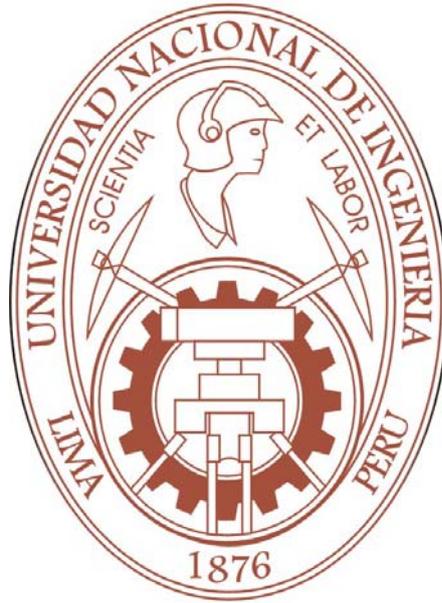


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y
METALÚRGICA
SECCION DE POSGRADO



**“CONTROL ESTRUCTURAL Y POTENCIAL EXPLORATORIO DEL
DISTRITO MINERO CONGA, CAJAMARCA - PERÚ”**

TESIS

PARA OPTAR EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN
INGENIERÍA GEOLÓGICA

PRESENTADO POR:
MARÍA LUZ MARQUINA ROBLES

LIMA, PERÚ

2009

INDICE

RESUMEN

ABSTRACT

AGRADECIMIENTOS

1. INTRODUCCION	15
1.1. ANTECEDENTES	15
1.2. UBICACIÓN Y ACCESO	16
1.2. PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	19
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	19
2. MÉTODOLOGIA y TÉCNICAS EMPLEADAS	19
2.1. EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE	19
2.2. TRABAJOS DE CAMPO	20
2.2.1. Mapeo	20
2.2.2. Toma de muestras geoquímicas	20
2.2.3. Programa de Perforación	20
2.2.4. Logueo de testigos	21
2.3. TRABAJOS ANALITICOS	22
2.3.1. Estudios Microscópicos	22
2.3.1.1. Litología	22
2.3.1.2. Alteración	25
2.3.1.3. Mineralogía	25
2.3.2. Revisión de Conceptos Fundamentales	27
2.3.2.1. Metamorfismo	27
a) Factores de metamorfismo	28
b) Retrometamorfismo	29
c) Comportamiento del agua en las facies metamórficas	29
d) Metamorfismo de contacto	30
d.1. Metamorfismo de contacto progresivo	30
d.2. Minerales más abundantes en rocas corneanas	30
d.3. Factores para la formación de aureolas	31
e) Metasomatismo	31
2.3.3. Análisis e interpretación de datos estructurales	33
2.3.3.1. Revisión de Conceptos Fundamentales	33
2.3.3.2. Modelo Estructural del área de trabajo	41
2.3.4. Análisis de resultados geoquímicos	44
2.4. Ubicación de Potencial Económico	45
3. GEOLOGÍA REGIONAL – LOCAL	46
3.1. UNIDADES MORFOESTRUCTURALES	46
3.2. UNIDADES GEOLOGICAS	47
3.2.1. Mesozoico	47
3.2.2. Cenozoico	49
3.2.3. Depósitos Cuaternarios	55
3.3. MAGMATISMO	55
3.3.1. Clúster de intrusivos porfiríticos con mineralización de Cobre, Oro y Molibdeno	55
3.4. GEOLOGIA DE LAS ÁREAS PROSPECTIVAS	55
3.4.1. Chailhuagón	56
3.4.2. Perol	58
3.4.3. Hualamachay – Ferruyoc	59
3.4.4. Amaro	61

3.4.5. Quinuapampa	61
3.4.6. Vizcacha	64
3.4.7. Quebrada Pencayoc	65
3.4.8. Cerro Huamangaga sur y alrededores oeste	66
4. CONTEXTO TECTÓNICO y MARCO ESTRUCTURAL ASOCIADO	69
4.1. CONTEXTO TECTONICO	69
4.2. MARCO ESTRUCTURAL ASOCIADO	72
4.2.1. Fallas	73
A. Sector sur	73
B. Sector norte	75
4.2.2. Pliegues	75
A. Plegamiento intenso	75
B. Plegamiento moderado a leve	75
4.2.3. Estructuras	75
A. Sistema N90° - 115°E	75
B. Sistema N80° - 260°E	76
4.3. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES ASOCIADAS A LAS ÁREAS PROSPECTIVAS	76
4.3.1. Borde NE – SW	76
4.3.2. Borde W	76
5. GEOQUIMICA DE AREAS PROSPECTIVAS y DEPOSITOS CONOCIDOS	79
5.1. Método Analítico	79
5.2. Geoquímica Superficial	81
5.2.1. Análisis Estadístico	81
A. Análisis de Histogramas	82
B. Análisis de Correlación	84
C. Análisis de Planos Geoquímicos	85
5.3. Geoquímica de Sondajes	89
5.3.1. Análisis Estadístico	89
A. Análisis de Histogramas	89
B. Análisis de Correlación	91
6. POTENCIAL EXPLORATORIO DEL DISTRITO MINERO CONGA	93
6.1. Selección de zonas estériles y mineralizadas	93
6.1.1. En interceptos de fallas	93
6.1.2. En interceptos entre lineamiento anular y pliegues/fallas	93
6.1.3. En interceptos de falla, zona de prolongación de eje sinclinal principal y Fallamiento NS	95
6.1.4. En zonas con alteración hidrotermal cercanas a zonas de falla	96
CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES	99
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	102
ANEXOS	
ANEXO I:	Resumen de estudios Microscópicos de los Proyectos Perol – Chailhuagon y Amaro, por Mark McComb & Silvia Rosas. 104,....,127
ANEXO II:	Imágen Satéltial Regional 129
	Secciones Geológicas AA´, BB´, CC´ y DD´ 130,....,133
	Secuencia Paragenetica de Logueo 134
	Columna Estratigráfica Local 135
ANEXO III:	Data geoquímica: superficial y taladros de perforación MST-13 y MST – 14 137
	Logueos de taladros ejecutados en este trabajo 148

RELACION DE FIGURAS

Fig. 1.1	Mapa de ubicación Regional del Proyecto Conga	17
Fig. 1.2	Mapa Fisiográfico, ubicación del área de trabajo y taladros ejecutados en esta etapa	18
Fig. 2.1	Contacto entre Diorita fina parduzca y Hornfels masivo parduzco	23
Fig. 2.2	MPE-90, 275m: Fotomicrografía de brecha compuesta de fragmentos líticos de skarn y abundante sulfuros	24
Fig. 2.3	MPE-90, 275m: Fotomicrografía mostrando galena intersticial y encapsulando granates. Foto con luz reflejada	24
Fig. 2.4	MPE-90, 275m: Fotomicrografía de marcasita rodeando calcopirita y esfalerita. Foto con luz reflejada	24
Fig. 2.5	MPE-90, 275m: Fotomicrografía de un grano de electrum junto a un grano de cobaltita en esfalerita	26
Fig. 2.6	MPE-90, 275m: Grano de hessita (AgTe) junto a un grano de empresita (AgTe) en esfalerita	26
Fig. 2.7	MPE-90, 275m: Teluluro de Bismuto y Plata no identificado	26
Fig. 2.8	Clasificación de Rocas Metamórficas según Winkler	27
Fig. 2.9	Límites de Metamorfismo según la temperatura y el contenido de agua	28
Fig. 2.10	Esquema de Presión de confinamiento a nivel granular	29
Fig. 2.11	Formación de minerales metamórficos retrogradados	30
Fig. 2.12	Tipos de Falla y su orientación respecto de los ejes principales de estrés (Modificado de Twiss & Moores, 1992)	33
Fig. 2.13	Esquema de una gran zona de cizalla y rocas asociadas. Transición dúctil – frágil en líneas verticales	34
Fig. 2.14	Modelos de deformación a, b, c, d, explicando el origen de estructuras secundarias a lo largo de una falla de rumbo	35
Fig. 2.15	Gráficos a, b, c, ilustrando modelos de deformación continua en una porción de la materia	36
Fig. 2.16	Esquema de fracturas de segundo orden en una falla dextral	36
Fig. 2.17	Sentido de desplazamiento y efectos en la superficie pre y post ruptura	37
Fig. 2.18	Grietas que pueden servir de despegue entre bloques, sub-sequentemente rotan en la zona de cizalla, estilo domino	38
Fig. 2.19	Fallas entre bloques que tienen sentido opuesto a la zona de cizalla	38
Fig. 2.20	Nuevo conjunto de cizallas (P-shear) en ruptura	38
Fig. 2.21	Tipos de fallas profundas	39
Fig. 2.22	Sistemas de Fallas dextral y sinextral con inflexiones y saltos	39
Fig. 2.23	Formación de una depresión (pull apart) y un levantamiento (push up)	40
Fig. 2.24	Estructuras secundarias que generan una cuenca y un levantamiento	40
Fig. 2.25	Transpresión y transtensión en fallas de rumbo curvadas	40
Fig. 2.26	Zonas favorables y desfavorables para la exploración en un sistema de fallas	41
Fig. 2.27	Variación en la potencia de una intrusión con los cambios en el rumbo de una falla dextral	41
Fig. 2.28	Foto satelital, mostrando el lineamiento anular y la deformación interior tipo pull apart	42
Fig. 2.29	Foto satelital Distrital, Mirando al Este. Mostrando el plegamiento intenso, tipo sinclinatorio, dentro de la Unidad de deformación anular	43
Fig. 3.1	Unidades Morfo-estructurales a lo largo de la Cadena Andina Peruana	46
Fig. 3.2	Mapa estructural Distrital y Sección NE, de rumbo SW – NE en el Proyecto Galeno	47
Fig. 3.3	Foto de horizonte de Base Surge con trozos heterométricos astillados de troncos de árboles carbonizados. Base de acceso en Hualamachay oeste	50
Fig. 3.4	Fragmento de tronco de árbol carbonizado en flujo piroclástico de cristales y líticos, de composición dacítica	51
Fig. 3.5	Secuencia piroclástica fina con troncos de árboles bien conservados	51
Fig. 3.6	Perfil de secuencia de flujos piroclásticos de grano fino, en talud de acceso a Hualamachay oeste	52
Fig. 3.7	Mapa litológico	53
Fig. 3.8	Mapa de alteraciones	54

Fig. 3.9	Naciente de quebrada Chirimayo, mostrando contacto entre flujos piroclásticos riódacíticos y basamento Cretácico, ambos presentan paquetes colapsados hacia la quebrada	59
Fig. 3.10	Horizonte de Base Surge oxidado y fractura con limonitas	60
Fig. 3.11	Contacto entre diorita gruesa argilizada y diorita fina propilitizada	60
Fig. 3.12	Sección NS mirando al W, modelo geológico Amaro según grupo de exploraciones	61
Fig. 3.13	Contacto entre diorita Mishacocha y calizas Chulec – Pariatambo. Foto tomada al pie de laguna Mishacocha	62
Fig. 3.14	Secuencia calcárea clástica intensamente silicificada	63
Fig. 3.15	Brecha tectónica – hidrotermal en secuencia calcárea Chulec	64
Fig. 3.16	Brecha Freatomagmatica en afloramiento Pampa Chica	65
Fig. 3.17	Foto Panorámica mirando al sur, afloramiento cerro Pencayoc	65
Fig. 3.18	Lahaar en margen izquierda de río Lluspioc, sobre horizonte de flujo piroclástico riódacítico	66
Fig. 3.19	Lahaar con mega bloque de diorita gruesa dentro de material fino riódacítico	67
Fig. 3.20	Lahaar con fragmentos de tronco de árboles intemperizado, en acceso a Quengorrio	68
Fig. 4.1	Marco Tectónico del Perú	71
Fig. 4.2	Marco Tectónico de los Andes Peruanos del Norte del Perú y el Distrito de Cajamarca	72
Fig. 4.3	Imagen satelital mostrando la disposición de sus rocas componentes en Unidad de deformación anular	74
Fig. 4.4	Imagen satelital de canto mostrando la topografía elevada de la unidad de deformación anular	74
Fig. 4.5	Foto Mirando al sur. Pantano Perol y anticlinal Alforjacochoa	77
Fig. 4.6	Foto mirando al oeste. Pantano Perol y flanco norte de sinclinal Chirimayo	77
Fig. 4.7	Mapa Estructural de la zona de trabajo	78
Fig. 5.1	Modelos de Histogramas existentes	82
Fig. 5.2	Histograma de Au en muestras de superficie	83
Fig. 5.3	Histograma de Cu en muestras de superficie	83
Fig. 5.4	Histograma de Mo en muestras de superficie	83
Fig. 5.5	Histograma de Pb en muestras de superficie	84
Fig. 5.6	Histograma de Zn en muestras de superficie	84
Fig. 5.7	Análisis de correlación entre metales base en superficie – Hualamachay	85
Fig. 5.8	Mapa geoquímico de Au (ppm) y anomalías conocidas	86
Fig. 5.9	Mapa geoquímico de Cu (%)	87
Fig. 5.10	Mapa geoquímico de Mo (ppm)	88
Fig. 5.11	Histograma de Au en sondajes – Hualamachay	89
Fig. 5.12	Histograma de Cu en sondajes – Hualamachay	89
Fig. 5.13	Histograma de Mo en sondajes – Hualamachay	90
Fig. 5.14	Histograma de Ag en sondajes – Hualamachay	90
Fig. 5.15	Histograma de Pb en sondajes – Hualamachay	90
Fig. 5.16	Histograma de Zn en sondajes – Hualamachay	91
Fig. 5.17	Análisis de correlación entre Au y metales base en sondajes MST-13 a MST-23	91
Fig. 5.18	Análisis de correlación entre Au y Sb/Se, As/Te, Tl y Hg en sondajes MST-13 y MST-14	92
Fig. 5.19	Análisis de correlación entre Au y Te, As/Se, Sb, Hg y Tl en sondaje MST-20	92
Fig. 6.1	Vista Panorámica mirando al este de brecha freatomagmática junto a anomalía XIV	95
Fig. 6.2	Modelo geológico propuesto para anomalía XIV	95
Fig. 6.3	Mapa de Anomalías Propuestas (verde) y conocidas (morado)	98

RELACION DE CUADROS

Cuadro 2.1	Resumen de muestras tomados en el Distrito Minero Conga a fines del 2008	20
Cuadro 2.2	Resumen de Taladros ejecutados en el Distrito Minero Conga a fines del 2008	20
Cuadro 2.3	Relación de taladros ejecutados por el área de Geología en Programa de Esterilización Fase I. Fines de 2007 a Junio 2008	21
Cuadro 2.4	Resumen de características geológicas y geoquímicas de los 15 taladros Ejecutados	22
Cuadro 2.5	Minerales de retrogresión comunes en diferentes categorías de rocas Metamórficas	32
Cuadro 2.6	Rangos de valores geoquímicos de Oro, Cobre y Molibdeno	44
Cuadro 3.1	Reservas Probadas y Probables en Proyecto Conga (2005)	56
Cuadro 3.2	Resumen de alteraciones hidrotermales en el Proyecto Conga	57
Cuadro 3.3	Resumen de tipos de brechas en el Proyecto Conga	58
Cuadro 4.1	Resumen de evolución estructural en el Proyecto Amaro y eventos volcánicos asociados	75
Cuadro 5.1	Resumen de tipos de análisis químicos usados por el Laboratorio SGS en muestras geoquímicas, en la determinación de oro – cobre, metales base asociados y otros	79
Cuadro 5.2	Resumen de análisis estadístico en 111 muestras de superficie – Hualamachay	82
Cuadro 5.3	Resumen de análisis estadístico en 11 sondajes: MST-13 a MST-23	89

NOMENCLATURA

As: Arsénico
PL: Presión Litostática
PF: Presión del Fluido
Te: Teluro
Tl: Talio
Sb: Antimonio
Se: Selenio

MARÍA LUZ MARQUINA ROBLES
Telfs: 226 – 8294 – Cel. 975158868
marymarquina@yahoo.com



RESUMEN

Geóloga Senior con experiencia en yacimientos auríferos de alta sulfuración, pórfidos de cobre – oro, y depósitos de skarn asociados a mineralización en pórfidos. Capacidad de síntesis en el análisis de datos y demás herramientas geológicas aplicables a la generación de proyectos en los diferentes tipos de yacimientos. Liderazgo y trabajo en equipo, facilidad de adaptación, integración y empatía en el trato con comunidades campesinas.

EXPERIENCIA PROFESIONAL

NEWMONT PERU

Geóloga Senior

2005 - 2009

i) Geología Mina: Trabajos de: logueo, muestreo, supervisión de perforación, mapeo y modelamiento. Proyecto Conga (Pórfido de cobre – oro) & Mina Yanacocha (Depósitos de oro tipo alta sulfuración).

* Aporte significativo en la reinterpretación del modelo geológico de los Depósitos Porfiríticos del Distrito Minero Conga, como resultado de una intensa campaña de re-logueo.

* Empatía y buenas relaciones humanas con las diferentes áreas de soporte a los programas de geología, haciendo uso de una comunicación eficiente y oportuna.

ii) Geología Exploraciones: Trabajos de mapeo relogueo, modelamiento, y muestreo rocas y suelos. Proyectos La Carpa & Aurora Patricia (Pórfidos de cobre – oro).

* Finalización de la primera etapa de trabajo exploraciones en el Proyecto “La Carpa”, con la ejecución de un acceso carrozable de 2.5 km, y la participación coordinada de 12 comunidades campesinas, manteniendo gastos dentro del presupuesto asignado.

* Mapeo y evaluación del Proyecto Aurora Patricia.

MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.

Geóloga de Proyecto

2003 – 2004

Reportando al Gerente de exploraciones Norte. Geóloga de exploraciones regional, en depósitos de oro epitermal en el norte del Perú. Geóloga de exploraciones distrital, alrededor de Mina Alto chicama – La Libertad.

* Líder de Proyecto de exploración distrital. Análisis y evaluación de numerosos prospectos de oro epitermal en el norte del Perú.

ANGLOGOLD EXPLORACION PERU S.A.C.

Geóloga de Proyecto

2002 – 2003

Reportando al Gerente General. Proyecto “La Rescatada” – Puno.

Aporte en mapeo geológico regional y de detalle, Programas de perforación diamantina, Interpretación geológica y modelamiento.

BHP BILLITON TINTAYA S.A.

Geóloga de Exploraciones Tajo

2000 – 2001

Reportando al Jefe de Geología. Mapeo de afloramientos y bancos, logueo, modelamiento é interpretación de secciones, supervisión de perforación en Mina Tintaya (Skarn

de cobre). Conocimiento de ISO 14001 y participación en el proceso de obtención del Premio NOSCAR (noviembre 2001).

NORTH CIA. MINERA S.A.

Geóloga de Proyecto

1997 – 2000

Reportando al Líder de grupo de exploración regional. Mapeo geológico a escala Regional y Distrital, prospección geoquímica (rocas y suelos). Generación de Proyectos en sistemas epitermales de oro en el sur del Perú.

* Líder de Proyecto de oro epitermal “Mónica Lourdes” y miembro del Proyecto “Iñahuato” - Ayacucho.

NEWMONT PERU LIMITED

Geóloga Junior

1994 – 1997

Reportando a Líder de grupo de exploración Regional. Trabajos en el norte, centro y sur del Perú. Mapeo, manejo de base de datos, PIMA, logueo y supervisión de perforación.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

1989 – 1994

Docente en la Facultad de Geología, Minas y Metalurgia (FIGMM). Cursos: Petrografía y Geología General.

EDUCACION

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) – Lima – Perú

* Maestría en Geología.

2009

* Grado de Ingeniero Geólogo.

1987

* Estudios en geología y grado de Bachiller en Geología.

1979 – 1984

AFILIACIONES PROFESIONALES

* Society of Economic Geologist (SEG),

2007

* Society for Geology Applied to Mineral Deposits

2007

* Colegio de Ingenieros del Perú, Registro No. 34265

1988

* Sociedad Geológica del Perú

1983

MARÍA LUZ MARQUINA ROBLES
Tels: 226 – 8294 – Cell. 975158868
marymarquina@yahoo.com



SUMMARY

Senior Geologist with experience on high sulfidation gold deposits, copper – gold porphyries, and skarn deposits related to porphyries mineralization. With great synthesis skills on data analysis and the use of other geological tools applicable to Project generation at different kinds of deposits. Professional who can easily adapt to any work environment. Her leadership and team work abilities guarantee a full integration and empathy on dealing with the peasants communities.

PROFFESIONAL EXPERIENCE

NEWMONT PERU

Senior Geologist

2005 - 2009

i) Mine Geology: logging, sampling, drilling supervision, mapping and modeling. Conga Project (gold – copper porphyry) & Yanacocha Mine (high sulfidation gold deposit).

* Significant contribution to the geologic model reinterpretation of porphyry deposits in the Conga Deposit, as a consequence of a strong relogging campaign.

* Efficient, timely and productive use of communication skills in order to establish excellent contact and relations with the different areas supporting the geology programs.

ii) Exploration Geology: mapping, relogging, modeling, rock and soil sampling. La Carpa & Aurora Patricia Projects (copper – gold porphyries).

* Fulfillment of the first stage of exploration activities at “La Carpa” Project, including the construction and implementation of 2.5 km of road, and the participation of twelve communities. Budget control and management.

* Mapping and evaluation of Aurora Patricia Project.

MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.

Project Geologist

2003 – 2004

Report to the Exploration Manager, northern region. Responsible of regional explorations at epithermal gold deposits in the north of Peru. Responsible of district explorations around Alto Chicama Mine – La Libertad.

* Project Leader for district exploration. Analysis and evaluation of several epithermal gold Prospects in the north of Perú.

ANGLOGOLD EXPLORACION PERU S.A.C.

Project Geologist

2002 – 2003

Report to the General Manager. “La Rescatada” Project – Puno.

Contribution to the regional and detailed geological mapping, drilling programs, Geologic interpretation and modeling.

BHP BILLITON TINTAYA S.A.

Open-pit exploration geologist

2000 – 2001

Report to the Geology Chief. In charge of outcrop and bench mapping, logging, modeling and cross-section interpretation, drilling supervision (copper skarn deposit) in Tintaya Mine.

Knowledge of ISO 14001 practices. Active participation in order to obtain the NOSCAR award (2001 November).

NORTH CIA. MINERA S.A.

Project geologist

1997 – 2000

Report to the Regional Exploration Team Leader. Responsible of district and regional geologic mapping and geochemical prospection on rocks and soils. Project generation at epithermal gold systems on the south of Peru.

* Leader of “Mónica Lourdes” Project for epithermal gold system and member of “Iñahuato Project”. Ayacucho – Peru.

NEWMONT PERU LIMITED

Junior geologist

1994 – 1997

Report to the Leader of the Regional exploration team. Working in the northern, central and southern areas of Peru. Mapping, use of own data base, PIMA, logging and drilling supervision.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

1989 – 1994

Professor at the College of Geological, Mining & Metallurgical Engineering of the National University of Engineering, Lima - Peru. Subjects: Petrography and General Geology.

EDUCATION

National University of Engineering (UNI) – Lima – Perú

* Master on Geology Sciences

2009

* Engineer degree as geologist

1987

* Geology studies and Bachelor degree on Geology

1979 – 1984

PROFESIONAL AFFILIATIONS

* Society of Economic Geologist (SEG),

2007

* Society for Geology Applied to Mineral Deposits

2007

* Colegio de Ingenieros del Perú, Registro No. 34265 (Peruvian Association of Engineers, Reg.: 34265).

1988

* Sociedad Geológica del Perú (Peruvian Society of Geology)

1983

“MANTENED LA VERDAD EN VUESTRO CORAZON Y DEJADLA QUE HABLE A TRAVES DE VUESTRO TRABAJO. EL CONOCIMIENTO ENTONCES SERA VUESTRA FUERZA; LA FE VUESTRA ESPADA Y EL SILENCIO VUESTRA ARMADURA QUE NO PUEDE SER QUEBRADA. ASÍ OS CONVERTIREIS EN EL CONQUISTADOR DE TODAS LAS COSAS”.

M.H.

Este trabajo va dedicado a: Mi Maestro y guía, Dr. ROBERT T. BROWN, a mi madre por haber dedicado su vida a apoyarme, a la memoria de mi padre y a mis queridos hijos, que son el soporte y la razón de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

“GRACIAS A DIOS”, por darme la vida y haberme puesto en el camino de la geología. Mi sincero agradecimiento a la Empresa Newmont Perú, que me dio la oportunidad de iniciarme en el área de exploraciones; a la empresa Minera Yanacocha SRL, por darme la oportunidad de trabajar con ellos é incrementar mi experiencia laboral, a Lloyd Mc Evers y Brian Arkell por permitirme hacer de uno de mis trabajos asignados, mi tema de tesis de Maestria. A Chris Clode, Jerry Mohling y César Velazco por su constante confianza en mi trabajo. A mis amigos Hernando Terrones, Luis Ruiz, Roger Riquelme, Jorge Huamán, Vanesa Tantalean, Lucia Campos, Alberto Gutierrez por su apoyo moral y logístico. A los muestreros y trabajadores del campamento Conga (Aramark y Forza) por su apoyo desinteresado, cariño y respeto.

Al Ing. Andrés Quiroz Díaz por su tiempo y sugerencias en la revisión de mi trabajo de campo. Al Dr. César Vidal por sus sugerencias y soporte en continuar con el tema de tesis. Al Ing. Miguel Zulueta por enseñarme y facilitarme el uso del programa estadístico “Minitab”. Al Ing. Terence Api por facilitarme información de análisis químicos de muestras. A mis colegas y amigos: Wolfgang Morche, Teresa Guevara por sus sugerencias y apoyo logístico.

Mi agradecimiento sincero a Jorge Garro, gran apoyo en la digitalización y culminación de los planos adjuntos.

A mis asesores: Drs. José Macharé, Rolando Carrascal y Humberto Chirif, por la revisión, correcciones y sugerencias para presentar este trabajo.

RESUMEN

El área trabajada comprende aproximadamente 35 km², se encuentra ubicada al NNW del campamento Conga, Distrito de Celendín, Departamento de Cajamarca, Norte del Perú; en los extremos N y W de los Pórfidos de Au-Cu Chailhuagon y Perol. Los trabajos de campo se realizaron de Octubre 2007 a Mayo 2008, dentro de la Fase I del programa de esterilización. Incluyó la ejecución de 15 taladros de perforación para definir áreas estériles donde se tiene programado construir la infraestructura de mina y campamentos para el Proyecto Conga.

El área trabajada se ubica básicamente, al oeste y norte del campamento Conga, forma parte de un lineamiento anular en cuyos bordes y asociados a interceptos de falla, se alinean una serie de intrusivos de variada composición dentro del cual se encuentran los pórfidos Chailhuagon y Perol. Las fallas NE, ubicadas en los extremos noreste y suroeste del lineamiento anular evidencian un sistema de fallas tipo pull-apart, donde las rocas sedimentarias han sido afectadas por fallas escalonadas normales a lo largo de sus estratos, de rumbo NW a EW. Este sistema de fallas ha sido afectado por "Fallas de transferencia NS", las cuales han definido varias unidades ó sectores estructurales caracterizados por cambios de rumbo en los sistemas de fallas. La secuencia Cretácica se encuentra intensamente plegada formando un megasinclinorio de rumbo EW y afectado por fallamiento inverso. La quebrada Pampa chica – falla regional NS, divide el área que comprende el lineamiento anular en dos bloques geológicos, en el bloque oeste afloran rocas desde la Formación Yumahuall, al este y al mismo nivel tenemos rocas más antiguas: Formación Chulec, que evidencian un levantamiento estructural que además ha sufrido una mayor erosión y dinámica geológica. En este bloque se encuentran los pórfidos Chailhuagon y Perol, asociados a interceptos estructurales y parcialmente cubiertos por flujos Piroclásticos de la Formación Huambos, cuya posible fuente de emisión se ubica en el Cerro Ferruyoc, cerca a la naciente de la quebrada Chirimayo.

Las Formaciones carbonatadas Yumahuall y Mujarrun están ampliamente expuestas en la zona y constituyen la roca encajonante de los Pórfidos granodioríticos Perol y Chailhuagon. En las calizas plegadas o asociadas a fallas se encuentran: brechas Kársticas, cavernas y silicificación con malaquita, limonitas y en algunos casos jasperoides. En la cabecera de la quebrada Chirimayo se encuentran intrusiones diversas con evidente alteración hidrotermal: Diorita porfirítica de grano grueso y otra fina, esta última se encuentra hornfelizada ó cloritizada con mineralización débil a moderada de sulfuros: pirita, calcopirita, covelita. Sobre el basamento Cretácico se tiene una secuencia de flujos piroclásticos dacíticos a riódacíticos como primer evento piroclástico, sobre ésta, una posterior secuencia de flujos piroclásticos andesíticos, los cuales están posiblemente asociados a un centro volcánico tipo estrato volcán, monoclinial y parcialmente erosionado, ubicado en la coordenada: 789000E, 9236000N; donde los fragmentos de los flujos piroclásticos andesíticos son de tamaño variable (cristales, líticos finos a mega bloques, lapillis acrecionales). Los flujos piroclásticos riódacíticos están homogéneamente compuestos de cristales y lapilli. En su base y en contacto con las calizas se observa una secuencia fina de oleadas piroclásticas "Base Surge" con fragmentos de troncos de árboles carbonizados, esparcidos irregularmente y de tamaño variable (<1.5 m), evidencias que nos hace pensar que la fuente de estos flujos piroclásticos es cercana.

La alteración en los flujos piroclásticos riódacíticos, encajonantes a los pórfidos PQF gradan de: cuarzo-cloritas-epidota-pirita a cuarzo-arcillas-alunita. Los flujos piroclásticos andesíticos tienen algunos fragmentos de: pórfido PQF con débil presencia de malaquita en micro-fracturas, y de flujos piroclásticos riódacíticos; esto evidencia su posterior formación al evento ácido. Las rocas carbonatadas y dioritas presentan un halo de mármol y skarn o hornfels alrededor de los pórfidos.

El objetivo de este trabajo es proponer zonas de mineralización económica cercana a superficie ó nuevos pórfidos de Oro – Cobre, posiblemente ocultos o cercanos a superficie como los depósitos Perol y Amaro (Norte de Perol). En el área de trabajo se ha identificado 14 posibles zonas con potencial exploratorio, asociados a intersección de fallas, zonas de alteración, débil a moderada anomalía geoquímica en Oro y Cobre, y una débil anomalía geofísica.

ABSTRACT

The area considered for the present study covers 35 km², approximately, and is located to the NNW of the Conga Camp, District of Celendín, Department of Cajamarca, Northern region of Peru; to the N and W sides of the Perol and Chailhuagon Au – Cu porphyries. The field work was carried out from October 2007 to May 2008, as part of Phase I of the Sterilization Program. It included the execution of 15 DDH, to define barren areas where the company aims to build the mine infrastructure and more camp sites for the Conga Project.

The area is mainly located to the west and north of the Conga Camp. There, being part of an annular lineament, we can find several intrusives with different compositions in the external sides and areas related to fault intercepts. The Perol and Chailhuagon deposits are part of these intrusives. The NE faults, located to the northeastern side of the annular lineament show a “pull apart” fault system, where the sedimentary rocks have been affected by normal staggered faults along its beddings (strike: NW to EW). This fault system was affected by “NS Transference Faults”, which helped define several structural units characterized by strike changes on the faults system. The Cretaceous sequence is strongly folded forming a Megasyntorium with an EW strike and it is also affected by reverse fault. The area inside the annular lineament is divided in two geological blocks by The Pampa chica creek – NS regional fault. On the west block, some rocks can be seen from the Yumahu Formation, and to the east, and at the same level, we have older rocks, called Chulec Formation, which shows a structural uplifting suffering more erosion and geological dynamics. At this last block, there are the Chailhuagon and Perol deposits. They are related to structural intercepts and partially covered by pyroclastic flows from Huambos Formation, whose possible source can be located in the Ferruyoc Hill, close to the point where the Chirimayo creek starts.

The Yumahu and Mujarrun Carbonate Formations constitute extensive outcrops at the zone and are considered as the host rocks of the Chailhuagon and Perol granodioritic porphyries. In the folded limestones or the ones related to faults there are: Karts breccias, caves and silicification with malachite, limonites and even jasperoids. Where the Chirimayo creek starts, there are several intrusives with hydrothermal alteration: porphyritic Diorite of coarse grain and another of fine grain. The last one has been hornfelsized or chloritized through a weak to moderate sulfide mineralization: pyrite, chalcopyrite, covellite. On the Cretacic layer there is a dacitic to riodacitic pyroclastic flows sequence of flows as the first pyroclastic event; and, after this, there is an andesitic pyroclastic sequence of flows, which is possibly associated to a strato volcano center, monoclinical and partially eroded (coordinates: 789000E, 9236000N). At that point pyroclastic flow fragments have different sizes (crystals, fine lithics to mega blocks, accretional lapilli), and the riodacitic pyroclastic flows have an homogeneous composition of crystals and lapilli fragments. Here we can observe a fine sequence of “Base Surge” with carbonized tree fragments, irregularly disseminated and with different sizes (<1.5 m) at its base and at contact with limestone. This evidence permits us to think that the source of this pyroclastic flow is close to it.

The alteration at the riodacitic pyroclastic flows hosting (the PQF porphyries litocap) ranges from: quartz-chlorite-epidote-pyrite to quartz-clays-alunite. The andesitic pyroclastic ones have some fragments of porphyry with a weak presence of malachite in micro-fractures, and of riodacitic pyroclastic flows, evidence of a later formation relative to the acid event. The carbonate rocks and diorites show a marble and skarn halo or hornfels around the porphyries.

The main goal of this research work is to propose the economic mineralization of zones close to the surface, or new gold-copper porphyries, possibly hidden or near to the surface, similarly to the Perol and Amaro deposits (Amaro is to the north of Perol). We have identified 14 possible zones of great potential for explorations, which are associated to faults intercepts, alteration zones, weak to moderate geochemical anomaly in gold and copper, and a weak geophysical anomaly.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

El Distrito Minero Conga es un área económicamente importante debido a la presencia de varios depósitos tipo pórfido de Oro – Cobre, como es el caso de Chailhuagon, Perol, Hualamachay, y Amaro con altas leyes de Au en una relación de 3 a 1.

Estos depósitos están asociados a interceptos de fallas, además de un mega lineamiento anular, dentro del cual se encuentra 2 centros volcánicos de la Formación Huambos: Cerro Ferruyoc con emisión de flujos piroclásticos ácidos y hacia el borde norte del lineamiento anular otro de composición andesítica. Los interceptos de falla han generado zonas de apertura, favorables para el emplazamiento de intrusivos, los cuales son de composición y edad variada, dentro de los cuáles tenemos los intrusivos Miocénicos tipo granodiorita en Perol y Chailhuagon, con mineralización de sulfuros de cobre con contenido de Oro, típicos de un pórfido de cobre, donde el nivel de óxidos y transición es escaso.

Este trabajo está basado en el análisis del mapeo a detalle y demás herramientas geológicas; con especial énfasis en el simple análisis estructural – objetivo y la aplicación de los conceptos básicos. La agresiva erosión en la zona expone ampliamente el basamento Cretácico que nos ha permitido identificar la intensa deformación en la zona.

Hacia el norte y oeste de los depósitos Chailhuagon y Perol se encuentra una secuencia de flujos piroclásticos riolacíticos a andesíticos además de brechas Kársticas en calizas masivas con evidente alteración hidrotermal asociada a: intrusivos cercanos, interceptos de falla, débil anomalía geoquímica y geofísica que pueden ser indicativos de pórfidos ocultos. Motivo por el cual se realizó este trabajo.

1.1. ANTECEDENTES

Los trabajos de exploración previos al presente trabajo, realizados alrededor del Proyecto Conga, definieron algunas anomalías geoquímicas aisladas, relacionadas tímidamente a: algunas anomalías magnéticas y alteración hidrotermal en el basamento Cretácico y rocas magmáticas.

La ubicación de los depósitos Chailhuagon, Perol y Amaro, siguiendo un aparente lineamiento NS, la presencia de depósitos Porfiríticos ubicados al oeste de la Mina Yanacocha, despertaron el interés de varios tesis en la investigación de este Distrito metalogenético, tales como: Tesis doctoral de Davies (2002) “ Tectonic, Magmatic and Metallogenic Evolution of the Cajamarca Mining District, Northern Perú”; Tesis doctoral de Tony Longo (2005) “Evolution of Volcanism and Hidrotermal activity in the Yanacocha Mining District, Northern, Perú”. Existen también importantes publicaciones como la de: Lewis B. Gustafson (2004) “Porphyry - Epithermal Transition, Cajamarca Region, Northern Perú”, Davies & Willian (2005) “The Galeno and Michiquillay Cu-Au-Mo Deposits: geological description and comparison of miocene porphyry systems in the Cajamarca district, northern Perú”

En diciembre 2007, el área de Geología Mina en coordinación con el área de Proyectos inició la primera campaña de perforación, con el objetivo de definir zonas estériles en los alrededores oeste y norte de los depósitos Chailhuagon y Perol, donde el área de Proyectos había diseñado la infraestructura de mina para el Proyecto Conga. Debido a la presencia de una variedad de estructuras con alteración argílica avanzada, de rumbo EW en la zona de Ferruyoc y la falta de muestreo geoquímico en esa zona, se inició una campaña de muestreo superficial y mapeo a detalle, en donde además se ubicaron los 14 taladros de perforación ampliamente distribuidos.

Debido a la presencia de varias anomalías locales en oro y cobre asociado a sistemas porfiríticos en los alrededores del este de Chailhuagón y oeste y norte de Perol se tuvo especial cuidado en el mapeo y análisis estructural que nos pueda ayudar a ubicar zonas prospectivas tipo pórfido cerca a superficie.

1.2. UBICACIÓN y ACCESO

El Distrito Minero Conga se ubica en la cadena Occidental de los Andes del Norte del Perú, Departamento de Cajamarca, y al noreste de la ciudad de Cajamarca y Mina Yanacocha a una distancia aproximada de 29.2 y 18.3 Km respectivamente (Fig. 1.1)

El Proyecto Conga se encuentra entre dos distritos, el lado norte formado por el depósito Perol pertenece al Distrito de Celendín (Carta Geológica Nacional de Celendín 14 g), el lado sur formado por el depósito Chailhuagon pertenece al Distrito de La Encañada.

La zona de trabajo es accesible de 2 maneras, hasta la ciudad de Cajamarca:

1. Vía aérea, arribando al Aeropuerto Gral. Armando Revoredo Iglesias, el vuelo Lima – Cajamarca tiene una duración aproximada de 1hr 25 minutos.
2. Vía Terrestre, haciendo el siguiente recorrido: Lima – Trujillo – Pacasmayo – Chilate – San Juan – Ciudad de Cajamarca.

De la ciudad de Lima a la ciudad de Cajamarca existen 856 kms por la carretera Panamericana Norte. De la ciudad de Cajamarca al campamento Conga, ubicado cerca al depósito Chailhuagón, se tienen 3 rutas siendo la más directa: Cajamarca – Combayo – San Nicolás – Campamento Conga, el tiempo promedio estimado es 1hr 30 minutos.



Fig. 1.1 Mapa de ubicación Regional del Proyecto Conga

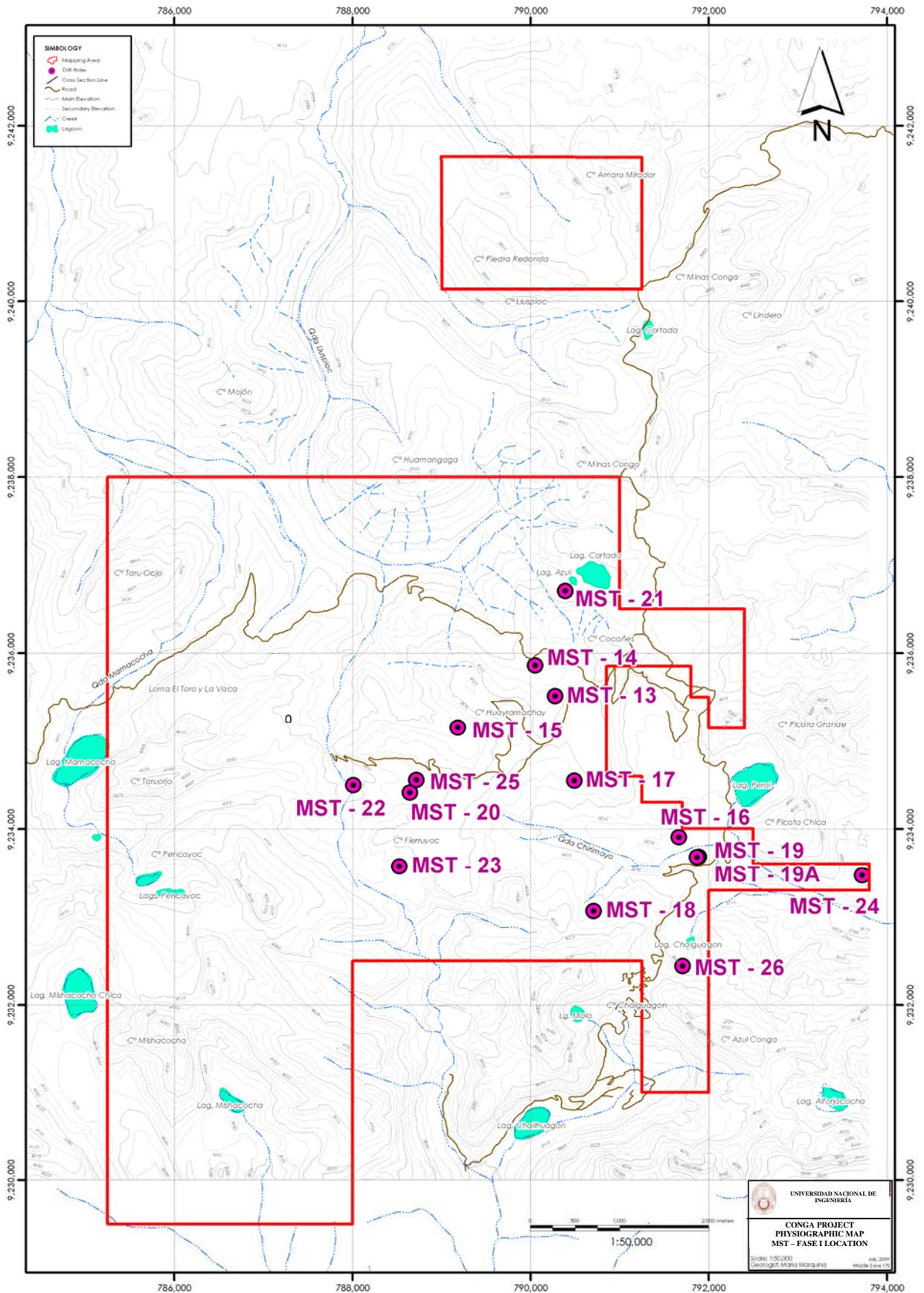


Fig.1. 2 Mapa Fisiográfico, ubicación de área de trabajo y taladros ejecutados en esta etapa. Oficina cómputo MYSRL.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Se ha identificado varios lineamientos, pliegues anticlinales - sinclinales y fallas cuya combinación controla el emplazamiento de varios tipos de intrusiones magmáticas, desde Diorita a Granodiorita – Dacita con típica mineralización de pórfido de cobre – oro. De los cuales se conoce los depósitos Chailhuagón, Perol, Amaro y Hualamachay, ubicados al noreste de la Mina Yanacocha.

A excepción de Chailhuagón, los otros depósitos se encuentran tímidamente expuestos en superficie y poco se conocía del mapeo a detalle de los afloramientos que unen estos depósitos con sus alrededores y su posible continuidad estructural asociada. Se ha detectado aisladas anomalías geoquímicas con mineralización de cobre secundario expuesto en los flujos piroclásticos riódacíticos y diorita fina; cuya geocronología no se conoce con exactitud.

El presente trabajo de tesis pretende mostrar el mapeo a detalle de los alrededores de los depósitos Conga y determinar su relación con los rasgos estructurales encontrados, basada en los patrones geológicos encontrados en Chailhuagón y Perol, y sugerir la presencia de posibles pórfidos de Cobre – Oro ocultos bajo la cobertura de flujos piroclásticos o basamento Cretáceo alterado, en base al análisis de algunas herramientas geológicas favorables, materia de esta tesis.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.4.1. Objetivos Generales

Mejor entendimiento de la relación estructural y el emplazamiento de Pórfidos mineralizados conocidos dentro del Distrito Minero Conga, para usarlos posteriormente como guías en la ubicación de nuevos pórfidos mineralizados cercanos a superficie.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Definir las diferentes unidades litológicas: secuencias sedimentarias, fases intrusivas, unidades de brechamiento importante y rocas volcánicas expuestas en la zona.
- Definir las alteraciones hidrotermales dentro de las diferentes unidades litológicas, que puedan estar asociados a mineralización económica, específicamente a posibles pórfidos de oro - cobre cercano a superficie.
- Encontrar la relación existente entre el tectonismo y la formación de Pórfidos mineralizados y no mineralizados
- Reconstruir la secuencia de eventos geológicos dentro del Distrito Minero Conga.

CAPITULO 2

METODOS DE TRABAJO

El trabajo se realizó desde fines de Setiembre 2007 a Junio de 2008. A fines de Setiembre del 2007 se inició un muestreo geoquímico superficial complementario al ya existente, especialmente en zonas donde era escaso el registro geoquímico. Ejemplo: en unas estructuras de rumbo EW en la zona de Hualamachay oeste. Posteriormente, en Enero 2008 se dio inicio a la primera fase de perforación diamantina para el programa de Esterilización, simultáneamente se realizó el mapeo y toma de muestras adicionales hasta Junio del mismo año.

2.1. EVALUACIÓN DE LA INFORMACION EXISTENTE

Se consideró como información básica inicial, el mapeo geológico generalizado a escala 1/10000, realizado por geólogos de mina y exploraciones que trabajaron en el Distrito. La información complementaria consistió en imágenes satelitales, estudios petro-mineralógicos de muestras de mano y fragmentos de testigos de perforación recolectados durante la campaña de perforación del 2005, etapa que me sirvió para identificar ampliamente las diferentes unidades litológicas en los

Proyectos Perol, Chailhuagón y Amaro, mediante logueo geológico, en la cual participé en colaboración con otros geólogos del Proyecto Conga.

2.2. TRABAJOS DE CAMPO

2.2.1. Mapeo

Debido a que este trabajo se realizó con el objetivo de definir áreas estériles ó no mineralizadas, para la posterior ubicación de la infraestructura de mina del Proyecto Conga, esta zona fue ya evaluada por el Departamento de Proyectos en el año 2005. El mapeo a detalle tenía el objetivo de confirmar la esterilidad de la zona y su continuidad en profundidad, para ello se programaron algunos taladros diamantinos de aproximadamente 200 m de profundidad.

2.2.2. Toma de muestras geoquímicas

Para el presente estudio se tomaron alrededor de 250 muestras de afloramientos de roca, en zonas donde el muestreo geoquímico previo fue incipiente. Además se aprovechó taludes de nuevos accesos hacia plataformas de perforación para esterilización.

En el área del Proyecto Conga, se tiene un acumulado de 22633 muestras geoquímicas hasta fines del 2008. Detalle en el siguiente cuadro:

Sample type	Sample_subtype	Samples No.
Rocks	Outcrop	18609
Drenaige	Stream sediment	198
Soils	B Horizont	3826
Total		22633

Cuadro 2.1 Resumen de muestras tomadas en el Distrito Minero Conga a fines del 2008.

2.2.3. Programa de Perforación

Desde el 1994 hasta el 2005 se perforaron 332 taladros, equivalentes a 117,060.37 metros, en diferentes campañas a cargo de CEDIMIN y MYSRL. Como se detalla a continuación:

PROJECT	WHO/WHEN	DRILL HOLES NUMBER	METERS DRILLED (m)
PEROL	CEDIMIN ('94 - '00)	63	26,065.30
	MYSRL ('03 - '04)	61	20,995.18
	MYSRL ('05)	33	12,475.00
CHAILHUAGON	CEDIMIN ('94 - '00)	41	12,329.06
	MYSRL ('03- '04)	55	18,140.00
	MYSRL ('05)	41	10,625.00
AMARO	CEDIMIN ('94 - '00)	8	
	MYSRL ('03- '04)	13	
	MYSRL ('05)	17	16,430.83
TOTAL		332	117,060.37

Cuadro 2.2 Resumen de Taladros ejecutados en el Distrito Minero Conga a fines del 2008.

El más reciente programa de perforación concluyó en Mayo 2008, como parte de la primera Fase de Perforación para el programa de esterilización, el área de Geología ejecutó 15 taladros de perforación diamantina distribuidos ampliamente en un área aproximada de 12 km² (Ver Fig. 1.2),

el objetivo fue complementar la geología en profundidad tomando como guía el mapeo superficial. Paralelamente el área de Proyectos realizó 43 taladros con criterio geotécnico, además de determinar la ubicación del nivel freático en dicha zona, la profundidad promedio de esos taladros fue de 30 m, excepcionalmente algunos alcanzaron 60 m. También se realizó el logueo de parte de estos testigos para completar la geología de la zona.

No.	DDH	EAST	NORTH	ELEVATION (m)	DEPTH. (m)	AZIMUTH	ANGLE	END DATE
1	MST - 13	790276.2	9235512.7	3959.9	250.00	240	-54.7	18-dic-08
2	MST - 14	790049.6	9235861.7	3907.2	250.00	240	-55.3	18-ene-08
3	MST - 15	789182.1	9235155.1	3927.3	250.00	45	-60.6	27-ene-08
4	MST - 16	791665.5	9233902.9	3796.9	250.20	90	-59.2	24-ene-08
5	MST - 17	790490.5	9234548.9	3949.8	254.60	250	-59.8	02-feb-08
6	MST - 18	790707.7	9233060.8	3936.1	247.40	45	-60.6	12-feb-08
7	MST - 19	791887.0	9233677.9	3789.3	74.25	235	-55.4	28-feb-08
8	MST - 19A	791867.6	9233675.4	3789.9	159.55	235	-55.0	20-abr-08
9	MST - 20	788645.6	9234412.6	3935.6	192.20	270	-60.1	09-mar-08
10	MST - 21	790388.4	9236702.3	3817.1	188.60	310	-61.2	12-mar-08
11	MST - 22	788010.6	9234494.5	3875.9	191.80	325	-62.7	17-mar-08
12	MST - 23	788525.8	9233570.3	3969.5	181.40	0	-89.6	19-mar-08
13	MST - 24	793722.2	9233468.2	3747.2	211.75	345	-54.5	13-abr-08
14	MST - 25	788717.5	9234554.4	3942.5	222.00	0	-90.0	08-abr-08
15	MST - 26	791705.9	9232439.2	3865.4	240.80	260	-54.8	03-jun-08
TOTAL METROS PERFORADOS					3164.55			

Cuadro 2.3 Relación de taladros ejecutados por el área de Geología en el Programa de esterilización Fase I. Fines de 2007 a Junio de 2008.

2.2.4. LOGUEO DE TESTIGOS

Durante mi permanencia en el Proyecto Conga, he participado junto con otros geólogos del área de Geología Mina, en el programa de relagueo y logueo de los taladros de Cedimin y de perforación a cargo de Minera Yanacocha en los depósitos de Chailhuagón, Perol y Amaro.

En esta oportunidad describo y adjunto una copia de los 15 taladros (Ver logueo detallado en Anexo III) ejecutados en la Fase I del Programa de Esterilización que estuvo a mi cargo, ubicados en los alrededores de los depósitos de Perol y Chailhuagón, con el objetivo de definir áreas no mineralizadas y como apoyo al área de Proyectos, para ubicar la infraestructura de mina en el futuro próximo.

Hole ID	Td (m)	Thickness	From	To	Au (g/t)	Cu(%)	Target
MST-13	250	3.3	120.8	124.05	0.179	0.069	Faulted BxH, ARCs-Chlos, py: 10%
MST-14	250	2	200	202	0.202	0.001	Silf Microbrecha over Mb, py/mc
MST-14	250	2	216	218	0.153	0.002	Microbrecha: garnet>ep, py
MST-15	250	0.3	124.3	124.6	0.121	0.049	BxH, sil-clays in flow bnd, py-cpy
MST-16	250	247.8	2.4	250.2	barren		Masive fossils in Lm+Small And dykes
MST-17	254.6	4.4	8.3	12.7	0.127	0.001	Microbrecha over Mb, Advarg + py
MST-17	254.6	2.1	45.2	47.3	0.108	0.002	Mb+calcosilicatos, py,ef; sm/ksp
MST-17	254.6	9.5	80.5	90	0.228	0.019	Mb+calcosilicatos,+leached, py, ef
MST-17	254.6	1.4	96.6	98	0.175	0.046	Mb+calcosilicatos, zeolitas, py
MST-17	254.6	6.6	152	158.6	0.128	0.001	Mb weak silf, py<10%, ef:trc
MST-17	254.6	2.2	238	240.2	0.132	0.002	Mb+calcosilicatos a silf++, py
MST-17	254.6	2.2	244	246.2	0.129	0.002	Mb+calcosilicatos, py: 5%
MST-18	247.7	1.3	127	128.25	0.211	0.029	BxFm, mt: arg, flow bnd, py<1%

MST-19	74.25	65.4	8.85	74.25	barren		Mujarrun sequence + faults interval.
MST-19A	181.25	164.15	17.1	181.25	*	*	Mujarrun sequence+faults/Horn/And dykes
MST-20	192.2	8.45	20.8	29.25	0.575	0.046	Arg Polymictic BxH, over Rda tuff
MST-20	192.2	2.7	30.25	32.95	0.322	0.055	Arg Polymictic BxH, over Rda tuff
MST-20	192.2	7.8	40	47.8	0.264	0.008	BxH over masive Lm, ++ Clays
MST-20	192.2	4.35	74	78.35	0.179	0	Crackle bx over masive Lm, cal xxs
MST-20	192.2	3.45	178	181.45	0.13	0.001	BxH channels over masive Lm,calxx
MST-21	188.6	184.1	4.5	188.6	barren		Rda tuff(14.3m), And Chlo dyke/Ho
MST-22	192.2	1.1	33.2	34.3	0.133	0.001	shales interval, calxxs, clays, py
MST-22	192.2	1.8	56.6	58.4	0.17	0.001	BxE over Lm-slt/shale, mtx: cal xxs
MST-23	181.4	181.1	0.3	181.4	barren	0.002	Rda. Pyroclastic flow,+chlo, trc mal
MST-24	211.75	207.65	4.1	211.75	*	*	Di coarse txt,+kspar over chlo, And dykes
MST-25	222.3	222.3	0	222.3	*	*	Rda tuff+P.Sanidina/Bt+BxH. To 193.5m Lm
MST-26	240.8	240.1	0.7	240.8	*	*	Mujarrun sequence + BxT>>BxH channels. Py/mc, po diss. Mo in Ho/Mb+calcosilicates

* : no information

Cuadro 2.4 Resumen de Características geológicas y geoquímicas de los taladros ejecutados.

2.3. TRABAJOS ANALITICOS

2.3.1. Estudios Microscópicos

Durante las sucesivas campañas de relagueo ejecutadas en los últimos años surgieron muchas discrepancias litológicas entre los geólogos, específicamente para definir la petrografía de las rocas encajonantes de los Pórfidos mineralizados, cuya intensa alteración había borrado toda evidencia de la textura original en las rocas alteradas.

Por esta razón, se seleccionaron diferentes tipos de muestras de mano para estudio microscópico, las cuales fueron enviados mayormente al Departamento de Microscopia de Newmont en Denver, a cargo del Sr: Mark McComb, eventualmente a la Dra. Silvia Rosas (Pontificia Universidad Católica del Perú – PUCP, Lima). El estudio microscópico nos ha servido para actualizar el plano litológico y de alteraciones presentado en este trabajo. En consecuencia, solo describiremos las características litológicas y de alteración que fueron definidas con la microscopía.

El estudio realizado por Mark McComb incluye análisis petrográfico en sección delgada y pulida analizada por el escaneo en microscopio electrónico (**SEM: Scanning Electron Microscope**) con espectrometría dispersa de rayos X (EDS) capaz de determinar la ocurrencia de oro y plata en muestras de alta ley, su composición mineral en skarn y análisis de difracción de XRD semi-cuantitativo.

2.3.1.1. Litología

Algunos antiguos intervalos de cores con alteración pervasiva, se describieron erróneamente. Luego de las campañas de relagueo ejecutadas el 2005, y con el soporte del estudio microscópico se realizaron modificaciones litológicas y una reinterpretación al modelo, descritos a continuación:

1. Perol y Chailhuagon: En el caso de la unidad llamada: meta sedimentaria con fuerte alteración de skarn: El estudio microscópico confirmó remanentes de textura porfirítica fina, que fue definida y cambiada por Diorita fina. Ver figura 2.1.



Fig. 2.1 Contacto entre: Diorita fina parduzca y Hornfels masivo parduzco, ambos con alteración potásica. El Hornfels cambia progresivamente de color parduzco a verde, como también sucede en algunos intervalos con el pórfido fino. Se observa un contacto nítido entre ambas rocas, que también parece ser un contacto de alteración Potásica pervasiva a moderada en la diorita fina. El informe microscópico de Mark McComb, clasifica la roca como: Hornfels de Feldspatos y Biotita, con la siguiente composición: 61%PG, 19%Kspar, 16% Bt, 3% Qz, 0.5% Py, and 0.5% Cpy.

2. Perol: En la campaña de relagueo, la muestra **MPE-90: 275 m.** fué descrita como Brecha Freatomagmática, matriz soportada de grano fino (polvo de roca), compuesta por granos de: grosularia, andradita, cuarzo, epidota, esfalerita, calcopirita y pirita. La microscopía descrita por Mark McComb, clasifica esta muestra como "Skarn polimetálico brechado" debido a la presencia de granates y/o Mármol con calcosilicatos, además de otros componentes: 59% granate, 15% esfalerita, 8% clorita, 6% Caolín, 5% Calcopirita, 3% Vesuvianita, 2% Pirita, 1% cuarzo y 1% Galena. Luego revisión detallada de los testigos de perforación y un intercambio de ideas entre los geólogos, se ha confirmado la presencia de brechas polimícticas con material de polvo de roca en la matriz, los cuales podrían estar asociados a criptodomas tardíos correspondiente a la Formación Huambos, cuyos afloramientos de piroclásticos rodean el lado oeste del área, incluyendo Amaro.

En algunos casos y debido a la escala de trabajo, las brechas con matriz de polvo de roca de granates, **se consideraron como skarn de granates para la ejecución del modelo de bloques.** En el caso de que estas brechas son de menor magnitud, se diluyeron dentro de la roca encajonante. Sin embargo, en el modelo geológico de escala 1/2500, se han considerado como brechas hidrotermales.



Fig. 2.2 MPE-90, 275m: La foto en sección delgada muestra una brecha compuesta de fragmentos líticos de skarn y abundante sulfuros.

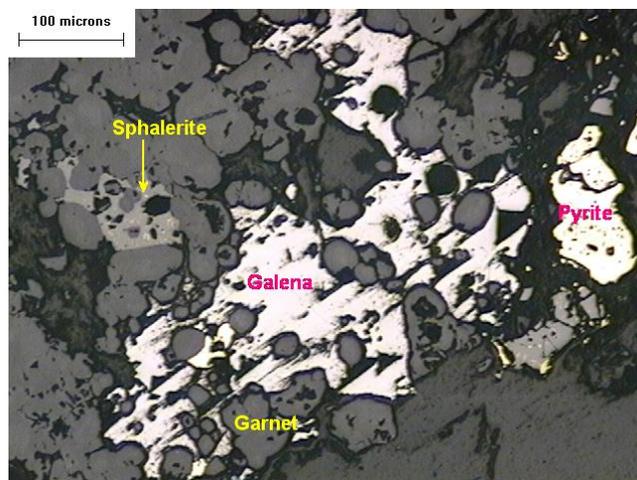


Fig. 2.3 MPE-90, 275m: La galena ocurre intersticialmente y encapsula granates. Foto con luz reflejada.

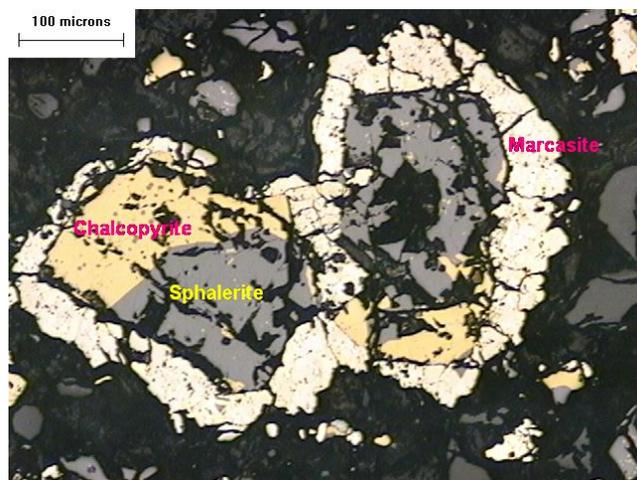


Fig. 2.4 MPE-90, 275m: Marcasita está rodeando calcopirita y esfalerita. Foto con luz reflejada.

3. Amaro: En el 2005 los geólogos de exploraciones definieron a la unidad de flujos piroclásticos, asociados con niveles de flujos lávicos andesíticos como Lahares: el estudio microscópico confirmó la presencia de andesitas que en algunos casos estaban autobrechadas. Ver cuadro y fotos de muestras enviadas a Dra. Silvia Rosas en el 2005 en sección Anexos.

2.3.1.2. Alteración

La principal duda se generó por **skarn de epidota**, que fue asociado a mineralización no económica. El exámen petrográfico y análisis XRD semi-cuantitativo muestra que la mayoría de minerales de skarn son granates y diópsido. Los análisis SEM/EDS indican rangos de composición de **granates** desde grosularia a andradita aluminosa. **Diópsido** es parcial a completamente alterado, la vesuvianita fue observada en pocas muestras, y algunos de los skarn contienen cuarzo anhedral de grano fino, plagioclasas, y feldespato potásico. La alteración de skarn mayormente encaja en los rangos propilíticos con esmectita, epidota y clorita. Después del análisis petrográfico, **el skarn de epidota fue cambiado a skarn de diópsido en el logueo geológico.**

Las muestras de alteración argílica intermedia todavía contienen remanentes de alteración potásica, mientras el feldespato potásico es destruido en todas las muestras filicas excepto en MPE-113 64-80 m.

2.3.1.3. Mineralogía

La pirita y calcopirita son sulfuros dominantes, en menor frecuencia se observa pirrotita, galena, molibdeno, digenita y covelita. Algunas muestras contienen enriquecimiento supergeno de Cobre: bornita>covelita>digenita>calcosita, otras tienen oro microscópicamente visible asociado a calcopirita, pirita y digenita; también contiene tenantita y enargita tardía. La presencia de sulfosales de Arsénico y Cobre deberían ser monitoreados para evitar contaminación de Arsénico en el concentrado.

Las muestras de brecha explosiva en Perol, contienen sulfuros masivos: pirrotita, pirita, calcopirita, esfalerita y galena. Se ha identificado dos pulsos de esfalerita y pirita, el ultimo principalmente en venillas. También contienen 3400 – 4749 ppm en Ag. Los análisis SEM/EDS en la muestra J-32 358.5m indica que la plata ocurre como Acantita (Ag_2S), telururo de plata, y electrum. El electrum tiene una composición promedio de 53% Au y 47% Ag, su presencia junto al oro podría contribuir a la pérdida de oro en la supresión de la esfalerita.

La muestra **MPE-90: 275 m** representa brechas explosivas de alta ley de Ag (270 ppm), Au (2.2 ppm) y metales base: 2.2% Cu, 1.0% Pb, 3.4% Zn, 14.7% Fe. Los telururos asociados a mineralización de oro se encuentran en granates, componentes principales en las brechas con matriz polvo de roca, estos son: Petzita (Ag_3AuTe_2) también se encontró calcopirita, esfalerita asociados. La plata ocurre como Hessite (Ag_2Te), Empressite ($AgTe$) y Cervelleite (Ag_4TeS). Algunos asociados con galena y esfalerita. También se encontró un telururo asociado a Bismuto ($Bi_{2.9}AgTe_{2.3}$) compuesto de 54.3% Bi, 8.3% Ag and 37.4% Te.

En la sección Anexos se adjunta cuadros resumen del reporte microscópico de una variedad de muestras representativas de Chailhuagon, Perol y Amaro, realizadas por Marck McCom y Silvia Rosas.

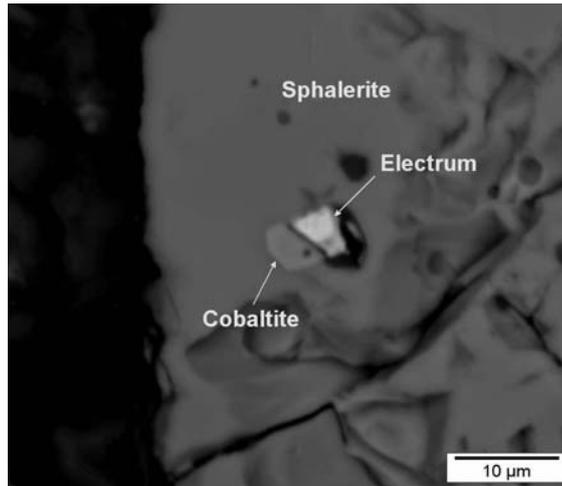


Fig. 2.5 MPE-90, 275m: Grano de electrum (5 x 4 micrones) junto a un grano de cobaltita en esfalerita.

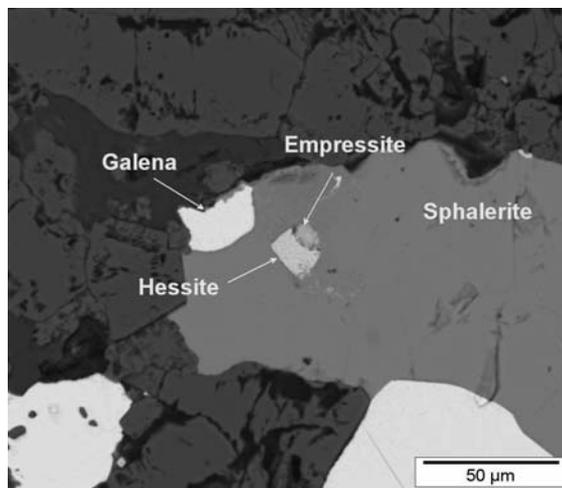


Fig. 2.6 MPE-90, 275m: Grano de hessita (Ag_2Te) junto a un grano de empressita (AgTe) en esfalerita.

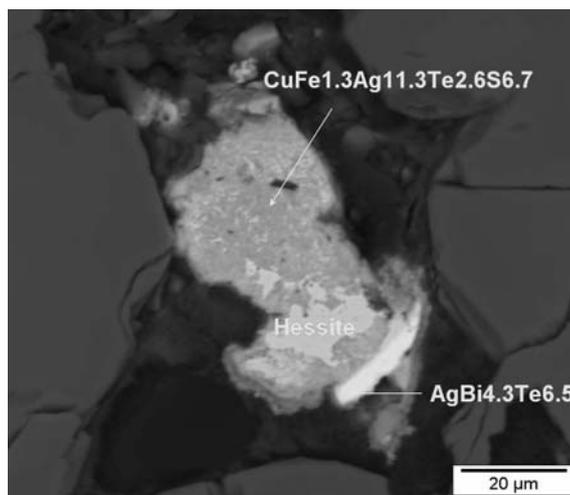


Fig. 2.7 MPE-90, 275m: Teluro de bismuto y plata no identificado, con hessita. Hessita parece estar siendo reemplazado por un sulfuro de cobre y hierro. El análisis puntual del material reemplazando a la Hessita tiene la siguiente fórmula: $\text{CuFe}_{1.3}\text{Ag}_{11.3}\text{Te}_{2.6}\text{S}_{6.7}$.

2.3.2. Revisión de Conceptos Fundamentales

El desarrollo de este capítulo pretende reforzar la idea, surgida de las observaciones de logueo. El tema más discutido, se originó de la observación de cambios texturales encontrados en la Diortia fina, que grada en algunos casos: de textura porfirítica a masiva foleada en una roca hornfelizada (Fig. 2.1), y en otros casos a intervalos marmolizados con textura granular de calcita recristalizada con remanentes de epidota y apatito (Ver reporte microscopico de Mark McComb en anexos). Considerando los resultados del estudio microscópico mostrados en el capítulo anterior y una revisión de conceptos de metamorfismo. La correcta identificación de un protolito ayuda a interpretar mejor el modelo del yacimiento.

La información adjunta ha sido seleccionada y completada del curso de: PETROGRAFIA Y PETROLOGIA METAMORFICA, *MI. MANUEL REYES CORTES*. UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIHUAHUA – México, é información usada en el logueo de cores en Mina Tintaya – Cusco (año 2001). Solo revisaremos conceptos referentes a metamorfismo de contacto, debido a su influencia en la formación de los yacimientos tipo Pórfido.

2.3.2.1. Metamorfismo

Proceso geológico mediante el cual las rocas sufren una serie de transformaciones mineralógicas y se convierten en **rocas metamórficas**. La composición mineralógica y/o textural cambian mediante este proceso. Los factores desencadenantes del metamorfismo son las variaciones de **presión** y **temperatura**, la circulación de fluidos químicamente activos, los esfuerzos y la composición inicial de la roca. El metamorfismo es un proceso isoquímico, que se desarrolla en estado sólido. Las rocas no ganan ni pierden elementos en cantidades apreciables.

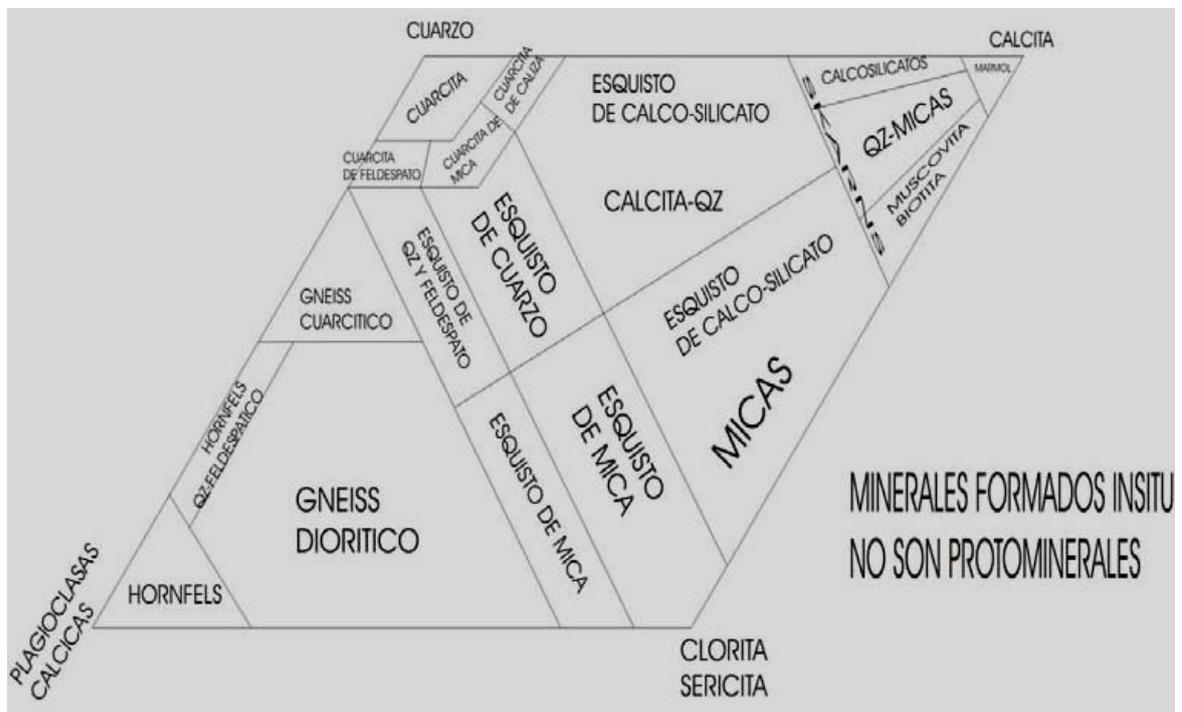


Fig. 2.8 Clasificación de rocas metamórficas según Winkler, 1976.

a) Factores de Metamorfismo

La temperatura y la presión son los factores más importantes para producir los diferentes tipos de metamorfismo. Sin embargo, la composición química, pero sobre todo el contenido de H_2O y de CO_2 también es determinante como acelerador del punto de fusión y de las reacciones químicas

Temperatura, es proporcionada por: intrusivos mediante el emplazamiento de cuerpos ígneos, derrames de lava, o por el gradiente geotérmico que en general aumenta $30^\circ C$ cada kilómetro de profundidad. También es proporcionada por la desintegración radiactiva o por el flujo calorífico que ejerce el manto sobre la corteza terrestre.

Límites térmicos del metamorfismo: Están comprendidos entre 200 a $900^\circ C$. Dependerá de la composición mineralógica y el contenido de fluidos principalmente agua, que presente la roca. El límite térmico superior es cuando se inicia la formación de fluidos. Las rocas cuarzo-feldespáticas funden fácilmente formando *migmatitas* este fenómeno se conoce como *Anatexia*, la cuál es considerada como un metamorfismo de alto grado, con un rango de temperatura y presión no definido.

En el último congreso de la IUGS en su sección *Subcomisión de la Sistemática de Rocas Metamórficas SSMP* (2001) se llegó a la siguiente conclusión: "el metamorfismo puede comenzar en un rango de 100° a $150^\circ C$ para los protolitos más inestables".

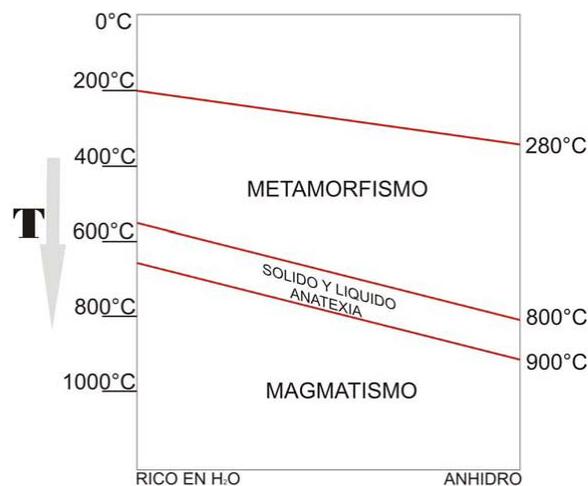


Fig. 2.9 Límites de Metamorfismo, según la Temperatura y el contenido de agua

Presión hidrostática es una presión de confinamiento, "esférica" equivalente al peso de las rocas supra-yacentes. La **presión de los fluidos** es ocasionada por la segregación de los líquidos debido al incremento de la temperatura, estos fluidos ejercen presiones locales muy altas.

Presión dirigida es originada por el confinamiento pero además por los movimientos orogénicos orientados en direcciones particulares. Así pues, la presión total en un punto dado de un cuerpo a profundidad será igual a la suma de: la presión hidrostática, presión de los fluidos y presión dirigida.

Agentes químicos; a los cambios que producen estos agentes se les denomina *Metasomatismo*. El metamorfismo solo tendrá lugar cuando una roca es expuesta a un ambiente físico o químico significativamente diferente al de su formación original.

$$\text{PRESIÓN DE CONFINAMIENTO} = \text{PRESIÓN LITOSTÁTICA} + \text{PRESIÓN DE FLUIDOS}$$

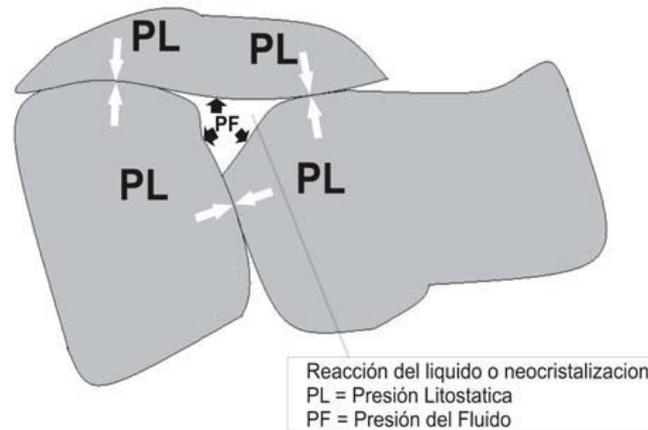


Fig. 2.10 Esquema de la presión de confinamiento a nivel granular.

b) Retrometamorfismo

Es la adaptación de fases minerales estables de alta presión y temperatura a valores más bajos. Son reacciones muy lentas en periodos de millones de años ya que no hay energía para romper los enlaces de las redes cristalinas de los minerales originales que no llegan a desaparecer totalmente.

El metamorfismo tipo **retrogrado** puede deberse a factores locales ó regionales y están asociados a: Procesos de hidratación y carbonatación.

ACCION DE LA PRESION DE LOS FLUIDOS DEL METAMORFISMO *DESHIDRATACION, DECARBONATACION Y FUSION PARCIAL*



c) Comportamiento del agua en las facies metamórficas

El agua siempre tendrá un cierto grado de movilidad, debido a los procesos de deshidratación o hidratación, los cuales se evidencian en la transformación de las rocas. Ejemplo: lutitas a gneises, de arcosas a mica esquistos, etc.

El H₂O es importante porque:

1. Es componente de muchas rocas metamórficas
2. Es un catalizador (acelera las reacciones)
3. Es un agente de transporte para el metasomatismo pero además como medio estático deja pasar fácilmente a los iones

El H₂O es un componente porque:

- A. Forma la fase que rellena parcial o totalmente los poros de la roca
- B. Forma parte de la composición química atómica
- C. Rellena espacios intermoleculares

El punto crítico del agua es llamado así cuando no hay diferencia entre el líquido y el gas y esto ocurre a los 374°C y 21.8 MPa

d) Metamorfismo de contacto

Es aquel que se produce en rocas cercanas a cuerpos intrusivos. En rocas Carbonatadas, cuando el porcentaje de impurezas se incrementa se pueden transformar en pelitas (partículas tamaño arcillas), arenitas o ruditas (rocas con fragmentos > 2 mm) calcáreas, pero no existe un límite exacto para su clasificación.

Los carbonatos metamórficos se forman por cambios de presión, temperatura o adición de sustancias que cambien su estructura o composición original. Los meta carbonatos más frecuentes son de calcita y dolomita. Una roca pura de carbonato de calcio es el mármol. Una roca calco silicatada puede contener silicatos de calcio, magnesio, hierro y aluminio, como: diópsido, granate, grosularia, anfíboles cálcicos, vesuvianita, epidota, wollastonita, etc.

Las rocas carbonatadas son particularmente susceptibles al metamorfismo térmico mientras que las rocas sedimentarias cuarzo-feldespáticas son simplemente re-cristalizadas en agregados entrelazados entre minerales cuya característica clástica ha sido destruida. Una roca porosa es más favorable al metamorfismo que una roca densa y compacta.

d.1. Metamorfismo de Contacto Progresivo

Es la secuencia de cambios mineralógicos y texturales progresivos que se pueden observar desde la roca encajonante fresca, hasta la zona de mayor metamorfismo. Los cambios serán más o menos abruptos según el origen y la temperatura de las rocas encajonantes y del intrusivo.

Los meta carbonatos forman una pequeña parte del total de las rocas metamórficas sobre todo si dichas rocas se forman por la terna $\text{SiO}_2 - \text{CaO} - \text{MgO}$ en presencia de H_2O y CO_2 que es lo más común.

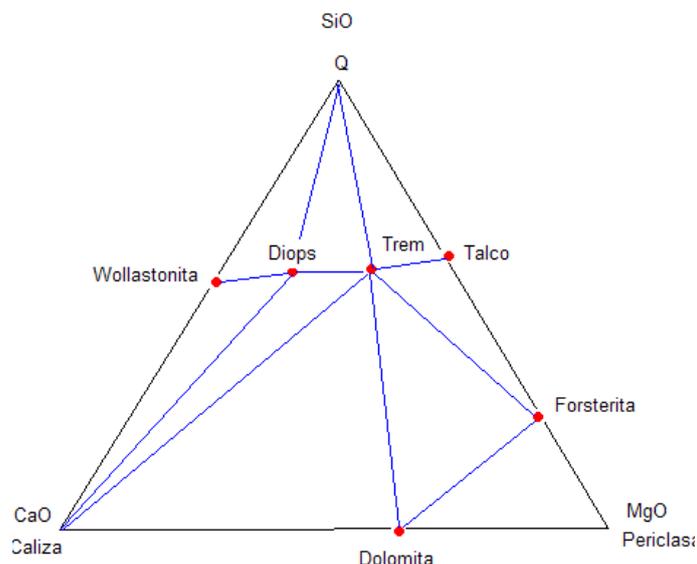


Fig. 2.11 Formación de minerales metamórficos retrogradados, por la terna $\text{SiO}_2 - \text{CaO} - \text{MgO}$ en presencia de H_2O y CO_2 . Según, Manuel Reyes Cortes, Profesor de Petrología y Petrografía Metamórfica – Universidad Autónoma de Chihuahua.

d.2. Minerales más abundantes en rocas corneanas

Debemos considerar que Hornfels es la traducción en inglés de Corneana, las cuales son grano a micro-granoblásticas. La composición química de las rocas metamórficas es muy variada, debido a que el metamorfismo es un proceso en el que la composición química pre-metamórfica es casi constante, por tanto, tenemos tantas posibles composiciones químicas por metamorfismo, como tipos de rocas sedimentarias e ígneas.

Muchos minerales metamórficos sólo pueden formarse en intervalos de presión y temperatura (P/T) muy restringidos, los cuales pueden darnos información sobre las condiciones de presión y temperatura que alcanzó una roca durante el metamorfismo. Se les conoce como **MINERALES ÍNDICE**.

Corneanas pelíticas:

Cuarzo, Muscovita, Clorita, Biotita, Granate (almandino), Andalucita, Sillimanita, Estauroilita, Cordierita, Feldespato potásico, Cloritoide, Corindón, Espinela, Óxidos de Fe-Ti, Ortopiroxeno

Corneanas calcáreas

Calcita, Dolomita, Cuarzo, Wollastonita, Tremolita-actinolita, Hornblenda, Olivino (forsterita), Granate (grosularia), Diópsido, Biotita, Epidota, Vesubianita, Brucita, Periclasa, Talco, Serpentina, Escapolita, Esfena, Corindón, Óxidos de Fe-Ti.

Corneanas básicas

Plagioclasa, Epidota, Hornblenda, Anfíboles Fe-Mg sin Ca (antofillita, cummingtonita), Cordierita, Granate, Clinopiroxeno cálcico, Ortopiroxeno, Biotita, Clorita, Esfena, Apatito, Zircón Zeolitas, Óxidos de Fe-Ti.

<p><u>HORNFELS</u> <i>Roca Metamórfica de Contacto</i> <i>Temperatura + Alteración Química</i> <i>Metasomatismo</i></p>
<p><i>Lutitas, limolitas, andesitas basaltos</i></p>
<p><i>CLASES QUÍMICAS: Qz-Feldespática, Pelítica, Ferromagnesiana, Calcárea</i></p>
<p><i>FACIES: Sanidinita-Corneana</i></p>
<p><i>TEXTURAS: Hornfelsica: Cristales finos masivos, manchada. Granoblastica, Porfidoblastica, Bandeada alternada con texturas de lutitas y basaltos.</i></p>

d.3. Factores para la formación de las Aureolas

- Tamaño y temperatura del intrusivo
- Conductividad térmica, densidad y calor específico del magma solidificado
- Temperatura inicial y contenido de H₂O en la roca encajonante. Presencia de volátiles.
- Temperatura de cristalización y calor latente de cristalización del magma.
- Calor absorbido o liberado por las reacciones metamórficas.

e) Metasomatismo

Son cambios químicos que acompañan al metamorfismo; los cuales son atribuidos a la redistribución de los elementos de especies no volátiles. El Metasomatismo es un fenómeno térmico, se produce por los fluidos que aportan los magmas y que impregnan las rocas sustituyéndolas parcialmente. Se produce a bajas presiones: entre 100 y 1000 bares, eventualmente podría alcanzar 3000 bares (unos 12 Km). El metamorfismo regional se genera entre 2000 y 10 000 bares.

Los efectos más evidentes de metamorfismo de contacto se marcan en las rocas pelíticas y calcáreas ya que su temperatura de formación es fría y el contacto con una roca caliente las altera fácilmente. El metasomatismo de contacto puede suceder a grandes profundidades, pero también aflorando en la superficie. A profundidad el intrusivo puede tener casi la misma temperatura que la roca encajonante y la aureola de metamorfismo puede ser insignificante, sin embargo los grandes plutones que casi afloran son los productores de los mayores zoneamientos de metamorfismo en las rocas encajonantes.

Cuadro 2.5 Minerales de Retrogresión comunes en diferentes categorías de rocas metamórficas

MINERAL INICIAL	PRODUCTO RETROGRESIVO	OBSERVACIONES
Rocas Ultramáficas		
Olivino	Serpentina/talco/magnetita-Hm	Si los fluidos son ricos en H2O
	Magnesita, Ankerita	Si los fluidos son ricos en CO2
Enstatita (Cpx - Mg)	Antofilita	
Opx y/o Olivino	Talco +/- Serpentina	
Metabasitas		
Plagioclasa Cálcica	(Plagioclasa - Na) + epidota	Retrogresión muy común de la facie: anfibolita a facies de esquistos verdes (fluidos ricos en H2O)
	Zeolitas	Común en el metamorfismo de enterramiento y en el de fondo oceánico
	Sericita/muscovita	En las metabasitas esta retrogresión requiere el aporte de K+.
	Calcita	Si los fluidos son ricos en CO2
	Escapolita	En el metamorfismo hidrotermal con fluidos ricos en CO2
	Cpx (Augita)	Hornblenda(uralita)/actinolita/biotita/clorita/cuarzo
Opx (Hiperstena)	Hornblenda/actinolita	
Hornblenda	Actinolita/hidrobiotita/clorita/sericita/ARCs/epidota/cuarzo.	Puede producir minerales de serpentina y talco, bajo ciertas condiciones. También es reemplazado por sulfuros
	CBTs, pirita y/o magnetita	Debido a sus componentes de: Ca, Fe y Mg
	Rutilo - leucoxeno	Debido a sus componentes de: Titanio (Ti)
	Biotita	Normalmente asociado al aporte de K+
Anfibol Sódico (glaucófana)	Actinolita	
Granate	Clorita	
Ilmenita ó rutilo	Esfena	
	Pirita	Si los fluidos son ricos en Fe
	Leucoxeno	Si los fluidos son ricos en Ti
Magnetita	Leucoxeno - rutilo/pirita	Si existe Titanio/Si existe Hierro
Rocas Cuarzo-feldespáticas		
Cuarzo	Sericita/Feldespatos (FPs), Carbonatos (CBTs), otros	Generalmente resistente a alteración, pero puede ser reemplazado por los minerales mencionados.
	Sericita/hidromuscovita/pirofilita	Frecuentemente resistente a alteración. En fase intensa de alteración se produce los minerales mencionados
Feldespato Potásico	Minerales de arcilla, alunita, epidota, zoisita, cuarzo y albita	
	Plagioclasa	Sericita +/- epidota
Biotita	Hidrobiotita/Clorita/sericita/hidro-	Componentes de Fe y Mg, puede producir CBTs (Ankerita)
	muscovita/ARCs/epidota/cuarzo	Frecuentemente es reemplazado por varios sulfuros
	magnetita/rutilo/leucoxeno	Formados por componentes de Fe y Ti.
Rocas Calcosilicatadas		
Forsterita	Serpentina	
Anortita	Epidota +/- sericita, Carbonatos	
Diopsido	Tremolita - actinolita	
Tremolita	Talco	
Metapelitas		
Granate	Clorita y/o biotita	
Estaurólita	Sericita, Sericita + clorita	
Andalucita, sillimanita, distena	Sericita/mica blanca	
Cordierita	Pinnita (mezcla microcristalina de sericita y clorita)	
Cloritoide	Clorita +/- sericita	
Biotita	Clorita	
Carbonatos	Cuarzo, Silicatos de Ca, Mg, Mn, Talco y serpentina	
Esfena	Leucoxeno-rutilo/calcita-cuarzo	

2.3.3. Análisis é Interpretación de datos Estructurales

El objetivo de este trabajo es definir ambientes estructurales favorables para el desarrollo de zonas mineralizadas asociadas al emplazamiento de Pórfidos de Au-Cu.

2.3.3.1. Definición de Conceptos fundamentales

- a) **Falla:** Fractura frágil a lo largo del cual existe desplazamiento visible, en general paralelo a la superficie de la misma. De acuerdo al sentido de movimiento, pueden ser **normales, inversas y transcurrentes**.
- b) **Fallas transcurrentes ó de rumbo:** Son aquellas que adoptan un movimiento horizontal de los bloques adyacentes. Pueden ser de dos tipos: **dextrales y sinextrales**.

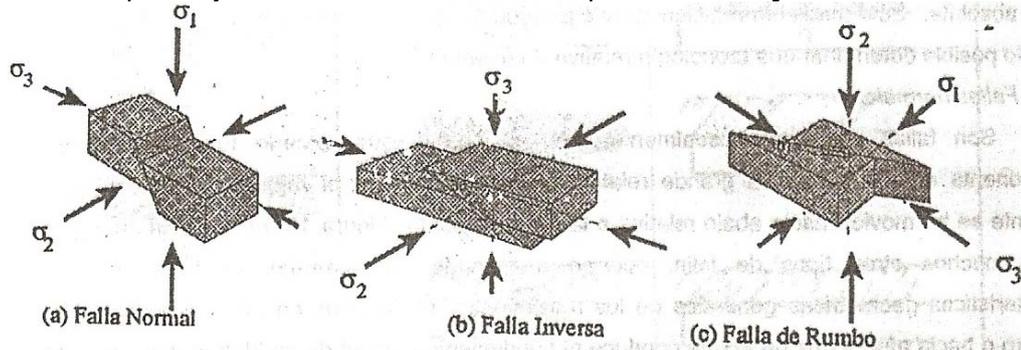


Fig. 2.12 Tipos de falla y su orientación respecto de los ejes principales de estrés (Modificado de Twiss & Moores, 1992)

- c) **Fallas de transferencia:** Son fallas verticales ó sub-verticales, profundas, durables en el tiempo, debido a que son grandes en longitud y profundidad. Son transversales a la deformación, forman unidades de deformación entre áreas de diferentes características litológicas sometidas al mismo esfuerzo. Parecen zonas de cizallamiento entre fallas. En nuestra zona de trabajo, corresponden al sistema de fallas discontinuas de rumbo NS.
- d) **Zona de Falla:** Esta compuesta de innumerables superficies de falla frágiles subparalelas é interconectadas, estrechamente espaciadas conteniendo zonas de brecha ó "fault gouge" (harina de falla en español).
- e) **Zona de Cizalla:** Corresponde a una ancha zona de deformación generada bajo condiciones dúctiles a dúctiles-frágiles. Se puede decir que una zona de cizalla grada hacia arriba hacia una zona de falla. Estas rocas son deformadas frágilmente en niveles superiores de la corteza terrestre y dúctilmente en los inferiores. La profundidad a la que la deformación pasa de frágil a dúctil se conoce como **Zona de Transición dúctil a frágil**, generalmente se encuentra bajo 10 a 15 km (e.g., Sibson, 1990).
- f) **Seudotaquilitas:** Roca fundida de origen mecánico (friccional), generado por un movimiento muy rápido de la falla por régimen sísmico. La inyección de este material fundido en grietas de tensión locales conlleva al enfriamiento instantáneo del material dando aspecto vítreo a la roca (de allí el nombre).

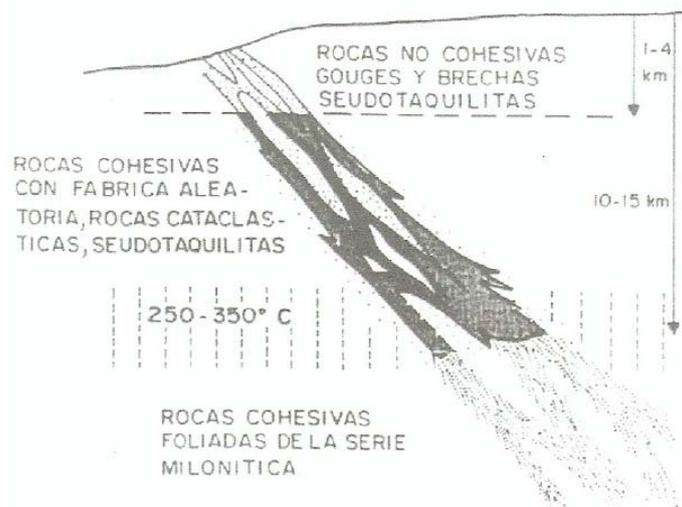


Fig. 2.13 Esquema de una gran zona de cizalla y rocas asociadas. Transición dúctil – frágil en líneas verticales. Simplificada de Sibson (1977).

g) Esfuerzo (σ): Cuando una Fuerza (F) se aplica sobre un plano de superficie S, genera una Presión (P). Entonces: $P = F/S$. El esfuerzo es el límite de dicha Presión cuando la superficie se hace pequeña. Entonces: σ (Pascal) = dF (Newton)/ $dS(m^2)$.

El esfuerzo en el espacio es una cantidad tensorial, representada por las 9 componentes de una matriz, y que actúan sobre las caras de un cubo:

σ_{XX}	τ_{XY}	τ_{XZ}	Si esto se simplifica a una matriz diagonal:	σ_1	0	0
τ_{YX}	σ_{YY}	τ_{YZ}		0	σ_2	0
τ_{ZX}	τ_{ZY}	σ_{ZZ}		0	0	σ_3

Donde σ_1 , σ_2 y σ_3 son mutuamente ortogonales y se denominan componentes principales del esfuerzo. Así:

- σ_1 : es el esfuerzo más compresivo (+)
- σ_2 : es el esfuerzo intermedio (+/-)
- σ_3 : es el esfuerzo menos compresivo, entonces es el más tensional (-)

Cuándo: $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$, el esfuerzo es de tipo isótropo o hidrostático. Si los tres son diferentes el esfuerzo es desviatorio. Estos esfuerzos se pueden representar mediante una esfera y un elipsoide respectivamente.

h) Deformación: Es la transformación de un cuerpo desde un estado inicial hasta un estado final diferente. Sus componentes son: La traslación, la rotación y la deformación interna. La deformación continúa hasta que el cuerpo llega a su punto de ruptura (R).

Al igual que el esfuerzo, la deformación en el espacio es una cantidad tensorial, cuyos componentes principales son:

- X: eje de alargamiento
- Y: eje intermedio
- Z: eje de acortamiento

El **Elipsoide de Deformación** es una representación ideal de la Deformación Continua (strain) de una porción de la materia. Su forma trata de graficar las relaciones angulares entre estructuras, tales como: ejes de pliegues, fracturas de tensión y fallas respecto a los esfuerzos aplicados "Desde Afuera" y que originan una zona de cizalla (shear zone). Su aplicación sencilla,

mediante el análisis adecuado de los datos de campo nos puede llevar a encontrar coincidencias con algún modelo de Deformación.

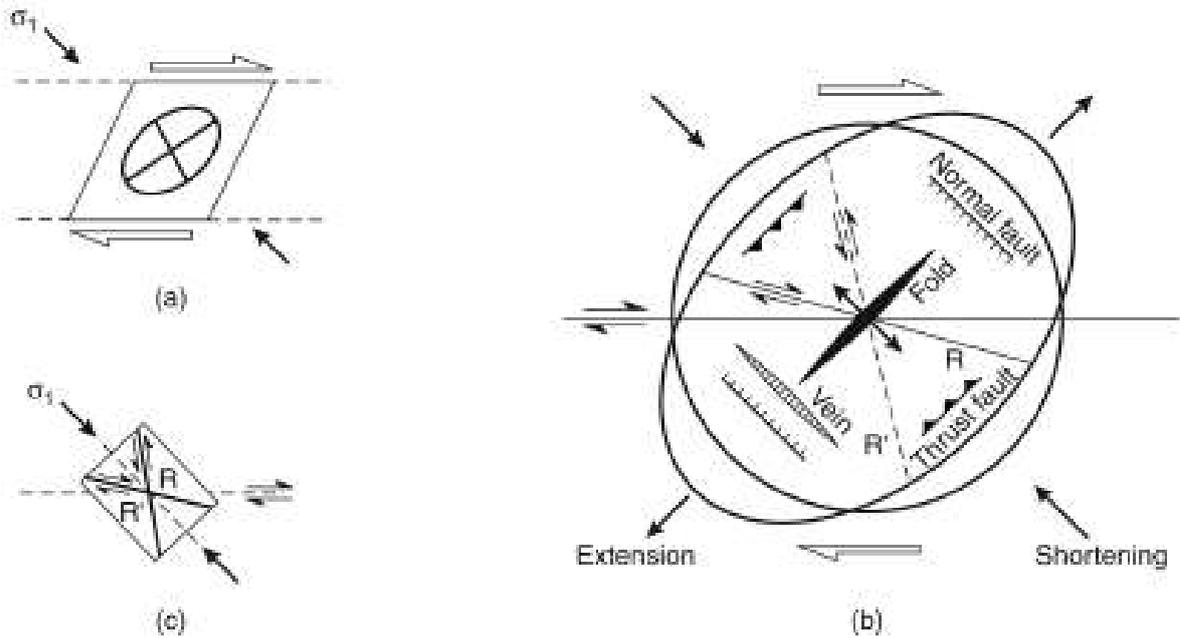
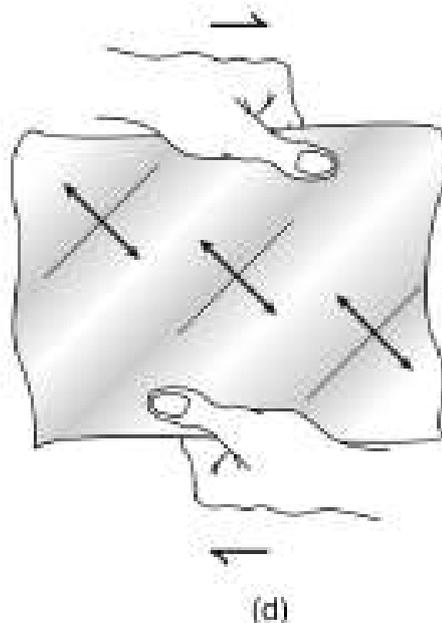


Fig. 2.14 Modelo de deformación explicando el origen de estructuras secundarias a lo largo de una falla de rumbo. (a) ilustración de una cizalla simple dextral. Un cuadrado se transforma en un paralelogramo, y el círculo dentro del cuadrado se transforma en una elipse. (b) Detalle de la elipse deformada mostrando que, pliegues y fallas inversas son perpendiculares a la dirección de acortamiento, mientras que fallas normales y venillas son perpendiculares a la dirección de extensión. Las fracturas R y R' se forman en ángulo agudo a la dirección de acortamiento. (c) R y R' son similares a fracturas de cizalla conjugada formadas en rocas cilíndricas que están sujetos a un eje tensional



(d) Ud puede simular la formación de pliegues en echelón con una hoja de papel

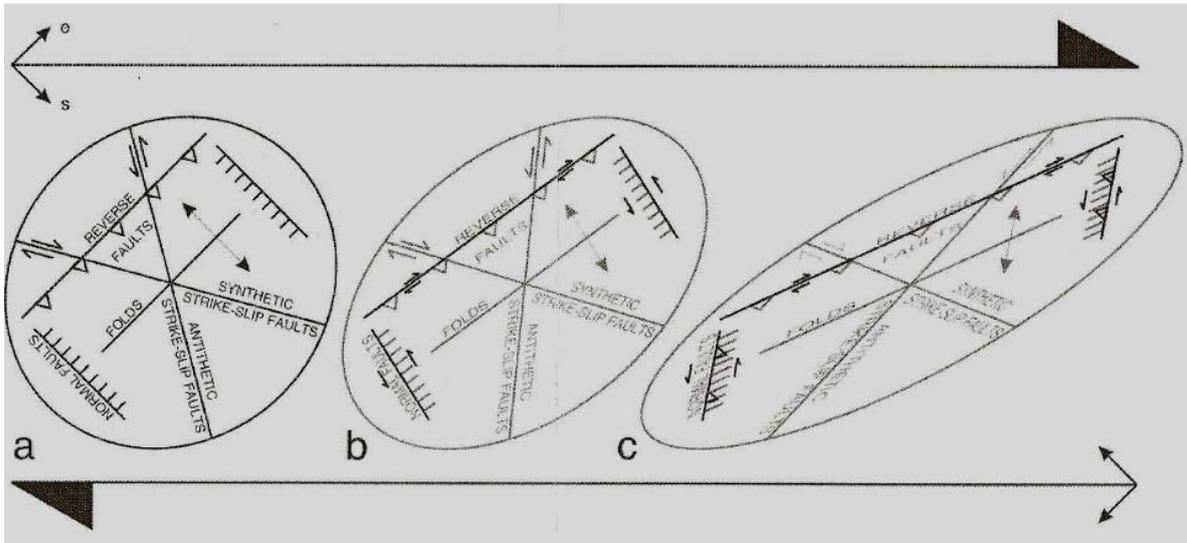


Fig. 2.15 Los gráficos a, b y c bosquejan la deformación continua de una porción de la materia. El gráfico representa las relaciones angulares entre estructuras: ejes de pliegues, fracturas de tensión, fallas respecto a los esfuerzos aplicados “desde afuera” que dan como resultado una zona de cizalla entre fallas dextrales y coaxiales.

- i) **Características internas de las zonas de cizalla:** Existen tres tipos de fracturas que pueden desarrollarse en una zona de falla frágil: los planos de Riedel (R) y los planos P:

$R_1 = R$: Son fracturas Riedel de bajo ángulo ($\sim 15^\circ$) con la envolvente de la zona de falla, también se conocen como **planos de fractura sintéticos**. Su arreglo geométrico es en échelon (escalonadas), es decir paralelas entre ellas dentro de la zona de cizalla.

$R_2 = R'$: Son conjugadas respecto a R_1 y forman un ángulo de 75° con respecto a la envolvente de la zona de falla. También se conocen como **planos de fractura antitéticos**. Debido a la evolución dinámica de la zona de falla se producen fenómenos de rotación de las fracturas R_1 y R_2 . Los R_1 varían a ángulos inferiores a 15° , y los R_2 evolucionan a ángulos mayores a 75° . Durante esta evolución aparece un tercer tipo de fracturas:

P = Forman un ángulo agudo con la envolvente.

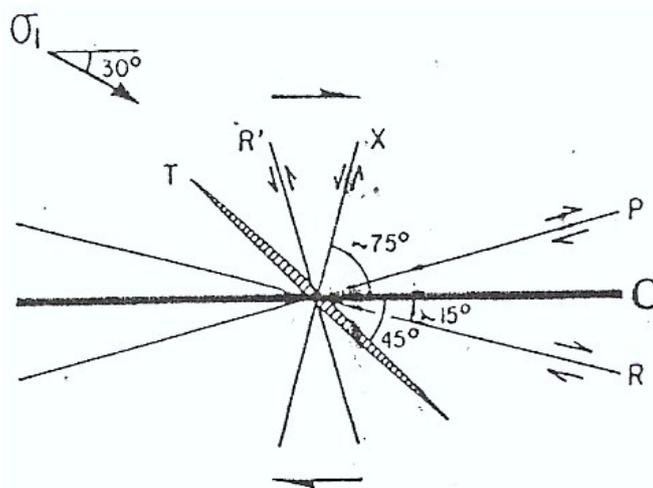


Fig. 2.16 Esquema de fracturas de 2do orden, en una falla dextral

Riedel Shears:

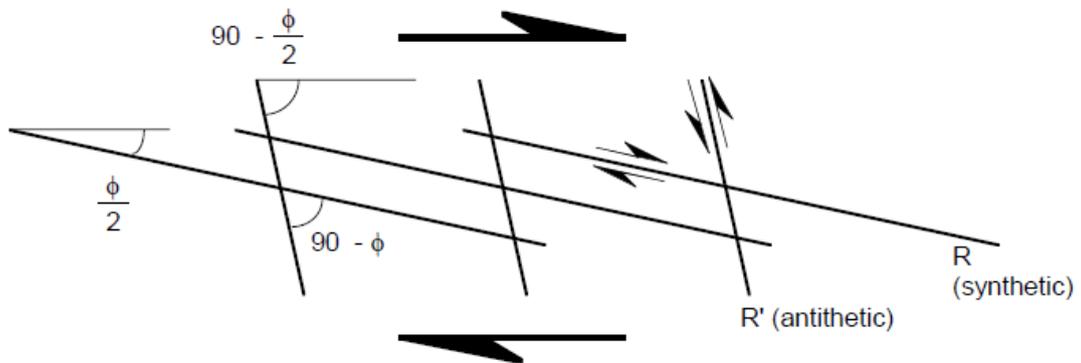
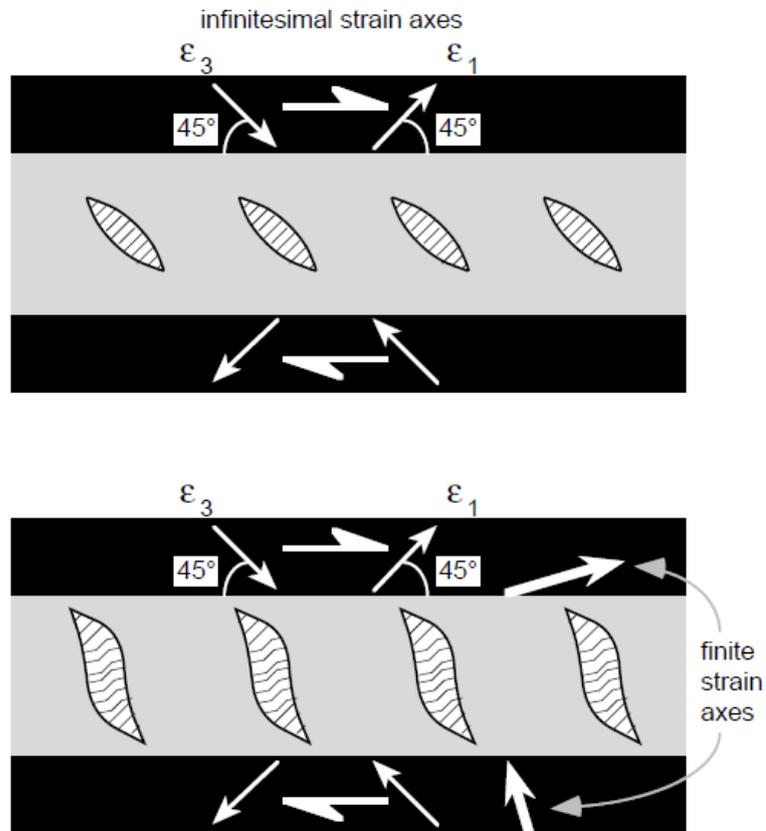


Fig. 2.17 Sentido de desplazamiento y efectos en la superficie **pre y post - ruptura**. Los ángulos iniciales entre las Grietas de Riedel R y R' están controladas por su coeficiente de fricción interna. Este gráfico significa que la compresión máxima y el eje de acortamiento principal de deformación infinitesimal, están orientados a 45° respecto a los límites de la zona de cizallamiento. Con el continuo cizallamiento ellos rotaran en sentido horario a ángulos mas empinados.



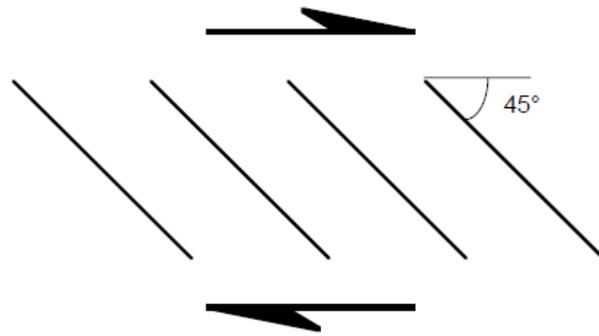


Fig. 2.18 Estas grietas pueden servir de despegue entre bloques, subsecuentemente rotan en la zona de cizallas, estilo dominó.

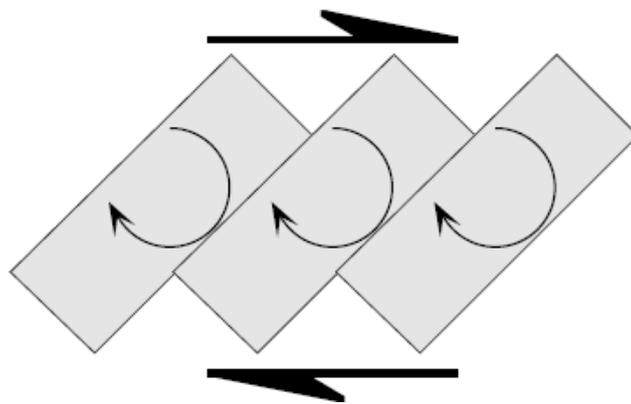


Fig. 2.19 Las fallas entre los bloques tienen sentido opuesto a la zona de cizalla.

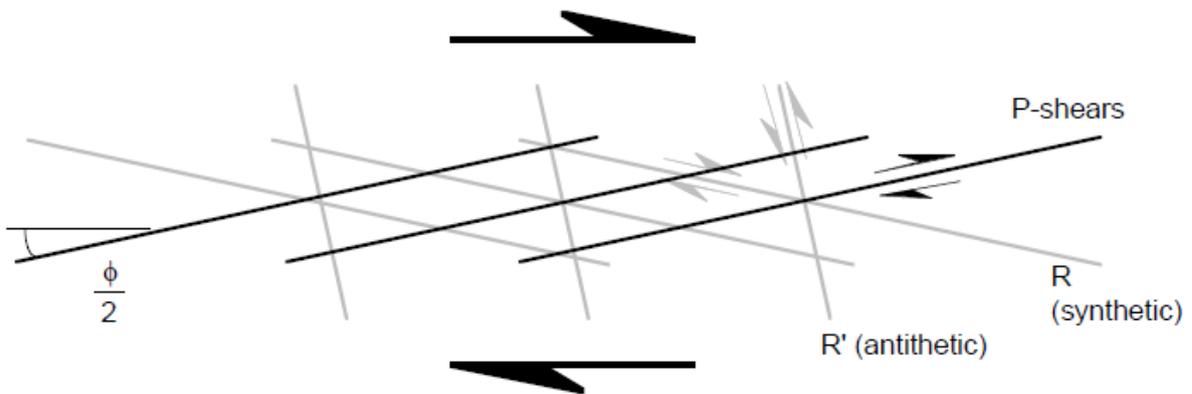


Fig. 2.20 Una ruptura, un nuevo conjunto de cizallas, llamadas "P-shears", simétricas a las R-shears. Estas tienden a unirse a las grietas R, formando una zona de falla.

- j) **Falla Antitética:** Indica que la falla y los estratos se inclinan hacia direcciones opuestas
- k) **Falla Homotética:** Significa que los estratos y la falla tienen la misma dirección de inclinación
- l) **Falla Sintética:** Falla cuyo sentido de desplazamiento es igual al que presenta la zona de falla principal a la que se asocia. En régimen extensional (v. extensión) son frecuentes las fallas sintéticas situadas en el labio hundido de una falla lítrica, imitando el movimiento de este.

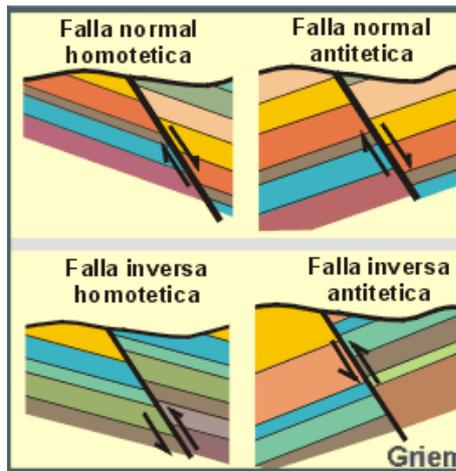


Fig. 2.21 Tipos de fallas profundas

- m) **Fenómenos de curvatura en zonas de falla:** Las fallas se curvan porque los materiales geológicos no son isotrópicos. Una zona de falla no puede mantener continuidad en el rumbo debido a los cambios físicos que encuentra en el camino.

La curvatura de las fallas se describe en términos de **inflexiones (bends):**

Inflexiones de Apertura (releasing bends; zona en extensión) tienden a crear espacios. Se produce cuando el movimiento de uno de los bloques se aleja de la curva

Inflexiones en Cierre (restraining bends; zona en compresión) son sitios donde el acortamiento genera apilamiento. Se produce cuando el movimiento de uno de los bloques a lo largo de la falla se realiza "contra" la curva

Otros rasgos típicos en fallas son los **Salto** (stepovers, offsets), que a diferencia de las inflexiones no se conectan entre sí, pero mantienen una dirección semejante y el mismo sentido de movimiento. Los saltos también pueden generar zonas en Apertura ó en Cierre

Las zonas en apertura y en cierre (en inflexiones y saltos) pueden originar **DEPRESIONES (PULL APART)** susceptibles de ser rellenadas por sedimentos, o **LEVANTAMIENTOS COMPRESIONALES (PUSH UPS)**

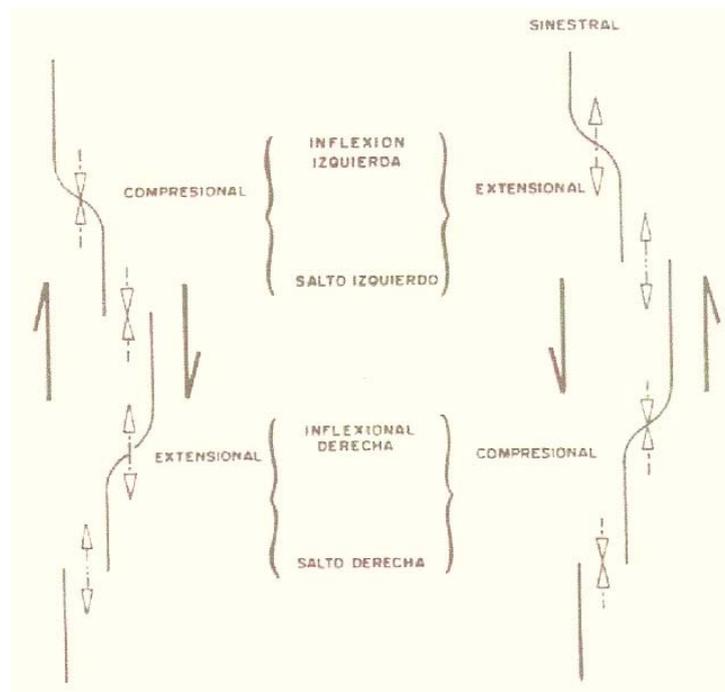


Fig. 2. 22 Sistemas de fallas dextrales y sinextrales con inflexiones y saltos, Influenciadas por fuerzas de extensión y compresión (ver sentido de flechas). Tomada de Davis y Reynolds (1996).

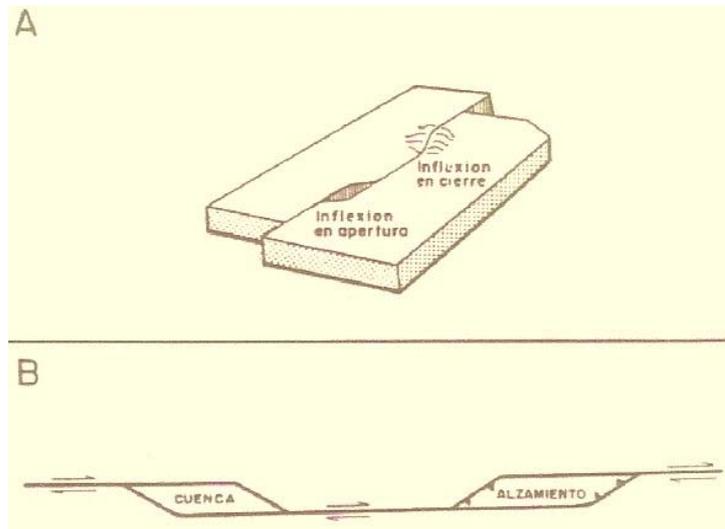


Fig. 2.23 A y B muestran la formación de una cuenca (pull apart) susceptible de ser rellenada por materiales sedimentarios y un levantamiento Compresional (push up) asociados a una falla. Roberto Oyarzun y Miguel Doblas (España).

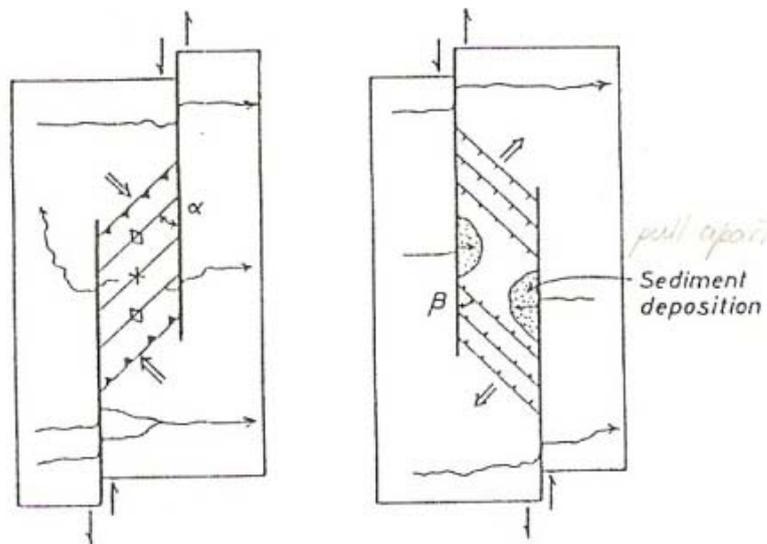


Fig. 2.24 Estructuras secundarias que generan una cuenca (pull apart) y un levantamiento (push up), en sectores entre fallas de rumbo y echelón. Roberto Oyarzun y Miguel Doblas (España).

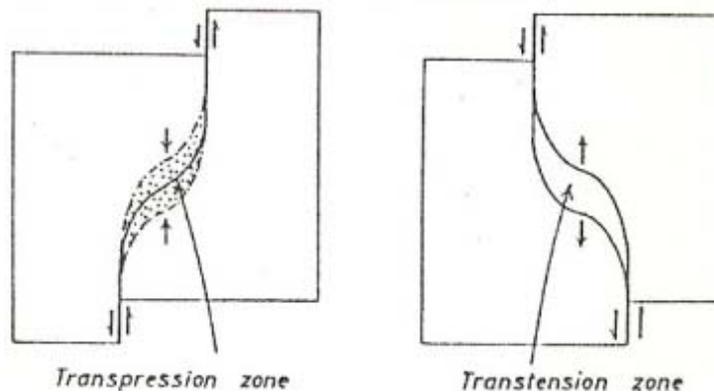


Fig. 2.25 Transpresión y transtensión desarrolladas en fallas de rumbo curvadas. Roberto Oyarzun y Miguel Doblas (España).

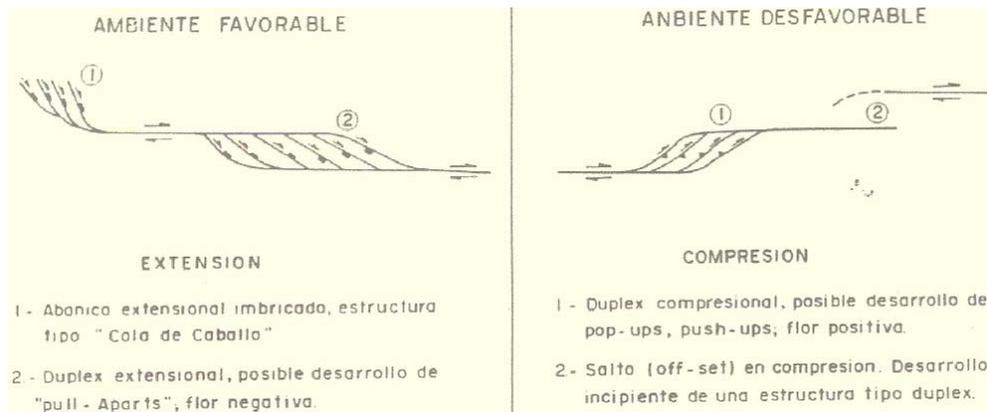


Fig. 2.26 Zonas favorables y desfavorables para la exploración en un sistema de fallas.

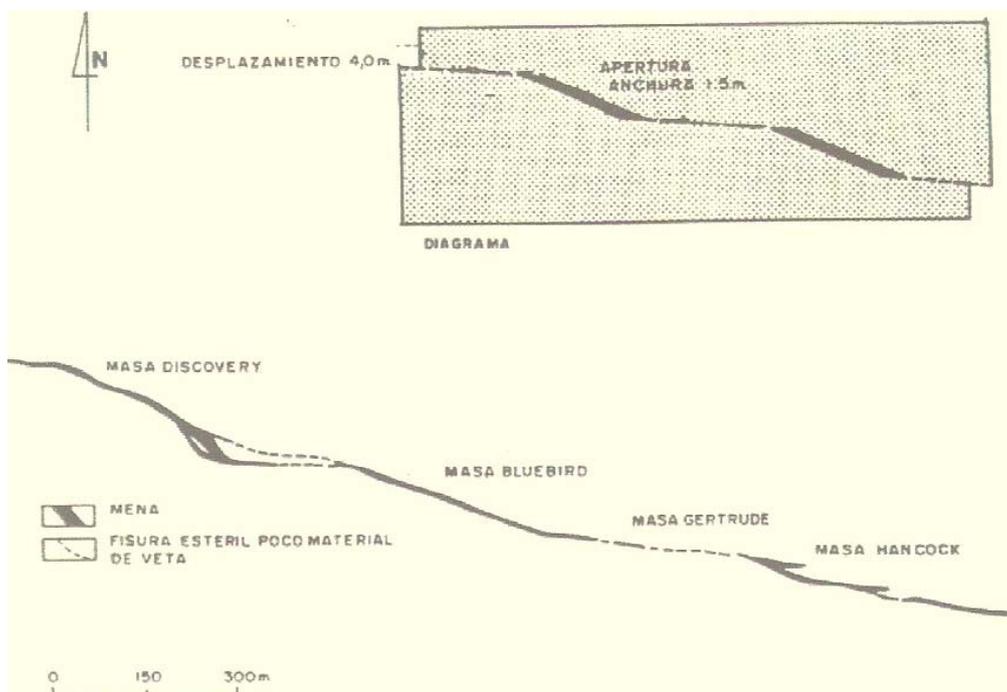


Fig. 2.27 Variación en la potencia de una veta a lo largo del desplazamiento de una falla dextral. La veta en este ejemplo estaría asociada a una estructura Tipo duplex extensional. Tomada de Mckinstry (1948).

2.3.3.2. Modelo Estructural del área de trabajo

El análisis estructural del Distrito Minero Conga y sus alrededores Oeste se ha basado en la interpretación del mapeo geológico - estructural de campo, imágenes satelitales e informes de estudios previos (Figs. 2.28 y 2.29).

El mapeo geológico a detalle y el análisis de imágenes satelitales nos ha permitido identificar regionalmente una **Unidad de Deformación Estructural Anular**, en cuyos bordes se encuentran una variedad de intrusiones y centros volcánicos de diferente composición, dentro de los cuáles se encuentran los depósitos de oro – cobre ya conocidos (Perol y Chailhuagón), cuyas características geológicas y estructurales han servido de patrón para inferir la posibilidad de encontrar nuevos pórfidos económicos, con semejante mineralización. Esta unidad de deformación ha sido influenciada externamente por fallas regionales de rumbo N55° – 75°E, cuyas características geológicas y estructurales corresponden a un **modelo estructural tipo Pull – apart** con **“Deformación cizallante progresiva”**.

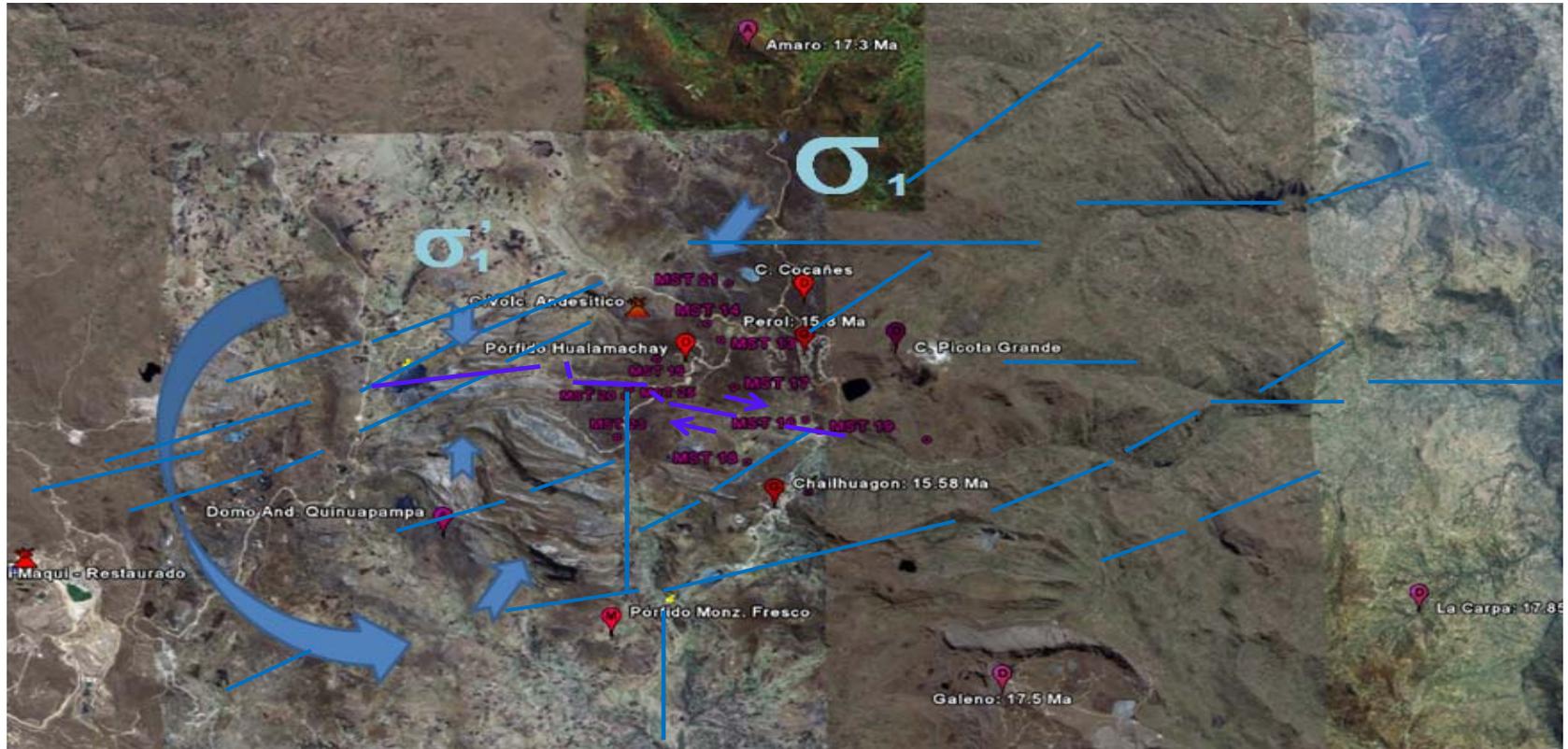


Fig. 2.28 Foto Satelital, mostrando la unidad de deformación: anular, y la interior tipo pull – apart. Alrededor y dentro de el, se ubican diferentes tipos de intrusivos, como Perol y Chailhuagón, y centros volcánicos tardios. Las lagunas han sido elongadas a lo largo del lineamiento anular y algunos sistemas de fallas. En celeste se muestra: las trazas de los principales sistemas de fallas regionales, rumbo NE y NS (Fallas de transferencia), y el movimiento antihorario del bloque anular. σ_1 y σ_1' = esfuerzos de máxima compresión, que originaron deformación progresiva. **La falla dextral NW-EW (eje sinclinal Chirimayo)** representa la estructura que originó la deformación tipo pull apart con zonas de apertura (posible pórfidos ocultos) en sus inflexiones.



Fig. 2.29 Foto Satelital, Mirando al este. Muestra el plegamiento intenso tipo Sinclinatorio, dentro de la unidad de deformación anular. Los ejes del plegamiento tienen rumbo NS y se encuentran buzando al Sur, arriba de la laguna Nanococho.

2.3.4 Análisis de resultados Geoquímicos

La información geoquímica corresponde principalmente, a trabajos anteriores realizados por los grupos de trabajo de Minera Yanacocha y Cedimin, basada en el muestreo selectivo y sistemático de rocas y suelos; los cuales definen ampliamente los depósitos de Perol, Chailhuagon, Hualamachay, Amaro y nuestras anomalías propuestas. A fines del 2008 se tenía un acumulado de 22633 muestras geoquímicas (Ver cuadro 2.1). Sin embargo, en este trabajo solo analizaremos parte de las 250 muestras geoquímicas y de los taladros ejecutados durante esta campaña de trabajo.

Con los resultados de laboratorio se hizo un análisis comparativo de las leyes de oro, cobre y molibdeno, asociando sus valores a características geológicas, reconocidas en las diferentes campañas de logeo. Ver resultados en los mapas geoquímicos presentados en el capítulo 5.2.1. C.

Valores de Au (ppm)	
0 - 0.1	
0.1 - 0.3	
0.3.- 0.5	
0.5 - 0.75	
0.75 - 1	
1 - 1.5	
1.5 - 100000	

Valores de Cu (%)	
0 - 0.1	
0.1 - 0.2	
0.2 - 0.3	
0.3 - 0.4	
0.4 - 1000	

Valores de Mo (ppm)	
0 - 10	
10 - 20	
20 - 30	
30 - 50	
50 - 100	
100 - 150	
> 150	

Cuadro 2.6 Rangos de valores de oro (Fig.5.1), cobre (Fig.5.2) y molibdeno (Fig.5.3) usados en los mapas geoquímicos, para una mejor visualización de los mismos.

2.4 UBICACIÓN DE POTENCIAL ECONÓMICO

La ubicación del potencial económico en la zona de trabajo es el resultado de la evaluación cuidadosa del trabajo de campo y gabinete: mapeo geológico – estructural, data geoquímica y geofísica, para luego programar una campaña de verificación geológica en base a muestreo selectivo de afloramientos y perforación diamantina para registrar la continuidad de las anomalías en profundidad.

Como resultado de la evaluación geológica se esta proponiendo la ubicación de 14 nuevas áreas con potencial económico a explorar. Las áreas seleccionadas corresponden a zonas de apertura, formadas por interceptos estructurales correspondientes a:

1. Interceptos de fallas
2. Interceptos entre lineamiento anular y fallas - pliegues
3. Intercepto entre zona de extension de eje sinclinal y fallamiento NS, cubierto por secuencia piroclástica
4. Zonas con alteración hidrotermal

Las presencia de una débil anomalía geofísica en estas áreas, puede evidenciar la posible ubicación de pórfidos con anomalía magnética no muy cerca a superficie, pero que valdría la pena perforar por reunir las condiciones conceptuales para su emplazamiento. La propuesta de perforación en estas zonas anómalas puede ser menor ó igual a 300 m. Cada una de las 14 anomalías se describirá en el capítulo 6.

CAPITULO 3

GEOLOGIA REGIONAL y LOCAL

3.1. UNIDADES MORFOESTRUCTURALES

Los siguientes gráficos adjuntos presentan las diferentes unidades Morfo-estructurales del Perú y Cajamarca, resaltando sus características estructurales regionales:

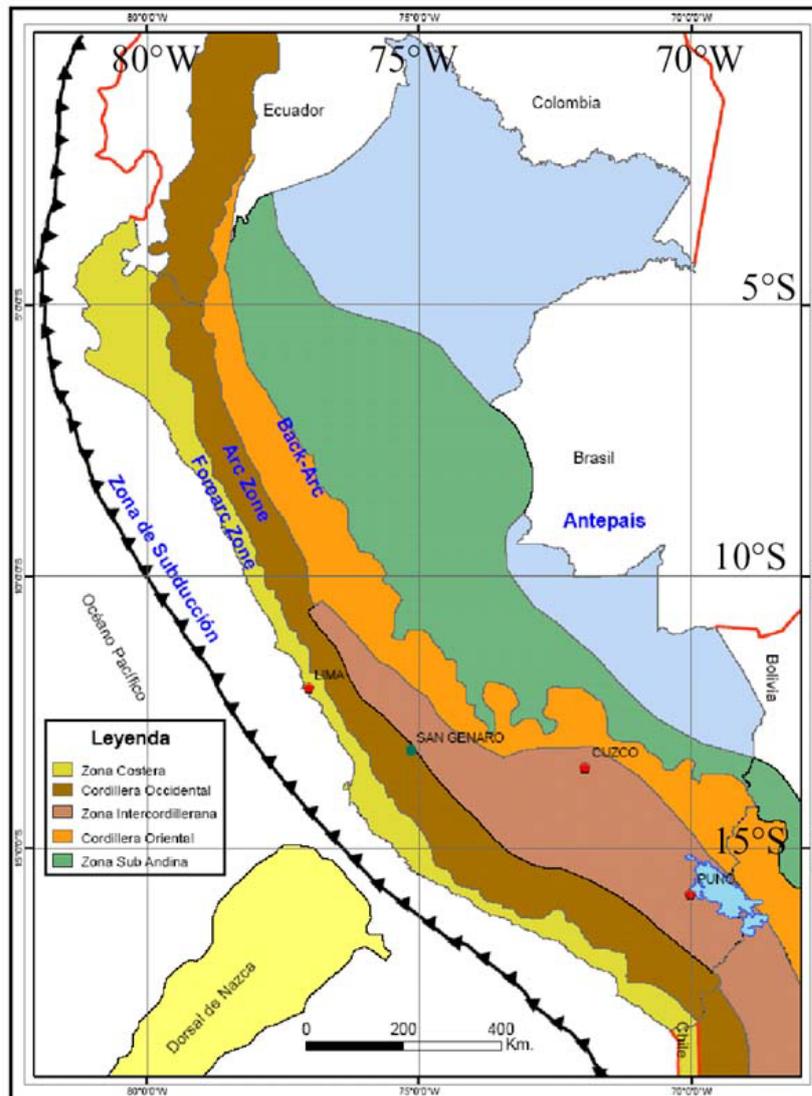


Fig. 3.1 Unidades morfo-estructurales a lo largo de la cadena Andina Peruana. (1) zona de subducción, (2) zona de forearc, que corresponde al talud del Pacífico y áreas costeras, (3) zona de arco, representado por la cordillera occidental y el altiplano, (4) área de back arc, incluye la cordillera oriental, el talud amazónico y terrenos bajos hacia el oriente, subyacente a la cuenca antepais. Desde el Terciario las zonas 2, 3 y 4 son dominadas por estilos diferentes de deformación (Jaillard et. Al., 2002)

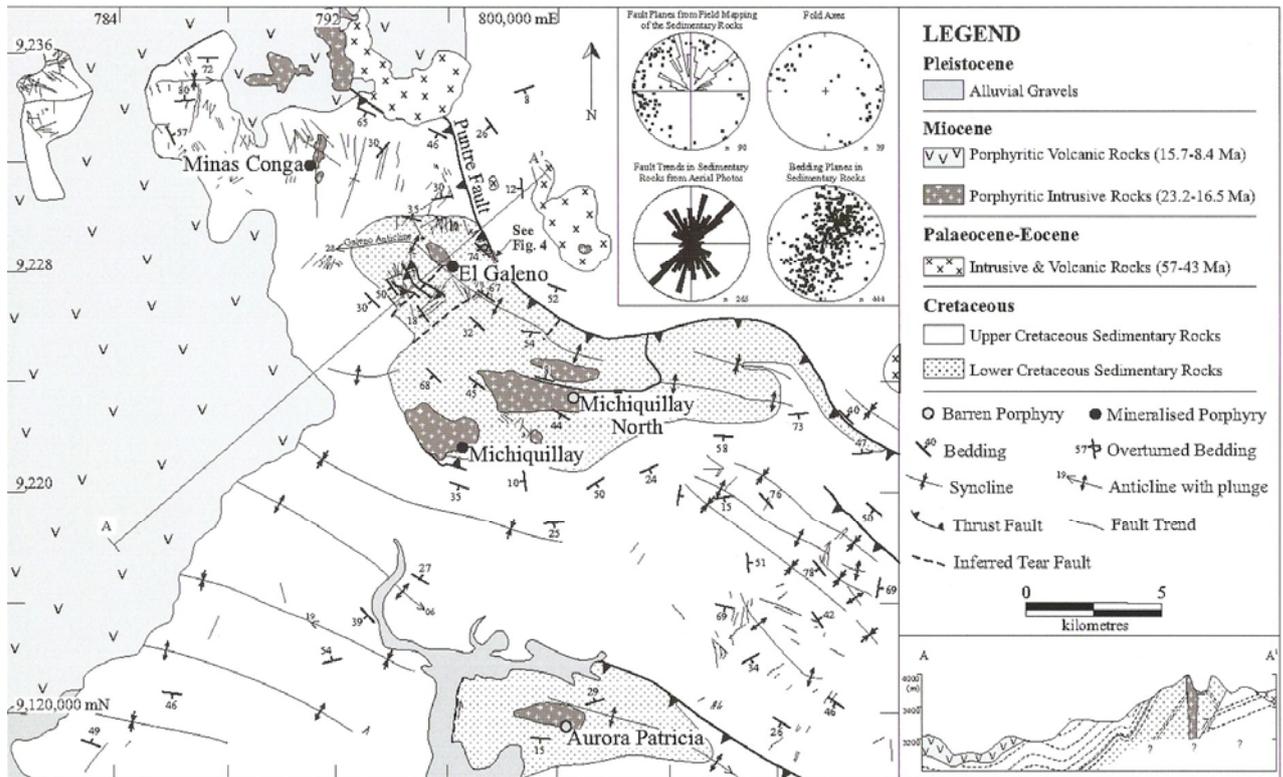


Fig. 3.2 Mapa estructural Distrital del Proyecto Conga y alrededores SE, y Sección NE, de rumbo SW – NE en el Proyecto Galeno (Cajamarca). Mostrando el plegamiento intenso y deformación en la secuencia sedimentaria Cretácica (Modificado de Reyes, 1980).

3.2. UNIDADES GEOLOGICAS

3.2.1 Mesozoico

Esta unidad está representada por la exposición de un basamento Cretácico medio a superior, siendo además las rocas sedimentarias más antiguas en la zona, caracterizada por las siguientes unidades:

FORMACION CHULEC

Esta Formación esta ampliamente desarrollada en la Cordillera Occidental del centro y norte del Perú. Chulec esta constituida por lutitas, margas y calizas nodulares, de color crema a gris amarillento producto muchas veces del intemperismo. **Aflora al Sur del área de estudio.** El grosor promedio de sus capas es 250 m, pero según Benavides V. alcanza hasta 474 m en el cuadrángulo de Chota. Debido a la constitución blanda de los sedimentos de estas rocas y fácil erosión de los mismos, sus afloramientos forman topografía de pendientes suaves (John Wilson, noviembre 1985).

Debido a la presencia de **amonites (Knemiceras y Parengonoceras)**, erizos y lamelibranquios su edad **correlaciona con la parte inferior del Albiano medio** (Benavides, V. 1956). La Formación Chulec representa una segunda etapa de la transgresión marina del Albiano y debido a la predominancia de arcillas se asume que el mar en esta etapa alcanzo una mayor profundidad

FORMACION PARIATAMBO

Representada por calizas, lutitas y tobas en capas delgadas y uniformemente estratificadas, que suprayacen concordantemente a la Formacion Chulec. Aflora también al Sur del área de estudio, y en los alrededores sur del depósito Chailhuagon. Las calizas y lutitas son oscuras, bituminosas

y bien fosilíferas, debido a la presencia de **anmonites (Oxitropidoceras carbonarium)** bien conservados y escamas de pescados. Su edad correlaciona con la parte superior del Albiano medio.

Existen tobas finas y soldadas bien estratificadas como intercalaciones dentro de calizas grises, su relieve sobresale a las capas calcáreas, las cuales han sufrido silicificación en algunas áreas. No se conoce la ubicación de este volcánico Albiano (John Wilson, noviembre 1985).

GRUPO PULLUICANA

El termino "Grupo Pulluicana", fue dado por Tafur (1950, pag. 29). El dividió la secuencia en Formación Yumahual hacia abajo y Formación Mujarrún hacia arriba. El grupo Pulluicana ha sido observado a lo largo de la Cordillera Occidental desde Huamachuco en el sur, hasta Chota en el norte. Esta formado por algunos cientos de metros de caliza, margas, lutitas y areniscas finas que caracterizan las Formaciones Yumahual y Mujarrún. Benavides V. (1956) dato esta secuencia en la parte tardía del Albiano medio y el Cenomaniano temprano en base a la presencia de Exogyras. Lo que indica una deposición de sedimentos en un mar somero, donde al parecer se produjo una regresión marina de corta duración a fines del Albiano medio.

El Grupo Pulluicana se correlaciona con la parte inferior de la Formación Jumasha de los Andes Centrales y con la parte inferior de la Formación Copa Sombrero del noroeste del País (John Wilson, noviembre 1985).

FORMACION YUMAHUAL

Esta Formación debe su nombre al Cerro Yumahual, ubicado al suroeste de Cajamarca, Tafur (1950, p. 29), esta formada por: bancos delgados a medianos de caliza hacia el piso, margas fosilíferas en la parte media y bancos de espesor medio a grueso de caliza masiva (micritica) gris clara a parduzca con escasos niveles de lutita hacia la parte superior.

Esta secuencia constituye la roca encajonante del depósito Chailhuagon, formando un halo de mármol no muy extenso en las zonas de contacto con los pórfidos.

FORMACION MUJARRÚN

Esta Formación tomó su nombre del Cerro Mujarrún, al noreste de Cajamarca; esta constituida por una secuencia sedimentaria de estratos de espesor medio de calizas y margas nodulosas gris oscuro hacia el piso, margas nodulosas gris amarillento con niveles de lutitas fosilíferas en la parte media y estratos de espesor medio de margas y calizas nodulosas hacia la parte superior, intercalada con limolitas y lutitas calcáreas.

Esta secuencia constituye la roca encajonante Suroeste del depósito Perol.

GRUPO QUILQUIÑAN

El Grupo Quilquiñan consiste de lutitas muy suaves y margas intercaladas con escasos horizontes de caliza oxidada, formando una topografía tipo montura u ondonadas cubiertas por suelo o terrenos de cultivo, cuyo suelo es de color marrón oscuro. Está formado por dos Formaciones: Romirón y Coñor, de un espesor aproximado de 100 a 200 m de: Limolitas y lutitas friables grises y verdosas, intercaladas con estratos delgados de calizas y margas nodulares y fosilíferas. La Formación Romirón, ubicada en la base de la secuencia es más oxidada y más clástica que la Formación Coñor, la cuál se ubica en la parte superior de la secuencia, esta a su vez es más calcárea y menos fosilífera. Superficialmente muestran una coloración crema a marrón claro.

Esta secuencia esta dispuesta en forma concordante entre las Formaciones Pulluicana (nivel inferior) y Formación Cajamarca (nivel superior). Constituyen la roca encajonante de intrusivos dioríticos al norte y noroeste de Perol y parte de Hualamachay. Sus afloramientos son escasos y discontinuos, pero se encuentran bien expuestos a lo largo del camino Cajamarca a Celendín, en el sinclinal Sangal, cerca de la Encañada.

El registro de la Formación Coñor indica, profundización de aguas con disminución de fauna e incremento de material calcáreo, cambiando desde las lutitas del Romiñón a las calizas de la Formación Cajamarca. Benavides V. (1956) dató esta secuencia en el Cenomaniano Tardío – **Turoniano temprano**, debido a su contenido de **amonites tipo Exogyra olisiponensis**. Los tipos de fósiles identificados indican que esta unidad se depositó en mar somero. John Wilson, noviembre 1985.

FORMACION CAJAMARCA

La Formación Cajamarca está formada por calizas finas y puras de color parduzco que al intemperisarse adopta color gris claro a blanquecino, presenta bancos bien estratificados de espesores delgados a medianos que carecen de vegetación y forma escarpas ó lomos prominentes. En el área de estudio se ha reconocido en los alrededores noreste de la Laguna Namococha, extremo oeste del folio de trabajo.

Esta unidad es bastante fosilífera, presentando: Equinoideos, gasterópodos, lamelibranchios, Amonites y foraminíferos, los cuales indican deposición en un mar no muy profundo con escases de material clástico; la variedad *Coilopoceras Newelli*, ubica su formación en el Turoniano tardío (Benavides V. 1956).

3.2.2 Cenozoico

Esta etapa está representada por un vulcanismo Terciario, correspondiente a los volcánicos del Grupo Calipuy y Volcánicos Huambo, cuyas características son como sigue:

GRUPO CALIPUY

Formado por: **Volcánicos Llama** en la parte basal pero no aflorante en la zona de trabajo, y por **Volcánicos Porculla** en el tope y expuestos en la zona de trabajo hacia el noreste del folio y sureste de Amaro.

VOLCANICOS PORCULLA

Estos volcánicos están compuestos por dos unidades: **Complejo volcánico Yanacocha** en la parte basal y los **volcánicos Regalado (datado en 11.6 a 12.2 Ma**, T. Longo 2002) hacia el tope, de los cuales no se hace diferencia en este caso. Ambos suprayacen a los sedimentos Cretácicos.

Forman una secuencia volcánica gruesa sub-horizontal, formando planicies más o menos extensas, limitadas por escarpas pronunciadas de flujos de lava andesítica y de intercalaciones de flujos piroclásticos dacíticos, más frecuentemente. Son de color violáceo cuando están frescos y de color gris cuando están alterados.

Estas rocas constituyen la roca huésped de los depósitos en Yanacocha (Turner, 1997). Los volcánicos Porculla asociados a sills y/o stocks están relacionados a una amplia fase de mineralización. En algunas zonas es común hallar pirita singenética en dacitas, que deben ser comagmáticos con el vulcanismo, Ejm: Michiquillay, Perol, donde se encuentran pórfidos cupríferos económicos asociados (John Wilson 1985).

Corresponden al Terciario inferior a medio. Equivale a parte del Grupo Tacaza del sur del Perú.

VOLCANICOS LLAMA

Secuencia gruesa a mediana de volcánicos resistentes a la erosión, las cuales forman escarpas y farallones. En zonas húmedas donde la roca se ha intemperizado, forman colinas suaves. Toma el nombre del pueblo de Llama (Cuadrángulo de Chongoyape), no hay afloramientos importantes en el cuadrángulo de Celendín. Esta formación representa una fase de vulcanismo continental post orogénico, que siguió a la deformación meridional y occidental de la región.

La parte basal está formada por un conglomerado rojizo, intercalado con capas de toba andesítica, sobreyaciendo a esta secuencia se encuentra una secuencia de flujos piroclásticos y derrames andesíticos compactos y pobremente estratificados. La roca fresca es de color morado, intemperizada es de color marrón oscuro. También se tiene volcánicos dacíticos y riódacíticos que no están definidos como miembros distintos.

VOLCANICOS HUAMBOS

Son flujos piroclásticos dacíticos jóvenes, de color gris verdoso – violáceo y amarillento, los piroclastos contienen fragmentos de cuarzo, cristales euhedrales de biotita y fragmentos de pómez blanco con textura fibrosa. Estas rocas se correlacionan con las tobas del Bosque de Piedra de los Andes Centrales y con el Volcánico Sencca del Sur del Perú; posiblemente pertenecen al Plioceno medio o tardío, equivalente a 3.4 Ma aproximadamente (John Wilson, 1985). La Formación Huambos está formada por una ignimbrita soldada de composición dacítica a andesítica (**Miembro Fraylones**), datada por **Turner en 1997 en 8.4 a 8.8 Ma**.

También existen flujos piroclásticos finos cuarcíferos con estratificación cruzada (**base surge**) con algunos niveles más finos por deposición lagunar, dentro de estos horizontes finos se observa una disposición irregular de **fragmentos astillados de troncos de árboles** (Norte de Pampachica – Fig. 3.3) en la zona de contacto entre el basamento Cretácico y los horizontes de base surge. En corte de carretera paralela a quebrada Lluspioc - Quengorrio, se observa fragmentos de troncos de árboles bien conservados, de formas regulares, diámetro menor a 10 cm en Quengorrio (Figs. 3.4 y 3.5), asociados a flujos piroclásticos dacíticos - riódacíticos, compuestos de cristales y fragmentos líticos tamaño lapilli.



Fig. 3.3 Foto del horizonte de "Base Surge", con trozos heterométricos y astillados de troncos de árboles carbonizados. Foto tomada en acceso abandonado en Hualamachay oeste.



Fig. 3.4 787370E, 9239765N, Foto en talud de acceso en Quengorrio, mostrando fragmento de tronco de árbol carbonizado en flujo piroclástico de cristales y líticos, de composición dacítico.



Fig 3.5 787370E, 9239765N, Foto en talud de acceso en Quengorrio, margen izquierda quebrada Lluspic, mostrando secuencia piroclástica riodacítica con fragmentos tamaño cenizas y lapilli, esta última secuencia alberga fragmentos de tronco de arboles carbonizados de hasta 40 cm de longitud y 10 cm de diámetro.



Fig. 3.6 Perfil mostrando secuencia de flujo piroclástico de grano fino soldado y bien clasificado. Nótese, una gradación normal con restos de trozos finos de restos de árboles carbonizados y un nivel de sedimentos lagunares en La base. Foto en talud de acceso al SW de Hualamachay.

Los volcánicos Huambos están bien estratificados, en capas medianas a gruesas, parcialmente compactas con **niveles de toba soldada**, estas variaciones están controladas por la proximidad a sus centros volcánicos. Forman llanuras limitadas por farallones ó escarpas donde se aprecia la estratificación, su espesor varía entre 50 a 100 m, sobre su superficie se ha desarrollado un sistema dendrítico de drenaje (John Wilson, 1985).

Estas tobas tienen la propiedad de ser fácilmente trabajadas, como lo demuestra las excavaciones hechas por habitantes precolombinos de la región: Ventanillas de Otuzco y Ventanillas de Combayo.

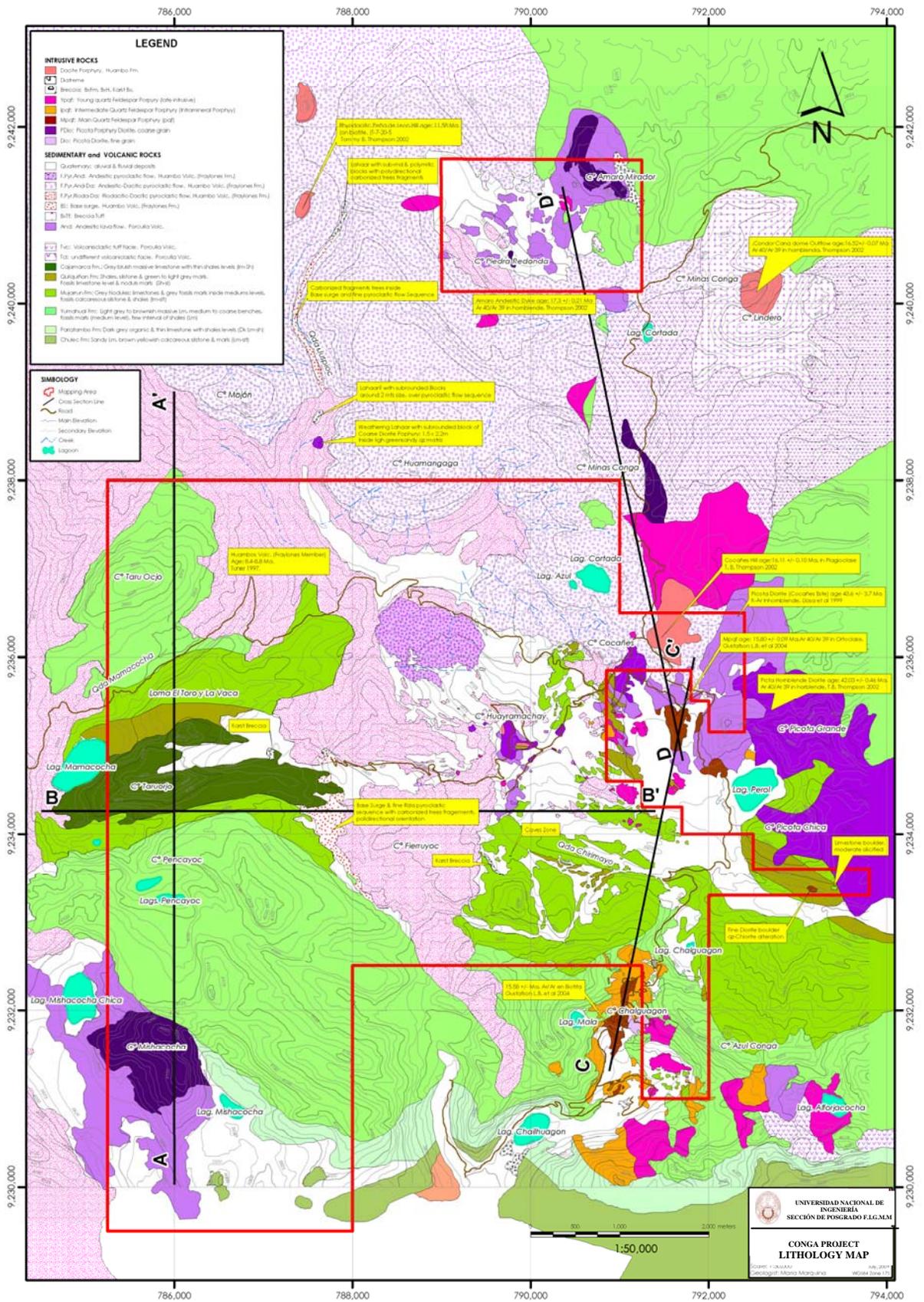


Fig. 3.7 Mapa litológico del área de estudio. Mostrando las 4 líneas de secciones trabajadas.

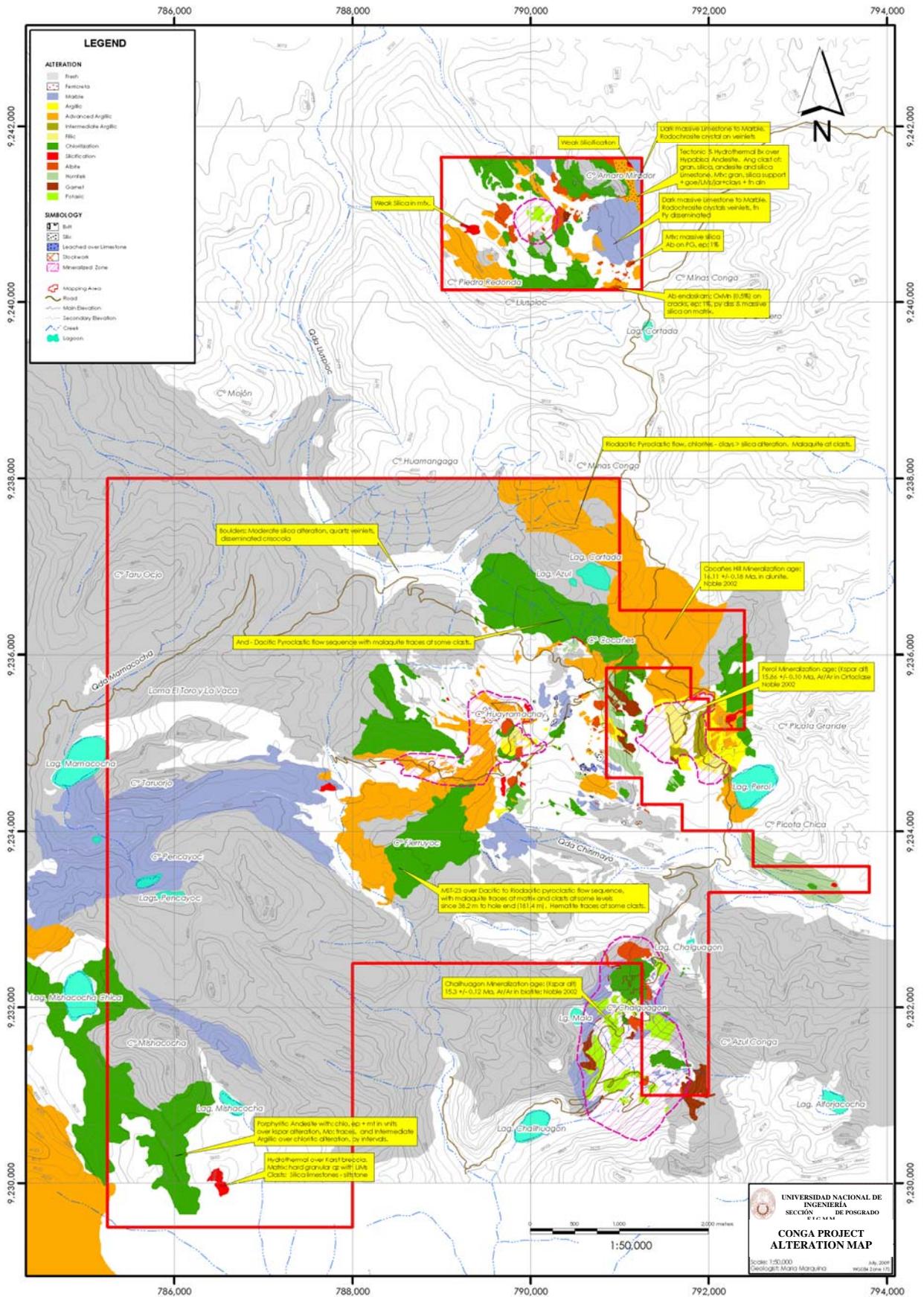


Fig. 3.8 Mapa de Alteraciones de la zona de trabajo

3.2.3 Depósitos Cuaternarios

Debido a la intensa erosión, que expone ampliamente el basamento Cretácico y las tobas soldadas de la Formación Huambos, se tiene mayormente depósitos Cuaternarios recientes de tipo aluvial y fluvial, formado por cantos de tamaño medio de calizas, limolitas, tobas y fragmentos de intrusivos porfirítico variables (granodiorita, andesita – diorita), todos ellos dentro de una matriz de limo, arcillas y en menor cantidad de arena fina. La ubicación de estos depósitos se restringe a desembocadura de quebradas, algunas terrazas y áreas planas sin mayor importancia (quebradas: Chirimayo y Quengorrio).

Restos de algunos depósitos morrenicos se encuentran al Sur del depósito Perol dispuestos en forma paralela a la quebrada Chirimayo, proveniente de los cerros Hualamachay.

3.3 MAGMATISMO

Se han identificado 2 tipos de magmatismo, uno de composición ácida, de mayor amplitud y distribución, y otro de composición intermedia a básica. El primero evidenciado por una secuencia de flujos piroclásticos de composición dacítica a riódacítica de la Formación Huambos; intrusivos porfiríticos granodioríticos con mineralización económica de oro y cobre como es el caso de los depósitos de Chailhuagon y Perol, intrusivos dacíticos como el depósito Hualamachay. El segundo está constituido por una secuencia piroclástica variable (bloques a fina) de composición andesítica (Sur de Cerro Mojón) e intrusiones variables en tiempo y distribución, tales como la diorita Picota de grano grueso y otra de grano fino, que algunas veces tiene aspecto de flujos de lava, datadas en 42 y 43 Ma respectivamente, las cuales constituyen las intrusiones más antiguas dentro del área de estudio.

La edad de emplazamiento de estas intrusiones magmáticas varía desde Eoceno superior al Mioceno medio. Algunos han formado Pórfidos mineralizados en oro y cobre, y se han emplazado en diferentes contextos litológicos y estructurales.

3.3.1. Cluster de intrusivos porfiríticos con mineralización de Cobre, Oro y Molibdeno

El mapa litológico (**Fig. 3.7**) muestra una variedad de intrusiones en los bordes y alrededores del lineamiento anular, emplazados desde el Eoceno al Mioceno superior. Estas intrusiones corresponden a intrusivos porfiríticos dioríticos de grano fino y grueso (Perol, Hualamachay, posiblemente Amaro y Quinuapampa) datados en 43 Ma (Perol), monzoníticos (suroeste de caserío San Nicolás), granodioríticos (Chailhuagon, Perol, Amaro), brechas freatomágmatica y finalmente Domos dacíticos como el aflorante en Cerro Cocañes, algunos más podrían estar ocultos.

Los intrusivos dioríticos se encuentran formando parte de **centros volcánicos tipo estrato volcán**, ubicados mayormente en los niveles topográficos más altos (Cerros Picota, Quinuapampa y Amaro Mirador), se encuentran agresivamente erosionados por posibles procesos de deglaciación. Ver columna estratigráfica de la zona de trabajo adjunta en la sección Anexo.

3.4 GEOLOGIA DE LAS ÁREAS PROSPECTIVAS

El Proyecto Conga se ubica entre 12 a 14.5 km al norte de Michiquillay, está formado por 3 depósitos porfiríticos de cobre – oro, que en orden de importancia son: **Perol, Chailhuagón y Hualamachay**, los que serán trabajados en la puesta en marcha de Proyecto de mina. Estos depósitos se encuentran dentro de la unidad estructural anular. El pórfido de cobre – oro **Amaro**, se ubica 6 Km al norte del pórfido Perol, debido a la lejanía en su ubicación este depósito se conserva como Reserva de Proyecto Conga.

Las Reservas publicadas para Conga el 2005 en el cuadro adjunto, muestran un total de 11.8 Moz de Oro y 3.2 billones de lbs de cobre.

By Deposit and mineral	Al 31 de Diciembre, 2005	
	Reserve	NRM
GOLD		
Perol	7,959,540	1,480,584
Chailhuagon	3,876,628	683,759
Amaro	0	968,390
TOTAL	11,836,168	3,132,733
COPPER		
Perol	2,233,154,494	515,227,866
Chailhuagon	993,248,028	219,011,225
Amaro	0	207,284,097
TOTAL	3,226,402,522	941,523,188

Cuadro 3.1 Reservas Probadas y Probables (NRM) – 2005

Las características geológicas de los depósitos arriba mencionados son semejantes, los 14 targets propuestos se encuentran relativamente cerca a estos depósitos, pero sin exposición evidente. Para simplificar su entendimiento se describirá la geología de acuerdo a las áreas en que se encuentran.

3.4.1. Chailhuagón

a) Geología

Chailhuagón es un depósito tipo porfido de Au – Cu, de composición granodiorítica (dirección NS) con una edad de 15.58 ± 0.12 Ma. (Gustafson et al., 2004). Los emplazamientos de los intrusivos en el Distrito Conga en general son verticales a subverticales. Este stock intruye a las calizas masivas de la formación Yumagual del Cretáceo superior, cuyas capas presentan un rumbo promedio E-W y buzan 20°-25° Norte; el intrusivo en el contacto con la caliza ha desarrollado una aureola de marmolización de 100 – 200 m de ancho y muy débil skarnización. Sin embargo, entre las calizas de la margen derecha de la quebrada “La Rinconada” (cerca al campamento Conga), se tienen afloramientos de diorita de grano con alteración de calcosilicatos en contacto con el intrusivo, lo que nos hace pensar que puede corresponder a la diorita Picota hallada en Perol.

Se han reconocido 3 pulsos del intrusivo granodiorítico, mediante contactos nítidos, texturas de enfriamiento y venillas de cuarzo truncadas. Estos pulsos intrusivos se clasifican en:

1. **Main Porphyry (PQF):** El código de la abreviatura corresponde a la composición mineralógica de la roca en inglés: Pórfido Cuarzo Feldespato. Este intrusivo es de textura pórfido fanerítica y se le llama principal (Main Porphyry) debido a que contiene la mineralización de mayor intensidad, asociado a las venillas A y B asociadas.
2. **Intramineral Porphyry (IPQF):** Corresponde al segundo pulso granodiorítico, el cual corta al intrusivo principal y contiene una mineralización promedio. Se encuentra mayormente rodeando al intrusivo principal lo que le da una mayor distribución en el área.
3. **Late Porphyry (LPQF):** Corresponde al tercer y último pulso de la cámara magmática granodiorítica. Se encuentra mayormente distribuida hacia el este y sureste de los intrusivos antes mencionados. Este pórfido se encuentra débilmente mineralizado, en consecuencia la densidad de sus venillas de cuarzo son mayormente de tipo D.

b) Alteración y mineralización

Se distinguen dos importantes grupos de alteraciones, definidos desde el punto de vista Genético (Llosa et al., 2000). El primero constituido por la alteración potásica y propilítica - clorítica dentro

del intrusivo granodiorítico. La diorita de grano fino tiene alteración albitica asociada con sílice y cloritas. El intrusivo en el contacto con la caliza ha desarrollado una aureola de marmolización de 100 – 200 m de ancho y muy débil skarnización (**Ver Fig. 3.8**).

El pórfido Chailhuagon expone la mineralización primaria de un pórfido, asociada a las alteraciones de mayor temperatura. No se encuentran niveles superiores de alteración retrograda y niveles de enriquecimiento.

CODE	DESCRIPTION
PT	Undifferentiated Potassic Alteration
PTp	2nd biotite, very weak 2nd Kspar
PTb	2nd biotite (4 intensity) and 2nd Kspar (1-3 intensity)
PTf	2nd Kspar (4 intensity) and very weak 2nd biotite
PR	Propylithic: Chl, ep, ab, cal,
CL	Chloritic: 2nd bt to chl , ser, act. PT relictic alteration
AA	Advanced Argillic: qz, aln, pyr, kao, dick, ser
AR	Argillic: kao, mont, ser
AI	Intermediate argillic: sm/ill, chl, hematite-magnetite
PH	Phyllic: qz, ser, kao, py, LMs
FR	Fresh rock, maybe traces of alteration minerals
Si	Silica: granular or massive silica
Si - mt	Silica - magnetite assemblage
Sk _g	Garnet Skarn: piropo, almandina, px, mt, cal
Sk _{px}	Piroxen Skarn: diopside, cal, gar, act/trem, serpentine
Sk _{mt}	Magnetite Skarn: mt, qz, chl, act
ENS _g	Garnet Endoskarn: grossular, andradite, px, chl, qz, mt
ENS _{px}	Piroxen Endoskarn: diopside, gar, ep, serpentine, act
ENS _{ab}	Albite Endoskarn: Ab, silica, chl, ep, titanite, scapolite
HO	Hornfels: 2nd biotite, chl, act/trem, mt, kspar, clays
MB	Marble: granoblastic calcite

Cuadro 3.2 Resumen de alteraciones encontradas en el Proyecto Conga.

Alteración Potásica

Es la alteración principal responsable de la mineralización porfírica de Au – Cu. El ensamble de alteración está constituido por: cuarzo, feldespato potásico, biotita y magnetita, ocurre en forma pervasiva y selectiva. La geometría de la alteración se ajusta a la forma elongada del intrusivo, y sus dimensiones son: 1.0 km. de largo (eje Norte – Sur) x 300 m. de ancho y 250 m en la vertical; lateralmente y en profundidad gradada hacia las facies cloríticas – propilíticas. Debido a la variedad de la mineralización asociada a la intensidad de vetillas de cuarzo y alteración Potásica, se ha dividido esta alteración en 3 tipos:

1. Ptf: Alteración potásica con predominio de feldespato potásico
2. Ptb: Alteración potásica con cantidades semejantes de biotita y feldespato potásico
3. Ptp: Alteración potásica con predominio de biotita secundaria. Parcial alteración de minerales máficos primarios (principalmente hornblenda).

Las variedades Ptb y Ptf están asociados a la mejor mineralización de cobre y oro, debido a que presentan vetillas tipo A, B, AB y M, esta última asociada a magnetita y con mayor contenido de calcopirita, bornita con contenido de oro. Cuya relación es de: Au/Cu: 3/1.

Alteración Propilítica

Su ensamble de alteración está constituido por: clorita, sílice, epidota – carbonatos, pirita; se encuentra irregularmente distribuido en el intrusivo tardío principalmente y parcialmente en el intrusivo intramineral.

Alteración Clorítica

Caracterizada por facies retrógradas con asociación de clorita – actinolita, biotita, que desarrolla en las aureolas de zona de alteración potásica, de tipo cálcico. En donde la clorita reemplaza a la biotita hidrotermal, a veces esta zona corresponde a la transición entre las facies potásicas y propilíticas. La mineralización está formada por sulfuros primarios tales como: pirita, calcopirita, bornita, trazas de molibdenita de manera subordinada. Los sulfuros secundarios de calcosita y covelita no son frecuentes y están restringidos a niveles altos principalmente en Perol; la magnetita y la hematina son comunes. El oro ocurre como inclusiones muy finas (5 – 30 micras) asociado a calcopirita – bornita y ocasionalmente en pirita y cuarzo.

3.4.2. Perol

a) Geología

El Deposito Perol es también un porfido Granodiorítico con mineralización de Au – Cu, datado en 15.86 + 0.09 Ma (Gustafson et al., 2004). Tiene como roca huésped a la diorita de grano fino hacia el este, y a las rocas sedimentarias limo calcáreas de la Formación Mujarrun y Quilquiñan al sur y oeste. El Cerro Picota Grande está formado por una diorita fresca de grano grueso la cual intruye a la diorita fina hacia el norte y noroeste, que por su distribución parecen ser flujos de lava emitidas del centro volcánico Picota grande.

En Perol se ha reconocido ampliamente dos pulsos granodioríticos: el **pórfido principal (PQF)** que es considerado como el más mineralizado y el **pórfido tardío (LPQF)** que es además el más fresco y menos mineralizado. El segundo episodio (intramineral) es menos frecuente. El pórfido principal se encuentra dentro de un pantano ferruginoso.

En la zona de los bordes del pórfido principalmente al oeste y norte y a manera de lente hacia el este, se presentan los sedimentos limo – calcáreos donde se hayan desarrollado zonas de skarn con mineralización Au – Cu y polimetálica; Los skarn están constituidos de cuarzo, magnetita, glosularia, piroxenos y epidota, algunas veces estos skarn son completamente estériles.

A diferencia de Chailhuagon, Perol tiene una variedad de brechas, resumidas en el siguiente cuadro. Las mismas que se presentan en Amaro, también.

CODES	STANDARD NAME	VISIBLE LOGGING CRITERIA	REGIONAL FEATURES and FORMATION'S ENVIRONMENT
BxE	Explosive Breccia	Fine grained, typically matrix support polymictic high grade of milled material (tufficite).	
BxF	Freatic Breccia	Typically monomictic, heterometrics	Eruption which involves just host rock, are close the surface of Diatrema.
BxFm	Phreatomagmatic Breccia	Called Diatrema too, Polymictic with juvenile magmatic clasts and accretionary lapilli, typically matrix supported	Near Vertical geometry
BxFms	Phreatomagmatic Breccia, with sulfides	s: could be used when there is sulfides at matrix and like fragments	If the breccia is big could be model like a economic body
lbox	Intrusive Breccia	Associated with porphyries	
BxH	Hydrothermal Breccia	Open fractures filling, matrix of hydro - thermal solutions which could be mineralized, fluids can produce the silicification of the matrix.	Boundaries are sharp and clearly defined
BxT	Tectonic Breccia	Associated with clear fault structures, shows deformation's textures (clasts aligned or imbricated). Slickensided surfaces. Milled rock and so strong fractured.	Rock fragments between two faults blocks.

Cuadro 3.3 Resumen de tipos de brecha en el Proyecto Conga.

3.4.3. Hualamachay - Ferruyoc

El área de Hualamachay esta formada por dos cerros al que hemos llamado: **Hualamachay I (al oeste) y Hualamachay II (al este - Ver fig 5.1)** este último mas cercano a Perol, ambos presentan anomalías geoquímicas en oro – cobre, de los cuales el más económico es Hualamachay I. El área de Ferruyoc es su vecina inmediata al sur, siendo la prolongación oeste de la quebrada Chirimayo, cuyo rumbo varía de N80°W a EW (quebrada Ferruyoc). Ver Fig. 3.7.

Hualamachay I y Ferruyoc esta formada por un nucleo de pórfido diorítico de grano grueso, el cual intruye a un remanente de flujo de lava andesítica que se extiende hacia el sur. Debido a ligeros cambios texturales hemos llamado a toda esta unidad diorita fina. Intruyendo la diorita gruesa se encuentra afloramientos aislados de un pórfido de Feldespatos (sanidina) y biotita a la que hemos llamado Dacita. Flujos piroclásticos de composición riódacítica a dacítica rodean estos intrusivos, ampliamente distribuidos y en forma de abanico hacia el oeste y en forma discontinua, debido a la erosión, hacia el norte. Afloramientos aislados de diorita gruesa y granodiorita tardía se encuentran hacia el suroeste y oeste. Hacia el sur y en la naciente de la quebrada Chirimayo se encuentra afloramientos de la Fm Mujarrun. Debido a las características expuestas Hualamachay I parece ser un centro volcánico erosionado.

El pórfido diorítico grueso presenta una moderada alteración retrograda en su nucleo (filica y argilica), mientras que la diorita fina presenta una ensamble de clorita – sílice/albita – pirita – calcita eventual, la cual hemos clasificado como clorítica. El pórfido dacítico presenta mayormente una alteración sílice – albita. Todos estos intrusivos presentan moderada a débil stockwork de venillas de cuarzo, tipo A, B, D y AB. En la diorita fina se observa eventualmente calcopirita y bornita. La secuencia carbonatada clástica del Mujarrun ha formado Hornfels, y sus niveles de caliza masiva mármol.



Fig. 3.9 789680E, 9234640N, Foto mirando al sur. Naciente de la quebrada Chirimayo con afloramientos calcáreos de la Fm Mujarrun, mostrando una falla inversa colapsada en el tope de la secuencia y una cobertura de flujos piroclásticos al lado derecho. Nótese la disposición hacia el oeste de los flujos piroclásticos. Sin embargo, un bloque se encuentra colapsado hacia la quebrada. El afloramiento calcáreo entre los 2 bloques colapsados es una brecha kárstica.



Fig. 3.10 787000E, 9233550N. Foto en talud de acceso mirando al noreste. Horizonte de "Base Surge" oxidado, fractura con Limonitas por donde se lixivian aguas meteoricas.



Fig. 3.11 La picota marca la dirección del contacto entre la diorita gruesa argilizada a la derecha, y la diorita fina propilitizada a la izquierda. Se observa que la diorita gruesa corta a la diorita fina.

3.4.4. Amaro

El prospecto Amaro, está ubicado alrededor de 9 km al Norte del campamento de Minas Conga, debido a su distancia se considera una reserva del Proyecto Conga.

Las calizas masivas de la Fm Yumahual que afloran hacia el N y NE han sido intruidas por un intrusivo hipabisal diorítico fresco de textura porfírica gruesa (Cerro Amaro Mirador), rodeando este intrusivo se encuentra un flujo de lavas andesíticas que han sido preservadas en la base de la quebrada Amaro, y cubren la secuencia calcárea é intrusivos de composición granodiorítica con mineralización de oro y cobre, semejante a los depósitos Perol y Chailhuagon; el intrusivo granodiorítico tardío aflora debilmente en la quebrada y base del hipabisal andesítico. Se han reconocido principalmente dos pulsos de este intrusivo: Principal y Tardío. Desde el sur hacia el noroeste, estos intrusivos se encuentran cubiertos por flujos piroclásticos de composición andesítica en la base y dacítica hacia el tope. Diques aislados de andesita porfírica fresca intruyen esta secuencia piroclástica.

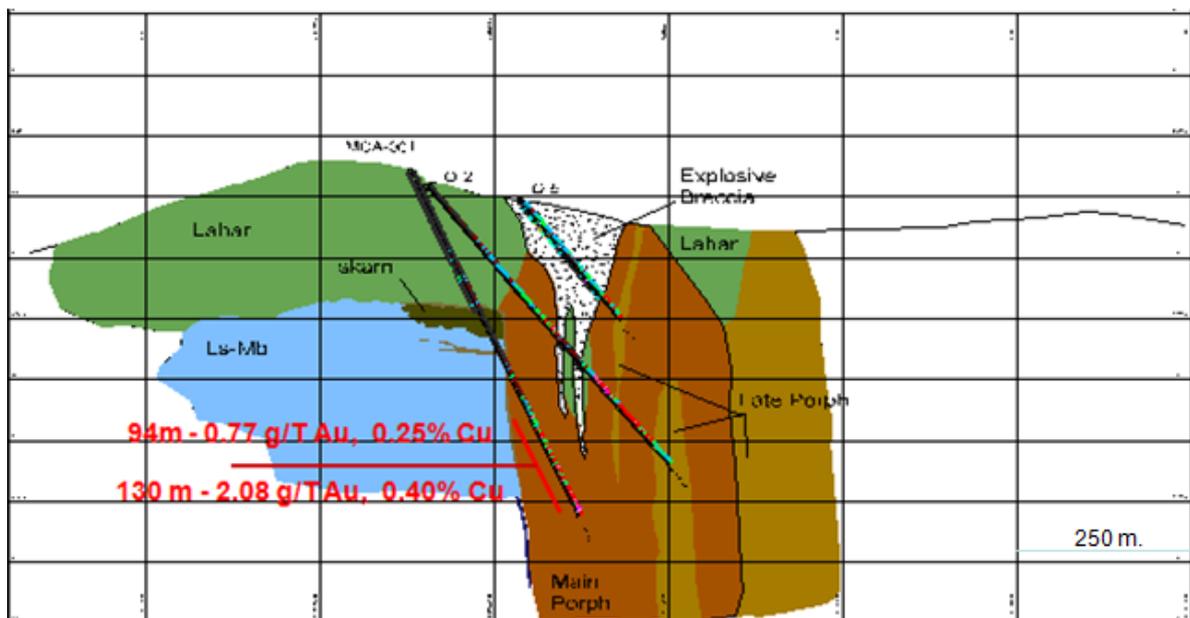


Fig. 3.12 Sección NS, mirando al oeste. Modelo del depósito Amaro según grupo de exploraciones. La diferencia con el concepto actual es el reemplazo de los lahares por flujos piroclásticos y lavas andesíticas.

La alteración de mayor temperatura (potásica) se encuentra en el pórfido granodiorítico tardío, la alteración clorítica rodea a este núcleo y se encuentra asociada a las andesitas y flujos piroclásticos andesíticos, dispuestos principalmente en dirección NW, la alteración de calcosilicatos (albitica y granates) rodean el núcleo potásico en dirección EW; aisladamente continua en la prolongación SE del área de trabajo. Los flujos piroclásticos dacíticos presentan alteración argilica avanzada (cuarzo, alunita, ARCS).

3.4.5. Cerro Mishacocha - Quinuapampa

Quinuapampa es el nombre del caserío ubicado al sur del cerro Mishacocha, este cerro se encuentra al suroeste del área de trabajo, entre las lagunas Mishacocha (SE) y Mishacocha chica (NW). Al igual que los Cerros Amaro Mirador y Picota Grande, Mishacocha presenta características litológicas semejantes y podríamos decir que son estrato volcanes andesíticos – Dioríticos erosionados.



Fig. 3.13 Foto mirando al NW, tomada al pie de laguna Misacocha. Contacto entre la intrusión de Diorita de textura gruesa fresca flujos de lava andesítica en los borde sur y hacia la derecha en contacto con las calizas de las Fms. Pariatambo en la base y Yumahual al tope. Ver Fig. 3.7

El centro volcánico Mishacocha esta formado por un núcleo diorítico fresco que intruye la secuencia carbonatada Pariatambo – Chulec, asimilando algunos bloques de estas rocas en su paso a superficie. Hacia el sur y noroeste se encuentra rodeado de flujos de lava andesítico, que por empatía con la geología existente llamaremos diorita fina. Al sur se encuentran bloques rodados de pórfido de feldespatos (sanidina) y biotita fresco, semejante al existente en Hualamachay.

Hacia el sur las lavas andesíticas presentan alteración propilítica – clorítica sobreimpuesta a una moderada alteración potásica. Al sur de la laguna Mishacocha se encuentra un importante afloramiento de calizas clásticas de la Fm Chulec con intensa alteración silíceo. La geofísica detecta una débil anomalía magnética al NW de la laguna y cerca al contacto intrusivo – calizas. Lo que puede significar la presencia de un pórfido félsico con mineralización económica a mayor profundidad y causante de la alteración hidrotermal presente en la zona.

John M. Proffett (May 2006), de la evaluación de los taladros ejecutados al noreste de Cerro Mishacocha, reporta lo siguiente: **Mishacocha es un Prospecto Porfirítico**, relacionado a intrusivos en rocas sedimentarias Cretácicas; la mayoría del área esta cubierta por un intrusivo de grano fino que parece ser de composición cuarzo monzonita, con pequeños granos de Plagioclasa subhedral a anhedral rodeados por granos anhedrales muy finos de cuarzo y feldespato potásico. Las áreas que parecen estar asociadas con delgadas venillas de cuarzo tipo A y magnetita secundaria abundante, parecen haber sido alteradas a feldespato potásico secundario. Una pequeña área a lo largo del camino contiene abundante venillas de cuarzo, textura de brecha y sobre 1 – 2 ppm de oro. Esta roca esta sobreimpuesta por alteración argílica y sericitica tardía. Texturas relicticas sugieren que la matriz de brecha consiste de qz de grano fino, feldespato, posiblemente magnetita y sulfuros. Esta puede ser una brecha del tipo potásico hidrotermal

temprano, como los encontrados en algunos sistemas porfíricos, y pueden ser de alta ley de cobre y oro.



Fig. 3.14 Secuencia calcárea clástica de la Fm Chulec intensamente silicificada. Las capas de lutita y caliza no han sido deformadas y conservan la buena disposición de sus estratos.

La silicificación masiva es intensa en la secuencia carbonatada, posiblemente por interacción de los fluidos hidrotermales con el nivel freático. Se ha reconocido 2 pulsos hidrotermales: el primero que forma la silicificación pasiva de los estratos calcáreos y el segundo asociado a brechas tectónicas con sobreimposición de fluidos hidrotermales, que muestran intensa oxidación por alteración de sulfuros primarios y/o percolación de aguas meteoricas.



Fig. 3.15 Brecha hidrotermal sobreimpuesta a brecha tectónica, debido a la intensa molienda de la matriz asociada con óxidos, sobre secuencia calcárea silicificada.

3.4.6. Vizcacha

Se ubica a 4 km al SW del Proyecto Chailhuagon. Esta área presenta una anomalía aeromagnética de 250 x 350 m². Las rocas del basamento son Calizas micríticas del Cretáceo de las Formaciones Yumahual y Mujarrun. Al menos 3 eventos magmáticos se han reconocido en esta zona. La roca ígnea más temprana es un flujo bandeado de andesita (cuarzo – latita?) débilmente cloritizado, que es cortada por un dique diorítico foliado, equigranular de grano fino.

Estas rocas están cubiertas por tufos de cristales dacíticos casi frescos y tufos brecha heterolíticos. Todas las unidades ígneas contienen magnetita primaria diseminada. En el sector NE del Prospecto existe varias vetas de alteración cuarzo – alunita con los tufos de cristales que pueden ser indicativos de alteración sobreimpuesta a un pórfido oculto. Los resultados preliminares del muestreo de rock chips en las vetas de qz-aln oxidada tienen valores superiores a 0.124 g/T Au.

Pampa Chica:

Ubicada al WNW del Proyecto Chailhuagon, es una brecha freatomagmatica elongada al NW que corta calizas de las Formaciones Yumahual y Mujarrun. Las brechas tienen clastos heterolíticos en una matriz de polvo de roca con alteración ARCs – py. Existen venillas ocasionales (< 2 cm ancho) de calcita con galena que pueden ser relativo a la mineralización distal a un depósito tipo pórfido. Se observaron diques andesíticos cloritizados que cortan las calizas y bloques caídos con alteración cuarzo – alunita.



Fig.16 Pampa chica: brecha freatomagmática heterolítica con matriz volcánica juvenil y polvo de roca. La roca tiene débil alteración ARCs – pirita. El lápiz apunta a finas venillas de galena que cortan clastos y matriz.

3.4.7. Quebrada Pencayoc

Presenta una geología simple formada por la amplia exposición de la secuencia calcárea clástica de la Fm Yumahual, las cuales hacia el lado oeste y noroeste se encuentran moderadamente marmolizadas, Figs 3.7 y 3.8. Sin embargo, su importancia radica en que esta zona es confluencia de interceptos de fallas de Riedel.



Fig. 17 Foto Panorámica mirando al sur, de afloramientos de la parte alta de Pencayoc, mostrando la secuencia calcárea Yumahual con moderado fracturamiento vertical.

3.4.8. Cerro Huamangaga Sur y alrededores norte y noroeste

Al sur del Cerro Huamangaga y de la quebrada Lluspioc, se encuentra un amplio centro volcánico de composición andesítica, formado posteriormente a la secuencia de flujos piroclásticos riolacíticos – dacíticos, ambos pertenecen a la Fm Huambos. Los flujos piroclásticos andesíticos son frescos con capas heterométricas (mm a metros), contienen lapillis acrecionales é involucran fragmentos de los piroclásticos riolacíticos. En la base de algunos intervalos en los taludes de acceso Quengorrio, oeste del cerro Huamangaga, se encuentran niveles de surges y flujos piroclásticos riolacíticos a dacíticos finos, cubierto por horizontes de deposición de lahaares con fragmentos heterométricos y de composición variada, los intervalos de fragmentos más finos tienen troncos de árboles de hasta 30 cm de longitud carbonizados y bien conservados.



Fig. 3.18 787642E, 9238692N, Foto mirando al oeste, en margen izquierda de río Lluspioc, zona de Quengorrio. Lahaar con bloques heterométricos y de composición variada, en matriz fina, moderadamente consistente, sobre horizonte de flujo piroclástico en la base. Roca fresca intemperizada.



Fig. 3.19 Foto tomada en talud de acceso al suroeste de cerro Huamangaga. Lahaar con mega bloque de diorita textura gruesa (ancho: 1.5 m, largo 2.2 m), afectado por fracturas verticales oxidadas tipo pipes. Junto con el, fragmentos de menor tamaño, heterométricos, polimícticos y subredondeados dentro de una matriz fina, verdosa de composición ácida, abundante biotita y cuarzo.

En los taludes de accesos hacia Perol, en la zona de Quengorrio, se observa pequeños afloramientos de flujos piroclásticos riódacíticos con alteración argílica avanzada, bajo la secuencia piroclástica andesítica fresca. En las laderas bajo el nivel de acceso (788520E, 9236890N) se encuentra una serie de bloques de flujos piroclásticos riódacíticos con alteración silicea a argílica avanzado con crisocola, pirita y calcopirita. Lo que podría indicar una fuente cercana de mineralización de cobre, bajo la cobertura de flujos piroclásticos andesíticos frescos.



Fig. 3.20 787886E, 9241014N, Foto en talud de acceso en Quengorrio, mostrando un horizonte de deposición caótica, con fragmentos polimicticos subredondeados y heterometricos, tipo **Lahaar**, **con fragmentos de troncos de árboles intemperizados** (ubicación de picota), matriz débil a moderadamente consistente.

CAPITULO 4

CONTEXTO TECTONICO y MARCO ESTRUCTURAL ASOCIADO

4.1 CONTEXTO TECTÓNICO

Los Procesos magmáticos y tectónicos están íntimamente relacionados en el tiempo y en el espacio. La tectónica busca comprender los procesos de deformación a gran escala que conducen a la construcción de Orógenos, la tectónica aborda la arquitectura y cinemática de las grandes fallas y las causas impuestas por la tectónica global. El análisis cinemático es el estudio de los movimientos de las partículas de un cuerpo finalmente deformado.

La Cordillera de los Andes se ha formado como consecuencia de tres ciclos geodinámicos mayores:

1. **Ciclo geodinámico del Precámbrico**
2. **Ciclo geodinámico del Paleozoico**
3. **Ciclo geodinámico del Triásico a la fecha**, también conocido como **Ciclo Andino** (U. Petersen 1990). Este ciclo consta de 2 fases:
 - 3.1. **Fase Extensional** (Triásico superior a Cretácico): acá se deposita la secuencia sedimentaria clástica carbonatada en la depresión Peruana Oeste, en un régimen de subducción tipo Mariana (Mégard 1984)
 - 3.2. **Fase Compresional** (Cretáceo superior a Holoceno): En el Cenomaniano temprano la subducción tipo Andina ocasiona la emergencia de la Cordillera de los Andes, caracterizado por episodios repetitivos de compresión, consecuente plegamiento - cabalgamientos en las rocas sedimentarias, intenso magmatismo, engrosamiento de la corteza y levantamiento en la región Cajamarca (Megard, Petersen, Benavides, Vidal 1999). Posteriormente la formación de cuencas tras arco. Ver Figs. 4.2

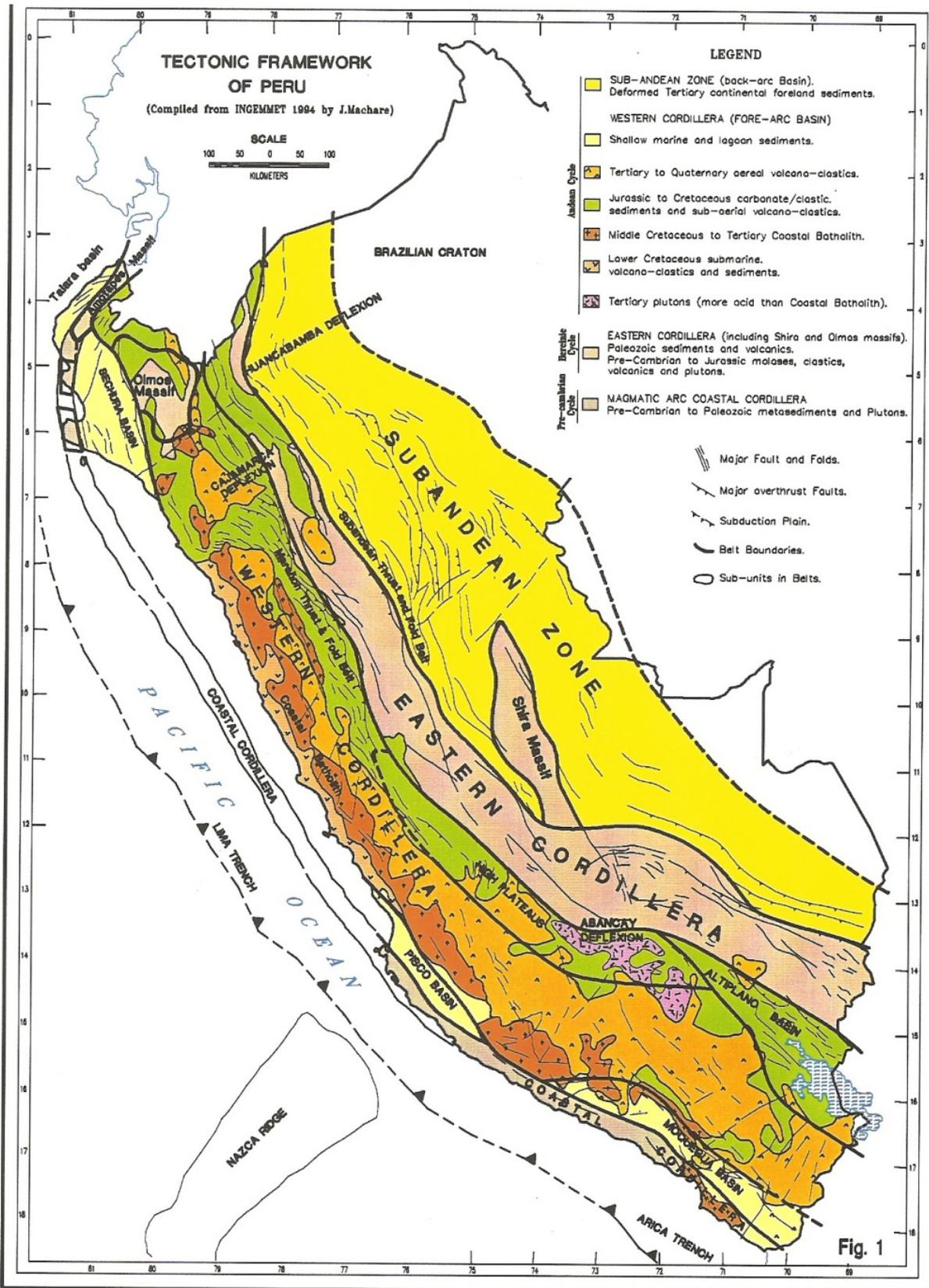
La Cadena Andina se caracteriza por dos principales cambios de dirección: La deflexión de Huancabamba en el Norte y la de Arica en el Sur. En el Perú la Cadena Andina sufre dos cambios notables: los cuales pasan localmente de la dirección NW a la dirección EW, a estos cambios se le conoce como "Virgaciones" y están representadas por la deflexión de Cajamarca y la deflexión de Abancay. El Distrito minero de Cajamarca está ubicado entre 2700 m a 4400 dentro de la deflexión de Cajamarca y muy cerca de la deflexión de Huancabamba (Megard, 1984). Ver figs. 4.1

La emergencia de la Cordillera fue caracterizada por la reaparición de pulsos compresivos y la presencia a lo largo del margen continental de un arco magmático con actividad volcánica y plutónica intensa. Durante esta fase, una secuencia de episodios compresivos: Peruano (Campaniano: 84 – 79 Ma), Incaica I (59 – 55 Ma), Incaica II (43 – 42 Ma), Incaica III (30 – 27 Ma), Incaica IV (22 Ma), Quecha I (17 Ma), Quechua II (8 – 7 Ma), Quechua III (5 – 4 Ma), y Quechua IV (Pleistoceno temprano) formaron los 3 más importantes, consecutivos y cambiantes pliegues y cabalgamientos hacia el Este. Las rocas sedimentarias Cretácicas fueron deformadas durante el Cenozoico por dos episodios orogénicos conocidos como: la Fase Inca y Quechua (Mégard, 1984; Benavides, 1999). La Fase Inca es la más importante y afecta principalmente a los segmentos Norte y Central del Perú, produciendo en la zona axial y borde noreste de la Cordillera Occidental pliegues y sobre-escurrimientos. Los primeros pulsos orogénicos de la fase Inca ocurrieron durante el Paleoceno superior a Eoceno inferior sobre un margen reactivado del escudo Brasileiro (Macfarlane, 1999).

Las rocas ígneas en la región Cajamarca están relacionadas a tres principales episodios magmáticos que intruyen y sobreyacen al basamento Cretácico y metamórfico. El primero de estos eventos ocurre durante el Paleógeno (57 a 35 Ma) y resulta en la deposición de la secuencia volcánica Llama. También el emplazamiento de algunos stocks intrusivos (Noble et al., 1990). La

segunda fase magmática ocurre durante el Mioceno temprano a medio (aprox. 23.2 a 15.8 Ma). El inicio de este periodo magmático coincide con un número de importantes eventos tectónicos que incluyen una rotación en sentido horario de la placa de Nazca, incremento del ratio de convergencia, algunas fases de deformación y un levantamiento en el norte del Perú (Pardo-Casas y Molnar, 1987; Noble et al., 1990).

Basados en la geofísica y datos geológicos Kono et al., (1989) y James y Sackc (1999) concluyen que la mayoría del espesor cortical Miocénico en la Cordillera Occidental resultó de este intenso magmatismo. Este episodio magmático define el principal periodo de formación de los pórfidos Au-Cu y Cu-Au-Mo. La fase magmática final se identificó cerca de Cajamarca y ocurrió durante el Mioceno tardío (12.3 a 8.4 Ma) y fue caracterizado por un amplio vulcanismo que incorpora el complejo volcánico de Yanacocha, los volcánicos Regalado y Huambos. Se evidencia una menor actividad intrusiva. La formación del depósito epitermal de alta sulfuración de Yanacocha ocurrió durante este intervalo final. Ver columna estratigráfica Distrital en Anexos.



D:\PCP\PERU\PERICTA4 04/03/97 19:27

Fig. 4.1 Marco Tectónico del Perú. Compilado de Ingemmet 1994, por José Macharé.

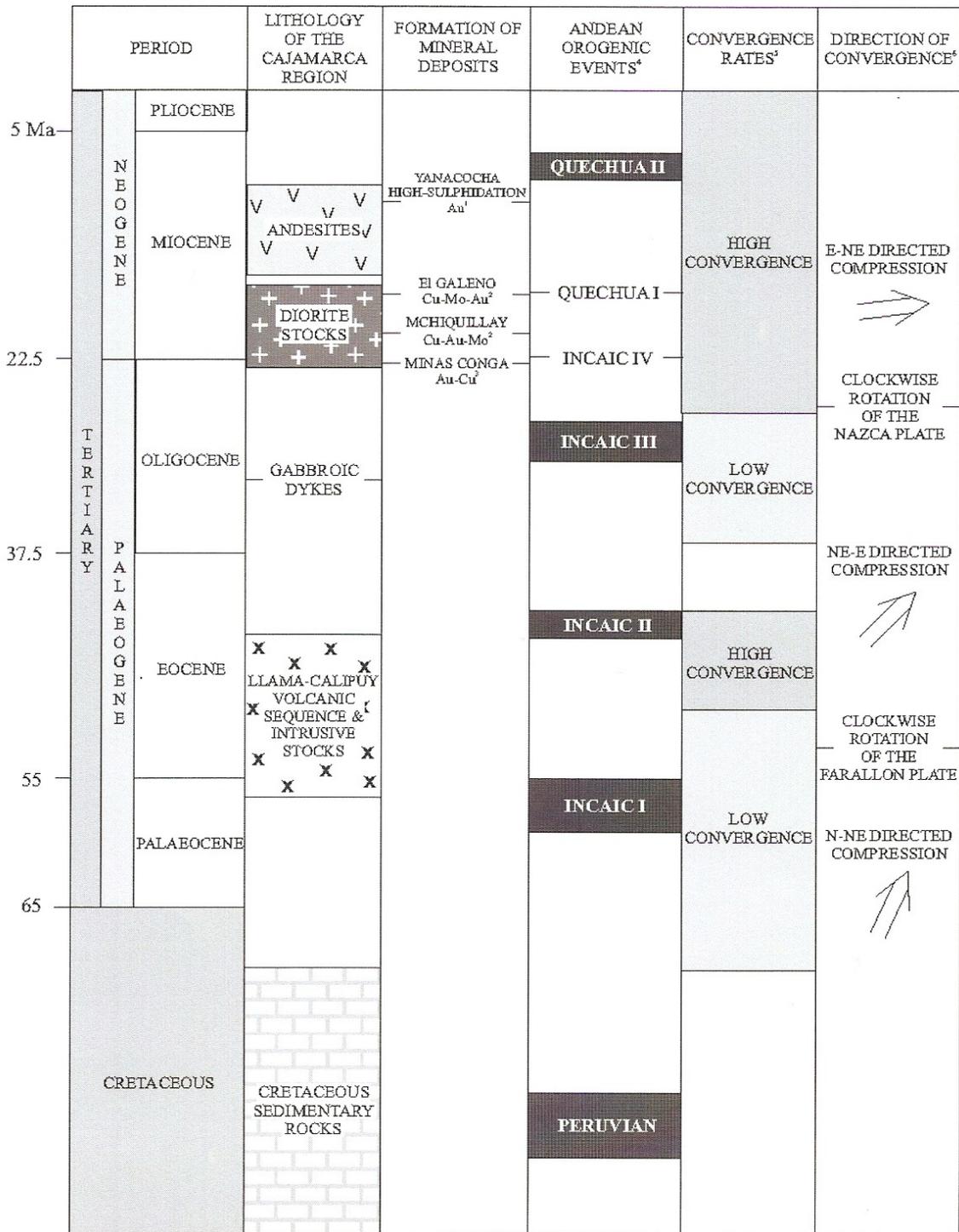


Fig. 4.2 Marco Tectónico de los Andes Peruanos del norte y el Distrito de Cajamarca. Turner (1997), Llosa et al., (1996), Megard (1984), Pardo Casas & Molnar (1987), Pilger (1984)

4.2. MARCO ESTRUCTURAL ASOCIADO

El Distrito Minero Conga se origina en un ambiente Geodinámico, debido a una intensa actividad magmática que generó: vulcanismo explosivo, efusivo é intrusivo dentro de la secuencia sedimentaria carbonatada del Cretáceo superior, representados por las Formaciones Yumahuay y Mujarrun.

La interpretación de los datos de campo nos ha llevado a la conclusión de que esta unidad de deformación corresponde a un **modelo estructural tipo Pull – apart** (Fig. 2.24) con **“Deformación cizallante progresiva”** (Figs. 2.18, 2.19, 2.20), con el consiguiente cambio de dirección en las estructuras involucradas, tales como el cambio de dirección de los sistemas de **fallas normales tipo echelón (R)**, limitantes por las **fallas verticales de Transferencia de rumbo Norte Sur (R’)**, Fig.2.15. Esta unidad de deformación anular (Fig. 2.28) presenta un intenso plegamiento tipo Sinclinatorio (Fig. 2.29) evidente en el sector oeste de este anillo, expuesto como un bloque topográfico elevado sobre la geografía circundante (Fig. 4.4).

Bajo el punto de vista de la exploración de yacimientos minerales, **las inflexiones en apertura son las más prospectivas**, ya que ahí se generan espacios por donde las soluciones hidrotermales pueden circular con mayor facilidad. Además, a escala regional, una inflexión en apertura es el lugar perfecto para el desarrollo de intrusiones menores bajo condiciones extensionales (Roberto Oyarzun y Miguel Doblás). Ver Figuras 2.25, 2.26 y 2.27.

En el sector NE de la unidad estructural anular, se ubica un posible centro volcánico eruptivo tipo estrato volcán, Cerro Hualamachay, erosionado en el flanco este. El cuál, puede haber originado el movimiento rotacional horario del bloque anular. Esta unidad ha sido sometida a un esfuerzo externo compresional (σ_1 y σ_1') con rumbo NE. Ver Figuras 2.28 y 4.7.

4.2.1. Fallas

Debido a que se trabajaron principalmente 2 zonas aisladas dentro del área de trabajo, describiremos este capítulo en dos partes: sector sur y sector norte:

SECTOR SUR

Corresponde a los alrededores oeste y norte de los depósitos Perol y Chailhuagón, donde aflora prominentemente el basamento cretácico dentro de un lineamiento anular, llamada Unidad de deformación Anular, el cual esta delimitado por una serie de lagunas elongadas y distribuidas a lo largo de este anillo y el basamento calcáreo se encuentra topográficamente elevado respecto de sus alrededores inmediatos (Fig. 4.4) y el contacto entre ambos evidencia en algunas partes una zona de cizallamiento, ejemplo borde sur de laguna Namococha y bordes de Chailhuagón. Esta unidad de deformación anular se encuentra afectada por fallas regionales NE, ubicadas en los extremos NW y SE del anillo estructural y en cuya intercepción se generan zonas de apertura para el emplazamiento de fluidos hidrotermales u otros más densos como intrusiones magmáticas no aflorantes.

Debido a que el bloque anular adopta el modelo de deformación tipo pull apart (Fig. 2.24) dentro de el se ubica una serie de fallas normales tipo echelon y desplazadas a lo largo de las capas más clásticas de la secuencia sedimentaria y en el flanco sur del eje de un mega sinclinatorio (Fig. 4.7). El borde sur del área de trabajo esta afectada por fallas inversas de bajo ángulo con desplazamiento hacia el oeste. Además, en los niveles topográficamente altos del flanco norte del sinclinatorio se observa una serie de fallas inversas cuyas capas se disponen hacia el norte.



Fig. 4.3 Imagen satelital mostrando la unidad de deformación anular, con la disposición de sus rocas asociadas.



Fig. 4.4 Imagen satelital de canto, mostrando la topografía elevada del bloque de deformación anular.

SECTOR NORTE

Representada por el área del Proyecto **Amaro**. Donde las fallas se han delineado a travez de lineamientos y quebradas contacto, solo el lado sureste de la zona de trabajo expone el basamento formado por calizas Yumahuall, intensamente fracturado y erosionado, sobre la cual todavía se encuentra remanente aislados de los flujos piroclasticos aflorantes al sur.

En toda la zona predominan fallas y lineamientos de tipo andino (NW), en el lado oeste de la zona, las fallas de rumbo EW tienen un desplazamiento sinextral y desplazan fallas de rumbo NW escalonadas. Las fallas de rumbo NS (tipo echelon) se observan mayormente en el lado este de la zona de trabajo y presentan desniveles topográficos. Fig. 4.7

más antiguo	↓	Vulcanismo dacítico - Riodacítico
		Vulcanismo andesítico efusivo y eruptivo
		Fallas NE
		Fallas NS
		Vulcanismo eruptivo dacítico
		Fallas EW
	↓	Fallas NW (rumbo andino)

Cuadro 4.1 Resumen de evolución estructural en el Proyecto Amaro y eventos volcánicos asociados.

4.2.2. Pliegues

La zona de trabajo corresponde a un megasinclinal levantado y expuesto en el basamento Cretácico (Fig. 2.29) desde la Fm Yumahuall en la base a la Fm Cajamarca en el tope. Las calizas predominantemente masivas de la Fm Yumahuall presentan menor deformación se expone en el flanco sur del megasinclinal, el plegamiento es más intenso hacia el tope de la secuencia sedimentaria donde se encuentran las Fms más clásticas y en consecuencia plásticas, tales como las Fms Mujarrun, Quilquiñan y Cajamarca.

Existen dos áreas donde se evidencia plegamiento (Fig. 4.7):

- A. Plegamiento intenso: ubicado al oeste del área de trabajo. Los pliegues son de acortamiento intenso y tienen rumbo promedio EW, sus ejes se encuentran ligeramente deformados formando una curvatura el SW (Fig. 4.3).
- B. Plegamiento moderado a leve: ubicado al este del área de trabajo. Representado por el anticlinal Alforjacochoa (Fig. 4.5) y el sinclinal – falla Chirimayo (Fig. 4.6), cuyos pliegues son de mayor amplitud y longitud de onda, respecto al anterior.

Las características expuestas en 1 y 2 nos hacen pensar que el bloque de deformación anular ha sufrido una ligera rotación antihoraria.

4.2.3. Estructuras

Al suroeste de Hualamachay, alrededor de 788950E, 9234700N afloran dos sistemas de estructuras con alteración sílice – alunita, formando relieves prominentes de aproximadamente 2 mts de alto, 2.5 m de potencia promedio, y hasta 4 m en zonas de unión de los 2 sistemas mencionados. Estas estructuras cortan a la secuencia de flujos piroclasticos de composición dacítica a riodacítica, que también tienen alteración argílica avanzada (alunita, arcillas, cuarzo).

- A. Sistema N90° – 115°E: Es el de mayor longitud, aproximadamente 330 m, tiene rumbo semejante a los ejes de plegamiento, lineamiento de las quebradas Ferruyoc – Chirimayo, y prolongación de falla regional a lo largo de las quebradas antes mencionadas (Ver Fig. 3.7, al borde de acceso hacia taladro MST - 25).

- B. Sistema N80° - 260°E: Este sistema es de menor longitud, varían entre 60 y 170 m, están unidas al sistema anterior (A), su continuidad se encuentra desplazada a lo largo del sistema A, simulando un débil desplazamiento sinetral. Ambos sistemas son subverticales (85°S)

Analizando las características mencionadas en estos dos sistemas de estructuras (vetas), podemos deducir que los fluidos hidrotermales migraron a superficie a través de planos de debilitamiento, posibles fallas, donde el sistema A sería la falla principal y el sistema B sería las fallas secundarias tensionales.

4.3. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES ASOCIADAS A LAS ÁREAS PROSPECTIVAS

Debido a que la deformación estructural involucra a los afloramientos ubicados dentro de la unidad de deformación anular, haremos una descripción resumida de las características estructurales en esta área y su respectiva ubicación. Amaro por tener características diferentes a esta unidad de deformación no será incluida.

El área de trabajo está constituida por una amplia porción del basamento Cretácico que ha sido afectada por la tectónica regional, que empezó con la deformación - plegamiento del basamento Cretácico, cuyos ejes fallados tienen rumbo andino (deflexión de Cajamarca), posteriormente este sistema de deformación fue afectado por fallas de rumbo NS. En nuestra zona de trabajo la falla principal con estas características y que dio inicio a la deformación continua distrital, está representada por la quebrada Chirimayo y Ferruyoc; las cuales, posteriormente fueron afectadas por un sistema de fallas regionales de rumbo NE con desplazamiento dextral, creando condiciones favorables para la formación de una zona de apertura previa a una actividad volcánica e intrusiva reconocida en la zona. El desplazamiento de las fallas Chirimayo – Ferruyoc, obedecen a un sistema de fallas tipo dúplex extensional, favoreciendo el desarrollo de una cuenca tipo “pull apart”, evidenciadas a ambos lados de los flancos del megasinclinal, donde se observa la formación de fallas normales a través de los estratos más clásticos de la secuencia carbonatada. Figs. 2.24, 2.26 y 2.29.

La dirección de esfuerzo compresivo σ_1 produjo el acortamiento y consecuente plegamiento de la secuencia sedimentaria, y está representado en 2 partes del área de trabajo (Fig. 4.7):

- 4.3.1. Borde NE – SW: Representa el 75% de la unidad de deformación anular, involucrando a las siguientes áreas: Quinuapampa este, Chailhuagón, Perol, Hualamachay y Ferruyoc. Los horizontes calcareos tienen un rumbo promedio N290°, 25°NE (de la zona de trabajo), que a su vez es el flanco sur del megasinclinal del distrito Conga, cuyo eje pasa por la quebrada Chirimayo. En este caso, el esfuerzo de deformación σ_1 tiene un rumbo N25°E, y es perpendicular al plegamiento y buzamiento de sus estratos.
- 4.3.2. Borde W: Representa el 25% restante del área anular, corresponde a la zona de los cerros Pencayoc, Taruorjo y Loma el toro y la vaca. En este tenemos un σ_1' , que representa una zona de mayor compresión y consecuentemente mayor plegamiento y acortamiento de la secuencia sedimentaria.

Las características detalladas en 1 y 2 describen una evolución progresiva del σ_1 y de su consecuente deformación, las cuales han afectado y definido áreas – etapas progresivas de cambio constante, por influencia de fallas de transferencia de rumbo NS (R'), que define sectores con variación en el rumbo de estratificación (R).



Fig. 4.5 Foto tomada en acceso Perol (792000E, 9234750N) mirando al SW, al pie se observa el pantano de color rojizo dentro del cual se encuentra el Pórfido principal y al fondo se observa el anticlinal Alforjacochoa, uno de sus flancos es de disposición subvertical.



Foto 4.6 Foto tomada en acceso Perol (792180E y 9234350N), mirando al W. Se observa el borde SW del pantano Perol y bajo la sombra la disposición hacia el sur de las calizas de la Fm Mujarrun en contacto con un intrusivo granodiorítico tardío fresco. Las calizas forman parte del flanco norte del sinclinal Chirimayo cuyo eje coincide con la quebrada del mismo nombre.

El Cerro Huamangaga tiene una forma conica homogénea con drenaje radial, su cobertura piroclástica intemperizada no evidencia mayor influencia estructural. La quebrada Lluspioc, muestra una disposición de rumbo NW y NE alternante.

CAPITULO 5

GEOQUIMICA DE AREAS PROSPECTIVAS Y DEPOSITOS CONOCIDOS

5.1. Método Analítico

Las muestras del Proyecto Conga se han analizado inicialmente con el Laboratorio Chemex y posteriormente con el Laboratorio SGS, quien ofrece una variedad de métodos analíticos para oro, cobre, plata, arsénico, plomo y zinc, en función de los requerimientos de sensibilidad de detección, y contenido en leyes.

Package	Method Code	Description
A1	FA30_5	Au by 30g Fire Assay / AA
	FA30_G	Au by gravimetry (FA/grav) if FA/AA >5 ppm
B	AA_PE2	Cu Tot (Cu by triple acid/ AA)
	CUSGEN	Cu acid-soluble if Cu Tot>25 ppm
	AA_CN4	Cu cyanide-soluble if CuTot> 25ppm
D11	ICMS 70	ICPMS by Aqua Regia digestión, not S, 51 elements
D12	AA_RE1	Pb by aqua regia/ AA if Pb (ICPMS)>200 ppm
D13	AA_RE1	Zn by aqua regia/ AA if Zn (ICPMS)>200 ppm
D14	AA_RE1	As by aqua regia/ AA if As (ICPMS)>200 ppm
C2	AA_RE1	Ag by aqua regia/ AA if Ag (ICPMS)>200 ppm
G	S_LECO S_LERE	Stotal, C total + S y C after calcination

Cuadro 5.1 Resumen de tipos de análisis químicos usados por el Laboratorio SGS, en muestras geoquímicas en la exploración de oro y cobre.

En el caso de requerir mayor precisión en zonas de buena ley en oro y cobre se usaron los siguientes tipos de análisis: Paquete A1 (FA30_5) para oro y el Paquete B: AA_PE2, Cu Tot, y AA_CN4, Cu cyanide-soluble. En el caso de muestras en zonas de exploración se usaron todos los demás.

Metodo Fire Assay (FA) ó Ensaye al Fuego

Es un método de análisis químico cuantitativo, por medio del cual los metales nobles son separados y determinados tanto en muestras minerales como en productos metalúrgicos, haciendo uso del fuego y reactivos secos. El método es aplicado principalmente, en la determinación de plata, oro y algunos miembros del grupo del platino, aunque el plomo, estaño, cobre y mercurio son también en algunos casos determinados por métodos de ensaye al fuego.

El uso de este método dependerá de:

- El grado de solubilidad de los metales nobles en el plomo fundido
- La diferencia de gravedad específica entre la escoria formada y el plomo, permite la separación de los metales nobles en forma de aleación de plomo.

Las escorias y copelas son usualmente desechadas. La ventaja de este ensaye para oro y plata sobre métodos húmedos depende fundamentalmente de lo económico y la rápida eliminación de casi todas las sustancias minerales asociadas en una simple fusión en el crisol, requiriendo menos de una hora para su ejecución y usando una cantidad importante de mena.

El proceso del método Fire Assay (FA), pasa por las siguientes etapas: Fusión de la muestra, Copelación, Digestión del Doré (perla con metales nobles) y Determinación de leyes por Absorción Atómica (AA) ó Gravimetría.

Método de Absorción Atómica (AAS)

Trabaja con átomos en estado fundamental (más baja energía), al absorber energía específica (de determinada longitud de onda), son promovidos a un nivel de energía mayor. La cantidad de energía absorbida (ABSORBANCIA) es directamente proporcional a la concentración del elemento. Es la técnica más ampliamente usada en los laboratorios y es aplicable a un amplio rango de elementos y especialmente adecuado para metales base y oro.

Ventajas: Técnica con buena sensibilidad, precisión, pocas interferencias, rango de trabajo desde **ppm** hasta porcentajes (%). Ampliamente difundido y fácil acceso al mantenimiento, amplio mercado de técnicos en operación de AAS, baja inversión de capital.

Desventajas: Es secuencial, es necesaria la digestión de la muestra donde las técnicas de GTA y Generación de Vapores encuentran limitaciones. Uso recomendado cuando como máximo hay entre 10 a 12 elementos por analizarse.

Método ICPMS (ICP – Mass Spectrometry)

Se usa soluciones de iones que son aspirados a un plasma de Argón a muy alta temperatura como fuente de iones. Bajo vacío son bombeados hacia un Espectrómetro de Masas, donde los elementos son separados de acuerdo a su masa o carga eléctrica. Los límites de detección generalmente son en **ppb**, mucho más sensitivo de AAS y ICP/OES

5.1.1. Paquete A1 FA (Fire Assay)

1. (FA30_5), Au by 30g Fire Assay / AA

Análisis de Oro por método Fire Assay (FA), pesando 30 gr de muestra preparada y finamente pulverizada. La determinación final se realiza por Absorción Atómica (AA). El límite de detección es 5 ppb. El límite máximo (upper limit) es de 5000 ppb (5 ppm). Si la muestra tiene un contenido mayor a 5 ppm se considera overlimit y se precede con un nuevo análisis, método FA30_G.

2. (FA30_G), Au by gravimetry (FA/grav) if FA/AA >5 ppm

Se realiza en muestras que resultaron sobre el límite en el análisis previo (Method code: FA30_5) Oro >5 ppm. Se aplica un nuevo análisis por método Fire Assay en 30 gr de muestra, una nueva pesada de la misma muestra preparada en el análisis previo. La determinación final es por el método Gravimétrico y el peso del oro se hace en una micro balanza (1 ug de precisión) ó ultramicro balanza (0.1 ug de precisión).

5.1.2. Paquete B

1. AA_PE2, Cu Tot (Cu by triple acid/ AA)

Digestión de la muestra con mezcla de tres ácidos: HCl, HNO₃, HClO₄, determinación final por Absorción Atómica (AA).

2. CUSGEN, Cu acid-soluble if Cu Tot >25 ppm

Digestión selectiva, usualmente con H₂SO₄ diluido al 5% a temperatura ambiente (20° - 25°C). Determinación final por Absorción Atómica. Este método se aplica para estimar el contenido de óxidos y es un método semi-cuantitativo.

3. AA_CN4, Cu cyanide-soluble if CuTot> 25ppm

Digestión selectiva, usualmente con solución de NaCN diluido de 2 a 5 % a temperatura ambiente. Determinación final por Absorción Atómica. Este método se aplica para estimar el contenido de sulfuros y es un método semi-cuantitativo.

5.1.3. Paquete D11: ICMS 70, ICPMS by Aqua Regia digestión, not S, 51 elements

Análisis multi-elemental por ICMMS (ICP – Mass Spectrometry), se alcanza niveles de detección más bajos que por ICPOE (ICP – Optical Emission) en el orden de 10 a 100 veces menos dependiendo del elemento. Usualmente 0.5 a 1 gr de muestra se digesta con agua regia (HCl y HNO₃) y determinan 51 elementos por ICPMS.

5.1.4. Paquete C2: AA_RE1, Ag by aqua regia/AA if Ag (ICPMS)>200 ppm

Para los siguientes elementos: plomo, zinc, arsénico, plata mayor de 200 ppm (sobre el límite) se aplica un nuevo análisis. Usualmente entre 0.25 – 0.5 gr de muestra, digestadas con agua regia y determinación final por absorción atómica.

5.1.5. Paquete G: S_LECO, S_LERE. Stotal, C total + S y C after calcinations

Determinación de azufre total y carbono total por método instrumental de combustión directa en el equipo analizador LECO y su determinación por espectrometría IR (Infra Rojo). Otra alícuota (porción de muestra representativa) es calcinada para eliminar el Carbono (C) y azufre (S) volátil, las cenizas se vuelven a pasar por el equipo Leco.

La determinación de S y C puede discriminar por diferencias en peso, si ellos son elementos químicos o están dentro de una estructura mineral. Ejemplo, primero se determina el contenido total de C y S en la muestra recibida, luego se calcula el contenido de estos elementos en el equipo en porciones de muestra previamente calcinada (en otra mufla) a diferentes temperaturas ó previamente lixiviadas y se obtienen contenidos menores de C y S. La pérdida aparente en estos análisis es interpretada como C y S elemental, en carbonatos, sulfatos etc. Este proceso se hace con el fin de determinar el carbono y azufre que no están como sulfuros primarios y otras mineralogías susceptibles de ser calcinadas. Los resultados de carbono, azufre después de la calcinación se consideran como mineralogías refractarias.

5.2. GEOQUIMICA SUPERFICIAL

El análisis geoquímico en todos los niveles topográficos, identifica anomalías de los elementos guías asociados a la mineralización económica a prospectar, así como la posible correlación entre ellos. Con este objetivo, se programa diferentes tipos de muestreo en función del criterio geológico. Así, el muestreo sistemático tiene el objetivo de identificar una posible anomalía geoquímica y el muestreo selectivo define posibles controles de mineralización.

5.2.1. Análisis Estadístico

El análisis estadístico de datos geoquímicos, es un procesamiento matemático de los resultados de laboratorio. La gran mayoría de datos geoquímicos en los mapas presentados pertenecen a muestreos previos, desde los realizados por geólogos de Cedimin (22633 muestras). Dentro de los cuales se incluye las muestras tomadas durante este trabajo (250 aproximadamente), de este último grupo se ha procesado 111 muestras de superficie, pertenecientes a cerro Hualamachay y alrededores.

El tratamiento estadístico nos ayuda a identificar poblaciones geoquímicas, su comportamiento y correlación entre ellos; en nuestro caso: principalmente entre los elementos guías de un sistema porfirítico de cobre y oro.

La base de datos de las 111 muestras superficiales y luego de los taladros MST corresponden a reportes emitidos por el laboratorio SGS (Ver datos en sección Anexo III). Los valores negativos

corresponden a leyes menores al límite de detección, los cuales han sido cambiados a la mitad de su valor absoluto para el normal procesamiento estadístico.

Variable	Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum	Range	Skewness	Kurtosis
Au(ppm)	0.06	0.10	0.01	154.56	0.00	0.01	0.01	0.09	0.49	0.49	2.35	5.51
Cu(ppm)	132.80	244.70	59855.30	184.27	3.90	17.00	42.90	125.00	1670.00	1666.10	3.72	16.70
Mo(ppm)	12.85	23.00	528.95	178.96	0.30	0.96	1.94	13.83	146.50	146.20	3.05	11.82
Pb(ppm)	66.05	82.70	6838.73	125.21	3.60	23.45	30.60	68.50	487.00	483.40	3.05	10.94
Zn(ppm)	138.60	377.40	142457.30	272.39	4.00	27.00	49.00	73.00	2650.00	2646.00	5.17	28.41

Cuadro 5.2. Resumen de Análisis Estadístico de 111 muestras de superficie - Hualamachay

Los valores de la media (Mean) y mediana (Median) son ampliamente diferentes, debido a la existencia de algunas leyes altas.

El skewness es una medida de la simetría, ó más precisamente la ausencia de la simetría en un histograma. En nuestros datos el valor del Skewness en todos los elementos presentados es mayor a "0", esto es un indicativo de la distribución Log-normal de sus datos (el gráfico de sus histogramas están sesgados a la izquierda).

La Kurtosis, es una medida de la forma ó tendencia de las distribuciones de datos. El valor alto de la kurtosis se refleja en un pico marcado cercano a la media, si el valor de la kurtosis es bajo, esto se refleja en un tope plano cerca a la media, una distribución uniforme puede ser un buen ejemplo en este caso.

A. Análisis de Histogramas

Las 111 muestras seleccionadas pertenecen a, muestras tomadas en los taludes de nuevos accesos hacia plataformas de perforación y afloramientos aislados. La construcción de histogramas para los elementos presentados tiene un comportamiento Log-normal, debido al efecto pepita.

Los histogramas son una técnica grafica efectiva para mostrar los datos del skewness y kurtosis. De los modelos presentados en el grafico inferior y del análisis de nuestros histogramas, vemos que estos se adaptan al modelo de **Weibull Distribution**, para este grupo de datos, el skewness es 1.08 y la kurtosis es 4.46, lo cual indica moderado skewness y kurtosis

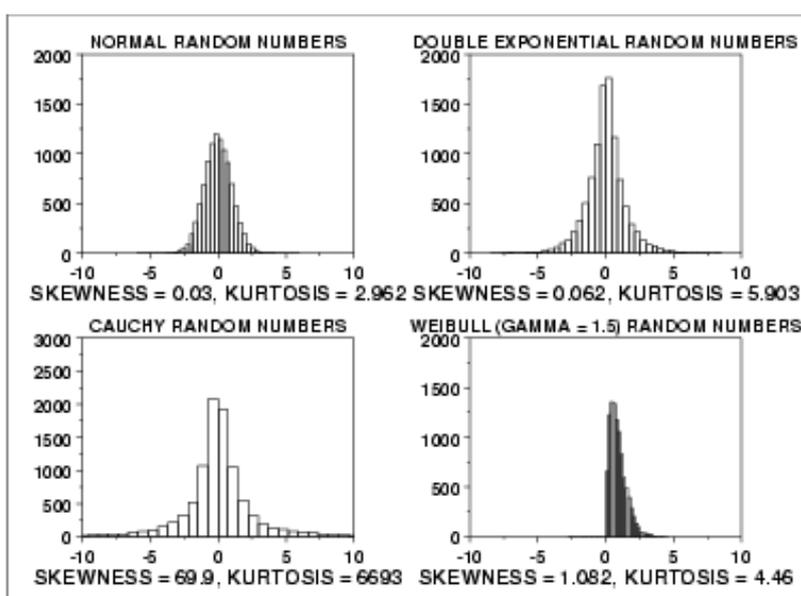


Fig. 5.1. Modelos de histogramas existentes

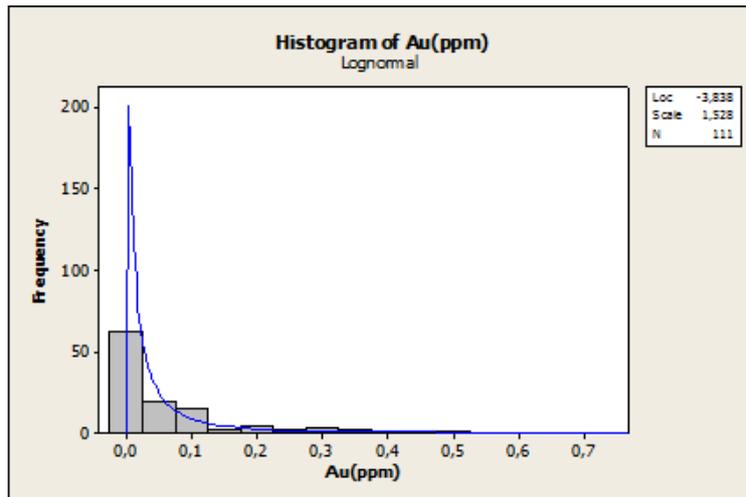


Fig. 5.2. Histograma de Au: 62 muestras (m) son menores a 0.025 ppm, 19 varían de 0.025 a 0.075, 15 de 0.075 a 0.125 y escasas muestras son menores a medio gramo.

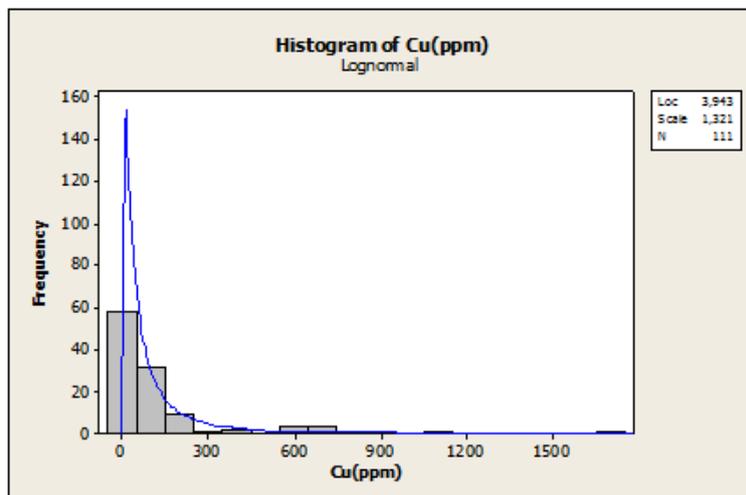


Fig. 5.3. Histograma de Cu: 58 muestras son menores a 50 ppm, 32 m: 50 a 150, 9 m: 150 a 250 ppm.

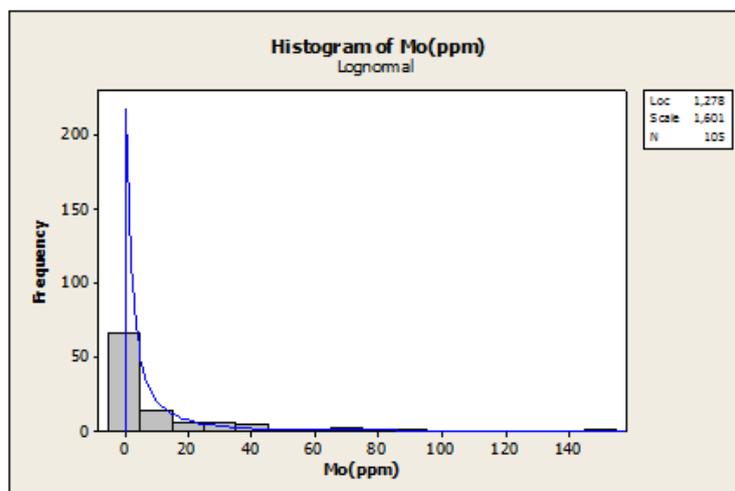


Fig. 5.4. Histograma de Mo: 66 muestras son menores 5 ppm, 14 m: 5 a 15, 6 m: 15 a 25 ppm.

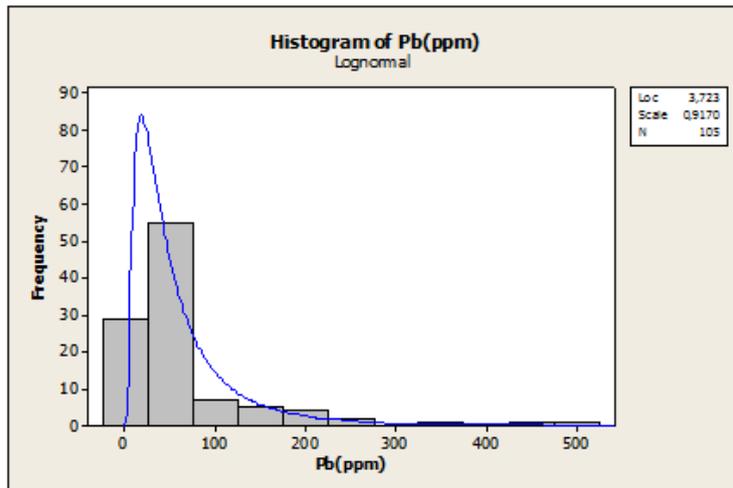


Fig. 5.5. Histograma de Pb: 29 muestras son menores a 25 ppm, 55 m: 25 a 75, 7 m: 75 a 125, 5 m: 125 a 175, 4 m: 175 a 225, 2 m: 225 a 275 ppm. Escasas muestras superan 500 ppm.

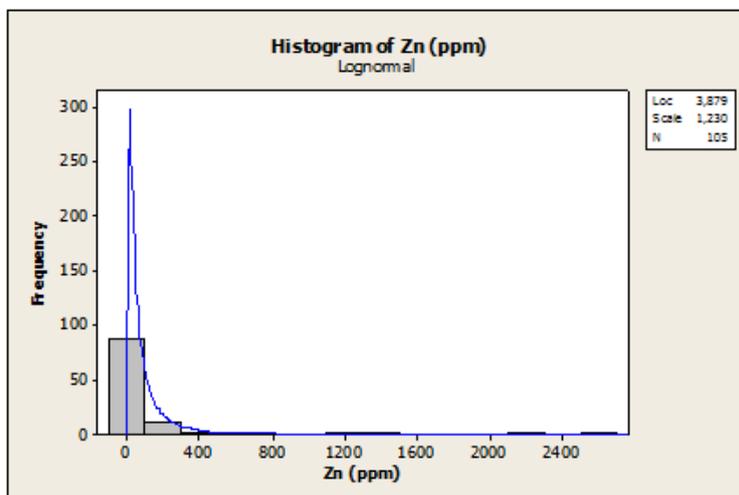


Fig. 5.6. Histograma de Zn: 87 muestras son menores a 100 ppm, 11 m: 100 a 300, 2 m: 300 a 500. Escasas muestras son superiores a 2400 ppm.

B. Análisis de Correlación

El gráfico adjunto (Fig. 5.7) muestra que existe una alta correlación (89.52%) entre el oro y molibdeno en las 111 muestras analizadas. Paralelamente la correlación entre el plomo y zinc es 76.75%, la correlación entre el cobre y plomo/zinc es 76.64%, evidenciando una mayor afinidad entre el plomo – zinc y cobre. El oro respecto al plomo – zinc – cobre tiene una correlacion baja (69.97%).

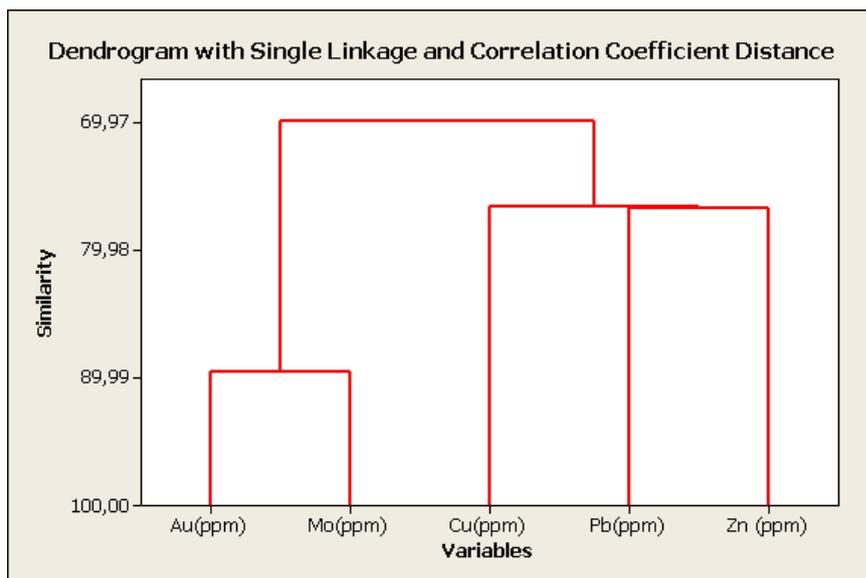


Fig. 5.7. Análisis de Correlación entre oro y metales base en superficie – Hualamachay.

C. Análisis de Planos Geoquímicos

Los mapas geoquímicos de superficie y los testigos de perforación muestran que las leyes de oro (ppm) y cobre (%) evidencian una correlación directa en los valores anómalos, mientras que el molibdeno (ppm) presenta valores anómalos aislados ó zonas de mineralización débil que se encuentran homogéneamente distribuidos en toda la zona (mayor o igual a 10 ppm) o sesgados hacia los bordes de las anomalías de oro y cobre. En el caso de Perol la anomalía de molibdeno se encuentra al sur de las anomalías de oro y cobre.

Los valores anómalos en oro, cobre y molibdeno se presentan en zonas de alteración hidrotermal tipo Pórfido como es el caso de Perol, Chailhuagon, Amaro y Hualamachay. La mineralización principal está asociada a venillas de cuarzo, en Granodiorita porfírica con alteración potásica y propilitica.

La gran mayoría de los valores anómalos en oro y cobre se encuentran en los afloramientos intrusivos con alteración potásica y/o flujos piroclásticos con evidente alteración hidrotermal retrograda, los cuales afloran principalmente al este y norte de la quebrada Pampa Chica, dicho de otra manera: en la mitad este del estructural anular. En el lado oeste de este bloque aflora principalmente la secuencia sedimentaria Cretácica, y las anomalías en oro y cobre en esta área se encuentran en pequeñas estructuras silicificadas – lixiviadas, afloramientos pequeños de Diorita fina con stockwork de venillas de cuarzo y otros intrusivos pequeños que pueden ser pequeñas ventanas de pórfidos más económicos en profundidad.

Rodeando estos Proyectos (excepto Chailhuagon) tenemos alteración argílica y argílica avanzada en un litocap de flujos piroclásticos de la Formación Porculla, donde las leyes son marginales. Como se muestra en los mapas geológicos adjuntos (Figs. 3.6 y 3.7).

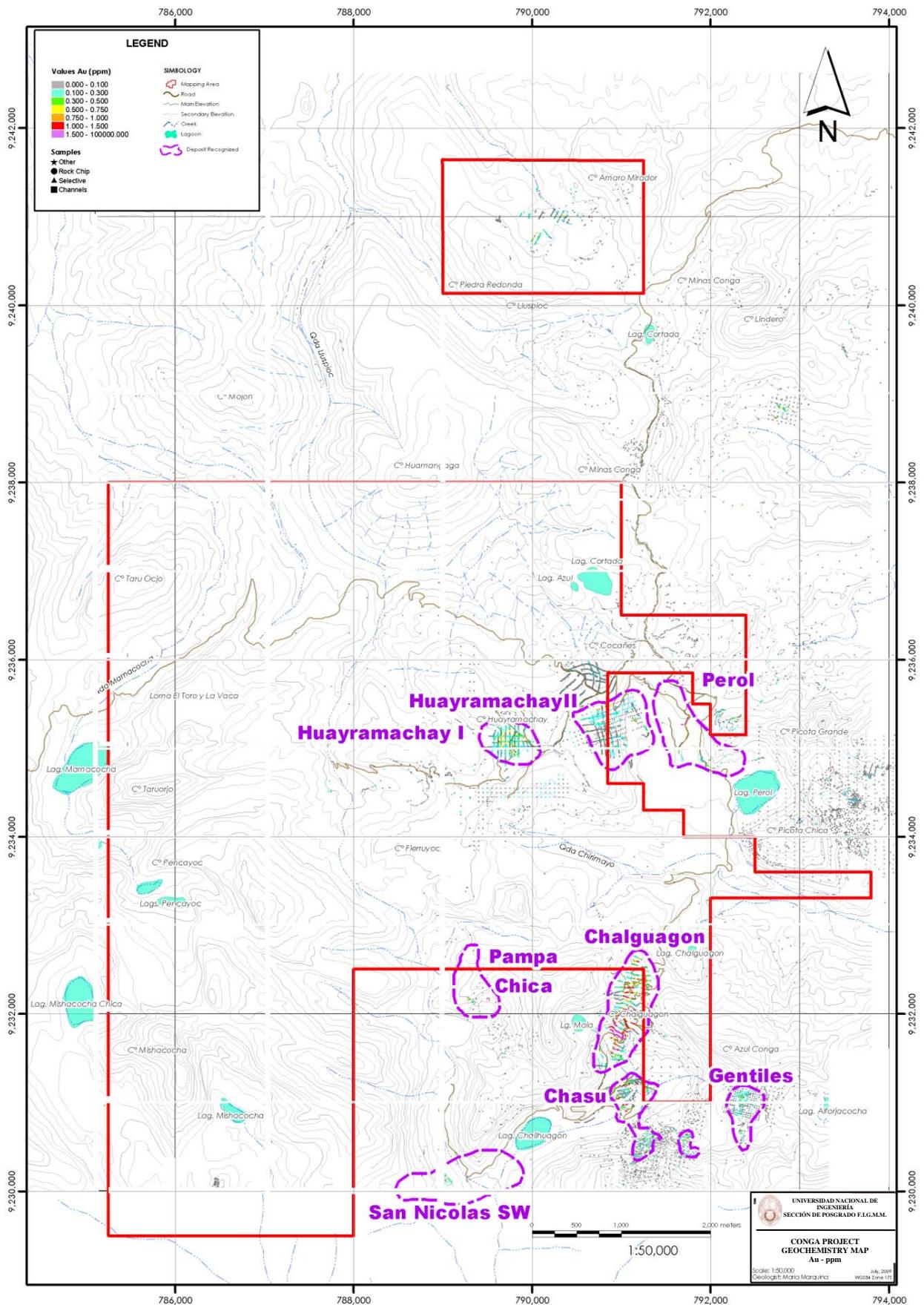


Fig. 5.8 Mapa geoquímico de Oro (ppm) con anomalías conocidas (fuxia)

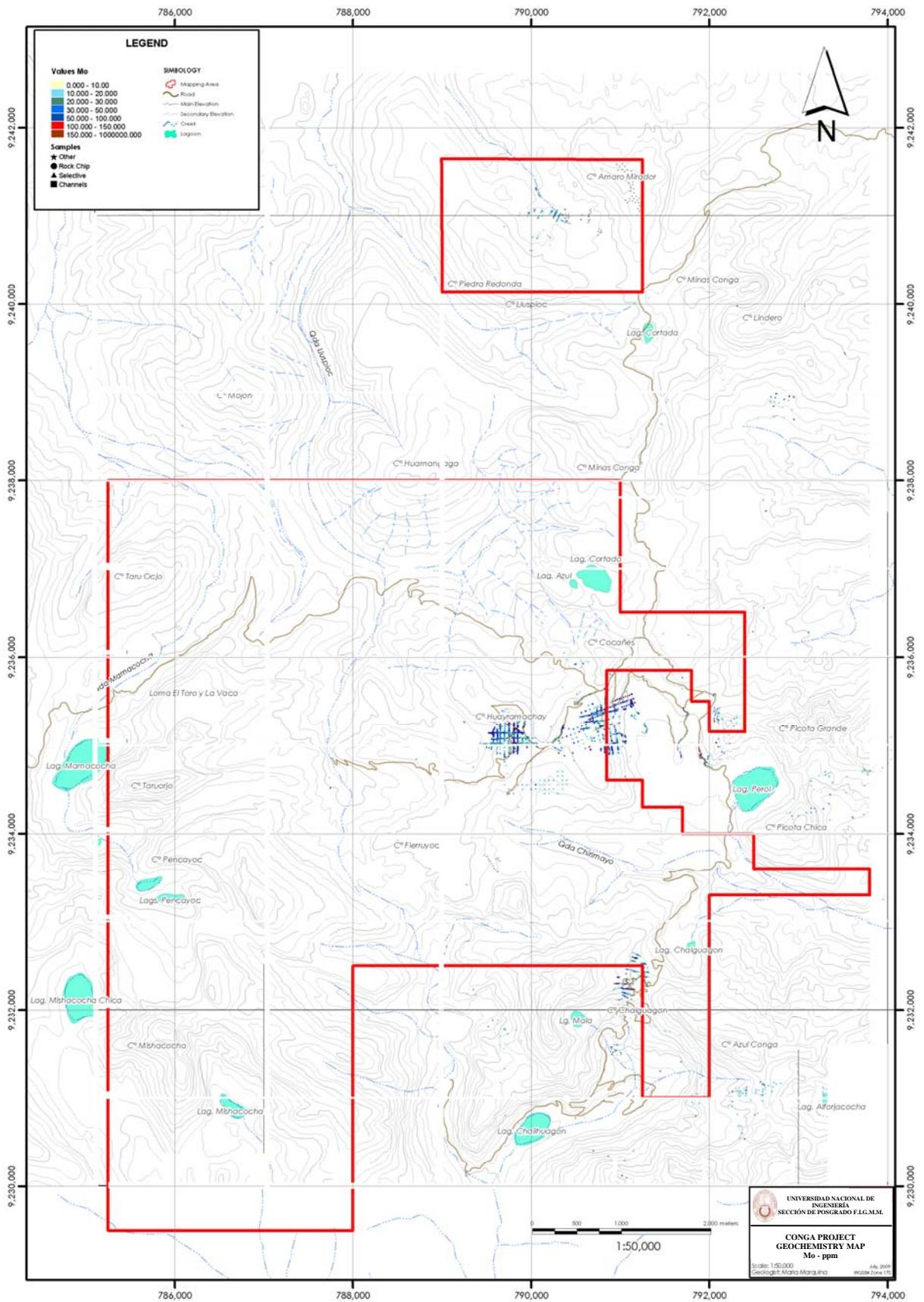


Fig. 5.10 Mapa geoquímico de Molibdeno (ppm). Nótese una coincidencia de débil anomalía en Molibdeno con las zonas anómalas en oro y cobre, en el caso de Perol es más evidente su distribución periférica.

5.3. Geoquímica de Sondajes

5.3.1. Análisis Estadístico

Se ha procesado la data geoquímica de once taladros de perforación, correspondientes a los MST-13 al MST-23, equivalentes a 1169 intervalos de muestreo.

Variable	Mean	StDev	Variance	CoefVar	Min	Q1	Median	Q3	Max	Range	Skewness	Kurtosis
Au_FA_ppm	0.02	0.06	0.00	333.21	0.00	0.00	0.01	0.01	1.33	1.33	12.38	224.88
Cu_ICM_ppm	30.88	97.81	9567.69	316.76	1.00	5.40	11.00	28.05	2274.00	2273.00	14.01	267.83
Mo_ICM_ppm	1.56	3.06	9.36	195.85	0.05	0.63	0.91	1.37	39.20	39.15	7.42	65.70
Ag_ICM_ppm	0.53	1.63	2.65	305.29	0.01	0.02	0.06	0.20	10.00	10.00	4.62	22.14
Pb_ICM_ppm	119.10	798.50	637627.80	670.38	1.00	5.95	12.10	39.10	10000.00	9999.00	11.35	132.19
Zn_ICM_ppm	327.50	1221.20	1491313.90	372.88	0.50	18.00	55.00	127.50	10000.00	10001.00	6.60	46.45

Cuadro 5.3. Resumen de Análisis Estadístico en 11 Sondajes: MST-13 a MST-23.

A. Análisis de Histogramas

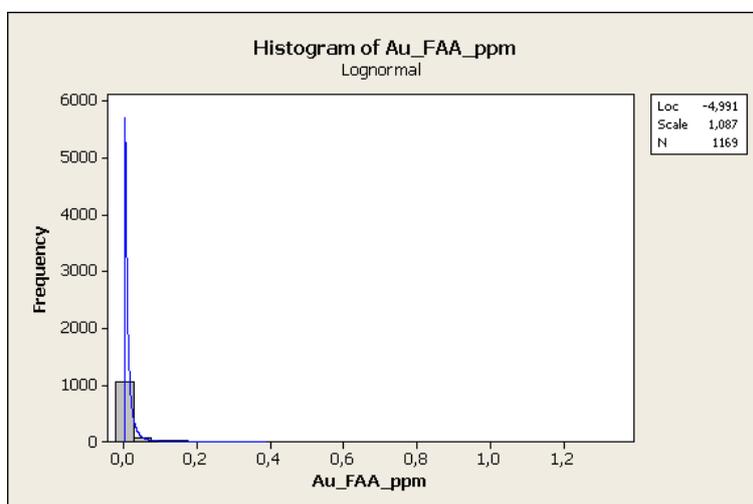


Fig. 5.11. Histograma de Au: 1045 muestras son menores a 0.025 ppm, 68m: 0.025 a 0.075 ppm

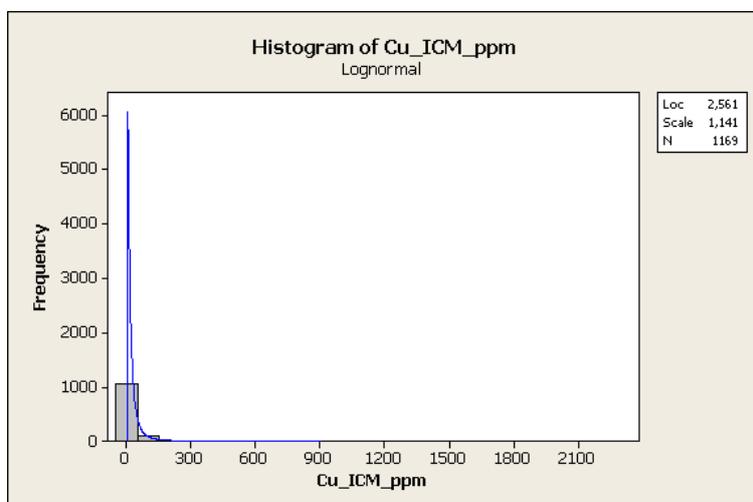


Fig. 5.12. Histograma de Cu: 1041 muestras son menores a 50 ppm, 98 m: 50 a 150 ppm.

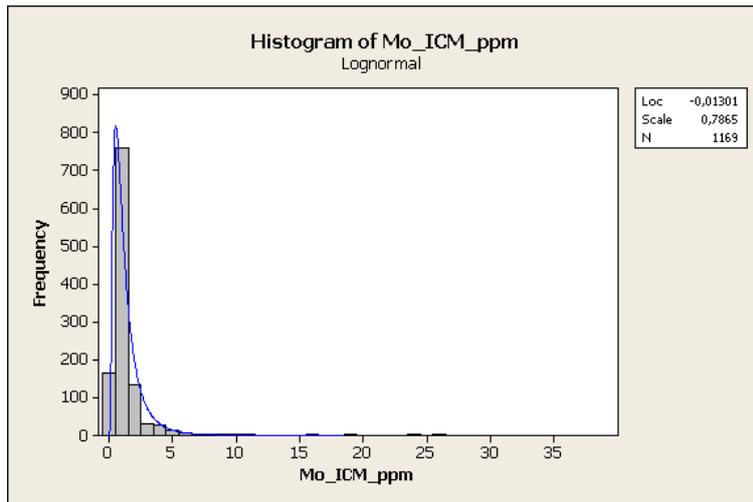


Fig. 5.13. Histograma de Mo: 166 muestras son menores a 0.5 ppm, 761m: 0.5 - 1.5 ppm, 133m: 1.5 – 2.5, 31m: 2.5 - 3.5, 28m: 3.5 – 4.5, 13 m: 4.5 – 5.5. Escasas muestras son menores a 27ppm

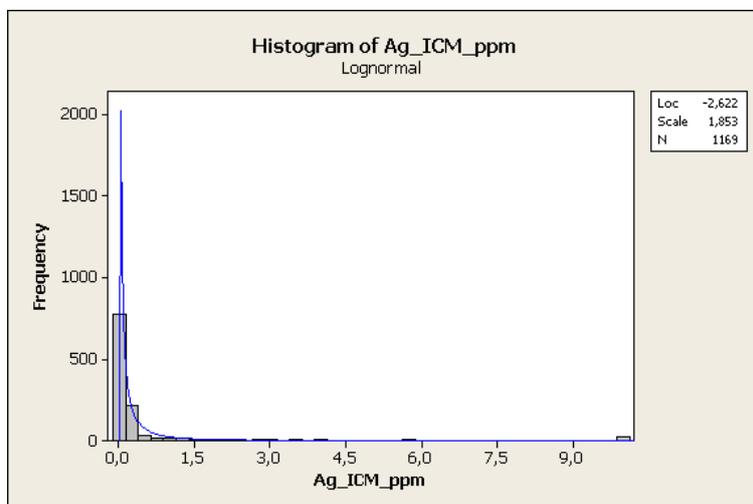


Fig. 5.14. Histograma de Ag: 773m < 0.125ppm, 217m: 0.125-0.375, 32m: 0.375-0.625 ppm...

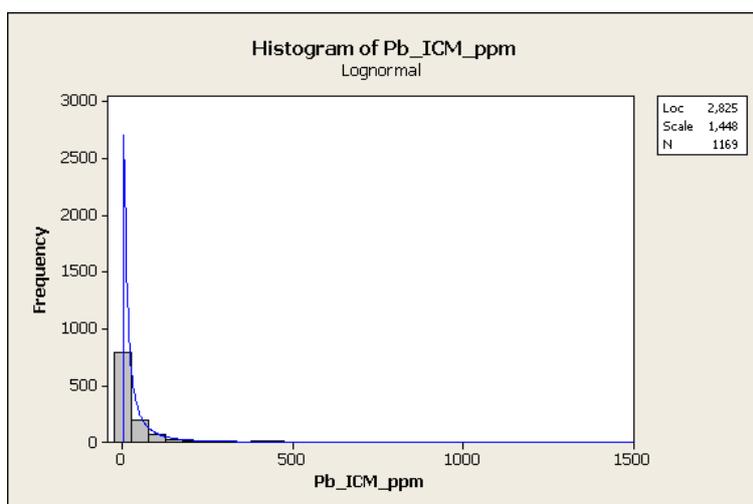


Fig. 5.15. Histograma de Pb: 791 muestras son menores a 25 ppm, 199 m: 25 a 75, 70 m: 75 a 125, 28 m: 125 a 175 ppm.

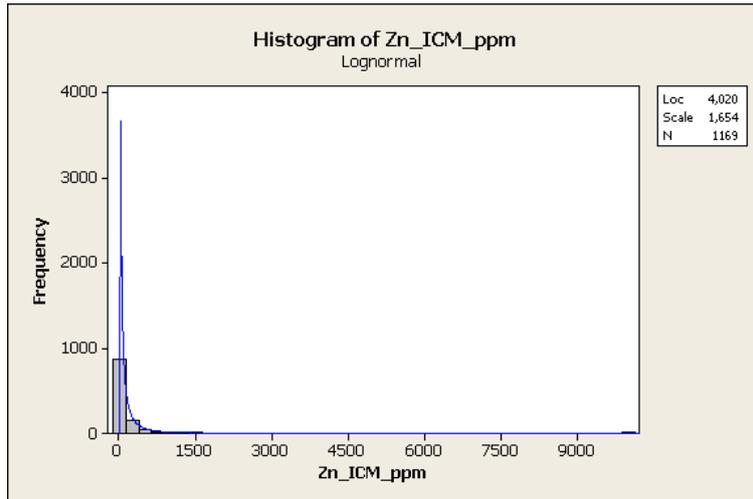


Fig. 5.16. Histograma de Zn: 871 muestras son menores a 125 ppm, 156 m: 125 a 375, 51 m: 375 a 625 ppm.

B. Análisis de Correlación

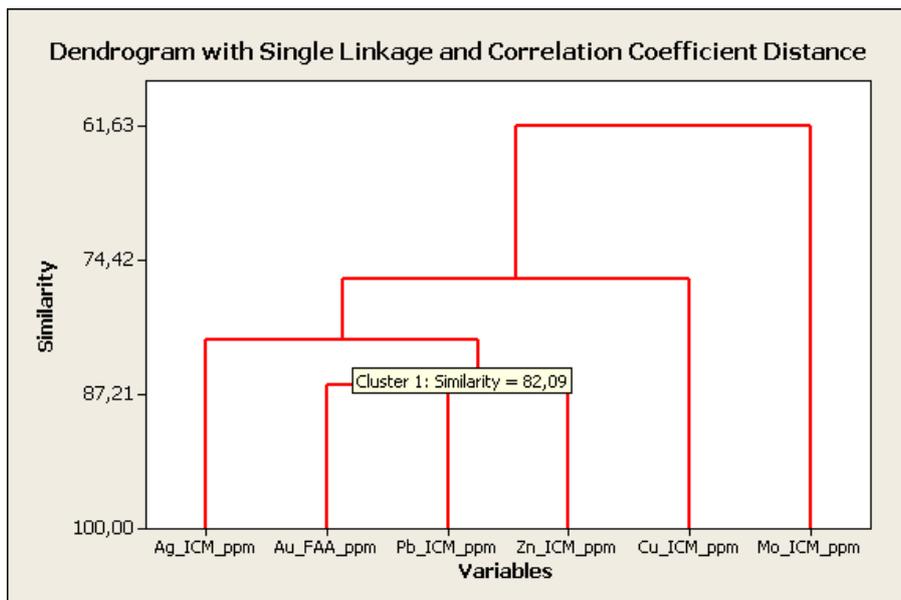


Fig. 5. 17. Análisis de Correlación entre oro y metales base en Taladros MST-13 a MST-23

La figura 5.17 muestra una alta correlación (86.35%) entre el oro y el plomo, ambos a su vez tienen una correlación cercana con el zinc (85.22%), éstos tres a su vez presentan una correlación menor (82.09%) con la plata. El oro, plomo, zinc y plata a su vez tienen una correlación de 76.19% con el cobre, todos ellos muestran una menor correlación con el molibdeno (61.63%).

CAPITULO 6

POTENCIAL EXPLORATORIO DEL DISTRITO MINERO CONGA

6.1. SELECCIÓN DE ZONAS ESTÉRILES y MINERALIZADAS

La Figura 6.3 muestra **14 nuevas anomalías conceptuales idealizadas**, que se sugiere explorar. Todas estas anomalías propuestas en color verde se concentran en la parte sur de la zona de trabajo, debido a la magnitud del área y a las características estructurales que esta presenta. El mapeo estructural sugiere la formación de zonas de apertura en los interceptos de falla y lineamientos estructurales encontrados, tomando como modelo la ubicación de los depósitos porfíricos ya conocidos.

Dadas las características metalogenéticas del distrito Minero Conga se espera que estas zonas de apertura estructurales puedan haber favorecido el emplazamiento de nuevos pórfidos con mineralización de cobre – oro, todos ellos no aflorantes, bajo la cobertura sedimentaria Cretácica ó de flujos piroclásticos en la zona de Hualamachay oeste y alrededores. La selección de estas anomalías obedece a características estructurales específicas:

6.1.1. En interceptos de fallas: Los interceptos de falla se han considerado en: Fallas de estratificación normales (**R**) y Fallas de transferencia (**R'**) esta últimas tienen rumbo NS. Con este criterio se han determinado las siguientes anomalías propuestas: IV, V, VI, y VIII.

Anomalía IV, se ubica a unos 400 m al SE de las lagunas Pencayoc, y corresponde a un intercepto de fallas **R** y **R'** que originan un cambio de rumbo a los estratos de N315° a N55°. En la sección AA'. Se encuentra en contacto cercano con el extremo sur de la sección AA'.

Anomalía V, se ubica como a 1.5 km de la anomalía IV y al oeste de Pampa Chica, corresponde a una zona de confluencia de fallas subverticales de rumbo: N0° - 20°, N65°, N100° y N330°, las cuales han originado un cambio de rumbo y deformación en los estratos de la secuencia sedimentaria Yumahual.

Anomalía VI, corresponde a un intercepto entre el eje de anticlinal Alforjacocho y una falla dextral de rumbo N260°, donde además aflora pequeños intrusivos de cuarzo – Feldespato, sills andesíticos y lutitas con alteración de sílice lixiviada y piritita. Los diques de textura porfírica cuarzo – feldespato - magnetita (1%) son pequeños afloramientos frescos, que por su dimensión no resaltan en los planos presentados. Se encuentran en: 790880E, 9233555N (N135°/85°), 790585E, 9233545N (N280°/80°).

Anomalía VIII, se ubica en contacto cercano norte de la sección BB', corresponde al intercepto de: ejes de pliegues fallados dextralmente de rumbo promedio EW, fallas secundarias tensionales y falla regional NS discontinua. En un tramo alineado con la falla NS se tiene un cuerpo brecha tectónica – kastica, marmolizada y débil presencia de calcosilicatos. Al SE de esta anomalía conceptual, se tiene una débil anomalía geoquímica de oro – cobre, asociada la presencia de sílice masiva entre los estratos calcáreos, con mineralización secundaria de cobre y limonitas. Sobre las calizas se tienen parches de flujos piroclásticos riódacíticos con alteración argilica avanzada y limonitas.

6.1.2. Interceptos entre lineamiento anular y pliegues/fallas: Con este criterio se han determinado las siguientes anomalías propuestas: II, III, VII, XIV.

Anomalía II, se ubica al sur de la sección AA', en el contacto fallado entre la Diorita del cerro Mishacocho y un conjunto de fallas normales y de estratificación que se unen en dicho contacto, generando una débil deformación y marmolización de sus estratos calcáreos. La falla contacto en ambas rocas ha podido servir de canales de paso para fluidos hidrotermales é intrusiones porfíricas posteriores.

Anomalía III, se ubica al oeste de la zona de trabajo, se forma por la intercepción de: la zona de cizallamiento por rotación del bloque anular, fallas subverticales de rumbo NS y EW, originando un área intensamente fracturada, marmolizada y débil presencia de calcosilicatos.

Anomalía VII, se ubica al oeste de la sección BB' y del lineamiento anular, incluye los alrededores sur de la laguna Namococha. Representa la zona de mayor acortamiento de la secuencia calcárea, en consecuencia es la zona más deformada. La intensa deformación se produce en los niveles más clásticos y a la vez más plásticos de la secuencia carbonatada, en las Formaciones Quilquiñan y Cajamarca. La sección BB' (Anexos) muestra la ubicación de un posible pórfido en esta área.

Esta zona ha sido afectada además por fallas inversas y regionales NE, originando zonas marmolizadas en la secuencia calcárea.

Anomalía XIV, se ubica al norte del área de trabajo más extensa, en la intersección del lineamiento anular con una falla regional NE y en contacto sur con un centro volcánico tardío andesítico (ver Fig. 4.3) en cuyos alrededores cercanos se tiene boulders de flujos piroclásticos riodacíticos con mineralización secundaria de cobre.

La presencia de este centro volcánico andesítico en contacto sur con la anomalía X, se basa en los siguientes argumentos:

A. Indicadores de fuente de emisión proximal:

- i. Presencia de lapillis acrecionales en horizontes de flujos piroclásticos de tamaño fino – medio, en: 789125E, 9235890N
- ii. Presencia de bloques de 2 m de diámetro dentro de una caverna cercana a superficie: 788890E, 9235840N
- iii. La secuencia de flujos piroclásticos andesíticos, están cubriendo los flujos piroclásticos riodacíticos alterados, en forma anular y en proyección (outflow) hacia el norte, zona de menor topografía y hacia donde se dispone el gradiente hidráulico.
- iv. Las características descritas en i y ii se encuentran asociadas a una falla EW, topográficamente más elevada, cuyo lado sur está dispuesto caóticamente y pudo haber sido el centro de una brecha freatomagmática, en un antiguo acuífero. Fig. 6.1.
- v. El centro de emisión fisural EW de material andesítico, pudo haber sido también un centro de emisión riodacítico, previo.

B. Características litológicas y geomorfológicas:

- i. La secuencia presenta horizontes deposicionales bien clasificados, desde finos a tamaño bloques, tales como: base surge, ground surge, lapilli y bloques.
- ii. Las partículas se encuentran fuertemente consolidadas "Toba soldada".
- iii. Este centro volcánico constituye un estrato volcán monoclinal, pero por su dimensión relativamente pequeña y escala local la llamaremos "brecha freatomagmática".
- iv. La fase Andesítica de los estrato-volcanes: Amaro Mirador, Picota Grande es un indicador de potenciales sistemas de mineralización en sus pórfidos asociados. Este modelo podría ser aplicado también a este pequeño centro volcánico.

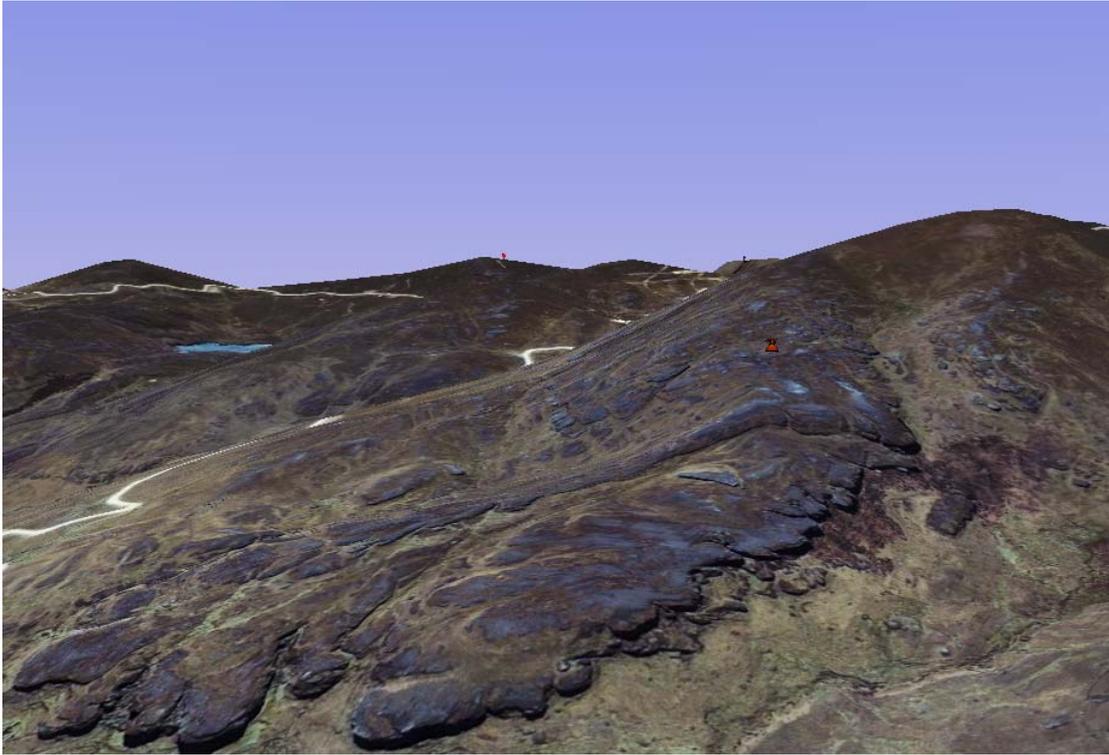


Fig. 6.1. Vista Panorámica mirando al este de brecha freatomagmática, ubicada al sur de anomalía propuesta XIV. Se observa la escarpa formada por la falla rumbo EW, al lado derecho de la foto, posible centro de emisión de la brecha freatomagmática fresca, cuyas capas sobreyacen a la secuencia de flujos piroclásticos riódacíticos.

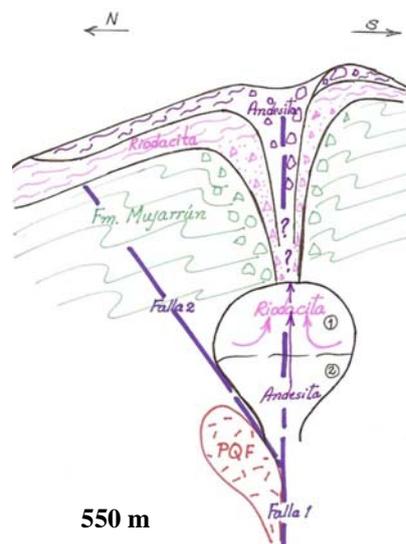


Fig. 6.2. Modelo geológico propuesto. Raíz de brecha freatomagmática, y/o domo andesítico, cuyo centro de emisión también pudo ser centro de erupción riódacítica, y de emplazamiento de un posible pórfido de cuarzo – feldespatos (PQF) con mineralización de cobre - oro.

6.1.3. Interceptos de falla, zona de prolongación de eje sinclinal principal y fallamiento NS: Están cubiertas por flujos piroclásticos riódacíticos, representados por las anomalías propuestas IX y X, ubicadas al norte del cerro Ferruyoc.

Anomalia IX, se ubica en la quebrada norte del cerro Ferruyoc, esta anomalía esta delimitada además por una débil anomalía de oro en afloramientos de flujos piroclásticos riódacíticos con alteración cuarzo >> alunita, fracturamiento con costras de sílice N95°/80°. En talud de acceso se observa un pequeño afloramiento de cuarzo – feldespato. Esto nos puede hacer pensar que podemos encontrar un pórfido principal cercano y discretamente oculto.

Anomalia X, se ubica en la prolongación de 2 fallas regionales: la falla sinclinal Chirimayo – Ferruyoc (N100° - 90°) y la falla NS que viene de Pampa Chica. El borde oeste de esta anomalía sería el posible centro de emisión principal, de flujos piroclásticos dacíticos a riódacíticos, debido a:

A. Indicadores de fuente de emisión proximal:

- i. Material cuarzoso fino, tipo base surge en contacto directo (Fig. 3.10) con el basamento Cretácico y la secuencia de flujos piroclásticos riódacíticos – dacíticos soldados tipo lapilli (Ignimbrita). Fig. 3.6.
- ii. Fragmentos astillados de troncos de árboles carbonizados, dentro de la secuencia piroclástica fina (base surge a lapilli), dispuestos en forma caótica, Fig. 3.3.

B. Características geológicas y geomorfológicas:

- i. Afloramientos aislados de pórfido granodiorítico tardío y diorita fina en sus alrededores este, topográficamente más bajos.
- ii. Anomalías geoquímicas en oro y cobre al este cercano asociados a la diorita fina y tufo riódacítico alterado.
- iii. La secuencia piroclástica se encuentra bien clasificada y soldada (Fig. 3.6). En el talud de carretera en el borde oeste se tiene una secuencia piroclástica con gradación positiva: bloques (arriba), finos (abajo), la presencia de finos cristales de piritita es constante.
- iv. Capas de secuencia piroclástica dispuestos en forma de abanico, rellenando una depresión y con desplazamiento hacia el norte (dirección de gradiente hidráulico).

C. Conclusiones: Considerando las características expuestas y sus rasgos geomorfológicos, podríamos afirmar lo siguiente:

- i. Posible estrato volcán monoclinial; la solidez de la roca y la buena clasificación de sus componentes podría indicar que la roca es consecuencia de un colapso de columna eruptiva.
- ii. La zona de apertura creada por el desplazamiento de estas dos fallas pueden haber favorecido el emplazamiento de un pórfido granodiorítico principal, que es la fuente de la mineralización aislada en la zona, ubicado bajo la cobertura de piroclásticos en la secuencia Cretácica.
- iii. La sección BB' (Anexos), muestra la ubicación de 2 posibles pórfidos principales, uno en el eje de un pliegue sinclinal, el otro cercano a él.

6.1.4. Zonas con alteración hidrotermal cercanas a zonas de falla: Representadas por las anomalías propuestas: I, XI, XII, XIII.

Anomalia I, se ubica al sur del cerro Mishacocha, en contacto al este con la secuencia carbonatada Chulec, con intensa silicificación masiva, característico de la alteración en medio acuoso. Las capas de esta secuencia no se encuentran disturbadas. Las andesitas de esta secuencia, presentan una débil a moderada propilitización sobrepuesta a una moderada alteración potásica. La evidente alteración hidrotermal, el control estructural cercano y su comparación con el modelo Perol, hace suponer que en profundidad podríamos encontrar un pórfido principal, que sería la fuente de las alteraciones hidrotermales.

Anomalia XI, es una anomalía pequeña ubicada entre 2 anomalías mayores que son los cerros Hualamachay I y Hualamachay II. Las rocas aflorantes son afloramientos pequeños discontinuos de composición variada: granodiorita tardía, diorita fina - diorita gruesa, estas últimas en contacto

cercano con el basamento Cretácico. Las alteraciones hidrotermales están relacionadas a son filica, propilitica y albita en las rocas magmáticas.

Anomalia XII, se ubica en el borde norte del lineamiento anular, se forma por la intersección de fallas de estratificación dextrales, fallas inversas y fallas normales NS, las que han originado un halo de mármol y suelos ferruginosos.

Anomalia XIII, se ubica al norte de la anomalía XI, esta asociada a una serie de lineamientos radiales é hidrotermalismo de alta temperatura: las rocas calcáreas del Mujarrun y Quilquiñan, las cuales se alteran a skarn de granates y hornfels respectivamente, ambos indicativos de metamorfismo de contacto. También se tiene una brecha kárstica con presencia de jasperoides en sus cavidades.

La ubicación de estas anomalías se basa también, en la interpretación de 4 secciones geológicas, donde conceptualmente puede existir un pórfido con mineralización económica de cobre – oro (**PQF Porphyry Probable**). Como se muestra en la sección Anexos

Las áreas delimitadas en color morado (Fig. 6.3) corresponden a Pórfidos de oro – cobre ya conocidos, que forman parte del Proyecto de expansión del Distrito Minero Conga, los cuales también se encuentran ligados a interceptos estructurales y que han servido de patrón para este trabajo. Entre ellos tenemos:

- i. Perol, Chailhuagón y San Nicolás suroeste (Proyecto Vizcacha): su origen encaja en las características del grupo **6.1.2**, formado por el **Intercepto entre el lineamiento anular y la prolongación de lineamientos de fallas NW y NS**.
- ii. Hualamachay I, Hualamachay II, Chasu y Gentiles: su origen corresponde a las características del grupo **6.1.4**, formando por **Zonas con alteración hidrotermal cercanas a zonas de falla**.
- iii. Pampa Chica, su origen podría encajar en el grupo **6.1.3**, **Interceptos entre zona de falla: NS, fallas de estratificación NW y NE**.

El área circundante a los taladros MST-13 y MST-14, al norte de las anomalías Hualamachay I, Anomalia XI, presenta actividad hidrotermal moderada a intensa en la secuencia carbonatada clástica de la Formación Mujarrun - Quilquiñan: brecha de explosión, metamorfismo de contacto (hornfels – granates), jasperoides, decalcificación y calizas lixiviadas con presencia de venillas de cuarzo, argilización, débil anomalía geoquímica en oro y malaquita en algunas fisuras en la caliza masiva. Además de lineamientos estructurales de rumbo NW y NS. Estas características puede ser indicios de mineralización de baja sulfuración y/o tipo carlin cercano a superficie, asociada a presencia de los pórfidos circundantes.

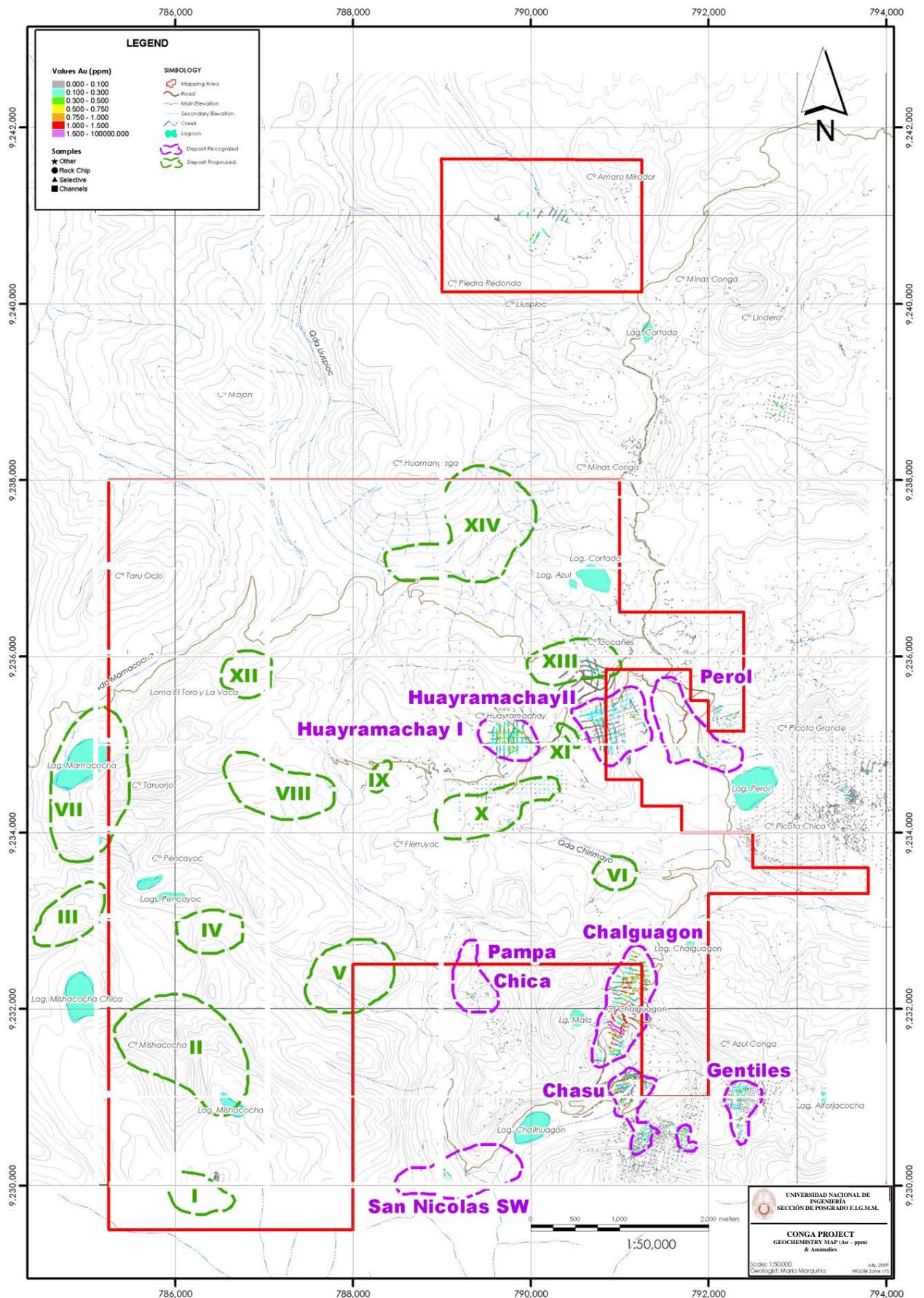


Fig. 6.3. Mapa geoquímico de Oro (ppm) con anomalías propuestas (verde) y conocidas (morado)

CONCLUSIONES

ESTRUCTURAL

1. Durante los períodos de stress tectónico ó períodos de relajación estructural, las zonas de intersección de fallas fueron puntos focales de canales de paso favorables para el ascenso de magma y fluidos hidrotermales. Los períodos de extensión ó rotación pueden haber sido facilitados por la tensión.
2. De la interpretación del Mapa estructural de la zona de trabajo se puede deducir que la unidad de deformación anular tiene un desplazamiento principal antihorario, debido al cierre y deformación del conjunto de pliegues en el borde este del anillo. Además del cambio de rumbo de los estratos, de NW a EW.
3. Los pórfidos (PQF) sugeridos, por interpretación geológica de las secciones AA', BB' y CC' se emplazan en ejes sinclinales formado por la deformación de la secuencia Cretácica ocurrida en el Paleoceno superior (Fase Inca I), lo que indicaría que se emplazaron a consecuencia de esfuerzos compresionales.
4. La anomalía X (diez), puede constituir la anomalía propuesta más importante debido a que se encuentra en la proyección de la unión de las fallas – quebrada “Chirimayo – Ferruyoc”, donde se tiene condiciones estructurales favorables para la formación de una zona de apertura y el centro de una cuenca “pull apart”, que coincidentemente parece ser el centro de emisión del material piroclástico riodacítico – dacítico aflorante. Bajo esta cobertura puede encontrarse un pórfido granodiorítico con mineralización económica, debido a que aisladamente se tienen débiles anomalías de oro y cobre.
5. Los patrones estructurales identificados en este trabajo, pueden servir como guía de exploración regional en los alrededores del Proyecto Conga. Considerando información geofísica y poniendo énfasis en áreas que tienen cobertura Cuaternaria ó lahares como en el caso de Quengorrio, donde además se tienen evidencias de actividad magmática con la exposición de domos dacíticos.
6. Los ejes del sinclinal son zonas favorables para el emplazamiento de pórfidos, como se muestra en las secciones geológicas AA', BB' y CC'.

MAGMATICO

7. La formación de los eventos magmático - piroclástico, en Hualamachay se produjeron en el siguiente orden:
 - i. Porfido de Feldespatos (Sanidina?), biotita, cuarzo (**Dacita**). Fragmentos cogenéticos de dacita se han encontrado en los flujos piroclásticos.
 - ii. Fase Inicial:
 - a) Erupciones freatomágmaticas, con cristales juveniles y aislados de cuarzo, base surge.
 - b) Fase principal eruptiva densa de magma dacítico a riodacítico, formando una toba soldada con fragmentos juveniles de dacita (pómez no muy inflados)
 - c) Formación de Diatrema Andesítica, mucho más profunda pues accede a magma más básico de la cámara magmática. Erupción de piroclastos andesíticos con más energía (bloques < 2 m diámetro).
8. En la zona de trabajo existen diferentes niveles de exposición de sistemas eruptivos: desde estrato-volcanes, diatrema, stocks, pórfidos, a lo largo del tiempo. Buena variedad magmática, desde diorita a granodiorita. En consecuencia puede considerarse un pequeño Yanacocha, pero de origen más profundo.

LITOLÓGICO

9. Los Pórfidos de oro – cobre: Perol, Chailhuagon y Amaro se encuentran albergados en las Formaciones Yumahual y Mujarrún. Esto puede sugerir la existencia de pórfidos ocultos con mineralización económica en estas Formaciones. Las anomalías propuestas en esta secuencia sedimentaria, obedece al análisis de los datos geoquímicos aislados, características estructurales y débil anomalía magnética. Este último puede indicar presencia de pórfidos a mayor profundidad. Se sugiere perforar estos blancos, hacia la dirección de la anomalía magnética.
10. Las brechas con mtx polvo de roca con granos de granate y sulfuros masivos, llamadas BxFm, en Perol y Amaro podrían estar relacionados a una actividad magmática Dacítica-Riolítica posterior a la formación de los Pórfidos granodioríticos de oro – cobre, y sulfuros masivos de: esfalerita, galena, calcopirita y pirita; encontrados en esta Brecha. Caracterizado por domos ó intrusiones aisladas de taponos de Pórfidos, equivalente a la ignimbrita Negritos hace 8.43 +/- 0.04 Ma. (Tony Longo, 2004).
11. La geología en los Cerros Amaro Mirador, Mishacocha y Picota Grande, define centros volcánicos tipo estrato volcán erosionado. El hecho de que Picota Grande y Amaro Mirador tengan en la base topográfica pórfidos granodioríticos de oro – cobre, discretamente aflorantes, hace prospectiva los alrededores de laguna Mishacocha donde puede existir un nuevo pórfido de cobre cerca a superficie, en base además a la alteración potásica y propilitica que afecta a las andesitas.
12. Haciendo una comparación entre las características geológicas de Perol y los alrededores de la laguna Misacocha, podríamos afirmar la posible existencia de un pórfido con mineralización económica de cobre – oro cerca a superficie en los alrededores oeste de la laguna. Considerando los remanentes de alteración potásica en las andesitas circundantes de ese lado y el control estructural formado por el borde del lineamiento anular y algunas fallas menores de rumbo NS que atraviesan la secuencia sedimentaria del Pariatambo y que se exponen cerca al contacto con el intrusivo Misacocha.
13. Las anomalías de oro en Hualamachay, están relacionadas a la Dacita Porfirítica y en menor grado a la Diorita de grano fino

MINERALIZACIÓN - ALTERACIONES

14. En la quebrada norte del cerro Hualamachay II, se tiene: intensa lixiviación en las calizas de la Fm Mujarrun, moderado stockwork de venillas de cuarzo, la presencia aislada de oropimente – rejalgar – marmatita en un taladro de perforación, decalcificación en áreas de caliza masiva con pirrotita finamente diseminada. Estas características en su conjunto pueden asociarse a depósitos de baja sulfuración a profundidad.

GEOQUIMICO

15. El análisis de correlación geoquímica de las muestras de superficie evidencia una buena correlación del oro con el molibdeno (aprox. 90%) y la mayor afinidad del cobre con el zinc y plomo. Ver Fig. 5.7.
16. El análisis de correlación geoquímica en profundidad, del oro con los metales base, en los taladros perforados, muestra una mejor correlación del oro con el plomo (86.35%) y una pobre correlación con el molibdeno (61.63%). Ver Fig. 5.17.
17. El análisis de correlación geoquímica de los volátiles en las zonas donde existe lixiviación ácida y canales de brecha freatomagmática, alrededores de MST-13 y MST-14, se observa una buena correlación del oro (82.71%) con el As/Te y Sb/Se (Fig. 5.18). En el caso del taladro MST-20, el oro tiene una alta correlación (97.96%) con el Teluro (Te) y menor correlación con el Talio (Tl) (81.29%). Ver Fig. 5.19.

18. Las características geológicas y mineralógicas en los alrededores de los taladros MST-13 y MST-14, la buena correlación geoquímica entre el oro, Arsenico, Antimonio, Selenio, Teluro y Talio, nos hace suponer la presencia de mineralización de baja sulfuración y/o tipo Carlin, cerca a superficie, asociado a facies carbonatadas en sistemas estructuralmente extensionales.
19. Las débiles anomalías en oro en los taladros en Hualamachay están relacionadas a venillas de cuarzo oscuro con presencia de pirita, intervalos de falla ó pequeños canales de brecha hidrotermal, dentro de las calizas ó flujos piroclasticos dacíticos a riodacíticos.

POTENCIAL EXPLORATORIO

20. Considerando las características geológicas y estructurales de las 9 anomalías geoquímicas en oro y cobre, que se ubican alrededor del Proyecto Conga, se han seleccionado 14 nuevas áreas prospectivas (Capítulo 6).

RECOMENDACIONES

1. Hacer una evaluación geofísica (magnética – gravimetría) y programa de perforación en la zona de las anomalías propuestas.
2. Debido a las características geológicas expuestas en el capítulo 6.1.2, se sugiere perforar los alrededores norte (788520E, 9236890N) y sur (788600E, 9235850N) del centro volcánico andesítico tardío fresco, debajo de la cual se tiene expuesta la secuencia piroclástica riodacítica - dacítica con alteración argilica avanzada y boulders con remanentes de mineralización secundaria de cobre.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. ANGEL F. NIETO-SAMANIEGO y SUSANA A. ALANIZ-ALVAREZ (2007). Curso de Geología estructural en Postgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM.
2. DONALD C. NOBLE, EDWIN H. McKEE, THOMAS MOURIER, FRANCOIS MÉGARD (1990). Cenozoic stratigraphy, magmatic activity, compressive deformation, and uplift in northern Peru. Geological Society of America Bulletin, v. 102, p. 1105 – 1113, 5 figs., 1 Table.
3. JOSE MACHARÉ ORDOÑEZ (Marzo 1994). Geología Estructural en Exploración. Análisis de la deformación por fallamiento. Curso corto para Newmont Peru Limited.
4. LINDGREN 1933; BUCHANAN 1981; HEALD et al., 1987; SILLITOE 1993a, 1999; WHITE et al., 1995; JOHN et al., 1999; ALBINSON et al., 2000, HEDENQUIST et al., 2000. Low – Intermediate and high sulfidation deposit characteristics.
5. MANUEL REYES CORTES (2007). Petrografía y Petrología Metamórfica – Facultad de Ingeniería Aplicada – UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIHUAHUA – México.
6. MARK McCOMB/INVERNESS MICROSCOPE REPORT (February, 2006). Petrographic Examination and semiquantitative XRD analysis of thirty one core samples fromo Minas Conga – Perú.
7. MARK McCOMB/INVERNESS MICROSCOPE REPORT (June, 2006). Petrographic examination and semiquantitative XRD analysis of fifteen core samples from Amaro, Minas Conga – Perú.
8. MINAS CONGA FEASIBILITY STUDY (December 2005). Geology Rev. 1.0.
9. RAYMOND RIVERA CORNEJO (2008). “Geoquímica Isotópica de Plomo en los Pórfidos Miocénicos del Norte del Perú – Región Cajamarca”
10. ROBERTO OYARZUN & MIGUEL DOBLAS (2000). Fallas y zonas de Cizalla (Parte I y II), Aspectos Generales. España
11. ROBERTO OYARZUN (1991). Alteración Hidrotermal asociada a Yacimientos tipo Porfido Cuprífero y epitermales de oro – cobre.
12. ROGER G. TAYLOR & PETER J. POLLARD (January 2001). Ore Textures and Breccias. Short course to AngloGold geologist.
13. VÍCTOR BENAVIDES CÁCERES. Orogenic Evolution of the Peruvian Andes: The Andean Cycle.
14. VÍCTOR BENAVIDES CÁCERES (1956). Cretaceous System in Northern Peru. Submitted in partial fulfillment of Requeriments for the degree of doctor of philosophy in the faculty of Pure Science – Columbia University.
15. SILVIA ROSAS (Septiembre 2005). Amaro Microscope Report; Laboratorio Mineralógico y Petrográfico de la Pontifica Universidad Católica del Perú.