

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA  
MINERA Y METALURGICA**



**"GEOLOGIA Y EXPLORACION DEL PROSPECTO  
TIPO SKARN DE FE (Au) DE  
PITUMARCA - ANDAHUAYLAS  
APURIMAC - PERU"**

**T E S I S**

Para Optar el Título Profesional de  
**INGENIERO GEOLOGO**

*Tomás Antonio Almonacid Chávez*

Promoción 95-II

**LIMA - PERU**

**1998**

**“GEOLOGIA Y EXPLORACION DEL PROSPECTO TIPO SKARN DE FE (Au) DE  
PITUMARCA. ANDAHUAYLAS.  
APURIMAC-PERU”**

RESUMEN

CAPITULO I : CONSIDERACIONES GENERALES Y OBJETIVOS DEL TRABAJO.

- 1.1. Introducción
- 1.2. Antecedentes de estudios realizados
- 1.3. Objetivos y planteamiento del trabajo

CAPITULO II : SITUACION GEOGRAFICA Y GEOLOGIA REGIONAL

- II.1. Situación y acceso
- II.2. Geomorfología
- II.3. Recursos naturales y humanos
- II.4. Contexto geológico regional
  - II.4.1. Síntesis estratigráfica
  - II.4.2. Tectónica y actividad ígnea

CAPITULO III : METODOLOGIA Y TECNICAS EMPLEADAS

- III.1. Trabajo de campo y toma de muestras
- III.2. Caracterización petrográfica-mineralógica
- III.3. Prospección Geoquímica
- III.4. Prospección Geofísica

CAPITULO IV: CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DEL PROSPECTO

- IV.1. Aspectos geológicos
  - IV.1.1. Estratigrafía
  - IV.1.2. Tectónica
  - IV.1.3. Intrusivos
- IV.2. Aspectos petrológicos y geométricos de los cuerpos minerales.
  - IV.2.1. Geometría de los cuerpos
  - IV.2.2. Petrografía
  - IV.2.3. Alteraciones
  - IV.2.4. Mineralogía
  - IV.2.5. Secuencia paragenética y zoneamiento
- IV.3. Aspectos geoquímicos

#### IV.3.1. Prospección Geoquímica

IV.3.1.1. Tratamiento Estadístico

IV.3.1.2 Diagramas de Correlación

#### IV.3.2. Anomalías Geoquímicas

#### IV.4. Aspectos geofísicos

IV.4.1. Prospección Geofísica

IV.4.2. Anomalías Geofísicas

#### IV.5. Interpretación de resultados

#### IV.6. Esbozo de un modelo genético preliminar de carácter prospectivo

CAPITULO V : POSIBILIDADES GEOECONOMICAS DEL PROSPECTO

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS :

- 1 DIAGRAMAS DE CORRELACION.
- 2 HISTOGRAMAS DE FRECUENCIAS PARA CADA ELEMENTO.
- 3 DIAGRAMAS DE FRECUENCIAS ACUMULADAS PARA CADA ELEMENTO.
- 4 ESTUDIOS MICROSCOPICOS.

## INDICE DE PLANOS

1 PLANO DE UBICACIÓN Y ACCESO	1:2 000 000
2 PLANO GEOLOGICO- METALOGENETICO REGIONAL	1:1 000 000
3 PLANO GEOLOGICO Y DE MUESTREO	1:5 000
4 PLANO DE ALTERACIONES Y ESTRUCTURAS.	1:5 000
5 PLANO DE DISTRIBUCION GEOQUIMICA Au	1:5 000
6 PLANO DE DISTRIBUCION GEOQUIMICA Ag	1:5 000
7 PLANO DE DISTRIBUCION GEOQUIMICA Pb	1:5 000
8 PLANO DE DISTRIBUCION GEOQUIMICA Zn	1:5 000
9 PLANO DE DISTRIBUCION GEOQUIMICA Cu	1:5 000
10 PLANO DE DISTRIBUCION GEOQUIMICA Fe	1:5 000
11 PLANO DE DISTRIBUCION GEOQUIMICA As	1:5 000
12 PLANO DE ANOMALIAS GEOFISICAS	1:5 000
13 PERFIL LONGITUDINAL B-B'	1:5 000
14 PERFIL TRANSVERSAL A-A'	1:5 000
15 PLANO DE YACIMIENTOS FERRIFEROS	1:2 000 000

## FIGURAS

1. COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA.
2. DIAGRAMA DE FLUJO DEL LABORATORIO DE ANALISIS GEOQUIMICO
3. SECUENCIA PARAGENETICA DEL PROSPECTO PITUMARCA.

## TABLAS

1. LIMITE DE MINIMOS VALORES DE DETECCION DE LABORATORIO.
2. CALCULO DE PARAMETROS ESTADISTICOS.
3. RANGOS DE DISTRIBUCION DE ANOMALIAS GEOQUIMICAS.
4. RANGOS DE COEFICIENTES DE CORRELACION.
5. RESULTADOS DE CALCULOS DE RANGOS DE ANOMALIAS. GEOQUIMICAS.
6. RESULTADOS DE BACKGROUND GRAFICO, ESTADISTICO Y THRESHOLD.
7. TABLA DE CORRELACIONES.
8. TABLA CON CALCULOS DE POTENCIAL PAR EL COBRE.
9. TABLA CON CALCULOS DE POTENCIAL PARA EL ORO.

## RESUMEN

El Prospecto Pitumarca se localiza en el segmento Norte de la franja metalogenética tipo skarn APURIMAC-ABANCAY, que se extiende por unos 500 km con rumbo NW-SE desde Pisco hasta la deflexión de Abancay donde alcanza hasta 100 km de ancho, a continuación toma rumbo SE extendiéndose 100 km más, hasta la localidad de Chalhuanca.

En esta franja ocurren yacimientos de Cu, Cu-Au-Fe, y Fe-Au. Destaca la mina Tintaya(Cu), el proyecto las Bambas(Cu), y los prospectos de Pistoro, Cristo Rey(Au), Aucapampa(Au-Cu) y Minaspata asociada a la formación Puno(areniscas calcáreas), con ocurrencias de Au-Cu.

El Prospecto Pitumarca, es un depósito metasomático de contacto, se caracteriza por presentar un bandeamiento zonado de skarn de granates y fierro, en el contacto de las calizas Ferrobamba (Cretácico medio-superior) con intrusivos del Batolito de Apurímac (Cretácico superior-Terciario inferior). Este complejo intrusivo se formó por muchos pulsos de inyección magmática. El primero constituido por una facie de composición básica donde se pueden reconocer grandes cuerpos de gabro; la segunda de ellas de composición básica a intermedia constituida principalmente por granodioritas, dioritas. Finalmente una facie con mayor aporte de sílice, conformada por tonalitas y cuarzo monzonitas, éstos cuerpos a su vez han sido intruidos por rocas hipabisales de composición andesítica y monzonítica a las cuales se le atribuye la mineralización de cobre existente en la zona y en menor proporción Oro.

La mineralización, esta controlada por una falla de contacto de rumbo SW-NE, por el cual circularon soluciones hidrotermales depositando, cobre en las zonas de mayor temperatura (SW del prospecto), se identifica la calcopirita y bornita primaria. Esta mineralización se forma debido a que no hubo mayor circulación de aguas hidrotermales (facie seca del sistema Prógrado).

En el sector NE, que corresponde a la parte central del prospecto, la temperatura fue menor depositándose minerales de metales básicos como esfalerita, galena (observados muy esporádicamente).

Al NE con la ocurrencia de las últimas facies de la alteración retrógrada que se manifiesta por formarse especularita y epidota a partir de la magnetita, plagioclasas y ferromagnesianos respectivamente; talco, tremolita-actinolita a partir de ferromagnesianos. Así mismo se presentan las alteraciones; propilítica (calcita, cloritas, cuarzo, magnetita epidota), argílica (arcillas en general, calcita y trazas de sericita), la alteración sericítica en menor proporción, reconocida en superficie ya sea rellenando fracturas o en venillas de sericita asociada principalmente con cuarzo.

El sistema retrógrado junto con el descenso de la temperatura propiciaron, la depositación del oro en forma libre, en otros casos asociado a vetillas de cuarzo lechoso (muestreos de vetillas ensayan hasta 14 grs de oro). Cabe destacar que la alteración supérgena jugó un rol importante formando la zona de enriquecimiento secundario que hoy en día se encuentra en niveles altos de erosión.

La información geoquímica muestra una afinidad mineralógica entre el Au y As, la correlación de Cu/Au es negativa, la afinidad Ag-Pb es buena. A partir de los planos de distribución geoquímica de los 7 elementos (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As y Fe), se ha diferenciado un zoneamiento SW-NE tentativo; cobre en el extremo SW del prospecto, seguido de los metales base y finalmente oro en el extremo NE.

La información geofísica ha mostrado, anomalías prospectivas a profundidad dentro del halo de alteración SW-NE de 2 km x 0.6 km, observándose dos zonas bien diferenciadas; la zona A asociada principalmente a anomalías geoquímicas de cobre, la zona B asociada a anomalías geoquímicas de oro, estas asociaciones combinadas, podrían servirnos para una futura campaña de perforación.

Las anomalías geofísicas representan valores altos y bajos de resistividad y cargabilidad. La interpretación esta basada en zonas de coincidencia de ambas; tal es así que la resistividad baja con cargabilidad alta podrían indicar zonas de fuerte alteración de roca en profundidad, si por el contrario la coincidencia fuera resistividad alta con cargabilidad alta, la deducción sería que la mineralización estaría diseminada o son zonas de fuerte fracturamiento; sin embargo depende mucho de la experiencia del geólogo para evitar interpretaciones erróneas

El potencial de mineralización aurífera esta descartado, debido a que solamente encontramos algunos volados de caliza muy pequeños y skarn de magnetita con granates muy erosionados en superficie, por lo tanto es poco probable que existan cuerpos de gran volumen a profundidad. Sin embargo no debemos despreciar la mineralización de cobre que puede estar, en zonas más profundas con mayor alteración, ya sea en forma diseminada o formando zonas de stockwork.

El potencial que damos a continuación esta, en el orden de 2'940,000 T.M. con una ley promedio de 494 ppb de Au. 21'000,000 T.M. de Cu con una ley promedio de 0.53%, buscando zonas con ocurrencias de skarn de magnetita en unos Kms al redonda, se pueden agrupar y sumar el potencial, para de esta manera tratar de realizar trabajos de producción a tajo abierto con mineralización de oro principalmente.

# **CAPITULO**

## **I**

**CONSIDERACIONES GENERALES Y  
OBJETIVOS DEL TRABAJO.**

## **I.1. INTRODUCCION:**

Don Antonio Raymondi decía " El Perú es un mendigo sentado en un banco de oro"; basado en el gran potencial de riquezas naturales existente en nuestro país. La ocurrencia de diferentes tipos de yacimientos, ya sea epitermales de alta sulfuración, baja sulfuración, yacimientos tipo pórfidos, volcánico sedimentarios, yacimientos de Skarn y muchos otros. En la última década nuestro se ha producido el denominado "Boom minero", con la visita de decenas de empresas con el fin de explorar y desarrollar estos yacimientos.

Debido al gran potencial que existe en la franja Apurímac-Abancay de yacimientos tipo skarn de magnetita (Dr. Dunin calcula un potencial de 4,917 millones de toneladas de hierro). Además la poca información de asociación de estos skarn con el oro, la literatura a nivel mundial de este tipo de yacimientos (Mezcala en México) que son considerados como yacimientos de gran magnitud, se planteó realizar trabajos de prospección en la cuenca Ferrobamba. En consecuencia con permiso de la Empresa Minera Peñoles de Perú, (en la cual trabajo), he elaborado la presente tesis para obtener el grado de ingeniero geólogo en esta magna Universidad Nacional de Ingeniería.

Este estudio ha consistido en trabajos de campo y gabinete, con el fin de de plantear una interpretación del modelo genético preliminar de carácter prospectivo de este prospecto, para posteriormente hacer un programa de barrenación. Los análisis de muestras tomadas en el campo, fueron realizadas por terceros.

Se empezó previamente con la recolección de información existente en este tipo de yacimientos. Luego se preparó un programa de trabajo el cuál se inició con un mapeo previo a escala 1/10,000, que sirvió como base para programar la ubicación de trincheras y líneas geofísicas.

Posteriormente una vez planeado los trabajos de campo en el gabinete, se abrieron trincheras con bulldozer, toma de muestras, preparación de planos topográficos, geológicos, estructuras y alteraciones en superficie, levantamientos de magnetometría, resistividad y polarización inducida todos relacionados a trabajos de campo, los trabajos de gabinete consistieron en el tratamiento estadístico computarizado con el Software Statgraphics Plus. Captura de planos con el Software Autocad Versión 12 para D.O.S. Se ha incluido análisis y estudios de secciones delgadas de las rocas encajonantes y de secciones pulidas del Skarn de magnetita, con el fin de interpretar alteraciones, zoneamiento, asociaciones y controles mineralógicos. La superposición de planos geoquímicos, geofísicos, plano de alteraciones hidrotermales y estructuras nos ha permitido reconocer blancos de mineralización con características prospectivas en zonas de contacto entre las calizas de la Formación Ferrobamba e intrusivos del Batolito de Apurímac Abancay.

Este trabajo se presenta con el objeto de contribuir al mejor entendimiento de las condiciones geológicas, mineralógicas, estructurales en los yacimientos tipo skarn de magnetita con contenido aurífero como subproducto.



## **I.2. ANTECEDENTES DE ESTUDIOS REALIZADOS.**

Antes del año 1956 los lugareños conocían estos yacimientos, que nunca fueron difundidos por considerarlos sin importancia.

Sin embargo, con el denominado BOOM MINERO, en la última década, muchas empresas dieron importancia a este tipo de yacimientos, seguramente debido a que mundialmente existen yacimientos de este tipo en producción, es por eso que en el año de 1994 la compañía Minera Argento S.R.L. realizó trabajos de exploración, evaluación geológica y minera por Au, en toda esta franja pasando a segunda visita los prospectos de Cristo Rey, Pitumarca y Coriminas. La Empresa Barrick realiza trabajos en el prospecto Aucapampa ubicada en el cuadrángulo de Chalhuanca.

Posteriormente Minera Peñoles hizo los mismos trabajos en los prospectos de Pitumarca y Coriminas; quedando como consecuencia la realización del presente trabajo de tesis para obtener el grado de ingeniero geólogo.

A continuación se hace una breve reseña histórica de estos yacimientos:

**1956:** Los Geólogos G. Morales y Alberto Ocampo hacen un breve reporte de la geología de la Provincia de Andahuaylas, sin embargo no mencionan la existencia de los depósitos de hierro.

**1959:** El Ingeniero Moisés Bayona, haciendo levantamientos topográficos en áreas aledañas reconoce las perturbaciones magnéticas que ocasionan en la brújula; posteriormente, en sociedad con el Ing. Gonzalo Roselló amparan varios de estos tipos de yacimientos.

El Ingeniero Casiano Carreño, enviado por el Ingeniero G. Roselló hizo algunos levantamientos y observaciones muy generales.

**1961:** La firma Tayahashi Trading S.A. envía al Geólogo J.H. Hannan, para realizar trabajos de exploración y evaluación de reservas con miras a una posible explotación.

**1962:** El Ing. Rosé confeccionó un mapa geológico regional mediante foto interpretación. Posteriormente el golpe de estado hizo que la Empresa Japonesa se retire por falta de garantías, estas ocurrencias de mineralización fueron abandonadas, posteriormente declarados como Reserva Nacional.

**1972:** El Ministerio de Energía y Minas encarga a la Compañía Japonesa C. ITOH CO, realizar una evaluación geológica de los yacimientos en toda la franja ferrífera desde Andahuaylas en el Departamento de Apurímac hasta Chumbivilcas en el Departamento del Cuzco incluyendo los yacimientos de Huancabamba.

**1977:** El gobierno militar otorga a Hierro Perú las concesiones correspondientes durante dos años, esta empresa encarga al Dr. Estanislao Dunin Borskowsky una nueva evaluación geológica de estos yacimientos, realizan pruebas de magnetometría en los departamentos de Huancabamba y se reconocen marcadas anomalías.

**1984:** Estos yacimientos son declarados por el estado como terrenos con libre denunciabilidad, inmediatamente fue posesionado por la Compañía Minera "Los Andes" y El Pacifico S.A. hasta la actualidad.

**1994:** La Cía. Minera Argento S.R.L en el año 1994, realizó trabajos en Pitumarca y Coriminas de exploración y evaluación de Au en este tipo de yacimientos. Mediante muestreo sistemático, Geología de detalle, estudios geofísicos de PI, magnetometría y perforación de taladros diamantinos de 98 y 58 m. de profundidad en Coriminas.

**1995:** El consultor J. Valdivia H. realiza una visita al Prospecto Pitumarca para efectuar muestreos de comprobación y recomienda los prospectos a Minera Peñoles de Perú S.A. para un programa de exploración.

**A fines de 1995;** Minera Peñoles de Perú S.A efectúa un programa de evaluación Geológica del potencial de los prospectos Pitumarca y Coriminas

### **I.3. OBJETIVOS Y PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO:**

#### **1.3.1 Objetivo**

El objetivo principal de esta investigación es la búsqueda de parámetros geológicos interesantes para la generación de blancos o "Targets" de mineralización de Au, ligados a un sistema de mineralización tipo Skarn de fe.

Generando un modelo geológico de carácter prospectivo. Tratando de determinar los controles litológicos, estructurales, paragénesis y zoneamiento en este tipo de yacimiento. Con interpretaciones de Geoquímica y geofísica de manera general.

#### **1.3.2 Planteamiento del trabajo:**

En vista que nuestro país, se encuentra en trabajos de exploración de yacimientos con contenidos de mineralización aurífera principalmente, por parte de decenas de empresas Nacionales y Extranjeras, en diferentes tipos de depósitos; sea Epitermales de alta sulfuración, baja sulfuración, vetas de cuarzo aurífero, Estrato ligados, Volcánicos exhalativos, skarn(Motivo del presente trabajo), etc.

Además se sabe que existe un gran potencial de Skarn de magnetita asociada la Formación Ferrobamba con el Batolito Apurimac-Abancay calculado por Dunin Borskowsky el año de 1977. También los skarn de hierro de la franja Apurimac-Abancay son conocidos desde décadas pasadas; sin embargo existe poca información sobre los controles de la mineralización aurífera asociada a ellos. Debido ha ello se plantea el presente trabajo con el fin de interpretar el modelo genético preliminar de este prospecto; y así poder contribuir a la exploración de este tipo de depósitos.

En este sentido de un grupo de prospectos estudiados, se seleccionó el Prospecto Pitumarca, dado que presenta información geológica relevante, controles

de mineralización claramente definidos, además muestran anomalías geoquímicas y geofísicas significativas.

El presente trabajo se ha dividido en 6 capítulos:

El primer capítulo trata sobre las consideraciones generales y objetivos del trabajo. El segundo capítulo está referido a la ubicación geográfica y la geología regional. El capítulo tercero trata sobre metodología y técnicas empleadas que se realizaron en el presente estudio, para después entrar de lleno a las características geológicas del prospecto en el capítulo cuarto, que está subdividido en aspectos geométricos y petrológicos de los cuerpos minerales, aspectos geoquímicos, aspectos geofísicos, sin dejar de lado la interpretación de resultados; para finalmente interpretar el modelo genético preliminar de este prospecto. En el capítulo quinto nos referimos a las posibilidades geoeconómicas del prospecto, finalmente en el capítulo sexto se señalan las respectivas conclusiones y recomendaciones.

# CAPITULO

## II

### SITUACION GEOGRAFICA Y GEOLOGIA REGIONAL

## II.1.SITUACION Y ACCESO:

El Prospecto Pitumarca se encuentra en la Cordillera de los Andes del sur del Perú, las coordenadas UTM según los planos levantados por el Instituto Geográfico Nacional son:

8'453,000 N    672,000 E  
                  y  
8'436,000 N    664,000 E

Se encuentra comprendido entre los Cuadrángulos de Andahuaylas (28P) y Chalhuanca (29P).

Políticamente se encuentra, en el distrito de Pampachiri, Provincia de Andahuaylas, Departamento de Apurímac, con altitudes sobre los 4,200 m.s.n.m. (PLANO No. 1).

Es accesible desde la localidad de Andahuaylas mediante la carretera afirmada que va hacia Pampachiri kilometro 75, desde este punto se toma una trocha de 10 Km hacia el Este.

Para llegar a Andahuaylas se tiene las siguientes alternativas:

### 1) POR VIA TERRESTRE:

RUTA	CARRETERA	KM	HRS
Lima-Nazca	C. Asfaltada	445	08
Nazca-Puquio	C. Asfaltada	120	06
Puquio-Andahuaylas	C. Afirmada	295	11
	Total	860	25

### 2) POR VIA AEREA, en una hora Lima- Andahuaylas

**II.2 GEOMORFOLOGIA:** Se han diferenciado tres unidades geomorfológicas importantes.

1.- Relieve Montañoso.- Constituye las partes más altas de estos cuadrángulos con alturas que varían de 4,000-4700 m.s.n.m. denominados también "Superficie Puna" descrita por Bouman y Mclaughlin (1924), las cuáles han sido disectadas por la erosión esencialmente glaciaria (valles en "U", depósitos morrénicos, etc.).

Las variaciones litológicas determinan diferentes formas de relieve:

Extensos afloramientos de calizas en el Cretáceo Medio-Superior (Fm. Ferrobamba, con presencia esporádica de zonas kársticas). Las potentes cuarcitas del Grupo Yura Jurásico Superior- Cretáceo inferior, determinan zonas altas de relieve

suave, debido a la casi horizontalidad de sus capas.

Las rocas intrusivas de composición ácida a intermedias (5,115 m.s.n.m.), denominadas unidad Super Raura. Las rocas volcánicas tipo Malmanya (5,200 m.s.n.m) conformados por rocas del Grupo Barroso (Terciario inferior-Cuaternario), que en la región sur del Perú constituyen los conos volcánicos de la cordillera occidental (Víctor Pecho, 1981).

2) Cordillera Oriental.- Presenta relieves muy agudos debido al juego reciente de fallas E-W (Deflexión de Abancay) comprendida entre los 3,000 - 4,400 m.s.n.m., el levantamiento Plio-Cuaternario de los Andes se realizó por intermedio de fallas de juego normal que cortaron la superficie Puna, ciertas porciones fueron levantadas más que otras, las cuales sufrieron reactivación de la erosión y se encuentran rejuvenecidas (Rene Marocco, 1975).

3.-Zona de los Valles.- Las unidades de relieve montañoso y cordillera oriental se encuentran disectados por valles encañonados por donde discurren los principales ríos dejando terrazas aluviales adosadas a las paredes denominadas "Valles Transversales" (Apurímac y Velille), "Valles Longitudinales" Vilcanota, Santo Tomas, Vilcabamba Oropesa, Chalhuanca; son profundos y rectos debido a que están controlados por fallas regionales (Marocco, 1975).

II.2.1 Clima y Vegetación: Como la mayor parte de los andes Peruanos la zona estudiada tiene un clima caracterizado por la alternancia de lluvias en el verano Austral; es decir de diciembre a marzo y una estación seca o Invierno Austral (Abril-Noviembre). La temperatura entre la noche y el día es muy variable, siendo los meses de Junio y Julio los más fríos, llegando fuera de los valles hasta por debajo de los -6°C denominados típicamente heladas.

**II.3 Recursos Naturales y Humanos:** Los recursos aprovechables son variados, la mayor parte de los Pobladores se dedican al cultivo de productos de pan llevar y pastoreo de ganado lanar principalmente, en escasa proporción a la pesca fluvial e industria maderera (Eucaliptos). No existe mano de obra calificada en el área, el agua es abundante durante todo el año en el río Challhuamayo. Dentro de la pequeña industria se encuentra la textil, la artesanía y cerámica, los materiales de prestamiento, sólo se utilizan para construcción civil, alfarería.

Los suministros generales se efectúan a partir de Andahuaylas como centro de producción y abastecimiento importante. La disponibilidad de recursos hídricos es suficiente para disponer de energía hidroeléctrica en el futuro.

## II – 4 CONTEXTO GEOLOGICO REGIONAL

En los cuadrángulos de Andahuaylas(28p),Abancay(28q), Tambobamba (28r), Chalhuanca(29p),Antabamba(29q),Santo Tomas(29r),Livitaca(29s); en los cuales principalmente se emplazan ocurrencias de skarn en el contacto de rocas intrusivas del Batolito de Apurímac-Abancay con las calizas Ferrobamba,afloran las siguientes unidades litológicas (ver plano No 2, F:9 N: 1)

Las rocas más antiguas corresponden a pizarras y cuarcitas del Silúrico-Devoniano, diferenciándose las Fm Urcos y Ccatca, suprayacen a estas formaciones en discordancia angular, las rocas carbonatadas del Pérmico, Grupo Copacabana, las cuales infrayacen en discordancia con las molasas y volcánicas del Grupo. Mitu (Permotriásicos), Principalmente en los cuadrángulos de Cuzco-Livitaca.

El mesozoico se caracteriza por presentar un ambiente de sedimentación oscilante de marino somero a continental, a principios del Triásico se depositaron las calizas del Grupo Pucara (Tr-inf). Seguida de lutitas y cuarcitas del Jurásico (Grupo Yura) y calizas del cretácico medio a superior (Fm Ferrobamba), en las hojas de Andahuaylas, Abancay, Cotabambas, Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomas, la correlacionan con la formación Arcurquina al Nor-oeste de Arequipa. En los cuadrángulos de Cuzco y Livitaca; estas calizas se les considera como una prolongación lateral de la formación Arcurquina (Mendivil s. 1978). En las postrimerías del cretáceo y paso al terciario inferior el mar se retira de la mayor parte del territorio peruano (primera manifestación de la tectónica andina; Steiman, 1929). Esta emersión del senoniano ha sido seguida por la depositación en las hojas de Cotabambas Abancay como capas rojas que posiblemente corresponden al manifiesto de las acumulaciones continentales del Gpo. Puno del Oligoceno.

El Cenozoico empieza con el Gpo Puno (Cabrera La Rosa, Petersen 1936) (Newell, 1949) que corresponde a una serie clástica con niveles volcánicos posteriores a la fase tectónica, está bien representado en los cuadrángulos de Santo Tomas y Antabamba, se encuentra cubierta por la Fm. Alpabamba en los cuadrángulos de Cuzco, Livitaca; su equivalente Grupo Tacaza del Oligo-Mioceno (Victor Pecho, 1981). En los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba, Santo Tomas, Andahuaylas, Abancay, Cotabambas suprayacen con igual relación la Fm. Huaylla y Fm. Pisquicocha y sus equivalentes Fm. Maure y Sencca respectivamente. Finalmente los depósitos de cobertura del cuaternario se han agrupado de acuerdo a su morfología y material diferenciándose los depósitos morrenicos y glacio fluviales. Los volcánicos recientes tiene como testigos afloramientos de tufos blancos o rosados denominados también Ignimbritas Andahuaylas, en Santo Tomas se le llama volcánicos Santo Tomas (Pecho Gutierrez, 1981).

#### **II.4.1 SINTESIS ESTRATIGRAFICA:**

A continuación se describen las principales formaciones

**FORMACION URCOS**(Mendivil, 1978) afloramiento pizarroso en el extremo NE del cuadrángulo de Calca y Sicuani, constituyendo la margen derecha del río Vilcanota. La litología esta representada por pizarras, lutitas pizarrosas, esquistos pizarrosos, cuarcitas y areniscas cuarzosas, las pizarras son más abundantes, alcanzan el 80 % del total, y posiblemente sobrepase los 1000 mts de potencia, pasa gradualmente a cuarcitas y pizarras de la fm. Ccatca (Sánchez y León 1994)

#### **EDAD Y CORRELACION**

Se encontraron fósiles que corresponde al Phacops (Eva Villavicencio 1994) dándole un rango de Siluro-Devoniano. La Fm. Urcos se le correlaciona con la Fm

Ananea (Laubacher 1979) en la cordillera Oriental de Puno, con el Gpo Cabanillas (Newell 1949) del lago Titicaca. Con la Fm. Chagrapi (Klinck B.1981) en los alrededores de Juliaca.

**FORMACION CCATAC**(Mendivil 1978) Secuencia de areniscas y limolitas que aflora en la parte Nor-oriental del cuadrángulo de Cusco. Las areniscas son de grano fino ocasionalmente grueso con colores claros a gris oscuro, con estratos que van de 10 cm a 10 m. Las lutitas son gris oscuras algo micáceas, algunos niveles hacia la base adquieren la denominación de limolitas pizarrosas. El ambiente de sedimentación por las observaciones de campo hacen que se les pueda asociar aproximadamente a ambientes turbidíticos (Salvador Mendivil y Dávila 1974), el espesor no se ha precisado pero se asume que sobrepasa los 1,000 mts.

Por las inmediaciones de Sicuani estos están cubiertos en discordancia por el Gpo. Ambo (Misisipiano).

### EDAD Y CORRELACION

Restos fósiles no se encontraron, pero por su posición estratigráfica se le considera Devónico, se le relaciona con la parte superior del Grupo Cabanillas (Newell 1949), la Fm Lampa (Klinck, 1986) alrededor de Juliaca.

### GRUPO COPACABANA

(Douglas J.A. 1914) menciona una secuencia de calizas con fósiles, gredas amarillas y negras del Carbonífero Superior. En 1936 Cabrera La Rosa y Petersen G. le dan la categoría de Formación, posteriormente Newell,(1946) define y describe esta unidad elevándola a la categoría de Grupo consignándola al Pérmico inferior, Mendivil s. (1978) separa dos Formaciones con datos litoestratigráficos de campo en el área de Vilcanota, finalmente lo separan en cuatro Formaciones aflorantes en el cuadrángulo de Cuzco y Livitaca:

Formación Tinta, arenisca cuarzosa ocasionalmente, niveles lutáceos Wolfcampiano inferior.

Formación Chuquicahuana, alternancia de caliza, lutitas y algunos niveles areniscos, del Wolfcampiano Medio-Superior.

Formación San Salvador Se caracteriza por la abundancia homogénea de calizas y en pequeña proporción lutitas. (Wolfcampiano Medio).

Formación Yaucat (Dávila D, 1987), secuencia superior del Grupo Copacabana, en su mayoría clásticos rojos hacia la base y calizas hacia el tope. Descansa sobre esta en discordancia erosional y levemente angular el Grupo Mitu. Se le considera del Leonardiano, se le compara con la parte Superior del Grupo Copacabana descrita por Laubacher,(1978) al Norte del Lago Titicaca. Posiblemente esta coloración rojiza se deba a la eversión lenta de la cuenca, produciendo áreas positivas muy someras sujeta a fuerte oxidación (Salvador Mendivil,1994). También aflora en el extremo norte de las hojas de Andahuaylas y Abancay.



## **GRUPO MITU:**

Mc LAUGHLIN D.H. (1924), descubrió en el Perú central una secuencia de areniscas y conglomerados rojizos que cubren discordantemente al Grupo Copacabana y cubierto en discordancia por el Grupo Pucará en los cuadrángulos de Cuzco y Livitaca, Andahuaylas, Abancay y Cotabambas. Este Grupo descansa en discordancia angular pero en "overlap" sobre el Gpo Copacabana que sugiere movimientos verticales (juego de fallas normales) después del Leonardiano estos movimientos serían contemporáneos de la fase tardiherciniana (AUDEBAUD y Laubacher, 1969).

Marocco R. (1978), en Vilcabamba define dos fases una sedimentaria y otra volcánica la cual Gabelman J. Y Jordan V. (1984) la divide en:

**FORMACION PISAC;** secuencia de capas rojas en el valle del Vilcanota. Litológicamente está constituida por conglomerados, areniscas y limolitas, todas con tonalidades rojizas pardos o color chocolate con estratos de 10-50 cm, es notoria la presencia de estructura tipo canales que corresponden a depósitos de ambientes de abanicos de deyección. Las limolitas son rojas generalmente laminares y deleznable a esta unidad se le considera del Pérmiano Superior pudiendo llegar al Triásico Inferior correlacionado con la base del Grupo Mitu descrita en otros lugares de la Cordillera de los Andes.

**FORMACION PACHATUSAN,** Gregori H, (1916) diferencia una secuencia de conglomerados volcánicos y areniscas rojas, posteriormente Mendivil S, (1978), tomó como nombre la denominación de Fm. Pachatusan, a la unidad litológica que comprende lavas, tobas y brechas siendo las dos últimas a veces retrabajadas. El ambiente de sedimentación de esta secuencia estuvo controlada por la actividad volcánica que originaban mólasas rojas y estuvieron controlados por movimientos verticales dando origen a grabens y horst (Sánchez y León, 1994). Se correlaciona como una unidad superior del Grupo Mitu porque sobreyace a la Formación Pisacc, el techo solo por conjeturas se le considera debajo del Grupo. Pucara.

## **EDAD Y CORRELACION:**

Por la ausencia de fósiles, la edad del Grupo Mitu, sólo se le puede inferir considerando sus relaciones estratigráficas con las otras unidades.

El Grupo Mitu sobreyace en concordancia al Pérmiano Medio y esta cubierto concordantemente por el Mesozoico (Triásico-Liásico). Por estas razones atribuimos al Grupo Mitu una edad Pérmiano Superior con posibilidades a que llegue al Triásico, se correlaciona en otras regiones del Perú con Grupos del mismo nombre (Pecho, 1981).

**Ambiente de sedimentación:** Según Pecho, (1981), el Grupo Mitu proviene de la deposición en cuencas continentales, de los productos de erosión de las zonas emergidas después del levantamiento.

El color rojo sugiere que durante su deposición reinaba un clima caracterizado por una estación lluviosa y una estación seca.

### **GRUPO PUCARA:**

Calizas liásicas que en el Perú central Mac Laughien,(1924) dio el nombre de Grupo Pucará a una potente serie calcárea de edad Triásica Superior (Liásica), aflora en el cuadrángulo de Andahuaylas como una serie calcárea que se incrementa con evaporitas hacia el Este (hoja de Abancay y desaparece completamente en la región del Cuzco, estratigráficamente descansa concordantemente sobre el Permiano Superior (Grupo Mitu) e infrayace concordantemente al Jurásico-Neocomiano (Grupo Yura)

**EDAD Y CORRELACION** : En base a lo que se conoce; el Grupo Pucara en otras regiones del país se le admite una edad Liásica, se le correlaciona con el Grupo Chocolate (Arequipa), en el lago Titicaca y Cuzco no hay depósitos Liásicos marinos o continentales.

### **GRUPO YURA:**

Constituida por rocas sedimentarias marinas, dividida en 3 Formaciones, las Formaciones que se correlacionan paleontológicamente se les ha denominado de acuerdo al lugar típico donde se presentan los mejores afloramientos, tal es así que en Chalhuanca, Antabamba, Santo Tomas, a la Formación más antigua formada por lutitas negras bituminosas con bancos potentes de calizas negras se le denomina Formación PISTE de 700 m de Potencia. En el Nevado piste descansando sobre esta, se encuentra areniscas, lutitas y calizas lenticulares a los que se les denomina Formación CHUQUIBAMBILLA de 800 m de potencia en el pueblo del mismo nombre. Por último la parte superior del Grupo esta constituida por cuarcitas y areniscas cuarzosas a las que se le denomina Formación SORAYA de 700 m de potencia, aflorante en el Pueblo de Soraya ubicada en la parte alta de los márgenes derecha del río Chalhuanca circundando a los cuerpos intrusivos que lo han afectado.

En los cuadrángulos de Andahuaylas, Abancay y Cotabambas, el Gpo Yura esta compuesto aproximadamente de 1,500 m de lutitas negras en la parte inferior y de 1,000 m de cuarcitas en la parte superior estas cuarcitas son macizas (valle Pachachacaca) con patina generalmente rojiza a gris amarillenta en bancos de 0.5 a 5 m. A veces intercaladas con horizontes muy delgados de lutitas (Pecho1981).

**EDAD Y CORRELACION:** Newell, 1953 en "UPPER PALEOZOIC OF PERU" le da una edad Calloviana, Gerth en (1915) encontró exógira coulon indicadora del Neocomiano. En el centro del Perú el Grupo Goyllarisquizga del Cretácico Inferior es equivalente a la parte superior del Grupo Yura. En la zona de Arequipa se correlaciona con la unidad del mismo nombre descrita por JENKS, (1948), Benavides (1969), Vargas (1970). Hacia la zona de Cuzco - Lago Titicaca las cuarcitas superiores del Grupo Yura se correlaciona con el Grupo Huancané (Newell, 1949) y la parte inferior con el Grupo Lagunillas.

**AMBIENTE DE SEDIMENTACION:** Durante el Malm y quizás durante los primeros tiempos Neocomianos, se instala una cuenca de sedimentación parálisis donde se depositan sedimentos terrígenos finos (lutitas), a principios del Neocomiano el continente emergido siguió levantándose por juego de fallas normales que al romperse el equilibrio morfológico se reactiva la erosión llegando al mar aportes detríticos formando las cuarcitas superiores de Grupo Yura (Rene Marocco, 1975).

**FORMACION FERROBAMBA:** (Jenks, inédito 1956) describe con este nombre a una secuencia potente de calizas de 600 a 800 m de pura caliza, con mayor afloramiento en el cuadrángulo de Challhuanca principalmente al norte y nor-oeste del mismo, en el cuadrángulo de Santo Tomas sus afloramientos más importantes se encuentran en la zona norte; así mismo esta formación aflora en el cuadrángulo de Andahuaylas en la parte sur oeste, y representa el 30%. En Cotabambas aflora al Sur (30%), en Abancay en la parte Sur Oeste y sur Este (20%), hacia los cuadrángulos de Cuzco y Livitaca (Mendivil 1978) la correlaciona con la Formación Arcurquina, considerándola a la Formación Ferrobamba como una prolongación para el área del Cuzco. Gregori H (1916) introduce el término de calizas yuncaypata y litológicamente esta constituida en la parte del Grupo Moho a manera de lengua roja posiblemente continental (100 m de potencia) correspondientes a una emersión de la región después del Neocomiano, que en el cuadrángulo de Santo Tomas se le denomina Fm Mara (Maroco 1975).

Encima de estas arcillas y areniscas rojas viene una potente montaña de calizas con patinas gris blanquecinas en bancos de 0.5 a 2 m. de espesor, en todos los niveles abundan cherts negros o marrones, alargados paralelamente a la estratificación, ocasionalmente estas calizas están intercaladas con unos centímetros de lutitas negras o grises.

**EDAD Y CORRELACION:** El conjunto de la fauna encontrada como turrítela SP exógena mermeti, indican el Aptiano-Cenomaniano; sin embargo, la Formación Ferrobamba está cubierta en concordancia por las capas rojas del Maestrichtiano-Eoceno, por consideraciones regionales el retiro del mar que surgió a la depositación de las calizas Ferrobamba es Senoniano, como consecuencia a estas razones se considera que las calizas Ferrobamba son de edad Aptiano-Turoniano.

La formación correlaciona con las Formaciones Inca, Chulec, Pariatambo y Jumasha del centro del Perú. Hacia la región del Cuzco Lago Titicaca se correlaciona con la Formación yuncaypata (Halafatovich, 1957) y más al suroeste con el Grupo Moho (Newel, 1949). Las calizas Arcurquina de la región de Arequipa (Jenks, 1948), son el equivalente de las Calizas Ferrobamba. Los Grupos Quilquiñan y Pullucana del norte y centro del Perú.

**Ambiente de Sedimentación.-** corresponden a un depósito de mar nerítico con influencia continental. Los fósiles encontrados hacen pensar en un ambiente de arrecifes.

Características saltantes de la Formación Ferrobamba, J. Jenks, (1951), describe con este nombre a una secuencia potente de calizas que aflora en el área del proyecto minero Ferrobamba, situado más o menos a 16 km. Al noroeste de Haqira en el cuadrángulo de Santo Tomás, se conoce hasta 800 m de potencia; la parte basal

de la Formación Ferrobamba está compuesta por 20 á 100 m de arenisca y arcillas rojas continentales, correspondientes a una emersión de la región después del Neocomiano, estos depósitos pueden alcanzar varios centenares de metros de espesor (V. Pecho, 1975), encima de las arcillas y areniscas rojas viene una potente serie monótona de calizas bien estratificadas en bancos de 0.5 a 2 metros de espesor.

Su estratificación muy nítida es un buen criterio de diferenciación con el Grupo Pucara, cuyas calizas generalmente son masivas, esta Formación a veces presenta nódulos de chert en forma alargada en la base de 15 cm de longitud. Las calizas Ferrobamba son detriticas y contiene numerosos granos de cuarzo redondeado y abundantes fragmentos de fósiles (cuadrángulo de Cotabambas), la alteración meteórica ataca menos a los detritos que a la matriz calcárea, razón por la que presentan casi siempre una superficie rugosa.

En ciertos niveles se observan alternancias irregulares de calizas y dolomitas (caso Pitumarca todavía quedan remanentes de estos niveles), Miranda (1977), afirma haber visto estratos ricos en siderita con contenidos de hasta 20%. otras veces se encuentra intercaladas con finos lentes de lutitas negras.

**Capas rojas.-** Sedimentación continental del Cretáceo Superior- Terciario Inferior; en las postrimerías del Senoniano el mar se retiró de la mayor parte del territorio peruano marcando el fin de la historia marina de los Andes y como consecuencia de la fase marina. según (Steiman, 1929), es la primera manifestación de la tectónica andina, sus principales afloramientos se encuentran en las hojas de Cotabambas y Abancay. quedando la posibilidad de que lo considerado como capas rojas en la hoja de Abancay, corresponda al grupo Puno Oligoceno.

En los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomas lo correlacionan con la Formación Anta-Anta (Maroco, 1975), mientras que en los cuadrángulos de Cuzco y Livitaca son correlacionables con la Formación Sangarara, Puquín; la parte superior con el Grupo Chitapampa, hacia el Lago Titicaca con las formaciones Catacucho, Vilquechico y Muñani. Litológicamente esta compuesta por alternancias irregulares de areniscas y arcillas rojas intercaladas con algunos bancos de conglomerados, todos con una coloración roja ladrillo y algunos niveles verdes, al Sur de Abancay y particularmente en la zona de Cirda las "capas rojas" tienen un color uniformemente verdusco y el conjunto se encuentra endurecida por la intrusión del batolito granodiorítico y metamorfizada en el contacto. Las evaporitas de las capas rojas consisten de sal común, en algunos casos yeso.

**Edad y correlación.-** Megard, (1968) le da una edad Santoniana a la base de la unidad que empezó después de la "Fase Peruana", la sedimentación de las "Capas Rojas", termino con la "Fase Incaica", (Steinman, 1929) que plegó la zona estudiada probablemente en el Eoceno Superior. Por lo que se concluye que la edad para las capas rojas es del Santoniano-Eoceno medio a superior, el Grupo Puno que descansa en discordancia angular sobre las capas rojas pertenece al Oligoceno. Se correlaciona con la formación Casapalca del Centro del Perú, su afloramiento continúa casi sin interrupción hasta Bolivia. En la región Abancay-Cuzco (Maroco, 1975) con la Formación Anta-Anta y con las Formaciones Cotacucho, Vilquechico y Muñani del lago Titicaca (Newell, 1949).

**Ambiente de Sedimentación:** En los 20 a 30 millones de años que duró la depositación de las capas rojas, se produjeron cambios frecuentes de curso en los ríos, por lo que hace suponer la formación de diferentes terrazas, llegando así; estos depósitos aluviales a cubrir ininterrumpidamente extensas zonas, también se depositaron en cuencas lacustres de poca profundidad (Maroco, 1975).

**Grupo Puno.-** Cabrera La Rosa y Petersen, (1936), Newell ,(1949), describen una potente secuencia clástica con niveles volcánicos que yacen en discordancia angular sobre terrenos Mesozoicos, se le asume una potencia de 3,000 a 5,000 m. (Salvador Mendivil y David Dávila ,1994). Litológicamente la base esta formada por lutitas interestratificadas con areniscas de grano medio, en algunos niveles se intercalan con niveles de conglomerados y clastos de cuarcitas (Maroco, 1975).

La parte media consiste principalmente de areniscas arcósicas de color gris a marrón rojizo en bancos de 2 a 8 m. Intercaladas con lutitas rojizas y conglomerados con clastos de cuarcita y arenisca (Víctor Pecho ,1981). El tercio superior presenta areniscas marrones a gris claras, cerca del tope se observa niveles de areniscas tufáceas de 5 a 10 m de espesor. La parte superior del Grupo Puno (Mendivil, 1978) representa el inicio de una actividad volcánica compuesta por limolitas y areniscas rojizas entre los que se intercalan los derrames lávicos andesíticos gris oscuras a rojizas con aumento hacia los niveles superiores donde se hacen más predominantes.

**Edad y Correlación:** Es una molasa Post-Tectónica posterior al plegamiento del Eoceno Superior, diversos autores le dan rasgos cronoestratigráficos que van del cretáceo superior al Mioceno, Marocco, (1971), Mattauer y Chanove, encontraron en el Grupo Puno cerca al Lago Titicaca carofitas, que indican una edad Oligocena, Eoceno-Neoligoceno (Salvador Mendivil y David Dávila 1994), se correlaciona con la Formación Casapalca en el Perú Central, el Grupo Moquegua en la región costera del sur del Perú, Formación Huanca de Arequipa. En Bolivia se le conoce como Grupo Corocoro de edad Oligoceno-Mioceno (Víctor Pecho, 1981).

**Grupo Tacaza:** N. Newell, (1949), le asignó el nombre de volcánico Tacaza a una serie de rocas volcánicas que afloran en la mina Tacaza Departamento de Puno posteriormente R. Marocco y M. del Pino, (1966) lo elevan a la categoría de Grupo, generalmente el Grupo Tacaza en los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomas, presenta la siguiente litología. La base consiste de conglomerados gruesos, seguida por areniscas de grano medio a grueso de color verde a rojizo, se intercala con capas delgadas de lutitas rojo-violáceas de naturaleza tufácea y capas de brechas. Hacia arriba presenta 500 m de capas gruesas de conglomerados con elementos subredondeados de cuarcitas y areniscas con matriz tufácea.

En toda la secuencia se intercalan capas de derrames andesíticos y brechas tufáceas. Sobre esta serie descansa una secuencia volcánica compuesta por derrames lávicos, brechas y aglomerados tufáceos, tufos retrabajados de naturaleza andesítica, dacítica y riolítica, esta cubierta por tufos del volcánico Sencca y lavas del Grupo Barroso.

**Edad y Correlación:** Las evidencias paleontológicas en las rocas sedimentarias de este Grupo, no permiten asignarle una edad precisa, sin embargo por suprayacer al Grupo Puno de edad Oligocena e infrayacer a la formación Maure del Mio-Plioceno se le asigna una edad Oligo-Mioceno (Victor Pecho, 1981). La parte superior del Grupo Tacaza , se correlaciona con la Formación Alfabamba que aflora en las hojas de Livitaca prolongándose a la hoja de Sicuani. Correlaciona con las unidades del mismo nombre descritos en el Sur del Perú Cuenca de Lago Titicaca (Newell, 1949).

**Formación Maure:** (S. Mendivil, 1965) dio este nombre a una secuencia de limolitas, areniscas tufáceas y conglomerados volcánicos de coloración +/- amarillenta que se exponen en el Valle de Maure al suroeste del Lago Titicaca. En el cuadrángulo de Antabamba esta constituida por limolitas tufáceas de grano medio a gruesa de color gris claro en capas de 20 a 50 cm con niveles de tufos retrabajados en la parte superior, conglomerados volcánicos, con fragmentos tufáceos redondeados dentro de una matriz areno tufácea, hacia el tope areniscas gruesas en capas delgadas.

**Edad y Correlación:** Se encuentran sobreyaciendo al Grupo Tacaza y cubierto por el Grupo Barroso, por lo que se le sitúa a fines del Mioceno y comienzos del plioceno, Mendivil, (1965) le asigna al Plioceno. Se correlaciona con las formaciones semejantes que afloran en la región del Lago Titicaca.

**Volcánico Sencca:** Introducida en la estratigrafía del sur del Perú por S. Mendivil, (1965) al describir una secuencia volcánica de naturaleza piroclástica y de posición subhorizontal. En el cuadrángulo de Challhuanca aflora con mayor amplitud en la zona Oeste y Sureste, cubriendo casi horizontalmente a rocas del Grupo Tacaza y a formaciones más antiguas.

Litológicamente el volcánico Sencca esta constituido principalmente por tufos de naturaleza riolítica y riodacítica. Se intercala con tufos brechoides lenticulares a veces compactas donde se observan a simple vista cristales de feldespato, hojitas de biotita y fragmentos de vidrio, también hay presencia de rocas poco consistentes.

**Edad y Correlación:** Su edad es muy difícil de determinar por su carencia de fósiles, pero estratigráficamente yace sobre la Formación Maure y se le ubica en el Plioceno Medio a Superior. Además S. Mendivil, (1965) le asigna una edad Pliocena Medio a Superior, a unos tufos en Bolivia y que según Mendivil, (1965) son equivalentes al volcánico Sencca.

**Grupo Barroso:** Nombre designado por Mendivil,(1965) a un conjunto de rocas volcánicas formado principalmente por derrames piroclásticos de naturaleza andesítica, raquílica y traquiandesítica. En la hoja de Santo Tomas el Grupo Barroso abarca el suroeste, en la hoja de Antabamba ocupa la parte central, en el cuadrángulo de Challhuanca se halla expuesta al Suroeste, el Grupo Barroso ha sido diferenciado en dos unidades(Victor Pecho, 1981).

La Inferior denominada Volcánico Malmanya compuesta por derrames andesíticos y dacíticos. De origen fisural y se presenta en capas horizontales de 1m a 5m de grosor. En sección delgada son generalmente de textura porfirítica; y otras en menor escala presentan textura afanítica con matriz fluida. Teniendo su mayor grosor

en el de cuadrángulo Santo Tomás de 1,000 metros.

La Superior llamada volcánico Vilcarani en discordancia angular al Volcánico Malmanya constituido por una secuencia de piroclastos y derrames lávicos compuesta por andesitas, riolitas y riolitas, mientras que los piroclastos son tufos, brechas, aglomerados, cenizas, etc. El Grupo Barroso estratigráficamente yace en discordancia erosional sobre el volcánico Sencca y en algunos casos sobre el Grupo Tacaza, en otros lugares cubre en discordancia angular a las calizas Ferrobamba, Formaciones del Grupo Yura. Se halla cubierto por depósitos, morrénicos y fluvioglaciares, materiales volcánicos más recientes y sedimentos cuaternarios recientes.

**Edad y Correlación:** Por su posición estratigráfica regional estaría comprendida desde fines del Plioceno hasta el Pleistoceno. Es equivalente a afloramientos similares que se exponen en gran parte de la región Sur del Perú constituyendo los conos volcánicos de la cordillera occidental (Victor Pecho, 1981). Los afloramientos de estos volcánicos hacia los cuadrángulos de Livitaca y Cuzco son muy restringidos.

**Depósitos Recientes:** Los depósitos recientes están constituidos por morrenas glaciares, fluvioglaciares volcánicos, recientes y depósitos aluviales. Los depósitos morrénicos más recientes se encuentran bien expuestos y se encuentran en las partes altas de los grandes valles.

Los depósitos fluvioglaciares ocupan antiguos valles y quebradas de origen glaciar también en extensas llanuras o pampas que se encuentran sobre los 4,000 m y están constituidas por acumulaciones clásticas heterogéneas. La edad de estos depósitos son del Pleistoceno a reciente de acuerdo con las evidencias geomorfológicas observadas en el campo.

En el cuadrángulo de Santo Tomás se reconoce el volcánico Santo Tomás que esta representada en la base por lavas de naturaleza andesítica de textura porfirítica, fluida parcialmente a veces afanítica de color gris oscuro, algo poroso y poco densas, la parte media consiste de lavas basálticas vesiculares y al tope de tufos blancos amarillentos con potencia de 50 m. (V. Pecho, 1981).

Asimismo, el cuadrángulo de Cuzco expone en el valle de Vilcanota y Huantanay el Volcán Quimsachata que evidencia la última fase volcánica de la región, tratándose de un vulcanismo fisural, esta unidad llamada Formación Rumicolca conforma volcanes pequeños con conos esporádicos en sus faldas y derrames de amplitud reducida por estructuras de fallamiento, las coladas tienen composición traquiandesítica-andesítica basáltica mayormente porfirítica, en algunos casos son escoriáceas de colores marrones y negruzcos, se le asume una edad Pleistocénica (Guevara, 1984).

#### **Depósitos Clásticos Recientes:**

**Depósitos Aluviales:** Se encuentran en pampas circunscritas por lomadas o cadenas de montañas, estas acumulaciones forman terrazas y conos aluviales; compuestas por gravas, cantos y otros elementos redondeados y angulosos, dentro de una matriz areno-arcillosa.

**Depósitos Lacustres:** conforman pampas que se originaron como consecuencia de lagunas mucho más extensas y antiguas.

**Depósitos Fluviales:** Están restringidas al fondo de los valles y están compuestas por conglomerados, gredas, arenas, limos y arcillas lenticulares.

**Depósitos Eluviales:** Los depósitos eluviales se encuentran en diferentes lugares, formando aureolas concéntricas de diferentes colores, debido probablemente a un efecto cíclico de meteorización, constituyen suelos muy bien diferenciados con perfiles definidos.

## II.4.2 Tectónica y Actividad Ignea

**II.4.2.1 Tectónica:** La evolución tectónica andina, se caracteriza por eventos de duración relativamente cortos, manifestadas por dos de las tres fases de compresión andina definidas por Steiman (1929).

La fase "Peruana" intrasenoniana, se traduce solamente por la emersión de la región sin dar lugar a una discordancia angular entre el Cretáceo marino y las capas rojas del Cretáceo Superior- Terciario Inferior (Marocco, 1975).

La fase "Incaica" durante el Eoceno Medio o Superior, según (Megard, 1967) corresponde a la fase principal y se reconoce por la existencia de pliegues con eje EW. Por movimientos inversos a lo largo de las fallas del mismo rumbo y por emplazamiento del stock sintectónico de Abancay.

Desde el punto de vista estratigráfico, dio lugar a la única discordancia angular neta de la región, haciendo descansar el Oligoceno sobre el conjunto plegado Mesozoico capas rojas. (Marocco, 1981). La fase "Quechua", responsable de pliegues amplios en que se observa en el Oligoceno y el Mio-Plioceno, la cual probablemente sea de edad Pliocénica (Marocco, 1975). Los pliegues NE son los mejores representados en la zona estudiada y corresponden a anticlinales concéntricos simétricos o ligeramente acostados hacia el norte, estos anticlinales son generalmente amplios incluyendo en su núcleo a la cuarcitas del Grupo Yura, los sinclinales están constituidos generalmente por calizas del Cretáceo Medio y Superior (Formación Ferrobamba). La litología de estas calizas y su estratificación delgada han permitido al momento de plegamiento, se formen pliegues disarmónicos que a veces son muy complicados, se observa amontonamientos de pliegues y hasta torsiones de los ejes; hoja de Cotabamba 15 km al oeste de Tambobamba (Marocco, 1975).

**II.4.2.2 La Actividad Ignea:** Esta constituida por el Batolito de Abancay con orientación general E-O, es de naturaleza calcoalcalina con una relación de  $K_2O/Na_2O = 0.69$ , su extensión más o menos 150 km por 70 km de ancho, aproximadamente se le atribuye una edad Miocénica (Maroco, 1978).

Este complejo plutónico está dividido en dos conjuntos distintos según criterios cronológicos y petrográficos (Rene Marocco, 1978).



El macizo sintectónico de Abancay de composición esencialmente diorítico (Intermedio a Básico).

El gran Batolito Post-tectónico N-E de composición esencialmente granodiorítico (ácido).

Este Batolito de Abancay está formado por varias intrusiones parciales emplazadas desde el Cenomaniano al Mioceno (C. Miranda 1977), la composición más frecuente de este batolito es granodiorítico y en menor grado diorítico, más escasa es la monzonita responsable de la formación de varios yacimientos de cobre, siendo los intrusivos más antiguos los más básicos y los modernos más ácidos (Miranda OP Cit). Los primeros son frecuentemente sintectónicos mientras que los segundos Post-tectónicos (R. Marocco, 1975; C. Miranda, 1977).

Hasta la fecha no se ha logrado determinar, la asociación de óxidos de hierro con alguna composición específica de intrusiones parciales, los depósitos de óxidos de hierro en Tintaya están íntimamente relacionados con las dioritas, determinado microscópicamente por C. Miranda. Legault, R.Z (1978), también clasifican al intrusivo acompañante en el yacimiento Imperio como Diorita, lo mismo hace R. Valdez (1975) con los intrusivos asociados a los criaderos de Capacmarca, Inca Hacca, y Lugones-Ccacho.

El informe de C. Itoh Co (1972) descubre a los intrusivos asociados como Huancabamba y Sucaralla como diorita; contrariamente R. Marocco (1975) afirma que los yacimientos ferríferos siempre quedan en el contacto granodiorita-Formación Ferrobamba.

La contradicción entre la publicación de R. Marocco y los informes mencionados no tiene que ser necesariamente causada por determinaciones petrográficas erróneas ya que según R. Marocco, (1975) en ciertas partes y sobre todo en su bordura, el macizo granodiorítico "contiene enclaves de dioritas de grano fino". Últimos testigos de una primera fase de intrusión más básica, por lo tanto existe la posibilidad de que los depósitos de hierro deben ser tan antiguas como las rocas ígneas que causaron su formación (Dr. Dunin, 1977).

Las dioritas sintectónicas parecen ser del Cretáceo o Terciario Inferior, mientras que los plutones granodioríticos de los cuadrángulos Andahuaylas Abancay y Cotabamba son según R. Marocco Post-Tectónicos y Miocénicos.

# CAPITULO

## III

**METODOLOGIA Y TECNICAS EMPLEADAS:**

### III.1 TRABAJO DE CAMPO Y TOMA DE MUESTRAS:

Durante los meses de septiembre a diciembre de 1995, se realizaron trabajos de campo y colección de muestras de la siguiente manera:

Se abrieron trincheras en las zonas de contacto intrusivo caliza.

Mapeo de la geología de detalle a escala 1/5,000, con ubicación de trincheras y muestras; cartografiado de alteraciones y estructuras.

Muestreo sistemático, en las trincheras tomando las muestras en forma continua cada dos metros por 50 cm de ancho tipo canal en puntos, desde la caliza pasando por el skarn para finalmente concluir en el Intrusivo.

Una vez levantado el plano Geológico a detalle, en el gabinete se programó las líneas para levantamiento de geofísica terrestre, mediante el uso de magnetometría, resistividad y polarización Inducida. Una transversal principal, abarcando todo el largo de los afloramientos del skarn de magnetita y el intrusivo alterado, líneas perpendiculares a esta transversal cada 100 o 200 m según sea el caso, tratando de abarcar todo el ancho de ocurrencias de alteración y mineralización.

Con el resultado de análisis de muestras, y con la ayuda de herramientas estadísticas se determinaron las anomalías geoquímicas, a partir del background y threshold. Se elaboraron los planos geoquímicos para cada elemento Au, Cu, Pb, Ag, Zn, As, Fe.

La superposición de los planos de alteración con los planos de anomalías geoquímicas y geofísicas en el gabinete, nos permitió determinar controles de mineralización (estratigráficos, estructurales), y targets de mineralización.

Los estudios petrográficos y minerográficos nos ha permitido determinar la paragénesis de minerales económicos, y el zoneamiento.

Finalmente con estos resultados se elaboró el modelo genético preliminar de carácter prospectivo, para este tipo de yacimientos.

#### METODOLOGIA:

##### Mapeo Geológico

Se levantó un plano provisional a escala 1/25,000 que cubre una área de 3 x 0.5 km en dirección NE-SW, el cual sirvió como base para programar líneas de geofísica y apertura de trincheras en las zonas de contacto intrusivo-skarn-calizas. Posteriormente se realizó el mapeo de detalle a escala 1/5,000 en dos planos:

- Primero, plano de geología con levantamiento de trincheras y ubicación de muestras.

- Segundo, plano de estructuras y alteraciones.

Apertura de Trincheras: Se abrieron 14 trincheras con bulldozer (1,670 m) y 10 trincheras a pulso (420m), donde se efectuó lo siguiente:

Geología de detalle y la toma de 305 muestras sistemáticas continuas cada 5 m, estas trincheras cubrieron toda la zona de contacto intrusivo-skarn-caliza. Las muestras tomadas fueron analizadas por Fire Assays más 6 elementos por absorción atómica. Así mismo se tomaron 5 muestras representativas para estudios petrográficos y mineralógicos.

### **III.2 CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA:**

De acuerdo a sus características geológicas y petrológicas observadas en el campo al Prospecto Pitumarca se le considera como un depósito tipo Skarn de hierro.

Se tomaron 2 muestras de afloramiento en superficie para estudios petrográficos y más de 40 muestras de mano, correspondientes a muestras representativas del prospecto en mención.

A partir de las muestras de mano, se determinó los tipos de roca existentes. Las características macroscópicas principales determinadas fueron el color, el tamaño de grano, densidad, porosidad, tipo de fracturamiento, esquistosidad, reacción al ácido clorhídrico y la ocurrencia de minerales como cuarzo, plagioclasas, ferromagnesianos en porcentajes, para finalmente dar un nombre aproximado de la roca fresca, en los casos de roca alterada se realizó estudios microscópicos para identificar la roca original. Para la determinación de estas propiedades se usó lupas de 10X, 14X y 20X, ácido clorhídrico al 10%, lápices de dureza de 4,5,6,7 y 8. Clasificados según la escala de Mohs, lapicero para determinar el magnetismo, etc.

El estudio microscópico se realizó en INGEMMET, desde la preparación de la sección delgada en un porta-objetos de 46mm x 27mm, hasta el estudio mineralógico, en un microscopio nikkon de 20x40 con luz transmitida. Se determinó los minerales poniendo especial énfasis en: tamaño, forma, modo de ocurrencia, intercrecimientos y otros.

### **III.3. CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA:**

Para estudios microscópicos, se tomaron algunas muestras, referidas principalmente a las más representativas de este prospecto. Decenas de muestras de mano, determinando sus propiedades más críticas (color, dureza, brillo, raya, densidad, clivaje, hábito, intercrecimiento, etc.), que nos permiten dar su nombre, con instrumentos como la lupa de 10x, 14x y 20x. Lápices de dureza de 4, 5, 6, 7 y 8. Lapicero para determinar Magnetismo, ácido clorhídrico, porcelana, etc.

Los estudios microscópicos se realizaron, en INGEMMET, desde la preparación de la sección pulida en resina, pulido, hasta el estudio con microscopio de luz transmitida y reflejada en Nikon de 20 x 40 aumentos. Se determinó sus propiedades como: formas, densidad, clivaje, intercrecimientos, hábito, asociaciones, dureza, modo de ocurrencia, alteraciones, figuras de interferencia, etc. para finalmente dar nombre al mineral y su asociación entre ellos.

### III.4.CARACTERIZACION GEOQUIMICA:

Los análisis de Laboratorio fueron tratadas según el siguiente diagrama de flujo, mostrado en la figura No 2.

#### ANALISIS:

Las muestras fueron analizadas, por Au con el método fire assay, para el Cu, Ag, Pb, Zn, As y Fe por absorción atómica. La metodología de análisis esta medida con los siguientes limites de detección. (Ver tabla No 1):

Elementos	Limite de detección	Extracción	Método
Au	5 ppm	30 g	Fire Assay + AA
Ag	2 ppm	HCL:HNO3 (3:1)	ICP (atomic emission espectroscopia)
Cu	1 ppm	HCL:HNO3 (3:1)	ICP (atomic emission espectroscopia)
Pb	2 ppm	HCL:HNO3 (3:1)	ICP (atomic emission espectroscopia)
Zn	1 ppm	HCL:HNO3 (3:1)	ICP (atomic emission espectroscopia)
As	5 ppm	HCL:HNO3 (3:1)	ICP (atomic emission espectroscopia)

Tabla No 1 Limite minimo de deteccin que realiza el laboratorio.

Las 305 muestras obtenidas en 24 trincheras tomadas cada 5 metros en forma continua, se les proceso estadísticamente en el Software Statigraphics plus versión 7, se crearon dos archivos en base de datos Excel(archivo pituma.xls y pituma.or.xls), el primer archivo contiene leyes de Au(ppb), Ag, Pb, Cu, Zn y As en (ppm); Fe(%).

El segundo archivo contiene valores de logaritmos de las leyes de los elementos antes mencionados, (sistema Lognormal).

Luego estos archivos son importados al software Statigraphics plus V.7, donde se procede a calcular los 14 parámetros estadísticos básicos (según tabla No 2).

El gráfico de histogramas, frecuencia acumuladas vs. Leyes (ppm), frecuencias acumuladas vs. logaritmos de las leyes, nos permiten calcular el background de las poblaciones según los histogramas, y los background teórico al 50% según (Lepeltier 1969) y el thershold al 95% según (Sinclair 1976),en el segundo caso. Para un mejor tratamiento estadístico se anularon valores con leyes altas para cada elemento, el software calcula estadísticamente los siguientes parámetros: la mediana, Background (BG), la desviación standard (DS) considerados como

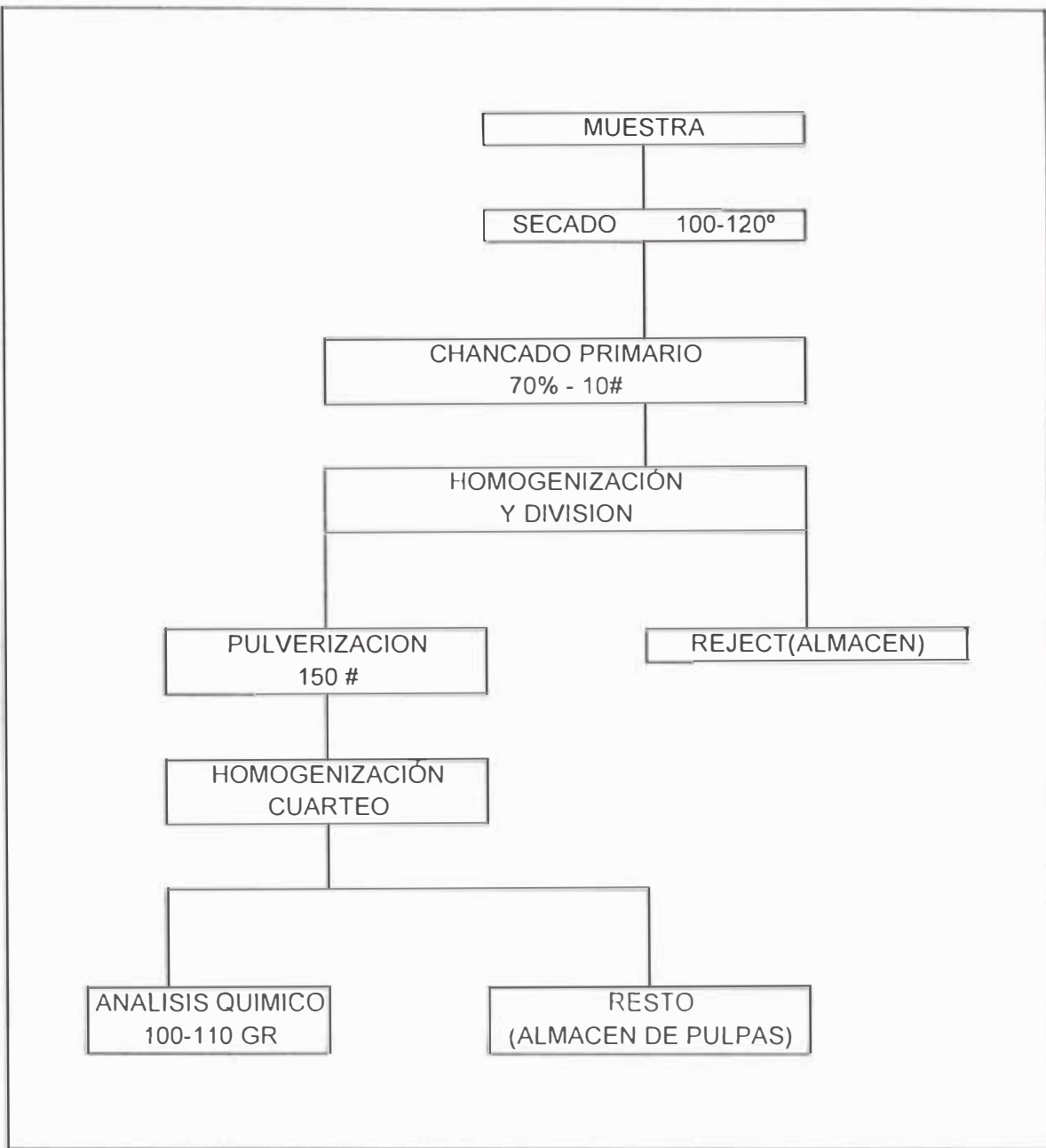


FIGURA N°2

DIAGRAMA DE FLUJO DEL LABORATORIO

parámetros principales, y nos sirven para calcular los rangos en los planos de distribución de anomalías Geoquímicas Tabla No 3, según Turekian y Wedepohl 1961.

Anomalía muy baja para valores	< BG
Anomalía baja para valores en el rango	BG y BG+DS
Anomalía media para valores en el rango	BG+DS y BG+2DS.
Anomalía alta para valores en el rango de	BG+2DS y BG+3DS
Anomalía significativa para valores mayores que	BG +3DS.

Tabla No 3 Rangos de distribución de anomalías geoquímicas a partir del background y la desviación standard

#### COEFICIENTE DE CORRELACION:

El procesamiento estadístico de los valores geoquímicos, deja en claro tendencias o ensambles mineralógicos comunes, para lo cuál se ha visto por conveniente asignar la siguiente tabla Tabla No 4 de rangos según Chacón A. 1990.

0 a 0.20	Muy Mala
0.21 a 0.40	Mala
0.41 a 0.60	Moderada
0.61 a 0.80	Buena
0.81 a 1.00	Muy Buena

Tabla No 4 Rangos de coeficientes de correlación entre dos elementos

Obviamente que la interpretación Geológica esta referida a un valor "r" que es igual al cociente de un elemento con otro; si este "r" es positivo entonces tendrá implicancias genéticas, y se estima una muy buena correlación por lo tanto nos indicara una posible afinidad mineralógica, para "r" negativo: cuando este se acerca a cero, existirá mayor aleatoriedad entre un par de iones en consulta y si "r" se acerca a -1, entonces podemos asumir que los dos iones en consulta provendrán de dos distintas etapas de mineralización (Chacón, 1990).

### III.5. CARACTERIZACION GEOFISICA:

#### III.5.1. Conceptos generales:

##### MAGNETOMETRIA:

Diversos materiales litológicos, contienen diferentes proporciones de minerales magnéticos, principalmente magnetita, como componente original o adquirido, las rocas ígneas usualmente son más magnéticas que las sedimentarias, y entre las primeras, las básicas son más que las ácidas. Por esta razón es común el empleo del

método magnetométrico para complementar la información Geológica, en zonas cubiertas donde no es posible hacer mapas litológicos y de estructuras, ciertos procesos de mineralización provocan la acumulación de magnetita ya sea como diseminaciones o como cuerpos masivos, cambiando las condiciones magnetométricas, situación que se aprovecha en exploración minera.

En casos de búsqueda de yacimientos de Hierro tal característica es inherentemente favorable y el método magnético es indispensable en casos como este trabajo de yacimientos de contacto, puede encontrarse acumulaciones magnéticas asociadas con minerales de interés económico, ya que existen evidencias de oro como subproducto en tales minerales, así mismo existe también magnetita sin sulfuros, por consiguiente el procedimiento geofísico apropiado es el de aplicar un método eléctrico (polarización inducida-resistividad) como principal; y el magnetométrico como auxiliar.

Las lecturas magnetométricas de campo total fueron corregidas para variaciones diurnas y referidas a una estación base por estar la zona en latitud baja, la información de campo total ha sido reducida al Ecuador magnético, con el objeto de eliminar asimetrías. A partir de ella fueron calculadas las derivadas verticales y la continuación hacia arriba para la definición en profundidad.

#### RESISTIVIDAD ELECTRICA:

Si una corriente eléctrica, es aplicada al terreno, por medio de dos electrodos, inmediatamente es creado un campo eléctrico en el subsuelo y sus efectos pueden ser medidos por otro par de electrodos conectados a un voltímetro.

La corriente de energización se obtiene de una fuente controlada a voluntad del operador geofísico. Tan pronto como se conecta la cantidad de corriente, esta queda indicada en un amperímetro. En el instante en que comienza a circular la corriente aparece una caída de voltaje ( $v$ ), que se mide en el voltímetro entre los dos electrodos de potencial, siendo su magnitud dependiente de la intensidad del campo aplicado ( $I$ , en amperios), de las relaciones geométricas del sistema de cuatro electrodos ( $K$ ) y de la resistividad ( $R$ ) de la masa del subsuelo que esta siendo afectada por la corriente.

La resistividad, es la resistencia específica de la unidad de volumen de roca (un metro cúbico) expresada en ohmios por metro cuadrado por metro, generalmente indicada como ohmiómetro. Todas las rocas de la corteza terrestre ya sean ellas diagenizadas o alteradas, no consolidadas, exhiben cierta conductividad eléctrica o su inversa, la resistividad determinada por el grado de saturación y salinidad del agua (Conductividad iónica), los minerales sólidos (conductividad electrónica), la temperatura, el fracturamiento y/o alteración, son aspectos litológicos muy importantes y que por consiguiente, la resistividad debe ser tratada como una propiedad relativa. En otras palabras, las resistividades no pueden ser extrapoladas a áreas con geología diferente o que están sujetas a condiciones climáticas de otro tipo.(Arce J. ,1991).



En exploraciones mineras la conductividad que interesa es la electrónica determinada por los minerales conductores que son por lo general, aquellos con lustre metálico, casi todos los sulfuros metálicos son conductores en diversa medida, salvo, minerales como la esfalerita y la casiterita que tienen brillo vítreo y son eléctricamente aislantes. Entre los sulfuros de lustre metálico los más conductores en grado decreciente son la calcocita, la calcopirita, pirita, enargita, galena, cobre grises, la molibdenita, etc.

Otros no sulfuros son gráfita, magnetita, sericita, montmorillonita, etc.

#### POLARIZACIÓN INDUCIDA (PI):

Con el mismo sistema de cuatro electrodos descrito para la resistividad eléctrica, si la corriente ( $I$ ), es aplicada durante un tiempo determinado y bajo ciertas circunstancias geológicas, puede notarse que el campo energizante produce caída de voltaje ( $V$ ) que no desaparece completamente al interrumpirse la corriente, sino que más bien va decreciendo paulatinamente a partir de un voltaje máximo inicial ( $v_p$ ), conformando una curva de voltajes secundarios ( $v_s$ ) que puede ser observado en los electrodos de potencial.

A este proceso se le llama efecto de polarización inducida (PI), característica de los materiales de la corteza que contienen partículas con diferente conductividad electrónica o metálica. El efecto PI, está relacionada directamente con la superficie de los granos altamente conductores expuestos al campo eléctrico energizante, siempre que tales granos o partículas estén también mezclados con minerales de ganga o aislantes. A diferencia de la Resistividad, que es siempre relativa a ciertas condiciones litológicas locales, la polarización inducida es absoluta con respuestas cercanas a cero, cuando no hay minerales polarizables. El efecto de polarización inducida se representa por el término de cargabilidad ( $M$ ), que indica la susceptibilidad de determinado material a ser cargado y se mide en milivoltios, dependiendo de los parámetros de diseño del instrumento utilizado.

La respuesta de PI, es alta cuando hay presencia de sulfuros conductores. La calcocita, calcopirita y pirita causan anomalías fuertes, en menor grado enargita, galena, sulfosales, etc. Los efectos indeseables de magnetita finamente diseminada, del gráfita, la sericita, la montmorillonita y otras arcillas en partículas planas y conductoras, deben ser interpretadas con un adecuado conocimiento geológico.

#### III.5.2. Área levantada:

El área a levantarse inicialmente fue de 33.6 hectáreas, comprendiendo 21 líneas; una mayor transversal y las restantes perpendiculares separadas cada 100 metros, en algunos casos como las líneas 19, 20 y 21 cada 200 m, por razones técnicas como la alta resistencia de contacto electrodo suelo (entre 50 y 100 kilo-ohms en los electrodos de corriente), otros por no presentar una topografía muy abrupta, solamente se realizaron 16 líneas.

### III.5.3. Personal de campo:

La ubicación de las estaciones y el alineamiento de las líneas se llevó a cabo, con una brigada de Topografía formada por 5 personas alrededor de 15 días efectivos.

El levantamiento Geofísico propiamente dicho se realizó, en aproximadamente 30 días con el siguiente personal:

Técnico encargado de estabilizar el transmisor en 2.5 KW.

Un operador del receptor computarizado (Ingeniero)

Cuatro ayudantes con los electrodos de corriente

Dos volantes para abastecimiento de agua y otros.

### III.5.4. Equipo de campo: se utilizó:

Un magnetómetro geometrics G856.

Un generador de corriente.

Un transmisor Scintrex TSQ4/10KW. Un receptor en dominio de tiempo scintrex IPR12, con memoria para guardar datos.

Alambre geofísico preparado para dos penetraciones de 200 m. de intervalo.

Electrodos de acero. Electrodo de porcelana.

Radio receptores-transmisores de banda ciudadana.

Accesorios múltiples (papel aluminio, sal, etc.).

### III.5.5. Levantamiento geofísico:

La orientación de las líneas y el esparcimiento, se diseñó basándose en un plano geológico preliminar levantado a escala 1/25,000, cuyo eje central tiene dirección N50W, las 21 restantes son perpendiculares, juntas miden 2,610 m, de las cuáles solo se hicieron 16 líneas que representan 1,800 m (69%), de lo programado, debido a que el tipo de depósito es Skarn de magnetita, también la caliza es roca de alta resistencia verificada y probada en el terreno, se escogió el dispositivo polo-dipolo aproximadamente mayor de 1000 ohm en calizas, valores menores para el intrusivo.

### III.5.6. Presentación de resultados:

Las lecturas magnetométricas de campo total fueron corregidas, para variaciones diurnas y referidas a una estación base. Por estar la zona en latitud magnética baja(-1.1), la información de campo total ha sido reducida al Ecuador magnético.

En el estudio de polarización inducida, las columnas de cargabilidad y de resistividad eléctrica de los sondeos efectuados se pueden correlacionar para preparar planos de isocurvas de parámetros similares, la correlación ente dos o más estaciones para el horizonte anómalo permitió construir planos susceptibles de ser posteriormente comparados y reinterpretados con criterios Geológicos.

# **CAPITULO**

## **IV**

### **CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DEL PROSPECTO**

## IV.1 ASPECTOS GEOLÓGICOS

### IV.1.1 Estratigrafía:

En el área del prospecto afloran principalmente calizas de la Formación Ferrobamba considerada como Cretáceo medio a superior (Km-Sup), afectadas por intrusivos del Cretáceo superior-Terciario inferior (Ks-Ti) pertenecientes al Batolito de Abancay-Apurímac, cubriendo muy localmente esta zona encontramos afloramientos de tobas y tufos riolíticos muy recientes de coloración blanca a rosada, pertenecientes al Cuaternario, estas rocas cubren gran parte de los campos con ocurrencias de magnetita, ocultando sus reales dimensiones con potencias de hasta 20 m. (Bayona 1991).

### FORMACION FERROBAMBA:

Esta constituida principalmente por calizas de color gris clara a oscura, masivas, con estratos que varían de centímetros hasta dos metros de potencia, se encuentra intensamente fracturadas en contacto con los intrusivos donde se forma el skarn. Por acción del metamorfismo se encuentran mármolizadas y decoloradas, a veces brechadas en el contacto, también se observa un horizonte de dolomía muy erosionado, en niveles aparentemente superiores se observa calizas arenosas de color gris claro con tintes rojizos, la circulación de aguas subterráneas posiblemente ácidas han formado cavernas de concreciones de calcita ( topografía kárstica).

Estas calizas por sus contenidos de granos de cuarzo presenta una topografía peculiar, debido a que estos granos presentan resistencia a la erosión, dando la apariencia de presentar rugosidades; en las partes más alejadas del prospecto se encuentra cubierta por volcánicos más recientes del Cuaternario.

La presencia de óxidos, cerca al contacto caliza-intrusivo, a manera de pátinas posiblemente se debe a contenidos de magnetita diseminada; y por intemperismo estos se han oxidado.

Ocupan el 35 % del prospecto a manera de techos colgados sobre el intrusivo granodiorítico, mostrando la gran erosión a la cual ha estado sometida esta calizas (ver plano No 3).

### IV.1.2 Tectónica:

La distribución y ocurrencia en franjas tabulares del Skarn de magnetita y los minerales ganga, así como el emplazamiento del dique andesítico paralelo, parecen haber sido controlados por la diferencia de composición original y los planos de estratificación de la caliza reemplazada.

La franja de magnetita con rumbo principal NE y buzamiento de 50° hasta 75° al Sur Este, están controlados por una falla paralela pre-mineral, el cual ha servido como canal por donde discurrieron y precipitaron las soluciones hidrotermales observado en el límite noroeste del prospecto (ver plano No 4).

El contacto calizas Ferrobamba con el intrusivo granodiorítico, es un contacto fallado con dirección N50E, y buzamiento subvertical inclinada al Sureste (ver plano No 4), como consecuencia de este fallamiento mayor, se produjeron otras fallas menores, en diferentes direcciones las cuales están relacionadas con los procesos de mineralización observable muy localmente en el prospecto.

Existe un fallamiento paralelo de orientación aproximada N 25° W en la parte central del yacimiento cortando el intrusivo y calizas, formadas después de la mineralización (ver plan No 4).

Como resultado de la información adicional se concluye que los cuerpos de Skarn son remanentes que descansan a manera de un techo colgante "Roof Pendants" sobre los intrusivos de granodiorita, a veces gradando a diorita muy localmente.

Las calizas Ferrobamba forman localmente un sinclinal con eje paralelo aproximadamente al NE, el rumbo general de la estratificación es N50-60°E y buzan casi verticalmente, en la mayoría de los casos hacia el SE y más subordinadamente al NW; como consecuencia de los fallamientos menores.

Al Noreste del prospecto existe un dique andesítico con dirección Noroeste que sigue aproximadamente el rumbo de los cuerpos tabulares de skarn de magnetita(ver plano No 4).

#### **IV. 1.3. INTRUSIVOS:**

La ocurrencia de intrusivos alrededor del prospecto está representado principalmente por la granodiorita algunas veces gradando a diorita (observación de campo) y constituye casi el 95% de los afloramientos de roca intrusiva; el cuál posiblemente haya sido el responsable de la formación del skarn de magnetita, posteriormente está granodiorita es intruida por un dique andesítico que aflora en la parte NE del área de trabajo, cuyas dimensiones son de 50x3 m. aproximadamente representando el 5% restante (ver plano No 3 y foto No 1).

### **IV.2. ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y PETROLÓGICOS DE LOS CUERPOS MINERALES.**



FOTO N° 1 Se observa fracturas rellenas por carbonatos y silicatos de cobre en el contacto del dique andesítico con el intrusivo granodiorítico así mismo vetillas de caolín y en menor proporción sericita (alteración Hipógena)

#### **IV.2.1 GEOMETRÍA DE LOS CUERPOS:**

La geometría de los cuerpos mineralizados con magnética tienen formas tabulares o excepcionalmente irregulares. La potencia puede estar entre 10-50 m, corroborada con la información geofísica; los afloramientos varían desde los 10 m. hasta 160 m de largo con anchos de unos metros hasta diez metros distribuidos irregularmente. Estos cuerpos tienen mayor concentración en el Noreste del prospecto, la geometría de estos podría tener origen sedimentario ya que estudios realizados en Tintaya por Miranda (OP.CT), en el skarn derivado de las calizas Ferrobamba ha identificado bandas microscópicas de magnetita que ha menudo conservan rasgos de microestructura sedimentaria.

El nivel de erosión es de gran importancia para la magnitud de los afloramientos, es por eso que estos cuerpos se encuentran a manera de techos colgados de mediana a somera profundidad sobre el intrusivo granodiorítico.

Debido a las características físico-químicas de los sedimentos, éstos se comportan de una manera distinta a la deformación, respondiendo uno de ellos en forma competente, es decir, capaces de transmitir los esfuerzos; y otros en forma incompetente, o sea con menor poder para transmitir esfuerzos, las calizas se les considera como competentes, pues aunque tienen bastante plasticidad y por lo tanto la propiedad de fluir, pueden transmitir los esfuerzos mejor que los sedimentos pelíticos que se fracturan al ser deformados. Proporcionando espacios abiertos que permiten la circulación de los fluidos metasomáticos.

El control estructural de los sedimentos u horizontes sedimentarios, es por tal motivo de dos tipos: uno eminentemente estructural y debido a las diferencias de competencia, y el otro probablemente químico y debido a la composición de los sedimentos que permitieron un más fácil reemplazamiento (Gerónimo Godoy, 1964).

Asimismo, existen vetillas de magnetita masiva desde centímetros hasta decímetros en diferentes direcciones a veces brechas con matriz de magnetita dentro de las calizas, estas manifestaciones son indicadores de cuerpos ocultos a profundidad en el contacto caliza- intrusivo.

#### **IV.2.2 PETROGRAFÍA:**

Las muestras estudiadas, corresponden principalmente a rocas intrusivas de composición granodiorítica de textura porfídica, holocristalino, fenocristales de plagioclasa, piroxeno y anfíboles, cuarzo y feldespato potásico primarios.

Además se identifica un dique cuya composición final fue determinada como andesita de grano fino y textura afanítica.

También ha sido posible reconocer rocas de metamorfismo de contacto mármol que posteriormente fueron "skarnizados". A consecuencia de la intensidad



de las facies metamórficas y metasomáticas producida por efectos tectónicos y de intrusión, las rocas sedimentarias han sufrido transformaciones parciales a totales; desde la decoloración, pasando por la recristalización, decarbonatación y silicificación incipiente observadas en las aureolas de contacto intrusivo-caliza (ver plano No3).

### **I.V.2.2.1 rocas sedimentarias:**

#### **caliza**

Roca más abundante, que se caracteriza por presentar un aspecto masivo color gris plomizo de grano medio a fino, detritos de cuarzo masivo, de matriz esencialmente calcáreas con finas vetillas de calcita hasta 3%, su dureza esta en el rango de 4 a 5. A veces se observa con un aspecto deleznable debido a la decarbonatación que ha sufrido , en otros casos es incolora (ver plano No 3).

### **IV.2.2.2. rocas ígneas:**

Las rocas ígneas se han dividido en dos grupos (ver plano No3), que de acuerdo a su tiempo de emplazamiento de la más antigua a la más joven son:

- a) Granodiorita
- b) Andesita.

#### **a) Granodiorita:**

El plano No 3 muestra que el intrusivo granodiorítico, aflora en casi todo el prospecto, se caracteriza petrográficamente por presentar textura porfirítica holocristalina conformada por cristales de plagioclasa, feldespatos y subordinadamente por cristales de cuarzo ("Ojos"), hornblenda y biotita, su aspecto textural y composición muestra características de roca débilmente alterada (propilitica a argílica foto No 2) algunas vetillas de silice con epidota, también presenta valores Geoquímicos anómalos en Au, Cu, Pb y Zn .

Tiene ensamble plagioclasa-feldespato-cuarzo, con hornblenda y biotita, generalmente los fenocristales son: las plagioclasas, cuarzo, biotitas y hornblendas. También presenta vetillas de cuarzo con hornblenda y cloritas.

En la matriz algunas veces se observa sericita, arcillas rellenando fracturas y reemplazando plagioclasas.

Los valores geoquímicos anómalos en Au, principalmente en el contacto con las calizas, resalta su disposición capaz de hospedar mineralización.



**FOTO N° 2** Prospecto Pitumarca, mirando al sur se observan carbonatos y crisocola en fracturas e intersticios de roca granodiorítica argilizada vetillas de caolín, patinas de óxidos de fierro en el contacto skarn-intrusivo, vetillas de sílice hialina aspecto general brechoide

## **b) Andesita porfirítica:**

Roca perteneciente a un dique de textura porfirítica, consistente en fenocristales de plagioclasa, anfíboles y piroxeno en una matriz microgranular compuesto por cuarzo feldespático de color gris a gris pardusca. Su mineralogía es la siguiente:

Esenciales: Plagioclasa, cuarzo.

Accesorios: Biotita, hornblenda, piroxenos, cloritas, Calcita, opacos, esfena, sericita.

Secundarios: Sericita, arcillas, cloritas, calcita.

Los valores geoquímicos anómalos en Au, Pb, Zn, As, resaltan su disposición receptiva a la alteración y mineralización del sector.

Presentan ensamble Plagioclasa cuarzo con biotita, hornblenda, piroxenos, cloritas, calcita, opacos, esfena, sericitas arcillas; como accesorios secundarios: sericita, arcilla, cloritas, calcita. Los minerales opacos se encuentran diseminados en la matriz o reemplazando parcialmente a los minerales máficos. Las plagioclasas tienen macla tipo carlsbad y presentan zoneamiento, representan el 66% de la roca seguida de las cloritas anhedrales con ocurrencia intersticial (12%), estando los opacos y el circón como trazas en forma diseminada. El cuarzo primario representa el 3% de la roca con hábito anhedral con ocurrencia en granos y en forma intersticial. La calcita es el 5% de la roca y se encuentra relleno intersticios y cavidades. Los feldespatos potásicos 3% son subhedrales y se encuentran en los intersticios y como granos.

La textura es porfirítica con fenos de PGLs, ANF, PXs con matriz microgranular de PGLs-Cz.

## **IV. 2.2.3 rocas metamórficas:**

Sólo se puede reconocer mármoles a partir de las calizas recristalizadas (ver plano No3 y foto No 3), en la aureola de contacto. En zonas más distales se observan calizas decoloradas.

Esporádicamente la caliza está brechada en el contacto con el intrusivo donde se observan abundantes y pequeños cristales de calcita con algunos cristales de cuarzo dispersos. Bajo el microscopio, el cuarzo suele presentarse en agregados de granos, dando la apariencia a veces de ser fragmentos de rocas silíceas; asimismo, existen venillas rellenas por, calcita II (segunda generación) y limonitas con cuarzo relleno cavidades, también diseminación de minerales opacos redondeados.

## **IV. 2.2.4 rocas metasomáticas (skarn):**

La utilización del término "Skarn" obedece a que cada vez su uso es más generalizado en la literatura especializada de yacimientos. Para evitar confusiones es conveniente aclarar que este término es el mismo que el usado por V.I. Smirnov y O.S. Korzhinshi y es equivalente a "roca de metamorfismo de contacto" (Hess y



FOTO No 3 CALIZA MARMOLIZADA CON VETILLAS DE GRANATES Y MAGNETITA

Larsen) rocas de contacto neumatólico (Scheiderhan) y "rocas pirometasomáticas" (Lindgren, Knopf).

Clasificación: Dos grupos mayores de Skarn han sido diferenciados.

Endoskarn, se produce en el borde del intrusivo y se caracteriza por presentar un grupo con ensamble granates-magnetita, la sericita y la epidota ocurren como producto de alteración de los feldespatos a consecuencia de la facie retrógrada. La mineralización aurífera es muy errática, los resultados de muestreo nos dan valores hasta 300 ppb.

El exoskarn es el resultado del metasomatismo de las calizas Ferrobamba, se distinguen los ensambles de: Tremolita-granates, tremolita-calcita y cuarzo asociado a brechas tectónicas. La zona de tremolita-granates está constituida por calizas recristalizadas. La zona de tremolita-calcita se caracteriza por presentar calizas que varían de frescas a ligeramente recristalizada, con cristales de talco y serpentina (observación de campo). La zona de cuarzo se restringe a lo largo del contacto con el intrusivo granodiorítico, estos cristales de cuarzo presentan coloración café claro por el contenido de magnetita. Los resultados de ensayo reportan valores desde 10 ppb hasta 300 ppb, y mineralización de cobre muy errática. Ver planos de distribución geoquímica.

### IV.2.3. ALTERACIONES

De la misma manera que los párrafos anteriores describiremos la alteración existente, como consecuencia de la acción de las soluciones mineralizantes, en los diferentes tipos de roca existentes en el prospecto (ver plano N° 4):

#### 1 - Alteración propilitica:

Con asociación mineralógica: calcita, cloritas, cuarzo, siderita magnetita, epidota, los cuales están circunscribiendo a zonas de alteración argílica en forma elongada (NE-SW) de 3.4 Km. de largo x 0,7 Km. de ancho, representando zonas distales y temperaturas más bajas, los minerales se presentan con ferromagnesianos alterados a cloritas, vetillas de calcita a veces alterando las plagioclasas, diseminación de magnetita reemplazando Augitas y hornblendas, vetillas de cuarzo-magnetita, epidota a partir de anfíboles, biotita, plagioclasas, la calcedonia parece ser supérgena, las limonitas a partir anfíboles, biotita, minerales opacos, por alteración supérgena se le considera como una alteración débil a moderada. Se observa principalmente en la granodiorita (ver plano N° 4).

#### 2 - Alteración Argílica:

Representada por arcillas tipo caolín y sericita (errática y esporádica) rellenando fracturas vetillas e intersticios (foto No 2), calcita muy subordinadamente, las cuales se encuentran en todo el prospecto rodeando a las rocas metasomáticas en un halo elongado, con dirección NE de 1000 m y ancho promedio de 500 m.

En la parte superior derecha del plano N o 4, ocurre en forma elongada de eje mayor este-oeste, rodeando pequeños afloramientos de caliza, con alargamiento de 600 m x 200 m de ancho. Las arcillas se forman a partir de feldespato, caolín de PGLs, calcita de feldespatos y anfíboles. Esta alteración la consideramos como débil a moderada, siendo un 40% alteración hipogena y 60% alteración supergena. Se observa principalmente en la granodiorita y el dique andesítico (ver plano No 4).

**3 - Alteración Sericítica:** Reconocida en la parte superior derecha de 50 x 20m (ver plano No 4) rodeada de una zona argílica y epidota como producto de la alteración retrógrada; y más exteriormente una zona de alteración propilitica, esta alteración se le reconoce por presentar sericita, muscovita, arcillas, cloritas. La sericita a partir de feldespatos y micas, arcillas de los plagioclasas. La consideramos como una alteración muy débil a débil. Se encuentra asociada a la ocurrencias del intrusivo granodiorítico

**4 - Silicificación:** Reconocida en todo el prospecto a manera de pequeños ocurrencias con un ensamble mineralógico principalmente de cuarzo-calcedonia. Esta sílice se encuentra rodeando granos de feldespatos, la calcedonia la consideramos como una alteración predominantemente supérgena desde débil a moderada se observa principalmente en la granodiorita y en menor proporción en la caliza (ver plano N° 4).

**5- Epidotización:** Aflorante en la parte superior derecha del plano N°5, en forma elongada con dirección NE-SW de 700 m. y un ancho promedio de 100 m. por estudios microscópicos se le accede su procedencia a partir de los anfíboles biotita y plagioclasa a manera de diseminados y vetillas acompañadas de cuarzo desde débil a moderada, en el campo se le observa rodeando minerales progradados.

**6-Uralitización:** Esta alteración se observa muy esporádicamente, a manera de pequeñísima ocurrencias, por parte de los diópsidos, la actinolita-tremolita, a veces talco a partir de los ferromagnesianos.

#### **IV.2.3.1.FACIES DE LA FORMACIÓN DE LAS ALTERACIONES EN UN SISTEMA TIPO SKARN.**

##### **1.-FACIE PROGRADA:**

Consiste en granates castaños o marrones(Espeartita,Grosularia), granates verdes (Uvarovita) y magnetita masiva en el contacto de las calizas con la granodiorita, aparentemente existe una comparación teorica definida por muchos autores y la observación de campo del prospecto( práctica).

## 2.-FACIE RETROGRADA:

Empieza con la recristalización de la magnetita, rodeada por la alteración de la epidota también en vetillas dentro de ella, la uralitización del diópsido, la actinolita tremolita a partir de los ferromagnesianos, consumada a veces a epidotización, el reemplazamiento de magnetita y granates por especularita juntamente con vetillas de cuarzo-magnetita con contenidos de oro son ocurrencias tardías en la formación de este sistema. Las cloritas subsecuentemente se superponen a magnetitas preexistentes.

La última fase retrógrada, consiste en argilización, sericitización acompañada de silicificación rodeadas casi concéntricamente por una propilitización generalizada, principalmente en el intrusivo granodiorítico, posiblemente la mineralización de Cu-Au en el prospecto se deba a esta facie.

## IV. 2.4. MINEROLOGIA:

### **Granates:**

Minerales ampliamente distribuidos en el skarn en formas euhedrales (dodecaédricas en su mayor parte) y anhedrales, el color de estas varían desde pardos, marrones (andradita) a incoloras o verdes (grosularia), asociado a piroxenos y anfíboles. En la parte NE del Prospecto se observa mayor proporción de andraditas con respecto a la grosularia, mientras que al NW se observa mayor proporción de grosularia sobre la andradita. En algunas zonas se observan bandeamiento de granates y magnetita, siendo los granates los que están en contacto directo con la caliza marmolizada. Dentro del fracturamiento o en impregnaciones, se ha observado trazas de Au y calcopirita con vetillas de cuarzo.

Las cavidades entre los granos de granates aumentan gradualmente hacia la caliza, mientras que el contenido de magnetita aumenta hacia el intrusivo. Es importante señalar que las vetillas de cuarzo cortan estos granates.

### **Magnetita:**

Mineral ampliamente distribuido en todas las rocas y muy asociada a illmenita, hematita, especularita y limonitas, a veces se observa ganga intersticial.

Es de color gris oscuro a negro, con fracturas y porosidades intercaladas con carbonato muy raramente con piroxenos-anfíboles, y bandas de magnetita masiva con granates (Foto No 3, 4 y 5).

Cuando se presenta masiva, forman cuerpos considerables constituyendo el skarn de magnetita. En los intersticios de este mineral se observa cuarzo, carbonatos (preferentemente calcita), talco, epidota, cloritas.



FOTO N° 4 Se observan rodados de skarn de magnetita con trincheras abiertas a pulso, desde contacto caliza intrusivo, estos rodados tienen aspecto brechoide (alteración retrógrada)





FOTO No 5 TEXTURA BANDEADA DE GRANATES Y MAGNETITA  
CON EPIDOTIZACION

En contacto con el dique de andesita, se observan ocurrencias de tremolita-actinolita, especularita, así mismo la magnetita está intercrecida con la illmenita. En las porosidades de la magnetita se observa pequeños cristales de oro el cual es confirmado por los análisis químicos y está íntimamente asociada con la hematita. A veces las bandas de magnetita con otros silicatos conservan rasgos de la estructura o microestructura original (pliegues, fallas).

### **Carbonatos:**

Estos carbonatos están ampliamente distribuidos en zonas de menor temperatura, donde predomina principalmente calcita anhedral sobre la siderita; estos ocurren rellenando intersticios, microfisuras, cavidades, venas con cuarzo, etc. Por alteración supérgena también se observa carbonatos de cobre rellenando fisuras (ver Foto N° 1 y 2)

Gran parte de los carbonatos son residuos de las rocas metamórficas, otras son de origen hidrotermal (vetas), y por último supergenos. Observaciones de campo y microscópicas corroboran esta afirmación.

### **Silice:**

Parte de la introducción de  $\text{SiO}_2$  en las rocas metasomáticas, se manifiesta con la formación de cuarzo en los intersticios y vetillas como resultado de las últimas fases del proceso hidrotermal, el reemplazamiento de la calcita fue progresivo testimoniado en las Bxas de caliza, otras veces también se encuentra enriqueciendo la matriz con una generación de cuarzo II.

Es muy frecuente el cuarzo asociado a sulfuros, pirita en vetillas que atraviesan los diferentes tipos de roca inclusive las calizas metamórficas, también ocurre relleno de cavidades entre los silicatos.

En el endoskarn e intrusivo, el cuarzo está relacionado con la pirita u óxidos de hierro, rellena vetillas que atraviesan todos los tipos de rocas, ígneas metamórficas y sedimentarias; que al ser muestreadas y analizadas generalmente por Au, reportan valores alentadores, sin embargo el estudio con difracción de rayos X se hace imprescindible para determinar exactamente su comportamiento y hábito del Au en este tipo de estructuras.

### **Anfiboles:**

La tremolita-actinolita ocurre asociada a biotita. En fisuras, vetillas dentro de zonas de skarn con piroxenos y granates. Observación esporádica en el prospecto.

### **Epidota:**

Se presenta a veces zonada maclada en formas anhedrales y masivas, acompañando a los skarn de granates, calcitas y magnetita, en casi todo el prospecto constituye un mineral abundante después del skarn de magnetita.

### **Clorita:**

Asociada principalmente al intrusivo y proceden exclusivamente de las micas, aparentemente esta ligadas al cuarzo III en intersticios.

### **Calcopirita CuFeS.**

Se encuentra distribuido en la parte suroeste del prospecto, su observación es muy limitada, su ocurrencia varía desde finamente diseminada hasta formar pequeños cuerpos masivos que ya están erosionados y alterados supérgenamente (Foto N° 1 y 2).

### **Pirita:FeS**

Es el mineral metálico con más amplia distribución en el prospecto, ocurre en forma diseminada en la roca granodiorítica (1%), más subordinadamente en la Andesita en mucho menor proporción que la magnetita.

#### **TEXTURAS:**

En general las rocas aquí agrupadas presentan textura granoblástica-xenoblástica. En algunos ocasiones es subidioblástica hasta idioblástica. Este último caso es frecuente con epidota, diópsido, granate, magnetita, tremolita-actinalita, talco. En el caso de silicatos de rocas ígneas, las formas y textura, son heredadas de las rocas originales. Se determinó 5 tipos de texturas:

- 1.-Reemplazamiento, se produce cuando un mineral esta reemplazando a otro, ejemplos son varios solamente daremos el más importante, pirita reemplazando magnetita, especularita reemplazando magnetita.
- 2.-Masiva, representada por la magnetita progrado, no se observa granos.
- 3.-Equigranular. Principalmente se encuentra en la roca granodiorítica, está formada por grano de plagioclasas-cuarzo.
- 4.-De relleno, se encuentra manifestada principalmente por el cuarzo que rellena fracturas y más subordinadamente por la calcita.
- 5.-Bandeada. Se observa en la fotografía No5, claramente hay un bandeamiento de magnetita con granates.

## **IV 2.4 SECUENCIA PARAGENETICA Y ZONACION:**

### **Secuencia paragenética:**

La secuencia relativa de la deposición mineral en este prospecto, por observaciones de campo y estudios microscópicos, se habría producido de la siguiente manera:

MAGNETITA			-----	
ILLMENITA			-----	
PIRITA			-----	
CALCOPIRITA			-----	
BORNITA			-----	
ESFALERITA			-----	
GALENA			-----	
ORO			-----	
ESPECULARITA			-----	-----
GOETTITA			-----	-----
OXS DE COBRE			-----	-----
LIMONITAS DE FIERRO			-----	-----
	MAGMATICO	METASOMATICO	METASOMATICO HIDROTHERMAL	SUPERGENO
	> TEMPERATURA			< TEMPERATURA

TABLA No 3

SECUENCIA PARAGENETICA DE MINERALES DEL PROSPECTO PITUMARCA

El primer evento de mineralización comprende la magnetita, ilmenita, dentro del proceso de "skarnización", el Primero en formarse y el más abundante de los minerales opacos, es la magnetita. A este mineral le sigue la formación de pirita y esporádicamente la calcopirita las que se emplazan principalmente en zona de fuerte fracturamiento, venillas e intersticios, las observaciones de campo indican su asociación con la bornita primaria, la secuencia sigue con la formación de cantidades muy pequeñas de esfalerita, galena. Finalmente se depositaron los minerales de menor temperatura, oro principalmente con hematita y especularita en menor proporción. Los últimos procesos supérgenos causaron la formación de crisocola, malaquita (ver foto No 1 y 2) y minerales oxidados de Fe, Gossan de hierro, gohetita y especularita.

Se hace un esquema representado la secuencia paragenética del prospecto en la fig N° 3.

### **Zoneamiento:**

El zoneamiento de facies de alteración, observado en el campo desde las calizas hacia el intrusivo ( foto No 6), se define de la siguiente manera:

silicificación muy débil en las calizas partes distales del contacto, seguida de recristalización y decoloración de la caliza, en contacto directo con el mármol (Metamorfismo), pasando inmediatamente a skarn de granates verdes y marrones, bandeamiento de magnetita masiva con granates, skarn de magnetita con vetillas e intersticios rellenas con epidota (metasomatismo), En la roca intrusiva, encontramos una débil argilización pasando a propilitización hasta que finalmente se hace más fresca.

El zoneamiento de mineralización determinado con los planos de distribución geoquímica (planos N° 5,6,7,8, 9, 10, 11):

En el SW encontramos una concentración mayoritaria de cobre (mayor temperatura), siguiendo al NE existe una franja muy errática con concentraciones de minerales Pb-Zn (parte central del prospecto), en el NE del prospecto existe una mayor concentración de oro (menor temperatura) asociada a la zona de mayor convección de fluidos hidrotermales.

## **IV.3.ASPECTOS GEOQUIMICOS:**

### **IV.3.1.PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA:**

Se tomaron 305 muestras en el área de estudio, de las cuales 55 muestras fueron en la caliza, 123 en las rocas metasomáticas y 127 en las rocas intrusivas. Para los cálculos estadísticos las muestras con valores altos de mineralización fueron descartadas, tal es así que para el Au se eliminó 7 muestras que representa el

2.3%, para la plata 3 muestras y representa el 1%, cobre 2 muestras 0.7%, Zinc 6 muestras 2%, Plomo 2 muestras 0.65%. Arsénico 4 muestras 1.3 %, Hierro 91 muestras 30%. Como consecuencia de la eliminación de estos valores definimos los siguientes parámetros estadísticos que nos permiten hacer los planos de distribución de cada elemento. Debo señalar que el BG es igual a la mediana y el threshold igual a la mediana más 3 veces la desviación standard (Tabla No 5).

ESTADIG RAFO	Au(ppb)	Ag(ppm)	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Pb(ppm)	As(ppm)	Fe(ppm)
MINIMO	5	0.5	0.001	9	9	15	0.38
MAXIMO	2058	31	3300	864	431	1173	64.85
MEDIANA	5	0.5	0.15	32	12	15	5.24
DS	79	0.51	62.00	30.34	26.5	32.37	3.48
M+DS	84	1.01	62.15	62.34	38.5	47.37	7.72
M+2DS	163	1.52	93.68	93.68	65	79.74	13.54
M+3DS	242	2.03	123.02	123.02	91.5	127.11	17.36

Tabla No 5 Resultados de calculos de rangos de anomalias geoquimicas.

Con los diagramas de frecuencia acumulada vs log normal del valor en ppb, ppm o %, según sea el caso, se halla los siguientes BG teóricos, lo cuál comparamos con las medianas halladas con cálculos estadísticos ( tabla No 6).

BG	Au(ppb)	Ag(ppm)	Cu(ppm)	Zn(ppm)	Pb(ppm)	As(ppm)
Gráfico	8	0.52	17	30	10.5	15
Estadístico	5	0.5	15	32	12	15
Thershold	84	1.01	62	62	38	47

Tabla No 6 Resultados de background gráfico, estadístico y thershold

#### IV.3.2. Diagramas de correlación:

De igual manera que en los casos anteriores, con el software statigraphics plus se hace una matriz con las leyes de los 7 elementos de las 305 muestras tomadas y se obtiene las siguientes asociaciones Valores obtenidos de la tabla N°5:

Correlación buena:

$$\text{Pb-Zn}=0.63$$

Correlación moderada:

$$\text{Ag-As}=0.36$$

Correlación mala:

$$\text{Au-Ag}=0.26$$

Correlación muy mala:

$$\text{Au-FE}=0.17$$

$$\text{AU-AS}=0.16$$

$$\text{Ag-Pb}=0.14$$

$$\text{As-Zn}=0.15.$$

También es resaltante, que la correlación del Au-Cu es igual a  $-0.0298$ . Lo que indica que el oro con el cobre no se presentan juntos, se comprueba con los planos de distribución geoquímica de estos dos elementos. (ver planos No 5 y 9 ).

#### **IV.4.3. ANOMALIAS GEOQUIMICAS:**

DISTRIBUCION GEOQUIMICA DEL ORO (Plano No 5):

Al Noreste del prospecto se distribuyen anomalías significativas de Oro (plano No 5), en un halo elongado Norte-sur de 400 m de longitud cortante al contacto intrusivo-caliza por 200 m de ancho, asociada principalmente al gossan Hematítico, seguida del skarn de granates y magnetita; y más subordinadamente en las Aureolas de la alteración actinolita-tremolita. Al Noroeste del mismo modo encontramos un halo de distribución Geoquímica de anomalías significativas con dimensiones de 500 m x 50 m, controlada por una falla NW-SE, asociada principalmente al Skarn de granates y magnetita, más subordinadamente a la granodiorita argilizada, en la caliza dolomitizada encontramos valores de anomalías bajas.

DISTRIBUCION GEOQUIMICA DE LA PLATA (Plano No 6):

Al Noreste del prospecto, en la parte superior (plano No. 6) encontramos un halo de anomalías significativas de forma elongada hacia el Oeste, con dimensiones de 1000 m y un ancho promedio de 30 m. En la parte central del plano en el lado oeste encontramos una zona anómala de forma elipsoide, con dirección del eje mayor N40E de 300 m de longitud; y el eje menor perpendicular de 60 m. Estas anomalías están asociadas principalmente al skarn de granates y magnetita. Al Noreste del mismo modo existe un halo anómalo, con dimensiones de 100x50mts.con asociación marcada en el skarn de magnetita y granates.

#### DISTRIBUCION GEOQUIMICA DEL PLOMO (Plano No 7):

Se encuentra distribuida irregularmente en el prospecto, en el suroeste un área que se encuentra abierto hacia el sur de dimensiones 150x50 m, en la parte central del plano N° 7 , una zona anómala elipsoidal de 120x70 m y en la parte superior hacia el sur que coincide con la zona anómala de plata en el plano N° 6 ,hay un afloramiento elongado hacia el oeste de 1000x100 m. abierto hacia el norte. Asociados principalmente a zonas de skarn de magnetita y granates, en menor grado a la argilización en la Granodiorita.

#### DISTRIBUCION GEOQUIMICA DEL ZINC (plano No 8):

Las anomalías principalmente esta concentrada en las periferias Noroeste y Suroeste del prospecto, asociados principalmente a zonas de skarn de granates y magnetita en un halo tipo media luna abierto hacia el Este con dimensiones de 600x200 m en el Noreste; y de 200 x 1000 m. En el Su oeste abierto al sur.

#### DISTRIBUCION GEOQUIMICA DEL COBRE (plano No 9):

Al sur oeste del prospecto encontramos un agrupamiento de anomalías significativas que quedan abiertas hacia el sur (Plano N°12), con dimensiones de 100 m por 30 m asociada principalmente a zonas de argilización de la granodiorita, en menor grado al fracturamiento e intersticios del skarn de granates y magnetita. Al Sur Oeste parte central se delimita, un halo elongado de dirección SW-NW de 100x100 m. Asociada a zonas de argilización de la granodiorita, seguida al skarn de granates y magnetita, en menor proporción a la brecha de caliza con óxidos de Fe, controlada por la falla de contacto y otra de dirección SE-NW.

#### DISTRIBUCION GEOQUIMICA DEL FIERRO (plano No 10) :

Se encuentra distribuida irregularmente en todo el prospecto en un halo elipsoide de 2 km de eje mayor por 0.6 km de ancho. asociada a skarn de magnetita, zonas de epidota, argilización de la granodiorita y muy esporádicamente a las calizas.

#### DISTRIBUCION GEOQUIMICA DEL ARSENICO (Plano No 11):

Se encuentra distribuida con mayor densidad al Noreste del prospecto coincidentemente con el Oro de dimensiones 200x80 m y otro más al sur de 150x100mts, estas anomalías están asociadas principalmente al skarn de granates y magnetita en fracturas e intersticios en forma de limonitas, zonas de epidota; y en menor proporción a zonas de argilización en la granodiorita, en casos excepcionales a la marmolización.



## IV.4. ASPECTOS GEOFISICOS:

### IV.4.1 PROSPECCIÓN GEOFÍSICA:

Intensidad magnética de campo total:

Consideramos Intensidades magnéticas anómalas desde 25804.5 hasta 25486.3 manoteslas.

Se debe tener en cuenta, que las intensidades magnéticas esta invertida con respecto al contenido de magnetita, debido a la posición geográfica de Pitumarca, que se encuentra cerca al Ecuador Magnético (J. Arce 1995). Por lo tanto los valores altos de magnetometría equivalen a contenidos menores de magnetita.

Plano de polarización Inducida:

Para la información contenida en este plano, se ha considerado como valores anómalos desde 0.73 a 10.16 MV/V, controlados en un lapso de 20 a 40 segundos, este plano, es de mayor utilidad para estimar las posibilidades prospectivas del área de estudio solamente desde su aspecto geofísico, sin embargo es menester aclarar que la interpretación siempre este sujeta a errores causados por la imposibilidad de aceptar un cuadro morfológico simple del subsuelo condición no natural en el campo, por ello los Geólogos que utilizamos estos datos, debemos tener cuidado en el tratamiento de las profundidades, que cuando se analizan las cargabilidades. Debemos tener en cuenta que altas cargabilidades son típicas de la presencia de sulfuros con lustre metálico y, también de otros minerales indeseables como el grafito.

Sin embargo, una anomalía de PI es normalmente importante porque muy probablemente, evidencia el resultado de un proceso de mineralización. Es cuestión de una adecuada interpretación geológica el establecer la relación entre esta mineralización indefinida y aquella de minerales económicamente interesantes. Como la existencia de sulfuros metálicos estaría siendo interpretada a partir de valores anómalos de cargabilidad, las áreas que muestran tales valores altos son definitivamente, las de mayor interés prospectivo. Si las cargabilidades altas coincidieran con resistividades bajas, podría interpretarse como mineralización en cuerpos masivos o en rocas muy alteradas. Si, por el contrario la coincidencia fuera con resistividades altas, la deducción seria que la mineralización esta diseminada, en rocas silicificadas o sin alterar. Con los mapas geofísicos se llega a establecer el cuadro general de distribución de la mineralización, con lo que se hace factible una mejor interpretación geológica del posible yacimiento.

Plano de resistividad real:

Se sabe que la resistividad eléctrica de los cuerpos, es dependiente de varios factores geológicos, principalmente humedad a parte del contenido mineral, por eso es recomendable analizar en conjunto anomalías de cargabilidad con la resistividad,

ya que los lugares con características prospectivas. En muchos yacimientos de estructura compleja las resistividades no proporcionan información útil, habiéndose encontrado mineralización económica en condiciones de alta y baja resistividad. En este plano consideramos valores anómalos desde 25.00 hasta 64015.30 Ohm metros.

#### **IV.4.2.ANOMALIAS GEOFÍSICAS:**

Al Noreste del prospecto encontramos un área de coincidencia concéntrica de anomalías altas de PI, con altas resistividades y una más central entre altas de PI con bajas resistividades de 500 m de diámetro aproximadamente. En la parte central encontramos una zona casi circular de alta resistividad, sin embargo más al Nor oeste existe una zona donde coinciden valores altos de PI con resistividades altas de 200x100 m. Al sur oeste del prospecto también existe una zona de coincidencia de PI alto, con resistividades bajas y magnetometría con valores altos. La distribución de magnetometría con valores altos, es irregular en todo el prospecto (ver plano No 12).

#### **IV.5. INTERPRETACION DE RESULTADOS.**

Para la interpretación de los resultados que a continuación detallaremos, se ha superpuesto los diferentes planos que se ha hecho en el presente estudio.

En la parte Noreste, encontramos un blanco concéntrico de una posible zona con mineralización aurífera (zona B Plano No 13), asociada principalmente al Gossan Hematítico, consecuencia de la alteración del skarn de magnetita a manera de cuerpos tabulares, que descansan a manera de techos colgados "roof pendants" en la granodiorita argilizada en la parte central del prospecto haciéndose propilitica en las periferias del mismo, posiblemente a profundidad la alteración se haga más definida, haciéndose mas propicia para albergar mineralización de cobre, ya sea tipo Stock work o en forma diseminada asociados al endoskarn. En las aureolas mas externas la roca se hace más compacta disminuyendo la alteración desde la propilitización hasta hacerse completamente fresca.

Las anomalías geofísicas también están centradas en las zonas de mayor alteración (plano N° 12). Tal es así que en la parte central del prospecto (ver planos 3, 4 y 12), solo interesa la zona ubicada al Noroeste, ya que coinciden anomalías altas de PI con resistividades altas, por lo que cabe la posibilidad de encontrar roca no muy alterada con mineralización diseminada posiblemente de sulfuros.

En el Suroeste del Prospecto, la interpretación en conjunto de anomalías geofísicas, geoquímicas y alteración, coinciden valores altos de PI con resistividad baja, anomalías significativas de cobre, alteración argílica de la granodiorita. Por lo tanto podríamos interpretar como una posible zona de stock work, con mineralización de cobre asociada a zonas de mayor alteración, indicando zonas de mayor temperatura.

Al Noreste del Prospecto, la interpretación en conjunto de anomalías geofísicas, geoquímicas y de alteraciones, se interceptan valores altos de PI con bajos de Resistividad, también con anomalías significativas de oro (ver plano No 5), nos permiten interpretar como zonas favorables de mineralización en zonas de mayor alteración, con xenolitos de calizas con magnetita, digeridos por el sistema (corroborada por los valores de resistividad Plano No 12, y la no presencia de caliza en superficie), asociada a zonas de menor temperatura.

#### **IV.6. INTERPRETACIÓN GENÉTICA PRELIMINAR DEL PROSPECTO.**

A nivel regional el prospecto Pitumarca se localiza en la provincia de yacimientos ferríferos tipo skarn (planos No 2 y 15) al sureste del Perú

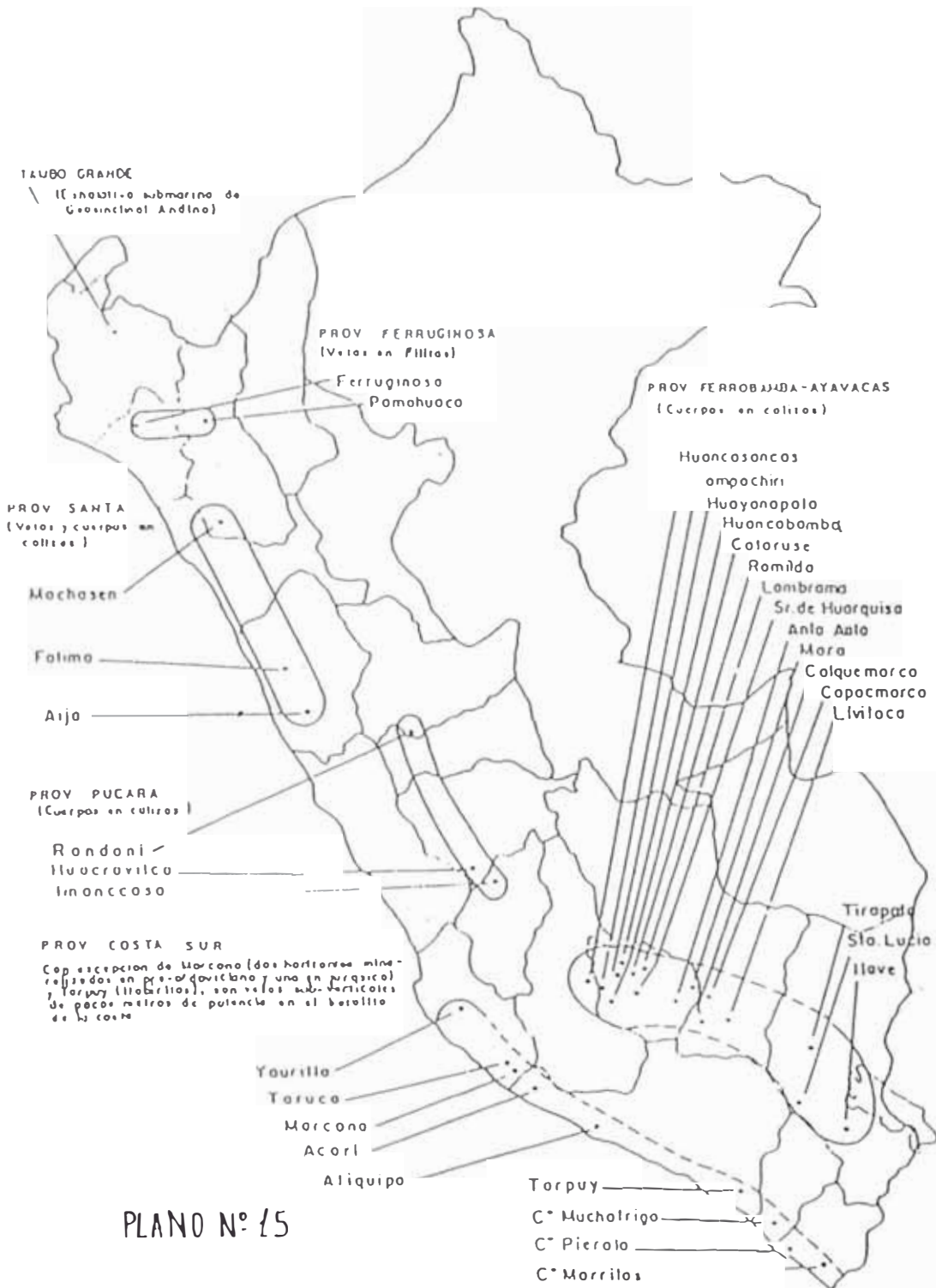
Las características minerográficas, petrográficas y geoquímicas permiten señalar que el prospecto de Pitumarca corresponde a un depósito metasomático de contacto tipo skarn de magnetita con granates, alojado en el contacto del intrusivo granodiorítico del Batolito de Abancay- Apurímac (Cretáceo superior- Terciario inferior planos No 2 y 15), con las calizas de la Formación Ferrobamba (Cretáceo medio-superior). La mineralización presenta una zonación de SW a NE, con cobre de mayor temperatura en el SW, seguida de una mineralización Pb-Zn en la parte central, para finalmente encontrar mineralización aurífera al NE, asociada al skarn de magnetita, principalmente en el gossan Hematítico y algunas vetillas de cuarzo lechoso, (correspondiente a zonas de baja temperatura).

El control estructural más notable de la mineralización es el contacto del intrusivo con las calizas en dirección SW-NE, el que sirvió como conducto por donde migraron soluciones hidrotermales permitiendo la depositación de mineralización en zonas más favorables.

De acuerdo a todos los estudios realizados, se puede determinar tres eventos de mineralización, el primero representada principalmente por la mineralización de magnetita masiva con granates, un segundo evento mineralización de cobre con oro, asociado posiblemente a un sistema tipo pórfido Cu-Au en profundidad; y en los eventos finales de este sistema de mineralización, se emplazaron vetas de cuarzo con mineralización aurífera de mayor concentración (ver esquema adjunto, planos No 13 y 14).

Posteriormente la alteración supérgena formo una zona de enriquecimiento que hoy en día se encuentra en niveles muy altos de erosión (confirmado por los lavaderos de oro existentes en las faldas de estos cerros), por lo cual el potencial es muy reducido. Sin embargo este prospecto como potencial geológico con mineralización de cobre, es atractivo ya que la geofísica, nos permite ubicar zonas anómalas de carácter prospectivo, el que se interpreta como posibles zonas de diseminación o de stock work en profundidad sin dejar de lado que podría existir xenolitos de skarn de magnetita con granates digeridos por el sistema, pero que no variarían mayormente el potencial, dado que en superficie no se observan cuerpos

# JACIMIENTOS DE HIERRO EN EL PERU (según DUNIN).



PLANO N° 15

grandes ni calizas potentes que indiquen cuerpos ocultos de grandes dimensiones, quedando a la expectativa un programa de perforación para comprobar el presente modelo preliminar propuesto.

# CAPITULO

## V

POSIBILIDADES GEOECONOMICAS DEL  
PROSPECTO:

La información del mapeo geológico, los resultados del muestreo interpretados estadísticamente, nos han permitido clasificar dos áreas bien definidas. Un área ubicada al Suroeste (zona "A" planos No 4,13 y 14), que forma una aureola elíptica de 300 x 450 m, con posible mineralización de cobre, a manera de un stock work no muy bien definido, con leyes aisladas y erráticas hasta de 2 %.

Otra área ubicada al noreste del prospecto con valores anómalos de Au (Area "B" Planos No 4, 13 y 14) asociados a zonas de gossan Hematítico, algunas vetillas de cuarzo aurífero de poca densidad, asociado a una zona de enriquecimiento en Au, que fué erosionada. Esta interpretación esta apoyada por la existencia de cuerpos de magnetita como techos colgados en la granodiorita y presencia de oro grueso, que alcanza valores de hasta 2.5 gramos.

### Para zona "A" Cobre:

ZONA	LARGO M	ANCHO M	PROFUNDIDAD m	P.E	TM	LEY PROMEDIO
A	400	100	100	3.5	14 000 000	0.6%
A-1	200	100	100	3.5	7 000 000	0.4%
			total		21 000 000	0.53%

Tabla No 9 Calculo de potencial de mineralización de cobre

### Para zona "B" Oro:

ZONA	LARGO m	ANCHO m	PROFUNDIDAD M	P.E	TM	LEY PROMEDIO
B	400	200	70	3.5	1 960 000	500 ppb
B-1	200	200	70	3.5	980 000	482 ppb
			Total		2 940 000	494 ppb

Tabla No 10 Calculo de potencial de mineralización de oro

Sin embargo queda por investigar la fase retrógrada asociada al endoskarn, que nos permitiría aumentar este potencial.

# CAPITULO

## VI



## CONCLUSIONES:

Es un yacimiento tipo skarn de magnetita con contenidos de oro como subproducto, formado en el contacto de las calizas Ferrobamba y el intrusivo granodiorítico del Batolito de Abancay- Apurímac.

El área mineralizada está restringida al contacto de intrusivo granodiorítico con la caliza, precisamente donde se desarrolló el skarn de granates y magnetita, cuya alteración está en un área de 2.0 km en dirección NE-SW y 0.6 Km. en dirección NW-SE.

Las calizas están a manera de "roof pendants" con evidente formación de aureolas con skarn de granates, magnetita, y minerales de epidota, gohetita, gossan hematítico, carbonatos y silicatos de cobre. Indicando que el prospecto ha sido intensamente erosionado.

La mineralización de Au es errática y está asociada principalmente al gossan de hierro y a la fase retrógrada en el endoskarn (minerales característicos como la epidota, actinolita-tremolita, calcita, talco). También se encuentra asociado a últimos estadios de la formación de este sistema, representada por las vetillas de cuarzo lechoso con mineralización aurífera de mayor concentración.

Los resultados de ensayos sugieren que la mineralización de oro es errática en el skarn de granates y cuerpos de magnetita. Esto indica que existió una zona de enriquecimiento supergénico de Au que ha sido erosionado.

La mineralización de cobre se ha formado a mayor temperatura con respecto al oro, en los planos de distribución geoquímica están completamente separados con un inter de anomalías de minerales básicos en la parte central del prospecto, controlada por una falla SE-NW, por lo que se concluye que el cobre se formó en la facie retrógrada de este sistema de mineralización, asociada posiblemente a un sistema tipo pórfido?.

La asociación del Au con el As y minerales hidratados de epidota, actinolita-tremolita nos inducen a pensar en un ambiente de baja temperatura, asociada a la facie retrógrada.

Se pueden distinguir dos zonas anómalas bien definidas una de oro, ubicada en el NE del prospecto; y otra asociada a anomalías de cobre en el SW. De los que se obtiene un potencial para el oro de 2 940 000 TM con una ley ponderada de 494 ppb y de 21 000 000 de TM de cobre con 0.53% de ley ponderada.

El zoneamiento aparentemente está distribuido de SW hacia NE. En el Suroeste con mineralización de cobre (mayor temperatura), seguida de una zona con mayor concentración de minerales de Zn-Pb en la parte central y mineralización con contenidos de oro hacia el NE.

Presenta un control estructural bien definido, con dirección SW-NE.

La forma tabular de los cuerpos de magnetita aparentemente, provienen del reemplazamiento de los horizontes de las calizas.

Existe un zoneamiento en el contacto caliza intrusivo, desde una zona de débil silicificación en la caliza, pasando por la marmolización, seguida del skarn de granates, magnetita masiva, bandeamiento de granates y magnetita y finalmente intrusivo propilitizado.

Las intersecciones de PI alto con resistividad baja, indican zonas de posible mineralización y/o zonas de fuerte alteración en profundidad, mientras que las zonas de alta magnetometría indican zonas con escasa magnetita. Sin embargo los valores altos de PI con valores altos de resistividad pueden indicar zonas de disseminación de pirita.

Las alteraciones de argilización y sericitización son eventos finales de la formación de este sistema de mineralización, asociado a la facie retrógrada.

El prospecto puede ser prospectivo por mineralización de cobre en zonas de stock work o disseminado a profundidad. Con respecto al oro solamente serviría para trabajos a pequeña escala debido a que su potencial es muy reducido, por encontrarse el skarn de magnetita fuertemente erosionado. Sin embargo buscando prospectos semejantes en las cercanías, podríamos pensar en hacer trabajos de mayor escala caso prospecto Coriminas.

La correlación Au/Cu es negativa, por lo tanto no son afines mineralógicamente, mientras que el Au-As se correlacionan entre sí.

## RECOMENDACIONES:

Se debe realizar muestreos sistemáticos en las zonas A y B; con una malla de 50 m, para contornear curvas de isovalores, y determinar zonas con mayores anomalía. Posteriormente programar con estos datos perforación.

Mapeo a detalle de las zonas A Y B, a escala 1/1000. Teniendo en cuenta las zonas de mayor fracturamiento, vetillas de cuarzo y las alteraciones para definir zonas con mayores posibilidades económicas.

Debido a que gran parte de las ocurrencias de skarn de magnetita en la Formación Ferrobamba esta erosionada en un 70%, se debe realizar trabajos de prospección para determinar zonas con facies retrógradas en los intrusivos, ya que estos pueden contener zonas con mineralización económica de Cu-Au.

Se recomienda realizar análisis multielemental tanto del endoskarn como del exoskarn, para determinar con mayor exactitud el posible origen de las rocas formadoras de este tipo de yacimiento de hierro y su zonación.

Se recomienda realizar el estudio microscópico de mayor número de muestras (secciones delgadas y pulidas).

Una vez realizado los trabajos adicionales de muestreo en malla cada 25 m y mapeo a escala 1/ 1000 en las zonas A y B, se identificarían mejor los targets; y con estos resultados se podría programar una primera etapa de perforación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

ALBAN AVILA,CARLOS(1971); Reconocimiento geológico de las Calizas Ayabacas. Tesis San Marcos 1965

ALBAN AVILA,CARLOS (1971); Interpretación de la Génesis del yacimiento mineral de Cerro de Pasco por Cocientes Metálicos. Tesis de San Marcos.

BAYONA (1991); Evaluación geológica y proyecto de desarrollo de yacimientos de fierro en Andahuaylas-Apurimac, Tesis UNI.

Boletin de la Sociedad Geológica del Perú. Geología del yacimiento de cobre en Skarn en la Región Sur Oriental del Perú. Pag 129-152.

BURT, D. PETERSEN, ULRICH. Bol. Soc. Geol. del Perú. T XLIV- Junio 1974, p.42 – 79.Characterísticas generales de yacimientos en skarn.

CARLOS MIRANDA, MIGUEL CARDOZO, (1976); XIII Convención de ingenieros de minas, Arequipa, 8-12,set.petrología de Tintaya.

CRUZAT ALFREDO(1978), Prospección Geoquímica Aplicada a Yacimientos de oro. Rosal 354, Departamento c. Santiago, Chile.

COSSIO DE LA VEGA,MANUEL (1975); Tesis para obtener el grado de ingeniero geólogo, "Skarn de Perú Ancash" Universidad Nacional de San Marcos.

ESTANISLAO DUNIN-BORKOWSKI (1992), Los yacimientos de óxidos de hierro en los departamentos de Cuzco y Apurimac. IV congreso nacional de geología en el Perú.

MANRIQUE ZUÑIGA, ESTEBAN (1992); Estudio Geológico del cuadrángulo de Livitaca (Región Inca).Tesis UNI.

L.D. MEINERT Igneous petrogenesis and Skarn Deposits. Department of Geology, Washington state university, Pullman, Washington 99164-2812 U.S.A. 40 P. 569-583.

MIRANDA AROSEMENA, CARLOS MARTIN (1997); Estudio preliminar del metamorfismo y metasomatismo de rocas mesozoicas, producidas por plutones sincrónicos del Perú.

ROJAS CABALLERO, DAVID (1996); Mineralización polimetálica en skarn del yacimiento san Marino, Viso Aruri-Lima. Tesis UNI

GOMEZ FREGOSO, MANUEL, (1979); Exploración Geoquímica Aplicada a la Minería. Mexico.x,

PECHO GUTIERRES V. (1981), Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomas, Boletín No 35 de INGEMMET.

G.E.RAY. The Characteristics of Gold Skarns,B.C. Geological survey.

SALVADOR MENDIVIL Y DAVID DÁVILA (1994), Geología de los Cuadrángulos de Cuzco y Livitaca. Boletín N°52 de INGEMMET.

SALVADOR MENDIVIL Y DAVID DÁVILA (1994). Geología de los Cuadrángulos de Andahuaylas. Boletín N°52 de INGEMMET.

SAMAME BOGGIO, MARIO (1980); El Perú minero, tomo IV, volumen 1. Pag 264-284, Skarn del Perú.