1 mm que a veces se entrecruzan, con calcopirita, esfalerita y/o marmatita en poca proporción.

Siberia (Ag-Au-Pb-Cu)

Se ubica en el Cerro Torre Ragra, 5 km al noreste del poblado de Buldibuyo. Sus coordenadas UTM son 238262 Este y 9105051 Norte. Consiste de una estructura mineralizada emplazada en volcánicos de composición andesítica los cuales sobreyacen a un intrusivo diorítico. Los minerales de mena están constituidos por galena y calcopirita y como ganga se tiene pirita. Las leyes promedio son: 3.6 Oz/Tc Ag, 0.12 Oz/Tc Au, 0.44% Pb y 0.35% Cu.

FRANJA VI: Pórfidos y skarns de Cu-Au del Jurásico superior.**La Estrella (Au-Ag-Cu)**

Se encuentra en la Quebrada Uchuragra, Cerro La Estrella, a 5 km de la localidad de Huaylillas. Las coordenadas UTM son 246102 Este y 9095846 Norte. La geología del depósito está dominado por calizas gris plomizas y calizas recristalizadas del Grupo Pucará, intruidos por subvolcánicos que gradan de diorita a granodiorita y cortados por diques tonalíticos. El yacimiento es de tipo metasomático de contacto (skarn) con una geometría irregular, los minerales de mena están constituidos por pirita aurífera, pirrotina (la más abundante y de más alta ley), arsenopirita, calcopirita y óxidos (limonitas). El magmatismo de tipo calcoalcalino intermedio ha generado un skarn rico en hierro magnético con contenido de Cu y Au. La mineralización se presenta en cuerpos de reemplazamiento masivos dentro de las calizas (exoskarn) y en vetas de hasta 2 m. de espesor. Las calizas presentan alteración tipo skarn con minerales de wollastonita, escapolita, cuarzo y granate. Presenta en superficie óxidos como limonita, psilomelano y goetita, los cuales vienen siendo explotados a tajo abierto, recuperando el oro en

pozas de cianuración. La ley de oro puede alcanzar hasta los 100 g/T. Las leyes promedio son: 6.25 g/T Au, 4 g/T y Ag, 0.3% Cu.

La Estrella de Pataz (Au)

Se encuentra a 7 km de la localidad de Huaylillas, sus coordenadas UTM son 247503 E y 9096822 N. El yacimiento está constituido por 2 cuerpos de forma irregular de sulfuros de hierro auríferos que se localizan dentro de una franja de skarn formada por la alteración al contacto con el intrusivo granodiorítico. Los minerales de mena son oro nativo y calcopirita, los minerales de ganga son cuarzo, calcita, wollastonita y granate. El oro se encuentra dentro de la calcopirita y pirrotita. La ley promedio es de 7.36 g/T Au.

FRANJA XIV: Depósitos de Cu-Au-Pb-Zn relacionados con intrusivos del Eoceno.

Chorro Blanco (Cu-Mo-Au - Ag/W)

El prospecto perteneciente a Consorcio Minero Horizonte, se encuentra ubicado 1 kilómetro al norte del poblado de Chillia, a una altitud promedio de 3150 m.s.n.m. con las siguientes coordenadas centrales UTM: 223000 E y 9102000 N. En la zona se reconocen pizarras y filitas del Contaya, areniscas y lutitas, correspondiente al Grupo Ambo, areniscas, conglomerados y volcánicos color rojizo del Grupo Mitu, y las calizas del Grupo Pucará. Intruyendo a estas secuencias, se emplaza un stock porfirítico cuarzo monzonítico, de edad Paleógena, de textura porfirítica con moderada a fuerte argilización y presencia de jarosita. La mineralización está representada por vetillas de cuarzo con orientación preferencial EO, en ocasiones formando stockwork. Dentro del intrusivo porfirítico se han reconocido 5 vetas de cuarzo con orientación EO, con anchos de 0.7 a 1.2 m. mineralización de pirita

cristalizada y diseminada, tungsteno, molibdenita y galena. De igual manera en las lutitas del Grupo Ambo, que hospedan al intrusivo se presentan vetillo de cuarzo con incipiente stockwork, con 2 vetas manto de cuarzo y mineralización de molibdenita y pirita. El efecto producido por el stock porfirítico, en las calizas se manifiesta por evidencias de gossan en rodados y afloramientos de calizas recristalizadas con moderada silicificación.

El Huayo (Cu-Au)

El prospecto perteneciente a Consorcio Minero Horizonte, se encuentra ubicado a 3.5 km al SO del poblado de Huayo, a una altitud máxima de 3000 m.s.n.m. con las siguientes coordenadas centrales UTM: 218000 E y 9114000 N. La geología es la misma que la del Prospecto Chorro Blanco. Se emplaza un stock pórfido cuarcífero de edad Paleógena, reconociéndose tres afloramientos de hasta 100 m. por 80 m. en un área de 1800 m. por 300 m. con orientación NS. El intrusivo es de textura porfirítica, con moderada argilización y ligeramente teñidos por limonitas. Aflora en forma restringida, con buenas evidencias de alteración y mineralización, observándose una labor en dicho intrusivo por el momento inaccesible debido a que se encuentra inundado, el efecto causado en los sedimentos por el pórfido se manifiesta por la presencia de óxidos de fierro, con incidencia de vetas-manto con cuarzo y pirita en las lutitas pizarrosas. Se han reportado valores anómalos de hasta 439 ppb Au, 2 ppm Ag y 5300 ppm Cu.

Miramar (Cu-Au - Ag/Pb/Zn)

Esta ocurrencia se ubica medio kilómetro al norte de la Hacienda Miramar, a una altura promedio de 2700 m.s.n.m. Sus coordenadas UTM son 240983 E y 907025 N. En el sector se han reconocido hasta tres intrusivos, Intrusivo

Miramar de posible edad Eoceno con valores anómalos en Ag 1 ppm, Pb 234 ppm, Zn 236 ppm, As 53 ppm, Sb 3.1 ppm y U 7 ppm; el Intrusivo Muñancapata de posible edad Paleozoico superior dio un valor de 8 ppm de Mo; y el Intrusivo Quebrada Valdivia asumida al Paleozoico inferior con anomalías de Au 54 ppb, Cu 608 ppm y Mo 22 ppm. Los sistemas de vetillas de cuarzo asociado a óxidos que cortan a los intrusivos tienen rumbo NO-SE.

Quisuar (Cu-Au-Ag-Pb)

Se ubica 3.5 Km. al norte del poblado de Canta, a una altura de 3660 m.s.n.m. Sus coordenadas UTM son 221501 Este y 9105805 Norte. Este prospecto de pórfido de cobre se localiza al lado occidental de la Cordillera Oriental paralela al río Marañón, emplazándose en rocas sedimentarias y carbonatadas de los Grupo Ambo y Copacabana del Paleozoico inferior, encontrándose estas unidades plegadas y falladas. El magmatismo correspondería a la presencia de un eje en donde se emplazan varios focos paralelos al Batolito de Pataz, relacionadas a la Tectónica Andina. En los alrededores del poblado de Canta se emplazan varios cuerpos intrusivos de pequeñas dimensiones. Estos cuerpos a manera de Stocks son los responsables de los tipos y estilos de mineralización de Cu – Mo (Au) y Skarn en contacto con unidades carbonatadas. Este cuerpo intrusivo de nivel alto de la corteza, está controlado por fallas de rumbo andino (NO - SE). Las alteraciones presentes son la potásica, propilitización y argilización con minerales de arcilla, clorita y pirita.

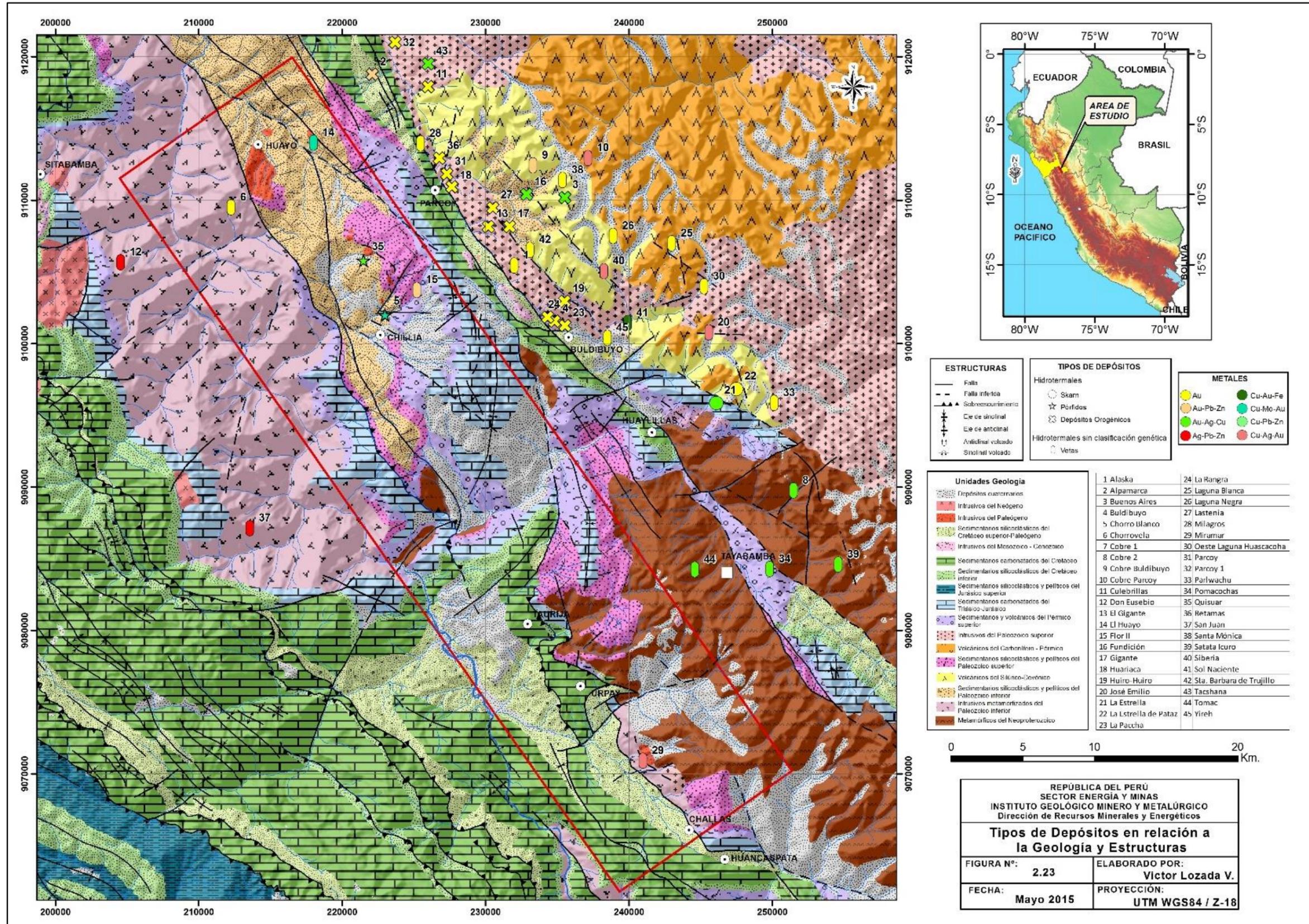


Figura 2, 23 Tipos de Depósitos en relación a la Geología y Estructuras

CAPITULO III.

POTENCIAL GEOLÓGICO - MINERO

3.1 INTRODUCCIÓN

La evaluación del Potencial Geológico – Minero es una medida de la capacidad que tiene una zona para generar y albergar depósitos minerales de interés económico. Dicho potencial se basa en las características geológicas, estructurales y geoquímicas, así como evidencias de operaciones, proyectos, prospectos y anomalías que conduzcan al desarrollo de la actividad minera de una determinada zona.

El término prospección comprende los trabajos geológicos orientados al descubrimiento de depósitos minerales y que proporcionan resultados de

precisión creciente de acuerdo a la escala de trabajo empleada. Una prospección de reconocimiento trabaja a una escala mayor a 1/200 000; una prospección preliminar de escala 1/100 000 a 1/50 000 y una prospección detallada a escala 1/25 000 a 1/5000.

La prospección geoquímica por lo tanto es la medida sistemática y precisa de la composición química de los materiales naturales con objeto de detectar los valores anormalmente altos (anomalía geoquímica) que se desvían considerablemente de la concentración normal de los elementos en el medio analizado (fondo geoquímico); conduciendo al descubrimiento de depósitos de interés.

Un concepto muy importante es el de elemento traza, guía o pathfinder como aquel que es relativamente móvil en estrecha relación con el elemento que se busca y que forma un halo geoquímico más fácil de detectar. Es frecuente que este elemento que mejor se dispersa y concentra en torno a una mineralización no sea el que constituye una mineralización económica, sin embargo en muchas ocasiones localiza y delinea una anomalía. Las campañas de prospección geoquímica están dirigidas a ubicar estas anomalías mediante una serie de fases: planificación; donde se selecciona el método de prospección, la escala de trabajo y el programa de muestreo; la toma de muestras en campo, el análisis químico de las muestras en laboratorio y finalmente la interpretación de los datos para programar prospecciones de detalle o campañas de exploración a futuro. Hay que tener presente que la no existencia de una determinada anomalía no asegura la ausencia de un yacimiento.

3.2 ESTADÍSTICA APLICADA A LA PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA.

El primer paso para aplicar la estadística en la prospección geoquímica es la determinación de las poblaciones en función a criterios cronológicos y litológicos que caractericen un ambiente geológico. Una vez determinadas las poblaciones estadísticas, se procedió al análisis estadístico univariado con la ayuda del programa Excel y SPSS, habiéndose obtenido los parámetros estadísticos necesarios para establecer el *threshold* (valor umbral) y *background* (valor de fondo) para cada uno de los elementos en la respectiva población estadística. Se puede apreciar que no todos los elementos muestran una tendencia a la distribución logarítmica normal, ya sea porque un considerable número de muestras están por debajo del límite de detección, por la limitada cantidad de muestras en una población, o por la existencia de valores altos y bajos erráticos.

Cuando los valores menores al límite de detección de un elemento representan más del 10% serán reemplazados con la mitad del valor del límite de detección, y si solo representan menos del 10% podrán ser separados del tratamiento estadístico para el cálculo del *background* y *threshold*. Asimismo con la ayuda del “Diagrama de cajas” se depuran los valores erráticos con la finalidad de procesar los datos sin sesgos con distribución gaussiana. Una vez comprobada la normalidad de los elementos de cada población, se calculan los parámetros estadísticos.

El valor de fondo o *background*, es la abundancia normal de un elemento dentro de un material de la tierra no mineralizado. Estadísticamente está representado por la **media geométrica** de la población normal de cada

elemento. Para poblaciones menores a 40 muestras o de distribución errática se utiliza el método no paramétrico del **percentil 50**.

El valor umbral o threshold, es el límite superior de la fluctuación del background. Estadísticamente para poblaciones mayores de 40 muestras se calcula utilizando el método tradicional de Lepeltier: **media geométrica + 2*(desviación estándar)**. Para poblaciones menores a 40 muestras o de distribución errática se utiliza el método no paramétrico del **percentil 95**.

Los valores por encima del threshold se consideran como anomalía geoquímica, que es una desviación (generalmente positiva) de las características que son normales para una población de datos y varían de acuerdo al ambiente en que se encuentran. Tanto en la determinación del background como del threshold, los datos fueron transformados a sus expresiones logarítmicas respectivas para mejorar la simetría, ajustándose a un comportamiento normal; en el resultado se ha promediado los valores a enteros y decimales manejables. Algunos elementos con valores menores a 1 ppm han sido trabajados en ppb en la escala logarítmica, pero los resultados finales en ppm. La escala para determinar la intensidad de la anomalía es:

Tabla 3, 1 Rangos de intensidad de las anomalías geoquímicas.

RANGOS DE ANOMALIA		
DEBIL	MODERADO	FUERTE
T - <2T	2T - 3T	>3T

Los límites de detección para los 20 elementos en sedimentos y 14 elementos en rocas se muestran en las tablas 3, 2 y 3, 3.

Tabla 3, 2 Límites de detección de los elementos para muestras de sedimentos.

Au (ppb)	Ag (ppm)	Sc (ppm)	U (ppm)	Co (ppm)	Mo (ppm)	Sn (ppm)	Ni (ppm)	La (ppm)	V (ppm)	Sb (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Cd (ppm)	Hg (ppm)	As (ppm)	Cr (ppm)	W (ppm)	Fe (%)
5	0.01	0.1	0.05	0.1	0.05	0.3	0.5	0.1	1	0.05	0.5	0.2	1	0.02	0.01	1	1	0.05	0.01

Tabla 3, 3 Límites de detección de los elementos para muestras de rocas.

Au (ppb)	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Mo (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	W (ppm)	Sn (ppm)	U (ppm)	Th (ppm)	Cr (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	La (ppm)
5	0.2	5	1	2	2	1	1	0.1	0.1	10	2	0.5	0.1

Posteriormente se hará uso de la estadística bivariada determinando el coeficiente de correlación de Pearson, de los elementos de cada población. Este otro cálculo establece el grado de relación que existe entre dos grupos de valores. Cuantitativamente se clasifican en:

- Correlación perfecta: El valor del coeficiente de correlación es 1.
- Correlación imperfecta: El coeficiente de correlación es menor a 1.
- Correlación nula: El coeficiente de correlación es 0, o no existe correlación.

Según el signo se clasifican en:

- Correlación positiva.- Las dos variables aumentan o disminuyen.
- Correlación negativa.- Una variable aumenta y la otra disminuye o viceversa.

Para los cálculos del coeficiente de correlación, los valores menores al límite de detección fueron reemplazados por la mitad del valor de dicho límite. Los valores fueron llevados a su expresión logarítmica. Para interpretar el coeficiente de correlación usamos la siguiente escala de valores:

Tabla 3, 4 Escala del coeficiente de correlación de Pearson (propuesta en este trabajo).

Valor	Significado
-1	Correlación negativa perfecta
-0.9 a -0.99	Correlación negativa muy fuerte
-0.7 a -0.89	Correlación negativa fuerte
-0.6 a -0.69	Correlación negativa moderada
-0.4 a -0.59	Correlación negativa débil
-0.3 a -0.39	Correlación negativa muy débil
-0.29 a 0.29	Correlación nula
0.3 a 0.39	Correlación positiva muy débil
0.4 a 0.59	Correlación positiva débil
0.6 a 0.74	Correlación positiva moderada
0.75 a 0.89	Correlación positiva fuerte
0.9 a 0.99	Correlación positiva muy fuerte
1	Correlación positiva perfecta

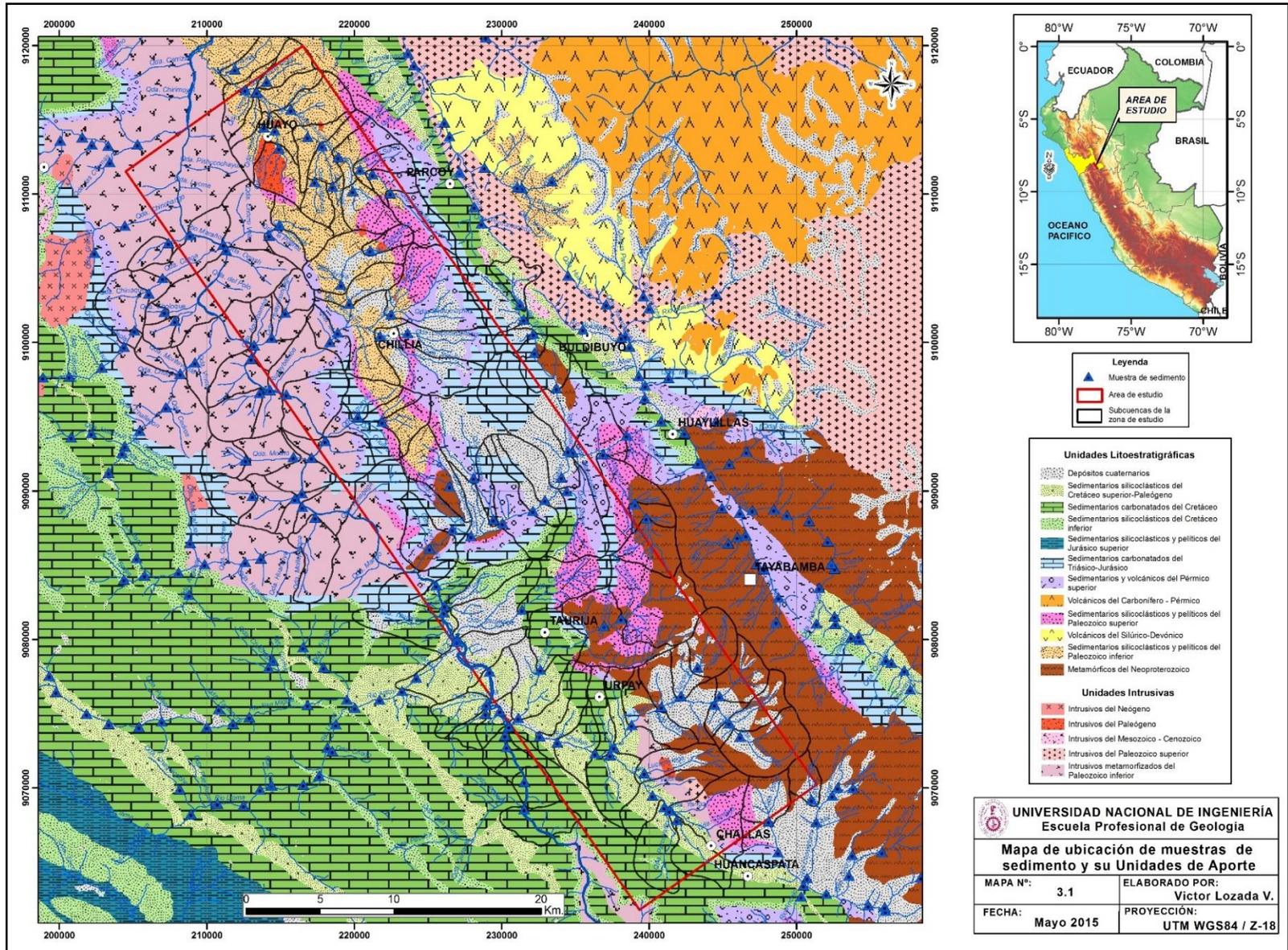
3.2.1.- Tratamiento Estadístico de Sedimentos

En base a la información tomada del muestreo de sedimentos disponible en el GEOCATMIN y a la información geológica de campo, se seleccionaron 275 muestras de sedimentos de corriente que representan el entorno geológico regional del área de estudio, de las cuales en función al litotipo predominante mayor al 50% de las subcuencas de aporte (criterio litológico), así como la edad de la unidad proveedora de dicho material (criterio cronológico) (Mapa 3, 1), resultaron 6 ambientes geológicos o poblaciones (Tabla 3, 5).

Del total de las muestras seleccionadas, se ha considerado para el procesamiento estadístico un total de 271, dado que las 04 muestras restantes corresponden a las formaciones Tres Lagunas y Lavasen, que por ser muy pocas carecen de representatividad.

Tabla 3, 5 Poblaciones estadísticas de muestras de sedimentos.

	POBLACIÓN ESTADÍSTICA	UNIDAD GEOLÓGICA	N° MUESTRAS	TRATAMIENTO
1	Sedimentarios silicoclásticos del Mesozoico-Paleógeno	Fm. Chota y Grupo Goyllarisquizga	46	Paramétrico
2	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Fms: Jumasha, Celendín , Crisnejas, Chulec, Pariatambo y Grupo Pucará	62	Paramétrico
3	Sedimentarios y metasedimentarios del Paleozoico	Fms: Contaya, Macno y Grupos: Mitu, Ambo.	48	Paramétrico
4	Intrusivo del Paleozoico superior	Batolito de Pataz	26	No Paramétrico
5	Intrusivo metamorfizado del Paleozoico inferior	Granito gneisificado	44	Paramétrico
6	Metamórficos del Neoproterozoico	Complejo Marañón	45	Paramétrico



Mapa 3, 1 Mapa de ubicación de muestras de sedimento y sus unidades de aporte

Primero se determinan los valores de fondo (backgrounds) y umbrales geoquímicos (thresholds) para cada población de datos, luego se identifican las asociaciones de elementos presentes en cada población mediante el coeficiente de correlación de Pearson.

Se ha realizado el tratamiento estadístico de 20 elementos químicos: Au, Ag, Cu, Mo, Pb, Zn, W, U, Sn, Cr, Ni, Sb, Hg, As, Sc, Co, La, V, Cd y Fe; seleccionados por su interés económico en la actualidad y a los elementos traza asociados a estos; además de ser los utilizados para el cálculo de la variable geoquímica del Mapa de Potencial Metálico.

3.2.1.1.- Valor de fondo y umbral regional por poblaciones

Sedimentarios Silicoclásticos del Mesozoico-Paleógeno

Los resultados para esta población fueron determinados a partir de 46 muestras de sedimentos correspondientes a las siguientes unidades de aporte: conglomerados y areniscas rojas de la Formación Chota y secuencias de areniscas, cuarcitas con intercalaciones de arcillitas y limoarcillitas calcáreas del Grupo Goyllarisquizga. Su proceso estadístico dio el siguiente resultado (Tablas 3, 6 y 3, 7):

Tabla 3, 6 Resultado estadístico de las 46 muestras de la población de Sedimentarios Silicoclásticos del Mesozoico-Paleógeno.

Elemento	Valor Mínimo	Valor Máximo	Expresión Logarítmica	N° Datos	Media Geométrica	Desviación Estándar
Au (ppb)	< 5	575.00	Ln Au (ppb)	43	1.327	0.686
Ag (ppm)	< 0.01	0.34	Ln Ag (ppb)	39	3.815	0.741
Cu (ppm)	3.30	36.87	Ln Cu (ppm)	45	2.652	0.464
Mo (ppm)	0.25	11.15	Ln Mo (ppb)	46	7.254	0.996
Pb (ppm)	10.10	861.10	Ln Pb (ppm)	38	2.692	0.231
Zn (ppm)	13.00	290.00	Ln Zn (ppm)	35	4.183	0.238
W (ppm)	0.05	23.60	Ln W (ppb)	46	5.151	1.572
Sn (ppm)	< 0.30	3.60	Ln Sn (ppb)	43	6.664	0.359
U (ppm)	0.30	2.13	Ln U (ppb)	46	6.720	0.504
Cr (ppm)	< 1	38.34	Ln Cr (ppm)	42	2.729	0.531
Ni (ppm)	8.10	231.00	Ln Ni (ppm)	35	2.828	0.185
Sb (ppm)	< 0.05	24.70	Ln Sb (ppb)	24	6.527	0.171
Hg (ppm)	< 0.01	0.42	Ln Hg (ppb)	40	3.765	0.665
As (ppm)	1.33	734.00	Ln As (ppm)	46	2.132	0.689
Sc (ppm)	1.60	9.20	Ln Sc (ppm)	45	1.454	0.321
Co (ppm)	3.00	48.70	Ln Co (ppm)	42	2.185	0.243
La (ppm)	2.40	29.90	Ln La (ppm)	42	2.649	0.484
V (ppm)	< 1	73.00	Ln V (ppm)	44	3.333	0.666
Cd (ppm)	0.07	2.41	Ln Cd (ppb)	46	5.545	0.847
Fe (%)	0.53	3.71	Ln Fe (%)	38	0.881	0.176

Algunas observaciones durante el tratamiento:

- En el Au, el 52% tienen valores por debajo de su límite de detección, siendo reemplazados con la mitad del valor del límite de detección.
- En la Ag se separaron 7 muestras (15%) con valores debajo de su límite de detección. Se comprobó que este resultado fue más representativo que al ser reemplazados con la mitad del valor del límite de detección.
- Los elementos con más valores erráticos fueron el Sb con 22, el Ni con 11, el Zn con 11, el Pb con 8, y el Au con 5 valores, separados para los cálculos utilizando el diagrama de cajas.

Tabla 3, 7 Background, threshold y rangos de anomalía de la población de Sedimentarios Silicoclásticos del Mesozoico-Paleógeno.

ELEMENTO	BACKGROUND	THRESHOLD (T)	RANGOS DE ANOMALIA		
			DEBIL T - <2T	MODERADO 2T - 3T	FUERTE >3T
Au (ppb)	3.768 = 3.8	14.861 = 15	[15 - 30[	[30 - 45]	> 45
Ag (ppm)	0.045 = 0.04	0.199 = 0.2	[0.2 - 0.4[	[0.4 - 0.8]	> 0.8
Cu (ppm)	14.187 = 14	35.902 = 35	[35 - 70[	[70 - 105]	> 105
Mo (ppm)	1.413 = 1.4	10.354 = 10	[10 - 20[	[20 - 30]	> 30
Pb (ppm)	14.759 = 15	23.422 = 25	[25 - 50[	[50 - 75]	> 75
Zn (ppm)	65.589 = 65	105.574 = 105	[105 - 210[	[210 - 315]	> 315
W (ppm)	0.159 = 0.2	2.732 = 2.7	[2.7 - 5.4[	[5.4 - 8.1]	> 8.1
Sn (ppm)	0.783 = 0.8	1.607 = 1.6	[1.6 - 3.2[	[3.2 - 4.8]	> 4.8
U (ppm)	0.829 = 0.8	2.272 = 2.3	[2.3 - 4.6[	[4.6 - 6.9]	> 6.9
Cr (ppm)	15.314 = 15	44.251 = 45	[45 - 90[	[90 - 135]	> 135
Ni (ppm)	16.919 = 17	24.515 = 25	[25 - 50[	[50 - 75]	> 75
Sb (ppm)	0.683 = 0.7	0.963 = 1	[1 - 2[	[2 - 3]	> 3
Hg (ppm)	0.043 = 0.04	0.163 = 0.2	[0.2 - 0.4[	[0.4 - 0.8]	> 0.8
As (ppm)	8.429 = 8	33.425 = 35	[35 - 70[	[70 - 105]	> 105
Sc (ppm)	4.280 = 4.3	8.129 = 8	[8 - 16[	[16 - 24]	> 24
Co (ppm)	8.895 = 9	14.461 = 14	[14 - 28[	[28 - 42]	> 42
La (ppm)	14.137 = 14	37.235 = 37	[37 - 74[	[74 - 111]	> 111
V (ppm)	28.012 = 28	106.075 = 105	[105 - 210[	[210 - 315]	> 315
Cd (ppm)	0.256 = 0.3	1.392 = 1.4	[1.4 - 2.8[	[2.8 - 4.2]	> 4.2
Fe (%)	2.413 = 2.4	3.431 = 3.4	[3.4 - 6.8[	[6.8 - 10.2]	> 10.2

Sedimentarios Carbonatados del Mesozoico.

Los resultados para esta población fueron determinados a partir de 62 muestras de sedimentos correspondientes a las siguientes unidades de aporte: Calizas, margas, dolomitas intercalados con niveles de arcillitas y areniscas calcáreas de las formaciones Jumasha, Celendín , Crisnejas, Chulec, Pariatambo y Grupo Pucará. Su proceso estadístico dio el siguiente resultado (Tablas 3, 8 y 3, 9):

Tabla 3, 8 Resultado estadístico de las 62 muestras de la población de Sedimentarios Carbonatados del Mesozoico.

Elemento	Valor Mínimo	Valor Máximo	Expresión Logarítmica	N° Datos	Media Geométrica	Desviación Estándar
Au (ppb)	< 5	542.00	Ln Au (ppb)	57	1.494	0.874
Ag (ppm)	< 0.01	0.23	Ln Ag (ppb)	57	4.099	0.644
Cu (ppm)	6.20	80.40	Ln Cu (ppm)	62	2.759	0.606
Mo (ppm)	0.17	5.56	Ln Mo (ppb)	60	7.247	0.645
Pb (ppm)	6.40	128.60	Ln Pb (ppm)	59	2.830	0.444
Zn (ppm)	20.00	441.00	Ln Zn (ppm)	61	4.184	0.668
W (ppm)	< 0.05	7.40	Ln W (ppb)	53	4.489	1.018
Sn (ppm)	0.30	3.00	Ln Sn (ppb)	57	6.520	0.392
U (ppm)	0.26	5.09	Ln U (ppb)	58	6.444	0.514
Cr (ppm)	< 1	319.00	Ln Cr (ppm)	54	2.760	0.581
Ni (ppm)	3.50	70.10	Ln Ni (ppm)	60	2.816	0.473
Sb (ppm)	< 0.05	7.12	Ln Sb (ppb)	60	6.284	0.999
Hg (ppm)	< 0.01	4.24	Ln Hg (ppb)	50	4.146	0.631
As (ppm)	1.51	343.00	Ln As (ppm)	59	2.441	0.885
Sc (ppm)	1.30	6.90	Ln Sc (ppm)	61	1.312	0.253
Co (ppm)	2.40	18.60	Ln Co (ppm)	61	2.217	0.401
La (ppm)	1.40	51.70	Ln La (ppm)	62	2.051	0.827
V (ppm)	< 1	167.00	Ln V (ppm)	57	3.054	0.609
Cd (ppm)	0.05	1.23	Ln Cd (ppb)	62	5.373	0.739
Fe (%)	0.59	4.67	Ln Fe (%)	58	0.717	0.344

El análisis estadístico nos dejó las siguientes observaciones:

- En el caso del Au el 44% tienen valores por debajo del límite de detección (5 ppb) siendo reemplazados con la mitad de dicho valor. En el caso del Cr el 8%, el Hg el 7%, y del W el 2%, con valores debajo del límite de detección fueron separados para los cálculos.
- Los elementos con más valores erráticos fueron el Hg con 8, el W con 7, el Au con 5 y el Fe con 4 valores, separados para los cálculos utilizando el diagrama de cajas.

Tabla 3, 9 Background, threshold y rangos de anomalía de la población de Sedimentarios Carbonatados del Mesozoico.

ELEMENTO	BACKGROUND	THRESHOLD (T)	RANGOS DE ANOMALIA		
			DEBIL T - <2T	MODERADO 2T - 3T	FUERTE >3T
Au (ppb)	4.457 = 4.5	25.592 = 25	[25 - 50[	[50 - 75]	> 75
Ag (ppm)	0.0602 = 0.06	0.218 = 0.2	[0.2 - 0.4[	[0.4 - 0.6]	> 0.6
Cu (ppm)	15.778 = 16	53.004 = 55	[55 - 110[	[110 - 165]	> 165
Mo (ppm)	1.403 = 1.4	5.096 = 5	[5 - 10[	[10 - 15]	> 15
Pb (ppm)	16.949 = 17	41.232 = 40	[40 - 80[	[80 - 120]	> 120
Zn (ppm)	65.63 = 65	249.545 = 250	[250 - 500[	[500 - 750[	> 750
W (ppm)	0.089 = 0.1	0.681 = 0.7	[0.7 - 1.4[	[1.4 - 2.1]	> 2.1
Sn (ppm)	0.678 = 0.7	1.487 = 1.5	[1.5 - 3[	[3 - 4.5]	> 4.5
U (ppm)	0.629 = 0.6	1.758 = 1.8	[1.8 - 3.6[	[3.6 - 5.4]	> 5.4
Cr (ppm)	15.794 = 15	50.471 = 50	[50 - 100[	[100 - 150]	> 150
Ni (ppm)	16.704 = 16	43.02 = 45	[45 - 90[	[90 - 135]	> 135
Sb (ppm)	0.536 = 0.5	3.952 = 4	[4 - 8[	[8 - 12]	> 12
Hg (ppm)	0.063 = 0.06	0.223 = 0.2	[0.2 - 0.4[	[0.4 - 0.6]	> 0.6
As (ppm)	11.481 = 11	67.351 = 67	[67 - 134[	[134 - 201]	> 201
Sc (ppm)	3.714 = 3.7	6.165 = 6	[6 - 12[	[12 - 18]	> 18
Co (ppm)	9.176 = 9	20.454 = 20	[20 - 40[	[40 - 60]	> 60
La (ppm)	7.773 = 8	40.676 = 40	[40 - 80[	[80 - 120]	> 120
V (ppm)	21.197 = 21	71.63 = 72	[72 - 144[	[144 - 216]	> 216
Cd (ppm)	0.215 = 0.2	0.944 = 1	[1 - 2[	[2 - 3]	> 3
Fe (%)	2.048 = 2.05	4.076 = 4.1	[4.1 - 8.2[	[8.2 - 12.3]	> 12.3

Sedimentarios y Metasedimentarios del Paleozoico.

Los resultados para esta población fueron determinados a partir de 48 muestras de sedimentos correspondientes a las siguientes unidades de aporte: metareniscas y cuarcitas de la Formación Macno; pizarras, filitas, lutitas pizarrosas y metalutitas de las formaciones Contaya; areniscas, conglomerados y limoarcillitas de los grupos Ambo y Mitu; con muy poco aporte de secuencias carbonatas del Grupo Copacabana. Su proceso estadístico dio el siguiente resultado (Tablas 3, 10 y 3, 11):

Tabla 3, 10 Resultado estadístico de las 48 muestras de la población de Sedimentarios y Metasedimentarios del Paleozoico.

Elemento	Valor Mínimo	Valor Máximo	Expresión Logarítmica	N° Datos	Media Geométrica	Desviación Estándar
Au (ppb)	< 5	1213.00	Ln Au (ppb)	45	2.170	1.081
Ag (ppm)	< 0.01	0.78	Ln Ag (ppb)	46	4.552	0.887
Cu (ppm)	11.90	110.50	Ln Cu (ppm)	48	3.546	0.478
Mo (ppm)	0.48	28.10	Ln Mo (ppb)	47	7.389	0.616
Pb (ppm)	10.00	127.80	Ln Pb (ppm)	45	2.958	0.397
Zn (ppm)	41.00	970.00	Ln Zn (ppm)	45	4.499	0.417
W (ppm)	< 0.05	7.50	Ln W (ppb)	44	4.375	0.934
Sn (ppm)	< 0.3	3.40	Ln Sn (ppb)	41	6.409	0.295
U (ppm)	0.15	6.35	Ln U (ppb)	47	6.22	0.529
Cr (ppm)	9.00	93.00	Ln Cr (ppm)	38	2.983	0.292
Ni (ppm)	11.80	50.60	Ln Ni (ppm)	48	3.386	0.393
Sb (ppm)	0.27	3.36	Ln Sb (ppb)	44	6.612	0.392
Hg (ppm)	< 0.01	1.53	Ln Hg (ppb)	42	4.229	0.678
As (ppm)	8.00	1513.00	Ln As (ppm)	45	3.126	0.563
Sc (ppm)	2.00	10.90	Ln Sc (ppm)	43	1.407	0.186
Co (ppm)	7.60	28.20	Ln Co (ppm)	48	2.751	0.369
La (ppm)	1.11	69.50	Ln La (ppm)	47	2.392	0.895
V (ppm)	6.00	102.00	Ln V (ppm)	46	3.085	0.431
Cd (ppm)	0.03	3.98	Ln Cd (ppb)	43	4.797	0.671
Fe (%)	1.75	5.74	Ln Fe (%)	48	1.207	0.299

Se presentaron las siguientes observaciones durante el tratamiento:

- En el caso del oro (Au), el 19% tienen valores por debajo de su límite de detección, (5 ppb), siendo reemplazados con la mitad de su valor.
- Los elementos con más valores erráticos fueron el Cr con 10, el Sn con 6, el Sc con 5, el Cd con 5, el Sb con 4 y el Hg con 4 valores, separados para los cálculos utilizando el diagrama de cajas.

Tabla 3, 11 Background, threshold y rangos de anomalía de la población de Sedimentarios y Metasedimentarios del Paleozoico.

ELEMENTO	BACKGROUND	THRESHOLD (T)	RANGOS DE ANOMALIA		
			DEBIL T - <2T	MODERADO 2T - 3T	FUERTE >3T
Au (ppb)	8.761 = 9	76.191 = 75	[75 - 150[	[150 - 225]	> 225
Ag (ppm)	0.095 = 0.1	0.559 = 0.6	[0.6 - 1.2[	[1.2 - 1.8]	> 1.8
Cu (ppm)	34.695 = 35	90.372 = 90	[90 - 180[	[180 - 270]	> 270
Mo (ppm)	1.619 = 1.6	5.552 = 6	[6 - 12[	[12 - 18[	> 18
Pb (ppm)	19.263 = 20	42.640 = 45	[45 - 90[	[90 - 135]	> 135
Zn (ppm)	89.942 = 90	207.364 = 207	[207 - 414[	[414 - 621]	> 621
W (ppm)	0.079 = 0.08	0.514 = 0.5	[0.5 - 1[	[1 - 1.5]	> 1.5
Sn (ppm)	0.607 = 0.6	1.095 = 1.1	[1.1 - 2.2[	[2.2 - 3.3]	> 3.3
U (ppm)	0.502 = 0.5	1.477 = 1.5	[1.5 - 3[	[3 - 4.5]	> 4.5
Cr (ppm)	19.764 = 20	35.414 = 35	[35 - 70[	[70 - 105]	> 105
Ni (ppm)	29.560 = 30	64.904 = 65	[65 - 130[	[130 - 195]	> 195
Sb (ppm)	0.744 = 0.7	1.632 = 1.6	[1.6 - 3.2[	[3.2 - 4.8]	> 4.8
Hg (ppm)	0.068 = 0.07	0.266 = 0.3	[0.3 - 0.6[	[0.6 - 0.9]	> 0.9
As (ppm)	22.795 = 23	70.394 = 70	[70 - 140[	[140 - 210]	> 210
Sc (ppm)	4.085 = 4	5.922 = 6	[6 - 12[	[12 - 18]	> 18
Co (ppm)	15.657 = 16	32.787 = 33	[33 - 66[	[66 - 99]	> 99
La (ppm)	10.934 = 11	65.507 = 65	[65 - 130[	[130 - 195]	> 195
V (ppm)	21.874 = 22	51.804 = 52	[52 - 104[	[104 - 156]	> 156
Cd (ppm)	0.121 = 0.1	0.464 = 0.5	[0.5 - 1[	[1 - 1.5]	> 1.5
Fe (%)	3.344 = 3.3	6.091 = 6.1	[6.1 - 12.2[	[12.2 - 18.3]	> 18.3

Intrusivo del Paleozoico superior

Los resultados para esta población fueron determinados a partir de 26 muestras de sedimentos correspondientes a las siguientes unidades de aporte: granito, granodiorita, tonalita, monzonita y cuarzo monzonita correspondientes al Batolito de Pataz. Se realizó el tratamiento no paramétrico utilizando el percentil 50, para determinar el background, y el percentil 95, para determinar el threshold. Su proceso estadístico dio el siguiente resultado (Tablas 3, 12 y 3, 13):

Tabla 3, 12 Resultado estadístico de las 26 muestras de la población de Intrusivo del Paleozoico superior.

Elemento	Valor Mínimo	Valor Máximo	Expresión Logarítmica	Percentil 50	Percentil 95
Au (ppb)	22.00	2908.00	Ln Au (ppb)	5.220	7.960
Ag (ppm)	0.03	2.05	Ln Ag (ppb)	5.164	7.474
Cu (ppm)	7.00	97.40	Ln Cu (ppm)	2.996	4.408
Mo (ppm)	0.83	6.45	Ln Mo (ppb)	7.484	8.694
Pb (ppm)	6.00	1002.00	Ln Pb (ppm)	3.208	6.178
Zn (ppm)	21.00	887.00	Ln Zn (ppm)	4.705	6.749
W (ppm)	< 0.05	2.30	Ln W (ppb)	5.720	7.655
Sn (ppm)	0.58	1.60	Ln Sn (ppb)	6.797	7.331
U (ppm)	2.80	38.08	Ln U (ppb)	7.317	7.932
Cr (ppm)	8.00	172.00	Ln Cr (ppm)	4.003	5.085
Ni (ppm)	4.30	63.20	Ln Ni (ppm)	2.598	3.979
Sb (ppm)	1.88	17.54	Ln Sb (ppb)	6.281	7.455
Hg (ppm)	< 0.01	1.15	Ln Hg (ppb)	3.912	6.858
As (ppm)	1.35	1893.00	Ln As (ppm)	4.277	7.434
Sc (ppm)	1.00	13.20	Ln Sc (ppm)	1.308	2.430
Co (ppm)	1.73	34.10	Ln Co (ppm)	2.152	3.416
La (ppm)	7.94	26.00	Ln La (ppm)	2.753	3.209
V (ppm)	4.00	133.00	Ln V (ppm)	3.511	4.717
Cd (ppm)	0.02	4.06	Ln Cd (ppb)	5.940	8.247
Fe (%)	0.97	5.55	Ln Fe (%)	0.833	1.704

Los resultados del Percentil 50 para obtener el background; y del Percentil 95 para determinar el threshold, resultan los métodos más apropiados para esta población de 26 muestras (menor de 40).

Tabla 3, 13 Background, threshold y rangos de anomalía de la población de Intrusivo del Paleozoico superior.

ELEMENTO	BACKGROUND	THRESHOLD (T)	RANGOS DE ANOMALIA		
			DEBIL T - <2T	MODERADO 2T - 3T	FUERTE >3T
Au (ppb)	184.95 = 185	2862.64 = 2860	[2860 - 5720[	[5720 - 8580]	> 8580
Ag (ppm)	0.175 = 0.2	1.762 = 1.8	[1.8 - 3.6[	[3.6 - 5.4]	> 5.4
Cu (ppm)	19.99 = 20	82.113 = 80	[80 - 160[	[160 - 240]	> 240
Mo (ppm)	1.778 = 1.8	5.969 = 6	[6 - 12[	[12 - 18]	> 18
Pb (ppm)	24.717 = 25	481.83 = 480	[480 - 960[	[960 - 1440]	> 1440
Zn (ppm)	110.47 = 110	852.86 = 853	[853 - 1706[	[1706 - 2559]	> 2559
W (ppm)	0.305 = 0.3	2.111 = 2.1	[2.1 - 4.2[	[4.2 - 6.3]	> 5.1
Sn (ppm)	0.894 = 0.9	1.526 = 1.5	[1.5 - 3[	[3 - 4.5]	> 4.5
U (ppm)	1.505 = 1.5	2.786 = 2.8	[2.8 - 5.6[	[5.6 - 8.4]	> 8.4
Cr (ppm)	54.77 = 55	161.63 = 162	[162 - 324[	[324 - 486]	> 486
Ni (ppm)	13.44 = 13	53.47 = 53	[53 - 106[	[106 - 159]	> 159
Sb (ppm)	0.534 = 0.5	1.729 = 1.7	[1.7 - 3.4[	[3.4 - 5.1]	> 5.1
Hg (ppm)	0.049 = 0.05	0.952 = 1	[1 - 2[	[2 - 3]	> 3
As (ppm)	71.99 = 72	1692.5 = 1693	[1693 - 3386[	[3386 - 5079]	> 5079
Sc (ppm)	3.698 = 3.7	11.362 = 11	[11 - 22[	[22 - 33]	> 33
Co (ppm)	8.599 = 9	30.459 = 30	[30 - 60[	[60 - 90]	> 90
La (ppm)	13.099 = 13	24.754 = 25	[25 - 50[	[50 - 75]	> 75
V (ppm)	33.495 = 34	111.81 = 112	[112 - 224[	[224 - 336]	> 336
Cd (ppm)	0.38 = 0.4	3.815 = 4	[4 - 8[	[8 - 12]	> 12
Fe (%)	2.299 = 2.3	5.497 = 5.5	[5.5 - 11[	[11 - 16.5]	> 16.5

Intrusivo metamorizado del Paleozoico inferior.

Los resultados para esta población fueron determinados a partir de 44 muestras de sedimentos correspondientes a las siguientes unidades de aporte: granitos y sienogranitos metamorizados correspondientes al Granito gneisificado del Maraón. Su proceso estadístico dio el siguiente resultado (Tablas 3, 14 y 3, 15):

Tabla 3, 14 Resultado estadístico de las 44 muestras de la población de Intrusivo metamorfozado del Paleozoico inferior.

Elemento	Valor Mínimo	Valor Máximo	Expresión Logarítmica	Nº Datos	Media Geométrica	Desviación Estándar
Au (ppb)	< 5	1833.00	Ln Au (ppb)	43	2.278	0.981
Ag (ppm)	0.01	0.29	Ln Ag (ppb)	42	4.375	0.655
Cu (ppm)	14.10	92.40	Ln Cu (ppm)	44	3.519	0.515
Mo (ppm)	0.39	6.65	Ln Mo (ppb)	42	7.305	0.525
Pb (ppm)	5.10	121.60	Ln Pb (ppm)	44	2.989	0.738
Zn (ppm)	35.00	479.00	Ln Zn (ppm)	38	4.569	0.344
W (ppm)	0.05	6.80	Ln W (ppb)	44	6.077	1.242
Sn (ppm)	0.40	4.10	Ln Sn (ppb)	44	6.832	0.497
U (ppm)	0.50	6.62	Ln U (ppb)	44	7.466	0.684
Cr (ppm)	7.00	107.00	Ln Cr (ppm)	41	2.878	0.471
Ni (ppm)	6.00	61.60	Ln Ni (ppm)	42	3.039	0.426
Sb (ppm)	0.23	3.33	Ln Sb (ppb)	42	6.983	0.549
Hg (ppm)	0.02	3.23	Ln Hg (ppb)	40	4.477	0.841
As (ppm)	5.96	72.00	Ln As (ppm)	44	2.853	0.625
Sc (ppm)	2.60	10.60	Ln Sc (ppm)	38	1.504	0.175
Co (ppm)	5.40	22.70	Ln Co (ppm)	44	2.444	0.340
La (ppm)	8.00	110.70	Ln La (ppm)	44	3.113	0.657
V (ppm)	4.00	92.00	Ln V (ppm)	42	3.371	0.502
Cd (ppm)	0.82	10.11	Ln Cd (ppb)	43	5.198	0.703
Fe (%)	1.65	5.74	Ln Fe (%)	44	1.108	0.272

A continuación se detalla algunas observaciones del proceso estadístico:

- Hubieron muy pocos valores por debajo de su límite de detección, siendo reemplazados con la mitad de su valor.
- Los elementos con más valores erráticos fueron el Sc con 6, el Zn con 6 y el Hg con 4, separados para los cálculos utilizando el diagrama de cajas.

Tabla 3, 15 Background, threshold y rangos de anomalía de la población Intrusivo metamorfozado del Paleozoico inferior.

ELEMENTO	BACKGROUND	THRESHOLD (T)	RANGOS DE ANOMALIA		
			DEBIL T - <2T	MODERADO 2T - 3T	FUERTE >3T
Au (ppb)	9.755 = 9.8	69.4 = 70	[70 - 140[	[140 - 210]	> 210
Ag (ppm)	0.079 = 0.08	0.29 = 0.3	[0.3 - 0.6[	[0.6 - 0.9]	> 0.9
Cu (ppm)	33.757 = 35	95.584 = 95	[95 - 190[	[190 - 285]	> 285
Mo (ppm)	1.487 = 1.5	4.248 = 4	[4 - 8[	[8 - 12]	> 12
Pb (ppm)	19.872 = 20	86.92 = 87	[87 - 174[	[174 - 261]	> 261
Zn (ppm)	96.491 = 97	191.84 = 192	[192 - 384[	[384 - 576]	> 576
W (ppm)	0.435 = 0.4	5.22 = 5	[5 - 10[	[10 - 15]	> 15
Sn (ppm)	0.926 = 0.9	2.504 = 2.5	[2.5 - 5[	[5 - 7.5]	> 7.5
U (ppm)	1.748 = 1.8	6.87 = 7	[7 - 14[	[14 - 21]	> 21
Cr (ppm)	17.78 = 18	45.65 = 45	[45 - 90[	[90 - 135]	> 135
Ni (ppm)	20.874 = 21	48.928 = 50	[50 - 100[	[100 - 150]	> 150
Sb (ppm)	1.078 = 1.1	3.234 = 3.2	[3.2 - 6.4[	[6.4 - 9.6]	> 9.6
Hg (ppm)	0.087 = 0.09	0.47 = 0.5	[0.5 - 1[	[1 - 1.5]	> 1.5
As (ppm)	17.34 = 17	60.47 = 60	[60 - 120[	[120 - 180]	> 180
Sc (ppm)	4.498 = 4.5	6.389 = 6.4	[6.4 - 12.8[	[12.8 - 19.2]	> 19.2
Co (ppm)	11.513 = 12	22.713 = 23	[23 - 46[	[46 - 69]	> 69
La (ppm)	22.485 = 22	83.604 = 84	[84 - 168[	[168 - 252]	> 252
V (ppm)	29.099 = 29	79.47 = 80	[80 - 160[	[160 - 240]	> 240
Cd (ppm)	0.181 = 0.2	0.739 = 0.7	[0.7 - 0.14[	[0.14 - 0.21]	> 0.21
Fe (%)	3.029 = 3.1	5.22 = 5.2	[5.2 - 10.4[	[10.4 - 15.6]	> 15.6

Metamórficos del Neoproterozoico.

Los resultados para esta población fueron determinados a partir de 45 muestras de sedimentos correspondientes a las siguientes unidades de aporte: gneises, esquistos, pizarras y filitas correspondientes al Complejo Metamórfico del Maraón. Su proceso estadístico dio el siguiente resultado (Tablas 3, 16 y 3, 17):

Tabla 3, 16 Resultado estadístico de las 45 muestras de la población de Metamórficos del Neoproterozoico.

Elemento	Valor Mínimo	Valor Máximo	Expresión Logarítmica	N° Datos	Media Geométrica	Desviación Estándar
Au (ppb)	<5	930.00	Ln Au (ppb)	44	1.672	1.001
Ag (ppm)	<0.01	0.46	Ln Ag (ppb)	44	3.737	1.052
Cu (ppm)	11.20	119.90	Ln Cu (ppm)	44	3.372	0.445
Mo (ppm)	0.41	8.78	Ln Mo (ppb)	42	7.044	0.724
Pb (ppm)	9.60	214.00	Ln Pb (ppm)	41	2.844	0.470
Zn (ppm)	1.00	982.00	Ln Zn (ppm)	40	4.417	0.376
W (ppm)	<0.05	3.90	Ln W (ppb)	43	4.675	1.380
Sn (ppm)	<0.3	2.40	Ln Sn (ppb)	43	6.491	0.397
U (ppm)	0.54	4.39	Ln U (ppb)	37	6.782	0.287
Cr (ppm)	11.00	136.00	Ln Cr (ppm)	40	2.840	0.364
Ni (ppm)	9.20	92.00	Ln Ni (ppm)	42	3.192	0.456
Sb (ppm)	0.27	2.90	Ln Sb (ppb)	45	6.786	0.556
Hg (ppm)	0.02	0.33	Ln Hg (ppb)	43	3.672	0.571
As (ppm)	11.00	90.00	Ln As (ppm)	42	2.873	0.382
Sc (ppm)	1.60	11.80	Ln Sc (ppm)	44	1.178	0.347
Co (ppm)	6.00	39.60	Ln Co (ppm)	42	2.694	0.353
La (ppm)	5.60	68.60	Ln La (ppm)	44	3.437	0.403
V (ppm)	9.00	71.00	Ln V (ppm)	41	3.121	0.282
Cd (ppm)	0.07	2.36	Ln Cd (ppb)	40	5.077	0.460
Fe (%)	1.62	6.04	Ln Fe (%)	41	1.058	0.217

El tratamiento estadístico reportó las siguientes observaciones

- Para el Au, El 33% de las muestras está por debajo de su límite de detección, siendo reemplazados con la mitad de su valor.
- El U fue el elemento con más valores erráticos, 8 en total, mientras el Cr, el Cd, y el Zn con 5 valores erráticos.

Tabla 3, 17 Background, threshold y rangos de anomalía de la población de Metamórficos del Neoproterozoico.

ELEMENTO	BACKGROUND	THRESHOLD (T)	RANGOS DE ANOMALIA		
			DEBIL T - <2T	MODERADO 2T - 3T	FUERTE >3T
Au (ppb)	5.321 = 5.3	39.358 = 40	[40 - 80[	[80 - 120[	> 120
Ag (ppm)	0.042 = 0.04	0.343 = 0.3	[0.3 - 0.6[	[0.6 - 0.9[	> 0.9
Cu (ppm)	29.132 = 29	70.91 = 70	[70 - 140[	[140 - 210[	> 210
Mo (ppm)	1.15 = 1.2	4.88 = 5	[5 - 10[	[10 - 15[	> 15
Pb (ppm)	17.186 = 17	44.01 = 44	[44 - 88[	[88 - 132[	> 132
Zn (ppm)	82.85 = 83	175.65 = 175	[175 - 350[	[350 - 525[	> 525
W (ppm)	0.107 = 0.1	1.695 = 1.7	[1.7 - 3.4[	[3.2 - 5.1[	> 5.1
Sn (ppm)	0.659 = 0.7	1.457 = 1.5	[1.5 - 3[	[3 - 4.5[	> 4.5
U (ppm)	0.881 = 0.9	1.564 = 1.6	[1.6 - 3.2[	[3.2 - 4.8[	> 4.8
Cr (ppm)	17.12 = 17	35.43 = 35	[35 - 70[	[70 - 105[	> 105
Ni (ppm)	24.33 = 24	60.57 = 60	[60 - 120[	[120 - 180[	> 180
Sb (ppm)	0.885 = 0.9	2.69 = 2.7	[2.7 - 5.4[	[5.4 - 8.1[	> 8.1
Hg (ppm)	0.039 = 0.04	0.12 = 0.1	[0.1 - 0.2[	[0.2 - 0.3[	> 0.3
As (ppm)	17.692 = 18	37.97 = 38	[38 - 76[	[76 - 114[	> 114
Sc (ppm)	3.247 = 3.3	6.50 = 6.5	[6.5 - 13[	[13 - 19.5[	> 19.5
Co (ppm)	14.791 = 15	29.94 = 30	[30 - 60[	[60 - 90[	> 90
La (ppm)	31.092 = 31	69.68 = 70	[70 - 140[	[140 - 210[	> 210
V (ppm)	22.665 = 23	39.863 = 40	[40 - 80[	[80 - 120[	> 120
Cd (ppm)	0.16 = 0.2	0.402 = 0.4	[0.4 - 0.8[	[0.8 - 1.2[	> 1.2
Fe (%)	2.881 = 2.9	4.45 = 4.5	[4.5 - 9[	[9 - 13.5[	> 13.5

3.2.1.2 Coeficiente de correlación regional por poblaciones

El coeficiente de correlación de Pearson es una medida de la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas, Su ecuación es:

$$\rho_{X,Y} = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{E[(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)]}{\sigma_X \sigma_Y},$$

Donde:

- $\rho_{x,y}$ es el coeficiente de correlación de Pearson.
- σ_{XY} es la covarianza de (X, Y)
- σ_X es la desviación típica de la variable X
- σ_Y es la desviación típica de la variable Y

Sedimentarios Silicoclásticos del Mesozoico-Paleógeno

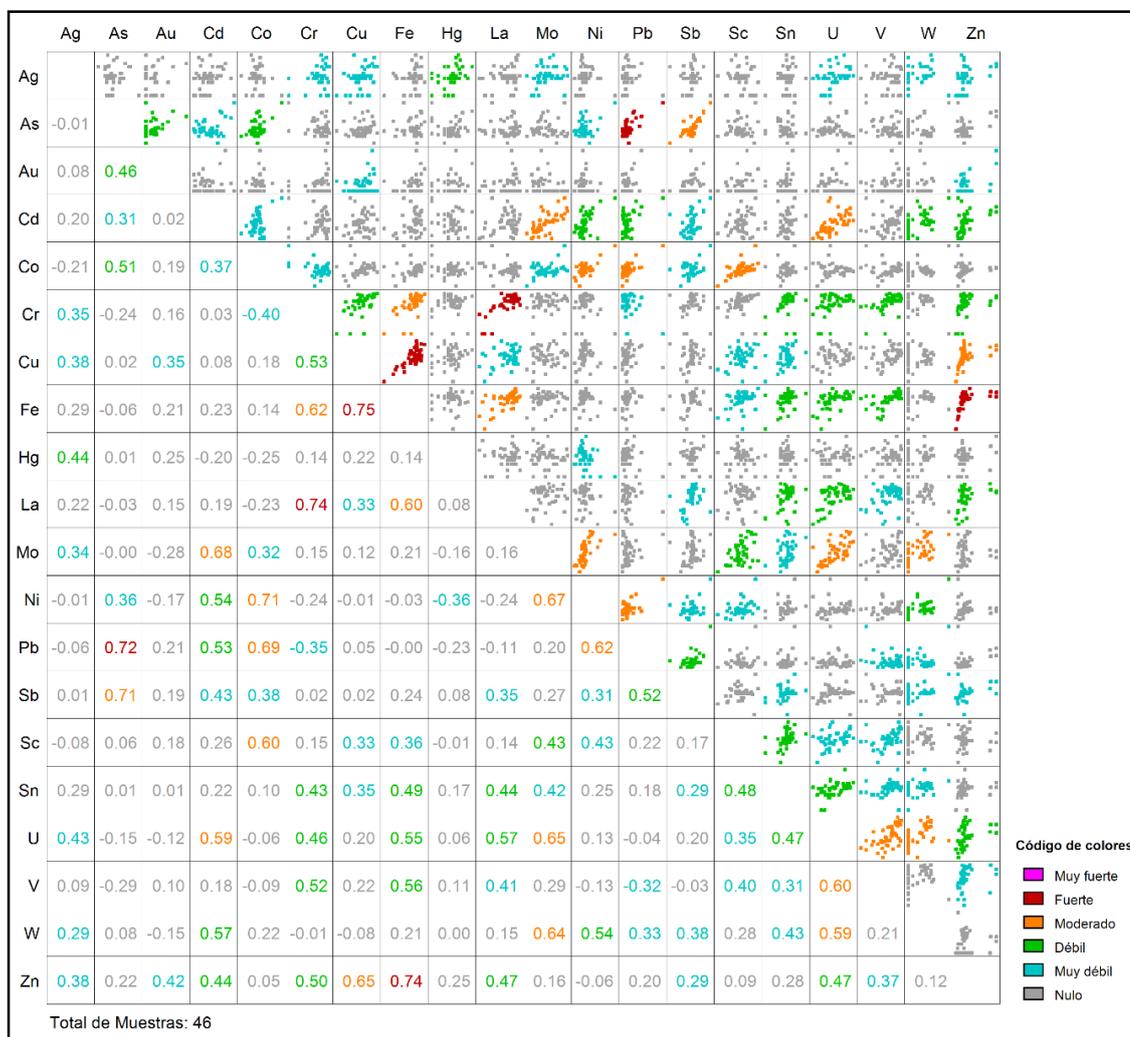


Figura 3, 1 Coeficiente de correlación de Pearson de la población de Sedimentarios Silicoclásticos del Mesozoico-Paleógeno.

Tabla 3, 18 Principales correlaciones en la población de Sedimentarios Silicoclásticos del Mesozoico-Paleógeno.

Elemento	Fuerte	Moderado	Débil
Au	-	-	As, Zn
Ag	-	-	Hg, U
Cu	Fe	Zn	Cr
Mo	-	Cd, Ni, W, U	Sc, Sn
Pb	-	As, Co, Ni	Cd, Sb
Zn	Fe	Cu	Au, Cd, Cr, La, U

Se han determinado las siguientes asociaciones de elementos por orden de intensidad: 1) **Cu-Fe-Zn**; 2) **Pb-As**; 3) **Mo-W-U**; 4) **Au-As**; y 5) **Ag-Hg**.

Sedimentarios Carbonatados del Mesozoico.

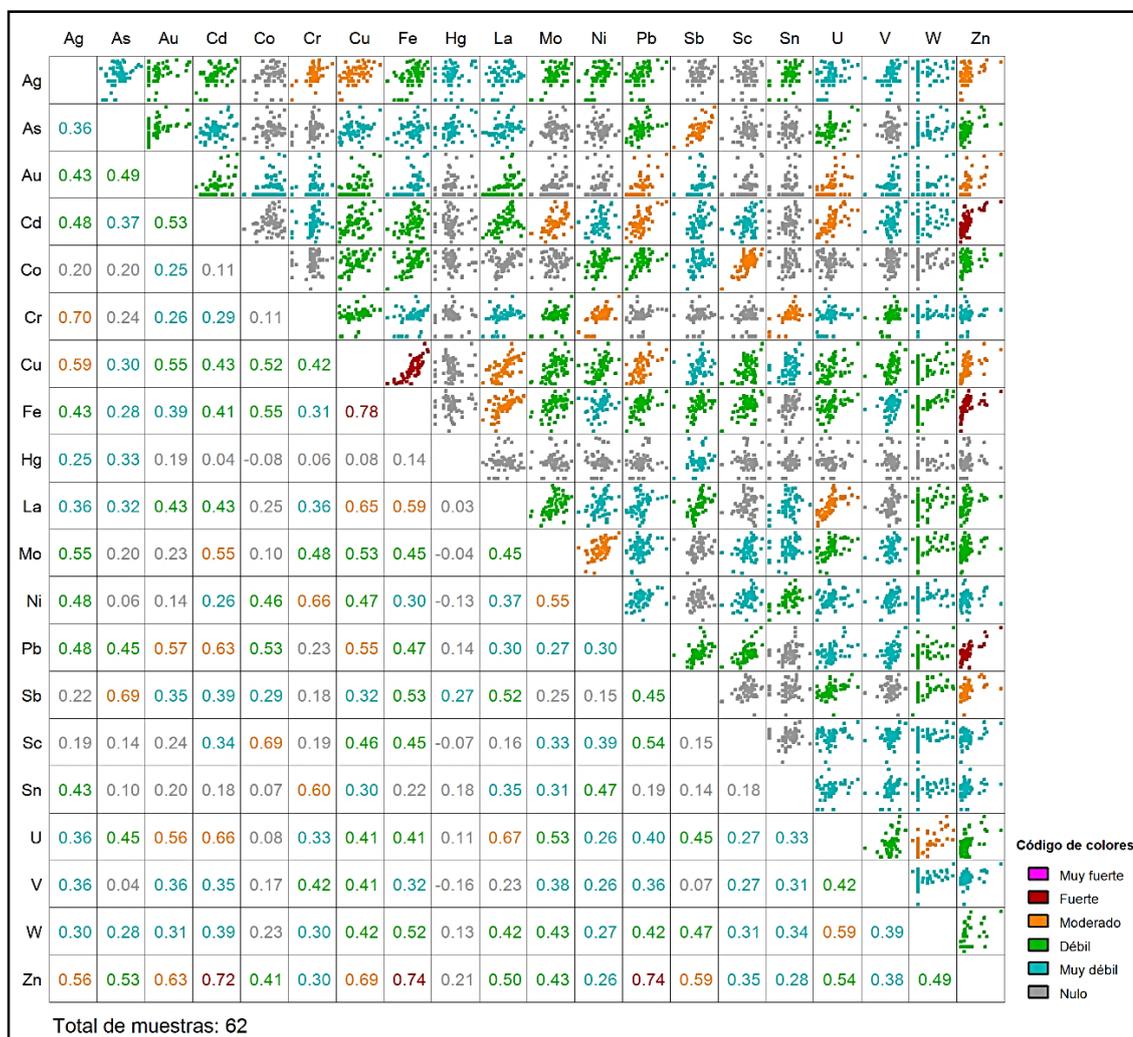


Figura 3, 2 Coeficiente de correlación de Pearson de la población de Sedimentarios Carbonatados del Mesozoico.

Tabla 3, 19 Principales correlaciones en la población de Sedimentarios Carbonatados del Mesozoico.

Elemento	Fuerte	Moderado	Débil
Au	-	Zn	Ag, As, Cd, Cu, Pb, U
Ag	Cr	-	Au, Cd, Fe, Mo, Ni, Pb
Cu	Fe	Zn	Au, Ag, Mo, Pb, Co, Ni
Mo	-	-	Ag, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, U, Zn
Pb	Zn	Cd	Au, Ag, As, Co, Cu, Fe
Zn	Pb, Fe	Au, Cu, Cd	Ag, As, La, Mo, Sb, U, W

Se han determinado las siguientes asociaciones de elementos por orden de intensidad: 1) **Pb-Zn**; 2) **Cu-Fe-Zn**; 3) **Ag-Cr**; 4) **Au-Zn**; y 5) **Pb-Zn-Cd**.

Sedimentarios y Metasedimentarios del Paleozoico

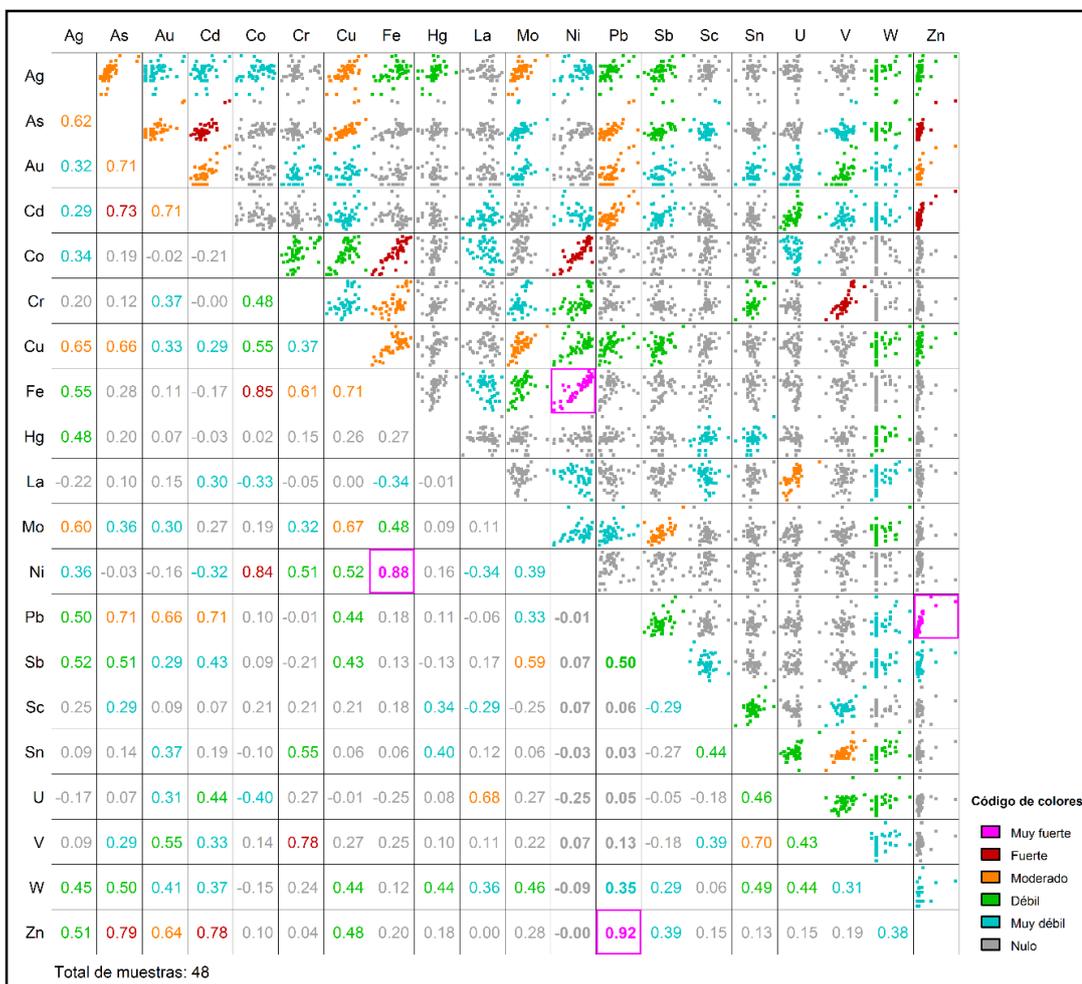


Figura 3, 3 Coeficiente de correlación de Pearson de la población de Sedimentarios y Metasedimentarios del Paleozoico.

Tabla 3, 20 Principales correlaciones en la población de Sedimentarios y Metasedimentarios del Paleozoico.

Elemento	Muy Fuerte	Fuerte	Moderado
Au	-	-	Pb,Zn, As, Cd
Ag	-	-	As, Cu, Mo
Cu	-	-	Ag, As, Fe, Mo
Mo	-	-	Ag, Cu
Pb	Zn	-	Au As, Cd
Zn	Pb	As, Cd	Au
Fe	-	Ni, Co	Cr, Cu

Se han determinado las siguientes asociaciones de elementos por orden de intensidad: 1) **Pb-Zn**; 2) **Pb-Zn-As-Cd**; 3) **Fe-Co-Ni**; 4) **Au-Pb-Zn**; 5) **Au-As-Cd**; y 6) **Ag-Cu-Mo**.

Intrusivo del Paleozoico superior

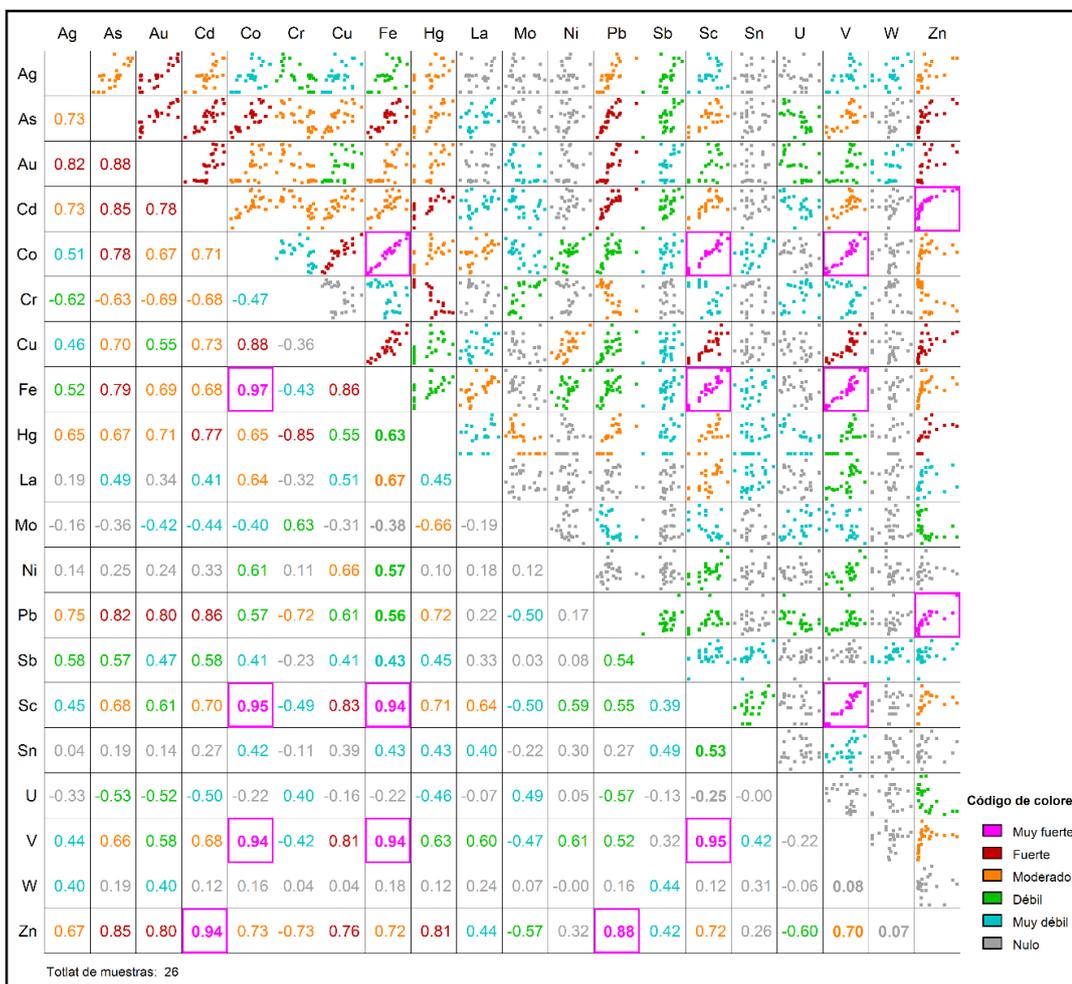


Figura 3, 4 Coeficiente de correlación de Pearson de la población de Intrusivo del Paleozoico superior.

Tabla 3, 21 Principales correlaciones en la población de Intrusivo del Paleozoico superior.

Elemento	Muy Fuerte	Fuerte	Moderado
Au	-	Ag, As, Cd, Pb, Zn	Co, Cr, Fe, Hg
Ag	-	Au, Pb	As, Cd, Cr, Hg, Zn
Cu	-	Co, Fe, Sc, V, Zn	As, Cd, Ni
Mo	-	-	Cr, Hg
Pb	-	Au, Ag, As, Cd, Zn	Cr, Hg, Cu
Zn	Cd	Au, As, Cu, Hg, Pb	Ag, Co, Cr, Fe, Sc, V
Fe	Co, Sc, V	As, Cu	Au, Cd, Hg, La, Zn
Co	Fe, Sc, V	As, Cu	Au, Cd, Hg, La, Zn
As	-	Au, Cd, Co, Fe, Pb, Zn	Ag, Cu, Cr, Hg, Sc, V

Se han determinado las siguientes asociaciones de elementos por orden de intensidad: 1) **Fe-Co-Sc-V**; 2) **Zn-Cd**; 3) **Au-Ag-Pb-Zn**; 4) **Au-Ag-As-Cd**; 5)

Pb-Zn-As-Cd; 6) Ag-Cu-Mo; 7) Fe-Co-As-Cu; 8) Au-Ag-Cd; 9) Au-Ag-Hg y 10) Fe-Co-Au-Cd.

Intrusivo metamorizado del Paleozoico inferior

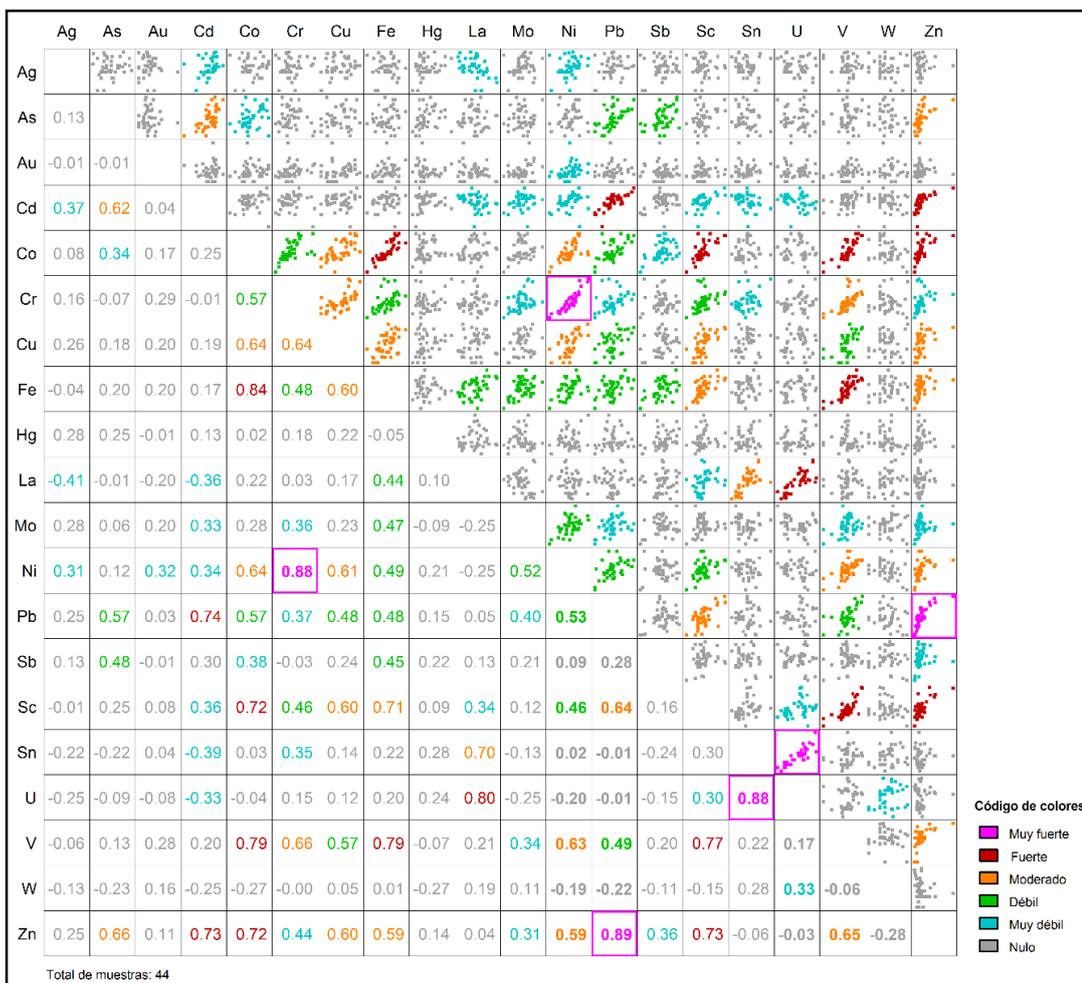


Figura 3, 5 Coeficiente de correlación de Pearson de la población de Intrusivo metamorizado del Paleozoico inferior.

Tabla 3, 22 Principales correlaciones en la población de Intrusivo metamorizado del Paleozoico inferior.

Elemento	Fuerte	Moderado	Débil
Cu	-	Co, Cr, Fe, Ni, Sc, Zn	Pb, V
Pb	Zn	Cd, Sc	As, Co, Cu, Fe, Ni, V
Zn	Pb	As, Cd, Co, Cu, Sc, V	Ni, Fe, Cr
Cr	Ni	Cu, V	Co, Fe, Sc, Zn
Ni	Cr	Co, Cu, V	Fe, Mo, Pb, Sc, Zn
Fe	Co, V	Cu, Sc	Cr, La, Mo, Ni, Pb, Sb, Zn
V	Co, Fe, Sc	Cr, Ni	Cu, Pb

Se han determinado las siguientes asociaciones de elementos por orden de intensidad: 1) **Pb-Zn**; 2) **Fe-Co-Sc-V**; 3) **Cr-Ni**; 4) **Cr-Ni-Cu-V**; 5) **Pb-Zn-Cd-Sc**; 6) **Zn-Cu-Co-Sc**; y 7) **Fe-Cu-Sc**.

Metamórficos del Neoproterozoico

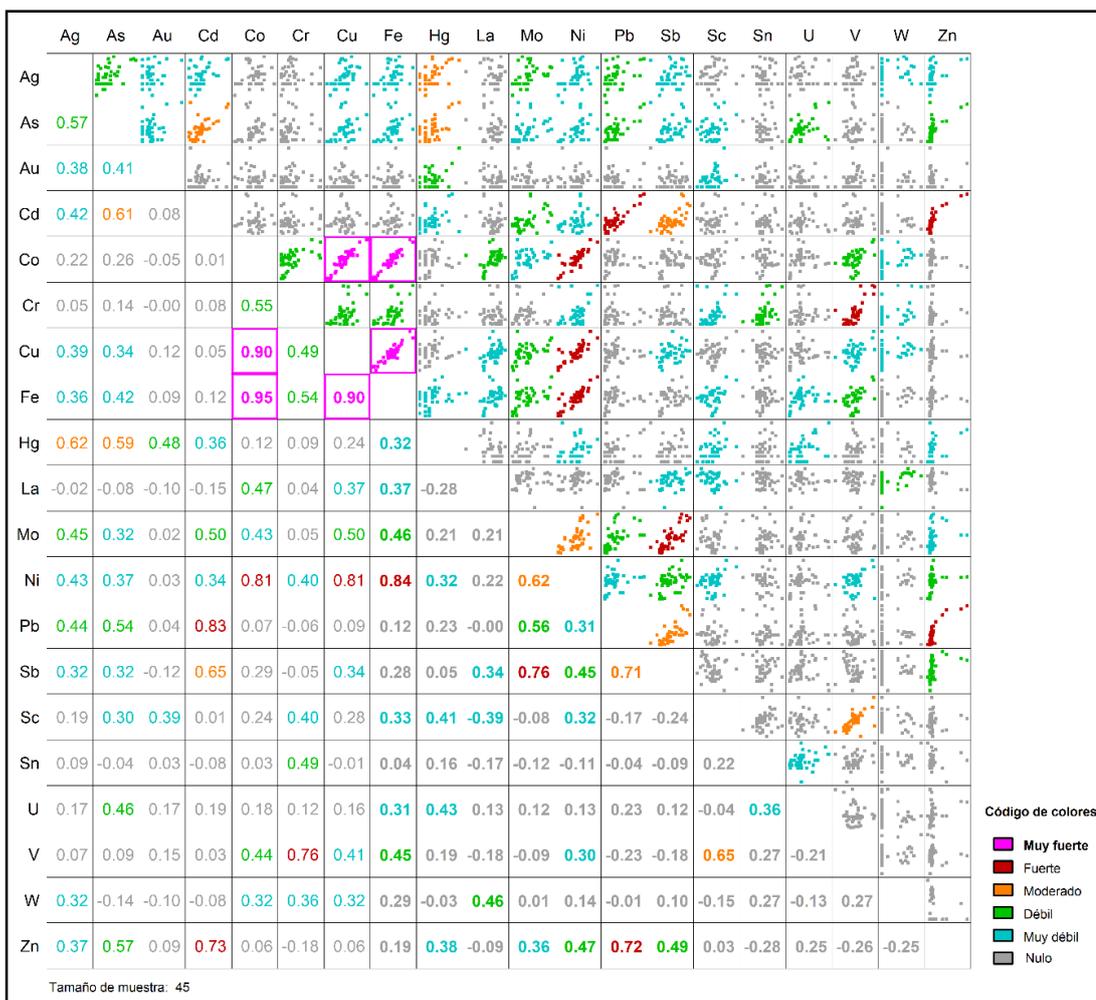


Figura 3, 6 Coeficiente de correlación de Pearson de la población de Metamórficos del Neoproterozoico.

Tabla 3, 23 Principales correlaciones en la población de Metamórficos del Neoproterozoico.

Elemento	Muy Fuerte	Fuerte	Moderado
Ag	-	-	Hg
Cu	Co, Fe	Ni	-
Mo	-	Sb	Ni
Pb	Cd	-	Zn, Sb
Zn	-	-	Pb, Cd
Fe	Cu, Co	Ni	-
Ni	-	Fe, Cu, Co	Mo
Co	Cu, Fe	Ni	-

Se han determinado las siguientes asociaciones de elementos por orden de intensidad: 1) **Fe-Cu-Co**; 2) **Pb-Cd**; 3) **Fe-Cu-Co-Ni**; 4) **Mo-Sb**; 5) **Pb-Zn-Cd**; y 6) **Ag-Hg**.

3.2.1.3 Análisis y procesamiento de la zona de estudio

Se procesaron las 119 muestras de sedimento enmarcadas dentro del área de estudio sin considerar poblaciones, para determinar los rangos de valores por elementos usados en los planos de anomalías por cuencas. Se procedió haciendo uso del histograma de frecuencias y del diagrama de cajas para identificar y separar los valores erráticos del tratamiento estadístico y poder determinar la media y la desviación estándar de cada elemento. Se trabajó con los valores en su expresión logarítmica. El hierro fue el único elemento que presentó un comportamiento normal sin valores erráticos. A continuación se hará el análisis de 14 elementos (Au, Ag, Cu, Mo, Pb, Zn, Sn, W, Cr, Ni, As, Sb, Hg y U) por ser de mayor interés económico y otros por ser los principales elementos guías usados en la prospección (Tablas 3, 24 al 3, 38).

Tabla 3, 24 Caracterización Estadística y Tabla de Control del Hierro (Fe).

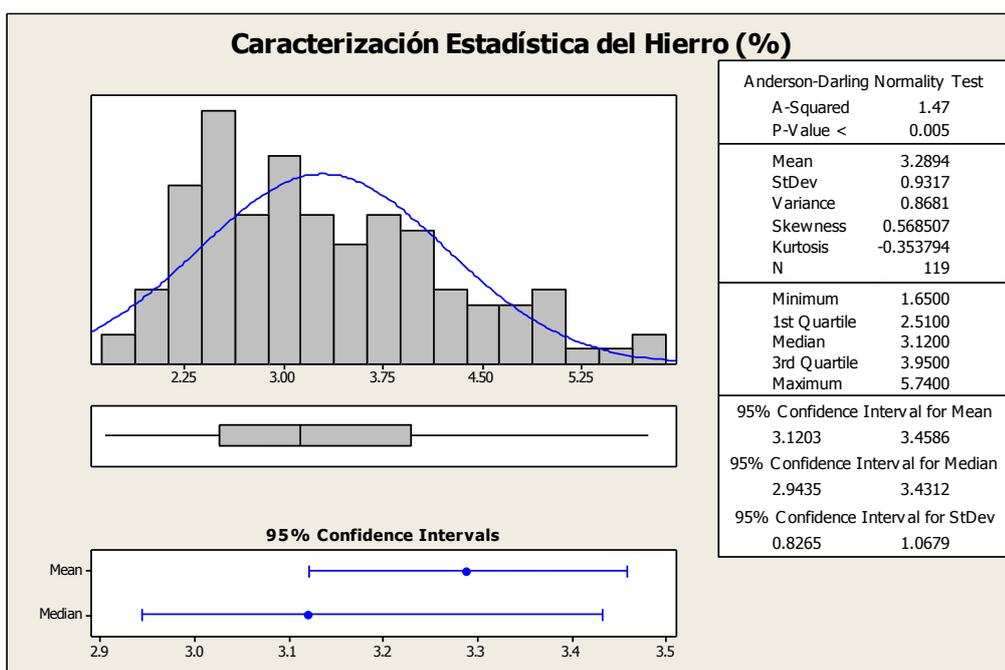


Tabla 3, 25 Caracterización Estadística y Tabla de Control del Oro (Au).

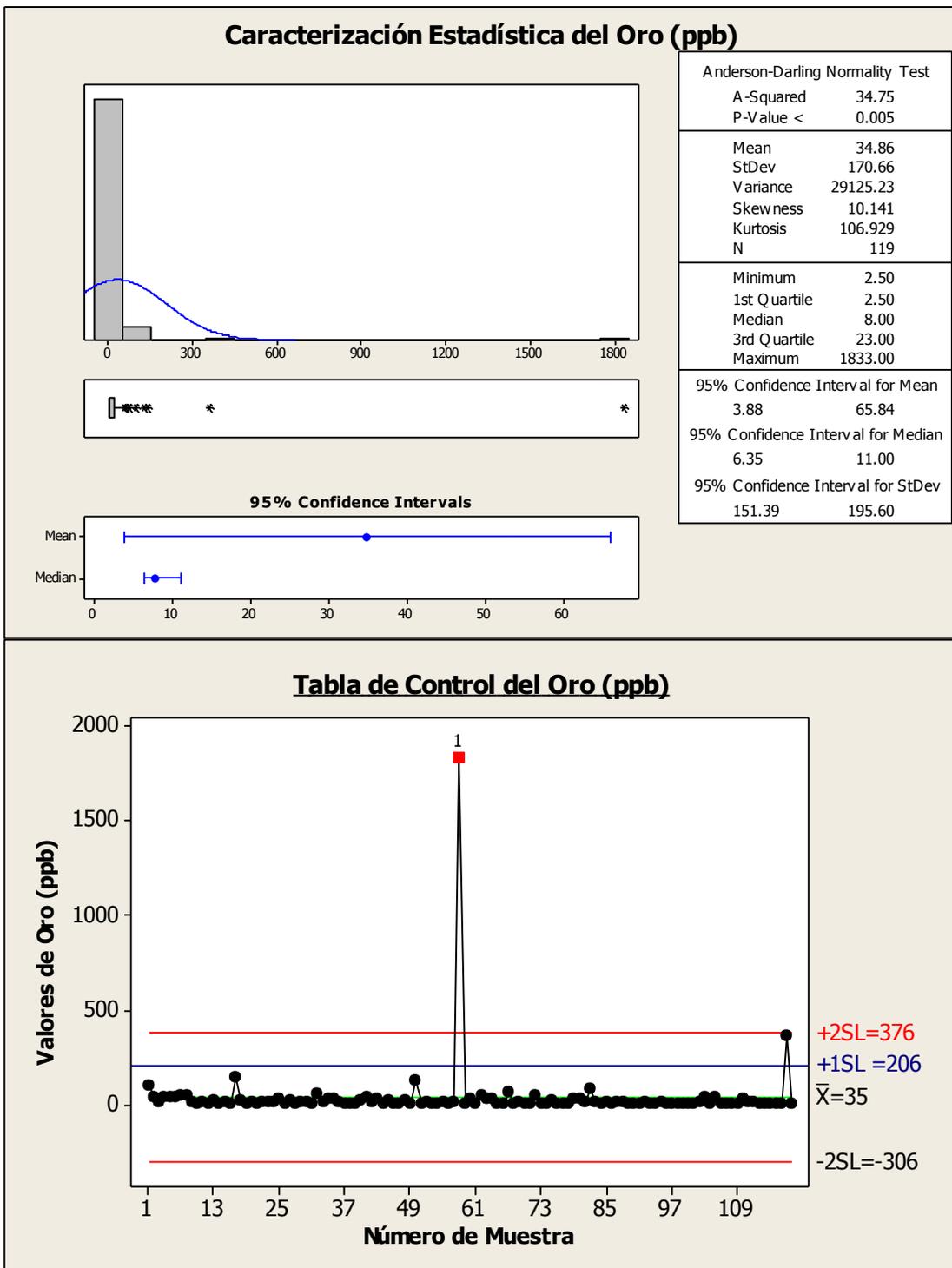


Tabla 3, 26 Caracterización Estadística y Tabla de Control de la Plata (Ag).

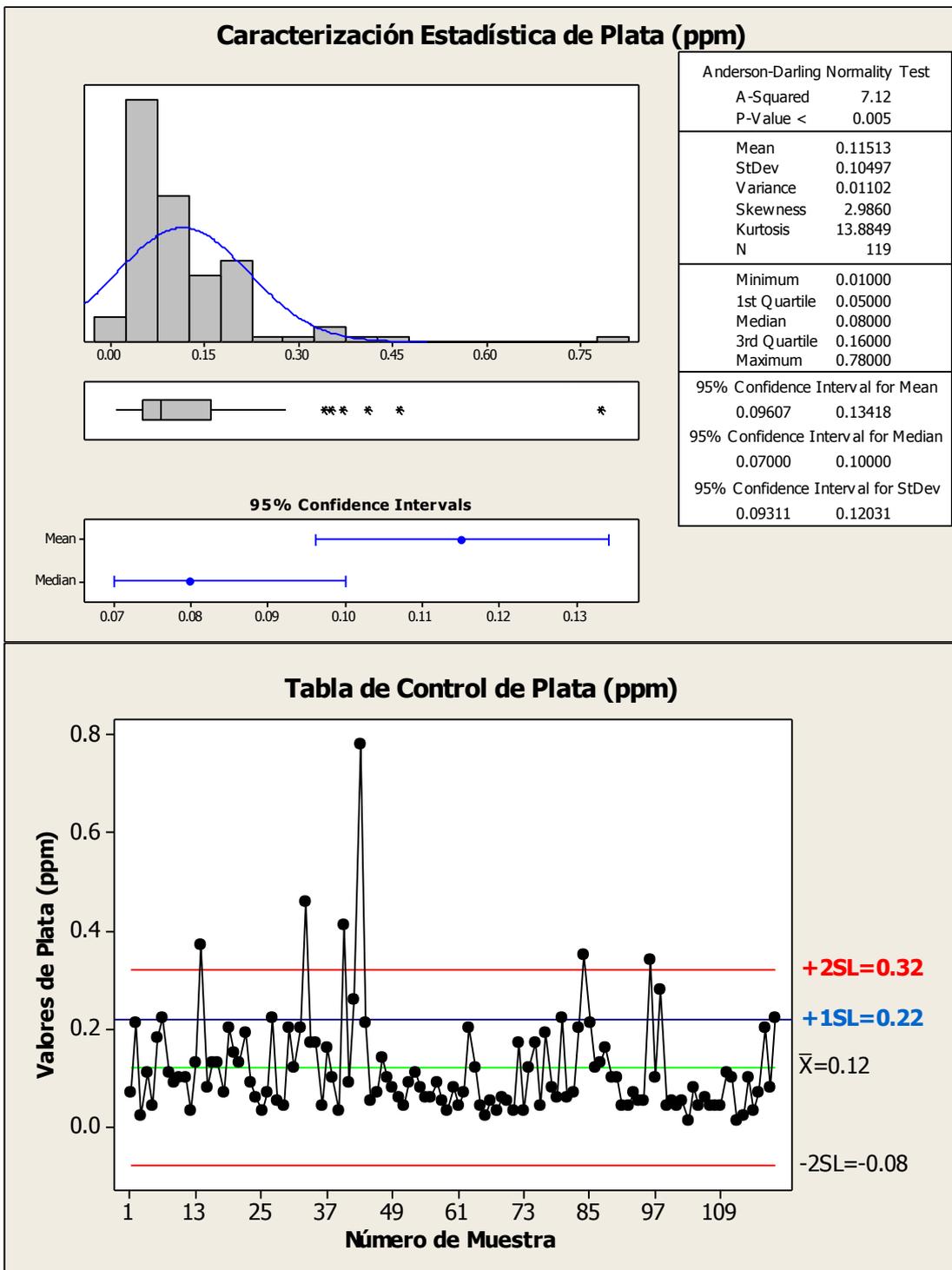


Tabla 3, 27 Caracterización Estadística y Tabla de Control del Cobre (Cu).

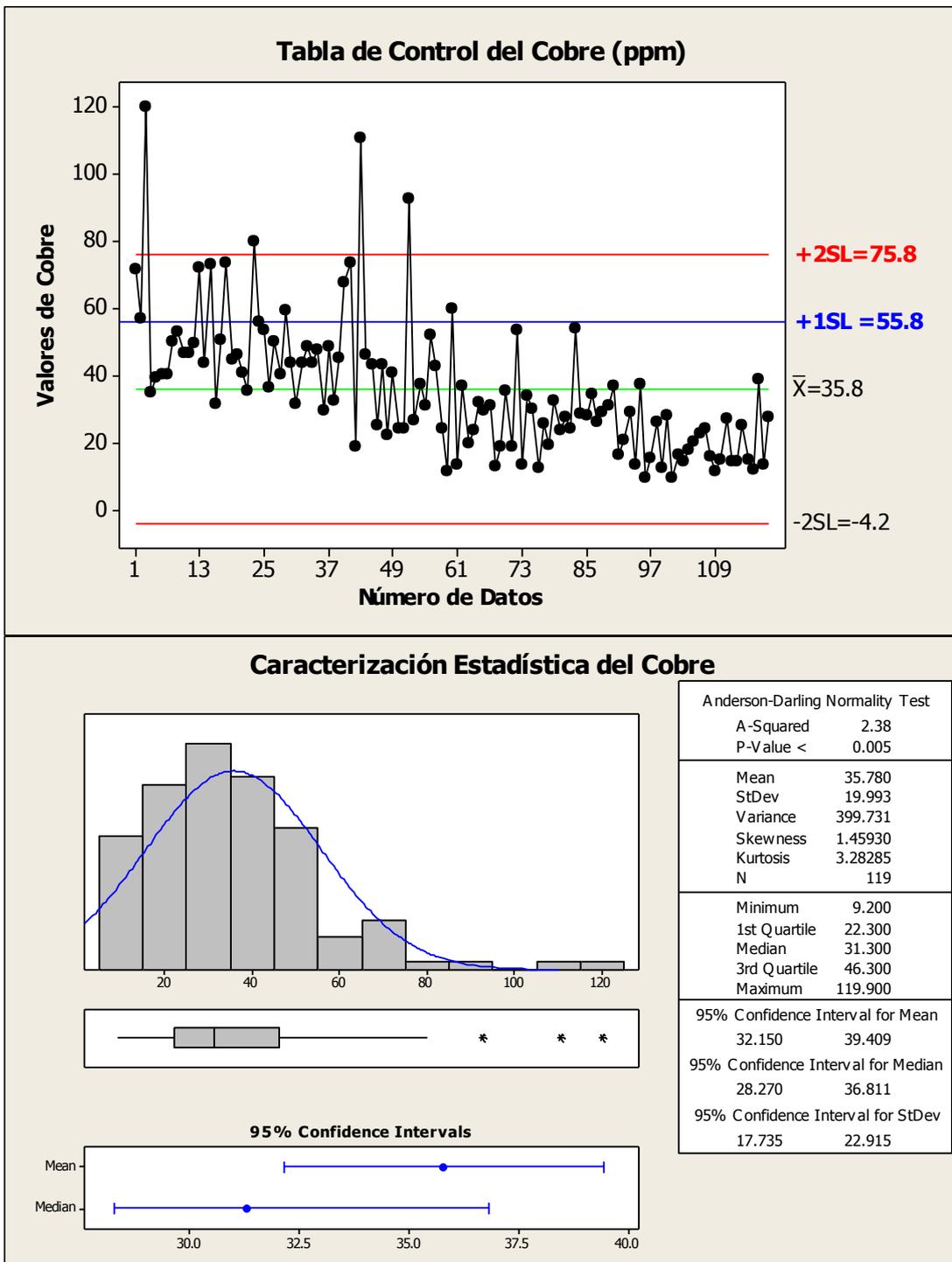


Tabla 3, 28 Caracterización Estadística y Tabla de Control del Molibdeno (Mo).

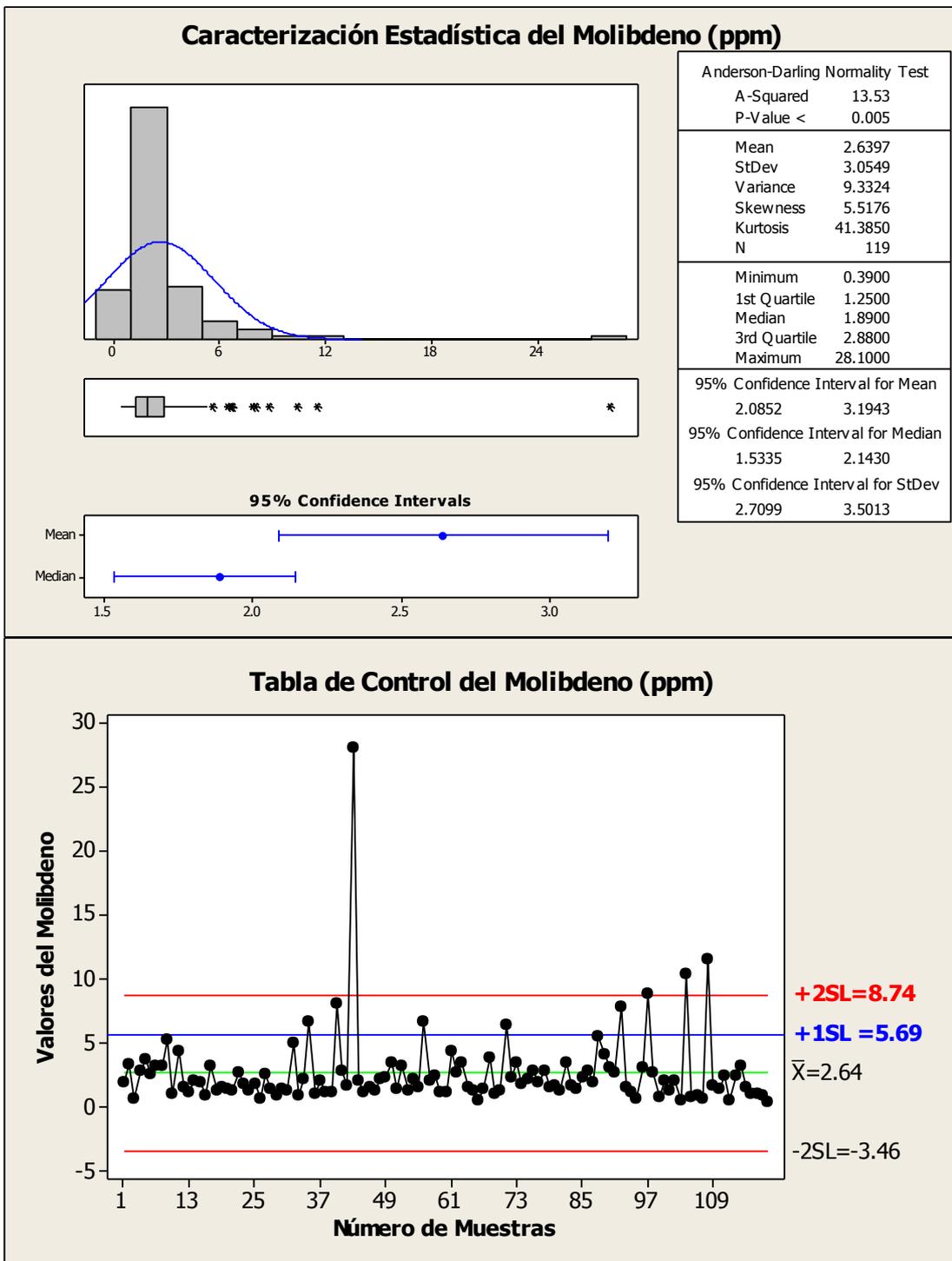


Tabla 3, 29 Caracterización Estadística y Tabla de Control del Plomo (Pb).

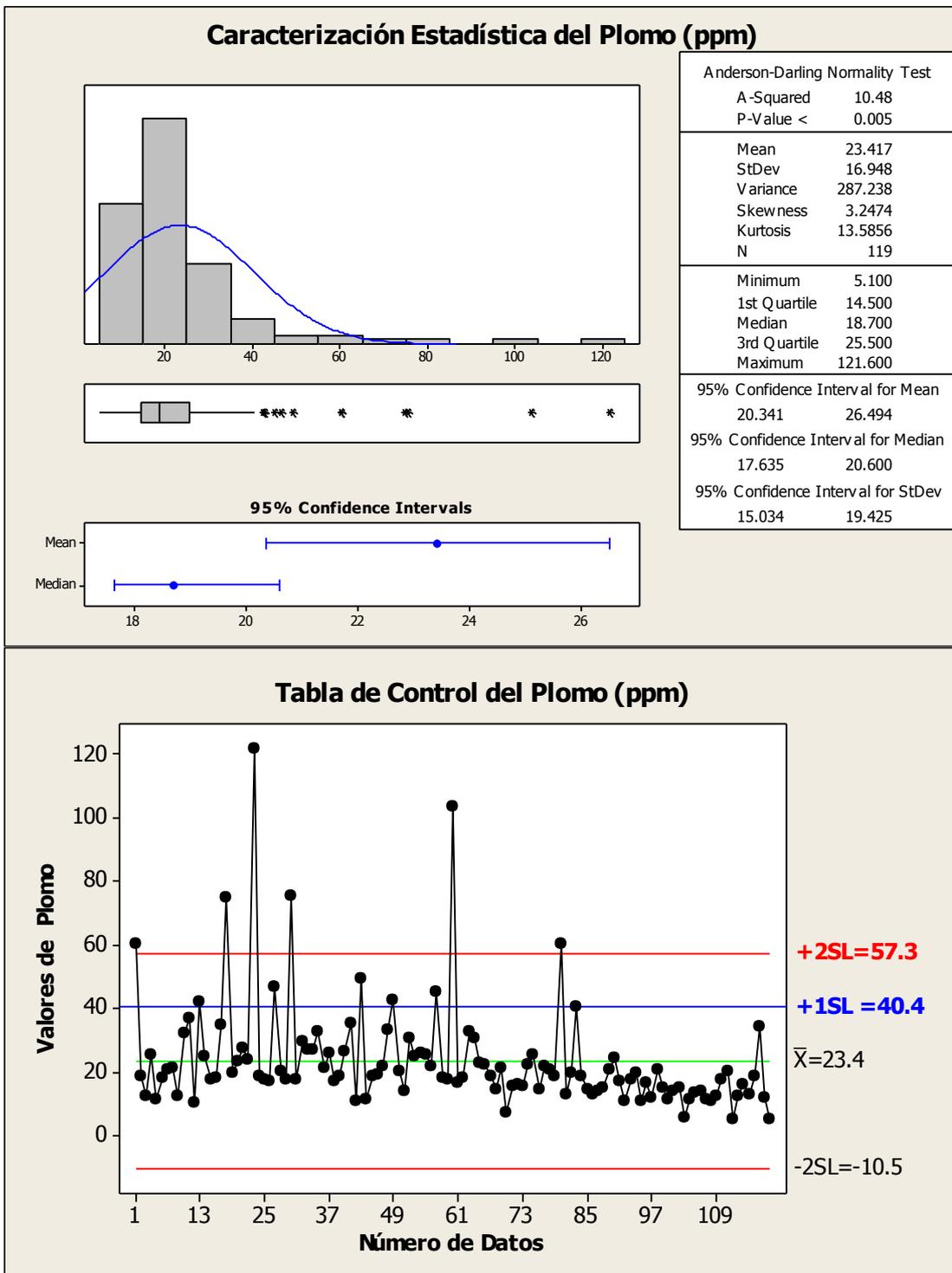


Tabla 3, 30 Caracterización Estadística y Tabla de Control del Zinc (Zn).

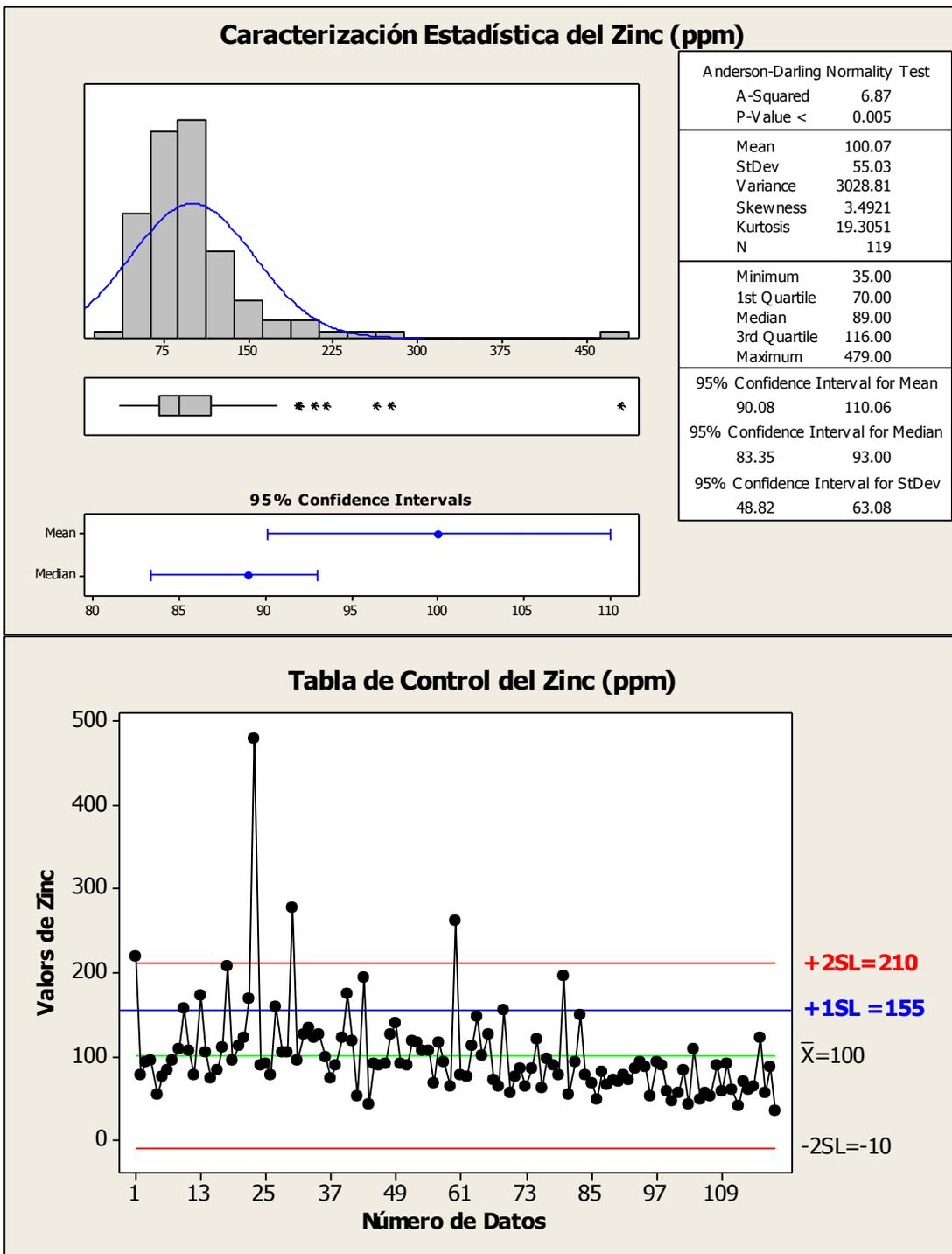


Tabla 3, 31 Caracterización Estadística y Tabla de Control del Estaño (Sn).

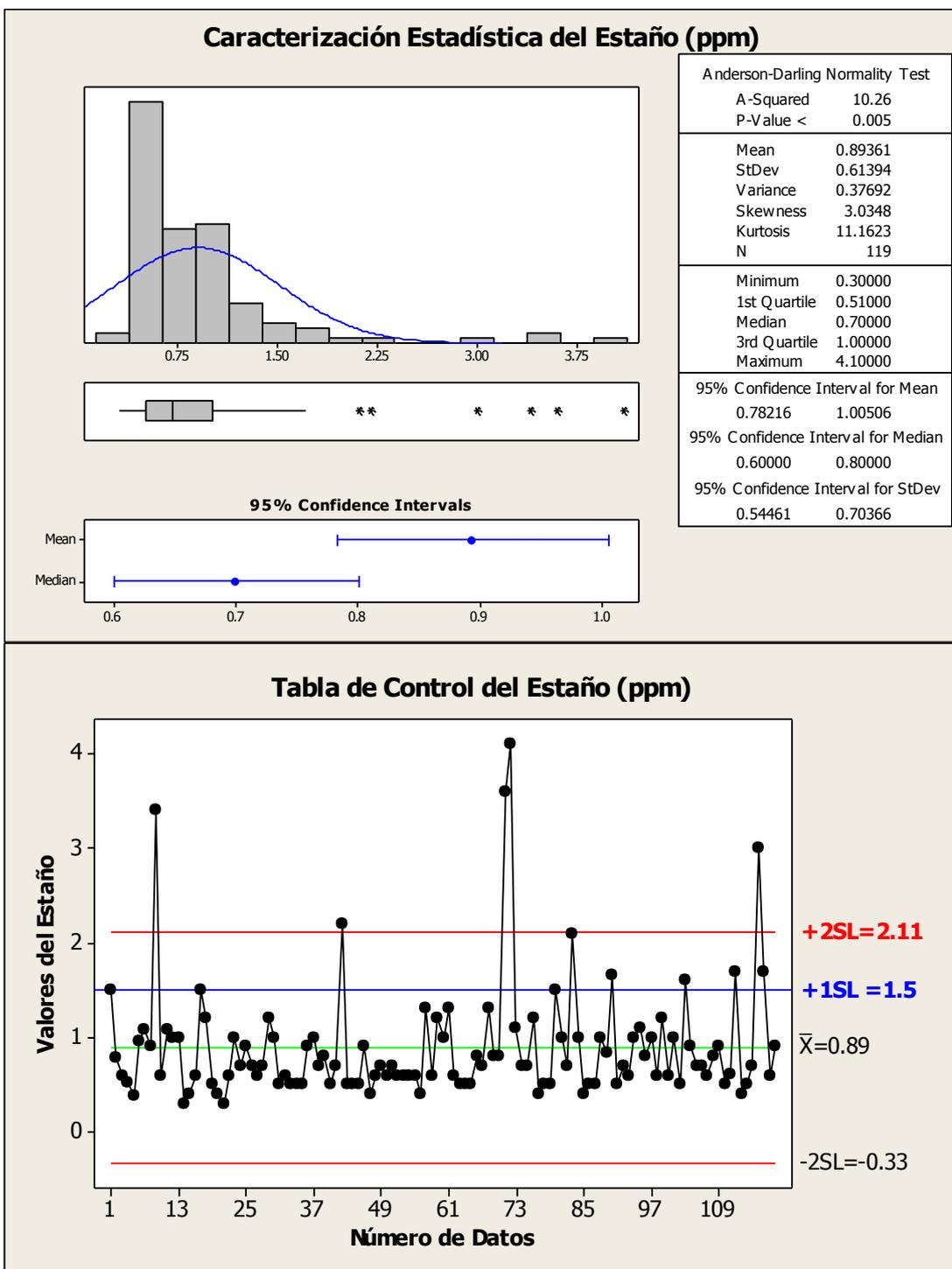


Tabla 3, 32 Caracterización Estadística y Tabla de Control del Wolframio (W).

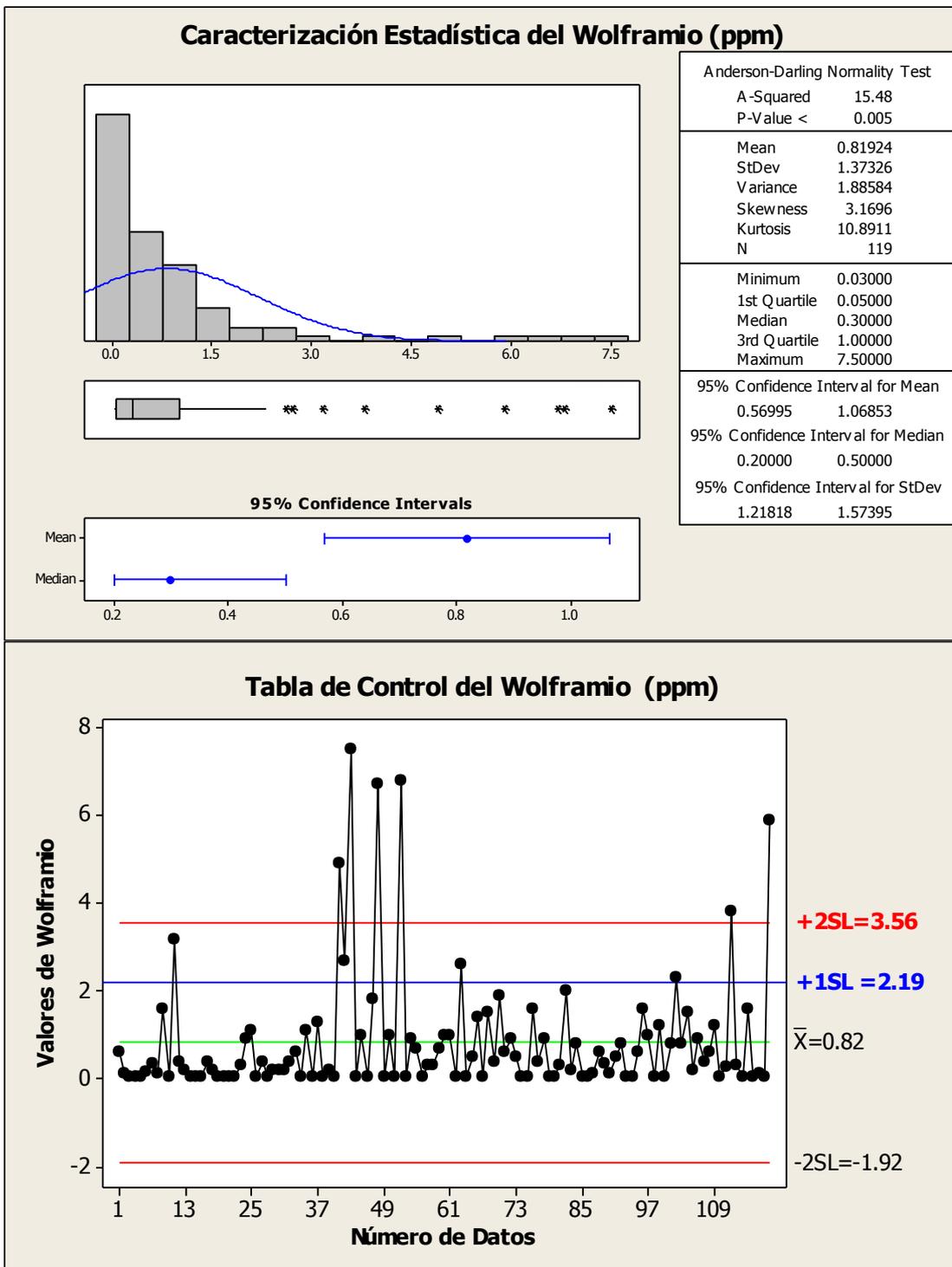


Tabla 3, 33 Caracterización Estadística y Tabla de Control del Cromo (Cr).

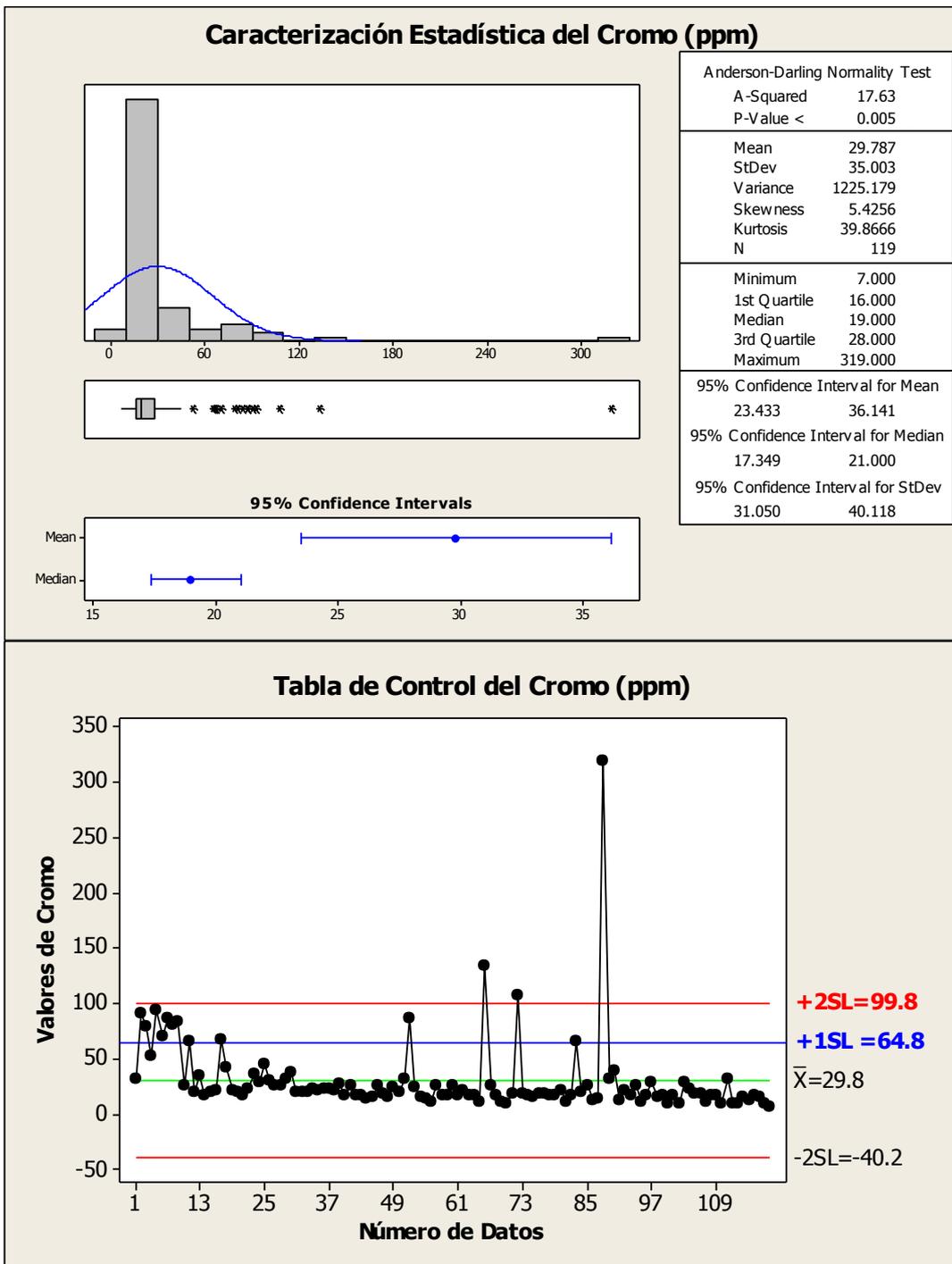


Tabla 3, 34 Caracterización Estadística y Tabla de Control del Níquel (Ni).

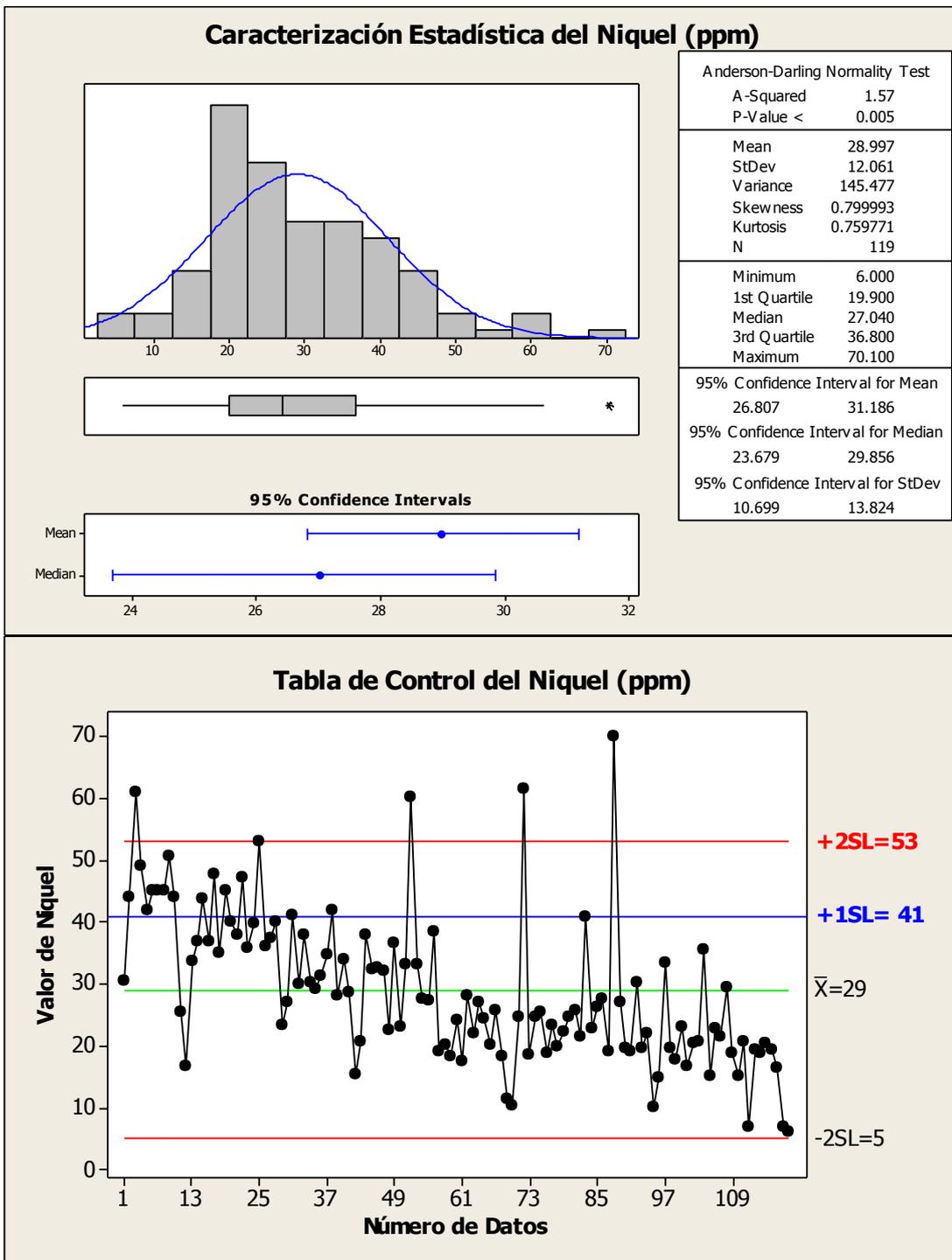


Tabla 3, 35 Caracterización Estadística y Tabla de Control del Arsénico (As).

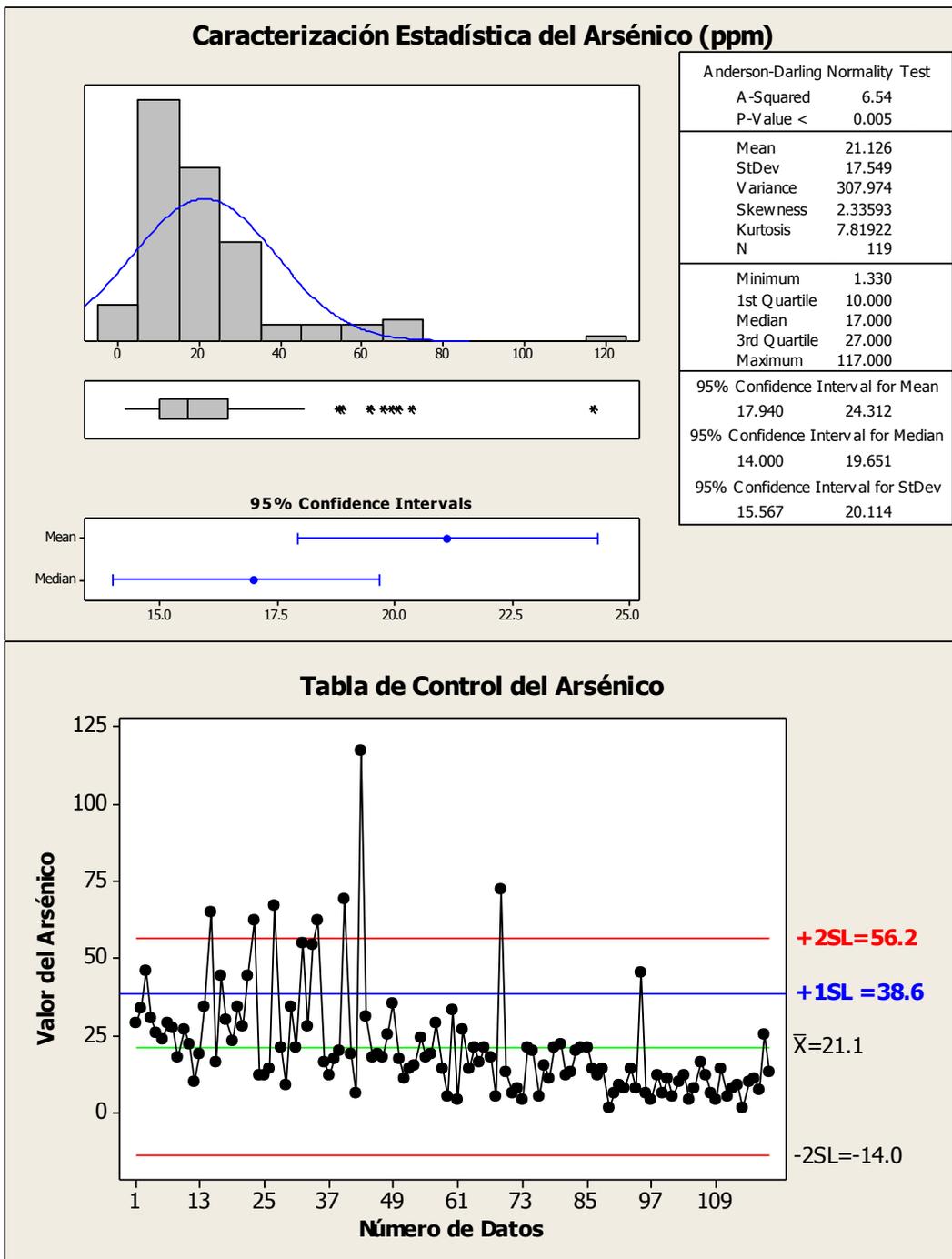


Tabla 3, 36 Caracterización Estadística y Tabla de Control del Antimonio (Sb).

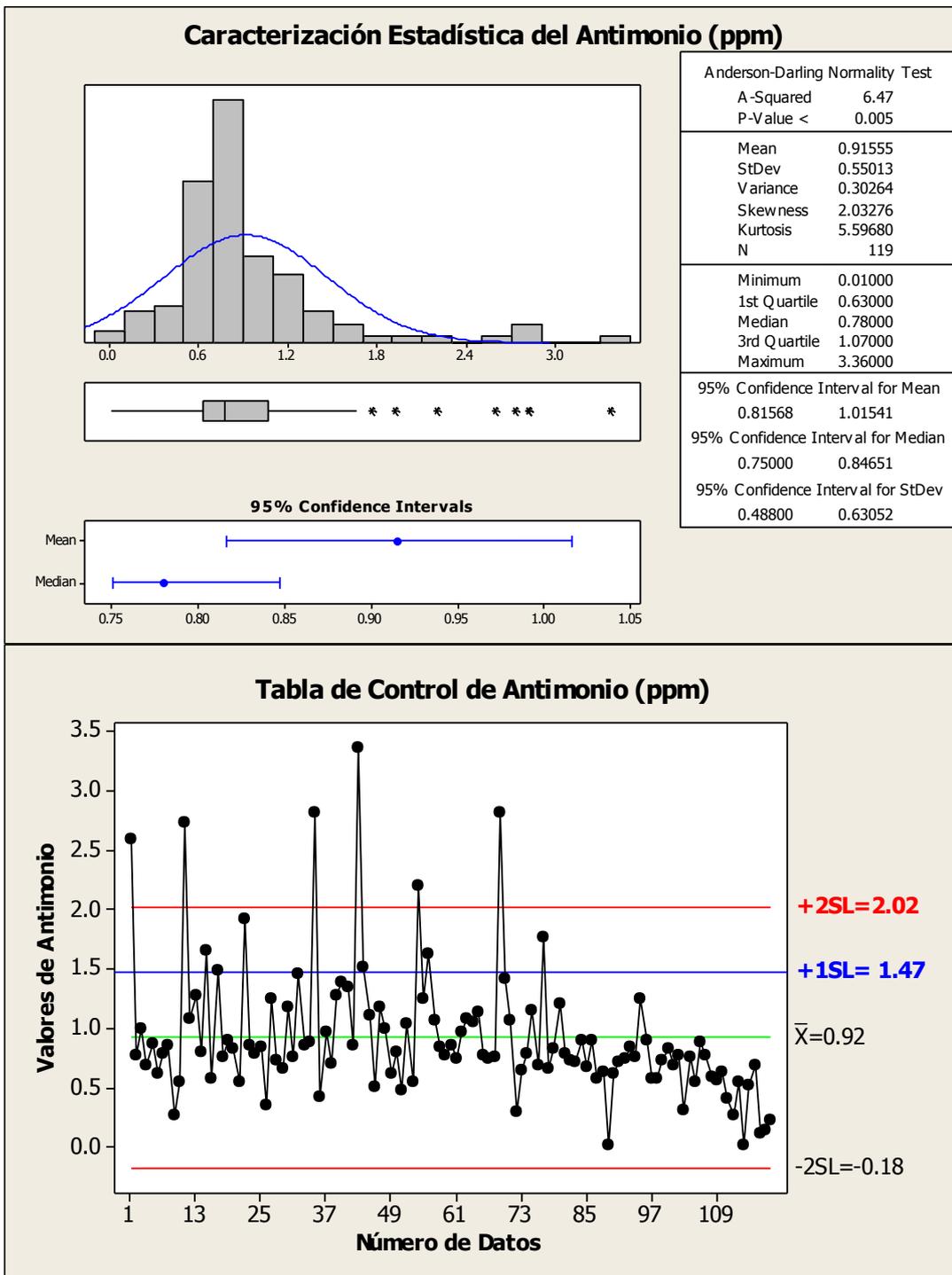


Tabla de Control de Antimonio (ppm)

Tabla 3, 37 Caracterización Estadística y Tabla de Control del Mercurio (Hg).

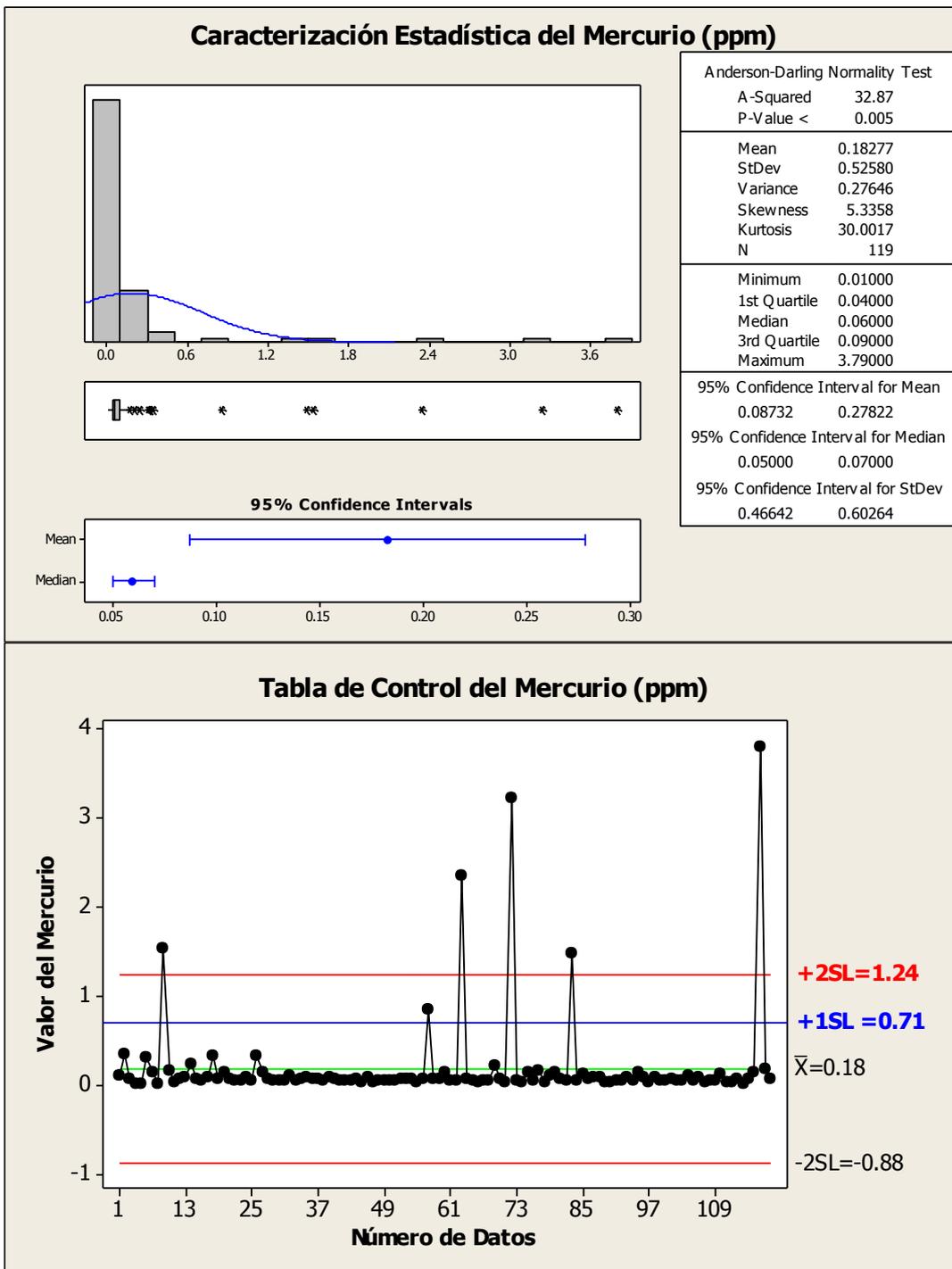
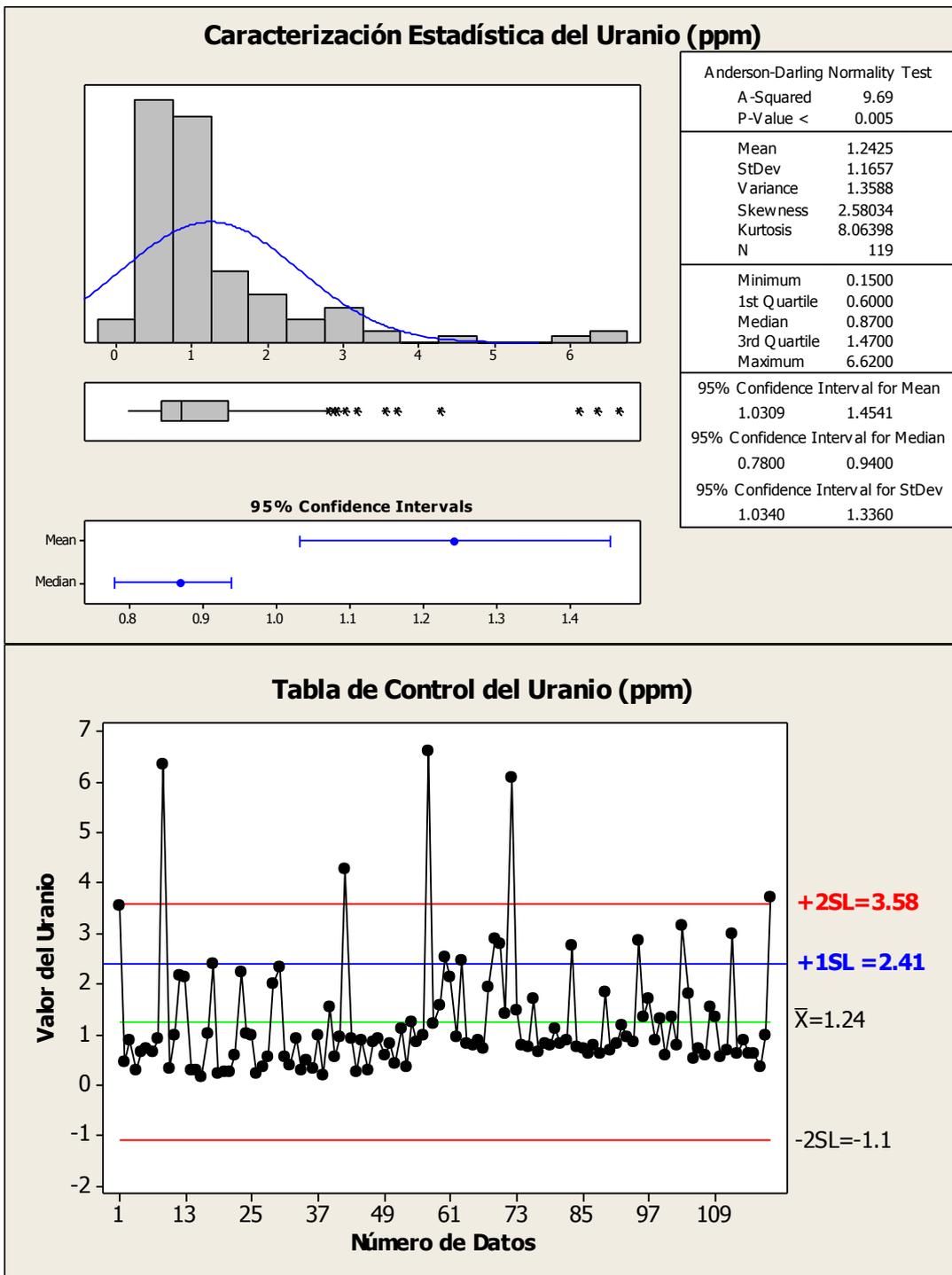


Tabla 3, 38 Caracterización Estadística y Tabla de Control del Uranio (U).



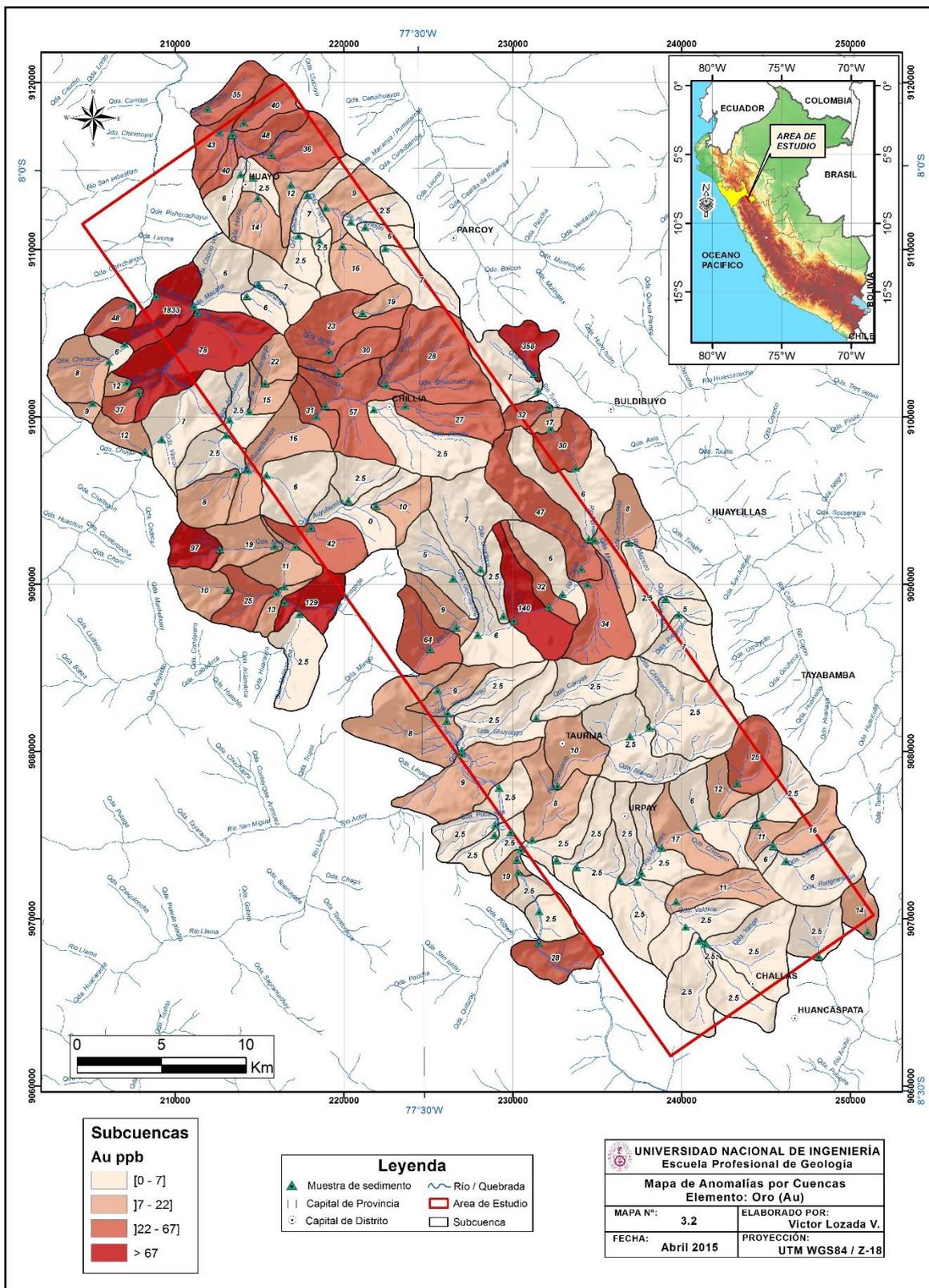
3.2.1.4.- Anomalías geoquímicas de elementos por cuencas

A partir de los cuadros de caracterización y cuadros de control, llevados a su expresión logarítmica y separando los valores erráticos, se ha obtenido los rangos que se usarán en los mapas de anomalías geoquímicas, de la cual se han determinado los valores de la Media (X), y la Desviación Estándar (σ), siendo los rangos limitados por X , $X+\sigma$ y $X+2\sigma$ (Tabla 3, 39).

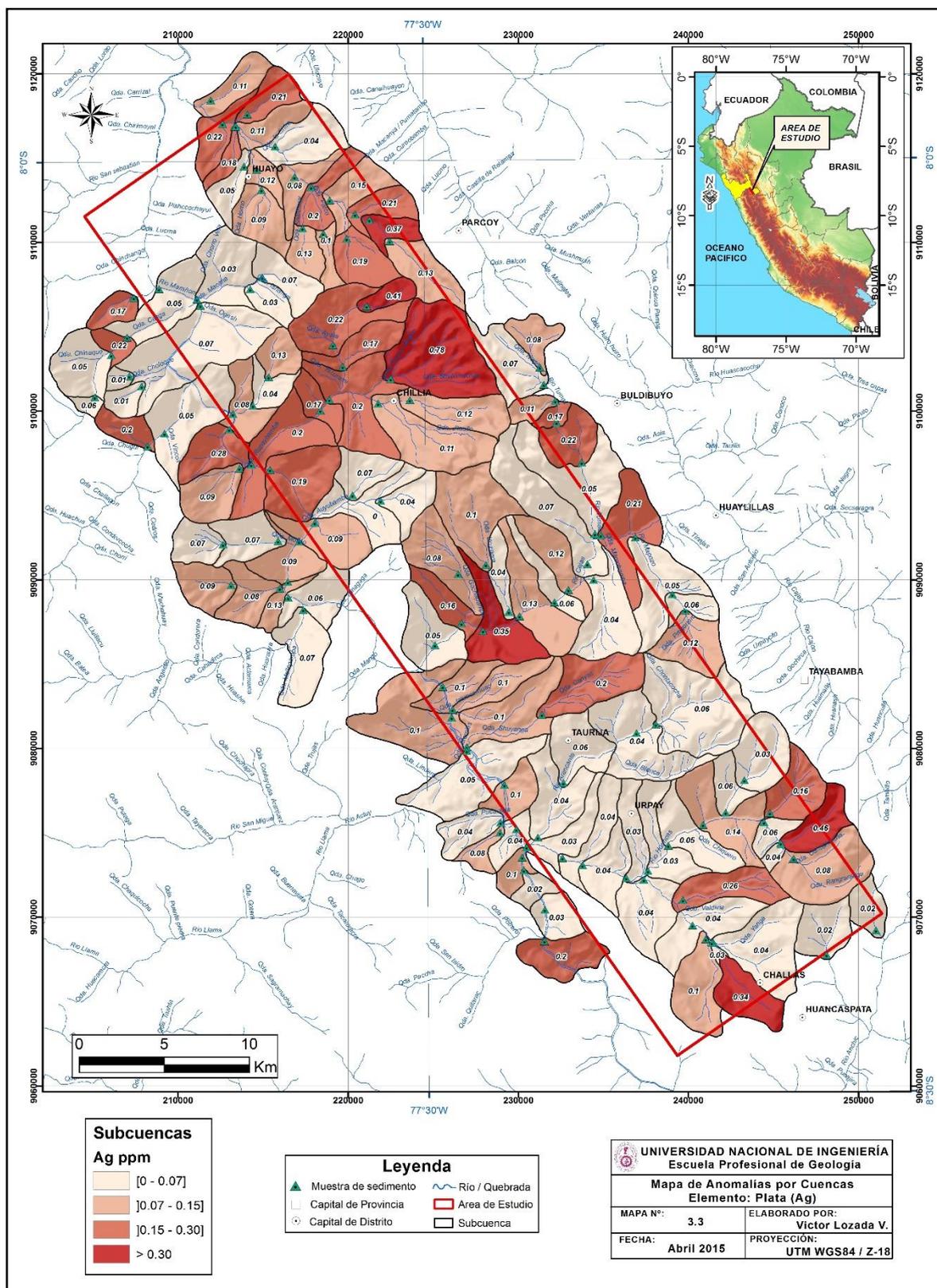
Tabla 3, 39 Rangos de elementos usados en los mapas de anomalías por cuencas de sedimentos

	X	X + σ	X + 2σ
Au (ppb)	7	22	67
Ag (ppm)	0.07	0.15	0.30
Cu (ppm)	29	48	79
Mo (ppm)	1.8	3.4	6.5
Pb (ppm)	18	28	42
Zn (ppm)	89	135	207
Sn (ppm)	0.7	1.1	1.6
W (ppm)	0.2	0.8	3.0
Cr (ppm)	20	36	62
Ni (As)	25	38	58
As (ppm)	13	26	52
Sb (ppm)	0.7	1.4	2.8
Hg (ppm)	0.05	0.12	0.26
U (ppm)	0.8	1.6	3.2

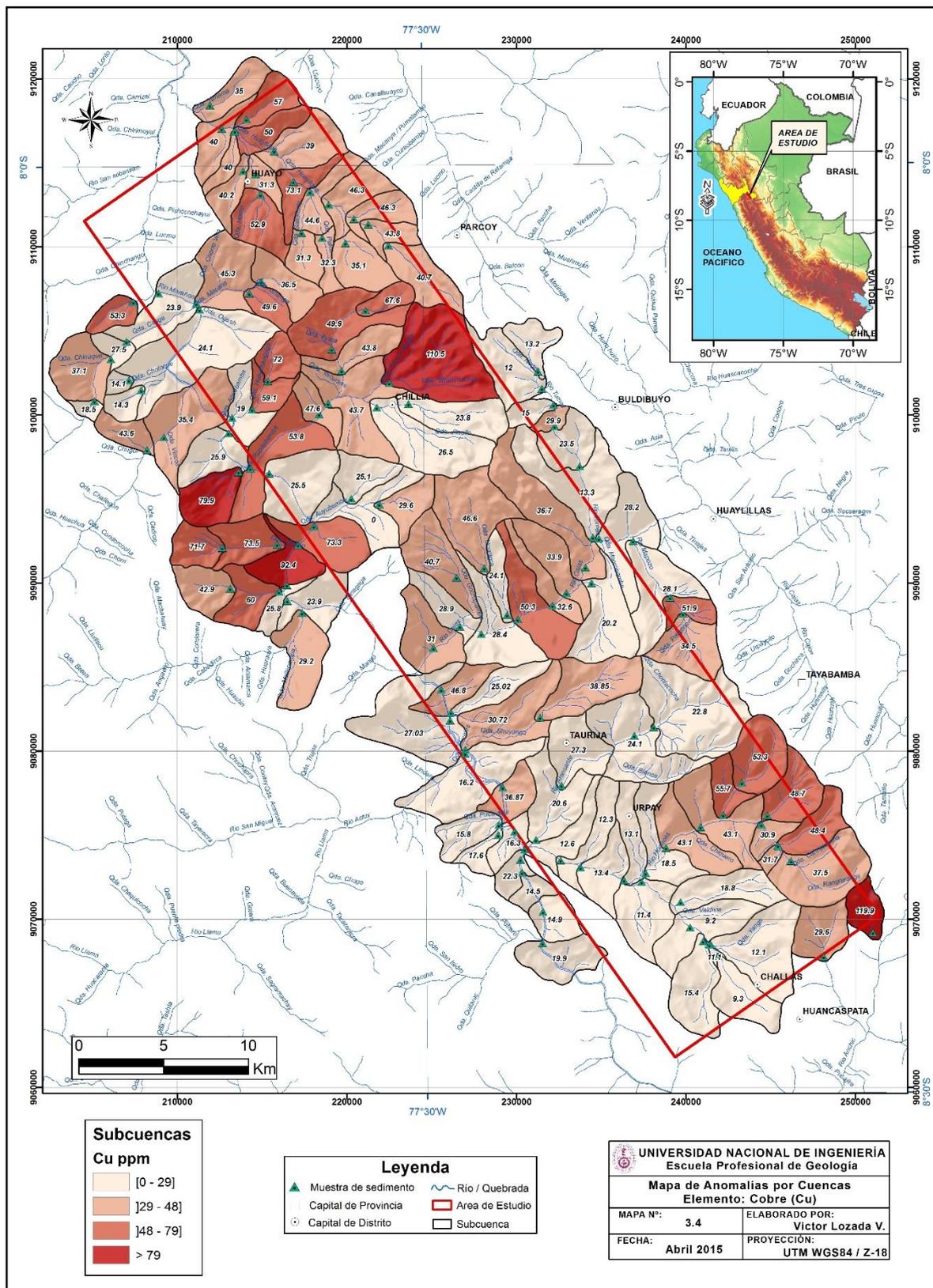
A continuación se presentan los mapas de anomalías por cuencas (Mapas del 3, 2 al 3,15) para los 14 elementos de la tabla 3, 39



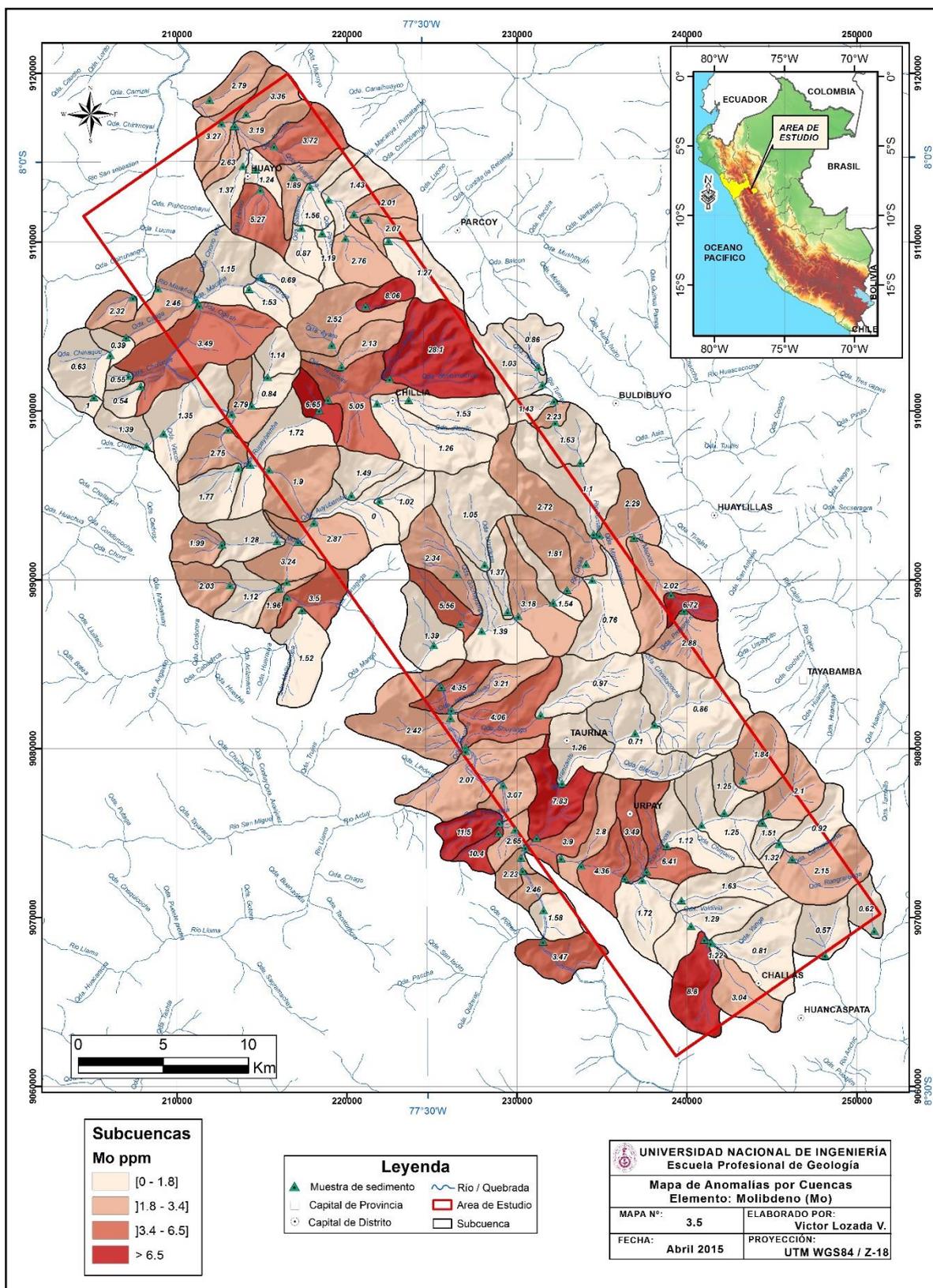
Mapa 3, 2 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Oro (Au).



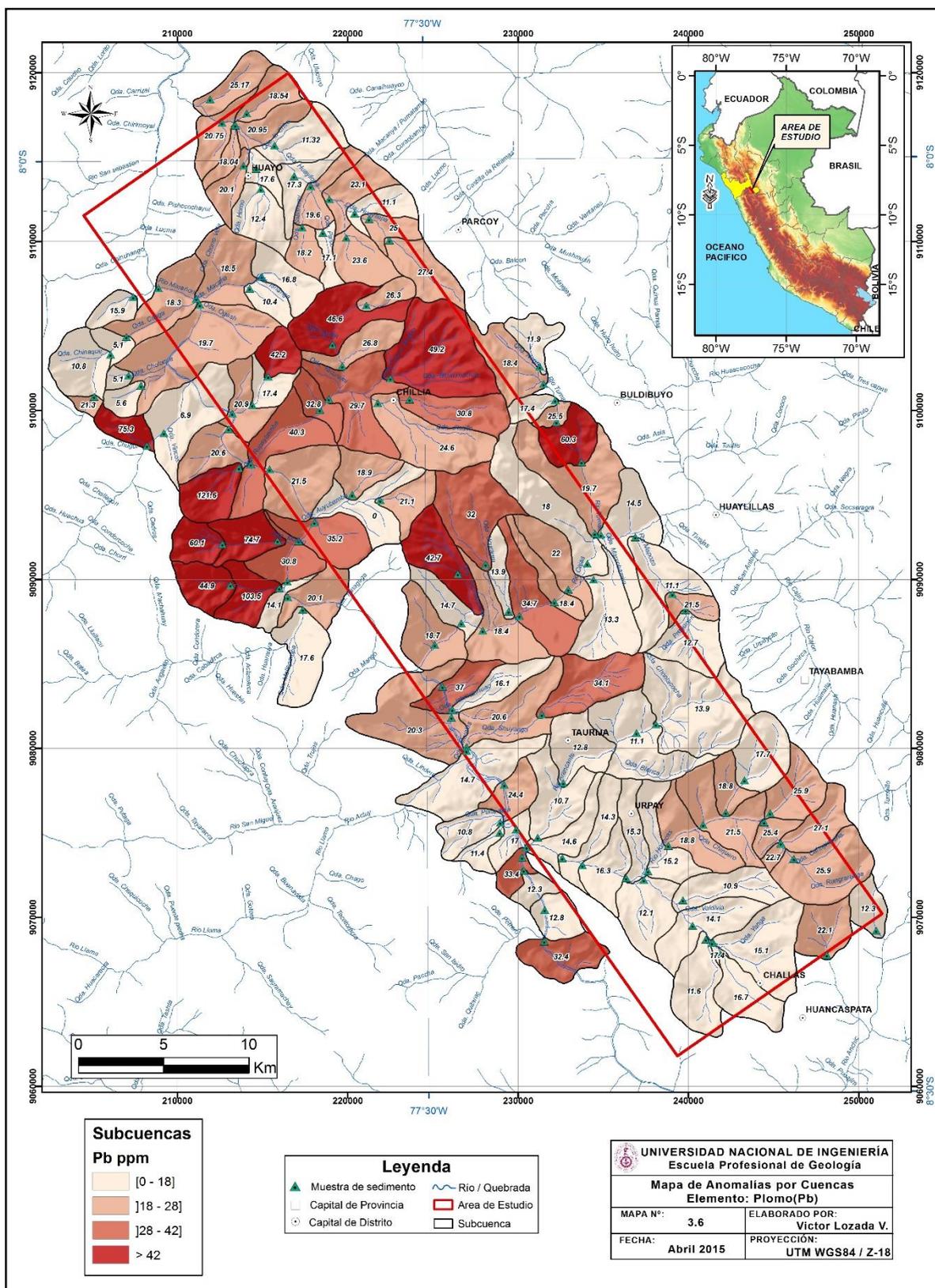
Mapa 3, 3 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Plata (Ag).



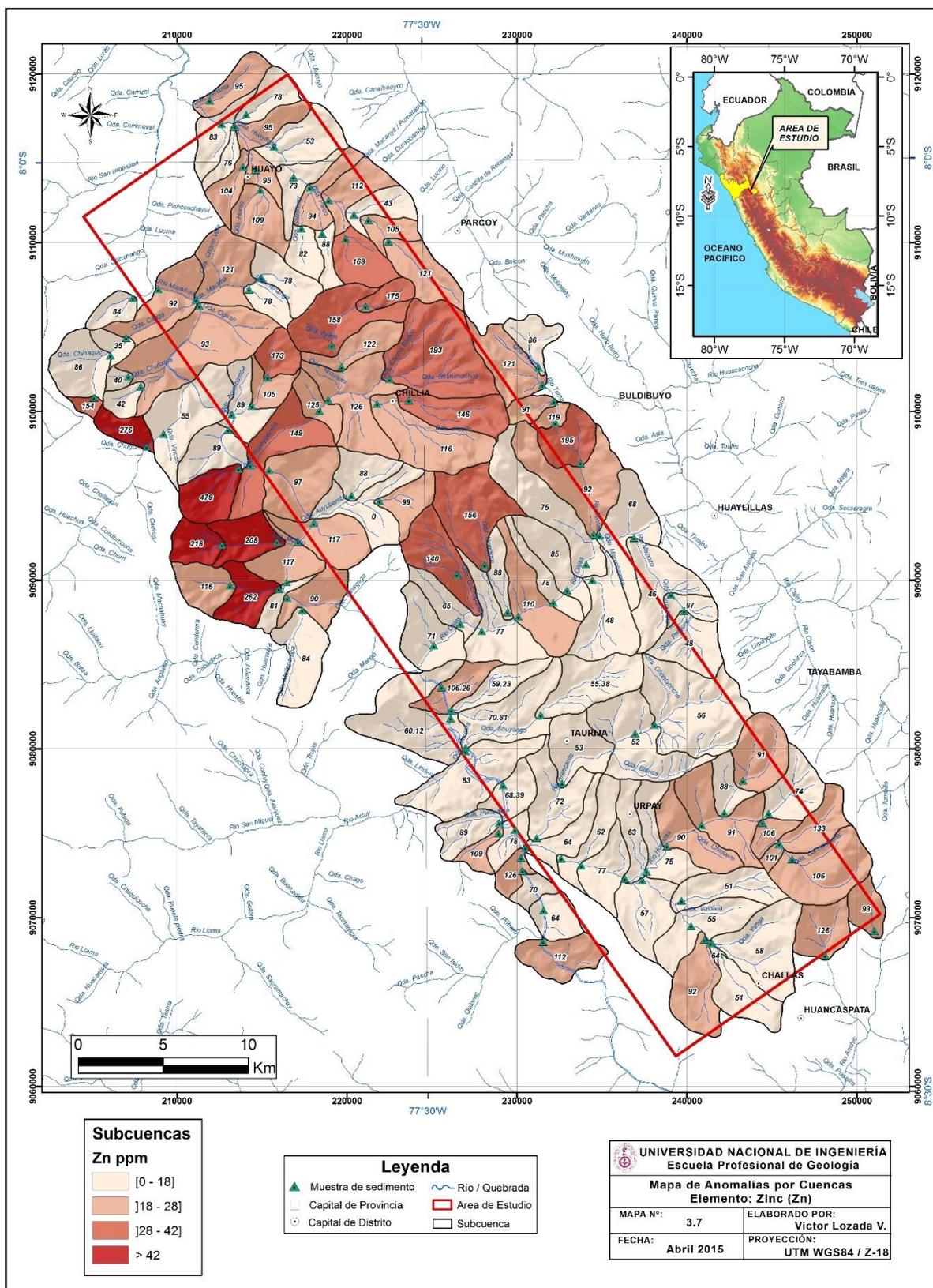
Mapa 3, 4 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Cobre (Cu).



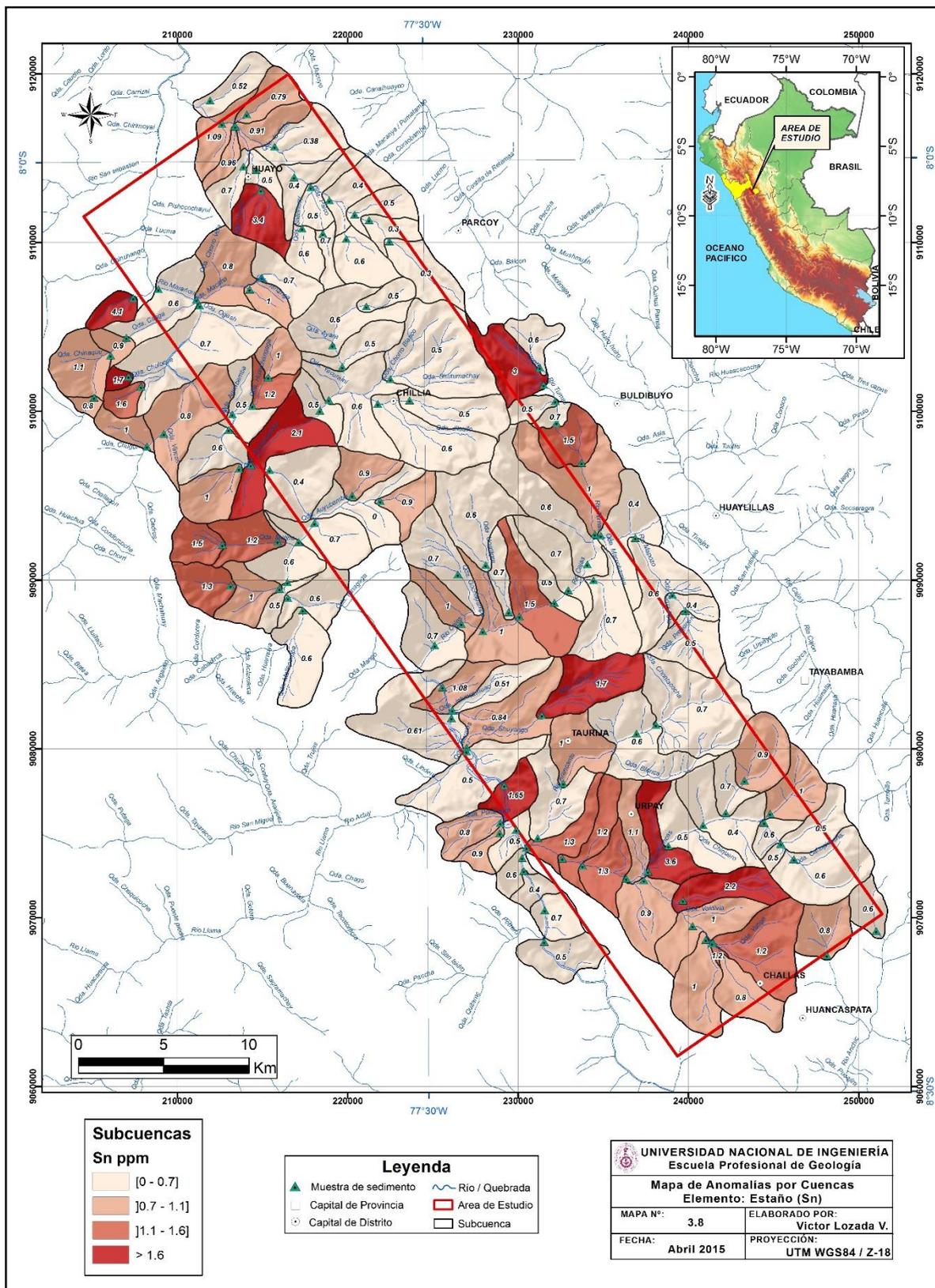
Mapa 3, 5 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Molibdeno (Mo).



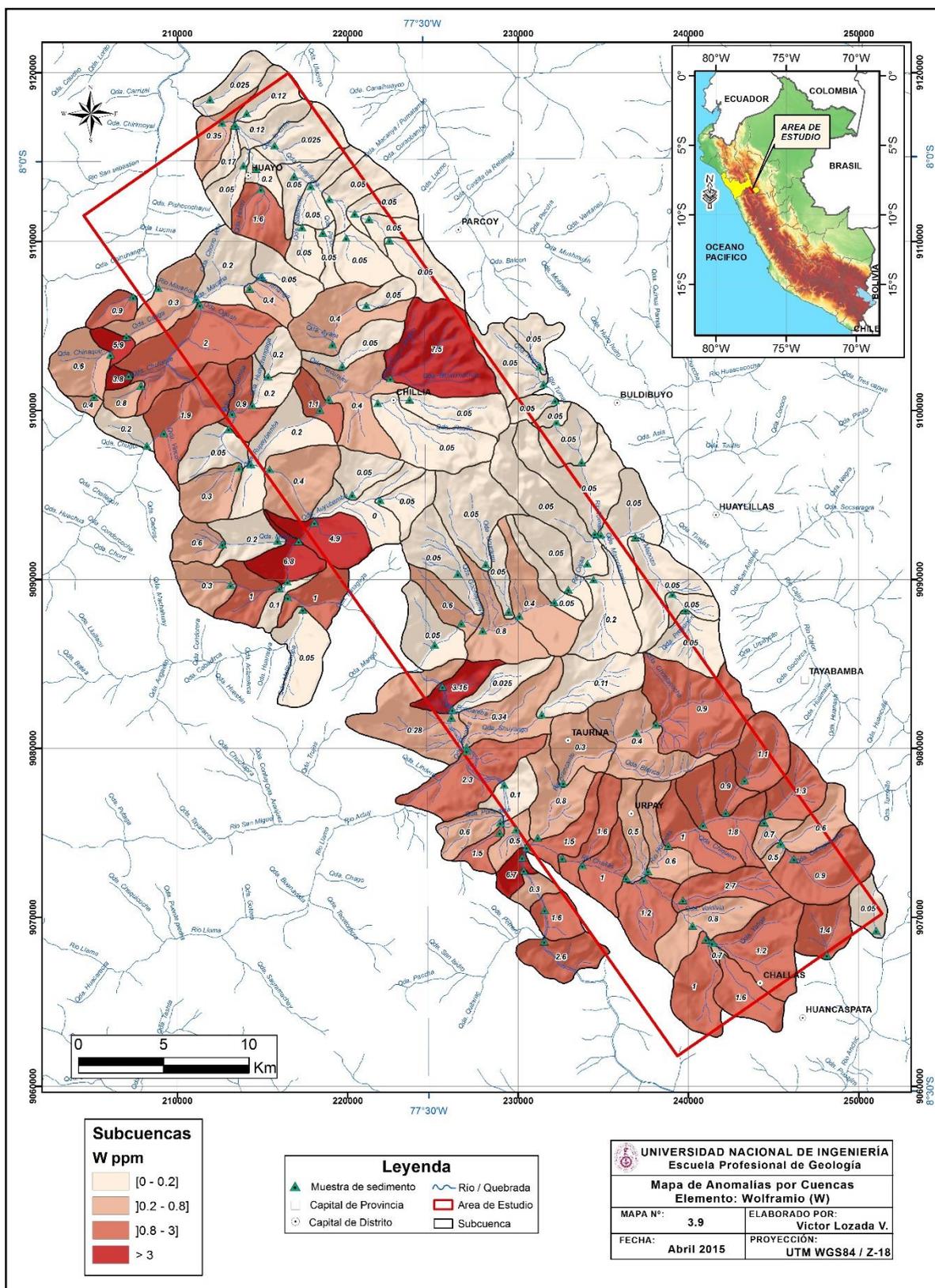
Mapa 3, 6 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Plomo (Pb).



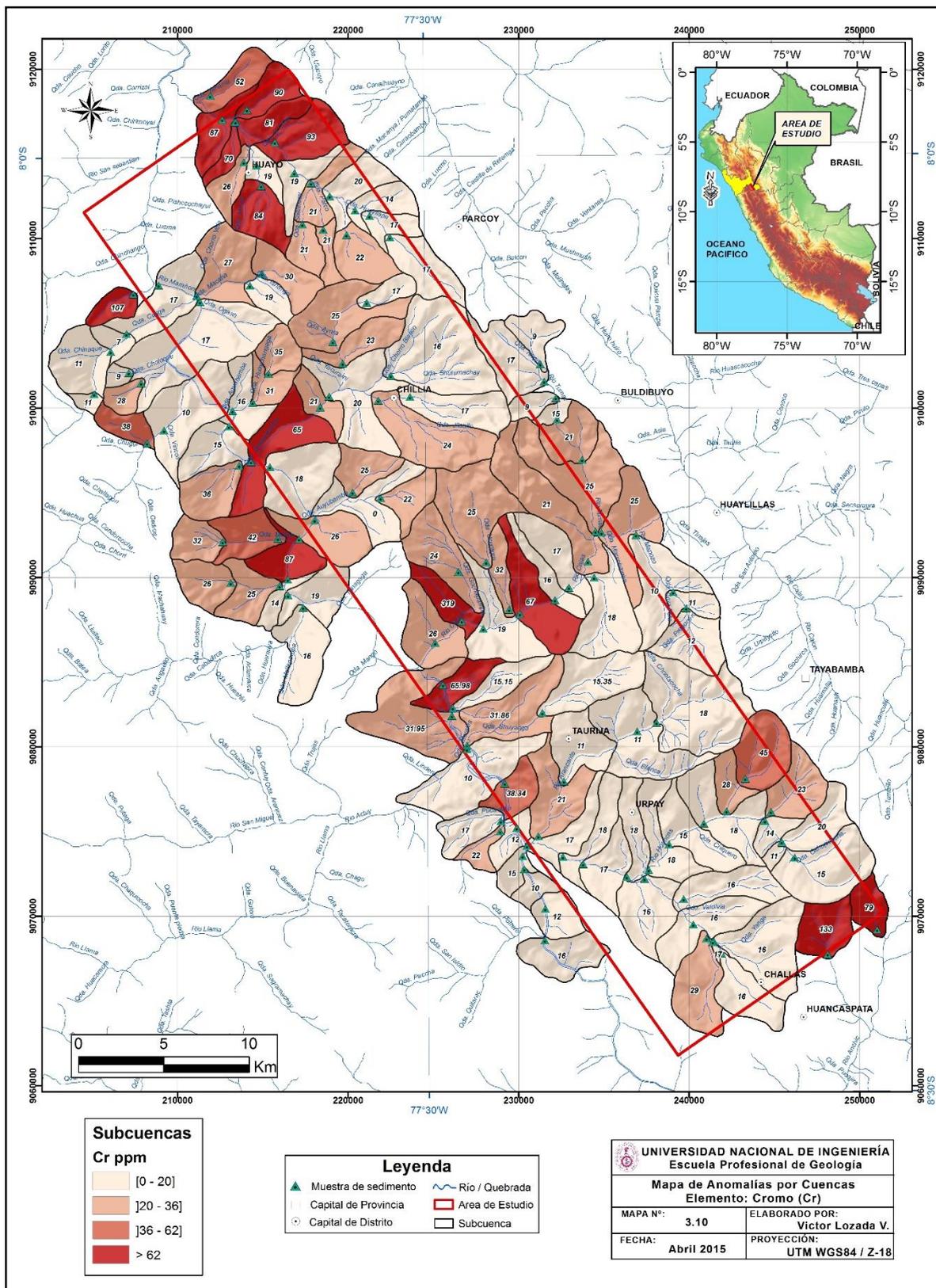
Mapa 3, 7 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Zinc (Zn).



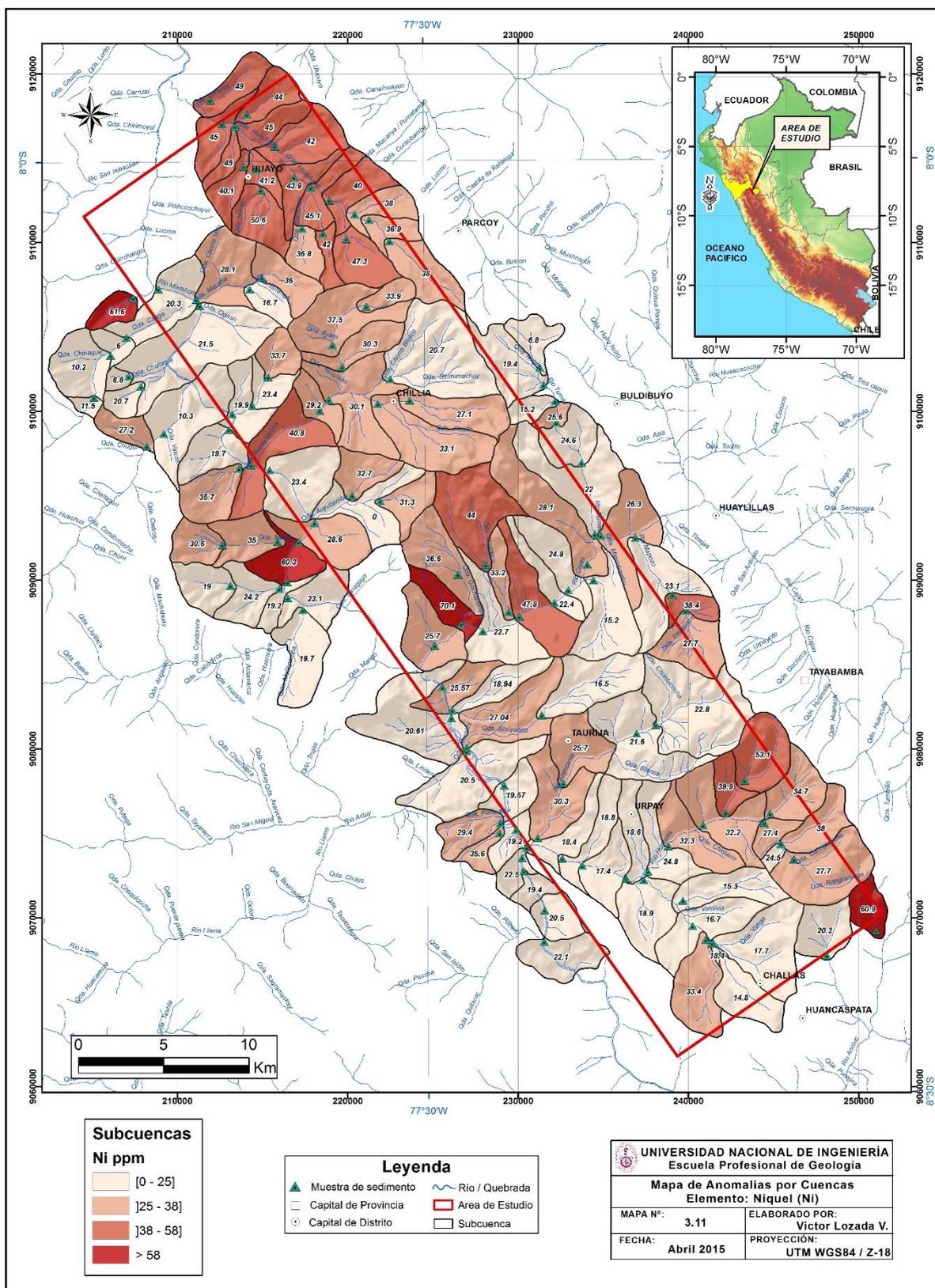
Mapa 3, 8 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Estaño (Sn).



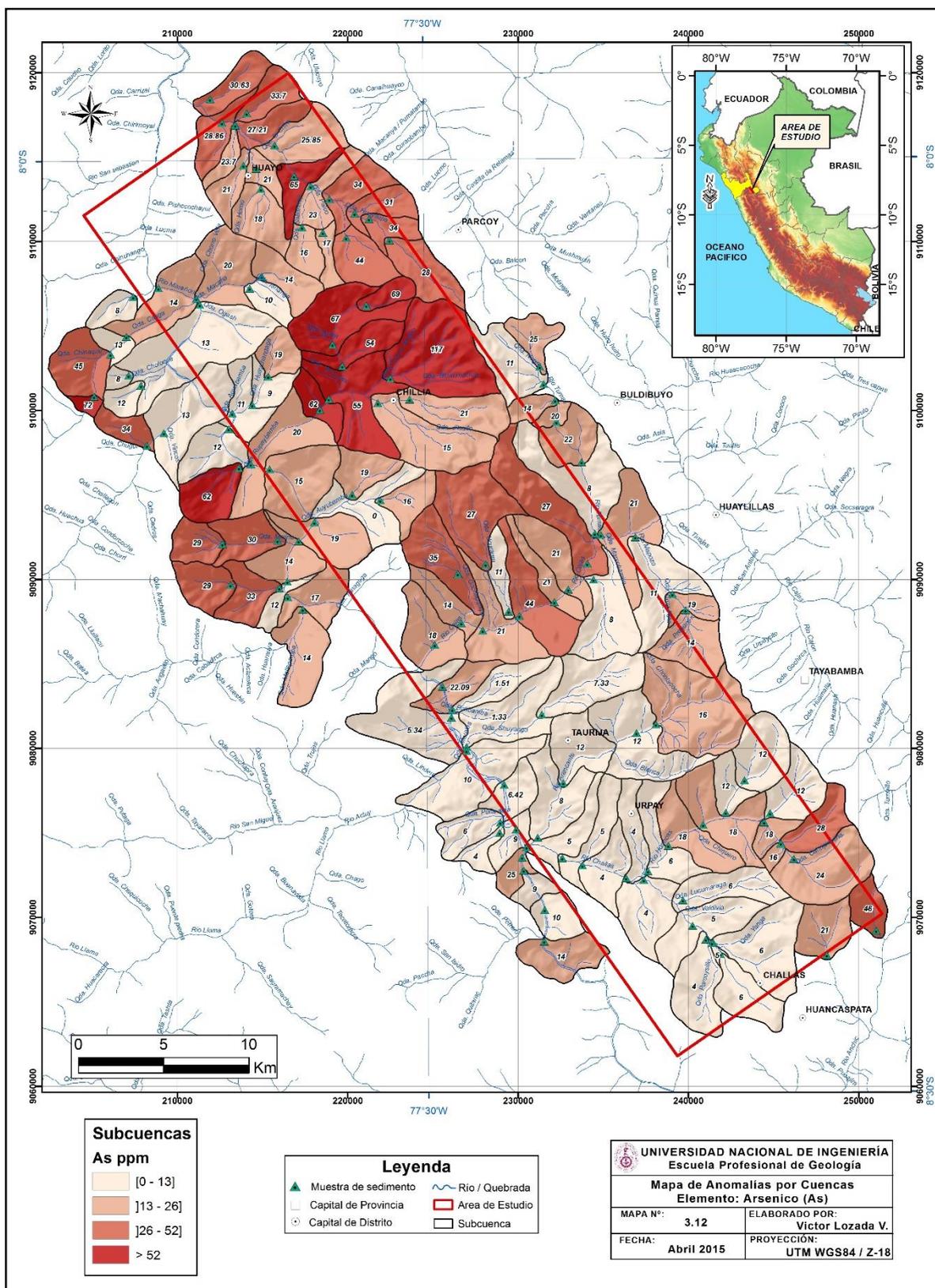
Mapa 3, 9 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Wolframio (W).



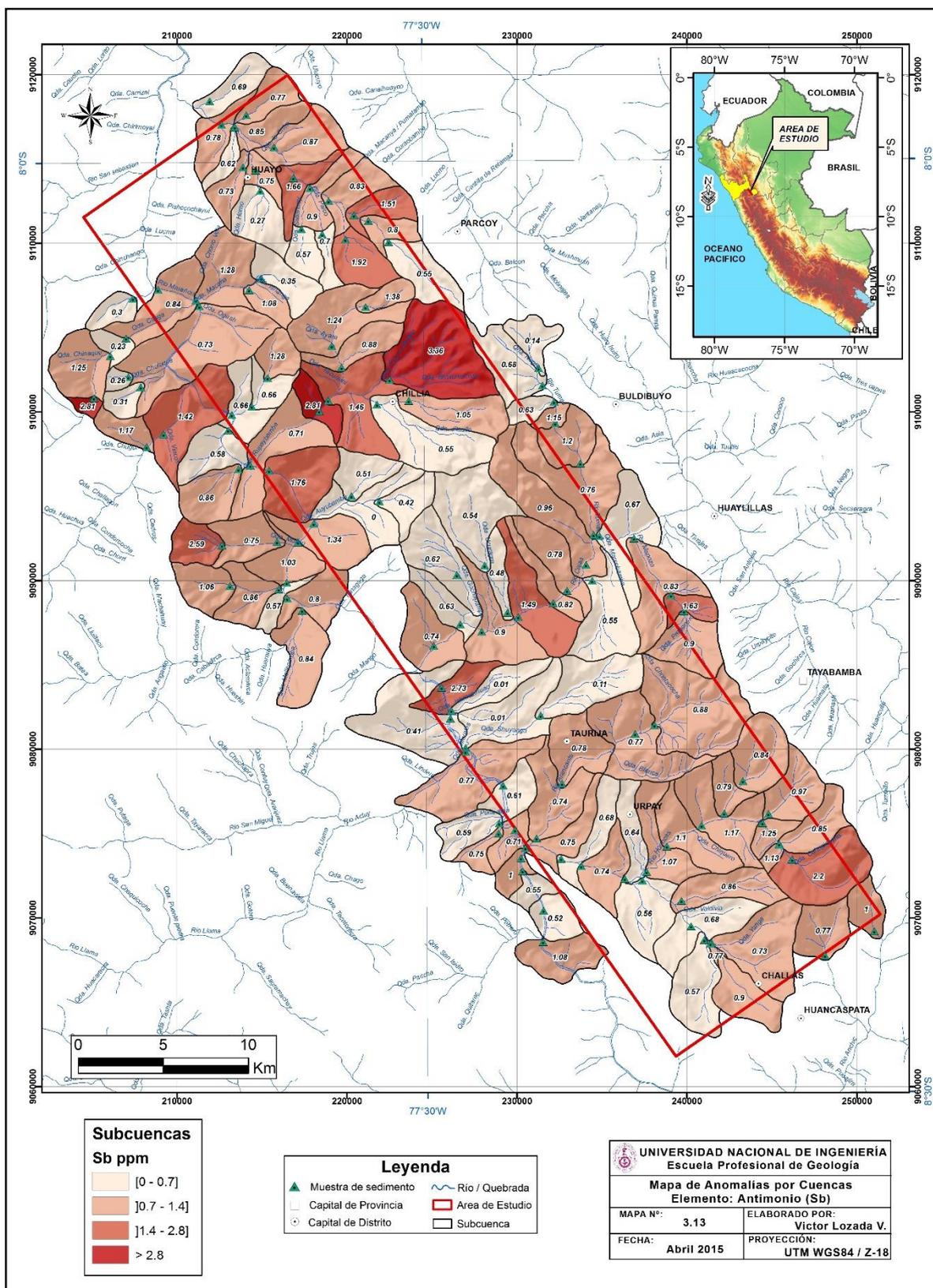
Mapa 3, 10 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Cromo (Cr).



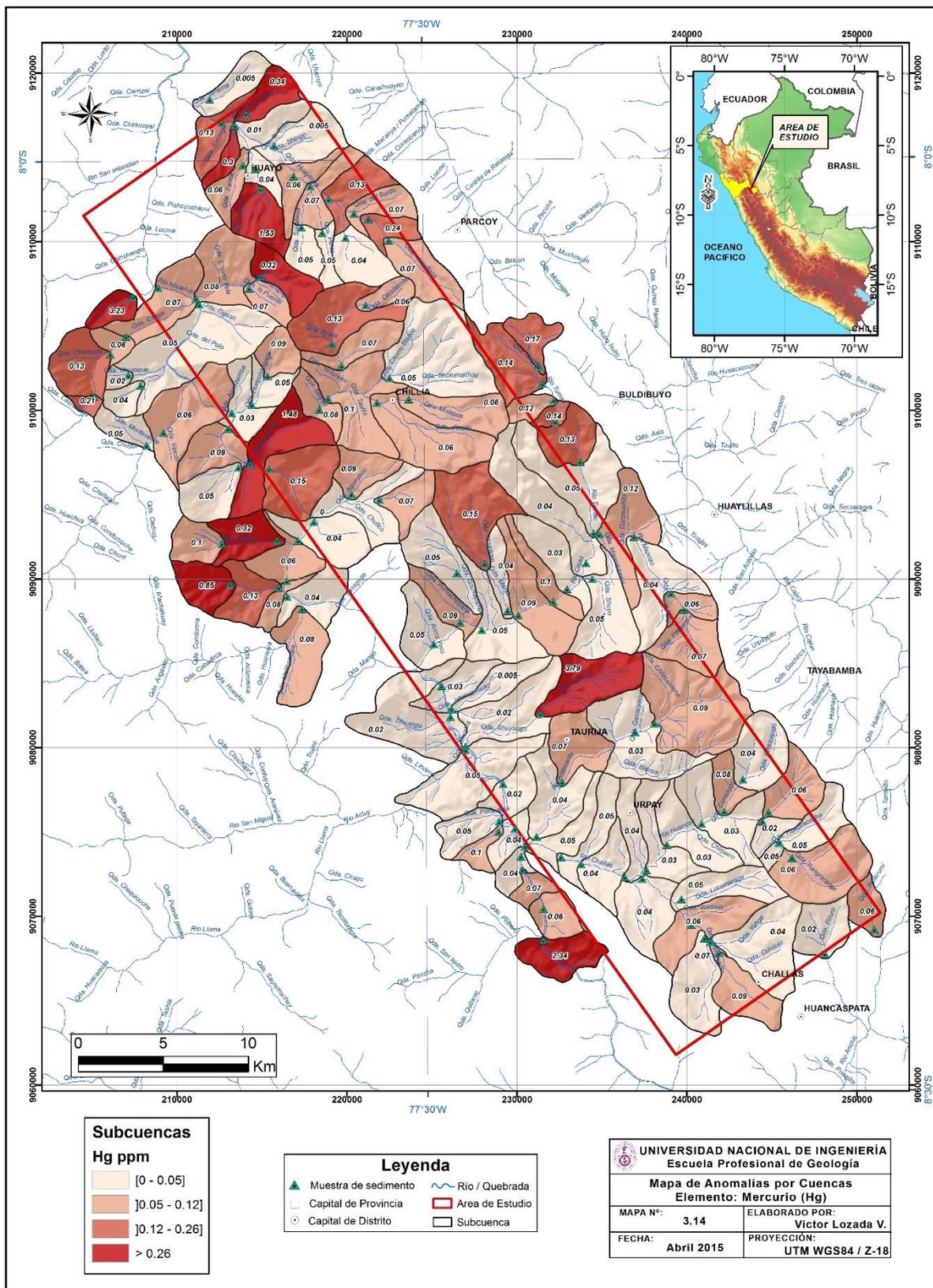
Mapa 3.11 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Níquel (Ni).



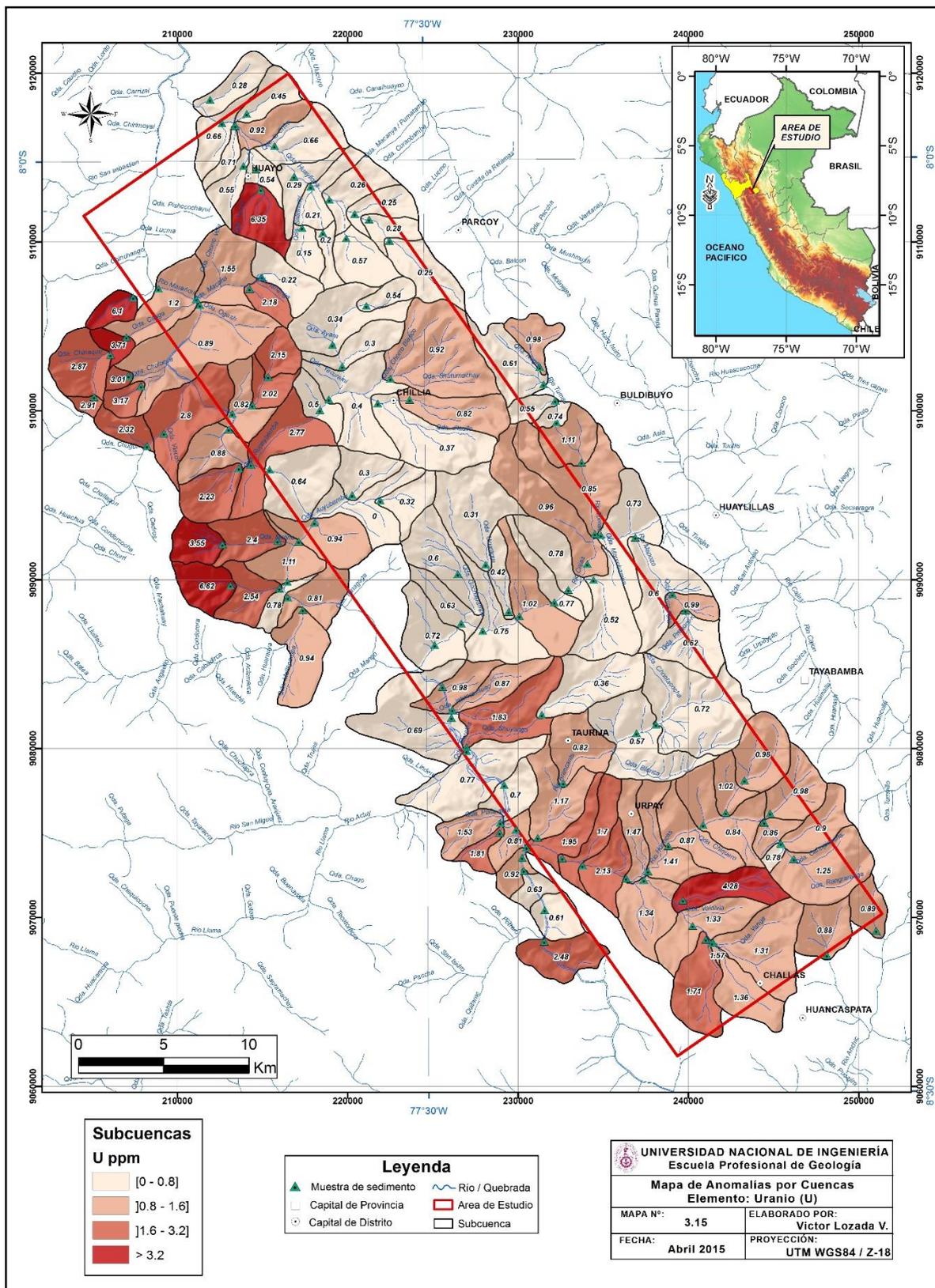
Mapa 3.12 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Arsénico (As).



Mapa 3, 13 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Antimonio (Sb).



Mapa 3, 14 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Mercurio (Hg).



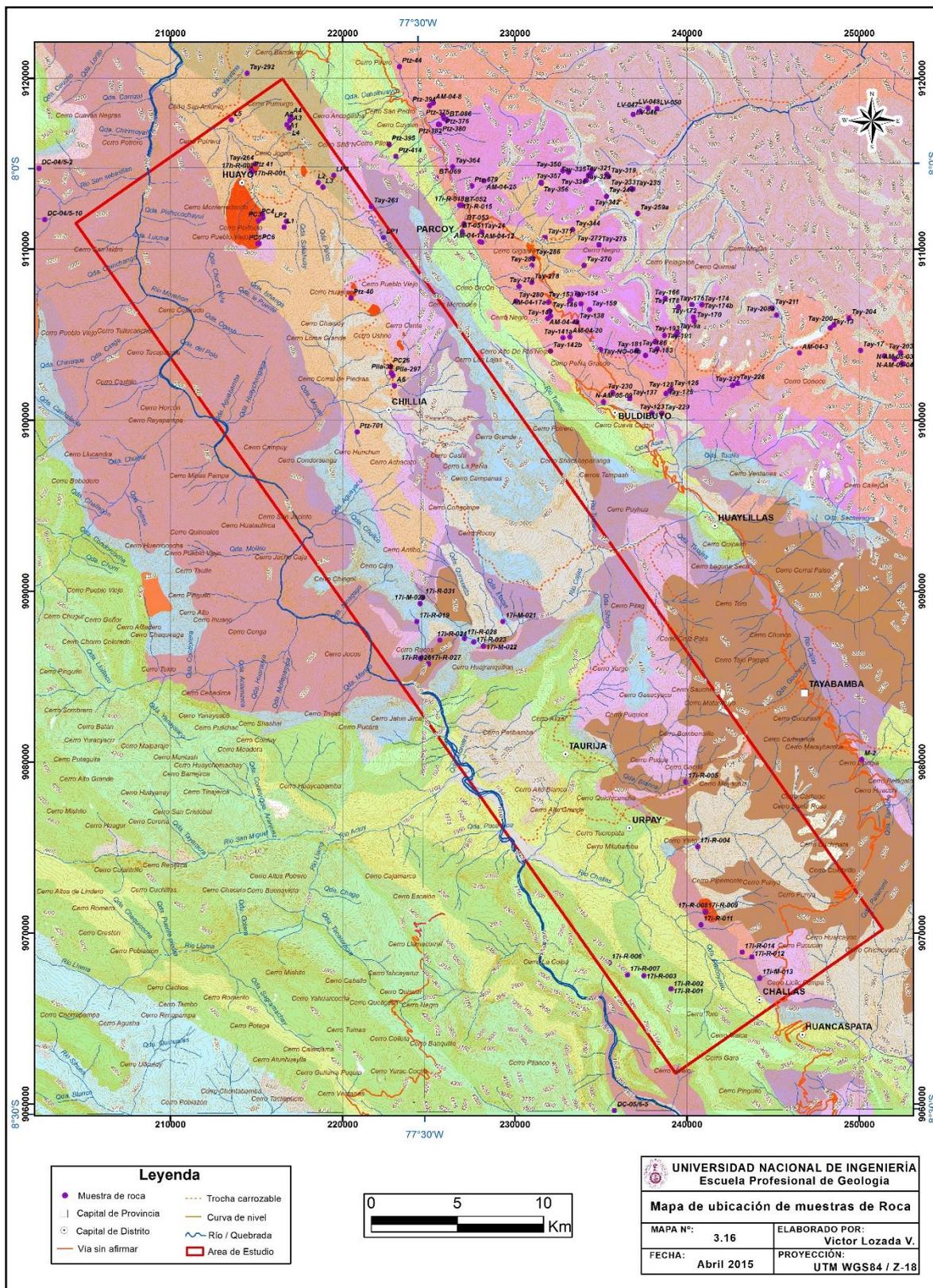
Mapa 3, 15 Mapa de Anomalías por Cuencas. Elemento Uranio (U).

3.2.2.- Tratamiento Estadístico de Rocas.

En base al trabajo de prospección geológico-minero en la región La Libertad enmarcado dentro del Proyecto GE33 del INGEMMET, se obtuvo información geoquímica de elementos mediante un muestreo de rocas que representan el entorno geológico del área de estudio, empleando el método de muestreo rock chip representativo. En función a la litología de la roca muestreada (criterio litológico), así como la edad de la unidad litológica (criterio cronológico), se determinaron 6 ambientes geológicos o poblaciones (Tabla 3, 40). También se usaron datos disponibles del GEOCATMIN, compilados de los trabajos de Sánchez (2006) y Miskovic (2009), así como un trabajo prospectivo realizado por Romero (2010), haciendo un total de 196 muestras, de las cuales sólo 162 con coordenadas (Mapa 3, 16). Una desventaja es que algunas muestras no tienen resultados en algunos elementos, sin embargo al ser este un trabajo de prospección preliminar y de reconocimiento, es un punto de partida para la determinación de zonas anómalas.

Tabla 3, 40 Poblaciones estadísticas de muestras de rocas.

	POBLACIÓN ESTADÍSTICA	UNIDAD GEOLÓGICA	N° MUESTRAS	TRATAMIENTO
1	Intrusivo del Terciario	Intrusivo del Eoceno	35	No paramétrico
2	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Fms: Jumasha, Celendín y Grupo Pucará	18	No paramétrico
3	Sedimentarios y metasedimentarios del Paleozoico	Fms: Contaya, Macno y Grupos: Mitu, Ambo	24	No paramétrico
4	Intrusivo del Paleozoico superior	Batolito de Pataz	49	Paramétrico y no paramétrico
5	Volcánicos Paleozoicos	Fms: Lavasen, Tres Lagunas y Volcánicos Mitu	53	Paramétrico y no paramétrico
6	Metamórficos del Paleozoico inferior y Neoproterozoico	Complejo Marañón y Granito gneisificado	17	No paramétrico



Mapa 3, 16 Mapa de ubicación de muestras de roca

3.2.2.1.- Valor de fondo y umbral regional por poblaciones.

Se han determinado valores de fondo y umbral para 14 elementos (Au, Ag, Cu, Mo, Pb, Zn, W, Sn, U, Th, Cr, Ni, Co y La).

Intrusivos del Terciario: Stocks de Huayo, Miramar y Quisuar (Eoceno).

Tabla 3, 41 Resultado estadístico de la población de Intrusivos del Terciario.

Elemento	Valor Mínimo	Valor Máximo	Expresión Logarítmica	N° de datos	Percentil 50	Percentil 95
Au (ppb)	<5	668.00	Ln Au (ppb)	29	0.9163	5.0724
Ag (ppm)	<0.2	123.00	Ln Ag (ppb)	25	6.2146	9.8589
Cu (ppm)	5.00	2020.00	Ln Cu (ppm)	32	3.9971	6.1608
Mo (ppm)	2.00	1105.00	Ln Mo (ppb)	30	8.9872	10.7934
Pb (ppm)	<2	2720.00	Ln Pb (ppm)	25	5.2696	2.3979
Zn (ppm)	3.00	398.00	Ln Zn (ppm)	28	3.0434	5.3825
W (ppm)	1.00	1090.00	Ln W (ppb)	14	9.2103	10.5966
Sn (ppm)	1.00	8.00	Ln Sn (ppb)	7	8.5172	8.8462
U (ppm)	0.53	7.31	Ln U (ppb)	8	8.0701	8.6606
Cr (ppm)	20.00	243.00	Ln Cr (ppm)	7	3.6109	5.3805
Ni (ppm)	<5	21.00	Ln Ni (ppm)	8	2.3502	2.9268
Co (ppm)	1.50	51.50	Ln Co (ppm)	8	1.9242	3.3817
Th (ppm)	18.9	1.7	Ln Th (ppm)	8	2.5867	2.8546
La (ppm)	6.7	77.8	Ln La (ppm)	8	3.5363	4.244

Tabla 3, 42 Background, threshold y rangos de anomalía de la población de Intrusivos del Terciario.

ELEMENTO	BACKGROUND	THRESHOLD (T)	RANGOS DE ANOMALIA		
			DEBIL T - <2T	MODERADO 2T - 3T	FUERTE >3T
Au (ppb)	2.5	160	[160 - 320[	[320 - 480]	> 480
Ag (ppm)	0.5	19.1 = 20	[20 - 40[	[40 - 60]	> 60
Cu (ppm)	54.4 = 55	473.8 = 475	[475 - 950[	[950 - 1425]	> 1425
Mo (ppm)	8.0	50.0	[50 - 100[	[100 - 150]	> 150
Pb (ppm)	11.0	194.5 = 195	[195 - 390[	[390 - 585]	> 585
Zn (ppm)	20.9 = 21	217.6 = 218	[218 - 436[	[436 - 654]	> 654
W (ppm)	10.0	40.0	[40 - 80[	[80 - 120]	> 120
Sn (ppm)	5.00 = 5	6.95 = 7	[7 - 14[	[14 - 21]	> 21
U (ppm)	3.19 = 3.2	5.77 = 6	[6 - 12[	[12 - 18]	> 18
Cr (ppm)	36.9 = 37	217.1 = 217	[217 - 434[	[434 - 651]	> 651
Ni (ppm)	10.5 = 11	18.7 = 19	[19 - 38[	[38 - 57]	> 57
Co (ppm)	6.9 = 7	29.4 = 30	[30 - 60[	[60 - 120]	> 120
Th (ppm)	13.3 = 13	17.4 = 17	[17 - 34[	[34 - 51]	> 51
La (ppm)	34.3 = 34	69.7 = 70	[70 - 140[	[140 - 210]	> 210

Sedimentarios Carbonatados del Mesozoico: Calizas, margas, lutitas calcáreas y calizas gossan, de las Formaciones Jumasha-Celendín y del Grupo Pucará (Tablas 3, 43 y 3, 44)

Tabla 3, 43 Resultado estadístico de la población de Sedimentarios Carbonatados del Mesozoico.

Elemento	Valor Mínimo	Valor Máximo	Expresión Logarítmica	N° de datos	Percentil 50	Percentil 95
Au (ppb)	<5	4990.00	Ln Au (ppb)	16	0.9163	3.5773
Ag (ppm)	<1	96.70	Ln Ag (ppb)	16	6.2146	7.7807
Cu (ppm)	<5	1730.00	Ln Cu (ppm)	15	1.6094	5.7056
Mo (ppm)	<1	7.00	Ln Mo (ppb)	12	6.9077	8.7022
Pb (ppm)	<5	8370.00	Ln Pb (ppm)	11	2.5053	5.2856
Zn (ppm)	6.00	8190.00	Ln Zn (ppm)	14	4.0114	6.1718
W (ppm)	<1	20.00	Ln W (ppb)	12	6.2146	8.2558
Sn (ppm)	<1	5.00	Ln Sn (ppb)	11	6.2146	8.0590
U (ppm)	0.44	4.78	Ln U (ppb)	11	7.5010	8.2292
Cr (ppm)	<10	245.00	Ln Cr (ppm)	11	2.3026	4.4512
Ni (ppm)	8.00	23.00	Ln Ni (ppm)	11	2.7726	3.0900
Co (ppm)	0.90	4.30	Ln Co (ppm)	11	7.4384	8.1148
Th (ppm)	0.2	7.1	Ln Th (ppm)	10	7.0759	8.6207
La (ppm)	0.3	21.9	Ln La (ppb)	10	7.9057	99279

Tabla 3, 44 Background, threshold y rangos de anomalía de la población de Sedimentarios Carbonatados del Mesozoico.

ELEMENTO	BACKGROUND	THRESHOLD (T)	RANGOS DE ANOMALIA		
			DEBIL T - <2T	MODERADO 2T - 3T	FUERTE >3T
Au (ppb)	2.5	35.7 = 36	[36 - 72[	[72 - 108]	> 108
Ag (ppm)	0.5	2.4	[2.4 - 4.8[	[4.8 - 7.2]	> 7.2
Cu (ppm)	5.0	300.0	[300- 600[	[600 - 900]	> 900
Mo (ppm)	1.0	6.0	[6 - 12[	[12 - 18]	> 18
Pb (ppm)	12.5	197.5 = 200	[200- 400[	[400 - 600]	> 600
Zn (ppm)	55.2 = 55	480.0	[480 - 960[	[960 - 1440]	> 1440
W (ppm)	0.5	3.9 = 4	[4 - 8[	[8 - 12]	> 12
Sn (ppm)	0.5	1.0	[1 - 2[	[2 - 3]	> 3
U (ppm)	1.8	3.8	[2.6 - 7.6[	[7.6 - 11.4]	> 11.4
Cr (ppm)	10.0	85.0	[85 - 190[	[190 - 255]	> 255
Ni (ppm)	16.0	22.0	[22 - 44[	[44 - 66]	> 66
Co (ppm)	1.7	3.5	[3.5 - 7[	[7 - 10.5]	> 10.5
Th (ppm)	1.2	5.5	[5.5 - 11[	[11 - 16.5]	> 16.5
La (ppm)	2.7	20.5	[20.5 - 41[	[41 - 61.5]	> 61.5

Sedimentarios y Metasedimentarios del Paleozoico: Areniscas, metareniscas, pizarras, filitas, metalutitas, lutitas pizarrosas y conglomerados del Paleozoico inferior y superior (Tablas 3, 45 y 3, 46).

Tabla 3, 45 Resultado estadístico de la población de Sedimentarios y Metasedimentarios del Paleozoico.

Elemento	Valor Mínimo	Valor Máximo	Expresión Logarítmica	N° de datos	Percentil 50	Percentil 95
Au (ppb)	<5	439.00	Ln Au (ppb)	16	2.0794	5.0750
Ag (ppm)	<0.2	36.40	Ln Ag (ppb)	17	5.9914	7.8679
Cu (ppm)	<5	17900.00	Ln Cu (ppm)	22	3.8295	6.5446
Mo (ppm)	1.00	69.00	Ln Mo (ppb)	21	7.6009	10.0452
Pb (ppm)	12.00	467.00	Ln Pb (ppm)	9	2.9957	4.8624
Zn (ppm)	9.00	738.00	Ln Zn (ppm)	11	4.2485	5.4381
W (ppm)	<1	360.00	Ln W (ppb)	7	8.0063	9.9058
Sn (ppm)	2.00	5.00	Ln Sn (ppm)	4	1.2424	1.5759
U (ppm)	1.73	8.70	Ln U (ppm)	5	0.9745	1.9626
Cr (ppm)	86.00	245.00	Ln Cr (ppm)	3	4.4543	4.8193
Ni (ppm)	23.00	83.00	Ln Ni (ppm)	5	3.4657	4.3506
Co (ppm)	1.20	27.60	Ln Co (ppm)	5	2.4932	3.2778
Th (ppm)	1.9	17.7	Ln Th (ppm)	7	2.6246	2.8375
La (ppm)	6.7	49.9	Ln La (ppm)	7	3.7305	3.8756

Tabla 3, 46 Background, threshold y rangos de anomalía de la población de Sedimentarios y Metasedimentarios del Paleozoico.

ELEMENTO	BACKGROUND	THRESHOLD (T)	RANGOS DE ANOMALIA		
			DEBIL T - <2T	MODERADO 2T - 3T	FUERTE >3T
Au (ppb)	8.0	159.9 = 160	[160 - 3120[	[320 - 480]	> 480
Ag (ppm)	0.4	2.6	[2.6- 5.2[	[5.2 - 7.8]	> 7.8
Cu (ppm)	46.0	695.0	[695 - 1390[	[1390 - 2085]	> 2085
Mo (ppm)	2.0	23.0	[23 - 46[	[46 - 69]	> 69
Pb (ppm)	20.0	129.3 = 130	[130 - 260[	[260 - 390]	> 390
Zn (ppm)	70.0	229.9 = 230	[230 - 460[	[460 - 690]	> 690
W (ppm)	3.0	20.0	[20 - 40[	[40 - 60]	> 60
Sn (ppm)	3.46 = 3.5	4.8 = 5	[5 - 10[	[10 - 15]	> 15
U (ppm)	2.7 = 3	7.1 = 7	[7 - 14[	[14 - 21]	> 21
Cr (ppm)	86.0	123.9 = 125	[125 - 250[	[250 - 375]	> 375
Ni (ppm)	32.0	77.5 = 78	[78 - 156[	[156 - 234]	> 234
Co (ppm)	12.1 = 12	26.5 = 27	[27 - 54[	[54 - 81]	> 81
Th (ppm)	13.8 = 13	17.1 = 17	[17 - 34[	[34 - 51]	> 51
La (ppm)	41.7 = 42	48.2 = 48	[48 - 96[	[96 - 144]	> 144

Intrusivos del Paleozoico superior: Rocas intrusivas graníticas (de granitos a dioritas) del Batolito de Pataz y del Intrusivo Muñancapata. No se consideró los elementos Au y Ag por tener muy pocos datos de estos elementos (Tablas 3, 47 y 3, 48).

Tabla 3, 47 Resultado estadístico de la población de Intrusivos del Paleozoico superior.

Elemento	Valor Mínimo	Valor Máximo	Expresión Logarítmica	N° de datos	Percentil 50	Percentil 95	Media Geométrica	Desviación Estándar
Cu (ppm)	6.00	65.00	Ln Cu (ppm)	29	2.5649	4.0816	-	-
Mo (ppm)	<2	15.00	Ln Mo (ppb)	28	8.2940	9.0460	-	-
Pb (ppm)	4.00	93.00	Ln Pb (ppm)	33	2.7343	5.4853	-	-
Zn (ppm)	21.00	187.00	Ln Zn (ppm)	35	4.1743	5.2138	-	-
W (ppm)	<1	11.00	Ln W (ppb)	26	7.6009	9.3057	-	-
Sn (ppm)	1.00	16.00	Ln Sn (ppb)	30	8.0064	8.2940	-	-
U (ppm)	0.48	5.60	Ln U (ppb)	46	-	-	7.7591	0.4507
Cr (ppm)	5.00	323.00	Ln Cr (ppm)	32	3.4965	5.7031	-	-
Ni (ppm)	2.00	213.00	Ln Ni (ppm)	47	-	-	2.0542	1.2033
Co (ppm)	1.00	58.90	Ln Co (ppm)	48	-	-	1.5768	0.9048
Th (ppm)	0.2	20.3	Ln Th (ppm)	58	-	-	2.1956	0.4924
La (ppm)	2.5	72.5	Ln La (ppm)	58	-	-	3.2685	0.5034

Tabla 3, 48 Background, threshold y rangos de anomalía de la población de Intrusivos del Paleozoico superior

ELEMENTO	BACKGROUND	THRESHOLD (T)	RANGOS DE ANOMALIA		
			DEBIL T - <2T	MODERADO 2T - 3T	FUERTE >3T
Cu (ppm)	13.0	58.7= 60	[60- 120[	[120 - 180]	> 180
Mo (ppm)	4.0	8.5	[8.5- 17[	[17 - 25.5]	> 25.5
Pb (ppm)	15.8 = 16	149.8 = 150	[150 - 300[	[300 - 450]	> 450
Zn (ppm)	65	183.8 = 185	[185 - 370[	[370 - 555]	> 555
W (ppm)	2.0	11.0	[11 - 22[	[22 - 33]	> 33
Sn (ppm)	3.0	4.0	[4 - 8[	[8 - 12]	> 12
U (ppm)	2.4	5.8 = 6	[6 - 12[	[12 - 18]	> 18
Cr (ppm)	33.0	299.8 = 300	[300 - 600[	[600 - 900]	> 900
Ni (ppm)	7.8 = 8	84.4 = 85	[85 - 170[	[170 - 255]	> 255
Co (ppm)	4.8 = 5	29.5 = 30	[30 - 60[	[60 - 90]	> 90
Th (ppm)	8.9 = 9	24.0	[24 - 48[	[48 - 72]	> 72
La (ppm)	26.3 = 26	71.9 = 72	[72 - 144[	[144 - 216]	> 216

Volcánicos Paleozoicos: Lavas volcánicas, tobas, ignimbritas y diques de las Formaciones Lavasén, Tres Lagunas y Volcánicos del Mitu. En esta población tampoco se consideró los elementos Au y Ag por no contar con valores de estos elementos en las muestras (Tablas 3, 49 y 3, 50).

Tabla 3, 49 Resultado estadístico de la población de Volcánicos Paleozoicos.

Elemento	Valor Mínimo	Valor Máximo	Expresión Logarítmica	N° de datos	Percentil 50	Percentil 95	Media Geométrica	Desviación Estándar
Cu (ppm)	5.00	313.00	Ln Cu (ppm)	42	-	-	3.3147	1.1910
Mo (ppm)	2.00	25.00	Ln Mo (ppb)	36	8.0063	9.1712	-	-
Pb (ppm)	<5	65.00	Ln Pb (ppm)	21	1.9459	4.1558	-	-
Zn (ppm)	11.00	221.00	Ln Zn (ppm)	41	-	-	4.4488	0.2627
W (ppm)	1.00	13.00	Ln W (ppb)	38	7.6009	9.4006	-	-
Sn (ppm)	1.00	9.00	Ln Sn (ppb)	34	7.6009	8.3498	-	-
U (ppm)	0.06	5.70	Ln U (ppb)	39	7.5443	8.2188	-	-
Cr (ppm)	11.00	244.00	Ln Cr (ppm)	25	4.8283	5.4747	-	-
Ni (ppm)	<5	205.00	Ln Ni (ppm)	48	-	-	3.3733	1.0944
Co (ppm)	0.80	70.70	Ln Co (ppb)	53			9.4835	1.3368
Th (ppm)	0.2	18.3	Ln Th (ppb)	36	8.9809	9.6722	-	-
La (ppm)	1.6	45.5	Ln La (ppm)	35	-	-	2.7604	0.7473

Tabla 3, 50 Background, threshold y rangos de anomalía de la población de Volcánicos Paleozoicos.

ELEMENTO	BACKGROUND	THRESHOLD (T)	RANGOS DE ANOMALIA		
			DEBIL T - <2T	MODERADO 2T - 3T	FUERTE >3T
Cu (ppm)	27.5 = 28	297.9 = 300	[300 - 600[	[600 - 900]	> 900
Mo (ppm)	3.0	9.6 = 10	[10 - 20[	[20 - 30]	> 30
Pb (ppm)	7.0	63.8 = 65	[65 - 195[	[130 - 195]	> 195
Zn (ppm)	86.0	144.6 = 145	[145 - 290[	[290 - 435]	> 435
W (ppm)	2.0	12.1 = 12	[12 - 24[	[24 - 36]	> 36
Sn (ppm)	2.0	4.2	[4.2 - 8.4[	[8.4 - 12.6]	> 12.6
U (ppm)	1.9	3.7 = 4	[4 - 8[	[8 - 12]	> 12
Cr (ppm)	125.0	238.5 = 240	[240 - 480[	[480 - 720]	> 720
Ni (ppm)	29.2 = 30	260.4 = 260	[260 - 520[	[520 - 780]	> 780
Co (ppm)	13.1 = 13	190.5 = 190	[190 - 380[	[380 - 570]	> 570
Th (ppm)	7.9 = 8	15.8 = 16	[16 - 32[	[32 - 48]	> 48
La (ppm)	15.8 = 16	70.7 = 71	[71 - 142[	[142 - 213]	> 213

Metamórficos del Paleozoico inferior y Neoproterozoico: Gneis, esquistos, pizarras y unidades graníticas de los intrusivos del Paleozoico inferior (Granito gneisificado y Granito Quebrada Valdivia). No se tienen valores en los elementos Au y Ag (Tablas 3, 51 y 3, 52)

Tabla 3, 51 Resultado estadístico de la población de Metamórficos del Paleozoico inferior y Neoproterozoico.

Elemento	Valor Mínimo	Valor Máximo	Expresión Logarítmica	N° de datos	Percentil 50	Percentil 95
Cu (ppm)	9.00	608.00	Ln Cu (ppm)	14	2.6735	4.6080
Mo (ppm)	2.00	22.00	Ln Mo (ppb)	12	8.4056	9.5072
Pb (ppm)	5.30	65.00	Ln Pb (ppm)	12	2.4337	4.0076
Zn (ppm)	13.00	90.00	Ln Zn (ppm)	14	3.9059	4.4626
W (ppm)	<1	10.00	Ln W (ppb)	13	7.6009	8.9038
Sn (ppm)	<1	6.00	Ln Sn (ppb)	14	8.1502	8.6995
U (ppm)	0.06	3.93	Ln U (ppb)	16	7.3833	8.1916
Cr (ppm)	24.00	848.00	Ln Cr (ppm)	13	4.1743	6.2067
Ni (ppm)	6.00	76.00	Ln Ni (ppm)	17	2.8904	4.2763
Co (ppm)	1.10	50.70	Ln Co (ppm)	17	2.3514	3.7753
Th (ppm)	0.3	35.9	Ln Th (ppm)	15	2.4069	3.0817
La (ppm)	1.3	58.5	Ln La (ppb)	15	3.2581	3.8968

Tabla 3, 52 Background, threshold y rangos de anomalía de la población Metamórficos del Paleozoico inferior y Neoproterozoico.

ELEMENTO	BACKGROUND	THRESHOLD (T)	RANGOS DE ANOMALIA		
			DEBIL T - <2T	MODERADO 2T - 3T	FUERTE >3T
Cu (ppm)	14.5 = 15	100.0	[100 - 200]	[200 - 300]	> 300
Mo (ppm)	4.5 = 5	13.5 = 14	[14 - 28]	[28 - 42]	> 42
Pb (ppm)	11.4 = 12	55.0	[55 - 110]	11[0 - 165]	> 165
Zn (ppm)	49.7 = 50	86.7 = 90	[90 - 180]	[180 - 270]	> 270
W (ppm)	2.0	7.4 = 8	[8 - 16]	[16 - 24]	> 24
Sn (ppm)	3.5 = 4	6.0	[6 - 12]	[12 - 18]	> 18
U (ppm)	1.6	3.6 = 4	[4 - 8]	[8 - 12]	> 12
Cr (ppm)	57.6 = 58	496 = 500	[500 - 1000]	[1000 - 1500]	> 1500
Ni (ppm)	18.0	71.9 = 72	[72 - 144]	[144 - 216]	> 216
Co (ppm)	10.5 = 11	43.6 = 44	[44 - 88]	[88 - 132]	> 132
Th (ppm)	11.1 = 11	21.8 = 22	[22 - 44]	[44 - 66]	> 66
La (ppm)	26.0	49.0	[49 - 98]	[98 - 147]	> 147

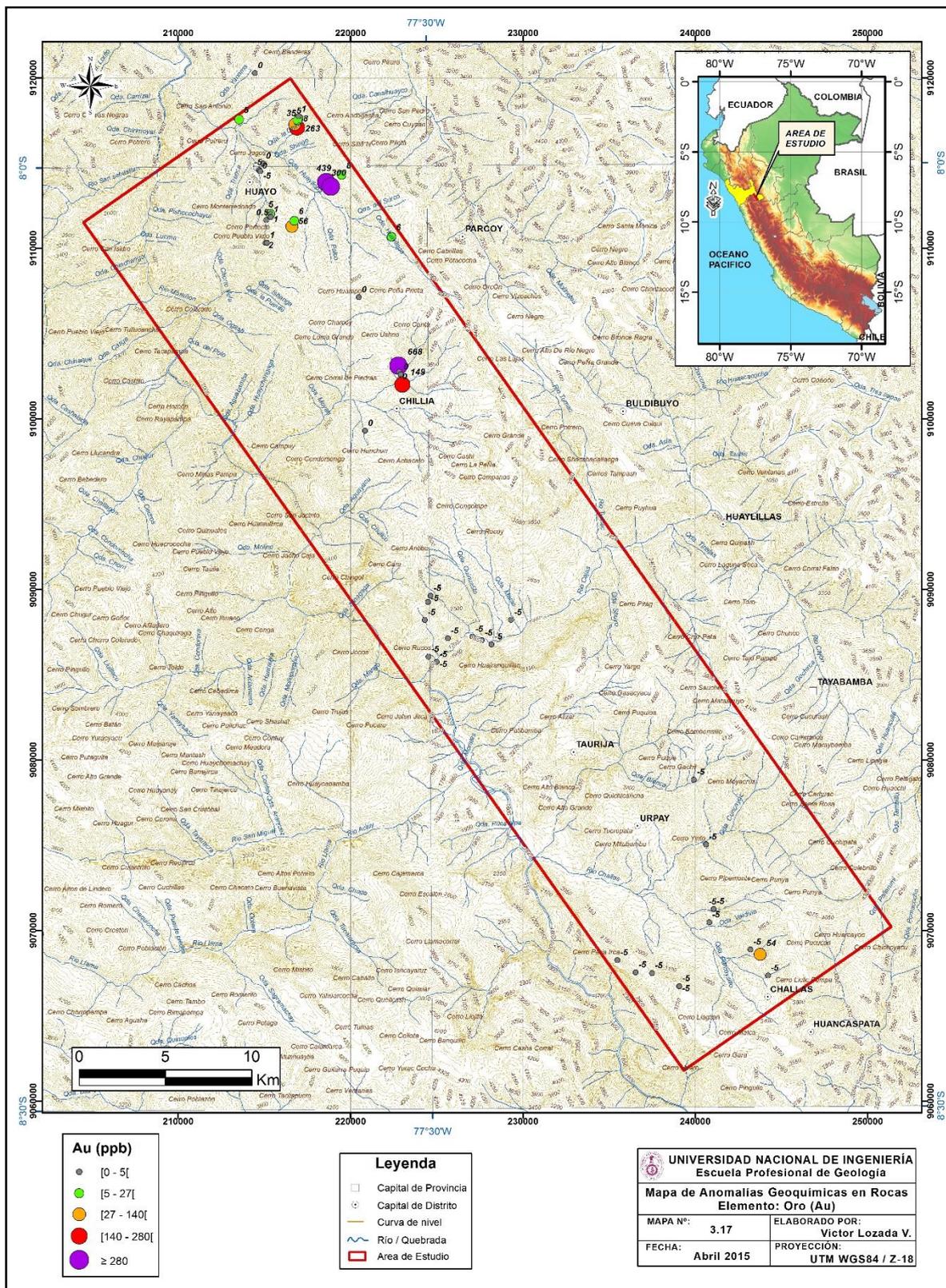
3.2.2.2.- Mapas de anomalías geoquímicas por elementos.

Para la elaboración de los rangos de anomalías de muestras enmarcadas dentro del área de estudio, se han procesado 86 muestras de rocas, de las cuales 53 tienen coordenadas. No se han considerado poblaciones, se transformaron los datos a su expresión logarítmica y se separaron los valores erráticos. Algunas muestras no tienen valores en determinados elementos, sin embargo se ha tratado de presentar los rangos más representativos para la elaboración de los mapas de anomalías. Se han procesado 9 elementos (Au, Ag, Cu, Mo, Pb, Zn, W, Sn y U) seleccionados por su interés económico. El tratamiento generó la siguiente tabla (Tabla 3, 53), determinando los valores de la Media (X), y la Desviación Estándar (σ), siendo los rangos limitados por X , $X+\sigma$, $X+2\sigma$ y $2(X+2\sigma)$.

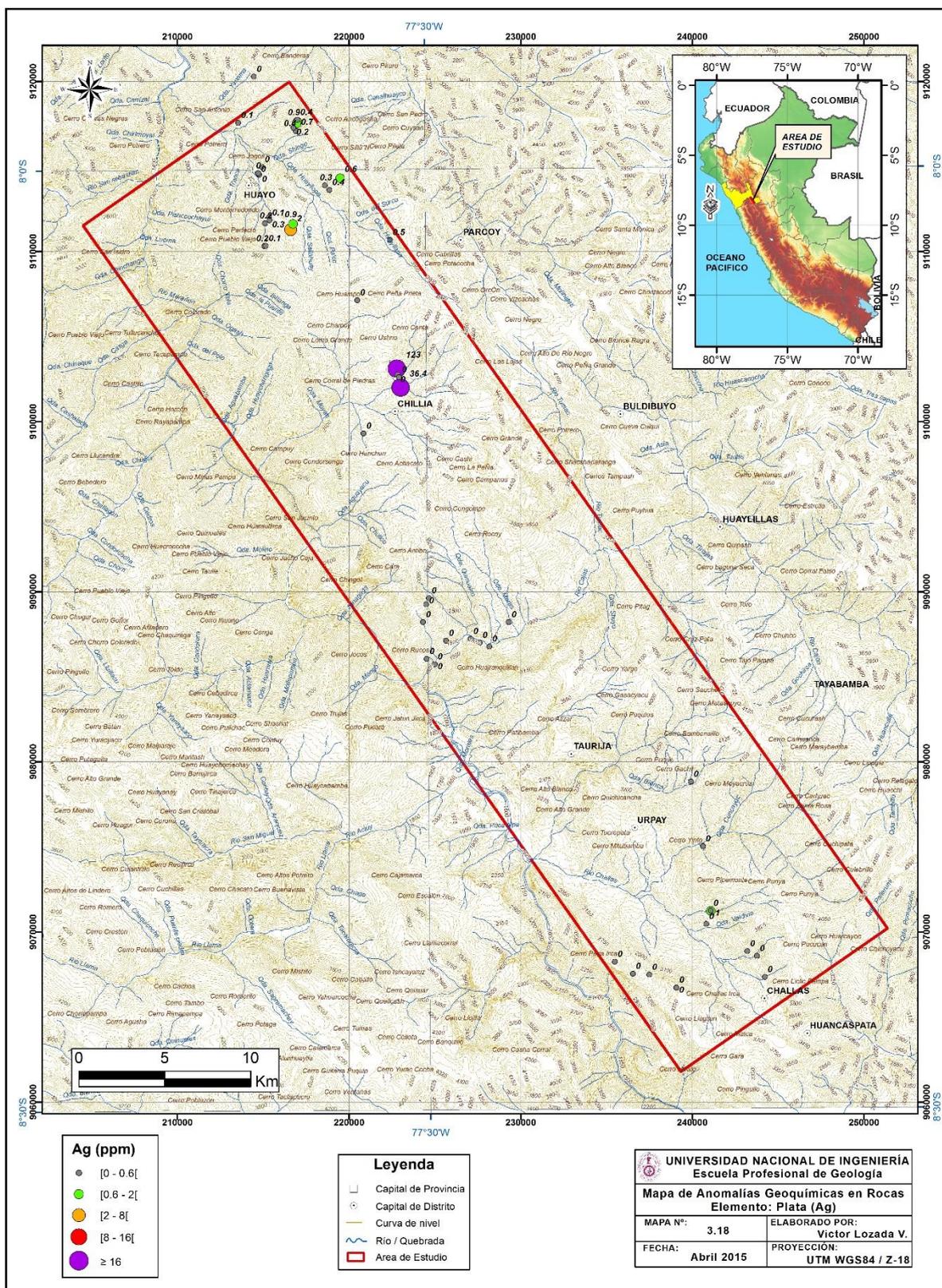
Tabla 3, 53 Rangos de elementos usados en los mapas de anomalías en rocas.

	X	X + σ	X + 2σ	2(X + 2σ)
Au (ppb)	5	27	140	280
Ag (ppm)	0.6	2	8	16
Cu (ppm)	28	120	540	1080
Mo (ppm)	3.7	13	45	90
Pb (ppm)	16	45	135	270
Zn (ppm)	31	90	255	510
Sn (ppm)	2	4	10	20
W (ppm)	2	9	40	80
U (ppm)	2.1	3.4	5.4	10.8

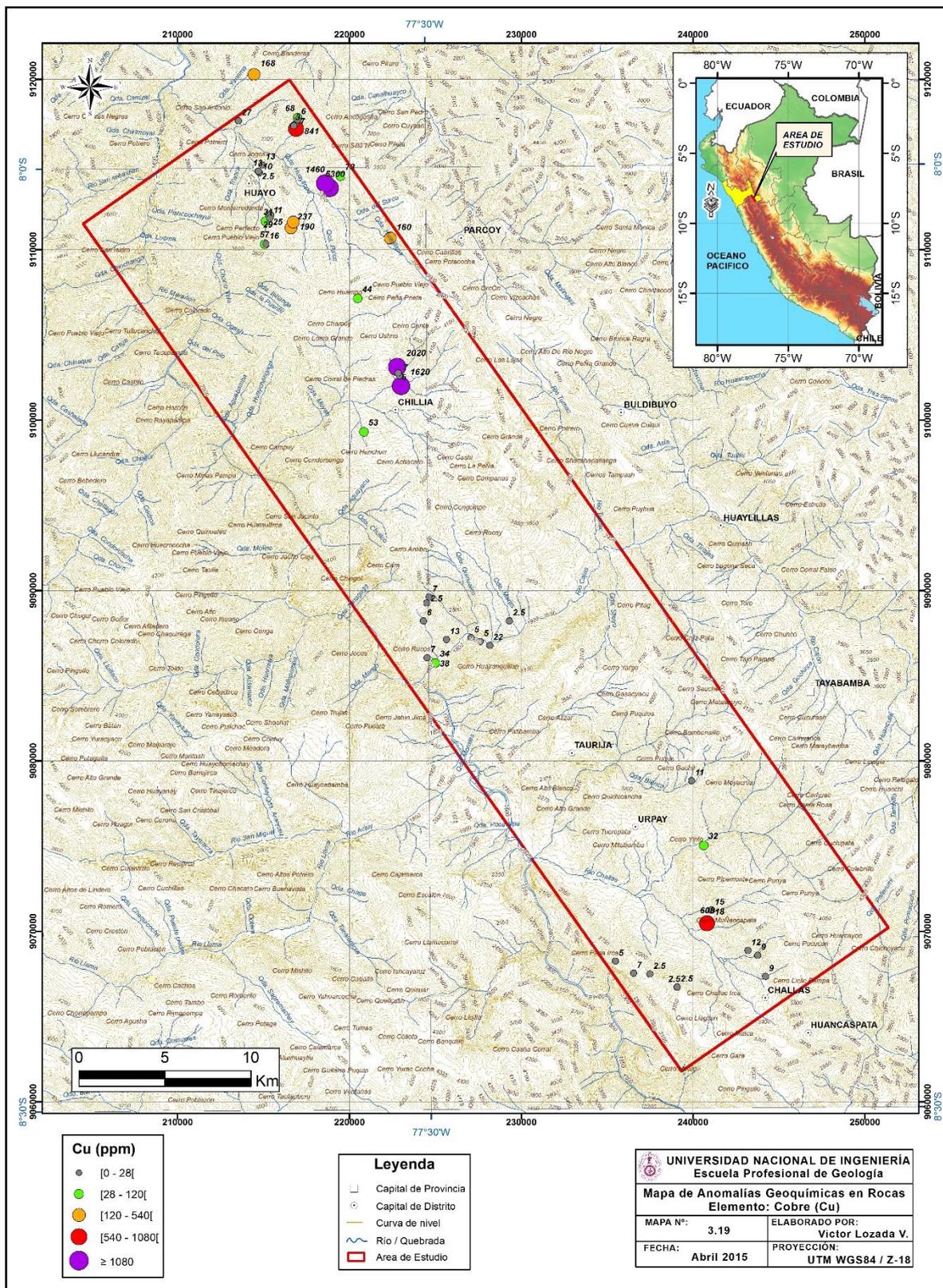
A continuación se presentan los mapas de anomalías en rocas (Mapas del 3.17 al 3.25) para los 9 elementos de la tabla 3.30. Los valores etiquetados con el número cero (0), no tienen información.



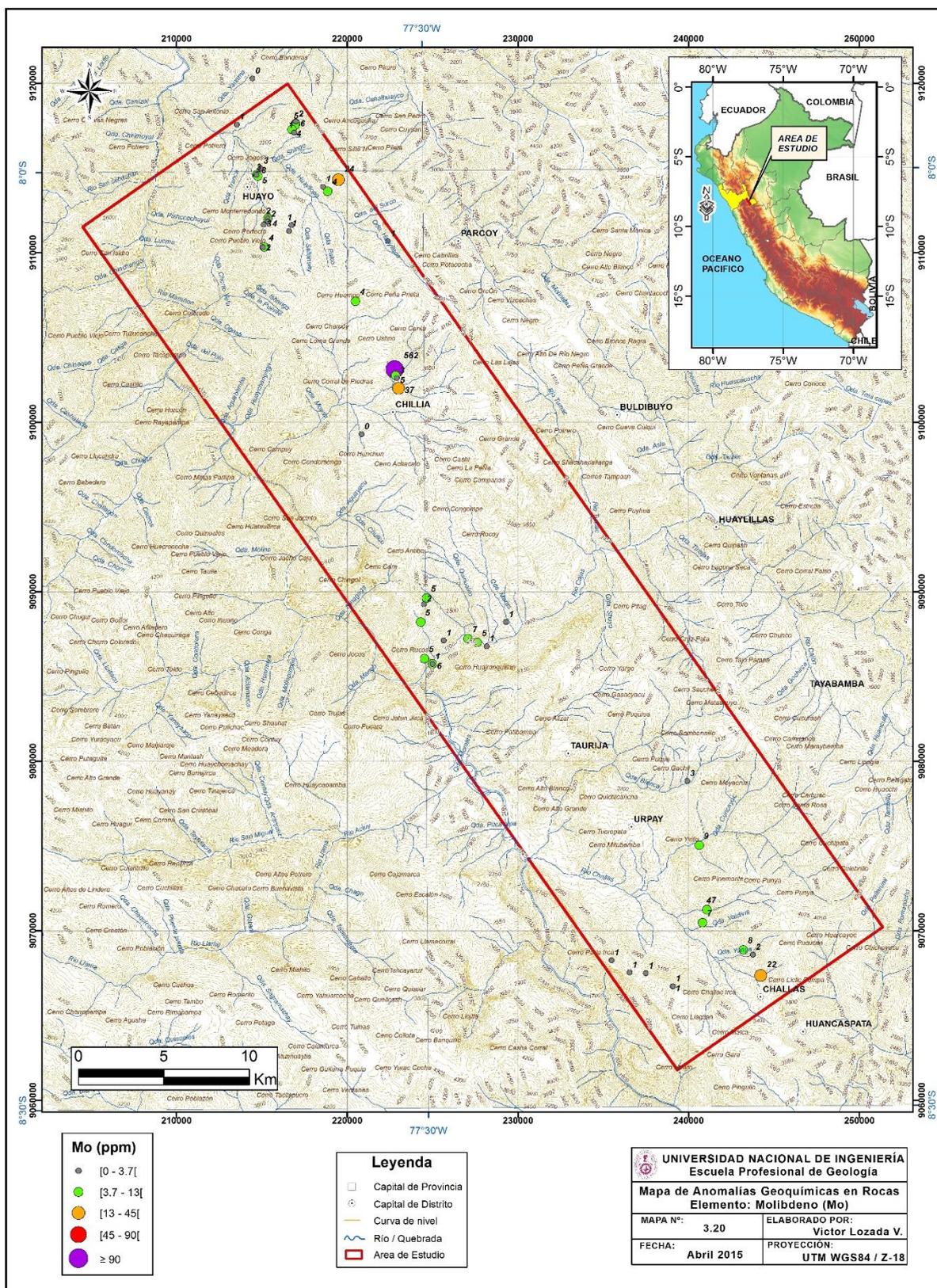
Mapa 3, 17 Mapa de Anomalías Geoquímicas en Rocas. Elemento: Oro (Au)



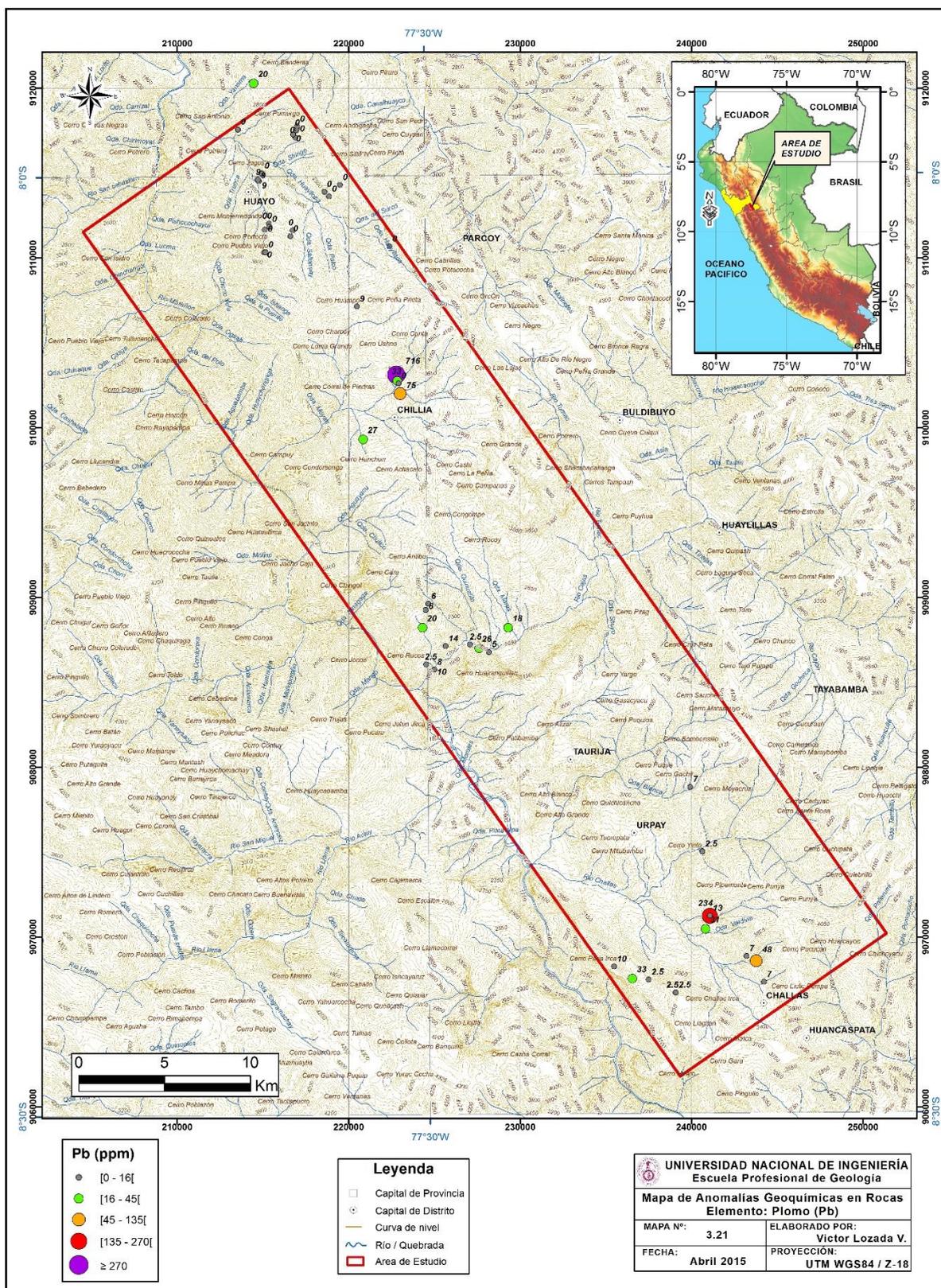
Mapa 3, 18 Mapa de Anomalías Geoquímicas en Rocas. Elemento: Plata (Ag)



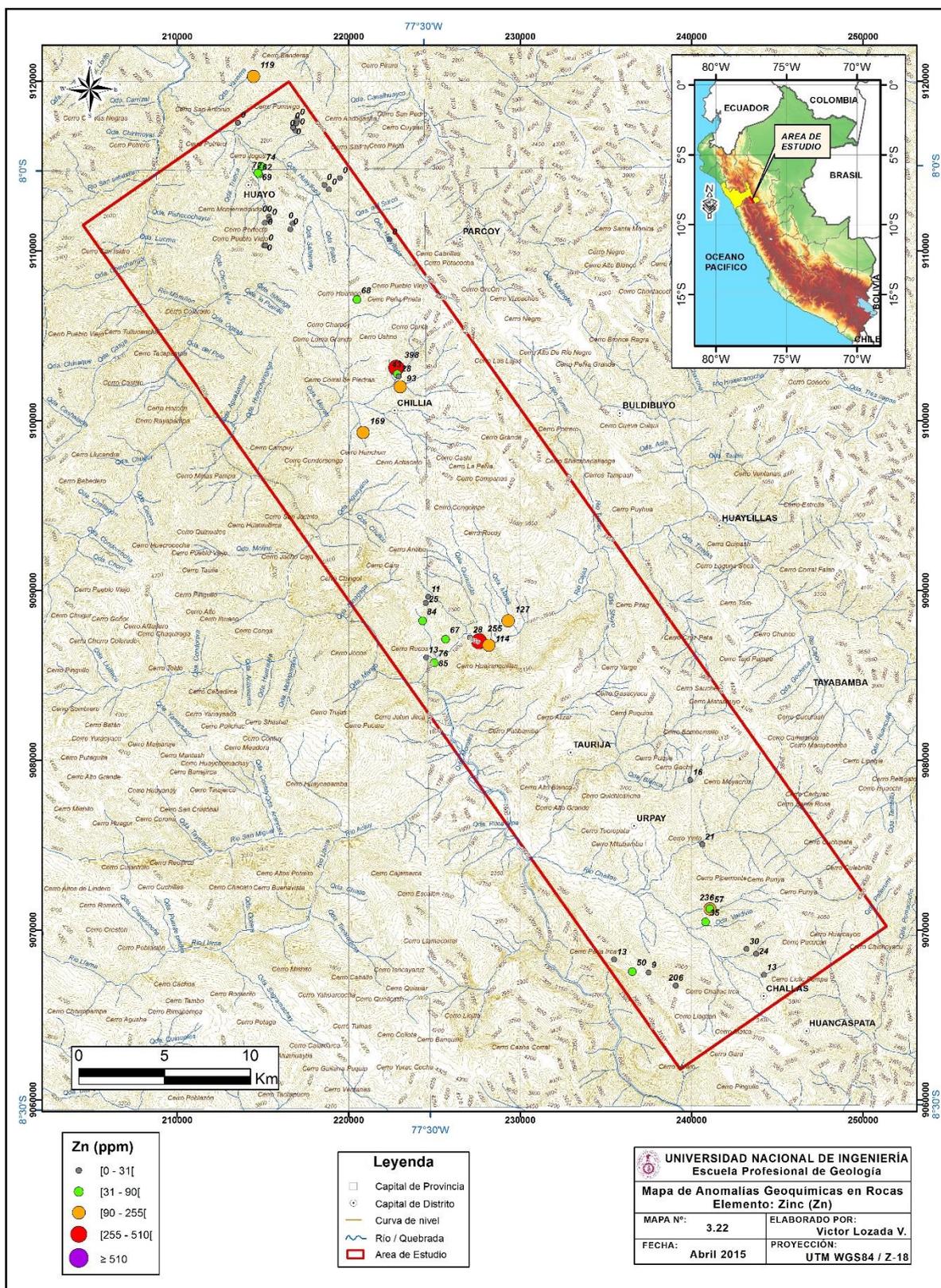
Mapa 3, 19 Mapa de Anomalías Geoquímicas en Rocas. Elemento: Cobre (Cu)



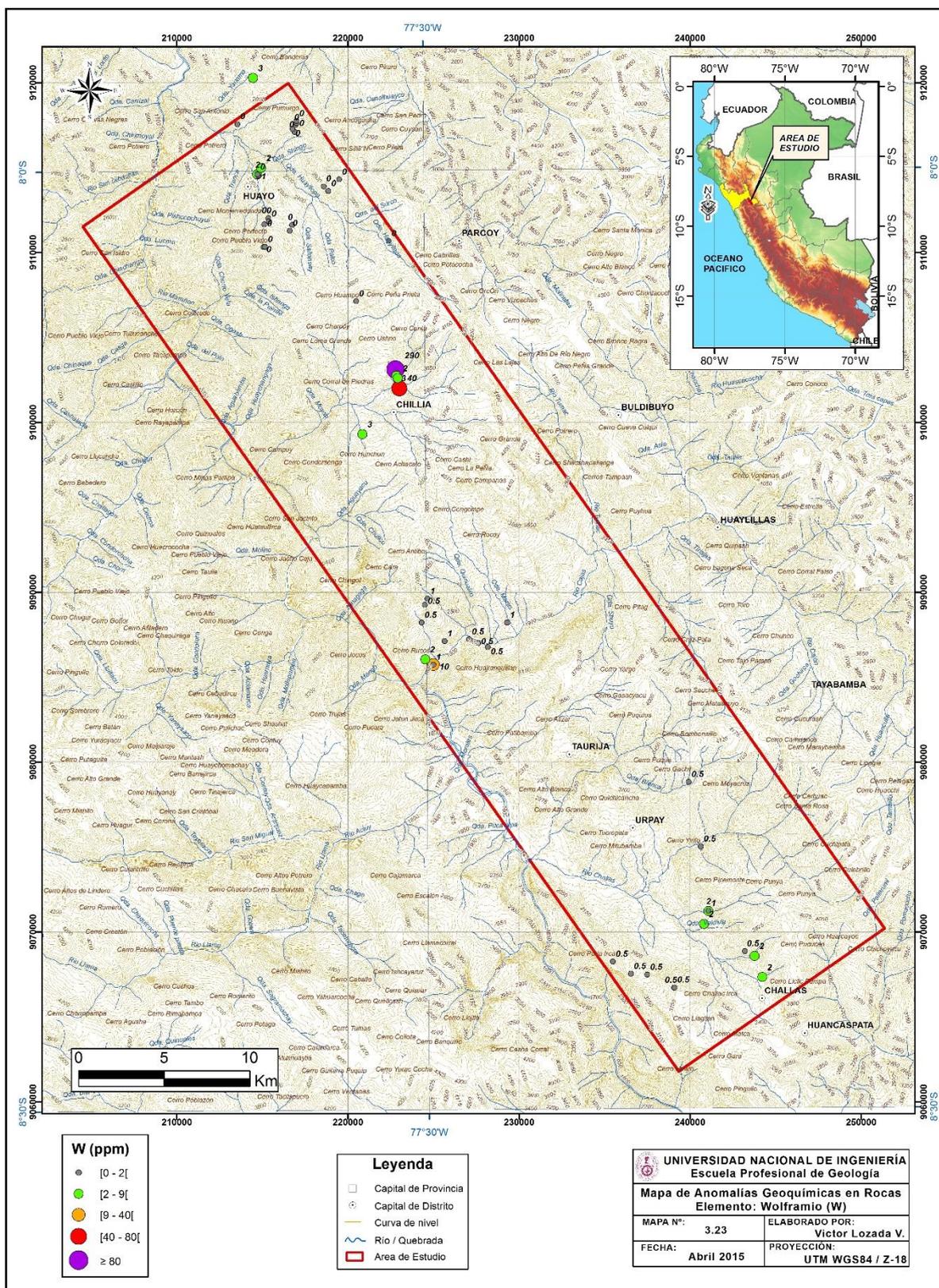
Mapa 3, 20 Mapa de Anomalías Geoquímicas en Rocas. Elemento: Molibdeno (Mo)



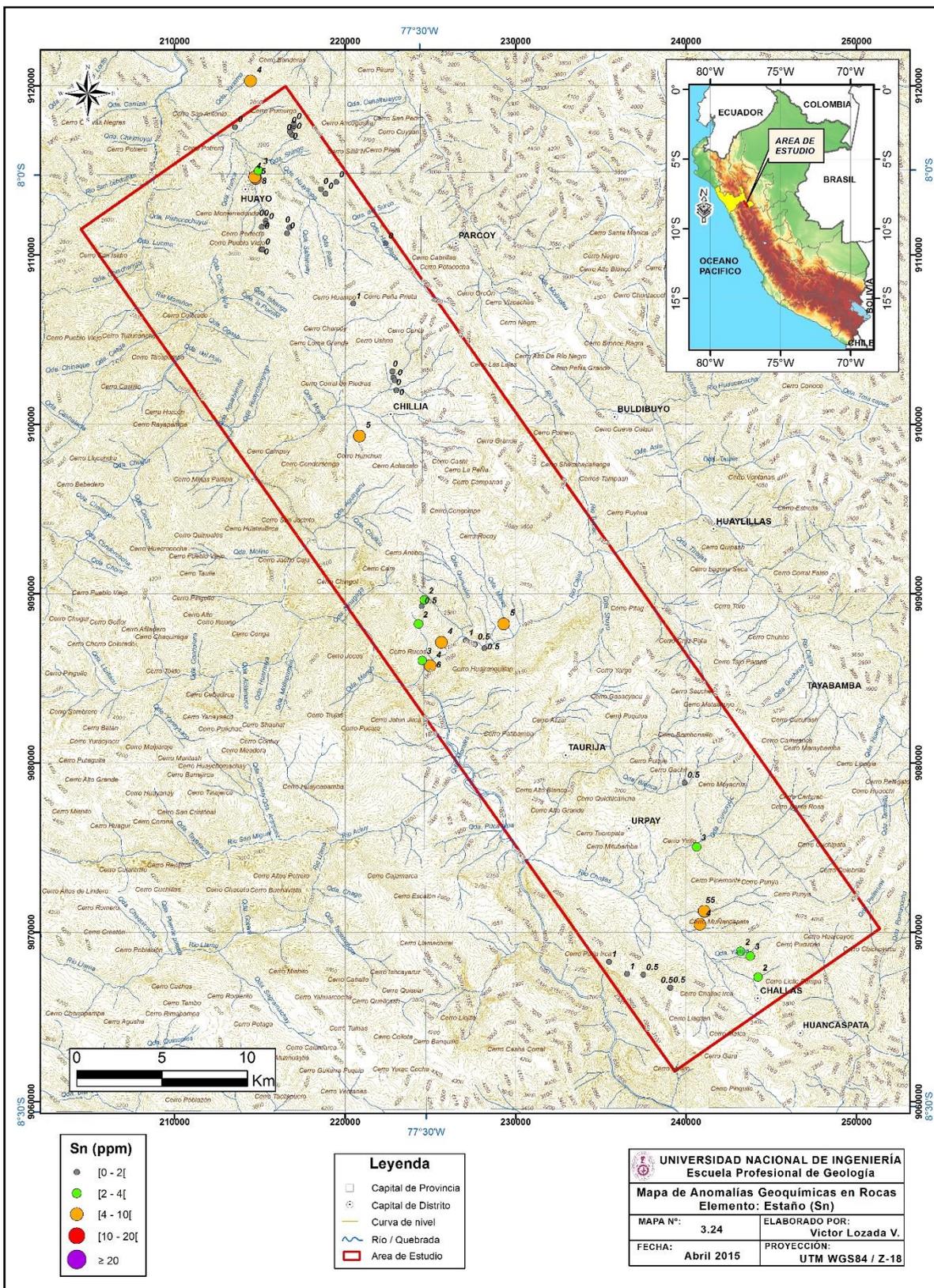
Mapa 3, 21 Mapa de Anomalías Geoquímicas en Rocas. Elemento: Plomo (Pb)



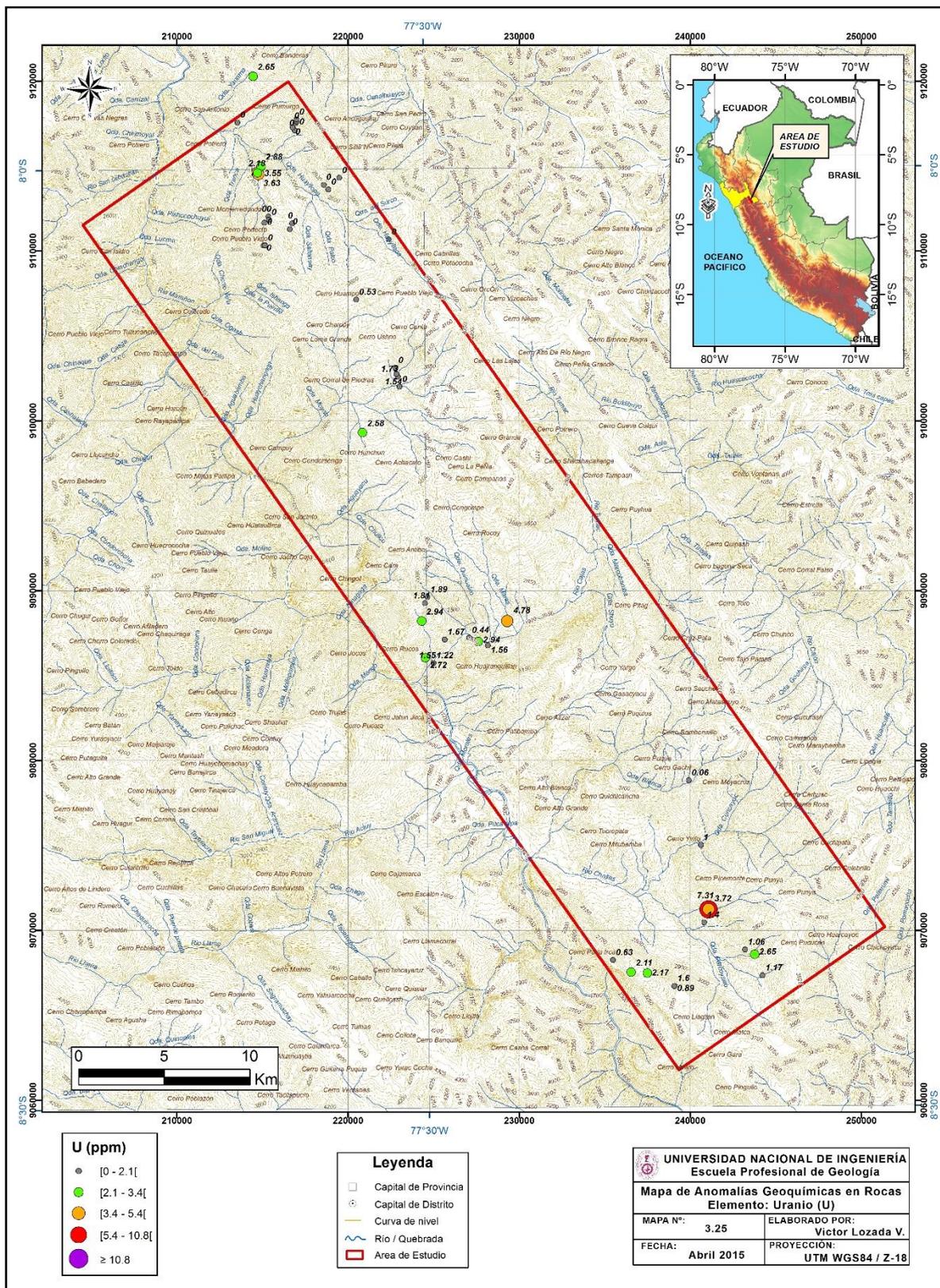
Mapa 3, 22 Mapa de Anomalías Geoquímicas en Rocas. Elemento: Zinc (Zn)



Mapa 3, 23 Mapa de Anomalías Geoquímicas en Rocas. Elemento: Wolframio (W)



Mapa 3, 24 Mapa de Anomalías Geoquímicas en Rocas. Elemento: Estaño (Sn)



Mapa 3, 25 Mapa de Anomalías Geoquímicas en Rocas. Elemento: Uranio (U)

3.3 POTENCIAL MINERO METÁLICO

La evaluación de los recursos y potencial minero metálico, es la estimación de la aptitud de una gran área o zona y sus posibilidades para desarrollar la actividad minera metálica; se basa para ello en las características geológicas, estructurales, geoquímicas, así como en evidencias de prospectos, proyectos y operaciones mineras, además de ocurrencias minerales y anomalías.

La Dirección de Recursos Minerales y Energéticos (DRME) del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico elaboró un “Manual de evaluación de recursos y potencial minero, 2013” (actualmente en revisión), que tiene por finalidad disponer de información geológico minera adecuadamente evaluada, que constituya la información básica para la elaboración de los estudios de Zonificación Ecológica Económica (ZEE) y la planificación del ordenamiento territorial, y así mismo ser una guía para los profesionales encargados de elaborar el mapa de recursos y potencial minero de cada región del país, tanto metálicos como de no metálicos. La información considerada para la mencionada evaluación es la que en la actualidad pueden disponer todos y cada uno de los usuarios a través de INGEMMET (GEOCATMIN y bases de datos).

Para la determinación del potencial de recursos metálicos se consideran variables como las unidades geológicas, minas, prospectos, proyectos y ocurrencias, geoquímica, fallas, anomalías espectrales y catastro minero. Cada variable utilizada, ha sido ponderada de acuerdo a diversos criterios como son tipo de yacimiento mineral o sustancia, valoración económica, entre otros. Por tanto, un mapa de potencial minero metálico debe contar con un procedimiento que permita determinar el potencial minero de recursos

metálicos a nivel regional, y asegurar que los mapas sean lo suficientemente representativos para mostrar la importancia económica del territorio en base a variables debidamente ponderadas.

3.3.1.- Criterio de evaluación de variables.

Para la variable Geológica (48%).

Para la elaboración de la Variable Geológica, Se deben considerar a todas las unidades geológicas siendo las de mayor importancia aquellas que son favorables para la mineralización (Metalotecto). Estas unidades geológicas pueden ser formaciones o grupos de formaciones; estas están ligadas a diferentes tipos de depósitos minerales tales como epitermales, pórfidos, skarns, sulfuros masivos volcanogénicos, entre otros, que a su vez tienen diferentes contenidos metálicos; esta consideración nos permite identificar y relacionar las unidades geológicas con los principales tipos de depósito mineral. Para la valoración de las unidades geológicas, se establecieron dieciocho niveles. A cada uno se le ha asignado un valor en escala exponencial de base binaria. Los valores exponenciales fueron llevados a valores en matriz, los cuales están escalados de 1 a 3. De esta manera se obtiene la capa de potencial por unidades litológicas.

Para la variable Concesiones Mineras (24%).

Para desarrollar la variable de concesiones, se emplea el catastro minero actualizado en el que se distinguen, según el estado en que se encuentre, concesiones tituladas, concesiones en trámite, derechos mineros extinguidos y otros. Para determinar el potencial de la variable denominada

“concesiones”, se deberá superponer con la capa de la variable de unidad geológica; de esta manera se obtiene la valoración para las concesiones.

Para la variable Fallas (14%).

Para evaluar dicha variable se debe considerar las fallas de carácter local y regional reconocidas a nivel nacional, fallas que están relacionadas a los distintos tipos de depósitos y dominios geotectónicos, que delimitan muchas veces las franjas metalogénicas. Para proceder a la clasificación y valoración de éstas, se ha considerado el criterio de Longitud.

Para la variable Depósitos Minerales Metálicos (7%).

Para la valoración de los depósitos minerales se ha hecho un ranking según su estado de desarrollo de la actividad minera, en: 1. Operaciones; 2. Proyectos; 3. Prospectos; 4. Ocurrencia y anomalía. Los depósitos de minerales se han dividido según su tamaño en grandes, pequeños y medianos, dependiendo el tipo de elemento principal que contiene agrupados en: 1. Metales preciosos: oro (Au), plata (Ag); 2. Metales base: cobre (Cu), plomo (Pb) y zinc (Zn), estaño (Sn) y molibdeno (Mo); y 3. Otros: wolframio (W) y Uranio (U).

Para la variable Geoquímica (4%).

El mapa de potencial geoquímico es la representación temática de una superficie probabilística, la cual se realizará en base a las concentraciones geoquímicas de los principales elementos traza y sus pathfinder, presentes en los sedimentos de quebrada. Para el procedimiento estadístico, la información representativa está constituida por 20 variables geoquímicas (Au, Ag, Sc, U, Co, Mo, Sn, Ni, La, V, Sb, Cu, Pb, Zn, Cd, Hg, As, Cr, W y Fe). Las

muestras han sido estratégicamente ubicadas en la red hidrográfica y recolectadas de manera sistemática.

Cada muestra de sedimento representa un polígono de influencia el cual es delimitado según el curso fluvial y la topografía. Dicho polígono corresponde al área de aporte de los sedimentos fluviales. Para el proceso probabilístico, se desarrolla un submodelo en función a las concentraciones geoquímicas de los elementos traza “commodities” y sus principales “pathfinders”. Las muestras geoquímicas de sedimento de quebrada ofrecen información cuantitativa de las 20 variables geoquímicas definidas anteriormente.

Para la variable Sensores Remotos (3%).

Para evaluar la capa de sensores remotos se procede a descargar la imagen LANDSAT de acuerdo a la región de interés, La composición del mapa final utiliza una clasificación en arcillas (OH-), óxidos (Fe 3+) y óxidos+arcillas (Fe3++OH-) por separado.

Para establecer la calificación de las variables, se consideran cuatro grados o niveles: muy alto, alto, medio y bajo; con veintiún valores, en sucesión decimal del uno al tres (Tablas 3, 54 y 3, 55).

El territorio peruano presenta dos grandes rasgos morfoestructurales que están relacionados directamente con la presencia de mineralización metálica: el Orógeno Andino y la Llanura Amazónica.

Consideramos con la calificación “bajo” a las unidades cartográficas que caen en esta última; así, la valoración de las unidades que caen en el Orógeno Andino, empiezan en el nivel “medio”.

Tabla 3, 54 Escala de colores utilizados en el Mapa de Potencial Metálico.

SIMBOLOGIA		
Grado o nivel	Area de influencia	RGB
Muy alto		217-120-140
Alto		255-127-74
Medio		152-230-0
Bajo		255-255-115

Tabla 3, 55 Matriz de valoración para calificar las variables.

GRADO O NIVEL	VALOR DE CADA NIVEL	UNIDAD CARTOGRÁFICA ASIGNADA PARA CALIFICAR
MUY ALTO	3	
	2.9	
	2.8	
	2.7	
	2.6	
ALTO	2.5	
	2.4	
	2.3	
	2.2	
MEDIO	2.1	
	2	
	1.9	
	1.8	
BAJO	1.7	
	1.6	
	1.5	
	1.4	
	1.3	
	1.2	
	1.1	
	1	

Una vez obtenidos los valores de las variables o atributos, se procede a realizar el mapa del potencial minero metálico, ponderando en cada uno de los mapas, en formato "raster", las variables o atributos antes mencionados, entonces aplicamos la siguiente fórmula:

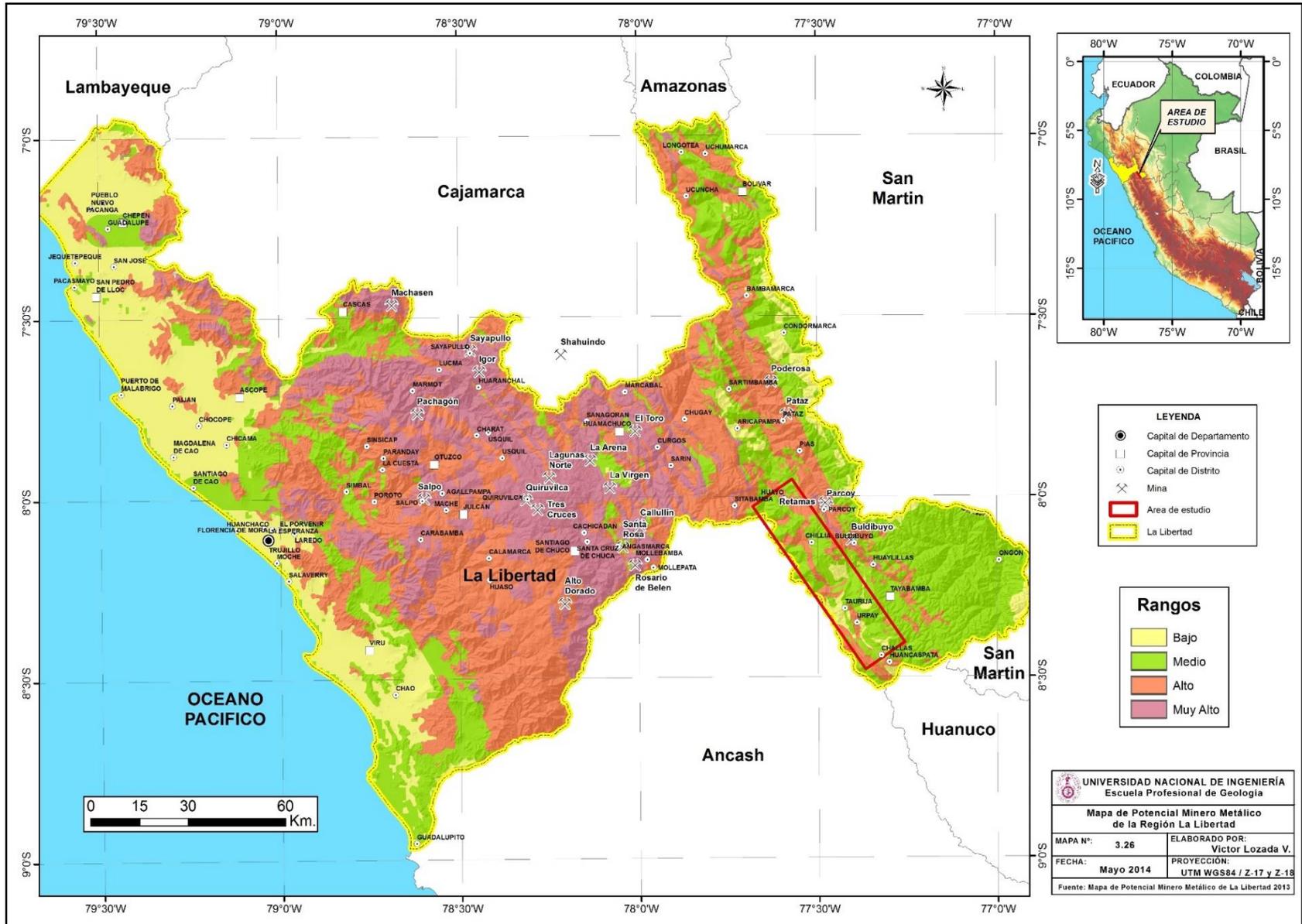
$$\text{Potencial Minero} = (\text{Variable1} * \text{Peso1}) + (\text{Variable2} * \text{Peso2}) + (\text{Variable3} * \text{Peso3}) + (\text{Variable4} * \text{Peso4}) + (\text{Variable5} * \text{Peso5}) + (\text{Variable6} * \text{Peso6})$$

Dónde: Variable 1 = Unidad geológica; Variable 2 = Concesiones mineras; Variable 3 = Fallas; Variable 4 = Depósitos minerales metálicos; Variable 5 = Geoquímica; Variable 6 = Sensores remotos, Peso 1 = 0.48; Peso 2 = 0.24; Peso 3 = 0.14; Peso 4 = 0.07; Peso 5 = 0.04; y Peso 6 = 0.03.

Un ejemplo resultado de la aplicación de esta metodología, es el Mapa de Potencial Minero de la Región La Libertad (Mapa 3, 26), elaborado como parte del Proyecto GE33-2013 realizado por la DRME del INGEMMET.

En base al mapa de potencial de la Región La Libertad elaborado, se ha calculado que del área total, aproximadamente el 15 % tiene potencial minero muy alto, 18 % potencial minero alto, 42 % potencial minero medio y 25 % potencial minero bajo.

Del mismo mapa también se puede observar que la zona de estudio sólo tiene áreas de potencial alto (20%), medio (70%) y bajo (10%).



Mapa 3, 26 Mapa de Potencial Minero Metálico de la Libertad.

3.3.2.- Potencial Minero Metálico de la zona de estudio.

Para la elaboración del Mapa de Potencial Minero Metálico del área de estudio se utilizaron las seis variables anteriormente descritas, que se hizo en base al Manual de Evaluación de Recursos y Potencial Minero elaborado por INGEMMET, 2013 (actualmente en revisión); los resultados muestran la zona con un alto Potencial en gran parte del área de estudio, el cual se describirá a continuación:

Variable de Unidad Geológica:

Las formaciones que presenta el área de estudio corresponden a rocas, desde la más antigua, representada por el Complejo Marañón, formado por pizarras, filitas; sobre estos metasedimentarios esta formación geológica tiene valores de 2.3 y de alto potencial en yacimientos orogénicos y metasedimentarios.

Seguidamente se presenta una secuencia de arcillitas micáceas, areniscas, lutitas, correspondiente al Grupo Ambo; sobreyaciendo a ésta se tiene un conjunto de areniscas, conglomerado y volcánicos de color rojizo del Grupo Mitu, los cuales tienen potencial en yacimientos tipo mantos de influencia alta con valores de 2.3.

Culminando la secuencia se tiene a las calizas del Grupo Pucará, y las formaciones Jumasha y Celendin, teniendo estas últimas formaciones potencial en yacimientos tipo skarn y reemplazamiento de una influencia alta con valores de 2.1 y por último intruyendo a las secuencias anteriormente descritas, se emplaza un Stock Porfirítico cuarzo monzonítico, de posible edad Paleógena de alto potencial en vetas y en yacimientos tipo pórfido con valores de 2.6 (Figura 3, 7).

Variable de Concesiones Mineras:

El área de estudio cuenta con concesiones mineras de rubro metálico que ocupan el 70% del área, los cuales están ubicadas sobre metalotectos como el Complejo del Marañón (de niveles de 2.8), la formación Jumasha - Celendín y Crisnejas equivalente al Parihuanca - Chulec (de nivel de 2.6), etc. Estos reúnen las condiciones necesarias para que puedan albergar recursos minerales metálicos haciendo de estas extensiones posibles áreas con potencial minero metálico.

La principal condición para evaluar esta variable consiste en la intersección de Metalotectos o no Metalotectos con las Concesiones Mineras tituladas de rubro metálico, el cual da como resultado que el 70% del área es de "Muy Alto" Potencial teniendo valores de 3 en la escala del grado de Potencial (Figura 3, 8).

Variable de Fallas:

Se presenta tres sistemas de fallas bien definidos, predominando el sistema Andino, con fallas longitudinales con dirección NO – SE, un segundo dominio de fallas con rumbos NE – SO y un tercer sistema de fallas con dirección EO. Precisamente en la intersección de este sistema y el sistema NE – SO, es donde se creó una zona de debilitamiento estructural, producido por la intersección de dos fallas regionales principales con orientación N 40° E y N 80° O (coincidiendo con la orientación preferencial de las vetillas de cuarzo en el intrusivo), (Figura 3, 9).

Variable de Depósitos Minerales:

Los depósitos que alberga el área de estudio son en general de geometría tipo veta con elemento principal de Au asociados Cu, Pb y Zn. Tal como se aprecia en los prospectos Huayo (Cu-Au), Quisuar (Au-Ag/Cu/Pb), Chorro Blanco (Cu-Mo-Au-Ag/W) y la ocurrencia en Miramar (Cu-Ag-Au) (Figura 3, 10)

Variable de Geoquímica:

Se tomaron en cuenta muestras de sedimentos de quebrada, los cuales han sido recolectadas de forma sistemática, este trabajo fue realizado por INGEMMET incluyendo en análisis y estudio de dichas muestras, entendiendo este principio se hizo la respectiva interpolación de puntos por el método "Kriging" dándole un radio de influencia de 1 km a las quebradas que tiene la zona de estudio, y como resultado nos da una imagen raster que muestra las zonas de Chilia, Urpay y Huayo donde hay mayor grado de influencia que según la escala de valores de la matriz nos indica que tiene un potencial alto en las quebradas cercanas (Figura 3, 11).

Variable de Sensores Remotos:

Los resultados de Análisis Espectral de imágenes Satelitales no cuenta con alteraciones importantes de gran extensión, las pequeñas áreas que se tiene son de grados de influencia que van de muy alto a alto lo cuales son los siguientes: En la zona de Santiago de Challas, en la Formación Chota algunas áreas con óxidos tiene un grado de influencia alta teniendo una ponderación de 2.2, esto cerca al río Challas; a la vez en el Grupo Ambo en las cercanías de los centros poblados de Shuyo y Pregonero se puede apreciar zonas con

arcillas, también presentes en el Granito gneisificado al NO; estas arcillas tienen una ponderación de 1.9 en cual es un nivel medio de influencia (Figura 3, 12)

La suma ponderada de los mapas, generados por cada variable, dio como resultado el Mapa de Potencial Metálico de la zona de estudio (Mapa 3, 27).

En base al Mapa de Potencial Metálico de la zona de estudio elaborado, se ha calculado que del área total, aproximadamente el 18% tiene potencial minero muy alto, 50% potencial minero alto, 32% potencial minero medio y no se generan zonas con potencial minero bajo.

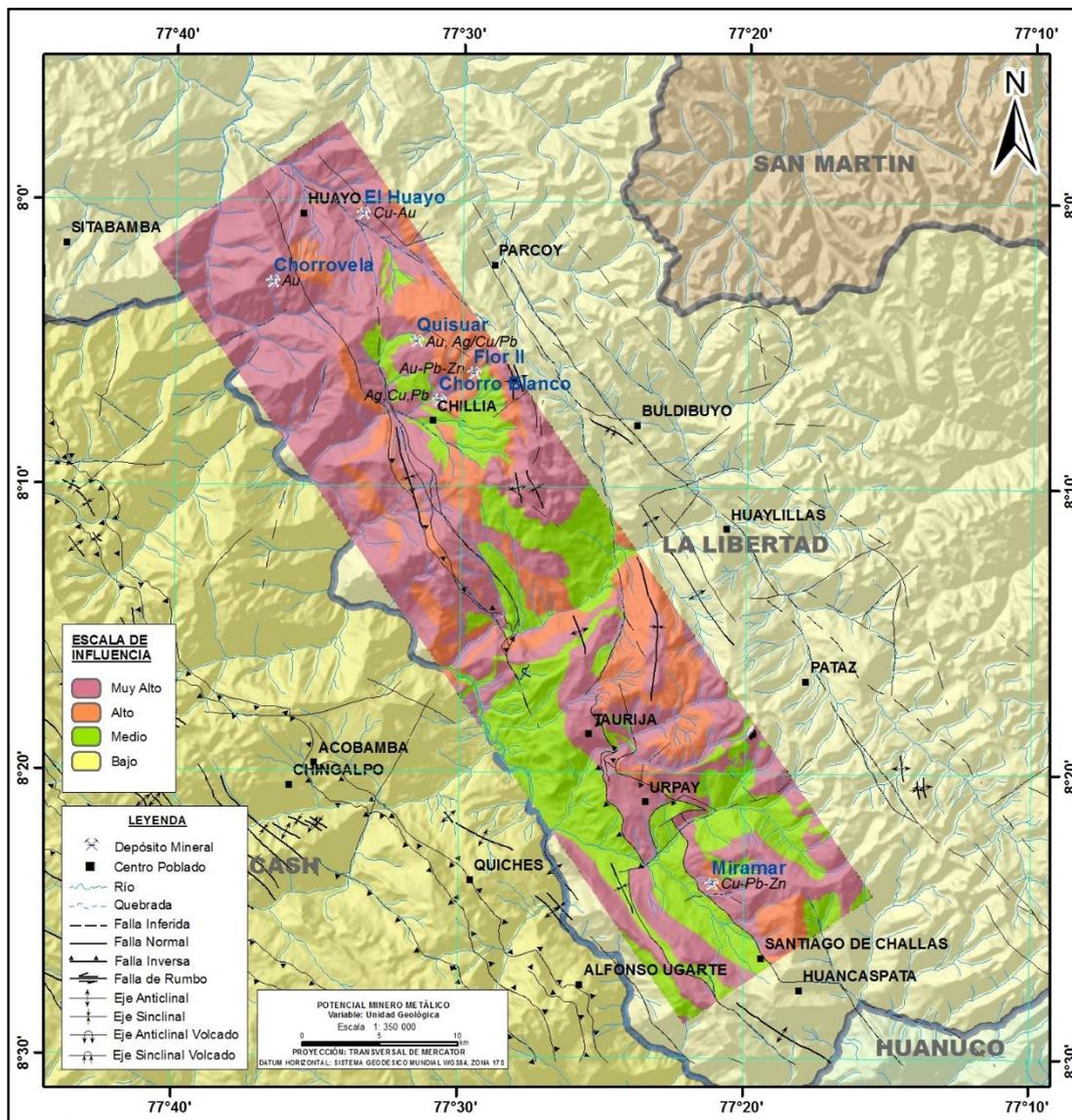


Figura 3, 7 Mapa de la variable geología de la zona de estudio.

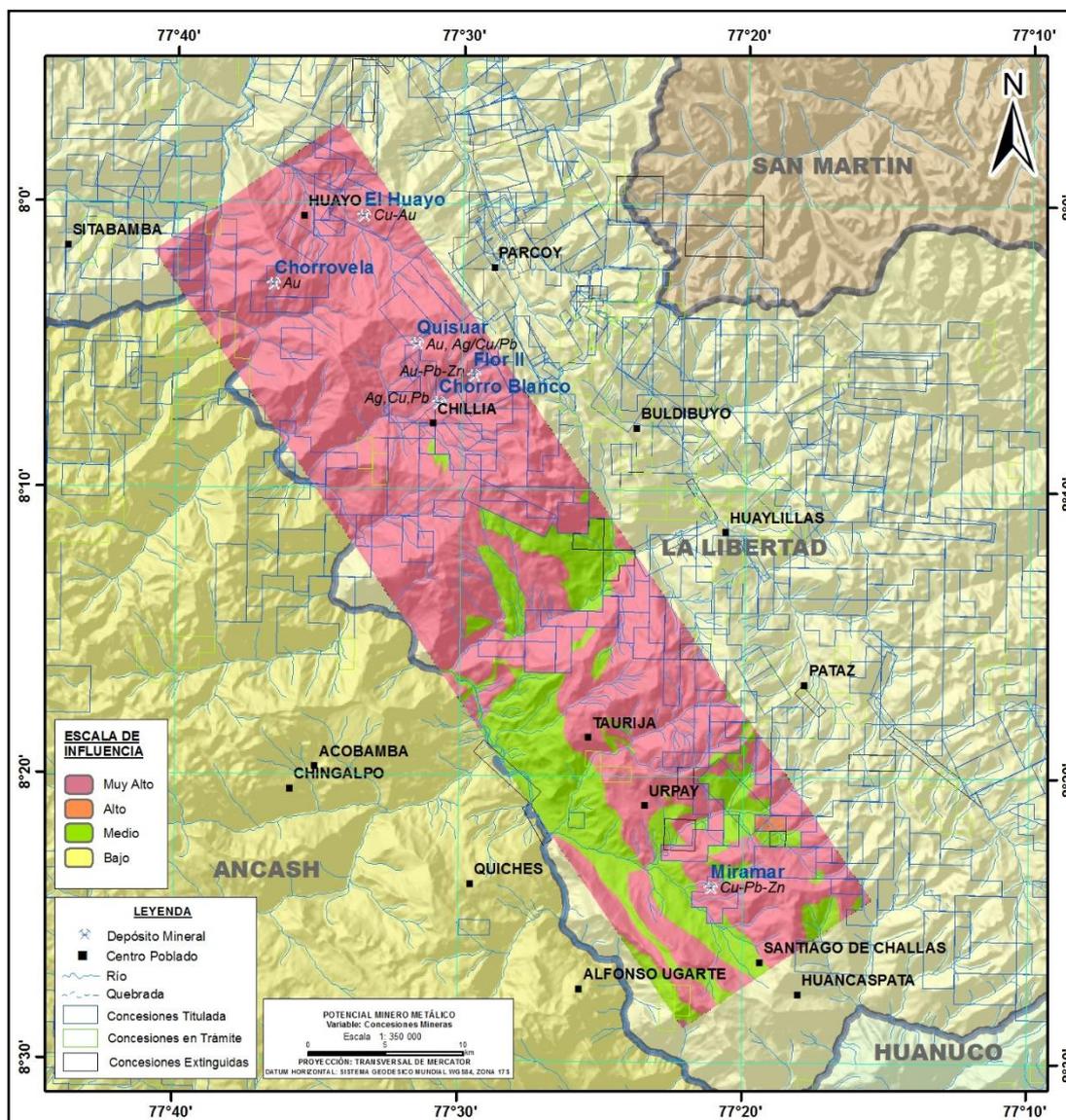


Figura 3, 8 Mapa de la variable concesiones mineras de la zona de estudio.

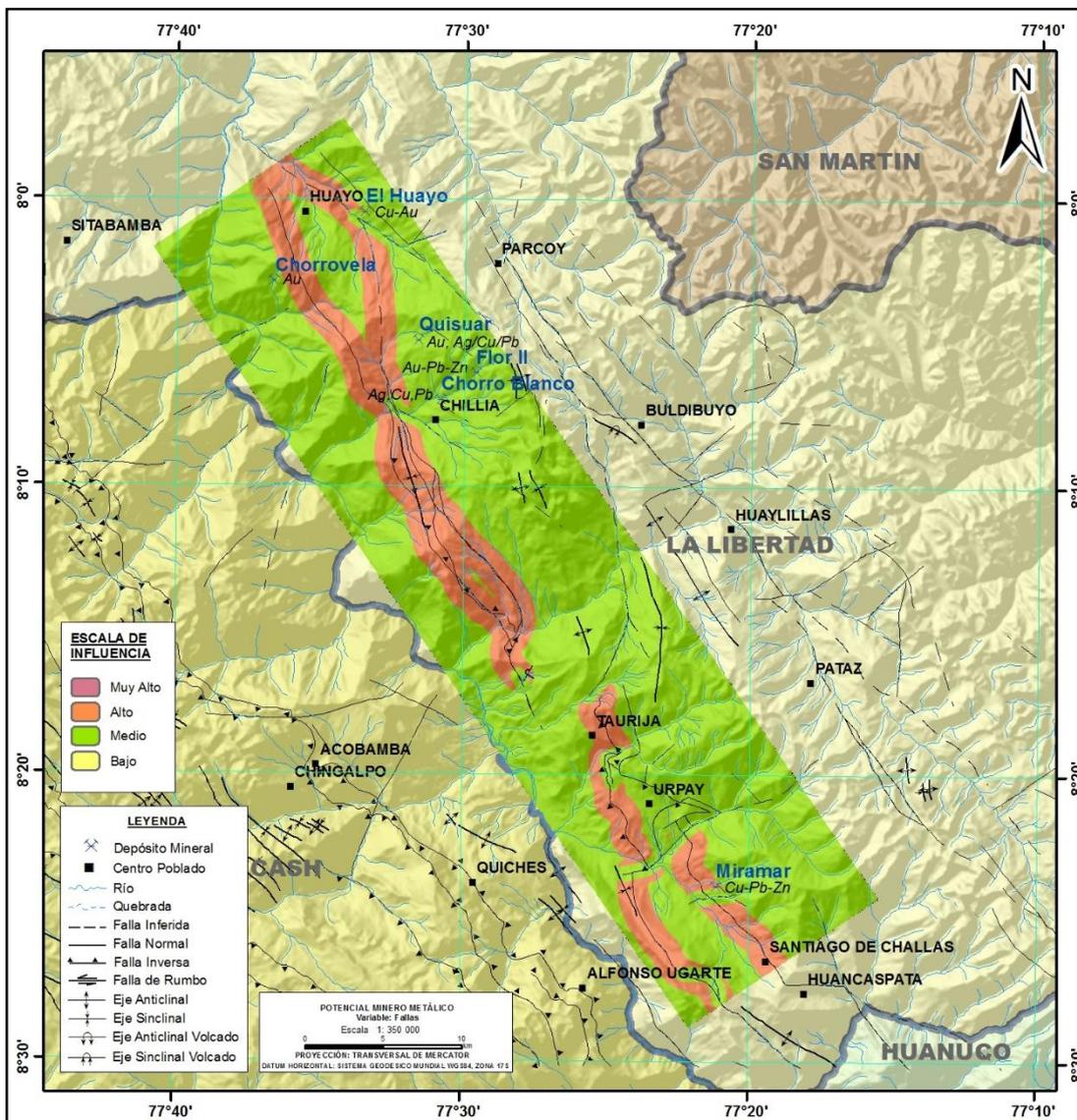


Figura 3, 9 Mapa de la variable fallas de la zona de estudio.

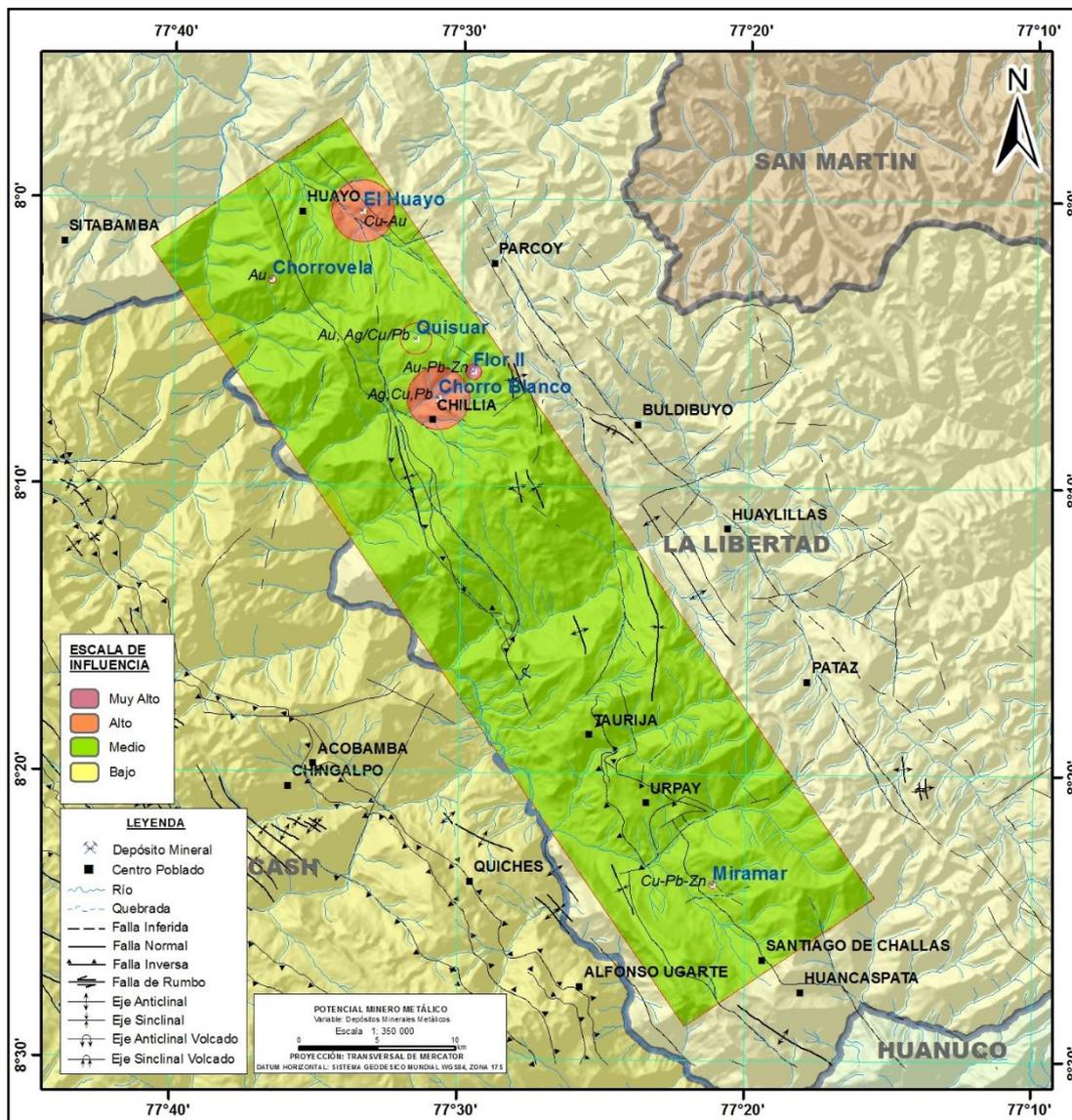


Figura 3, 10 Mapa de la variable depósitos minerales de la zona de estudio.

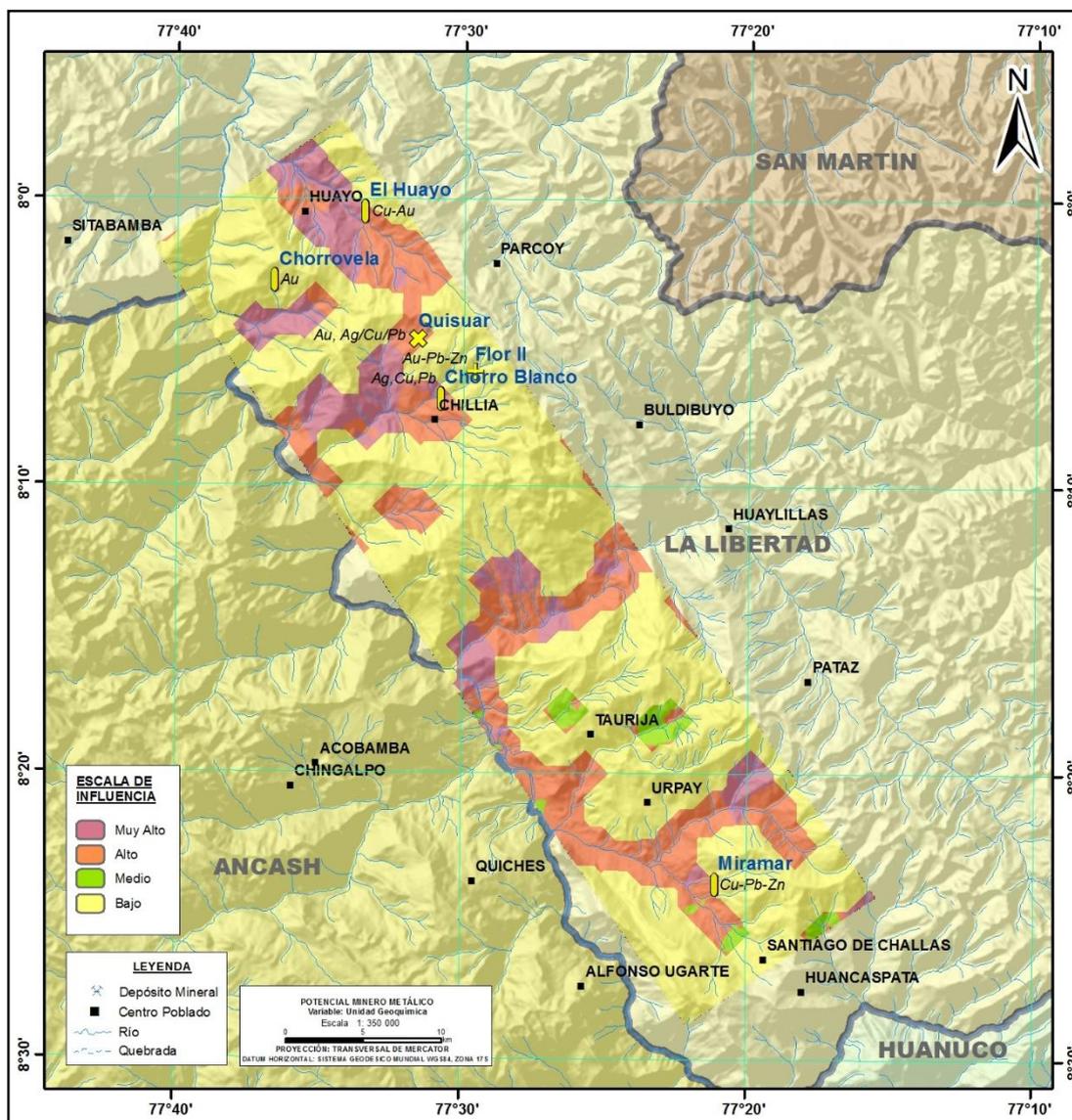


Figura 3, 11 Mapa de la variable geoquímica de la zona de estudio.

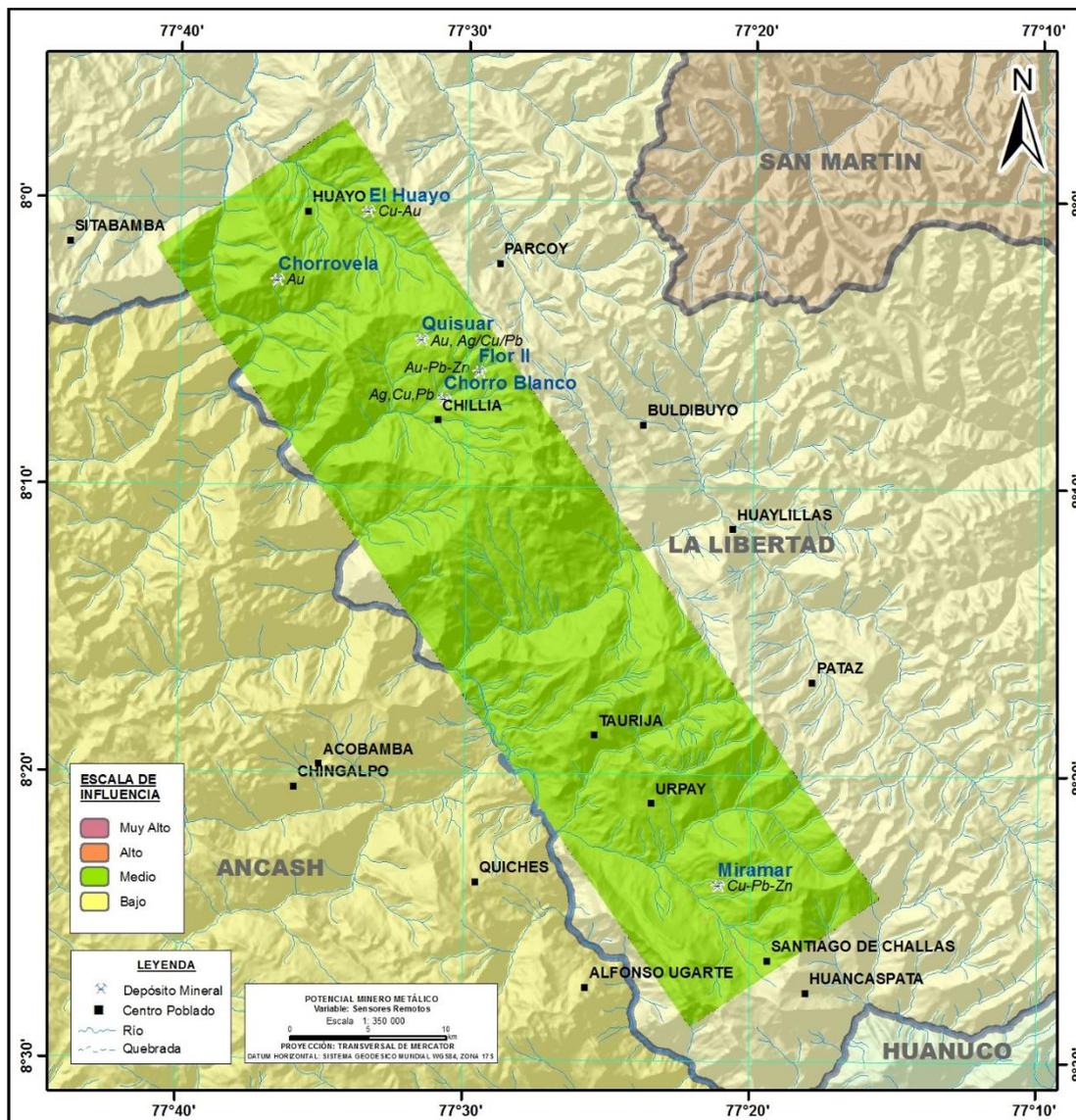
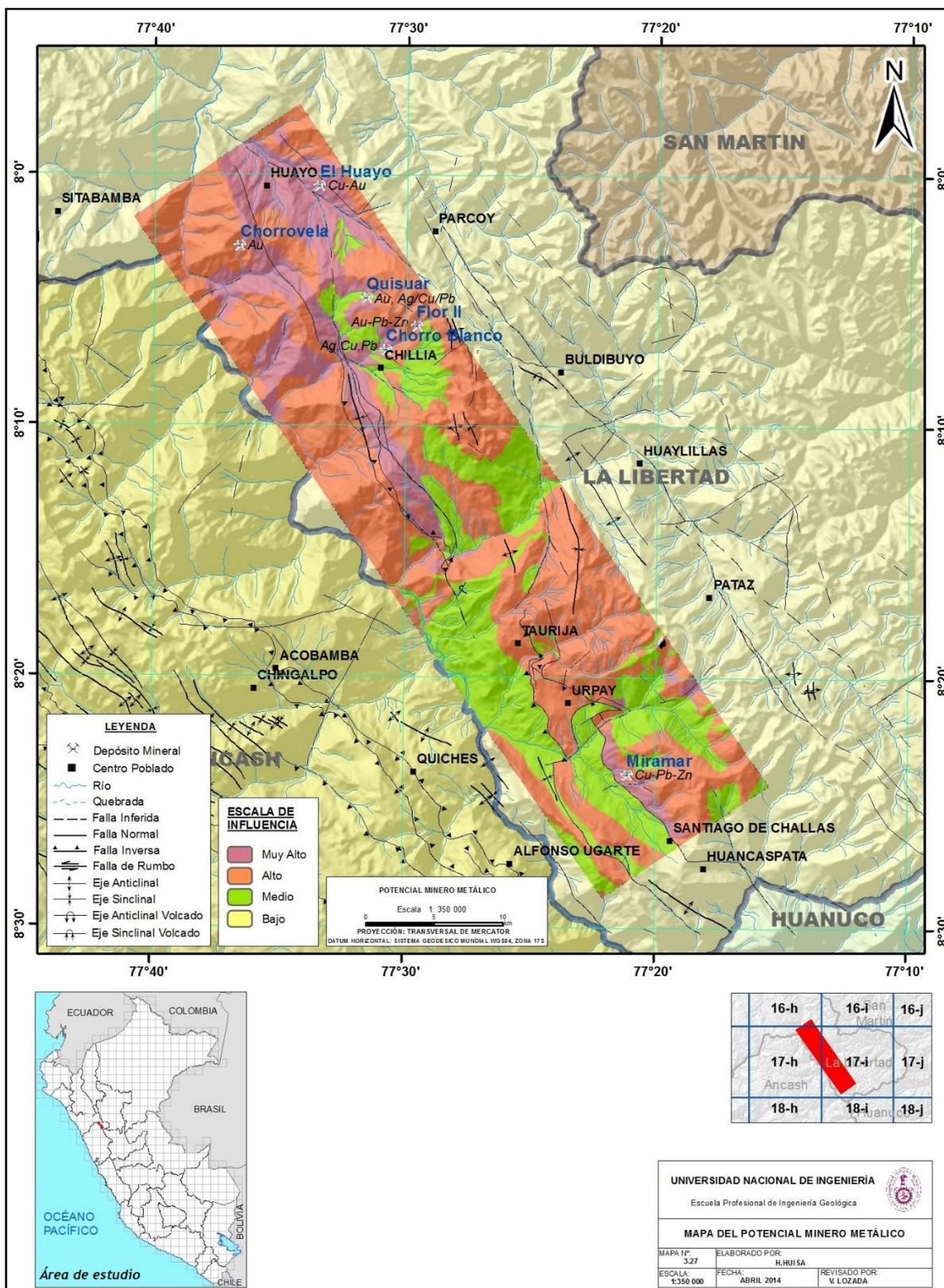


Figura 3, 12 Mapa de la variable sensores remotos de la zona de estudio.



Mapa 3, 27 Mapa de Potencial Minero Metálico de la zona de estudio.

CAPITULO IV.

DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 DISPERSIÓN DE LOS ELEMENTOS Y DISCUSIÓN.

A partir del tratamiento estadístico de las muestras de sedimentos y rocas, se procede a comparar mediante tablas los valores de fondo (backgrounds) y umbrales geoquímicos (thresholds) por elementos para cada población de datos. De esta manera se describe e interpreta la dispersión no solamente de los metales preciosos (Au-Ag) y metales base (Cu-Mo-Pb-Zn-Sn), sino también a otros como el W, U, Cr y Ni.

Dispersión del Oro (Au)

En los sedimentos los niveles de fondo se encuentran comprendidos en un intervalo de 3.8 y 9.8 ppb, a excepción del ambiente intrusivo del Paleozoico superior donde llega a 185 ppb, así como un umbral de 2860 ppb (Batolito de Pataz como metalotecto). Por otra parte los valores más bajos están en los sedimentarios silicoclásticos y carbonatados del Mesozoico (Tabla 4, 1).

Tabla 4, 1 Valores de fondo y umbrales del oro (ppb) en muestras de sedimentos.

Población	Sedimentarios silicoclásticos del Mesozoico	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Intrusivo del Paleozoico inferior	Metamórficos del Neoproterozoico
Background Au	3.8	4.5	9	185	9.8	5.3
Threshold Au	15	25	75	2860	70	40

En el caso de las rocas los niveles de fondo varían de 2.5 a 8 ppb, siendo en el ambiente de sedimentarios Paleozoicos el mayor valor. Por otra parte los umbrales de este ambiente Paleozoico y del intrusivo del Terciario alcanzan los 160 ppb, siendo ambos ambientes de interés prospectivo (Tabla 4, 2).

Tabla 4, 2 Valores de fondo y umbrales del oro (ppb) en muestras de rocas.

Población	Intrusivo del Terciario (Eoceno)	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Volcánicos Paleozoicos	Metamórficos del Paleozoico inf. y Neoproterozoico
Background Au	2.5	2.5	8	-	-	-
Threshold Au	160	36	160	-	-	-

Dispersión de la Plata (Ag)

Para sedimentos en general los valores de fondo no varían significativamente, comprendidos en un rango de 0.04 y 0.2 ppm, con los umbrales sucede lo mismo fluctuando entre 0.2 y 0.6 ppm, excepto la población de intrusivos del Paleozoico superior con un valor de 1.8 ppm (Tabla 4, 3).

Tabla 4, 3 Valores de fondo y umbrales de la plata (ppm) en muestras de sedimentos.

Población	Sedimentarios silicoclásticos del Mesozoico	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Intrusivo del Paleozoico inferior	Metamórficos del Neoproterozoico
Background Ag	0.04	0.06	0.1	0.2	0.08	0.04
Threshold Ag	0.2	0.2	0.6	1.8	0.3	0.3

En las rocas igualmente los valores de fondo y umbrales son parecidos, a excepción del Intrusivo Terciario que llega a un umbral de 20 ppm confirmando su interés prospectivo por metales preciosos (Tabla 4, 4).

Tabla 4, 4 Valores de fondo y umbrales de la plata (ppm) en muestras de sedimentos.

Población	Intrusivo del Terciario (Eoceno)	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Volcánicos Paleozoicos	Metamórficos del Paleozoico inf. y Neoproterozoico
Background Ag	0.5	0.5	0.4	-	-	-
Threshold Ag	20	2.4	2.6	-	-	-

Dispersión del Cobre (Cu)

Los valores de fondo y umbrales geoquímicos en sedimentos son mayores en el ambiente de rocas intrusivas del Paleozoico inferior con 35 y 95 ppm, y menores en los ambientes de rocas sedimentarias silicoclásticas del Mesozoico con 14 y 35 ppm respectivamente. (Tabla 4, 5).

Tabla 4, 5 Valores de fondo y umbrales del cobre (ppm) en muestras de sedimentos.

Población	Sedimentarios silicoclásticos del Mesozoico	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Intrusivo del Paleozoico inferior	Metamórficos del Neoproterozoico
Background Cu	14	16	35	20	35	30
Threshold Cu	35	55	90	80	95	70

En las rocas se tiene un valor de fondo muy bajo de 5 ppm en las calizas mesozoicas, esto debido a que la mayoría de muestras tenían valores bajos a excepción de las calizas gossan del Pucará con valores anómalos elevados. Los umbrales más altos se encuentran en el Intrusivo Terciario 475 ppm y en el ambiente Paleozoico 695 ppm, de interés prospectivo por cobre (Tabla 4, 6).

Tabla 4, 6 Valores de fondo y umbrales del cobre (ppm) en muestras de rocas.

Población	Intrusivo del Terciario (Eoceno)	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Volcánicos Paleozoicos	Metamórficos del Paleozoico inf. y Neoproterozoico
Background Cu	55	5	46	13	28	15
Threshold Cu	475	300	695	60	300	100

Dispersión del Molibdeno (Mo)

Para sedimentos es el que presenta una distribución más homogénea en sus valores de fondo y umbrales geoquímicos para cada población, aunque en la población de sedimentarios silicoclásticos del Mesozoico el valor del umbral geoquímico es ligeramente mayor alcanzando los 10 ppm (Tabla 4, 7).

Tabla 4, 7 Valores de fondo y umbrales del molibdeno (ppm) en muestras de sedimentos.

Población	Sedimentarios silicoclásticos del Mesozoico	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Intrusivo del Paleozoico inferior	Metamórficos del Neoproterozoico
Background Mo	1.4	1.4	1.6	1.8	1.5	1.2
Threshold Mo	10	5	6	6	4	5

Al igual que en sedimentos, las rocas presentan una distribución casi homogénea en sus valores de fondo y umbrales geoquímicos, a excepción del Intrusivo Terciario que alcanza un umbral de 50 ppm, incrementando su interés prospectivo para yacimientos tipo pórfido. (Tabla 4, 8).

Tabla 4, 8 Valores de fondo y umbrales del molibdeno (ppm) en muestras de rocas.

Población	Intrusivo del Terciario (Eoceno)	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Volcánicos Paleozoicos	Metamórficos del Paleozoico inf. y Neoproterozoico
Background Mo	8	1	2	4	3	5
Threshold Mo	50	6	23	8.5	10	14

Dispersión del Plomo (ppm)

En sedimentos no hay mayor variación entre los valores de fondo con valores que fluctúan entre los 15 y 25 ppm, en los umbrales geoquímicos los valores varían de 25 a 87 ppm, excepto en el caso de la población del intrusivo del Paleozoico superior donde destaca notablemente con un valor de 480 ppm (Tabla 4, 9).

Tabla 4, 9 Valores de fondo y umbrales del plomo (ppm) en muestras de sedimentos.

Población	Sedimentarios silicoclásticos del Mesozoico	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Intrusivo del Paleozoico inferior	Metamórficos del Neoproterozoico
Background Pb	15	17	20	25	20	17
Threshold Pb	25	40	45	480	87	44

En el caso de las rocas sucede algo parecido con valores de fondo en un rango de 7 a 20 ppm, y en caso de los umbrales encontramos sus valores más altos en las secuencias carbonatadas mesozoicas y en los intrusivos del Terciario y Paleozoico superior, con valores de 200 ppm, 195 ppm y 150 ppm respectivamente, dando lugar a su interés prospectivo en este elemento (Tabla 4, 10).

Tabla 4, 10 Valores de fondo y umbrales del plomo (ppm) en muestras de rocas.

Población	Intrusivo del Terciario (Eoceno)	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Volcánicos Paleozoicos	Metamórficos del Paleozoico inf. y Neoproterozoico
Background Pb	11	12.5	20	16	7	12
Threshold Pb	195	200	130	150	65	55

Dispersión del Zinc (Zn)

La geoquímica de sedimentos muestra niveles de fondo que fluctúan entre los 65 y 110 ppm, respecto a los umbrales estos presentan una mayor variación entre los 105 y 853 ppm, encontrando coincidentemente los máximos valores en el ambiente del intrusivo del Paleozoico superior y los mínimos valores en el ambiente de sedimentarios silicoclásticos del Mesozoico. En la población de sedimentarios carbonatados del Mesozoico encontramos el segundo valor umbral más alto con 250 ppm (Tabla 4,11).

Tabla 4, 11 Valores de fondo y umbrales del zinc (ppm) en muestras de sedimentos.

Población	Sedimentarios silicoclásticos del Mesozoico	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Intrusivo del Paleozoico inferior	Metamórficos del Neoproterozoico
Background Zn	65	65	90	110	97	83
Threshold Zn	105	250	207	853	192	175

El caso del zinc en las rocas presentan valores de fondo que fluctúan entre los 21 y 86 ppm, y respecto a los umbrales estos alcanzan sus máximos valores en los carbonatados mesozoicos (480 ppm), seguido de los sedimentarios paleozoicos y el Intrusivo Terciario (Tabla 4, 12).

Tabla 4, 12 Valores de fondo y umbrales del zinc (ppm) en muestras de rocas.

Población	Intrusivo del Terciario (Eoceno)	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Volcánicos Paleozoicos	Metamórficos del Paleozoico inf. y Neoproterozoico
Background Zn	21	55	70	65	86	50
Threshold Zn	218	480	230	185	145	90

Dispersión del Wolframio (W)

En los sedimentos se aprecia que los niveles de fondo son bajos, fluctuando entre los 0.08 y 0.4 ppm, mientras que los valores umbrales se encuentran en un intervalo de 0.5 y 5 ppm. Encontramos los valores de fondo y umbral geoquímico más altos en el ambiente del intrusivo del Paleozoico inferior, y los valores más bajos en los sedimentarios del Paleozoico (Tabla 4, 13).

Tabla 4, 13 Valores de fondo y umbrales del wolframio (ppm) en sedimentos.

Población	Sedimentarios silicoclásticos del Mesozoico	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Intrusivo del Paleozoico inferior	Metamórficos del Neoproterozoico
Background W	0.2	0.1	0.08	0.3	0.4	0.1
Threshold W	2.7	0.7	0.5	2.1	5	1.7

La geoquímica de rocas sin embargo revela que los ambientes de sedimentarios paleozoicos y del intrusivo Terciario tienen los valores de fondo (3 y 10 ppm) y umbrales geoquímicos más altos (20 y 40 ppm), debido a la asociación que existe entre ambas, pues los stocks del Eoceno se emplazan en las secuencias paleozoicas del Contaya y del Ambo (Tabla 4, 14).

Tabla 4, 14 Valores de fondo y umbrales del wolframio (ppm) en rocas.

Población	Intrusivo del Terciario (Eoceno)	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Volcánicos Paleozoicos	Metamórficos del Paleozoico inf. y Neoproterozoico
Background W	10	0.5	3	2	2	2
Threshold W	40	4	20	11	12	8

Dispersión del Estaño (Sn)

El estaño en los sedimentos presenta una distribución bastante homogénea en sus valores de fondo y umbrales geoquímicos. Se tiene los máximos valores en el ambiente del intrusivo del Paleozoico inferior y los mínimos valores en la población de sedimentarios del Paleozoico. Se aprecia además que en la mayoría de las poblaciones el umbral geoquímico representa aproximadamente el doble del valor de fondo (Tabla 4, 15).

Tabla 4, 15 Valores de fondo y umbrales del estaño (ppm) en muestras de sedimentos.

Población	Sedimentarios silicoclásticos del Mesozoico	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Intrusivo del Paleozoico inferior	Metamórficos del Neoproterozoico
Background Sn	0.8	0.7	0.6	0.9	0.9	0.7
Threshold Sn	1.6	1.5	1.1	1.5	2.5	1.5

Por otra parte sin embargo la geoquímica de rocas revela que los valores más altos del background y threshold se encuentran en las secuencias sedimentarias y metamórficas del Paleozoico, siendo lo más saltante el umbral más alto en el intrusivo del Terciario (Tabla 4, 16).

Tabla 4, 16 Valores de fondo y umbrales del estaño (ppm) en muestras de rocas.

Población	Intrusivo del Terciario (Eoceno)	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Volcánicos Paleozoicos	Metamórficos del Paleozoico inf. y Neoproterozoico
Background Sn	1	0.5	3.5	3	2	4
Threshold Sn	8	1	5	4	4.2	6

Dispersión del Uranio (U)

Al igual que en la dispersión del wolframio y el estaño en sedimentos, se tiene los valores de fondo y umbrales geoquímicos más altos en la población del intrusivo del Paleozoico inferior con 1.8 y 7 ppm; y los valores más bajos en la población de sedimentarios del Paleozoico con 0.5 y 1.5 ppm respectivamente (Tabla 4, 17).

Tabla 4, 17 Valores de fondo y umbrales del uranio (ppm) en muestras de sedimentos.

Población	Sedimentarios silicoclásticos del Mesozoico	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Intrusivo del Paleozoico inferior	Metamórficos del Neoproterozoico
Background U	0.8	0.6	0.5	1.5	1.8	0.9
Threshold U	2.3	1.8	1.5	2.8	7	1.6

En las muestras de rocas se observa valores de fondo similares que fluctúan entre 1.8 ppm y 3 ppm; y con valores umbrales que varían de 3.8 a 7 ppm, que contrario a los sedimentos, encuentra sus valores más altos en los sedimentarios del Paleozoico y en los intrusivos del Terciario y del Paleozoico superior con 6 ppm (Tabla 4, 18).

Tabla 4, 18 Valores de fondo y umbrales del uranio (ppm) en muestras de rocas.

Población	Intrusivo del Terciario (Eoceno)	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Volcánicos Paleozoicos	Metamórficos del Paleozoico inf. y Neoproterozoico
Background U	3.2	1.8	3	2.4	1.9	1.6
Threshold U	6	3.8	7	6	4	4

Dispersión del Cromo (Cr)

En sedimentos los valores de fondo más bajos los encontramos en los ambientes de rocas sedimentarias del Mesozoico con 15 ppm, sin embargo los valores umbrales más bajos están en los ambientes de rocas sedimentarias paleozoicas y metamórficas del Neoproterozoico con 35 ppm. En tanto los valores de fondo y umbral más altos están en el intrusivo del Paleozoico superior (Tabla 4, 19).

Tabla 4, 19 Valores de fondo y umbrales del cromo (ppm) en muestras de sedimentos.

Población	Sedimentarios silicoclásticos del Mesozoico	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Intrusivo del Paleozoico inferior	Metamórficos del Neoproterozoico
Background Cr	15	15	20	55	18	17
Threshold Cr	45	50	35	162	45	35

Respecto a las rocas encontramos los valores de fondo más altos en los sedimentarios y volcánicos del Paleozoico con 86 y 125 ppm respectivamente, y a diferencia de los sedimentos, el umbral más alto está en la población de metamórficos más antiguos con 500 ppm, seguido del intrusivo del Paleozoico superior con 300 ppm (Tabla 4, 20).

Tabla 4, 20 Valores de fondo y umbrales del cromo (ppm) en muestras de rocas.

Población	Intrusivo del Terciario (Eoceno)	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Volcánicos Paleozoicos	Metamórficos del Paleozoico inf. y Neoproterozoico
Background Cr	37	10	86	33	125	58
Threshold Cr	217	85	125	300	240	500

Dispersión del Níquel (Ni)

Los valores de fondo más bajos se encuentran en los ambientes de rocas sedimentarias del Mesozoico con 16 y 17 ppm, así como el umbral más bajo con 25 ppm. En lo relativo a valores de fondo y umbral más altos corresponden al ambiente de sedimentarios del Paleozoico con 30 y 65 ppm respectivamente (Tabla 4, 21).

Tabla 4, 21 Valores de fondo y umbrales del níquel (ppm) en muestras de sedimentos.

Población	Sedimentarios silicoclásticos del Mesozoico	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Intrusivo del Paleozoico inferior	Metamórficos del Neoproterozoico
Background Ni	17	16	30	13	21	24
Threshold Ni	25	45	65	53	50	60

La geoquímica de rocas muestra el valor de fondo más bajo el intrusivo del Paleozoico superior con 8 ppm, mientras que el umbral más alto en los volcánicos paleozoicos con 260 ppm (Tabla 4, 22).

Tabla 4.22.- Valores de fondo y umbrales del níquel en muestras de rocas.

Población	Intrusivo del Terciario (Eoceno)	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Volcánicos Paleozoicos	Metamórficos del Paleozoico inf. y Neoproterozoico
Background Ni	11	16	32	8	30	18
Threshold Ni	19	22	78	85	260	72

Dispersión del Antimonio (Sb) en sedimentos

Los niveles de fondo no presentan variaciones significativas, fluctuando entre 0.5 y 1.1 ppm. Los mayores umbrales corresponde a los ambientes de sedimentarios carbonatados del Mesozoico con 4 ppm y al intrusivo del Paleozoico inferior con 3.2 ppm. Por el contrario el umbral más bajo corresponde a los sedimentarios silicoclásticos del Mesozoico con 1 ppm (Tabla 4, 23).

Tabla 4, 23 Valores de fondo y umbrales del antimonio (ppm) en sedimentos.

Población	Sedimentarios silicoclásticos del Mesozoico	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Intrusivo del Paleozoico inferior	Metamórficos del Neoproterozoico
Background Sb	0.7	0.5	0.7	0.5	1.1	0.9
Threshold Sb	1	4	1.6	1.7	3.2	2.7

Dispersión del Mercurio (Hg) en sedimentos

No hay mucha variabilidad en los niveles de fondo con valores que van de 0.04 a 0.09 ppm, igual sucede con los valores umbrales que varían de 0.1 a 1, encontrando el máximo umbral en la población del intrusivo del Paleozoico superior de 1 ppm (Tabla 4, 24).

Tabla 4, 24 Valores de fondo y umbrales del mercurio (ppm) en muestras de sedimentos.

Población	Sedimentarios silicoclásticos del Mesozoico	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Intrusivo del Paleozoico inferior	Metamórficos del Neoproterozoico
Background Hg	0.04	0.06	0.07	0.05	0.09	0.04
Threshold Hg	0.2	0.2	0.3	1	0.5	0.1

Dispersión del Arsénico (As) en sedimentos

Los niveles de fondo y umbrales geoquímicos se presentan bastante parejas en las poblaciones con valores de fondo de 8 a 23 ppm y valores umbrales de 33 a 70 ppm, excepto la referida al intrusivo del Paleozoico superior (Batolito de Pataz) con un nivel de fondo de 72 ppm y un umbral de 1693 ppm, superior en más de 20 veces los otros umbrales determinados. Encontramos los valores más bajos en los silicoclásticos mesozoicos (Tabla 4, 25).

Tabla 4,25 Valores de fondo y umbrales del arsénico en muestras de sedimentos.

Población	Sedimentarios silicoclásticos del Mesozoico	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Intrusivo del Paleozoico inferior	Metamórficos del Neoproterozoico
Background As	8	11	23	72	17	18
Threshold As	33	67	70	1693	60	38

Dispersión del Cadmio (Cd) en sedimentos

Los mayores valores de fondo y umbral geoquímico corresponden al intrusivo del Paleozoico superior con 0.4 y 4 ppm. Por otra parte el menor valor de fondo corresponde a los sedimentarios del Paleozoico con 0.1 ppm y el menor valor de umbral en los metamórficos del Neoproterozoico con 0.4 ppm (Tabla 4, 26).

Tabla 4, 26 Valores de fondo y umbrales del cadmio en muestras de sedimentos.

Población	Sedimentarios silicoclásticos del Mesozoico	Sedimentarios carbonatados del Mesozoico	Sedimentarios del Paleozoico	Intrusivo del Paleozoico superior	Intrusivo del Paleozoico inferior	Metamórficos del Neoproterozoico
Background Cd	0.3	0.2	0.1	0.4	0.2	0.2
Threshold Cd	1.4	1	0.5	4	0.7	0.4

A partir del análisis de dispersión de los sedimentos y de las gráficas 4, 1 y 4, 2 se puede interpretar que los valores de fondo y umbrales geoquímicos presentan en todas las poblaciones una mayor concentración en cobre, zinc, cromo, níquel, arsénico y vanadio.

Además se observa que el Batolito de Pataz tiene los más altos contenidos de oro, zinc, plomo, cromo, níquel arsénico, cadmio y vanadio tanto en valores de fondo como umbrales, a comparación de las demás poblaciones.

El cobre presenta los valores de fondo y umbrales más altos en el Intrusivo del Paleozoico inferior y en los sedimentarios Paleozoicos.

El zinc por su parte tiene en los sedimentarios carbonatados mesozoicos los valores de fondo más bajos, esto debido a que su concentración en la naturaleza es baja, sin embargo después del Batolito de Pataz, tiene el threshold más alto esto debido a que es una buena roca caja para este elemento.

Se puede observar que después del Batolito de Pataz, las poblaciones de Sedimentarios Paleozoicos e Intrusivo del Paleozoico inferior, tienen valores de fondo y umbrales altos en oro, cobre, zinc, cromo, níquel, arsénico,

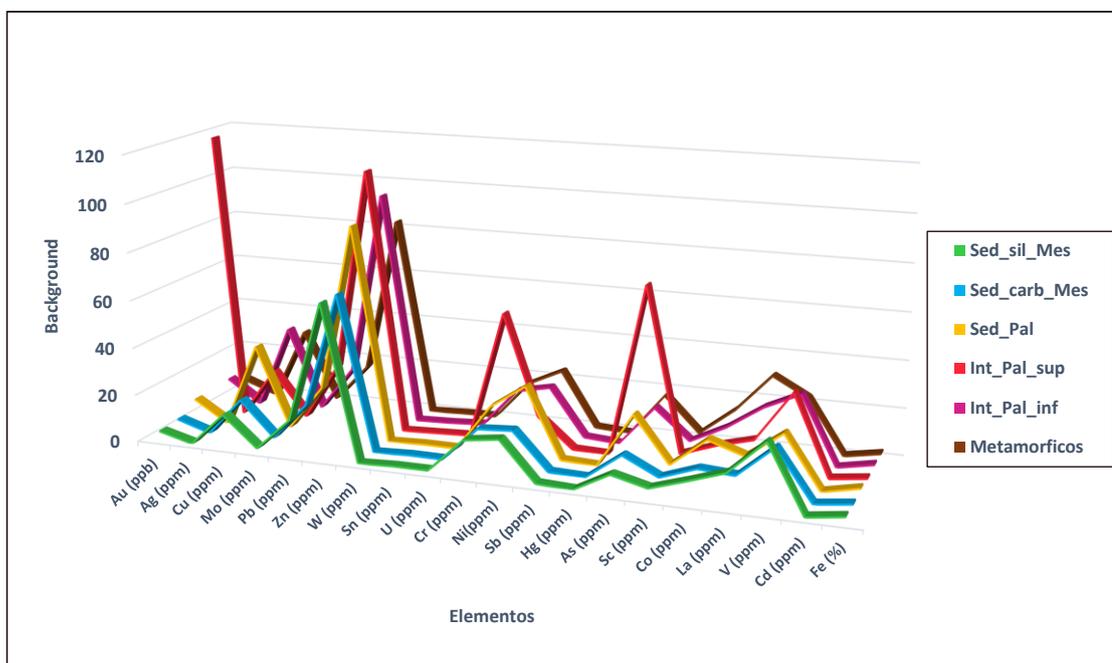


Figura 4, 1 Comparación del background en sedimentos.

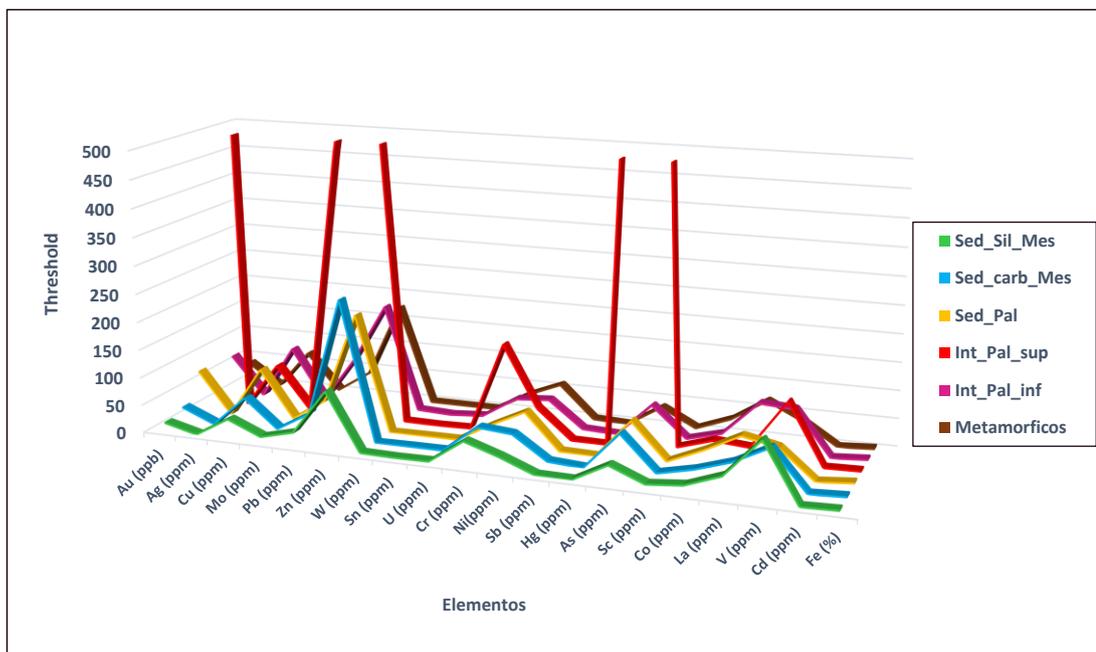


Figura 4, 2 Comparación del threshold en sedimentos.

A partir del análisis de dispersión de rocas y de las gráficas 4, 3 y 4, 4 se puede interpretar que las concentraciones más altas de valores de fondo y umbrales en todas las poblaciones están en los elementos cobre, plomo, zinc y cromo.

Lo más resaltante es la asociación existente entre el Intrusivo Terciario del Eoceno con los sedimentarios paleozoicos, ya que estos presentan valores altos de fondo y umbrales en oro y cobre. Además el Intrusivo del Eoceno presenta una leve mayor concentración en molibdeno, wolframio y uranio.

En el caso del zinc, el Intrusivo del Eoceno presenta el valor de fondo más bajo, seguido de los Sedimentarios Carbonatados Mesozoicos, sin embargo este último tiene el threshold más alto, seguido del Intrusivo del Eoceno.

Los valores promedio en la corteza (McDonough, 2003), presentan valores más altos que los valores de fondo de algunas poblaciones en elementos como plomo, zinc, cromo y níquel. En el plomo, el valor promedio en la corteza sólo es menor que los Sedimentarios Paleozoicos, y en el zinc sólo es menor que los Sedimentarios y Volcánicos Paleozoicos. En el caso del cromo sólo es menor que los Volcánicos Paleozoicos y en el níquel es mayor que todas las poblaciones. Para elementos como el uranio y el estaño presentan valores bastante parecidos.

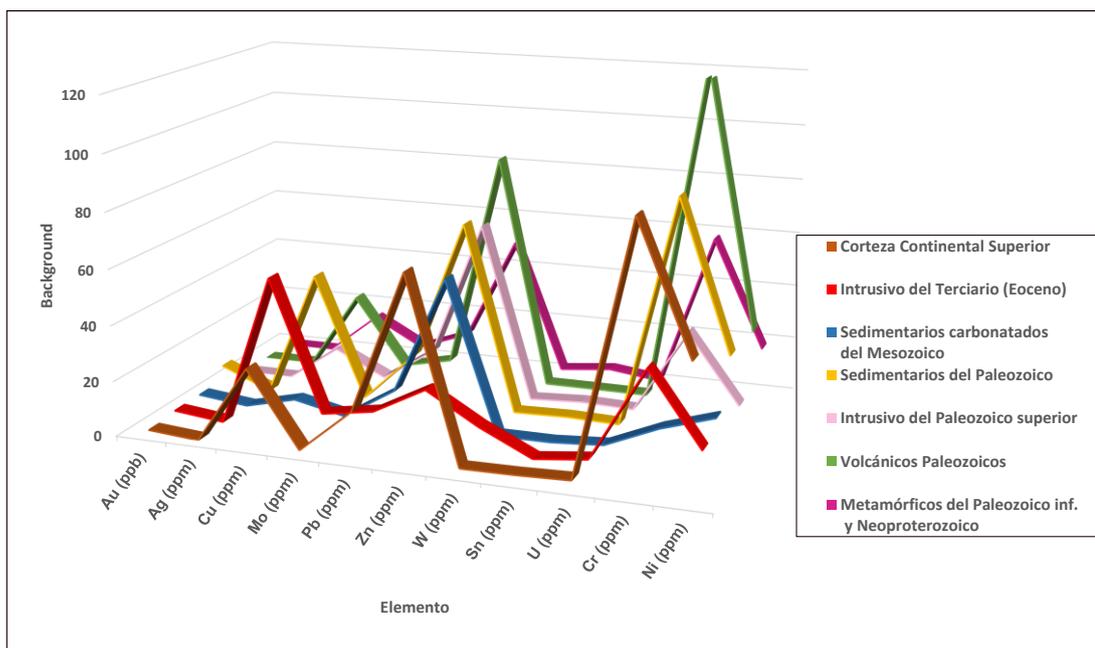


Figura 4, 3 Comparación del background en rocas.

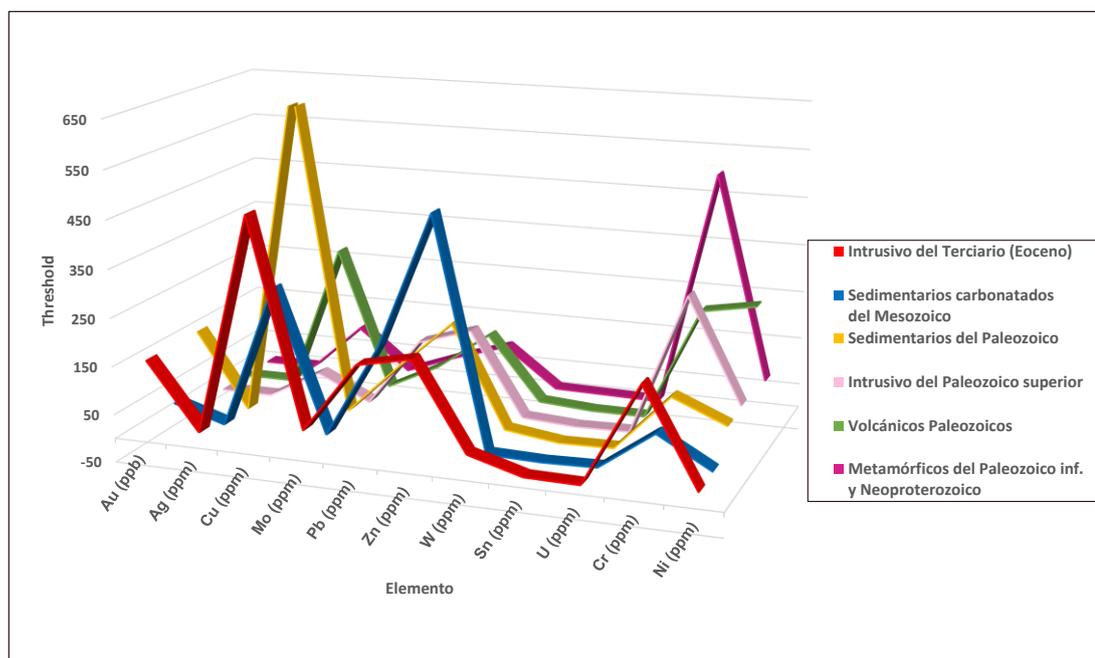


Figura 4, 4 Comparación del threshold en rocas.

4.2 DETERMINACIÓN DE ANOMALÍAS GEOQUÍMICAS.

Las anomalías geoquímicas se han determinado en base a los resultados de los mapas de anomalías por cuencas y los mapas de anomalías en rocas. Se han determinado cinco sectores dentro de la zona de estudio, los cuales se describen en orden de prioridad (Mapa 4, 1). El sector Marañón no cuenta con muestras de roca, así como no se tiene la información necesaria de rocas en los elementos de plomo, zinc, wolframio y estaño en el sector Huayo.

4.2.1.- Cuenca Chillia

La geoquímica de sedimentos indica anomalías en plata (Ag) y metales base como el cobre (Cu), molibdeno (Mo) y plomo (Pb). También reportó anomalías en wolframio (W) y elementos volátiles de arsénico (As), mercurio (Hg) y antimonio (Sb). Además registra leves anomalías cercanas al threshold de oro (Au) y zinc (Zn).

La geoquímica de rocas confirma anomalías en oro (Au), plata (Ag), y elementos base como el cobre (Cu), molibdeno (Mo), plomo (Pb) y zinc (Zn), además del wolframio (W).

Por lo tanto se presenta prospectable en los elementos Cu-Mo-Au-Ag-Pb-Zn-W, en yacimientos tipo vetas y pórfidos; y probablemente desarrollo de skarn.

4.2.2.- Cuenca Huayo

La geoquímica de sedimentos registra anomalías en arsénico (As), cromo (Cr), mercurio (Hg), estaño (Sn) y uranio (U), y además valores significativos cercanos al threshold de oro (Au), plata (Ag), cobre (Cu), molibdeno (Mo), níquel (Ni), antimonio (Sb) y wolframio (W).

La geoquímica de rocas reporta anomalías en oro (Au) y cobre (Cu), con valores cercanos al threshold de plata (Ag), molibdeno (Mo) y uranio (U). No se tiene información suficiente de leyes de plomo, zinc, wolframio y estaño.

Por lo tanto se presenta prospectable en los elementos Cu-Au-Mo-Ag y secundariamente Cr/Sn/U, en yacimientos tipo vetas y probablemente desarrollo de stockwork.

4.3.3.- Cuenca Challas

La geoquímica de sedimentos indica anomalías en estaño (Sn) y uranio (U), además reporta valores ligeramente anómalos cercanos al threshold de plata (Ag), cobre (Cu) y molibdeno (Mo).

La geoquímica de rocas revela anomalías en cobre (Cu) y uranio (U), también valores significativos cercanos al threshold en metales preciosos de oro (Au), plata (Ag), y metales base de zinc (Zn) y estaño (Sn).

Por lo tanto se presenta prospectable en los elementos Cu-Mo-U-Sn y secundariamente subproductos en Au/Ag/Pb/Zn, en yacimientos tipo vetas y probablemente desarrollo de stockwork.

4.4.4.- Cuenca Cajas

La geoquímica de sedimentos demuestra que en este sector del río Cajas, presenta algunas anomalías en oro, plata, plomo, cromo y níquel, con valores significativos en cobre, zinc y arsénico.

Por su parte la geoquímica de rocas sólo reporta una anomalía en zinc, además de valores cercanos al threshold de estaño, uranio y wolframio.

Por lo tanto se presenta prospectable en los elementos Zn-Pb y secundariamente subproductos en Au/Ag/Cu/Cr/Ni, en yacimientos tipo vetas y probablemente desarrollo de skarn.

4.4.5.- Cuenca Marañón Norte

Este sector sólo cuenta con geoquímica de sedimentos, sin embargo se presenta bastante prometedores pues han registrado anomalías en oro, cobre, plomo, zinc, estaño, molibdeno, wolframio y uranio, así como en volátiles de arsénico y mercurio.

Por lo tanto presenta interés en los elementos Au/Cu/Pb/Zn/Sn, en yacimientos tipo vetas.

4.4.6.- Cuenca Marañón Sur

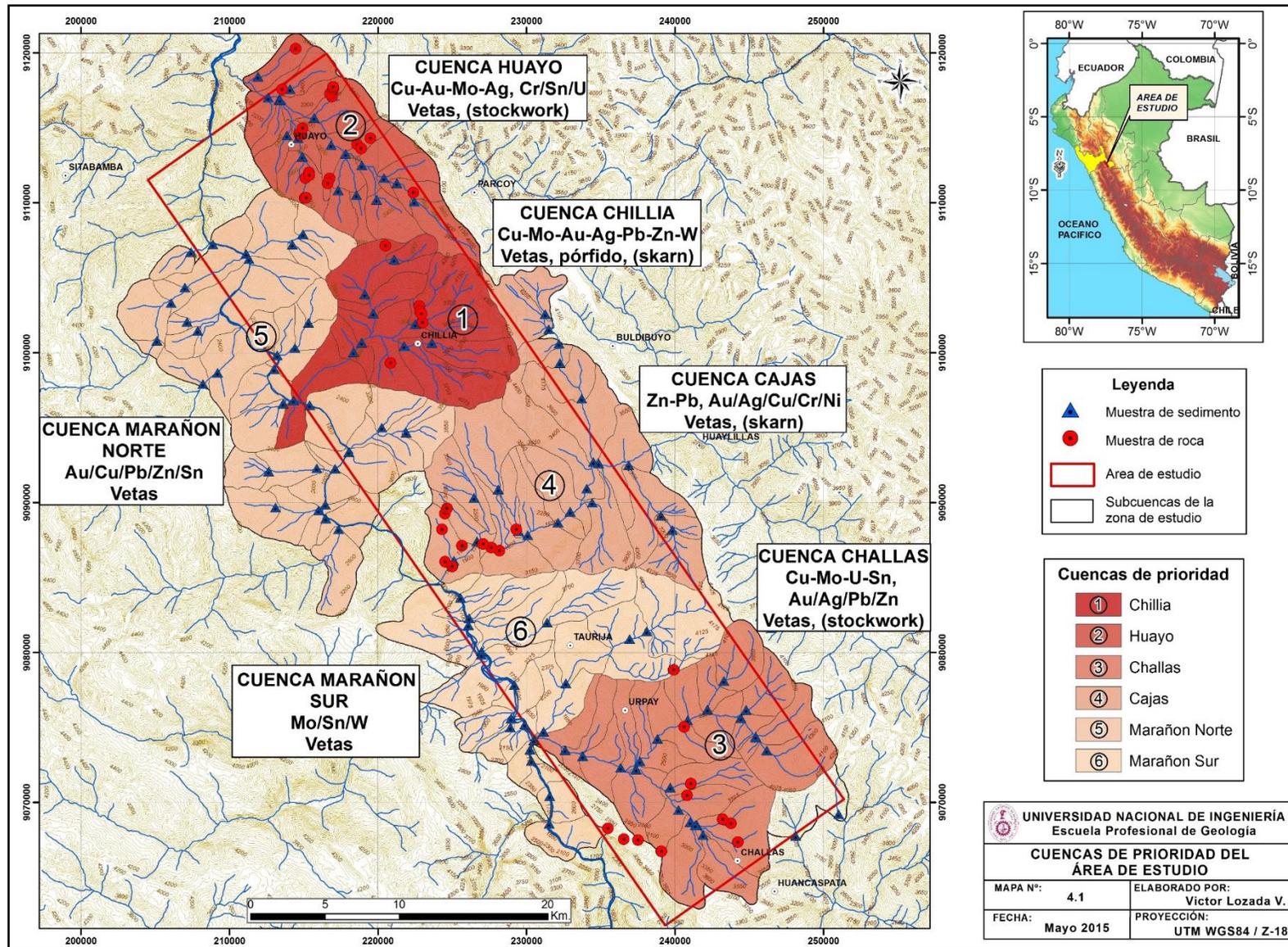
Sólo tiene geoquímica de sedimentos y registra anomalías en molibdeno, estaño, wolframio y mercurio, con valores significativos de oro y plata.

Por lo tanto presenta interés en los elementos Mo/Sn/W, en yacimientos tipo vetas.

4.3 COMPARACIÓN Y VALIDACIÓN DEL POTENCIAL MINERO METÁLICO CON LA PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA.

Comparando los mapas generados por el Mapa de Cuencas de prioridad (Mapa 4, 1) con la de cada variable del Potencial Minero Metálico y del Mapa de Potencial de la zona de estudio (Figuras 4, 5 al 4, 10), se puede demostrar que los mapas de la variable geología, de la variable geoquímica y sobretodo el mismo mapa de Potencial Metálico, se asemejan al plano de cuencas de prioridad generados por la prospección geoquímica de rocas y sedimentos.

Por lo tanto el Plano de Potencial queda validado por la Prospección Geoquímica, ya que además se presenta como una herramienta más en los trabajos de prospección preliminar y de reconocimiento, que es el tipo de prospección realizado y expuesto en el presente trabajo.



Mapa 4, 1 Cuencas de prioridad del área de estudio

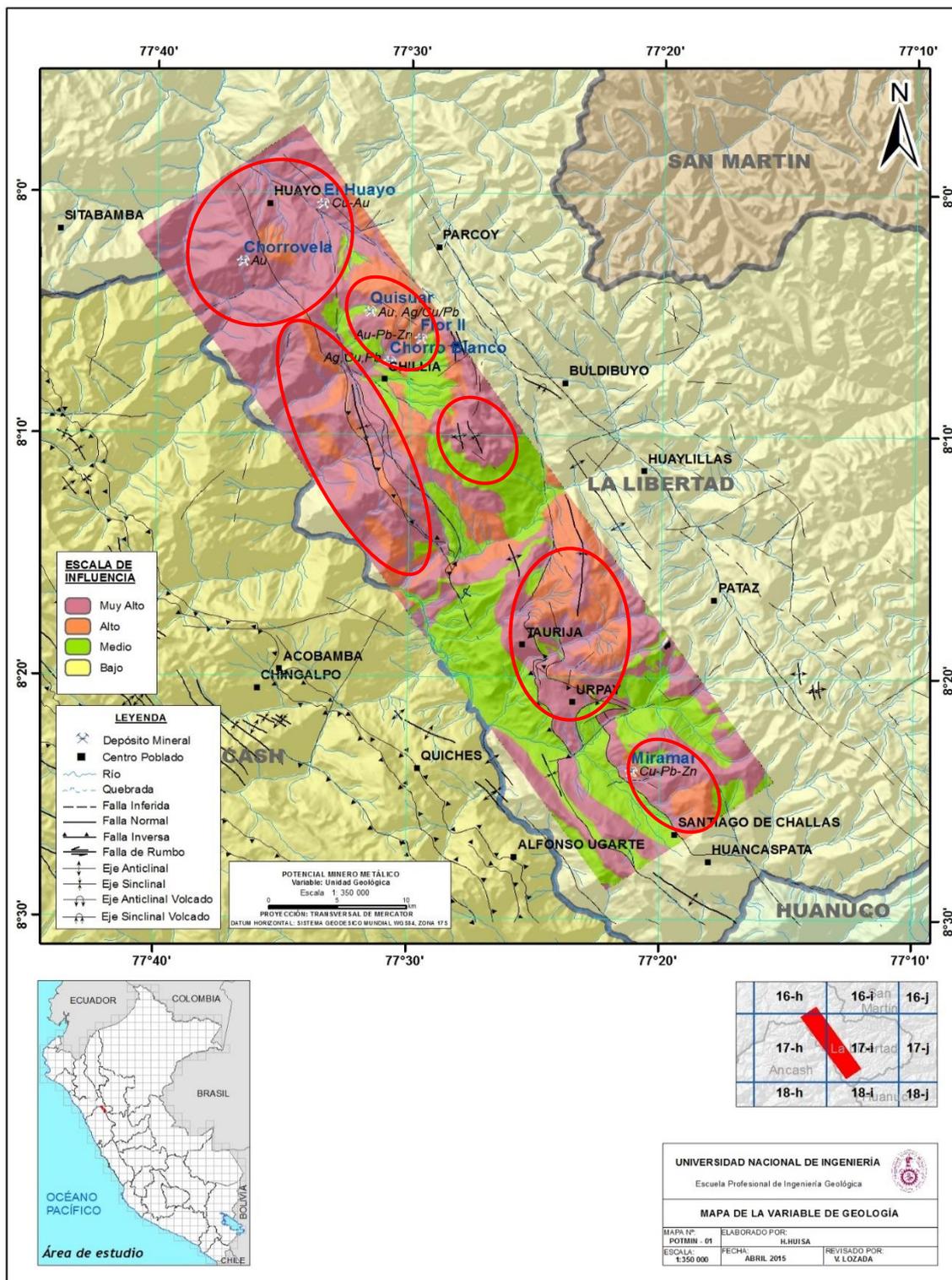


Figura 4, 5 Zonas de prioridad según la variable geología.

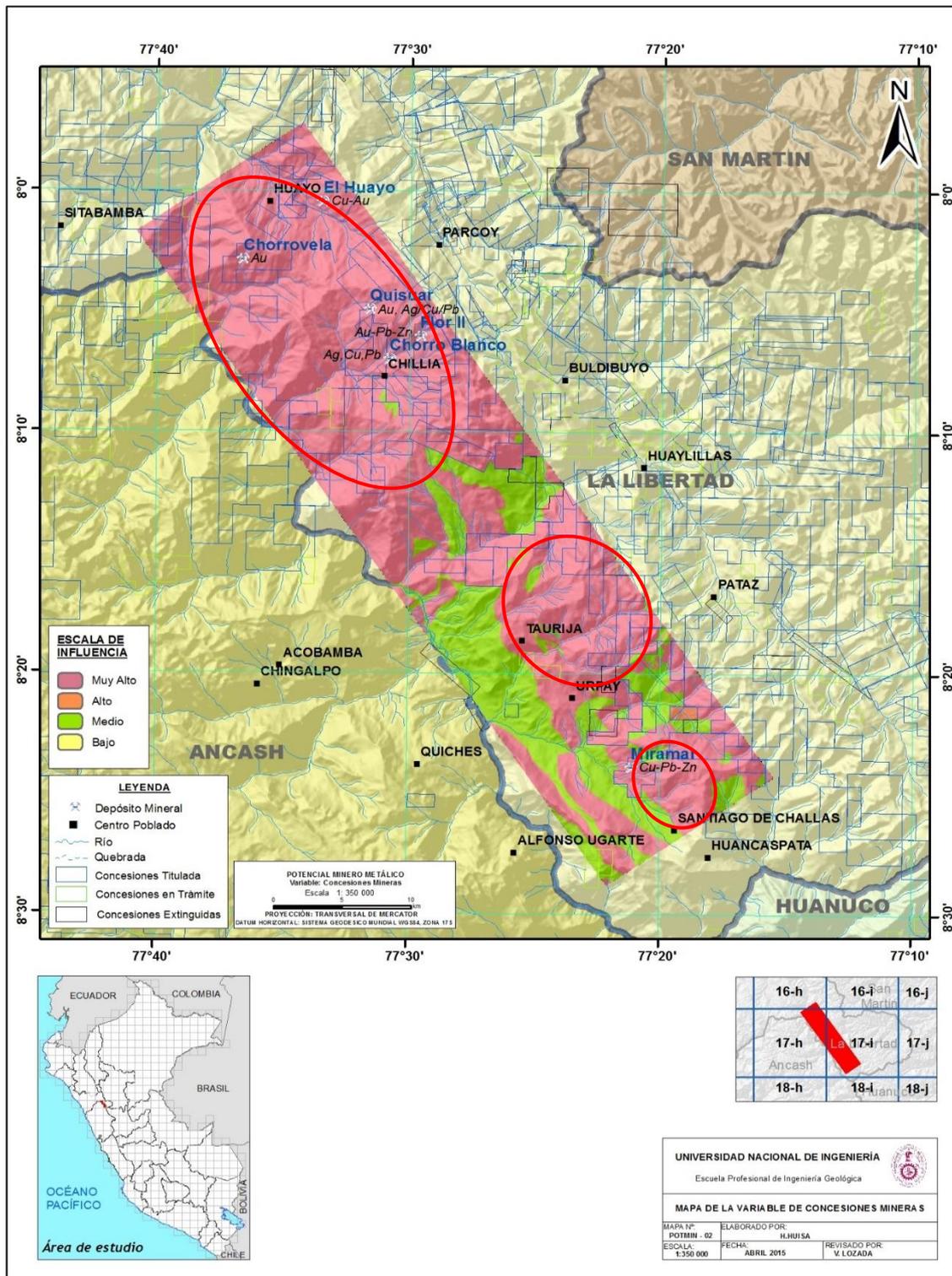


Figura 4, 6 Zonas de prioridad según la variable concesiones mineras.

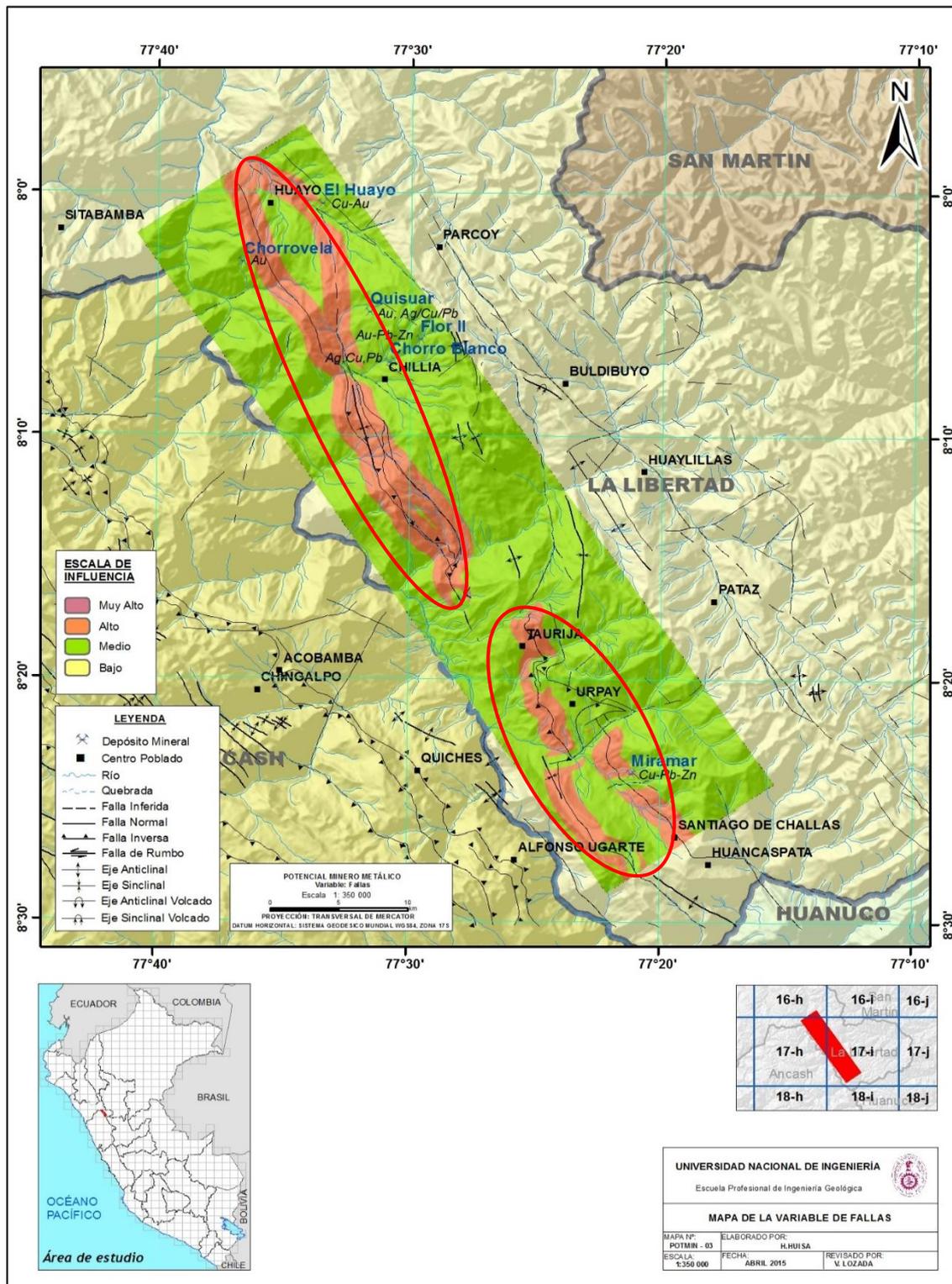


Figura 4, 7 Zonas de prioridad según la variable fallas.

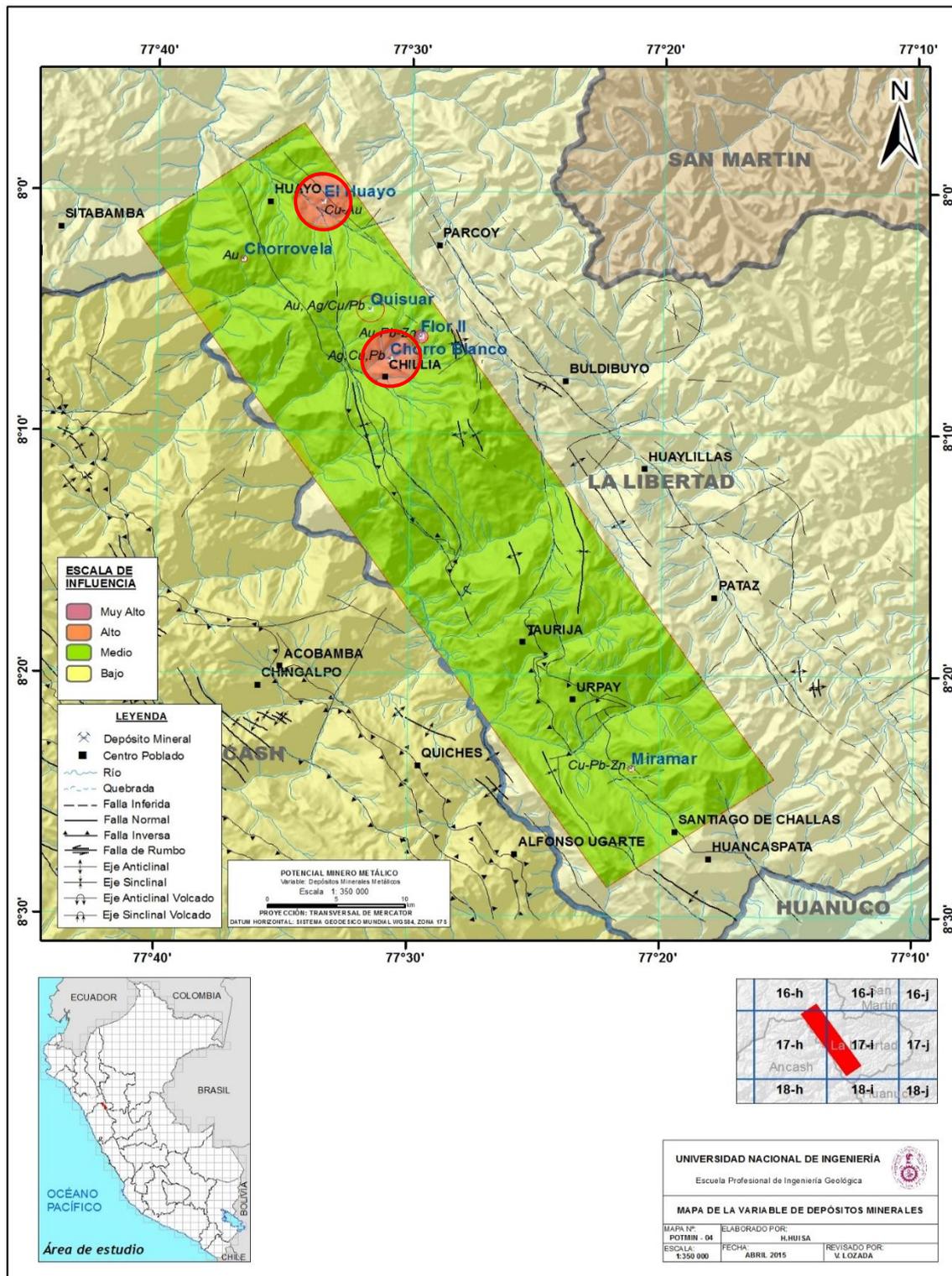


Figura 4, 8 Zonas de prioridad según la variable depósitos minerales.

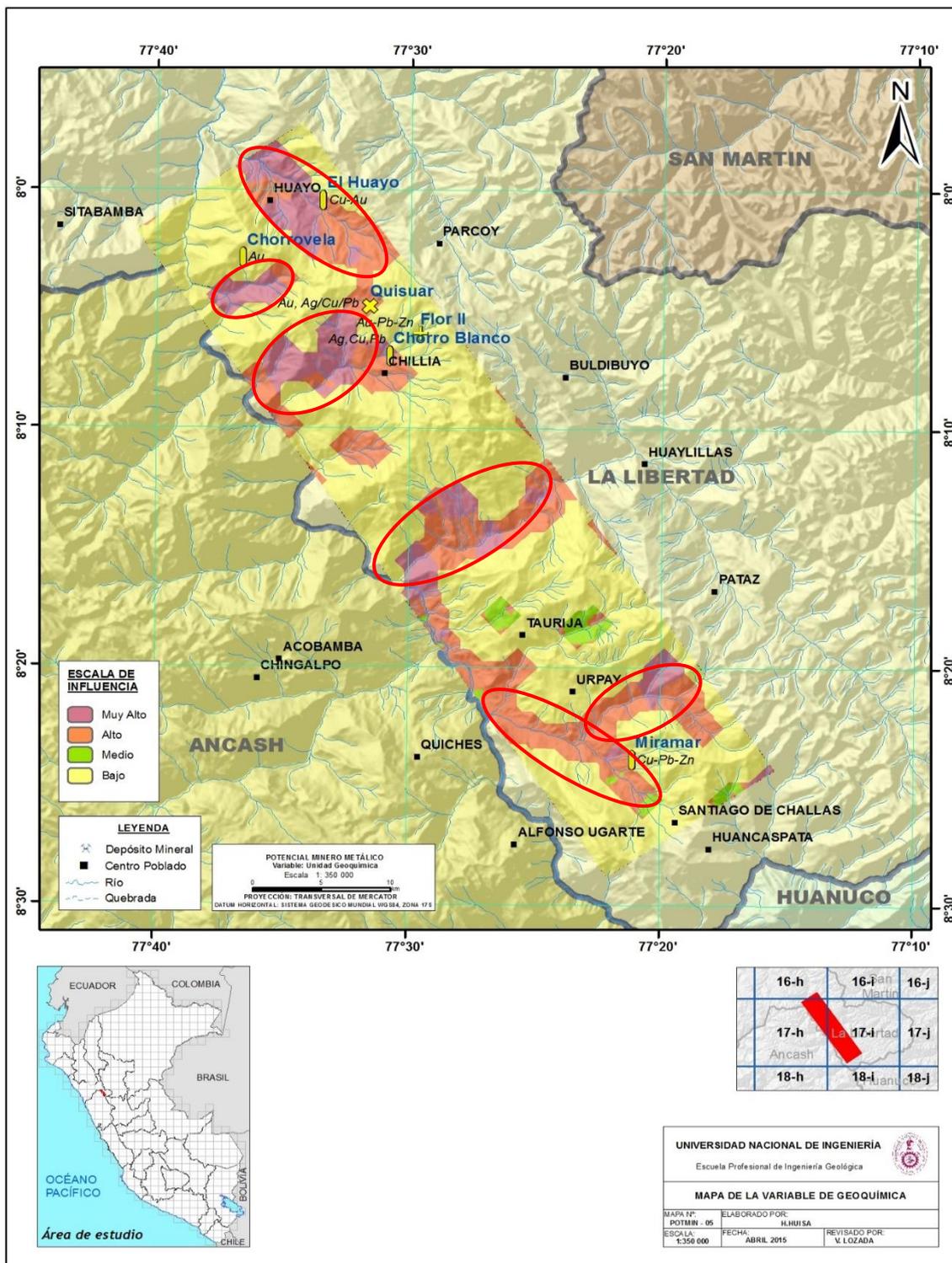


Figura 4, 9 Zonas de prioridad según la variable geoquímica.

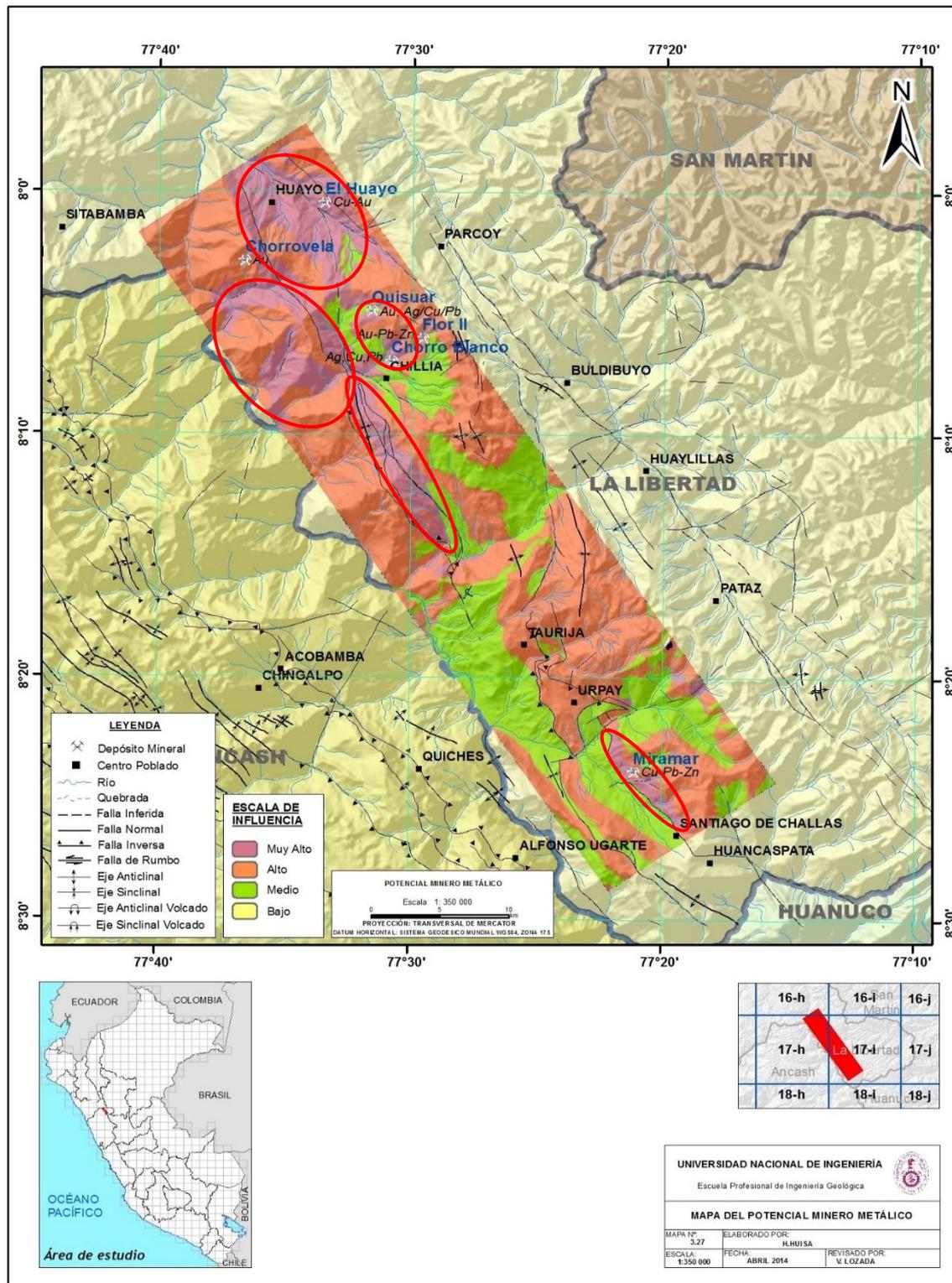


Figura 4, 10 Zonas de prioridad según el Mapa de Potencial Minero Metálico.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El área de estudio se encuentra enmarcado dentro del dominio geotectónico de la Cordillera Oriental de orientación NO-SE, la cual presenta una gran importancia metalogenética involucrando hasta siete franjas relacionadas a mineralización de metales preciosos (Au-Ag) y metales base (Cu, Mo, Pb, Zn).
2. Estratigráficamente se ha reconocido rocas desde el Proterozoico (Complejo Marañón), seguido de secuencias del Paleozoico inferior (Formaciones Macno y Contaya), sobre éstas los Grupos Ambo y Mitu del Paleozoico superior. El Mesozoico comienza con las calizas Pucará, seguido de las areniscas Goyllarisquizga, las calizas Crisnejas, Jumasha-Celendín y las capas rojas Chota del Cretáceo superior – Paleógeno.
3. Los rasgos estructurales principales corresponden a fallas y pliegues principales NO-SE y NE-SO, así como fallas secundarias N-S y E-O y estructuras circulares.

4. En la cuenca del Marañón aflora un batolito con gneisificación acentuada de posible edad Ordovícico-Silúrico. Asociado a este batolito se ha registrado el afloramiento de un cuerpo elongado de dirección NO-SE de posible edad Paleozoico inferior denominado Granito Quebrada Valdivia, emplazada en el margen este del río Challas a lo largo de una falla regional de la misma dirección.
5. El emplazamiento batolítico del Carbonífero-Pérmico (Batolito de Pataz) se dio en un ambiente de arco volcánico de subducción, es de composición calcoalcalina con contenido medio a alto de K_2O , bajo a alto contenido de FeO total y corresponden al grupo de rocas peraluminicas a metaluminicas. Muestra un amplio rango de composición que van desde gabros, dioritas, granodioritas a granitos; y con un porcentaje de gran variedad de SiO_2 del 45 al 80%.
6. Asociado a este magmatismo del Paleozoico superior se habría emplazado un pequeño stock granodiorítico de la serie calcoalcalina y composición metaluminosa denominado Granodiorita Muñancapata, localizada en el cerro del mismo nombre a 3 km al noroeste de Challas. Su ambiente tectónico de formación corresponde al de arco volcánico.
7. El emplazamiento de stocks porfiríticos del Eoceno se dio en un ambiente de intraplaca, es de composición alcalina, metaluminosa, textura porfirítica, variando de granodiorita a cuarzomonzonita y monzogranito. Esto se determinó por medio de la descripción e interpretación petrográfica y litogeoquímica.
8. Los stocks del Eoceno corresponden a la Cuarzomonzonita Huayo al norte cerca al poblado del mismo nombre, el Monzogranito Miramar en el sur aldaño a la Hacienda Miramar, y otros cuerpos de granodiorita a cuarzomonzonitas (Stock

Quisuar) con dimensiones menores a 1 km alineados en dirección NO-SE, del cual no se tiene información, ubicados entre Canta y Chillia.

9. Según el diagrama del estado de oxidación versus anomalías de Eu/Eu^* , el Complejo Marañón asociado a ocurrencias Cu-Au pudo haber actuado como roca caja contaminante, junto a las pelitas del Contaya, de los magmas del Intrusivo Huayo, que registra valores anómalos en Cu y Au, y según el diagrama está asociado a ocurrencias Cu-Mo-Pb-Zn-Ag.
10. Las alteraciones hidrotermales identificadas en el área de estudio han sido restringidas, siendo la argilización, propilitización y silicificación las de mayor propagación.
11. El Granito Quebrada Valdivia presenta minerales de malaquita, calcita y calcopirita y pirita en trazas, registrando una anomalía en Cu de 608 ppm. Además en otros puntos del mismo intrusivo se registró una débil anomalía de Au de 54 ppb y de Mo 22 ppm.
12. El Intrusivo de Miramar cortado por venillas de óxidos-sílice con halos de alteración, reportó anomalías de Ag 1 ppm, Pb 234 ppm, Zn 236 ppm, As 53 ppm y Sb 3.1 ppm.
13. El trabajo prospectivo reportado en las zonas de Huayo y Chillia confirman la importancia del Intrusivo del Eoceno, que emplazada en secuencias paleozoicas del Contaya y Ambo muestran anomalías en Au, Ag, Cu, Mo, Pb, Zn, y W, asociadas a vetas y mantos de cuarzo-óxidos, con presencia de stockwork en algunos sectores.

14. La principal franja metalogenética asociada a la mineralización de la zona de estudio es la Franja XIV: Depósitos de Au-Cu-Pb-Zn relacionados con intrusivos del Eoceno.
15. Se hicieron comparaciones estadísticas, tomando el mejor criterio para la representación y determinación del valor de fondo o background, y del umbral o threshold, en 20 elementos para sedimentos, y en 14 elementos para rocas.
16. Según el coeficiente de correlación de Pearson en sedimentos, se han determinado diferentes asociaciones de elementos, siendo las principales: Cu-Fe-Zn en las dos poblaciones de sedimentarios y carbonatados del Mesozoico, Pb-Zn en la población de carbonatados del Mesozoico, sedimentarios del Paleozoico y el intrusivo del Paleozoico inferior, y la relación Au-Pb-Zn-As-Cd presente en los sedimentarios del Paleozoico y el Batolito de Pataz.
17. El mapa de Potencial Minero Metálico tiene por finalidad disponer de información geológico minera adecuadamente evaluada, que constituya la información básica para la elaboración de los estudios de Zonificación Ecológica Económica (ZEE) y la planificación del ordenamiento territorial, y así mismo ser una guía para los profesionales encargados de elaborar el mapa de recursos y potencial minero de cada región del país.
18. La evaluación del Potencial Geológico - Minero ha establecido tres sectores de interés, dos al norte en Huayo y Chillia y uno en el sur en Challas, donde los stocks del Eoceno presentan todas las características de un importante metalotecto.

19. El Plano de Potencial Minero Metálico queda validado por la Prospección Geoquímica al confirmar los tres sectores de prioridad (Huayo, Chillia y Challas). Sirve además como una herramienta más en los trabajos de prospección preliminar y de reconocimiento, que fue el tipo de prospección realizado durante la campaña de campo, y que se expone en el presente trabajo.

20. Al comparar el mapa de potencial de la región La Libertad con el generado de la zona de estudio se observa como incrementa notoriamente su potencial. Primero aparecen áreas de muy alto potencial que representa el 18% del área de estudio, el potencial alto aumenta de 20% a 50%, el potencial medio varía de 70% a 32% y desaparece el potencial bajo.

21. Se recomienda hacer más estudios sobre el magmatismo de la zona, sobre todo en los stocks del Eoceno, así como en el sur, donde se han reconocido los intrusivos Miramar, Muñancapata y Quebrada Valdivia.

22. Se recomienda realizar dataciones en los intrusivos antes mencionados de la zona sur del área de estudio, así como en el Stock de Quisuar.

23. Se recomienda llegar a uniformizar la estratigrafía de la zona a nivel regional, sobre todo definir la edad de las secuencias metamórficas del Complejo Marañón y definir si realmente aflora dentro del contexto geológico regional de la zona de estudio (Valle del Marañón y flanco oeste de la Cordillera Oriental).

24. Se recomienda hacer trabajos de metalogenia y prospección geológica a detalle de toda la zona para poder definir mejor las características petrológicas, mineralógicas y de alteración.

25. Incrementar la base de datos de muestras de roca mediante un muestreo sistemático que permita hacer diagramas litogeoquímicos y tratamientos estadísticos de más precisión y complejidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACOSTA, J.; QUISPE, J.; RIVERA, R.; VALENCIA, M.; CHIRIF, H.; HUANACUNI, D.; RODRIGUEZ, I.; VILLARREAL, E.; PAICO, D. & SANTISTEBAN, A. (2009) – Mapa Metalogenético del Perú. Memoria. 8 p.
2. ARGUELLES, V. & VIDAL, C. (1982).- Geología de las zonas auríferas de Gigante y Alaska. Convención de ingenieros de Minas, 16, Huaraz. Trabajos técnicos. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 12 p.
3. BATEMAN, A. (1968).- Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico. Parte I. Principios y Procesos; pp. 58-434.
4. BUSTAMANTE, A. (2008).- Prospección Geológica y Geoquímica por Yacimientos de Au y Cu en la Cordillera Oriental – Departamentos de San

Martín y La Libertad. Informe de Competencia Profesional, Escuela de Geología, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

5. CANCHAYA, S. (2013).- Muestreo y QA/QC, Introducción a la Geoestadística y Geometalurgia. Curso corto. Módulo I. Introducción General. 32 p.
6. CARLOTTO, V.; QUISPE, J.; ACOSTA, H.; RODRÍGUEZ, R.; ROMERO, D.; CERPA, L.; MAMANI, M; DIAZ-MARTINEZ, E.; NAVARRO, P.; JAIMES, P.; VELARDE, T.; LU, S. & CUEVA, E. (2009).- Dominios Geotectónicos y Metalogénesis del Perú. SGP. Boletín n. 103; pp. 1-89.
7. CARRASCO, M.; SÁNCHEZ, A. & GALDÓS, J. (2006).- Petrografía y Geoquímica de lavas almohadillas de posible edad Siluro-Devoniana en la Cordillera Oriental de los Andes del Norte del Perú: Región Pataz-Balsas. XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú. pp. 259-262.
8. CHEW, D.; SCHALTEGGER, U.; KOSLER, J.; FONTIGNIE, D.; SPIKINGS, R.; MISKOVIĆ, A., (2005).- Evolution of the Gondwanan margin of the northern Andes. 3rd Swiss Geoscience Meeting, Zürich.
9. CHEW, D.; SCHALTEGGER, U.; KOSLER, J.; WHITEHOUSE, M.; GUTJAHR, M.; SPIKINGS, R. & MISKOVIĆ, A. (2007).- U-Pb geochronologic evidence for the evolution of the Gondwanan margin of the north-central Andes. Geological Society of America Bulletin, vol. 119, n. 5, pp. 697-711.

10. CHIRA, J.; VARGAS, L; VÁSQUEZ, R. & CASTAÑEDA, D. & GUILLÉN, M. (2012).- Prospección geoquímica regional al norte del paralelo 8°00' sur, cuencas de la vertiente Atlántica. INGEMMET. Boletín Serie B: Geología Económica, n. 31, 150 p.
11. CHIRA, J.; VARGAS, L; VÁSQUEZ, R. & PALOMINO, C. (2011).- Prospección geoquímica regional de sedimentos de corriente entre los paralelos 8° - 9°, cuencas de la vertiente Atlántica. INGEMMET. Boletín Serie B: Geología Económica, n. 27, 100 p.
12. CHIRA, J.; VILLAREAL, E.; VARGAS, L.; RODRÍGUEZ, I.; HUANACUNI, D.; ACOSTA, J.; ZULOAGA, A.; DÍAZ, A.; RAMÍREZ, J.; CARPIO, M. & CHIRIF, H. (2013).- Manual de Evaluación de Recursos y Potencial Minero. INGEMMET. Dirección de Recursos Minerales y Energéticos; pp. 1-68.
13. DALMAYRAC, B.; LAUBACHER, G. & MAROCCO, R. (1988).- Caracteres generales de la evolución geológica de los Andes Peruanos. INGEMMET. Boletín Serie D: Estudios Especiales, n. 12, 313 p.
14. DE MONTREUIL, L. (1996).- Mineralogía de los yacimientos auríferos en el Perú. Segundo Simposium Internacional del Oro. Lima: Sociedad Nacional de Minería y Petróleo. Comité Aurífero 1996, pp. 307-343.

15. GÓMEZ, W.; MAMANI, M.; CHOQUEHUANCA S. & CACYA L. (2012).
Geoquímica y Sistemas Co-Magmáticos del Carbonífero: Arco Magmático Patáz (350-300 Ma). XVI Congreso Peruano de Geología; 5 p.
16. HAEBERLIN, Y.; MORITZ, R. & FONTBOTÉ, L. (2000).- Fluid inclusion study on mesothermal gold deposits of the Pataz Province (Peru). Congreso Peruano de Geología, 10, Lima. Trabajos técnicos. Sociedad Geológica del Perú, tomo 2, pp. 458-466.
17. HAEBERLIN, Y. (2002).- Geological and Structural Setting, Age, and Geochemistry of the Orogenic Gold Deposits at the Pataz Province, Eastern Andean Cordillera, Peru. Unpublished PhD theses. Université de Genève. Online version.
18. HAEBERLIN, Y.; MORITZ, R. & FONTBOTÉ, L. (2002) - Paleozoic orogenic gold deposits in the eastern Central Andes and its foreland, South America. Ore Geology Reviews 22 (1-2): pp. 41-59.
19. HAEBERLIN, Y.; MORITZ, R.; FONTBOTÉ, L. & COSCA, M.A. (2004).- Carboniferous orogenic gold deposits at Pataz, Eastern Andean Cordillera, Peru: geological and structural framework, paragenesis, alteration, and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology. Economic Geology 99, pp. 73-112.

20. HIDALGO, L. (1998).- Características estratigráficas y mineralógicas de Pataz (Parcoy). Congreso Nacional de Minería, 2, Trujillo, PE, 26-29 Perú, Trabajos técnicos. Consejo Departamental de Lima y La Libertad, tomo 1, pp. 199-208.
21. HIDALGO, L., GRANDA, C. & TORPOCO, J. (1998).- Controles de mineralización en vetas de oro y características estratigráficas en el Batolito de Pataz - Mina Parcoy, norte del Perú. Tercer Simposium Internacional del Oro: Third International Gold Symposium, Conferencias. Lima: Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía, pp. 412-421.
22. JAILLARD, E., HÉRAIL, G., MONFRET, T., DÍAZ MARTÍNEZ, E., BABY, P., LAVENU, A. & DUMONT, J.F. (2000). Tectonic evolution of the Andes of Ecuador, Peru, Bolivia and northernmost Chile. In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A. & Campos, D.A., eds., Tectonic evolution of South America, 31st International Geological Congress, Río de Janeiro, 481-559.
23. KENTS, P. (1956).- Reconocimiento geológico de la región del Alto Marañón. Sociedad Geológica del Perú. Boletín, n. 30, pp. 211-216.
24. KIHLEN, A. (1997).- La Franja de oro-cobre del norte del Perú. En: Congreso Peruano de Geología, 9, Lima. Resúmenes extendidos. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 51-56.
25. MACFARLANE, A.; TOSDAL, R.; VIDAL, C. & PAREDES, J. (1999).- Geologic and isotopic constraints on the age and origin of auriferous quartz veins in the Parcoy mining district, Pataz, Peru. SEG, pp. 267-279.

26. MACKENZIE, W. & GUILFORD, C. Atlas de Petrografía – Minerales formadores de rocas en láminas delgadas. 124 p.
27. MACKENZIE, W.; DONALDSON, C. & GUILFORD, C. Atlas de Rocas Ígneas y sus Texturas. 144p.
28. MAQUE, A. (2007).- Evaluación y Clasificación de Recursos Minerales en la Veta Milagros de la Mina Parcoy, Provincia de Pataz Departamento de la Libertad. Tesis Ing., E.A.P. de Ing. Geológica, UNMSM, Lima, 170 p.
29. McDONOUGH, WF. (2013).- Treatise on Geochemistry, Vol. 2, pp. 547-568.
30. MEDINA. L.; LUQUE, G. & PARI, W. (2012).- Riesgo geológico en la región La Libertad. INGEMMET. Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n.50, 238 p.
31. MISKOVIĆ, A.; SCHALTEGGER, U. & CHEW, D. (2005).- Carboniferous plutonism along the Eastern Peruvian Cordillera: implications for the Late Paleozoic to Early Mesozoic Gondwanan tectonics. 6th International Symposium on Andean Geodynamics, Universidad de Barcelona 12-14 septembre 2005: extended abstracts. Paris: IRD Éditions 2005, pp. 508-511.
32. MISKOVIĆ, A.; SPIKINGS, R.; CHEW, D.; KOSLER, J.; ULIANOV, A.; SCHALTEGGER, U. (2009).- Tectonomagmatic Evolution of Western Amazonia: Geochemical Characterization and Zircon U-Pb Geochronologic

- Constraints from the Peruvian Eastern Cordilleran Granitoids. Geological Society of America Bulletin; n. 121; pp. 1298-1324.
33. MISKOVIĆ, A. (2009).- Magmatic Evolution of the Peruvian Eastern Cordilleran Intrusive belt: Insights into the growth of continental crust and tectonism along the proto-Andean Western Gondwanan. Tesis de Doctorado, Université de Genève, France, 267p.
34. ORCHE, E. (2001).- Manual de Geología e Investigación de Yacimientos Minerales. Segunda Parte. Prospección e Investigación de Yacimientos Minerales; pp. 187-292.
35. PALACIOS, O.; SANCHEZ, A. & HERRERA, F. (1995).- Geología del Perú. INGEMMET. Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional, n. 55, 177 p.
36. RAMOS, V.A., (2008).- The basement of the Central Andes: the Arequipa and related terranes. Annual Review on Earth and Planetary Sciences 36, pp. 289 - 324.
37. RANKAMA, K. & SAHAMA, TH. (1954).- Geoquímica. Aguilar, S.A. De Ediciones – Madrid. 791 p.
38. RIVERA, H. (2007).- Introducción a la Geoquímica General y Aplicada. 476 p.
39. ROMERO, J. (2010).- Evaluación de las propiedades mineras de Consorcio Minero Horizonte - Proyecto Oeste. 45 p.

40. ROSADO, F. (2010).- Controles de la Mineralización Aurífera, en las vetas del Yacimiento de Consorcio Minero Horizonte, del Batolito de Pataz, La Libertad Perú. Informe de Suficiencia, Escuela de Geología, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

41. SÁNCHEZ, A. (2006).- La Rocas Graníticas y la Mineralización Aurífera Asociada, en la Cordillera Oriental del Norte del Perú, 6°30' - 7°30's. Tesis de Maestría. Master Internacional Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Minerales. Red DESIR. 143 p.

42. SÁNCHEZ, A.; CARRASCO, S.; GALDÓS, J. & LIPA, V. (2006).- Geología del Batolito Gollón - Buldibuyo. INGEMMET. Dirección de Geología Regional. 188 p.

43. SCHREIBER, D.; FONTBOTÉ, L. & LOCHMANN, D. (1990).- Geologic Setting, Paragenesis and Physicochemistry of Gold Quartz Veins Hosted by Plutonic Rocks in the Pataz Region. *Economic Geology*. Vol. 85, pp. 1328-1347.

44. STEINMULLER, K. (1999).- Depósitos Metálicos en el Perú. Su Metalogenia, sus modelos, su exploración y su medio ambiente. 180 p.

45. TARNAWIECKI, M.C. (1926).- Monografía minera de la provincia de Pataz. Sociedad Geográfica de Lima. Boletín, vol. 43, pp. 165-182, 241-258.

46. TUMIALÁN, P. (1982) - Casos de exploración geológica en la pequeña minería. En: Banco Minero del Perú, VII ciclo. Lima: Banco Minero del Perú, 83 p.
47. TUMIALÁN, P. (2003).- Compendio de Yacimientos Minerales del Perú. INGEMMET, Boletín Serie B: Geología Económica, 10, 619 p.
48. VALENCIA, M.; SANTISTEBAN, A. & LOZADA, V. (2013).- Prospección Geológica-Minera Regional en la Región La Libertad. Proyecto GE 33. INGEMMET. Dirección de Recursos Minerales y Energéticos; Programa de Metalogenia. 204 p.
49. VIDAL, C.; PAREDES, J.; MACFARLANE, A. & TOSDAL, R. (1995).- Geología y metalogenia del distrito minero Parcoy, provincia aurífera de Pataz, La Libertad. Sociedad Geológica del Perú, 1995, pp. 351-377.
50. VILLARREAL, E. & RODRÍGUEZ, I. (2014).- Evaluación del Potencial Minero, una prioridad para ordenar el país. INGEMMET. Resumen. 4 p.
51. WILSON, J.; & REYES, L. (1964).- Geología del cuadrángulo de Pataz. INGEMMET. Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional, n. 9, 91 p.
52. WILSON, J.; REYES, L & GARAYAR, J. (1995).- Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari. INGEMMET. Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional, 60. 95 p.

53. WITT, K.; HAGEMANN, S.; VILLANES, C. & ZHENG, Q. (2012).- New geochronological results and structural evolution of the Pataz gold mining district: Implications for the timing and origin of the batholith-hosted veins: *Ore Geology Reviews*, 70p.
54. WITT, W.; HAGEMANN, S.; VILLANES, C. & OJALA, J. (2012).- Multiple Episodes and Styles Gold Mineralization in the Pataz Gold Mining District, Peru, 86 p.
55. ZARATE, H. (2006).- Estudio Geológico del Batolito de Balsas-Pataz-Buldibuyo. Ocurrencias de la mineralización en el área de estudio. Proyecto GR-5. INGEMMET. Dirección de Geología Regional. 53 p.
56. ZARATE, H. (2006).- Aspectos teóricos considerados en la clasificación de depósitos minerales en exploración minera aplicados al Batolito de Balsas – Pataz – Buldibuyo. 7 p.