

REPUBLICA DEL PERU

SECTOR ENERGIA Y MINAS

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO

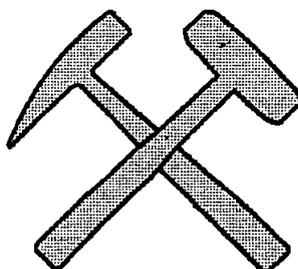
DIRECCION DE PROSPECCION MINERA

PROYECTO INGEMMET - JICA

**INFORME SOBRE LA EXPLORACION MINERA EN
LA PARTE SURORIENTAL DEL PERU**

(Departamentos de Cusco y Madre de Dios)
1997

POR: MARCO A. LARA M.
JORGE CHIRA F.
WASHINGTON LARICO C.



LIMA-PERU

FEBRERO 1997

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO
I N G E M M E T

DIRECCION GENERAL DE GEOLOGIA
DIRECCION DE PROSPECCION MINERA
Proyecto INGEMMET - JICA

INFORME SOBRE LA EXPLORACION MINERA EN
LA PARTE SURORIENTAL DEL PERU
(Departamentos de Cusco y Madre de Dios)
1997

Por :

M. A. Lara M.
J. Chira F.
W. Larico C.

Febrero - 1997
Lima - Perú

INDICE

		<u>Pag.</u>
	RESUMEN	01
1.0	INTRODUCCION	
1.1	Antecedentes	04
1.2	Objetivos	04
2.0	EL AREA DE ESTUDIO	04
2.1	Ubicación y Acceso	04
2.2	Clima y Vegetación	05
2.3	Aspectos Mineros	05
3.0	MARCO GEOLOGICO REGIONAL DEL AREA	07
4.0	METODOLOGIA DE TRABAJO	09
4.1	Análisis e Interpretación de Imágenes de Satélite	10
4.1.1	Interpretación Fotogeológica	10
4.1.2	Análisis Espectral de Imágenes	13
4.2	Búsqueda y Evaluación de Información Minera Precedente	14
4.3	Geoquímica Regional	21
5.0	INVESTIGACIONES DE CAMPO (2da. Fase del Proyecto)	24
5.1	Sector Paucartambo	26
5.1.1	Información General	26
5.1.2	Geología	26
5.1.3	Geoquímica	30
5.1.4	Investigaciones Geológico - Mineras	31

5.1.5	Resultados	34
5.2	Sector Calca Norte	36
5.2.1	Ubicación y Acceso	36
5.2.2	Geología	36
5.2.3	Geoquímica	37
5.2.4	Investigaciones Geológico - Mineras	38
5.2.5	Resultados	41
5.3	Sector Urubamba Norte	42
5.3.1	Ubicación y Acceso	42
5.3.2	Geología	42
5.3.3	Geoquímica	43
5.3.4	Investigaciones Geológico - Mineras	44
5.3.5	Resultados	44
5.4	Sector Urubamba Oeste	46
5.4.1	Ubicación y Acceso	46
5.4.2	Geología	47
5.4.3	Geoquímica	48
5.4.4	Investigaciones Geológico - Mineras	49
5.4.5	Resultados	51
5.5	Sector Anta Oeste	52
5.5.1	Ubicación y Acceso	52
5.5.2	Geología	52
5.5.3	Geoquímica	53
5.5.4	Investigaciones Geológico - Mineras	54
5.5.5	Resultados	56
5.6	Sector Puerto Maldonado	57
5.6.1	Geología	57
5.6.2	Investigaciones Geológico - Mineras	57
5.6.3	Resultados	58
6.0	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58

BIBLIOGRAFIA

<u>Relación de Figuras, Cuadros y Tablas</u>	<u>Pag.</u>
Fig. 1: Mapa de ubicación del área de estudio	06
Fig. 2: Columna estratigráfica regional	08
Fig. 3: Cuadrángulos incluidos en el área de estudio	12
Fig. 4: Mapa de interpretación de unidades geológicas y zonas de alteración (cuadrángulo 27 - r)	17
Fig. 5: Mapa de interpretación de unidades geológicas y zonas de alteración (cuadrángulo 27 - s)	18
Fig. 6: Sectores de interés en los cuadrángulos de Calca y Urubamba	27
Fig. 7: Sector de interés en Puerto Maldonado	28
Fig. 8: Mapa geológico - minero del sector de Paucartambo, 1:100,000	33
Fig. 9: Mapa geológico - minero del sector Calca Norte, 1:100,000	39
Fig. 10: Mapa geológico - minero del sector Urubamba Norte, 1:100,000	45
Fig. 11: Mapa geológico - minero del sector Urubamba Oeste, 1:100,000	50
Fig. 12: Mapa geológico - minero del sector Anta Oeste, 1:100,000	55
Cuadro 1: Datos empleados en las Imágenes de Satélite	11
Tabla 1: Parametros Estadísticos/Geoquímicos para los Cuadrángulos de Calca y Urubamba	23

RESUMEN

En el marco del Convenio de Cooperación Técnica Internacional entre los Gobiernos del Perú y Japón, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) y la Agencia de Cooperación Técnica de Japón (JICA), ejecutaron el Proyecto "Exploración de Minerales en la Parte Suroriental del Perú", con el objetivo de ubicar zonas mineralizadas económicamente rentables, de oro y polimetálicos.

El área de estudio, se ubica en los departamentos de Cusco y Madre de Dios, tiene una extensión de 120,000 km², y comprende 43 cuadrángulos de la Carta Nacional, a escala 1:100,000.

La geología regional presenta un basamento de rocas metamórficas de origen sedimentario del período Cámbrico, suprayacen a éstas, rocas principalmente sedimentarias y en menor escala manifestaciones volcánicas, de formaciones Paleozoicas, Mesozoicas y Cenozoicas. Rocas magmáticas del Paleozoico y Terciario, afectan en parte a dichas formaciones, ocasionando efectos metamórficos de grado bajo, y zonas de Skarn.

En el área existen indicios de mineralizaciones de cobre, plomo, zinc, oro y plata, y de metales raros tales como estaño, Tungsteno, níquel y cobalto; y en la llanura de Madre de Dios se encuentran placeres auríferos.

La ejecución del proyecto se llevó a cabo en dos fases, la **Primera Fase**, involucra el tratamiento de imágenes de los satélites JERS-1/SAR (delimitar unidades geológicas y lineamientos estructurales regionales) y LANDSAT/TM (extracción de anomalías espectrales, posiblemente asociadas a procesos hidrotermales); asimismo, al análisis y evaluación de la información minera existente del área. La **Segunda Fase**, fue orientada a la realización de trabajos de campo, con el fin de verificar aspectos geo - mineros de interés detectados en la primera fase. Por otro lado se investigó el comportamiento geoquímico de sedimentos de quebrada correspondientes a los cuadrángulos de Calca y Urubamba, en los elementos: Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, Mo, Sb y As.

Los resultados de la evaluación de datos mineros e imágenes de satélite, determinaron en el área de interés, seis sectores con posibilidades de ubicar mineralizaciones rentables: Paucartambo, Calca Norte, Urubamba Norte, Urubamba Oeste, Anta Oeste y Puerto Maldonado.

El Sector de **Paucartambo**, se ubica al SE del cuadrángulo de Calca, presenta formaciones sedimentarias del Paleozóico Inferior hasta el Terciario Inferior, no se observan rocas magmáticas de gran extensión. Lineamientos estructurales relevantes se ubican en una franja de mayor afectación tectónica, con dirección NO - SE, donde se sitúan cinco anomalías espectrales, en las cuales se observa en ocasiones alteración hidrotermal silico - argílica con contenidos de limonitas (ocasionalmente minerales de cobre), asociada principalmente, a zonas de cizalla y esquistocidad, vetas de cuarzo y a diques de composición intermedia. También existe mineralización económicamente marginal de Cu, Pb y Zn (minas Elsa y Checcarero). Geoquímicamente, no se han encontrado leyes anómalas interesantes.

El sector de **Calca Norte** se ubica al NO del cuadrángulo de Calca, se sitúa en formaciones del Ordovícico medio hasta el Terciario Superior. Procesos tectónico - estructurales (plegamientos, esquistocidad, filitización y fallas inversas), afectan a las rocas del sector en una franja con dirección NO - SE, aquí se alinean cuatro anomalías espectrales, donde se observan vetas de cuarzo con limonitas, diques andesíticos con "trazas" de sulfuros de Fe y Cu, que podrían condicionar la presencia de mineralización económica. Por otro lado, en rocas del grupo Mitu se han encontrado disseminaciones de Cu en pórfidos andesíticos alterados (mina Azul), los análisis de una muestra tomada en esta mina reportan 4.9% de Cobre. Los resultados geoquímicos en sedimentos, no presentan valores anómalos.

El sector **Urubamba Norte** se encuentra en el extremo NE del cuadrángulo de Urubamba, se ubica mayormente en rocas sedimentarias metamórficas de la formación San José. El sector está afectado por procesos tectónicos, uno con dirección NO - SE, en la cual se ha depositado mineralización en vetas de Pb, Ag, Zn y Cu asociada a diques intermedios y/o a brechas hidrotermales; y la otra dirección es generalmente NE - SO variando hasta E - O, en la cual se han formado vetas de cuarzo y brechas tabulares con un contenido espectante de óxidos de fierro (gossan). En el SO existen zonas de sinter (niveles de sistemas hidrotermales). Con la geoquímica de sedimentos se detectaron valores anómalos en los elementos Pb, Cu y As, no se han detectado anomalías de oro.

El sector **Urubamba Oeste**, se ubica en la parte central del cuadrángulo de Urubamba. Expone rocas del Cámbrico hasta el Cuaternario y granitos que intruyen parte de esta secuencia. Está afectada por tectonismo regional con dirección ONO - ESE, que controla mineralización polimetálica en vetas; localmente hay direcciones NO - SE y NE - SO, con presencia de vetas de cuarzo, diques andesíticos y/o félsicos, y zonas de "gossan"; estas estructuras están acompañadas por limonitas y ocasionalmente pirita. En el sector se investigaron tres anomalías espectrales, se trata de zonas intemperizadas y no han sido mayormente afectadas hidrotermal ni tectónicamente. Los sedimentos de

la mina Escarabajo son anómalos en Pb, Cu, y Ag. y los relacionados con las zonas de anomalía espectral no muestran manifestaciones geoquímicas interesantes.

El sector **Anta Oeste** se encuentra en la parte suroccidental del cuadrángulo de Urubamba, se ubica en rocas del Cretáceo Inferior hasta el Cuaternario, y plutones del Terciario. Regionalmente, existen lineamientos estructurales con dirección NE - SO, donde se encuentran estructuras brechadas con limonitas, relacionadas a zonas de cizalla; localmente se observan estructuras menores (diques y vetas de cuarzo con óxidos de fierro) con rumbos que varían de NO - SE hasta E - O. Las "anomalías espectrales" no muestran aspectos geo - mineros de interés, estas son resultado de efectos intempéricos. En el lado Sur, hay mineralización de cobre (hasta 1.4%) asociada a diques andesíticos y vetas de cuarzo; y skarn de magnetita por metasomatismo de contacto. En el sector no se ha detectado ningún tipo de anomalía geoquímica en sedimentos.

El sector **Puerto Maldonado**, se ubica en las inmediaciones de la ciudad de Puerto Maldonado, expone, exclusivamente sedimentos cuaternarios. Se investigaron los sedimentos detríticos "auríferos" de los ríos Tambopata y Madre de Dios. En el río Tambopata existe mineralización de oro y minerales pesados en conglomerados ferruginosos extensos, no se observan labores de explotación. En sedimentos del río Madre de Dios hay contenidos de oro hasta de 1 g/m^3 , son explotados artesanalmente en los lechos y en la márgenes del río; También existen paleocauces que se ubican generalmente a poca distancia de las riberas y tienen dimensiones que sobrepasa los 100 m de ancho y llegan hasta 1000 m de largo, las leyes de Au llegan hasta 1.3 g/m^3 .

1.0 INTRODUCCION

1.1 *Antecedentes*

En respuesta al requerimiento del Gobierno del Perú, de realizar investigaciones sobre evaluación de recursos mineros y control geológico regional en un área de la parte suroriental del Perú, ubicada mayormente en la jurisdicción de los departamentos de Cusco y Madre de Dios, el Gobierno del Japón, en el marco de la solicitud de Convenio de Cooperación Técnica Internacional presentada por INGEMMET, acepta llevar a cabo un Proyecto conjunto de Exploración Minera en el área referida.

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), la Agencia de Cooperación Técnica del Japón (JICA), responsable de la implementación de programas de cooperación técnica del Japón, y la Agencia de Minería Metálica del Japón (MMAJ), organismo gubernamental para la ejecución de cooperación técnica en programas de exploración minera, firman el 14 de Diciembre de 1995 un acuerdo para llevar a cabo conjuntamente el Proyecto "**Exploración de Minerales en la Parte Suroriental del Perú**".

1.2 *Objetivo*

El objetivo del Proyecto en mención, es ubicar en el área de estudio, zonas con alta posibilidad de encontrar depósitos minerales de oro y polimetálicos (Zn, Pb, Cu, y Ag) rentables, mediante el análisis y la evaluación de datos mineros que existen del área, y la interpretación de imágenes de satélite del tipo JERS-1 (Radar Lateral) y del satélite LANDSAT-TM, y posteriormente la realización de trabajos confirmatorios en el campo.

2.0 EL AREA DE ESTUDIO

2.1 *Ubicación y Acceso*

El área de estudio, se ubica en los departamentos de Cusco y Madre de Dios, tiene una extensión de 120,000 km², y comprende 43 cuadrángulos de la Carta Nacional, a escala 1:100,000. Está limitada por las siguientes coordenadas geográficas: Fig. 1.

73 30' - 68 40' Longitud Oeste

13 30' - 11 00' Latitud Sur

El límite Oeste del área, comienza en las montañas del extremo oriental de los Andes, llamada Cordillera Oriental, y se extiende hacia el Este, hasta las partes bajas del extremo superior de la Cuenca Amazónica (Llanura de Madre de Dios). Aquí se localizan los departamentos del Cuzco y Madre de Dios.

El traslado desde la ciudad de Lima hasta el Cusco o Puerto Maldonado (regiones de estudio) se realiza mediante vuelos aéreos periódicos establecidos. Para el traslado entre Lima y Cusco se requiere de aproximadamente 1 hora, mientras que entre Cusco y Puerto Maldonado es de aproximadamente 30 minutos.

Para el traslado dentro de la región de estudio pueden ser empleados vehículos terrestres de doble tracción en las zonas de cordillera, en general aquí la accesibilidad vehicular es bastante regular en épocas no lluviosas, el tiempo empleado es bastante variado. En la zona de selva no existe mucha infraestructura vial, se utilizan principalmente los ríos para moverse, en ocasiones también se podrían emplear avionetas y/o helicópteros.

2.2 *Clima y Vegetación*

En las zonas de la Cordillera Oriental como en la zona de la Selva, se presenta un clima que distingue el período de lluvias, desde diciembre hasta marzo, y de estación seca, de mayo hasta setiembre; existe una época con precipitaciones lluviosas incipientes (setiembre a noviembre). Las temperaturas en las zonas de cordillera con alturas que sobrepasan los 4,000 m.s.n.m., en el período de sequía, alcanzan temperaturas menores a 0 C. En la Selva, aunque existen variaciones de temperatura, por lo general es muy cálido (30 a 38 C.) y la humedad es muy alta.

La zona de cordillera, arriba de 5000 m.s.n.m. es glacial y no existe vegetación a excepción del ichu. Desde los 5000 a los 3000 m.s.n.m., crecen en los valles y cuencas de los ríos, cuyas alturas no sobrepasan los 4000 m.s.n.m. eucaliptos y árboles medianos de diversa índole, a medida que la altura disminuye la densidad de la vegetación aumenta, convirtiéndose en jungla tropical lluviosa en la zona de la selva.

2.3 *Aspectos Mineros*

El ámbito del proyecto expone un segmento de la Cordillera Oriental, que presenta unidades geológicas del Paleozoico al Neógeno, donde existen indicios de mineralización de cobre, plomo, zinc, oro y plata, y algunas manifestaciones de metales raros tales como estaño, tungsteno,

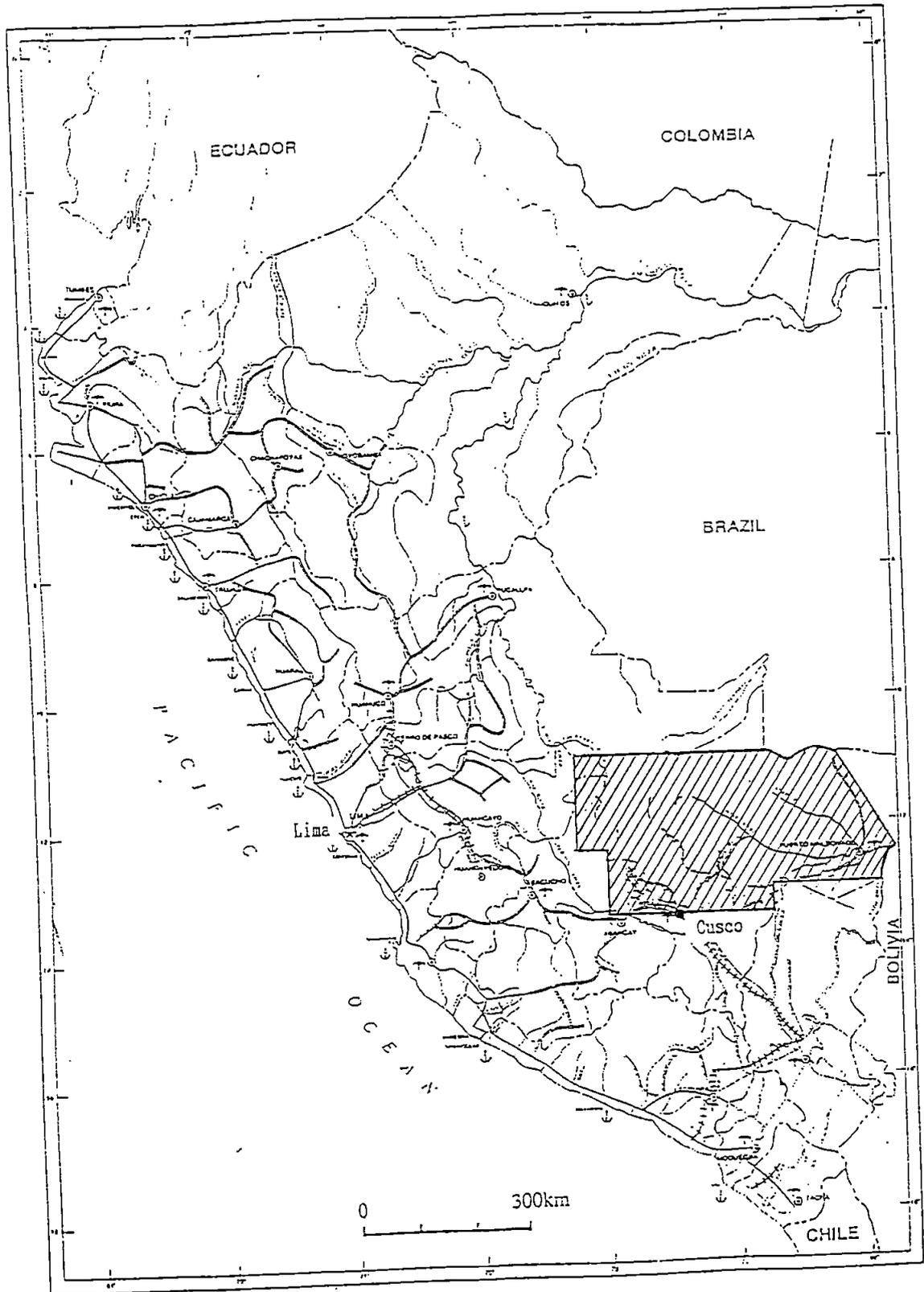


Fig. 1 Mapa de Ubicación del área de estudio

níquel y cobalto. También comprende parte de la llanura de Madre de Dios, con rocas sedimentarias terciarias y cuaternarias, con depósitos de placeres auríferos y trazas de petróleo y gas.

En la Cordillera Oriental se tiene conocimiento de la existencia de depósitos e indicaciones de minerales de cobre, plomo, zinc, etc. con contenidos de oro y plata, así como, trazas de metales raros de estaño, tungsteno, níquel, cobalto, etc. Los yacimientos e indicaciones mineralizadas son generalmente de pequeña escala, del tipo de relleno de fisuras; también pueden observarse ocurrencias de cobre de tipo metasomático de contacto, disseminados y estratoligados en rocas sedimentarias (capas rojas). En la región no existen rocas ultrabásicas, entonces, se supone que la mineralización de metales raros es de origen hidrotermal. Actualmente, no existen minas en producción de ningún tipo.

Se conoce que, desde los contrafuertes andinos hasta el límite oeste del escudo brasileño, aparecen ampliamente distribuidas rocas sedimentarias, dentro de las cuales existen placeres auríferos, trazas de metales raros, etc., e indicaciones de petróleo y gas natural. Con respecto a la explotación de placeres auríferos en los sedimentos aluviales del Cuaternario, se lleva a cabo principalmente en el Río Madre de Dios y sus afluentes, mayormente por métodos artesanales.

3.0 MARCO GEOLOGICO REGIONAL DEL AREA

La geología regional presenta en los cuadrángulos de Calca y Urubamba (ámbito del Proyecto en la Cordillera Oriental) un basamento de rocas metamórficas de origen sedimentario del Sistema Cámbrico (Fm. Ollantaytambo), suprayacen a estas, rocas sedimentarias de las formaciones Verónica, San José, Sandía y Zapla, todas del Sistema Ordovícico. La formación Paucartambo que consta principalmente de rocas sedimentarias, cuya edad va desde el Silúrico al Devónico Inferior; en el Permiano inferior se localizan los sedimentos calcáreos del Grupo Copacabana; siguiendo la secuencia estratigráfica, en el tope del Paleozoico, se encuentran los sedimentos conglomerádicos y volcánicos que corresponden al grupo Mitu, que se extienden desde el Permiano Superior hasta el Triásico Inferior.

Fig. 2

En la era Mesozoica, del Jurásico Superior al Cretáceo Inferior se localizan los sedimentos arenocalcáreos y también conglomerádicos de las formaciones Huambutío y Huancané, sedimentos calcoarenosos con manifestaciones evaporíticas de yeso pertenecientes al grupo Yuncaypata (Fms. Paucarbamba, Maras, Ayavacas y Puquín), se localizan del Cretáceo inferior al Cretáceo Superior.

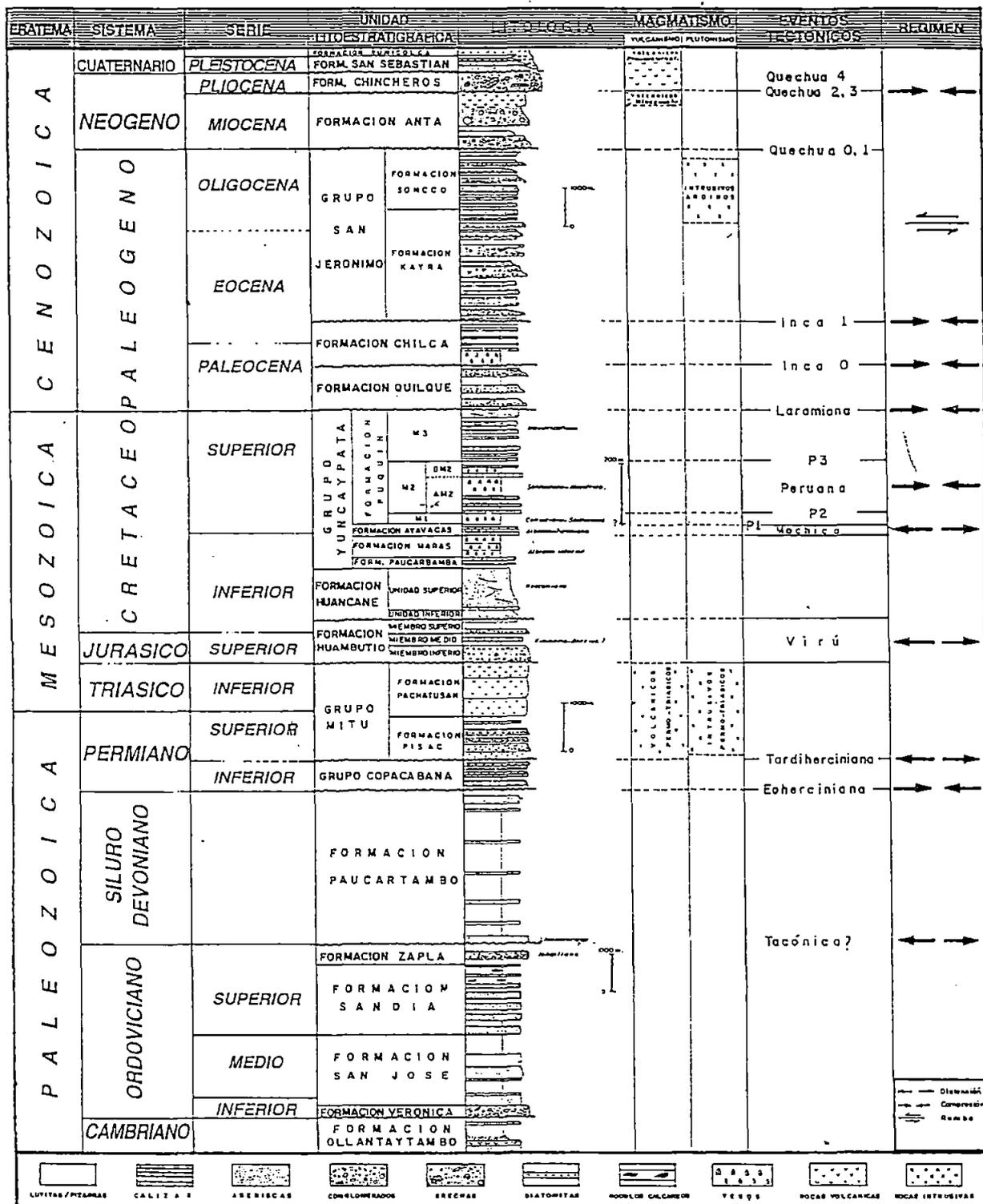


Fig. 2 Columna estratigráfica regional (Basada en Marocco 1978, Carlotto 1992 y Chávez 1995).

La era Cenozoica, representada por el Paleógeno con sedimentos principalmente arenosos y conglomerádicos correspondientes a las formaciones Quilque, Chilca, Grupo Huayabamba y Grupo San Jerónimo (Fms. Kayra y Soncco). Asimismo el Neógeno, constituido por una secuencia sedimentaria de areniscas y conglomerados (Fm. Ipururo), derrames y brechas volcánicas en la parte superior que corresponden a las formaciones Anta y Chincheros. Por último el Cuaternario representado por el Pleistoceno, consta de una secuencia volcánico - sedimentaria que pertenecen a las formaciones San Sebastián, Rumicolca y Madre de Dios que sólo se observan en las cuencas Madre de Dios y Urubamba; existen cubiertas zonales de sedimentos glaciales.

Rocas magmáticas graníticas a granodioríticas del Sistema Permo - Triásico corresponden a eventos tectónicos Eohercínicos a Tardihercínicos, y rocas intrusivas graníticas del Paleógeno (Oligoceno), afectan una gran parte a las formaciones ya descritas, ocasionando metamorfismo de grado bajo, y zonas de Skarn.

Por lo general los lineamientos tectónico - estructurales siguen una dirección general NO - SE hacia el Este de la región, variando a ONO - ESE en el Oeste.

Parte del programa del estudio comprende la zona de selva, desde la cuenca noreste del Río de Las Piedras, afluente del Río Madre de Dios hasta la frontera con Brasil, donde se distribuyen ampliamente rocas sedimentarias del Grupo Huayabamba del Paleógeno y rocas sedimentarias de la Formación Ipururo del Neógeno, con excepción de los sedimentos aluviales del Cuaternario de la Formación Madre de Dios, que sólo se observan en las cuencas de los ríos Madre de Dios y Urubamba.

4.0 METODOLOGIA DE TRABAJO

De acuerdo a la planificación efectuada, la ejecución de los trabajos se llevaron a cabo en dos fases, una **Primera Fase** exclusivamente en gabinete, tanto en el Japón como en Perú, involucra el tratamiento de imágenes de satélite y el análisis de datos geo - mineros existentes del área. La **Segunda Fase** fue orientada a la realización de trabajos de campo, con el fin de confirmar y evaluar una serie de aspectos geológico - mineros de interés detectados mediante los estudios de la primera fase.

4.1 *Análisis e Interpretación de Imágenes de Satélite*

Los procedimientos utilizados fueron, la **Interpretación Fotogeológica**, que utiliza datos del Satélite JERS-1/SAR (Radar de Apertura Sintética), y el **Análisis Espectral** de los datos del Satélite LANDSAT/TM (Thematic Mapper). Cuadro 1

El procesamiento e interpretación de datos de imágenes de satélite de 43 cuadrángulos que están situados en el área del proyecto, se están ejecutando en el Japón. Fig. 3

Para la Primera Fase, ya se han evaluado los datos correspondientes a 13 cuadrángulos, que abarcan un área de aproximadamente 45,000 km². Se estima que el estudio de los 30 cuadrángulos restantes, ha concluido en Japón en Diciembre de 1996.

4.1.1 Interpretación fotogeológica

Con la finalidad de clarificar y/o delinear unidades geológicas y lineamientos estructurales regionales en el área de estudio, se efectuaron trabajos de interpretación fotogeológica, utilizando datos del Radar de Apertura Sintética (SAR) del satélite JERS - 1, generandose mapas base, que se utilizaron en los trabajos geológicos de campo, especialmente en rocas de la Cordillera Oriental y sus márgenes orientales.

Para la interpretación fotogeológica de 13 cuadrángulos, nominados con los códigos: 24-p, 25-p, 25-q, 24-r, 25-s, 26-q, 26-r, 26-s, 27-q, 27-r, 27-s, 27-t y 27-u, los expertos japoneses han realizado el siguiente procedimiento:

- Análisis de datos JERS-1 Radar de Apertura Sintética (SAR)
- Procesamiento de las imágenes SAR de 13 mosaicos de escenas en blanco y negro, a escala 1:200,000.
- Interpretación de las imágenes SAR arriba mencionadas para delinear unidades geológicas y extraer estructuras geológicas, especialmente lineamientos tectónicos.
- Adecuación de las imágenes procesadas al sistema de coordenadas UTM, para los ajustes y empalmes digitales a fin de confeccionar el mosaico de imágenes.
- Salida de imágenes de cada cuadrángulo analizado a escala 1:200,000, las cuales se imprimieron en blanco y negro.

Sensor		Path	Row	Observed date	
JERS-1/SAR		427	320	1995-05-22	
		427	321	1995-05-22	
		427	322	1995-05-22	
			428	319	1994-07-06
			428	320	1994-07-06
			428	321	1994-07-06
			428	322	1994-07-06
			429	319	1995-05-24
			429	320	1995-05-24
			429	321	1995-05-24
			429	322	1995-05-24
		●	429	323	1995-05-24
			430	319	1992-10-30
			430	320	1992-10-30
		●	430	321	1992-10-30
		●	430	322	1992-10-30
		●	430	323	1992-08-03
			431	319	1992-10-30
			431	320	1992-10-30
		●	431	321	1992-10-30
		●	431	322	1992-10-30
		●	431	323	1994-04-12
		●	432	319	1992-11-01
		●	432	320	1992-11-01
		●	432	321	1992-11-01
		●	432	322	1992-11-01
		●	432	323	1993-10-19
			433	319	1993-03-14
		●	433	320	1992-11-02
		●	433	321	1992-11-02
		●	433	322	1992-11-02
		●	433	323	1993-03-14
			434	319	1992-11-03
	●	434	320	1992-11-03	
	●	434	321	1992-11-03	
	●	434	322	1992-11-03	
		434	323		
	●	435	319	1992-11-04	
	●	435	320	1994-08-26	
		435	321	1994-08-26	
		436	319		
		436	320		
LANDSAT/TM		002	068	1991-07-27	
		002	069	1991-07-27	
		003	068	1991-10-14	
	★	003	069	1991-10-14	
	★	004	068	1990-09-16	
	★	004	069	1990-09-16	
	★	005	068	1986-07-26	
	★	005	069	1986-07-26	

●, ★ Datos usados en Fase I

Cuadro 1 : Datos empleados en las Imágenes de Satélite

Fuente: Informe JICA, 1era. Fase



Fig. 3 : Cuadrángulos incluidos en el área de estudio

Hay que mencionar que la clasificación de unidades geológicas, se llevó a cabo utilizando como medio de consulta, el Mapa Geológico del Perú, a escala 1:1 000,000 editado por el INGEMMET en el año 1975. Ver informe de JICA sobre primera fase.

4.1.2 Análisis Espectral de Imágenes

Por otro lado se realizó el procesamiento y análisis espectral de los datos del satélite LANDSAT/TM, permitiendo la extracción de anomalías espectrales asociadas posiblemente a zonas de alteración hidrotermal en cuatro sectores del área del proyecto: Paucartambo, Calca Norte, Urubamba Oeste y Anta Oeste.

Extracción de las zonas de anomalías de color:

Como primer paso se confecciona el mosaico digital de las imágenes de satélite en los que se consideran las coordenadas UTM de los 4 vértices de la imagen, cubriendo la totalidad del área de estudio, luego se realizan los empalmes y ajustes digitalmente para confeccionar el mosaico de imágenes. Al tiempo de confeccionar el mosaico de imágenes se efectúa la transformación a cada una de las bandas espectrales, a fin de lograr el ajuste de los valores de cada una de las escenas respecto a la escena central, (Path004/Row069), para evitar se produzcan desviaciones al realizar el posterior análisis en cada una de las escenas. Ver Cuadro 1.

Para ejecutar el análisis espectral en las imágenes ya preparadas, se realizó el montaje de diferentes tipos de bandas, para resaltar el espectro (método de los residuos logarítmicos) de acuerdo a comparaciones con modelos espectrales de zonas de alteración y mineralización conocidas en el área ("distritos mineros"), eligiéndose los resultados de mayor coincidencia y/o acercamiento a dichos modelos para extraer las zonas de anomalías espectrales más apropiadas. Se realizó lo siguiente:

- Análisis de datos de Landsat Thematic Mapper (TM) de 13 cuadrángulos: 24-p, 25-p, 25-q, 24-r, 25-s, 26-q, 26-r, 26-s, 27-q, 27-r, 27-s, 27-t y 27-u.
- Procesamiento de TM espectral de 13 mosaicos de escenas a todo color, a escala 1:200,000, las cuales fueron procesadas para delimitar zonas de alteración (principalmente minerales de óxidos de hierro como magnetita, hematita, limonitas, etc., y también minerales de alteración

hidrotermal), tomando como guía, características espectrales de zonas alteradas y mineralizadas conocidas.

- Interpretación e integración de los datos de imágenes SAR e imágenes TM procesadas espectralmente, anotadas arriba, para delimitar zonas potenciales de alteración.

4.2 *Búsqueda y Evaluación de Información Minera Precedente*

Con la finalidad de determinar los variados procesos generadores de posibles mineralizaciones en el área del proyecto, en el período comprendido entre el 23.01 al 15.02.96 (23 días), un grupo de trabajo integrado por 4 expertos japoneses y 5 ingenieros de la contraparte peruana, ejecutaron trabajos de búsqueda y compilación de datos relacionados a depósitos minerales, manifestaciones de mineralización, geología de la zona, etc., que existen en diversas localidades del área.

En este contexto, se ubicaron y analizaron aproximadamente 250 unidades bibliográficas: informes técnicos mineros, Boletines de la Carta Geológica Nacional, estudios zonales especiales, y otros. La principal fuente de información minera proviene del ex Banco Minero del Perú (en archivo técnico del Ingemmet), así como de las universidades San Antonio Abad del Cuzco y San Marcos, Registros Públicos de Minería, Jefatura Regional de Minería del Cusco, Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Dirección de Fiscalización Minera del Ministerio de Energía y Minas, Sociedad Geológica del Perú, Mitsui Mining and Smelting Co. Ltda, compañías privadas, etc. En lo que respecta a información gráfica se han ubicado una diversidad de planos topográficos, geológicos, mineros, fotos de satélite, etc. Una fuente principal de datos gráficos es la Empresa Petroperú, mediante los mapas geológicos con cubiertas parciales a escalas: 1:50,000, 1:100,000 y 1:250,000. Una vez reunida esta información se procedió a listarla, clasificarla, y realizar la respectiva descripción de los depósitos notables y manifestaciones de mineralización. Posteriormente se ubicó toda la información extraída y resumida en un mosaico a escala 1:200,000, la cual se combinó con los resultados del análisis de datos de satélite, para después ubicar "targets" de deposición mineral.

El proceso de búsqueda y compilación de datos lo realizó principalmente la contraparte peruana y con los expertos japoneses se realizó el ordenamiento sistemático de esta información en Lima, el análisis y la evaluación fue ejecutada en el Japón.

De acuerdo al Informe correspondiente a la primera fase del proyecto en mención, que fue presentado en marzo de 1996 por el grupo de Metal Mining Agency of Japan (MMAJ), podemos mencionar aspectos que fueron determinados mediante el análisis y evaluación de toda la información

geo - minera existente del área de interés, involucra esencialmente aspectos geológico estructurales y de mineralización. Figs. 4 y 5

Estratigrafía:

Las unidades litoestratigráficas que se presentan en la región de estudio están compuestas por rocas del Paleozoico, Mesozoico, Cenozoico, y rocas intrusivas del Sistema Permo - Triásico y del Neógeno. Estas formaciones han sido estudiadas con cierto detalle en los cuadrángulos de Calca (27-s) y Urubamba (27-r) en los alrededores del Cusco (Carlotto et al., 1996).

CÁMBRICO

- **Formación Ollantaytambo:** Se distribuye en los alrededores de Ollantaytambo, la unidad estratigráfica más antigua de la región. Las litofacies están compuestas por el desarrollo de estratificación de conglomerados, areniscas, cuarcitas, rocas volcánicas (ignímbritas), etc., suponiendo una edad geológica del Período Cámbrico.

ORDOVÍCICO

- **Formaciones del Ordovícico:** Estas formaciones se distribuyen ampliamente en los cuadrángulos 27-r y 27-s, en el norte de Ollantaytambo y Paucartambo, compuestas principalmente por conglomerados, pizarras y cuarcitas, el espesor total registrado en estas formaciones de 4,500 m.

SILURO-DEVONIANO

- **Formación Zapla:** Esta formación se presenta en pequeña escala en el cuadrángulo de Calca, hacia el norte de Paucartambo, está constituida por areniscas cuarzosas, pizarras y tillitas de grano fino. El espesor de la formación está entre 100 m. a 200 m. La edad geológica se supone sea del Sistema Silúrico.

- **Formación Paucartambo:** Se distribuye en los cuadrángulos de Calca y Urubamba. Las litofacies están compuestas por pizarras, esquistos, cuarcitas, etc. En esta formación en comparación con la formación Ananea de Puno, se observan abundantes vetas de cuarzo muchas veces con óxidos de hierro. El espesor es de aprox. 4,000 m. La edad geológica (fósiles) se supone corresponde al Silúrico-Devónico.

PERMIANO

- **Grupo Copacabana:** Esta formación se distribuye en los alrededores de Limatambo. La litología está compuesta por calizas; el espesor de la formación varía entre 600 m. y 700 m. La edad geológica establecida por Douglas, J.A., 1914 a partir de fósiles es Pérmica.

- **Grupo Mitu:** Esta formación se encuentra en los cuadrángulos de Calca y Urubamba. Se compone de conglomerados, areniscas, esquistos, y en la parte superior por tobas de color rojo, brechas, aglomerados, basaltos, riolitas, ignimbritas, etc. El espesor de la formación varía de 600 m. a 2,000 m. La edad geológica se establece entre el Pérmico superior y Triásico. (Mc. Laughlin, D.H., 1924).

TRIASICO-JURASICO

- **Grupo Pucará, o equivalente:** Esta formación se distribuye en los cuadrángulos 25-p, 25-q y 26-q. La litología está representada por calizas. La edad geológica está entre el Triásico superior y Jurásico inferior. Tiene en el área un espesor aprox. de 200 m.

CRETACEO

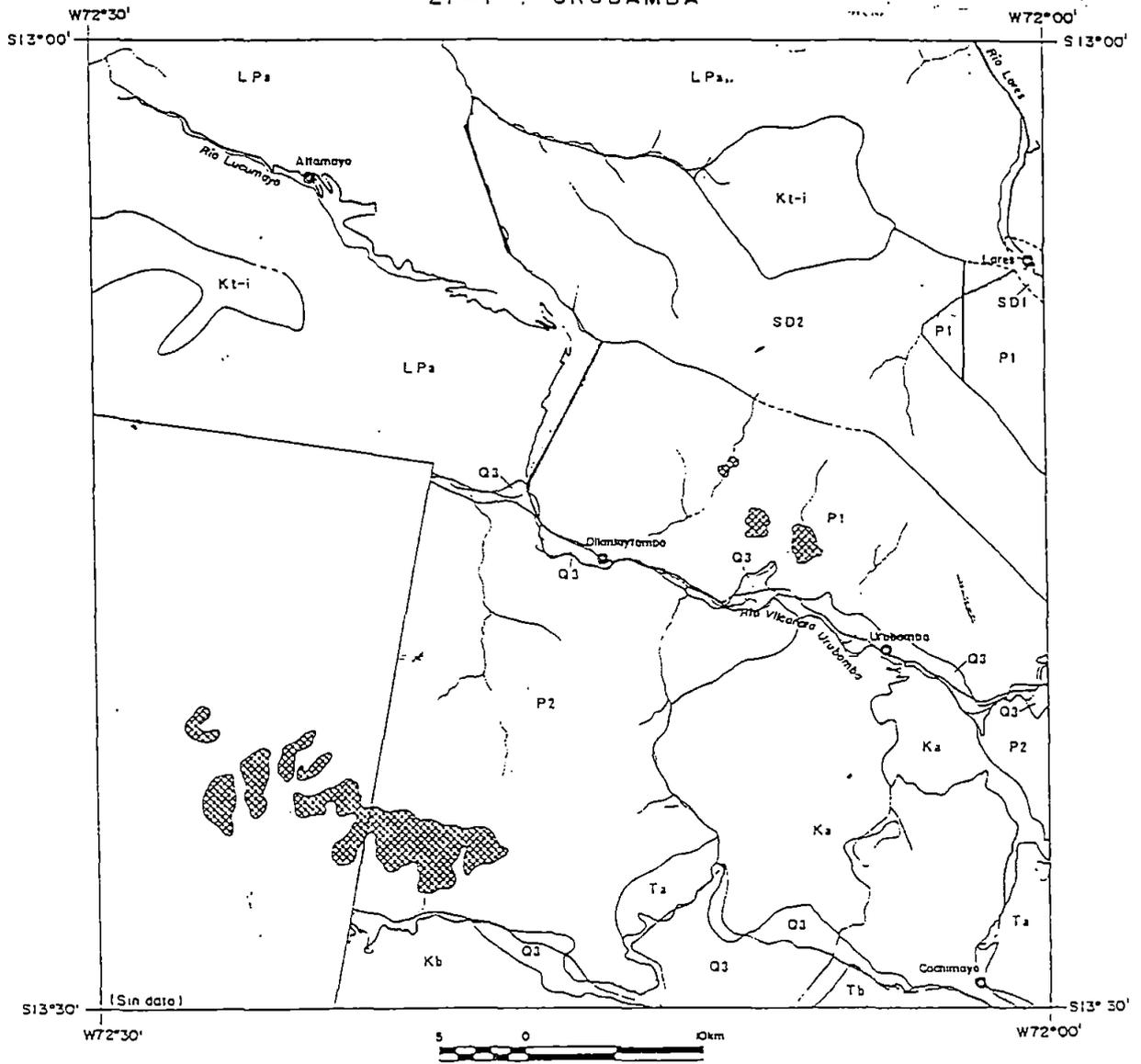
- **Grupo Goyllarisquizga, o equivalente:** Estas rocas se distribuyen en los cuadrángulos 24-p, 25-p, 25-q, 27-r y 27-s. La litología están constituida principalmente por conglomerados, cuarcitas, calizas, lutitas, areniscas silicificadas. La edad geológica es Cretácico superior. se ha reportado en el área espesores hasta de 150 m.

- **Formación del Cretáceo Superior:** Esta formación se distribuye en los cuadrángulos 25-q, 25-s, 26-s, 27-r y 27-s. En los cuadrángulos 27-r y 27-s, se compara con la formación Yuncaypata. Está compuesta por lutitas calcáreas y calizas, y en la parte superior por lutitas rojas, calizas, margas y lutita negras y/o verdes.

TERCIARIO

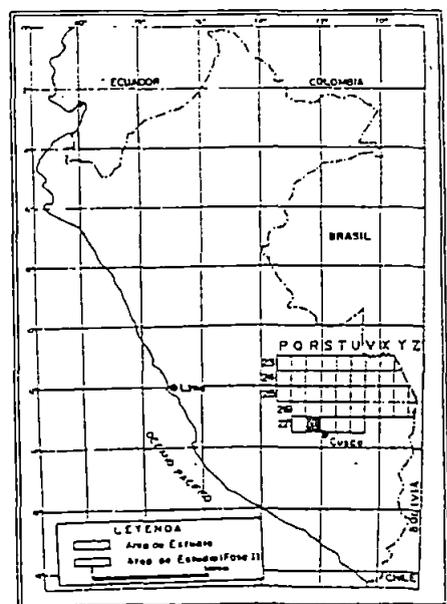
- **Formación del Paleógeno:** Esta formación se distribuye en los cuadrángulos 24-p, 25-p, 25-q, 25-s, 26-s y 27-s. En el cuadrángulo 27-r, se clasifica como Formación Quilque y Grupo San Jerónimo. Las litofacies para el primer caso se componen de lutitas, areniscas rojas y conglomerados, con un espesor de 250 m. En el segundo caso aparecen de sedimentos rojos de origen continental, el espesor alcanza los 6,000 m.

27-r : URUBAMBA



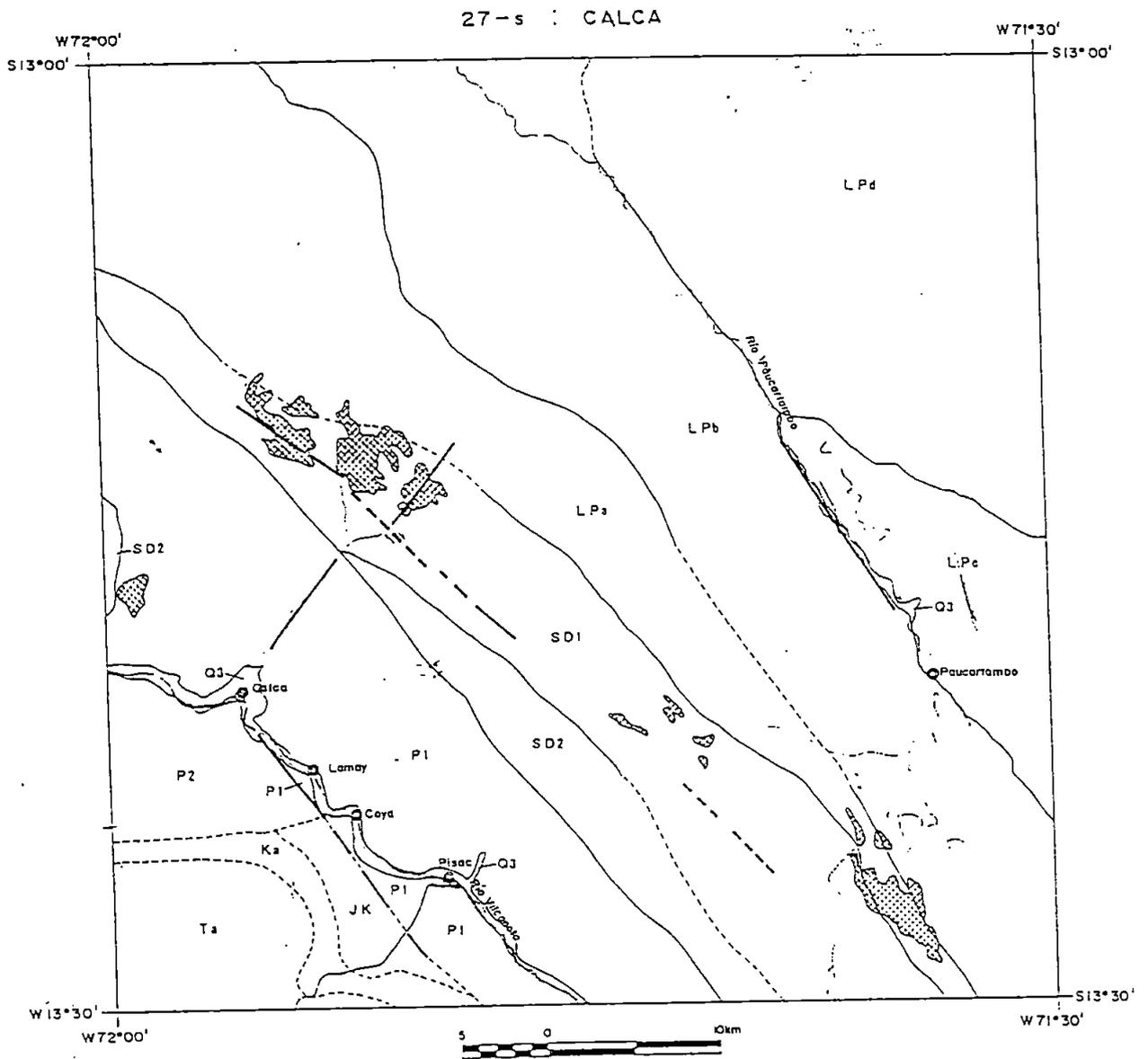
- LEYENDA
- LPa contacto y nombre de unidad
 - LPa contacto inferido y nombre de unidad
 - rumbo y buzamiento de foliación
 - eje de pliegue anticlinal y su plano
 - eje de pliegue sinclinal y su plano
 - falta transcurrente
 - falta probable
 - lineamiento
 - pueblo
 - río, quebrada
 - laguna
 - camino
 - anomalía espectral (LANDSAT/TM)

INDICE DE UBICACION



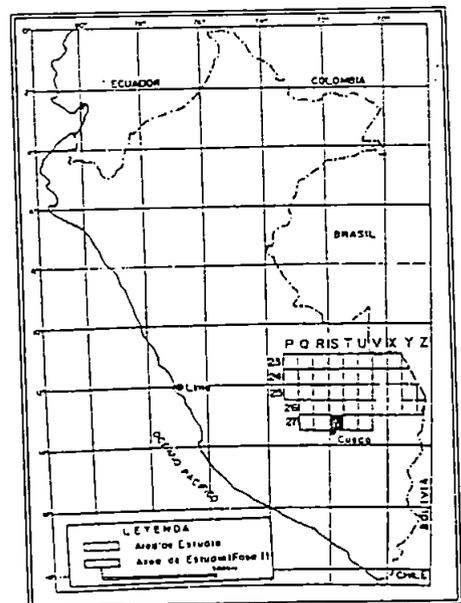
Fuente, Informe JICA, 1era. Fase

Figura 4 MAPA DE INTERPRETACION DE UNIDADES GEOLOGICAS Y ZONAS DE ALTERACION (CUADRANGULO 27-r)



- LEYENDA**
- LPd contacto y nombre de unidad
 - LPb contacto intencional y nombre de unidad
 - rumbo y buzamiento de foliación
 - ↔ eje de plegue anticlinal y su plano
 - ↔ eje de plegue sinclinal y su plano
 - falla transcurrente
 - falla probable
 - lineamiento
 - ⊙ pueblo
 - ~ río, quebrada
 - ~ laguna
 - ~ camino
 - ⊙ anomalía espectral (LANDSAT/TM)

INDICE DE UBICACION



Fuente, Informe JICA, 1era. Fase

Figura 5 MAPA DE INTERPRETACION DE UNIDADES GEOLOGICAS Y ZONAS DE ALTERACION (CUADRANGULO 27-s)

- **Formación del Neógeno:** Esta formación se distribuye en la parte sur del cuadrángulo de Urubamba (27-r) y está compuesta principalmente por rocas volcánicas. El espesor de la formación es de 100 m. y 500 m.

CUATERNARIO

- **Formación Cuaternaria:** En la cuenca de los rios se reconocen depósitos aluviales. Además, en las cercanías de los glaciales se observan morrenas.

MAGMATISMO (Rocas intrusivas):

- En el área se han encontrado los batolitos de **Machu Picchu** compuesto por granito, adamelita, diorita monzonítica, etc., y se supone intruyó en el período Pérmico a la secuencia del Triásico, dataciones por el método Rb/Sr le asignan una edad de 246 ± 10 m.a. Por otro lado tenemos el batolito de **Andahuaylas-Yauri**, del sistema de rocas calcoalcalinas, compuesto por granodiorita, gabro, diorita, cuarzodiorita, etc., presenta edades de 32.6; 37.0 y 52.7 m.a. según los resultados de la datación radiométrica. Además se observan rocas volcánicas shoshoníticas en pequeña escala en el cuadrángulo 27-r.

Estructuras:

- En la región de estudio existe la estructura geológica de transición que se conoce como la deflexión de Abancay, se trata de una zona en la cual varían las direcciones NO-SE (Andina) hacia la dirección E-O.

- Las formaciones Paleozoicas se disponen casi paralelamente a la dirección general de los Andes (NO-SE), desarrollándose internamente, estructuras como anticlinales y sinclinales. Debido a fallas de sobreescurreamiento se observa repetición de estratos.

- Las formaciones del Mesozoico se distribuyen en ambos flancos de las estructuras del anticlinal cuyo eje está formado por formaciones del Paleozoico. En el borde noroeste de la región se distribuyen ampliamente fallas y relaciones de discordancia.

- Las rocas del sistema Terciario se distribuyen sobre las formaciones paleozoicas y mesozoicas en forma discordante.

- Las rocas intrusivas se presentan como batolitos graníticos en la parte suroeste del área, generalmente en la secuencia del paleozoico originan efectos de metamorfismo de contacto.

Mineralización:

De acuerdo a la información analizada la mineralización de Au, Ag, Cu, Pb y Zn, está relacionada a procesos hidrotermales, y se presenta principalmente como relleno de fracturas. Además ciertas manifestaciones contienen níquel y minerales radioactivos como cobalto, uranio, etc. También existe información de "yacimientos" auríferos de tipo placer, especialmente en la zonas de Paucartambo y Pto. Maldonado.

Se ha determinado que hay posibilidades de encontrar mineralización de tipo estratoligado (?) en las siguientes unidades geológicas:

- Unidad geológica equivalente a la formación Ananea del período Silúrico - Devónico, que se distribuye en los cuadrángulos de Calca y Urubamba, aquí se reportan vetas de oro, indicios de minerales de plomo y zinc con cobre y zonas de producción artesanal de oro en sedimentos detriticos.
- Unidad geológica correspondiente al grupo Mitu que se distribuye en los cuadrángulos de Urubamba y Calca y al Sur de Machu Picchu. En esta unidad se describe la existencia de vetas de cobre con contenidos de plata (mina Escarabajo), también existen aquí indicios de mineralización de tipo metasomático de contacto.
- Unidad geológica equivalente al Grupo Pucará del Sistema Jurásico, que se distribuye en los cuadrángulos 25-p, 25-q y 27-q, pero actualmente las investigaciones no han progresado, por los escasos reportes sobre minería. Sin embargo es necesaria una investigación al respecto, estos calcáreos son considerados como metalotecto de Zn y Pb.
- La unidad geológica equivalente a la Formación Santa del Cretácico, que se distribuye como grupo Goyllarisquizga en los cuadrángulos 24-p, 25-p y 25-q, 27-t y 27-u, pero por limitaciones de la ubicación geográfica, las investigaciones no han progresado, siendo escasos los reportes de yacimientos e indicios de mineralización.
- Unidad geológica equivalente al Grupo Casma del Cretácico, se supone que está suprayaciendo al Grupo Goyllarisquizga, pero su distribución no está detalladamente aclarada.

El análisis de minerales pesados de sedimentos de corriente reporta óxidos de estaño, tungsteno, titanio, etc., en la parte sur de la región de estudio, donde también se reportan rocas graníticas greisenificadas con presencia de metales raros.

También, existen reportes sobre yacimientos de tipo placer aurífero, desde la zona de transición de la zona de montaña hacia la franja de la selva.

4.3 *Geoquímica Regional*

La Universidad San Antonio Abad del Cusco, por encargo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - INGEMMET, ejecutó en el marco del levantamiento de la Carta Geológica Nacional (geología económica) un muestreo geoquímico regional de baja densidad (aprox. 1 muestra por cada 13 km²) en sedimentos activos de corriente, en los cuadrángulos de Calca (27-s) y Urubamba (27-r).

En esta operación de prospección geoquímica, en una extensión aproximada de 6,000 Km², se tomaron 444 muestras de sedimentos (- 80 mesh) para su determinación geoquímica, con el objeto de descubrir en los cuadrángulos mencionados una posible dispersión secundaria del oro, plata, elementos base (Zn, Pb y Cu), y de otro tipo, que derivaría de zonas de mineralización primaria. Por otro lado, los resultados del tratamiento estadístico de las leyes a nivel regional, se utilizarán para evaluar el comportamiento geoquímico de los sedimentos en 5 sectores de interés en el área del proyecto: **Paucartambo, Calca Norte, Urubamba Norte, Urubamba Oeste y Anta Oeste.**

Los análisis geoquímicos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Química Analítica del INGEMMET. Las muestras se analizaron por 11 elementos: Au, Ag, Zn, Pb, Cu, Ni, Co, Cr, Mo, Sb y As. Para la cuantificación química se utilizó el método de Espectrometría de Absorción Atómica (AAS), y para el oro se utilizó el método combinado, ensayo al fuego - AAS, las lecturas se realizaron con el equipo de absorción atómica PERKIN ELMER 3100. Se consideraron los siguientes límites de detección:

Au = 0.01 ppm	Co = 1.0 ppm
Ag = 0.5 ppm	Cr = 1.0 ppm
Pb = 0.5 ppm	Mo = 10 ppm
Zn = 0.5 ppm	Sb = 10 ppm
Cu = 0.5 ppm	As = 10 ppm
Ni = 0.5 ppm	

Tratamiento de Datos.-

De una población total de 444 muestras, el 80 % de estas se ubican en ambientes del Paleozoico, y el 20 % se encuentran en ambientes del Mesozóico, Terciario y del Cuaternario. El tratamiento estadístico para determinar el Background y Threshold geoquímico regional de los elementos arriba mencionados, se realizó utilizando todos los datos como población única, no se trataron subpoblaciones independientes de roca huésped, consideramos que, realizar investigaciones para determinar contrastes notorios con los valores de fondo (distribución Clark), requiere subpoblaciones representativas y límites de detección muy bajos.

Evaluación Estadística.-

Los datos analíticos de los elementos Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr y As se procesaron a través de la estadística univariada (Distribución Normal Logarítmica) para determinar la **media** y la **desviación estándar**. Los datos de Ag, y Sb no fueron procesados estadísticamente, por el hecho de tener más del 90% de valores bajo del límite de detección químico, y para el caso específico del Au y Mo más del 95%.

Comportamiento Estadístico/Geoquímico de los Elementos.-

El comportamiento estadístico/geoquímico referido es en base a la evaluación del total de los datos geoquímicos de los elementos Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr y As de 444 muestras de sedimentos de quebrada, recogidas en el área de los cuadrángulos de Calca y Urubamba.

Tabla No.1

Parámetros Estadístico/Geoquímicos para los Cuadrángulos de Calca y Urubamba

(Sedimentos de quebrada)

Elemento	Promedio (X)		Desv.Standard.		Threshold (ppm)	Rango de Valores (ppm)	n
	(ln)	(ppm)	(ln)	(ppm)			
Pb	3.188	24.24	0.554	1.74	73.41	4.0 - 365.0	442
Zn	4.533	93.03	0.595	1.81	305.82	15.0 - 387.5	433
Cu	3.303	27.19	0.637	1.89	97.22	3.8 - 105.0	435
Ni	3.829	46.02	0.545	1.72	136.86	12.5 - 175.0	438
Co	3.677	39.52	0.408	1.50	89.39	10.0 - 112.5	442
Cr	3.805	44.92	0.533	1.70	130.45	11.0 - 145.8	424
As	3.472	32.20	0.627	1.87	112.84	13.0 - 135.0	127

$$\text{THRESHOLD} = (\text{Anti Ln } X) (\text{Anti Ln D.S.})^2, \text{ o}$$

$$\text{THRESHOLD} = \text{Anti Ln} (\text{Ln } X + 2 \text{ Ln D.S.})$$

D.S. = Desviación Standard

X = Promedio

n = Número de muestras utilizado para cálculos

A continuación se definen características para los elementos Au, Ag, Mo y Sb, los cuales no presentan poblaciones estadísticas regulares, ya que casi la totalidad de sus valores se encuentran bajo los límites de detección química (alcance instrumental) establecidos para cada uno de ellos.

Oro (Au)

- No se pueden realizar cálculos estadísticos para este elemento, el 99 % (440) se sitúan bajo del límite de detección (0.01 ppm). Existen 4 datos sobre de este límite, cuyos valores van desde 0.01 hasta 0.04 ppm.

Plata (Ag)

- Comportamiento similar al del oro, aproximadamente el 94 % de los datos están bajo del límite de detección (0.5 ppm). Existen 27 datos encima de este límite, cuyos valores van desde 0.5 hasta 20 ppm.

Molibdeno (Mo)

- Tiene también características similares, aprox. el 96 % de los datos geoquímicos son inferiores al límite de detección (10 ppm). Se han encontrado 19 valores sobre este límite, y se encuentran en el rango de 11 hasta 21 ppm.

Antimonio (Sb)

- Idem anterior, casi el 92 % de la población de datos están bajo el límite de detección (10 ppm). Existen 34 valores sobre este límite, y se encuentran en el rango de 10 hasta 149 ppm.

5.0 INVESTIGACIONES DE CAMPO

(2da. Fase del Proyecto)

Estas investigaciones se ejecutaron para clarificar y confirmar en una porción del área de interés (cuadrángulos de Calca y Urubamba) la existencia de unidades geológicas y lineamientos estructurales, determinadas ambos mediante la interpretación fotogeológica a partir de los datos del Satélite JERS-1/SAR; presencia de anomalías espectrales supuestamente asociadas a zonas de alteración hidrotermal, ubicadas a través de los datos del Satélite LANDSAT/TM; y por último, zonas con presencia de ocurrencias mineralizadas, "distritos mineros", que se detectaron en los análisis de datos mineros ya existentes. Un aspecto importante es la implementación en el presente informe, el tratamiento de los datos geoquímicos del muestreo regional en sedimentos efectuado por encargo del INGEMMET en los cuadrángulos de Calca y Urubamba.

Los trabajos se realizaron en el período comprendido entre el 06.09 y 21.10.96 (46 días).

Personal Técnico en los Trabajos de Campo:

Personal del Japón

(Técnicos de Metal Mining Agency of Japan - MMAJ)

- Tsuyoshi YAMADA, jefe del Proyecto
- Haruo HARADA, geólogo
- Shoji KUMITA, geólogo
- Hidehisa WATANABE, analista de imágenes de satélite (*)

(*) Realizó en el INGEMMET la transferencia de tecnología en procesamiento de imágenes de satélite del tipo JERS-1 (Radar Lateral).

Personal del Perú

- Marco LARA, responsable de contraparte peruana
- Jorge CHIRA, geólogo de exploración
- Washington LARICO, geólogo de exploración
- Victor LIPA, geólogo regional.

Antecedentes:

De acuerdo a los resultados de la evaluación de datos mineros e imágenes de satélite, se determinaron en el área de interés 6 sectores con posibilidades de ubicar depósitos minerales de proyección económica rentable, los cuales son: Figs. 6 y 7

- Sector Paucartambo	576 km ²	Cuadrángulo de Calca
- Sector Calca Norte	256 km ²	Cuadrángulo de Calca
- Sector Urubamba Norte	60 km ²	Cuadrángulo de Urubamba
- Sector Urubamba Oeste	220 km ²	Cuadrángulo de Urubamba
- Sector Anta Oeste	220 km ²	Cuadrángulo de Urubamba
- Sector Pto. Maldonado	150 km ²	Cuadr. de Pto. Maldonado

5.1 *Sector Paucartambo*

5.1.1 Información General

El Sector de Paucartambo se encuentra ubicado en el SE del cuadrángulo de Calca (27-s), tiene un área de 576 km², y presenta las siguientes coordenadas UTM:

- VNE 8'535,000 N , 228,000 E
- VSO 8'507,000 N , 204,000 E

Las altitudes varían de 3,000 a 4,300 m.s.n.m, con períodos de lluvia durante los meses de diciembre hasta marzo, las temperaturas generalmente son bajas, llegando hasta valores bajo cero en la cordillera. La vegetación es variable, desde arbustos y árboles medianos en los valles hasta ichu en zonas altas.

La población es eminentemente rural, con muy poca tradición minera (ocasionalmente, extracción artesanal de oro en sedimentos detriticos), el recurso económico renovable más importante es el cultivo de tubérculos, la ganadería es incipiente. La población más importante es la ciudad de Paucartambo.

La accesibilidad más inmediata se realiza mediante la carretera afirmada Cusco - Paucartambo, y caminos de herradura para desplazarse a través del sector.

5.1.2 Geología

En este sector se presentan básicamente unidades litológicas de origen sedimentario que tienen edades que se sitúan desde el Paleozóico Inferior hasta el Terciario Inferior, y son las formaciones San José, Sandía, Zapla, Paucartambo, y el Grupo Mitu. No se han observado rocas magmáticas de gran extensión. Por otro lado se encuentran diques de naturaleza ácida hasta básica, generalmente emplazados en zonas de disturbamiento tectónico.

- **Formación San José (Ordovícico Medio)**, cubre una área pequeña en el extremo NE del sector, está conformada en su base por cuarcitas sericíticas de color rojizo a verde grisáceo, pizarras micáceas de color verde o negro y cuarcitas grises intercaladas con pizarras. En la

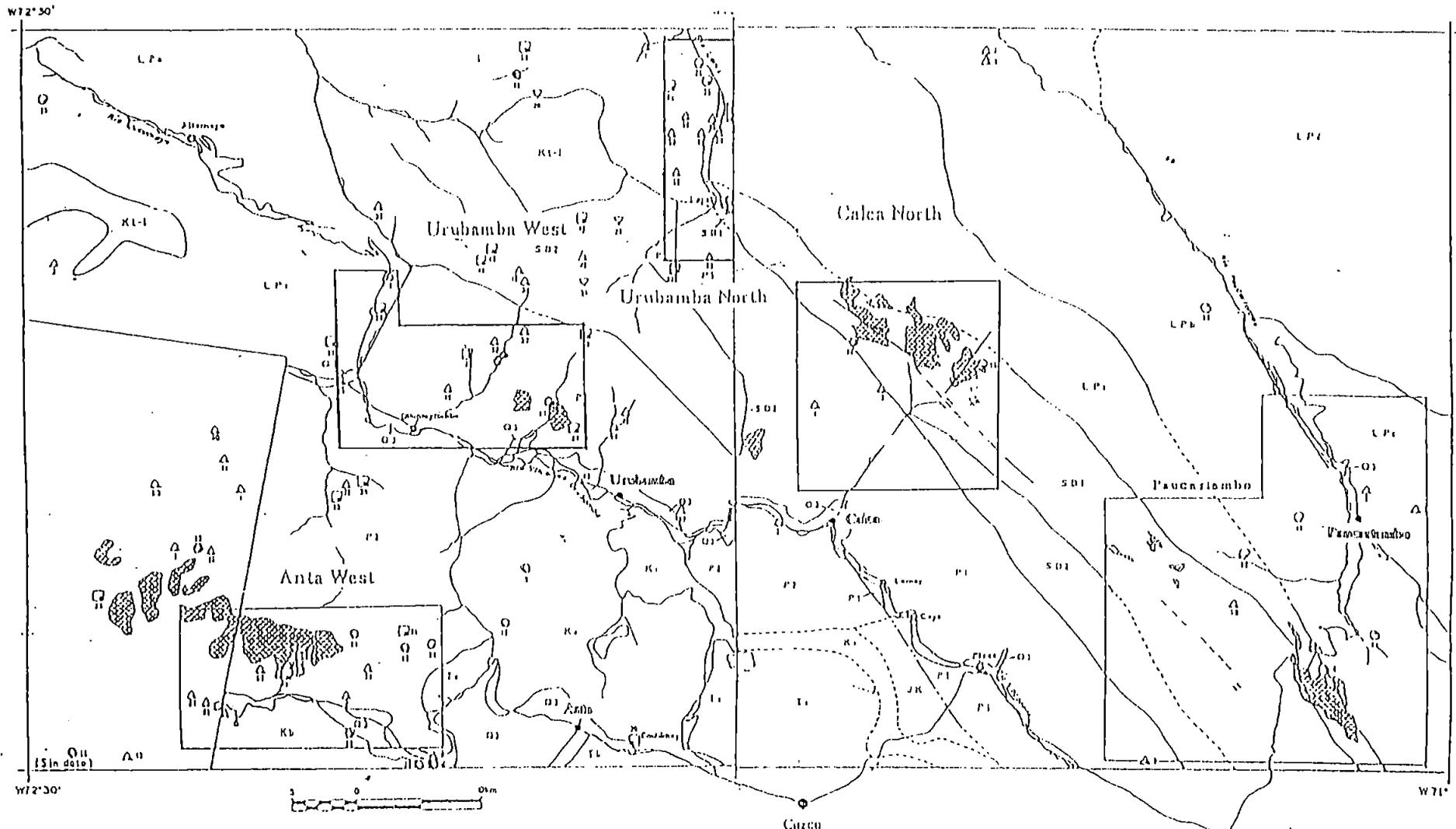


Fig. 6 : Sectores de interés en los Cuadrángulos de Calca y Urubamba

- Base
- ▨ Spectral anomaly
- □ Δ Mineral (O: Au, Ag Δ: Cu, Pb, Zn □: Cu ▽: Co, Ni occurrences)
- ▭ Promising districts

PUERTO MALDONADO

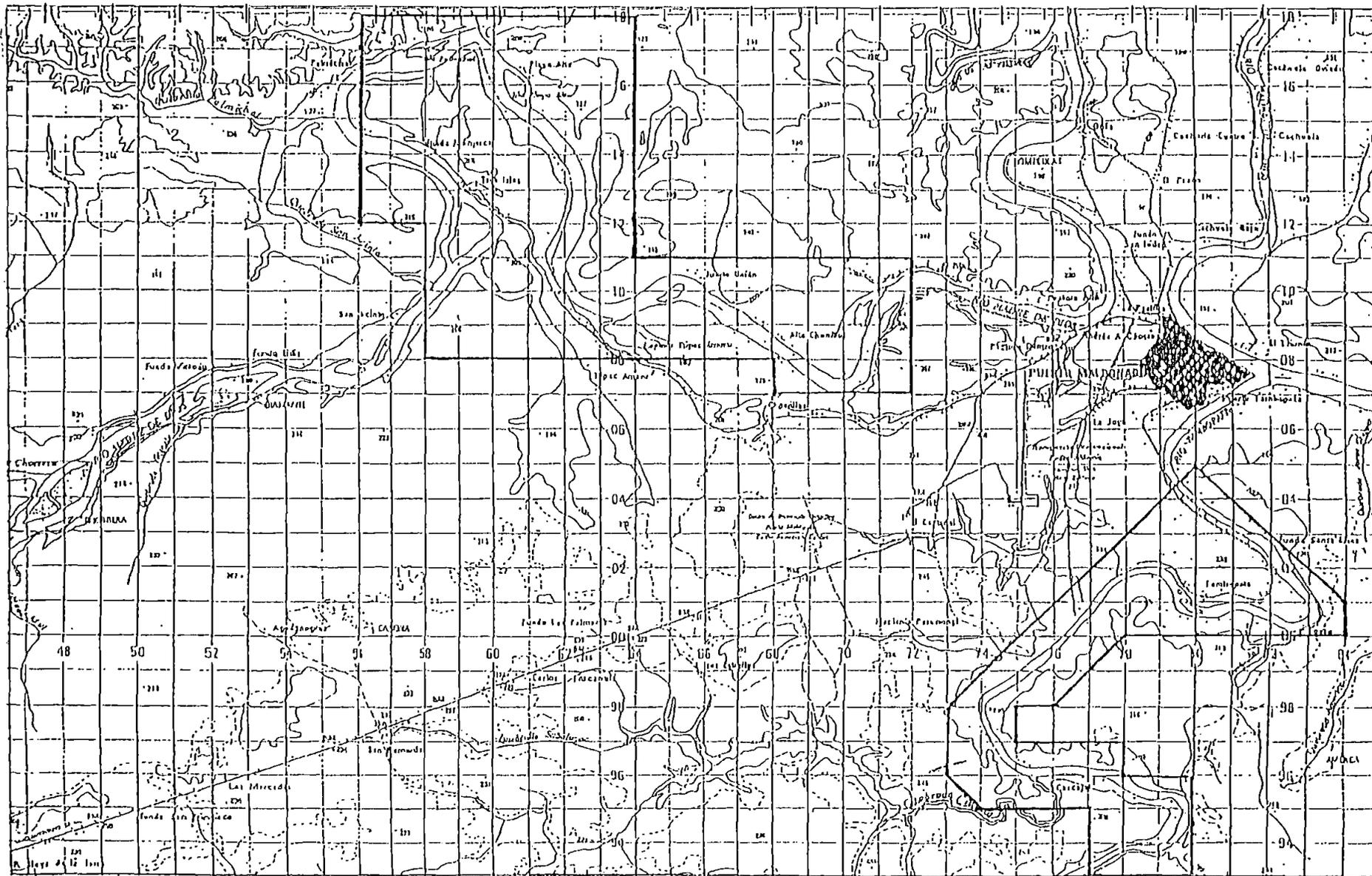


Fig. 7 : Sector de interés en Puerto Maldonado

secuencia intermedia se encuentran niveles delgados de areniscas finas de color claro que gradan a lutitas negras. En la parte superior (la más representativa) encontramos básicamente pizarras negras o filitas. Esta secuencia está fuertemente plegada. El espesor promedio de la formación es de 1,200 m.

- **Formación Sandía (Ordovícico Superior)**, se ubica hacia el NE del sector, en 2 franjas tectónicas que tienen una dirección NO-SE (en el eje y flanco de un anticlinal de gran extensión), sobreyace a la formación San José. Está constituida en su base por pizarras negras y bancos de cuarcitas intercaladas con niveles de pizarras negras o cuarcíticas (no existe una diferenciación clara respecto a las pizarras de la Fm. San José), su parte intermedia es predominantemente arenosa, en el tope encontramos una intercalación de pizarras negras o esquistos con capas delgadas de cuarcitas. Tiene un espesor aproximado de 1,800 m.

- **Formación Zapla (Ordovícico Superior)**, se presenta en el lado Oeste del sector en una franja tectónica con dirección NO-SE, limitada por fallas inversas. La Formación Zapla está constituida en su base por bancos de areniscas cuarzosas intercaladas con pizarras, luego se tienen niveles diamictíticos y microconglomerados cuarzosos con matriz arenosa, y hacia el tope se observan intercalaciones de bancos cuarcíticos y pizarras. Alcanza espesores entre 100 y 300 metros. Sobreyace a la formación Sandía concordantemente.

- **Formación Paucartambo (Siluro - Devoniano)**, ocupa casi el 70 % del área del sector (parte del anticlinal de Paucartambo), descansa en discordancia angular sobre La Formación Sandía. Se trata de una secuencia uniforme que consiste de pizarras y esquistos, también ocasionalmente se presentan calcáreos de colores grises a negros, e intercalaciones pequeñas de cuarcitas; hacia la parte superior se observan bancos de cuarcitas blancas con estratificación gruesa hasta de 200 m de potencia. El espesor de esta formación va desde los 3,000 a 4,000 metros.

- **Grupo Mitu (Pérmico Superior - Triásico Inferior)**, se presenta como una pequeña franja en el extremo Suroccidental del sector. Conformada en su base (formación Pisac) por un nivel volcánico con secuencias de brechas y conglomerados (clastos de calizas, volcánicos y cuarcitas) intercaladas con areniscas y limolitas rojas. En la parte superior (formación Pachatusan) consiste de brechas, aglomerados y coladas de basaltos, riolitas e ignimbritas, se caracterizan por su color rojo violáceo (Capas rojas). El espesor del grupo en este sector alcanza aprox. los 1,000 m.

5.1.3 Geoquímica

Tomando como base los resultados de la prospección geoquímica en sedimentos de quebrada a nivel regional (cuadrángulos de Calca y Urubamba), que se describen en el Item 4.3, se evaluó el comportamiento geoquímico de 61 muestras que fueron recolectadas en el sector de Paucartambo, las que fueron analizadas por los elementos Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, Mo, Sb y As, y posteriormente se determinaron los valores de Threshold regional para los siguientes elementos:

Threshold Regional

Pb =	73.41 ppm	Co =	89.39 ppm
Zn =	305.82 ppm	Cr =	130.45 ppm
Cu =	97.22 ppm	As =	112.84 ppm
Ni =	136.86 ppm		

En el caso específico de los elementos Au, Ag, Mo y Sb no se procedió con la evaluación estadística, el motivo, más del 90 % de sus valores son inferiores a sus respectivos límites de detección.

Geoquímica local:

Del mismo modo se ensayó independientemente el cálculo estadístico de 61 muestras que se encuentran ubicadas en el sector, los resultados determinaron los siguientes valores para el threshold de cada elemento: Pb = 48.33 ppm, Zn = 192.48 ppm, Cu = 54.33 ppm, Ni = 92.75 ppm, Co = 73.77 ppm, Cr = 105.85 ppm, y As = 67.42 ppm. Para los elementos Au, Ag, Mo y Sb, el comportamiento es similar a la geoquímica regional.

Evaluación Geoquímica en el Sector:

Con respecto a resultados de la evaluación regional, casi la totalidad de las leyes químicas de los elementos no sobrepasan los umbrales geoquímicos (thresholds) resultantes para cada elemento. Existe una excepción que corresponde al elemento arsénico, en la muestra No. 303 (cuadrángulo de Calca), que se sitúa al SO del sector en las coordenadas UTM: 211,000 E y 8'507,550 N, la cual tiene un contenido de 94 ppm de As, observaciones de campo han determinado que los

sedimentos de esta muestra están contaminados por una zona mineralizada de cobre (Mina Elsa). También es importante manifestar que, las muestras 316, 321, 323 y 324, cuyos sedimentos provienen de zonas donde se han detectado anomalías espectrales, no presentan valores anómalos en ningún elemento bajo el contexto regional.

Por otro lado, en concordancia con los resultados de la evaluación local, se tienen hasta 8 muestras que presentan características anómalas débiles, y son las siguientes:

<u>No.</u>	<u>Este</u>	<u>Norte</u>	<u>Anomalías</u>
- 302	209,500	8'506,500	Cu, Zn (valores < 2 Threshold)
- 303	211,000	8'507,550	Cu, As (valores < 2 Threshold)
- 309	208,250	8'512,800	Zn (valores < 2 Threshold)
- 310	209,650	8'512,700	Cu (valores < 2 Threshold)
- 315	218,950	8'507,500	Zn (valores < 2 Threshold)
- 344	221,700	8'522,700	Pb (valores < 2 Threshold)
- 350	216,050	8'522,400	Ni, Cr (valores < 2 Threshold)
- 503	227,750	8'534,250	Cu (valores < 2 Threshold)

Hay que notar que los sedimentos de la muestra 302 también se encuentran contaminados por mineralización proveniente de la mina Elsa.

5.1.4 Investigaciones Geológico - Mineras

Consistieron principalmente en el control y verificación en el terreno de rasgos determinados a través de la evaluación de datos de satélite e información minera precedente (1era. Fase), como son las unidades geológicas del Paleozoico y Mesozoico temprano que afloran en el sector; así también lineamientos estructurales. Al mismo tiempo se efectuaron en ambientes geo-mineros de interés (zonas de alteración, estructuras mineralizadas, anomalías espectrales, zonas mineralizadas, etc.) mapeos locales y muestreos geoquímicos, petrográficos y ocasionalmente para dataciones radiométricas. Todos estos datos fueron ploteados en planos 1:50,000. Los trabajos se ejecutaron durante el periodo comprendido entre el 10.09 y 22.09.96 (13 días). Fig. 8

Lineamientos estructurales:

Los datos de rumbos y buzamientos tomados en diferentes localidades de las secuencias estratificadas determinaron que, las rocas del sector están afectadas por plegamientos con una dirección principal NO - SE, cuyos ejes alcanzan varios kilómetros de longitud, con planos axiales casi verticales; del mismo modo también se detectaron pliegues menores, paralelos a estas estructuras grandes. Carlotto (1996), reporta hasta 2 megaestructuras plegadas en este sector, y se trata de los anticlinales de Paucartambo al Este y Colquepata hacia el Oeste. Estas estructuras están generalmente afectadas por fallas inversas (cabalgamientos) que tienen una vergencia hacia el SO.

Existe una esquistocidad plano axial de tendencia vertical en el lado Oeste del sector, en una franja tectonizada que tiene una dirección NO - SE y algunos kilómetros de ancho, en la cual también se sitúan los ejes de pliegues principales y menores (anticlinorio de Colquepata). Las zonas afectadas por anomalías espectrales están involucradas en esta franja.

El metamorfismo está representado principalmente por pizarras, cuarcitas micáceas y algunos esquistos cloríticos.

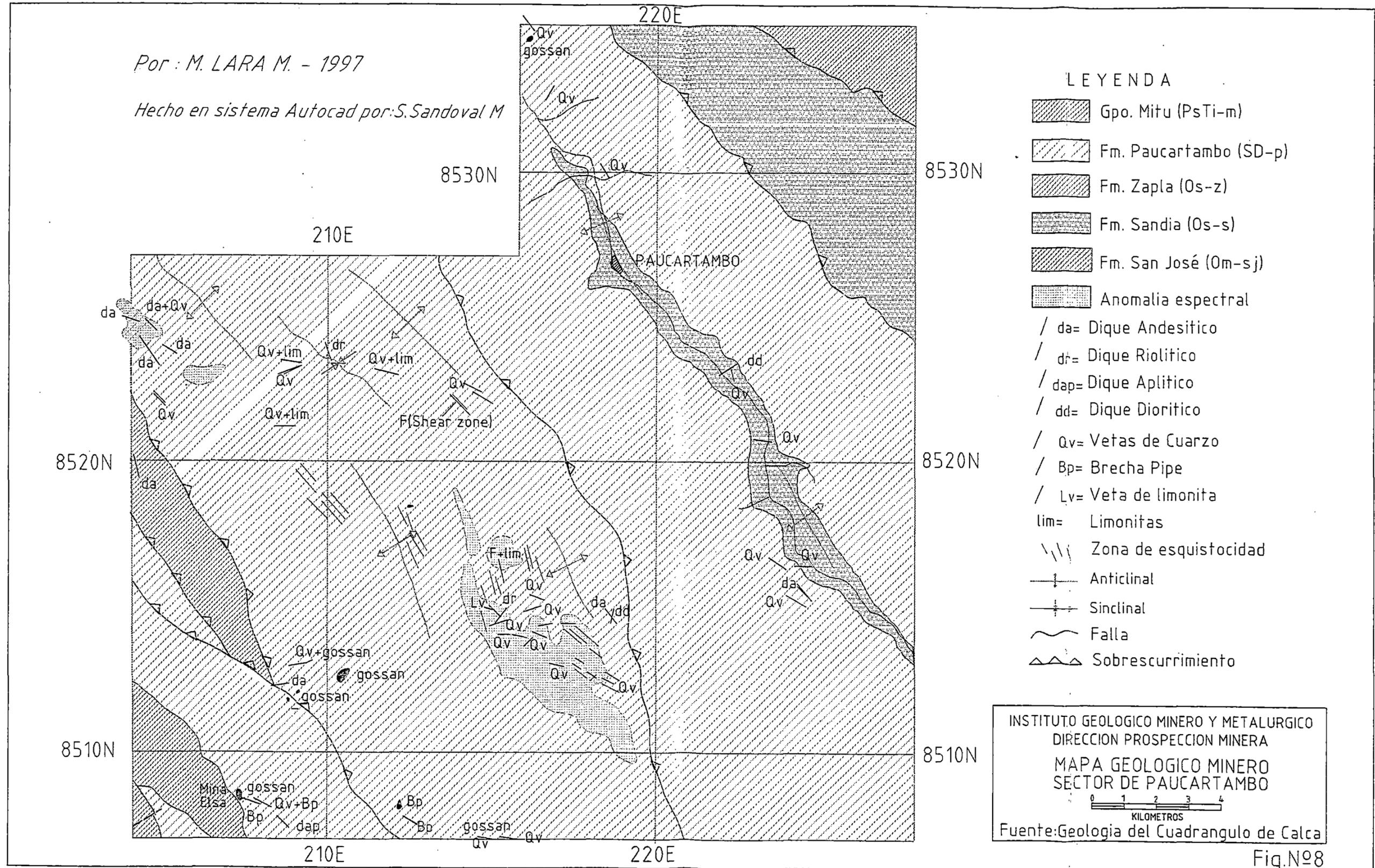
Anomalías Espectrales:

Como ya hemos explicado, para su determinación se tomaron como modelos los espectros de zonas alteradas y/o mineralizadas (óxidos de hierro principalmente: magnetita, hematita, limonitas, etc) que existen en el área de interés, ubicadas de acuerdo a la información minera precedente.

Se encuentran cinco de estas zonas de anomalías espectrales, las cuales se ubican alineadas en una franja de mayor afectación tectónica en el sector (estructuras plegadas regionales, fallamiento inverso, esquistocidad plano axial, etc.), la cual tiene dirección NO - SE, y ancho promedio de aprox. 10 km. Fig.6

Por: M. LARA M. - 1997

Hecho en sistema Autocad por: S. Sandoval M



LEYENDA

- Gpo. Mitu (PsTi-m)
- Fm. Paucartambo (SD-p)
- Fm. Zapla (Os-z)
- Fm. Sandia (Os-s)
- Fm. San José (Om-sj)
- Anomalia espectral
- / da= Dique Andesítico
- / dr= Dique Riolítico
- / dap= Dique Aplitico
- / dd= Dique Diorítico
- / Qv= Vetas de Cuarzo
- / Bp= Brecha Pipe
- / Lv= Veta de limonita
- lim= Limonitas
- Zona de esquistocidad
- Anticlinal
- Sinclinal
- Falla
- Sobrescurrimiento

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO
 DIRECCION PROSPECCION MINERA
 MAPA GEOLOGICO MINERO
 SECTOR DE PAUCARTAMBO
 0 1 2 3 4
 KILOMETROS
 Fuente: Geología del Cuadrangulo de Calca

Fig. Nº8

Estas anomalías afectan a los sedimentos de la formación Paucartambo, aquí se observan enjambres zonales hasta de 40 m de ancho de vetas paralelas de cuarzo blanco (en zonas de cizalla), estas vetas tienen potencias que se encuentran en el rango de 5 cm y 50 cm, contenidos variables de óxidos de hierro (limonitas y hematita de posible origen hidrotermal), rumbos que varían desde N80°O hasta N80°E y buzamientos pronunciados hasta verticales, también se encuentran en menor proporción buzamientos suaves hasta horizontales; por otro lado, la anomalía que se encuentra en el extremo NO presenta vetas de cuarzo con rumbos que están en el rango de N20°O y N45°O, cuyos buzamientos son mayormente pronunciados. También se presentan diques de naturaleza andesítica, diorítica y riolítica así como fallas locales cuyos rumbos siguen generalmente la dirección de N30° a 55°O, se presume que estas estructuras son responsables de la generación de algún tipo de mineralización, no se han observado cuerpos mayores de naturaleza magmática. Silicificación, argilitización son las alteraciones que se presentan principalmente comprometidas con las estructuras anteriormente descritas (afectan pocos cms de la roca caja), y la propilitización que es la que tiene mayor extensión.

Mineralización:

En el sector investigado se han encontrado principalmente minerales de hierro de posible extracción hidrotermal: limonita, hematita (especularita), emplazados conjuntamente con vetas de cuarzo; en zonas de gossan (ocasionalmente con minerales de cobre) y algunas manifestaciones de brechas pipe (?), las cuales se ubican mayormente en el extremo SO y N del sector, comprometidas a zonas de intenso tectonismo. Por otro lado, en el Sur, inmediaciones de Huancarani, se ubican las minas Elsa y Checcarero con mineralización de cobre (crisocola, malaquita y poca chalcopirita) y contenidos menores de metales base (Pb y Zn), se trata de mineralización que se emplaza en una sola estructura, económicamente es marginal, la mineralización está asociada a pequeños cuerpos de naturaleza granítica (?) y manifestaciones de brecha pipe en el caso de la mina Elsa. Es preciso mencionar que en las zonas de anomalía espectral (la de mayor extensión) se han encontrado cateos alineados a lo largo de estructuras principales de cuarzo.

5.1.5 Resultados

Al momento, sólo podemos referir los resultados a las observaciones geológicas en el campo y a la toma de algunas muestras de orientación de rocas en lugares específicos (estructuras "mineralizadas"). Los análisis y evaluación de los resultados del muestreo más representativo están siendo procesados en el Japón.

Rocas sedimentarias del Paleozoico están afectadas por procesos regionales tectónico - estructurales (pliegues, fallas inversas, esquistosidad, etc.), que siguen una dirección principal NO - SE, dentro de una franja que cruza la parte central del sector, la cual tiene un ancho promedio de aprox. 10 km.

En esta franja se emplazan cinco anomalías espectrales, ocasionadas por la reflectancia de compuestos minerales ricos en fierro, en estas zonas anómalas se presentan enjambres zonales de vetas paralelas de cuarzo blanco, con contenidos de oxidos de fierro de origen hidrotermal (principalmente en zonas de cizalla). Las vetas de cuarzo tienen rumbos que varían desde N80°O hasta N80°E y ocasionalmente direcciones que están en el rango de 20° y 45°, buzamientos pronunciados hasta verticales y en menor proporción, buzamientos suaves. También se presentan diques de naturaleza andesítica, diorítica y riolítica así como fallas locales cuyos rumbos siguen generalmente la dirección de N30° a 55°O, estructuras que causarían la generación de algún tipo de mineralización. No se han observado cuerpos mayores de naturaleza magmática. Se presenta generalmente alteración sílico - argílica comprometida con estas estructuras (afectan pocos cms de la roca caja), y propilítica en mayor extensión. Por otro lado, relacionadas a fallas y diques intermedios se presentan muchas veces, zonas de gossan (lixiviaciones de sulfuros). Otro aspecto importante es la presencia de esquistosidad plano axial con una dirección preferencial NO-SE, ambiente aparente para la circulación de fluidos hidrotermales.

En zonas bastante tectonizadas (zonas de cizalla y esquistocidad) se encuentran minerales de fierro de posible extracción hidrotermal: limonita, hematita (especularita), emplazados en las fracturas de las vetas de cuarzo, en zonas de gossan (ocasionalmente con minerales de cobre) y en algunas manifestaciones de brechas pipe (?). Por otro lado, en el Sur, inmediaciones de Huancarani, se ubican las minas Elsa y Checcarero con mineralización de cobre (crisocola, malaquita y poca chalcopirita) y contenidos menores de metales base (Pb, y Zn), se trata de mineralización que se emplaza en una sola estructura y es económicamente marginal, la mineralización está asociada a pequeños cuerpos de naturaleza granítica (?) y manifestaciones de brecha pipe en el caso de la mina Elsa. En una estructura de cuarzo con presencia de limonita y hematita, dentro de un ambiente argilitizado y con silicificación zonal (corresponde a una zona de anomalía espectral ubicada en el extremo NO) se extrajo material selectivo para su respectivo análisis, los resultados fueron: Los valores de Au y Ag son menores al límite de detección, <0.01 y <0.5 respectivamente; del mismo modo los otros elementos no presentan leyes espectantes.

Se han recolectado 66 muestras de orientación geoquímica de las estructuras y de su respectiva caja, y 1 muestra para dataciones radiométricas.

5.2 **Sector Calca Norte**

5.2.1 **Ubicación y Acceso**

Se ubica al NO del cuadrángulo de Calca, con un área de de 256 km², está enmarcado dentro de las coordenadas UTM:

- VNO 8'543,000 N y 179,000 E
- VSE 8'527,000 N y 195,000 E

El acceso se realiza por la trocha carrozable Calca - Baños Machacancha - Andahuaylla (única vía de comunicación para vehículos).

5.2.2 **Geología**

Está emplazado en formaciones geológicas cuyas edades fluctúan desde el Ordovícico medio hasta el Neógeno.

- **Formación San José (Ordovícico Medio)**, se distribuye al NE del sector, constituida en la base por intercalaciones de cuarcitas y pizarras, en la secuencia intermedia por areniscas de color claro y lutitas negras; y en la parte superior por pizarras negras o filitas. Esta secuencia está plegada y afectada zonalmente por esquistosidad plano axial.
- **Formación Sandia (Ordovícico Superior)**, se presentan pequeñas exposiciones en el N y E del sector, está constituida en su base por intercalaciones de pizarras negras y cuarcitas; su parte intermedia es predominantemente arenosa; y en el tope encontramos intercalaciones de pizarras negras o esquistos con capas delgadas de cuarcitas.
- **Formación Zapla (Ordovícico Superior)**, se distribuye en un anticlinal (Anticlinorio de Suntucocha) en la parte central del sector en una franja tectónica limitada por fallas inversas

con dirección NO-SE; está constituida en su base por intercalaciones de areniscas y pizarras; en su parte media por diamictitas y microconglomerados cuarzosos; y hacia la parte superior existen intercalaciones de cuarcitas y pizarras. Está afectada por esquistosidad plano axial.

- **Formación Paucartambo (Siluro - Devoniano)**, se ubica en la parte central en una franja limitada por fallas inversas con dirección NO - SE, consiste de una secuencia de pizarras, esquistos, ocasionalmente calcáreos e intercalaciones pequeñas de cuarcitas; hacia la parte superior se encuentran cuarcitas blancas.

- **Grupo Mitu (Pérmico Superior - Triásico Inferior)**, se distribuye ampliamente al Oeste del sector, está conformado en su base (formación Pisac) por niveles de brechas y conglomerados volcánicos, los que están intercaladas con areniscas y limolitas rojas; la parte superior (formación Pachatusan) consiste de brechas, aglomerados y coladas de basalto, e ignimbritas. Esta formación se caracteriza por su color rojo violáceo (Capas rojas).

- **Formación Huancané (Cretáceo Inferior)**, se ubica en una pequeña franja en el SE del sector, consiste en su miembro inferior de conglomerados, areniscas conglomerádicas, y areniscas cuarzosas de color blanco; su miembro superior está constituido por niveles de calcáreos y lutitas rojas a negras. tiene origen marino/continental.

En el sector no se han ubicado rocas magmáticas de gran extensión, salvo pequeños cuerpos hipabisales porfíricos de naturaleza andesítica, como es el caso de la mina Azul, al Oeste.

5.2.3 Geoquímica

En base a resultados sobre la prospección geoquímica regional (Ver Item 4.3), se evaluaron 20 muestras de sedimentos de quebradas recogidas en el sector de Calca Norte. En primer lugar, hay que mencionar que el muestreo geoquímico no es representativo para toda el área, los sistemas de drenaje de las partes SE y Sur central no han sido cubiertas, ejem. los sedimentos que provienen de mina Azul (Cu); del mismo modo, los que se derivan de las zonas con anomalías espectrales solo fueron cubiertos parcialmente por el muestreo.

Evaluación Geoquímica:

Respecto a resultados de la evaluación regional, ninguna ley de cualquiera de los elementos analizados (Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, Mo, Sb y As) en las muestras tomadas en el sector, presenta valores geoquímicos anómalos.

Los sedimentos que provienen de las zonas afectadas por anomalías espectrales presentan valores de arsénico ligeramente superiores al límite de detección (14 a 15 ppm), lo cual contrasta con otros resultados de As.

5.2.4 Investigaciones Geológico - Mineras

Consistió en la investigación y control en en el área del sector, rasgos de interés económico - minero determinados en la primera fase de proyecto, a través del análisis y evaluación de los datos de satélite (JERS-1/SAR y LANDSAT/TM) e información minera precedente: unidades geológicas, lineamientos estructurales, anomalías espectrales, zonas mineralizadas, etc. Todos estos datos fueron ploteados en planos 1:50,000. Los trabajos se ejecutaron del 23.09 al 01.10.96 (9 días).
Fig. 9

Unidades Geológicas:

En el sector existe una secuencia de rocas metamórficas de origen sedimentario (pizarras y cuarcitas principalmente), que se distribuyen mayormente en el lado Este del sector, sus edades se enmarcan entre el Ordovícico Medio y el Devónico, están afectados por plegamiento y fallas inversas. En el lado Oeste se presentan sedimentos conglomerádicos con intercalaciones de material volcánico efusivo (capas rojas), cuya edad comprende desde el Pérmico Superior al Triásico Inferior; en la parte superior se encuentra un paquete de sedimentos del Cretáceo Inferior, compuesto de conglomerados, areniscas conglomerádicas, areniscas cuarzosas de color blanco, y niveles de calcáreos y lutitas rojas a negras.

Lineamientos estructurales:

Las secuencias sedimentarias del Paleozoico fueron principalmente afectadas por procesos tectónico - estructurales, los cuales se manifiestan en una franja que cruza el sector

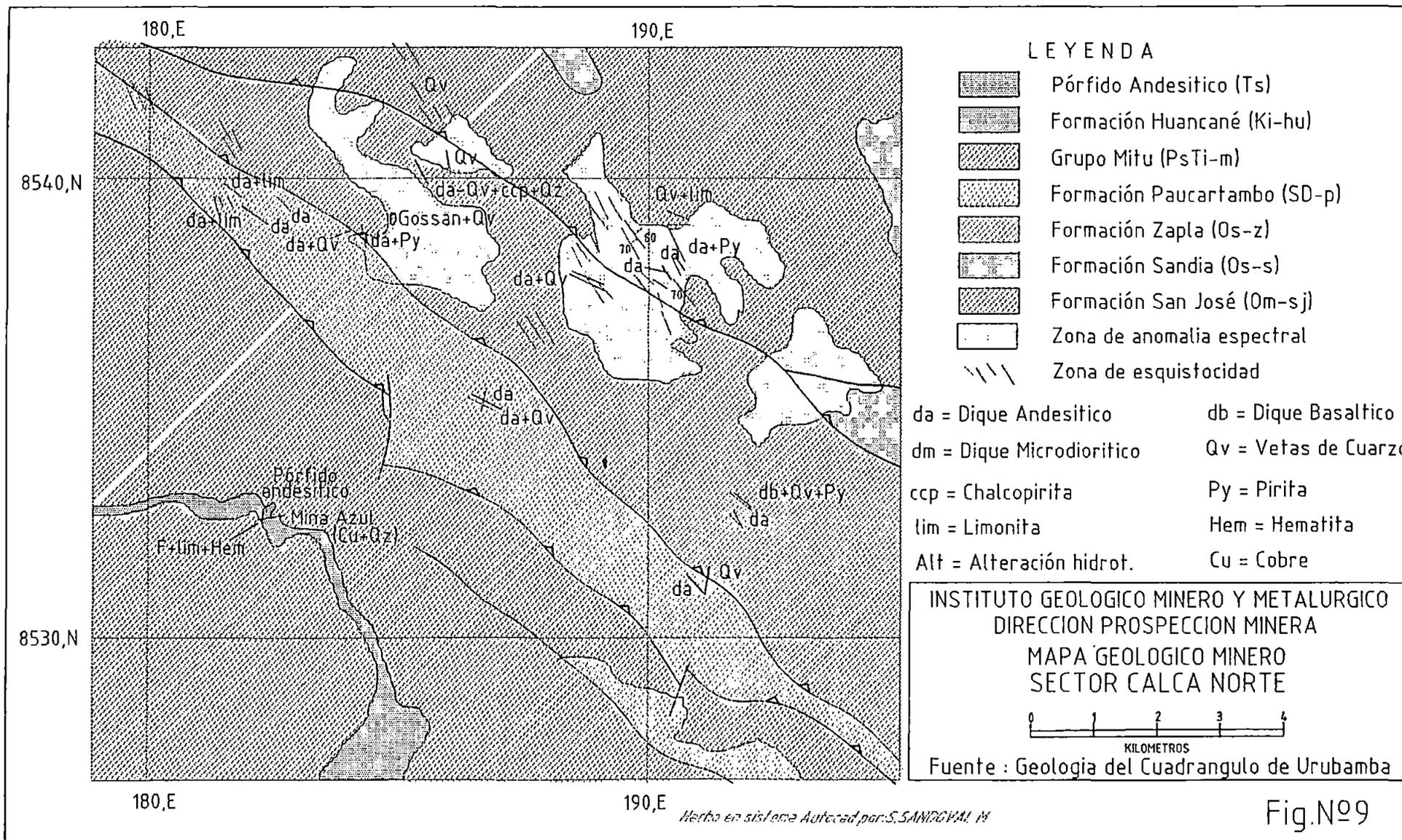


Fig. N°9

diagonalmente, de NO a SE, donde se formaron plegamientos con planos axiales casi verticales; existe una megaestructura anticlinal cuyo eje tiene un recorrido de varios kms y pliegues menores paralelos, Carlotto (1995), ha nominado a esta zona como Anticlinorio de Suntucocha. Estas secuencias estratigráficas están generalmente afectadas por superposición de estratos (cabalgamientos) producto de fallas inversas con rumbos generales NO - SE, y tienen una vergencia hacia el SO. Las cuatro anomalías espectrales se sitúan alineadas dentro de esta franja.

Otro rasgo estructural interesante también involucrada en esta franja tectonizada, es la esquistosidad que afecta en especial a las rocas de las formaciones Zapla y San José. Generalmente concordante con la estratificación y/o plano axial, con dirección general NO - SE, aquí se encuentran concentraciones mayores de compuestos de fierro y presencia de vetas de cuarzo blanco.

Anomalías Espectrales:

En el sector se manifiestan cuatro anomalías espectrales, alineadas en un ambiente tectonizado, con dirección NO - SE.

Afectan principalmente a las formaciones San José y Zapla. Son exposiciones de rocas mayormente filitizadas de color marron rojizo, están cloritizadas, silicificadas y piritizadas zonalmente. Aquí se emplazan sistemas paralelos de diques andesíticos, microdioríticos, y ocasionalmente riolíticos, estas estructuras están acompañadas de vetas de cuarzo blanco, limonitas y hematita, disseminaciones de pirita y ocasionalmente trazas de chalcopirita. Las vetas de cuarzo alcanzan potencias que llegan hasta 50 cms, sus rumbos se encuentran en el rango de N20° a 60°O, existiendo una dirección menos conspicua de N20° a 70°E. Los diques se emplazan en direcciones similares pero sus potencias varían en ocasiones hasta los 5 m. La anomalía mas espectacular es la que se ubica en el Cerro Chaynapurto al NE del sector.

Mineralización:

En rocas paleozoicas, relacionada principalmente a diques, vetas de cuarzo y sombreros de fierro (incluyen vetas de cuarzo) se encuentran contenidos de limonita y hematita de posible procedencia hidrotermal (oxidación de sulfuros primarios ?); por otro lado, en diques de composición intermedia (andesíticos a basálticos) se ha encontrado pirita disseminada y como microvenillas; también existen trazas de chalcopirita (en una localidad) contenida en un complejo compuesto de diques microdioríticos y vetas de cuarzo. Hay que hacer la observación siguiente: la

mineralización de óxidos de fierro, así como de sulfuros de cobre, se acentúa en zonas diferenciadas como anomalías espectrales (lugares de mayor deformación tectónica).

Al SO del sector, en rocas del grupo Mitu se encuentra la mina Azul, se trata de un pórfido andesítico silicificado y argilitizado, donde existen minerales de cobre (malaquita principalmente). En las inmediaciones, en una zona fallada con rumbo al NE, se observa una gran cantidad de limonitas y hematita.

5.2.5 Resultados

Como es el caso del sector anterior, sólo nos referimos a lo observado en el campo y a los resultados de 4 muestras selectivas de orientación, tomadas en rocas de ambientes anómalos.

Rocas del Paleozoico fueron afectadas por procesos tectónico - estructurales acentuados, principalmente en una franja con dirección NO - SE, limitada en sus extremos por fallas inversas con vergencia hacia el SO; aquí se formaron estructuras plegadas paralelas, zonas de esquistosidad con el posterior emplazamiento de diques y vetas de cuarzo. Aquí se encuentran alineadas cuatro anomalías espectrales en el mismo rumbo.

Rasgos relacionados a ambientes bastante tectonizados, especialmente en zonas de anomalías espectrales: vetas de cuarzo con limonitas, diques "mineralizados" con manifestaciones de sulfuros de Fe y Cu podrían condicionar la presencia de mineralización económica (?) del tipo polimetálica y/o aurífera. Por otro lado, hay que manifestar que, en rocas del grupo Mitu al SO, se han encontrado algunas diseminaciones de Cu (malaquita principalmente) relacionadas a pequeños pórfidos andesíticos alterados (mina Azul); pero son de pequeño volumen. Se esperan resultados geoquímicos para confirmar o descartar la importancia económica del sector.

En la zona anómala ubicada en el cerro Chaynapurto, al NE, se tomaron dos muestras selectivas, en una veta de cuarzo bien limonitizada (CCN001), y en un dique piritizado y silicificado (CCN002), los resultados fueron: el material de veta no reporta ninguna ley importante; y el material del dique arroja una ley de oro de 0.04 g/t, los valores de los otros elementos no son nada espectantes. Una muestra tomada en la mina Azul (6JCA001), nos da los siguientes valores: Cu = 4.9 %, As = 3409 ppm, Ag = 4.0 g/t, y Au = 0.04 g/t; no reporta valores interesantes de Zn y Pb.

Se recolectaron 34 muestras de orientación geoquímica, y una para dataciones radiométricas. Los análisis están siendo realizados en el Japón.

5.3 *Sector Urubamba Norte*

En el sector se distribuyen minas pequeñas de Cu, Pb, Zn, e indicios de mineralización de Au. Por este motivo se realizaron trabajos de campo para investigar el tipo y origen de estas mineralizaciones (modelos genéticos).

5.3.1 *Ubicación y Acceso*

Se encuentra ubicado en el extremo NE del cuadrángulo de Urubamba (27-r), tiene un área de 60 km², sus coordenadas UTM son:

- VNO 8'560,000 N, 818,000 E
- VSE 8'548,000 N, 823,000 E

El acceso se realiza a través de la carretera afirmada Calca - Lares - Choquecancha.

5.3.2 *Geología*

Geológicamente, se ubica mayormente en rocas sedimentarias metamórficas de la formación San José del Ordovícico medio, existiendo además formaciones que van hasta el Pérmico.

- **Formación San José (Ordovícico Medio)**, se presenta como una franja longitudinal que ocupa casi el 70 % del área, está constituida mayormente por pizarras negras y esquistos con algunos estratos de cuarcitas. Estas rocas están plegadas y afectadas por esquistosidad plano axial.
- **Formación Sandía (Ordovícico Superior)**, se distribuye al NE y E del sector, está constituida principalmente por intercalaciones de pizarras negras o esquistos y de capas delgadas de cuarcitas.
- **Formación Paucartambo (Siluro - Devoniano)**, se presenta en el extremo SO, consiste de una secuencia de pizarras y/o esquistos, y hacia la parte superior se encuentran cuarcitas blancas.

En el extremo SE (fuera del sector), se emplaza un stock granítico muy intemperizado de edad Pérmica que afecta a los sedimentos de la formación Paucartambo, formando aureolas de metamorfismo local.

5.3.3 Geoquímica

Basandose en resultados de la evaluación regional (Ver Item 4.3), se investigó el comportamiento geoquímico de 10 muestras de sedimentos tomadas en el sector, por los elementos: Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, Mo, Sb y As.

Evaluación Geoquímica:

Se determinaron valores anómalos en 5 muestras de sedimentos en los elementos plomo, cobre y arsénico, con contenidos espectantes de plata y molibdeno; no se han detectado anomalías de oro. Se describen a continuación:

- Muestra 173, valores anómalos en los elementos Pb, Cu y As, los cuales llegan hasta 4 veces el threshold (Pb). Los sedimentos están contaminados por una mina ubicada aguas arriba de la quebrada Piquimayo, al NE del sector.
- Muestra 165, anomalía en As (113 ppm), ubicada en la quebrada Chechenja, no se ha determinado su origen.
- Muestra 169, anomalía débil en As, ubicada en la quebrada Paculay, no se ha determinado su origen.
- Muestra 129, anomalía débil en As, tomada en los sedimentos del río Lares, proviene posiblemente de minas que se ubican en las margenes del río mencionado.
- Muestra 131, anomalía fuerte en As (278 ppm), ubicada en la Qda. Almaná, está contaminada por una zona de sínter que se ubica en las inmediaciones.

5.3.4 Investigaciones geológicas - Mineras

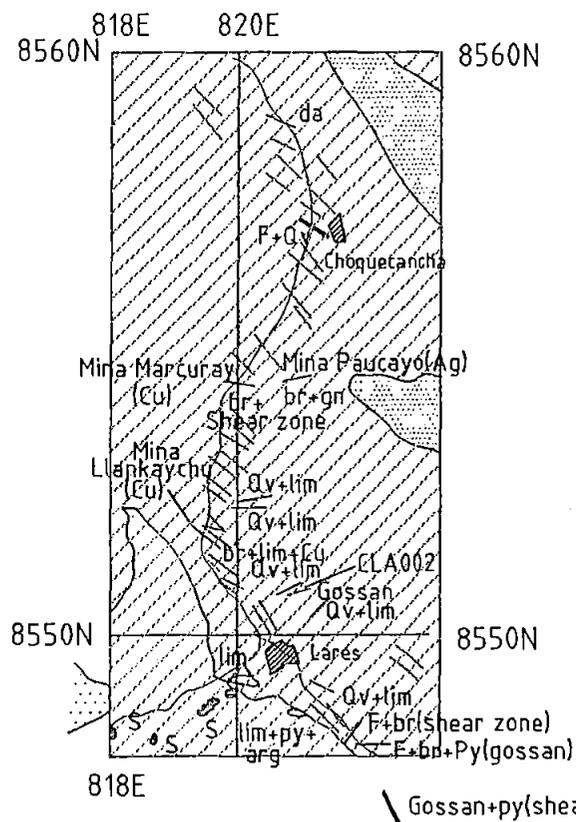
Los trabajos consistieron en verificar en el terreno los resultados obtenidos en la primera fase. Respecto a la información, muchas manifestaciones mineralizadas reportadas en diversos informes, no existen en el terreno (ubicación incorrecta ?). Los trabajos se ejecutaron del 02.10 al 05.10.96 (4 días). Fig. 10

Estructuralmente, el sector se ubica en la continuación de la franja tectonizada que tiene una dirección principal NO - SE, que afecta a los sectores de Paucartambo y Calca Norte. Localmente, en el Sur, se presentan lineamientos tectónicos con dirección NE - SE (fallamiento de rumbo), posiblemente posteriores al evento mayor, es importante porque, involucra la presencia de vetas de cuarzo blanco y estructuras brechadas, ambos con presencia de óxidos de hierro. Por otro lado también existe esquistosidad, generalmente en dirección de la estratificación (NO - SO), la que compromete el emplazamiento de diques y estructuras de cuarzo que son relacionados a cierto tipo de mineralización de sulfuros.

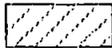
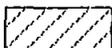
En las pizarras de la formación San José (esquistos negros), se encuentra minerales de plomo, plata, zinc y cobre asociada a estructuras tabulares brechadas y a diques de composición intermedia, que tienen rumbos generales NO - SE, minas: Paucayoc (Pb, Ag, Zn), Collquemarca (Pb, Ag) y Llankaychu (Cu, Ag); los sulfuros están rellenando fracturas (generalmente una estructura) que alcanzan anchos hasta de 0.5 m, la mineralización se distribuye diseminada muy débilmente. También en la roca caja (pocos centímetros), la cual también está silicificada y argilitizada. Del mismo modo, también se encuentran zonas bastante fracturadas (cizallamiento) con decenas de metros de ancho, y direcciones que varían desde E - O hasta NE - SO, aquí se observan vetas de cuarzo blanco y estructuras brechadas tabulares con limonitas y hematita formando acasionalmente gossans. Hacia el SO del sector se encuentran depósitos de sinter (silice y carbonatos) que sería producto de una actividad volcánica subterránea (?).

5.3.5 Resultados

El sector está afectado por procesos tectónicos, uno, con dirección NO - SE, coetáneo con la formación de plegamiento y esquistosidad, en la cual se ha depositado mineralización en vetas de Pb, Ag, Zn y Cu, asociada a diques intermedios y/o a brechas hidrotermales; y la otra dirección es generalmente NE - SO variando hasta E - O (fallamiento regional), en la cual se han formado vetas de



- \ da= Dique Andesítico
- \ F= Falla local
- \ Qv= Veta de Cuarzo
- Br= Brecha
- Py = Pirita
- xCu = Minerales de Cobre
- gn = Galena (Pb)
- lim= Limonitas
- arg= Argilitización
- S = Sinter
- CLA002= Muestra geoquímica
- /// Zona de esquistocidad

-  Intrusivo Pérmico (P-gr)
-  Fm. Paucartambo (SD-p)
-  Fm. Sandia (Os-s)
-  Fm. San José (Om-s-j)

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO
 DIRECCION PROSPECCION MINERA
 MAPA GEOLOGICO MINERO
 SECTOR URUBAMBA NORTE

0 1 2 3 4
 KILOMETROS

Fuente: Geología del Cuadrángulo de Urubamba

Fig. N°10

Por: M. A. LARA M. - Enero 1997

Hecho en sistema Autocad por: S. SANDOVAL M.

cuarzo y brechas tabulares con un contenido expectante de óxidos de fierro (gossan), en estos ambientes se puede encontrar mineralización aurífera, por antecedentes se conoce que en formaciones del Ordovícico de las mismas características se han descubierto minerales de oro (La Rinconada Puno).

En el SO del sector encontramos precipitaciones químicas de sílice y carbonato (sinter), provenientes de sistemas tipo "Hot Spring" (niveles de sistemas hidrotermales), con posible deposición de minerales preciosos y otros.

En base a las observaciones de campo, podemos decir que las características descritas promueven a este sector como de importancia económica, hay que esperar los resultados de análisis químicos para confirmar esta aseveración. Sin embargo se han analizado 6 muestras selectivas de fragmentos de roca, recogidas por la contraparte peruana en estructuras "mineralizadas" con mayores indicios económicos: una muestra tomada en una estructura tabular brechada con gran contenido de óxidos de fierro (CLA001), no reporta leyes anómalas de oro ni de otros elementos; en otra muestra tomada en una zona de cizalla (CLA004), con presencia de gran cantidad de pirita acompañada por fuerte silicificación y argilitización, tiene solo valores anómalos de arsénico (1097 ppm). En la mina Paucayoc se tomó una muestra (6JLA001), cuyos resultados fueron: Zn = 9.0 %, Pb = 11.0 %, Cu = 0.39 % y Ag = 158 g/t, no reporta leyes interesantes de oro.

Se han recolectado 19 muestras de orientación geoquímica de diversas estructuras y de su roca caja, y 1 para datación radiométrica. Los ensayos están siendo procesadas en el Japón.

5.4 Sector Urubamba Oeste

5.4.1 Ubicación y Acceso

El sector se halla ubicado en la parte central del cuadrángulo de Urubamba, tiene un área de de 220 km², sus límites en coordenadas UTM son:

- VNO 8'545,000 N , 791,000 E

- VSE 8'531,000 N , 811,000 E

El acceso se realiza mediante la carretera asfaltada Cusco - Urubamba Ollantaytambo, de esta troncal parten diversas trochas carrozables de penetración hacia el área de sector.

5.4.2 Geología

El marco geológico presenta unidades litológicas que van desde el Cambriano (Fm Ollantaytambo) hasta el Cuaternario reciente.

- **Formación Ollantaytambo (Cámbrico ?)**, se presenta en la parte central Este del sector, esta compuesta en la base, de brechas, conglomerados y areniscas cuarcíticas, y en la parte superior por ignimbritas andesíticas, intercalaciones de lutitas, cuarcitas y cineritas verdes.
- **Formación Verónica (Ordovícico basal)**, se presenta hacia el Oeste suprayaciendo a la formación Ollantaytambo, está constituida por bancos potentes de conglomerados, compuestos principalmente por cantos de cuarcita con matriz arenosa.
- **Formación San José (Ordovícico Medio)**, se presenta al Norte y en el extremo SE del sector, compuesta en su base por intercalaciones de cuarcitas y pizarras, en la parte media por areniscas y lutitas negras; y en el tope por pizarras negras o filitas.
- **Grupo Copacabana (Pérmico inferior)**, está compuesto principalmente por calizas de grano fino, oolíticas o nodulosas, presentan un color gris blanquecino a negro; se observan también niveles de lutitas de origen marino.
- **Grupo Mitu (Pérmico Superior - Triásico Inferior)**, se distribuye al Este del sector, está compuesto en su parte inferior de brechas y conglomerados volcánicos con intercalaciones de areniscas y limolitas rojas; y en la parte superior por brechas, aglomerados, basaltos, e ignimbritas. Tiene un color rojo violáceo (Capas rojas).
- **Formación Huancané (Cretáceo Inferior)**, se presenta en una pequeña franja en la parte inferior central del sector, consiste en su miembro inferior de conglomerados y areniscas cuarzosas de color blanco; su miembro superior está constituido por calizas y lutitas rojas a negras.

- **Formación Maras (Cretáceo inferior)**, está compuesta básicamente por capas de yeso, intercaladas con lutitas rojas y verdes (ambiente lacustrino y/o marino poco profundo), con algunos niveles delgados de caliza.

- **Depósitos Cuaternarios**, están constituidos por bancos de sedimentos de origen fluvial y aluvial, como son: gravas, arenas y arcillas intercaladas con niveles de turba, formando una secuencia de terrazas.

En los extremos NE y SO del sector se encuentran pequeñas exposiciones de rocas intrusivas de tipo granítico (forman parte de cuerpos batolíticos mayores), generalmente intruyen a las rocas de la formación Ollantaytambo y volcánicos del Grupo Mitu, formando aureolas débiles de metamorfismo de contacto. Estos cuerpos están cortados por diques aplíticos.

5.4.3 Geoquímica

Con el objeto de determinar anomalías en las rocas del sector en los elementos Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, Mo, Sb, y As, se evaluó el comportamiento geoquímico de 20 muestras de sedimentos de quebrada.

Evaluación Geoquímica:

Sólo dos muestras de sedimentos presentan valores anómalos:

- Muestra 157, presenta anomalías fuertes en: Pb = 0.38 %, Zn = 0.30 %, Cu = 0.22 %, Ag = 8 g/t, y As = 428 ppm. Se comprobó que los sedimentos están contaminados por mineralización proveniente de la mina Escarbajo o Mantayoc, ubicada en la margen derecha de la quebrada Aruraycocha al NE del sector (Grupo Mitu).

- Muestra 202, presenta leyes anómalas de cobre (175 ppm). Se presume que los sedimentos están contaminados por mineralizaciones singenéticas de cobre que se observan ocasionalmente en las rocas sedimentarias de la formación Ollantaytambo (económicamente, son marginales).

Hay que mencionar que, las muestras comprometidas con las anomalías espectrales (153, 154 y 195) no presentan ningún tipo de anomalías geoquímicas.

5.4.4 Investigaciones Geológico - Mineras

Se realizaron principalmente trabajos de geología minera en tres zonas afectadas por posibles anomalías espectrales, en ambientes mineralizados (Ejem. mina Escarbajo o Mantayoc); asimismo se verificaron lineamientos estructurales y unidades geológicas en el sector. Los trabajos se efectuaron en el periodo comprendido del 06.10 y 10.10.96 (5 días). Fig. 11

Lineamientos Estructurales:

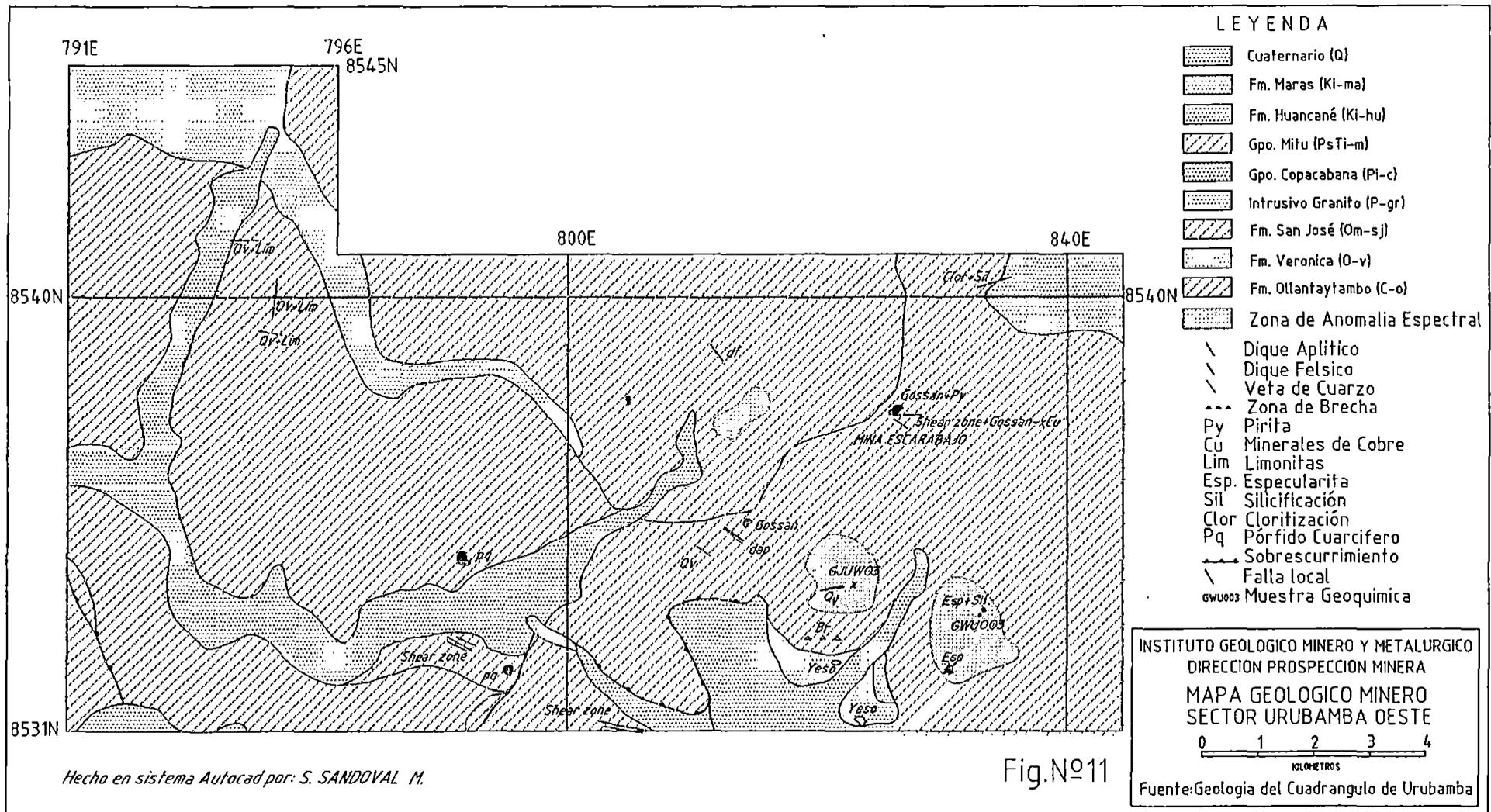
El sector se ubica en una zona de influencia de lineamientos estructurales regionales con dirección ONO - ESE (Deflexión de Abancay), que posiblemente controlan el emplazamiento de estructuras mineralizadas tabulares, principalmente de cobre (mina Escarbajo). Localmente existen lineamientos tectónicos más antiguos (?), con una dirección principal NO-SE (dirección Andina), en los cuales se emplazan vetas de cuarzo acompañadas de óxidos de hierro (limonitas, hematita, etc) asociadas mayormente a diques de naturaleza félsica hasta andesítica, ocasionalmente piritizados.

Existe otra dirección tectónica NE - SO menos conspicua, en la cual también se presentan algunas vetas de cuarzo con óxidos de hierro. Por otro lado el área estaría afectada estructuralmente por cuerpos graníticos batolíticos aledaños, los que de algún modo siguen la dirección NO-SE.

Anomalías Espectrales:

Se determinaron tres zonas afectadas por anomalías espectrales (reflectancia de minerales de hierro), dos ubicadas al SE, y otra, al Norte del sector.

Se trata generalmente de zonas intemperizadas, y no se observan características relacionadas a procesos hidrotermales (alteración/mineralización); asimismo, aspectos tectónicos relevantes. Dos de ellas se sitúan en rocas del grupo Mitu, principalmente en material volcánico (tufos basálticos, flujos andesíticos, brechas y conglomerados volcánicos) y en menor proporción en sedimentos finos (lutitas); la otra "anomalía" se ubica en pizarras de la formación San José. Esporádicamente se encuentran indicios puntuales de especularita en ambientes silicificados y algunas venillas de cuarzo blanco con limonitas, especialmente en las rocas del Grupo Mitu.



Hecho en sistema Autocad por: S. SANDOVAL M.

Fig. N°11

Mineralización:

Concentraciones de óxidos de hierro, asociadas a diques, vetas de cuarzo, y a pequeñas zonas de fracturamiento denso (gossans) representa esencialmente a la mineralización en este sector. Por otro lado, en ambientes silicificados se observan indicios de especularita, que se ubica principalmente en rocas del grupo Mitu. La mina Escarabajo o Mantayoc es la manifestación más importante de mineralización en el área, se trata de una estructura ubicada en una zona de cizalla con rumbo E - O, que contiene minerales de cobre (crisocola, malaquita y azurita), pirita, especularita, magnetita y mucha limonita.

5.4.5 Resultados

Las consideraciones aquí reportadas son producto de la evaluación de las observaciones de campo y del resultado de dos muestras selectivas tomadas en las anomalías espectrales.

Se observan factores geológicos que ameritan en cierto modo una importancia económica en el sector, si bien es cierto que, en algunas localidades se observan pequeños ambientes silicificados con óxidos de hierro (limonitas principalmente); algunas vetas de cuarzo con limonitas hasta de 0.3 m de espesor; diques andesíticos y aplíticos con pequeños contenidos de pirita, ubicados algunos de ellos en zonas de cizalla con aureolas de alteración propilítica. Por otro lado hay confirmación de estos factores mediante la evaluación de los resultados químicos.

Desde el punto de vista económico, en las anomalías espectrales se observan, pocas vetillas de cuarzo blanco con limonitas y pequeñas manifestaciones de volcánicos silicificados (tufos con contenidos de especularita. Cabe mencionar que estas "anomalías" se producirían por la reflectancia de los compuestos de hierro formados por intemperismo superficial. Se recolectaron 2 muestras selectivas en estos ambientes: veta de cuarzo con limonita (6JUW03) y de una roca silicificada con especularita (6WU003), en ambos casos, no se tienen resultados positivos en ningún elemento.

La mina Escarabajo o Mantayoc representa hasta el momento la manifestación más importante de mineralización. Se trata de una estructura vertical que se emplaza en los volcánicos del grupo Mitu; está asociada a diques andesíticos ubicados en una zona de cizalla, y tiene un rumbo

aproximado E - O; contiene minerales de cobre (crisocola, malaquita y azurita), pirita, especularita y magnetita.

Se recolectaron 10 muestras en puntos de mayor significancia económica (gossan, estructuras, otros) y sus respectivas rocas caja.

5.5 **Sector Anta Oeste**

5.5.1 **Ubicación y Acceso**

Se ubica en la parte suroccidental del cuadrángulo de Urubamba, Tiene un área de 220 km². Está delimitada por las coordenadas UTM:

- VNO 8'520,000 N , 776,000 E

- VSE 8'509,000 N, 796,000 E

El acceso se realiza mediante la carretera asfaltada Cusco - Anta - Limatambo. En el área existen algunas trochas carrozables y caminos de herradura para el acceso directo.

5.5.2 **Geología**

En el sector existen unidades geológicas cuyas edades comprenden desde el Cretáceo Inferior hasta el Cuaternario reciente. También hay rocas plutónicas del Terciario.

- **Formación Maras (Cretáceo inferior)**, es la formación más antigua, se presenta como franjas en diversas localidades del sector, y está compuesta mayormente por capas de yeso. intercaladas con lutitas y niveles delgados de calcáreos.

- **Formación Ayavacas o Yuncaypata (Cretáceo Superior)**, se presenta como pequeñas exposiciones en la parte Sur central del sector, consiste esencialmente de calizas micríticas, las cuales están afectadas por metasomatismo de contacto por acción de un stock cuarzo monzónico del Terciario, formando zonas de skarn con presencia de abundante magnetita.

- **Formación Puquín (Cretáceo Superior)**, se distribuye en la parte Norcentral, consiste esencialmente de una secuencia compuesta en su base por areniscas fluviales cor

intercalaciones de lutitas, margas y calizas lacustrinas, la parte superior está representada por areniscas fluviales feldespáticas de color rojo.

- **Formaciones Quilque y Chilca (Paleoceno - Eoceno Inferior)**, se presentan en el SO del sector, consiste de una secuencia compuesta de lutitas, areniscas rojas y conglomerados calcáreos (Fm. Quilque). La formación Chilca está constituida por lutitas rojas con láminas de yeso, margas y areniscas calcáreas lacustres. Forman las llamadas capas rojas.

- **Grupo San Jerónimo (Eoceno medio-Oligoceno inferior)**, aflora ampliamente en el sector, es una serie sedimentaria potente de origen continental; en la base está constituido por areniscas feldespáticas y microconglomerados, con niveles de lutitas rojas (Fm. Kayra). Su parte superior (Fm. Soncco) está compuesta por lutitas rojas intercaladas con areniscas finas (mineralización estratoligada de cobre) y conglomerados.

- **Formación Anta (Mioceno medio)**, se presenta en el Sur del sector, está compuesta por material de origen volcánico: brechas y conglomerados volcánicos, coladas de lava, intercalados con algunos niveles de areniscas feldespáticas y limolitas rojas.

- **Formación Rumicolca (Plio-Cuaternario)**, se presenta en el SO del sector, consiste de pequeños cuerpos volcánicos, que afloran a lo largo del límite entre la Cordillera Oriental y las Altiplanicies. (Carlotto, 1996).

Cuerpos graníticos del Terciario, de tipo cuarzomonzonita afloran en la parte SO y Surcentral del sector, son rocas de grano medio algo porfíricas, desarrollan metamorfismo de contacto con las calizas Yuncaypata, las cuales aparecen como techos colgantes.

5.5.3 Geoquímica

Se recogieron 18 muestras de sedimentos de quebrada en el sector, 6 de ellas se relacionan con anomalías espectrales. los elementos son: Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, Mo, Sb, y As.

Evaluación Geoquímica:

De acuerdo a la evaluación regional, en el sector no se ha detectado ningún tipo de anomalía en lo que concierne a los elementos anteriormente citados. Sin embargo el muestreo no es representativo para toda el área.

Considerando que, las muestras geoquímicas fueron tomadas en ambiente mayormente del Cretáceo, se ensayó evaluar los análisis químicos desde el punto de vista local. En este contexto se determinaron dos valores anómalos débiles de Zn, y Cu, en el primer caso posiblemente contaminada por poblaciones cercanas; y en el segundo, no se ha determinado su origen. Hay que tener en cuenta que, los resultados son muy relativos por la pequeña cantidad de muestras.

5.5.4 Investigaciones Geológico - Mineras

Originalmente, aquí se ubicó mediante el análisis de imágenes de satélite una amplia zona de anomalías espectrales, de allí el interés de investigar el sector. Los trabajos se ejecutaron en el periodo comprendido del 11.10 y 18.10.96 (8 días). Fig. 12

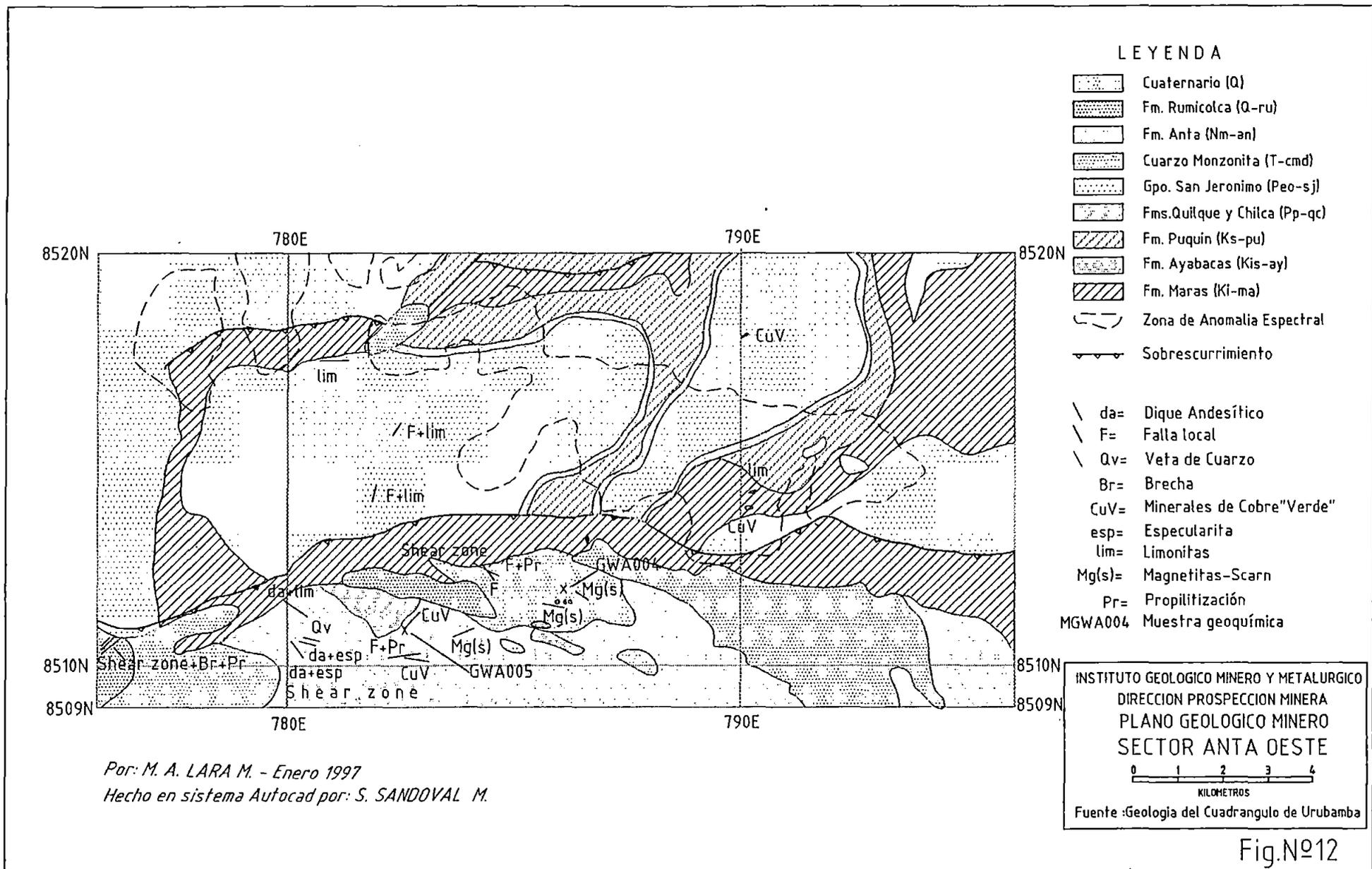
Desde el aspecto estructural, en el sector, las secuencias sedimentarias están plegadas principalmente con dirección NE - SO, posiblemente estos pliegues se originaron por efectos de las fallas inversas, las que tienen una vergencia hacia el Norte. Localmente se observan lineamientos estructurales menores, principalmente diques andesíticos y vetas de cuarzo, sus rumbos varían desde NO hasta E - O; ocasionalmente se encuentran estructuras brechadas con oxidaciones de hierro, tienen direcciones NE - SO, y están emplazadas mayormente en zonas de falla (cizallamiento).

Anomalías Espectrales:

No se han encontrado factores geo - mineros que ameriten como económicamente interesantes a estas anomalías, observaciones de campo indican que, **posiblemente** estas son ocasionadas por la reflectancia de minerales oxidados de fierro formados por efectos intempéricos sobre rocas del Mesozoico (?). Sin embargo se necesitan más trabajos de campo para su confirmación o descarte.

Mineralización:

En rocas sedimentarias de grano fino (areniscas y lodolitas principalmente) del Mesozoico (Fm. Maras) y del Terciario (Gpo. San Jerónimo) se ha encontrado minerales de cobre (malaquita y crisocola) de posible origen estratoligado, la mineralización se presenta como pátinas en los planos de estratificación.



Al sur del sector, se observa mineralización abundante de magnetita de tipo skarn, originada por efectos metasomáticos de contacto, por la intrusión de un stock monzonítico en pequeños afloramientos de calizas de la formación Ayavacas.

Por otro lado, en los volcánicos de la formación Anta existen minerales de cobre "verde" y magnetita, asociados a pequeñas estructuras situadas en zonas de cizalla (Shear Zone). Es importante realizar trabajos detallados en esta formación (especialmente en los horizontes de volcánicos, e hipabisales); se tiene conocimientos que hacia el sur, en el paraje Morosayhuas, se están realizando exploraciones por mineralización de oro.

5.5.5 Resultados

Se realizaron trabajos de comprobación de campo en las zonas de anomalías espectrales, los cuales muestran que no existen rasgos geológicos importantes para encontrar mineralización económica de algún tipo; parece ser que estas anomalías son producidas por la reflectancia de compuestos oxidados de fierro por efectos de intemperismo superficial.

Hacia la parte sur del sector, en la formación Anta (secuencia volcánica - lavas andesíticas), encontramos zonas afectadas por fracturamiento local que podrían ser originados por el movimiento de soluciones hidrotermales (shear zones), aquí se observa mineralización de cobre y magnetita asociada a diques andesíticos y vetas de cuarzo que ocasionalmente llegan hasta 0.6 m de espesor. Es importante realizar trabajos detallados principalmente en las secuencias volcánicas e hipabisales que lo intruyen.

Es preciso anotar también que se han ubicado en esta parte sur, estructuras con mineralización incipiente de cobre (malaquita principalmente) y gran cantidad de skarn de magnetita asociada a calizas afectadas por pequeños stocks magmáticos.

Se obtuvieron 2 muestras selectivas en la zona de cobre y otra en la zona del skarn de magnetita, la primera (6WA005) nos da resultados del orden de 1.4% de Cu, y la segunda (6WA004) no reporta resultados económicos en ningún elemento.

Se recolectaron 21 muestras de orientación geoquímica principalmente en el lado Sur, en estructuras y su roca caja.

5.6 *Sector Puerto Maldonado*

Se trata de dos zonas que están ubicadas: una al Este y otra al sur de la ciudad de Puerto Maldonado, en la hoja de Puerto Maldonado (26-y).

5.6.1 Geología

El aspecto geológico es monótono, consta exclusivamente de sedimentos del cuaternario, teniendo como base a la formación Madre de Dios.

5.6.2 Investigaciones Geológico - Mineras

Estas investigaciones se realizaron con el objeto de determinar características que favorecen la deposición secundaria del oro en los cauces y paleocauces (detectados en imágenes de satélite); otra finalidad fué investigar la procedencia de este metal, y por último, analizar los sedimentos para evaluar sus contenidos de minerales pesados y tierras raras. Los trabajos se realizaron del 09.10 al 13.10.96 (5 días).

Los trabajos se llevaron a cabo principalmente en las riveras de los ríos Tambopata y Madre de Dios, y en paleocauces ubicados a pocos kms de estos ríos. Se investigaron las características de los depósitos auríferos, métodos de explotación, y también se recopiló cierta información al respecto.

El INGEMMET dentro del Proyecto Aurífero - MIMA (Minería Informal y Medio Ambiente), el año 1995 realizó una evaluación geológico-minera del área del río Madre de Dios (entre Lago Sandoval y la desembocadura del río Colorado), donde se ha obtenido un valor promedio de contenido de oro de 0.31 g/m^3 . Asimismo se realizó un muestreo detallado en las partes altas del río Madre de Dios, entre el sector de Bijahual y Playa Alegría, obteniéndose las leyes más altas de oro (mayorea a 0.5 gr/m^3 y en los sectores de Huepetuhe - Caichihue el valor promedio del contenido de oro es de 0.205 g/m^3 . Por otro lado, mediante el estudio geofísico se hizo el cálculo ponderado de los espesores de sobrecarga en las siguientes áreas:

<u>Sector</u>	<u>Espesor Promedio de Sobrecarga.</u>
Huepetuhe	7 m.
Caychihue	8 m.
Puquiri	4 m.
Puerto Carlos	4 m.

5.6.3 Resultados

Se realizaron trabajos en las márgenes e inmediaciones de los ríos Tambopata y Madre de Dios: En la zona del río Tambopata se encuentran conglomerados cementados con arcillas ferruginosas (tope de la Fm. Madre de Dios), donde se observan algunas partículas de oro, muy finas, del mismo modo en los sedimentos adyacentes (point bar), así como minerales pesados principalmente magnetita. En el ámbito del río Madre de Dios se presentan contenidos de oro que son explotados artesanalmente tanto en los lechos del cauce principal y en la márgenes, así como en paleocauces que se ubican generalmente a pocos km de las riberas. Se visitó uno de estos paleocauces, donde las leyes de Au llegan hasta 1 g/Tm, y sus dimensiones son de 120 m de ancho x aprox. 1000 m de largo x 6 m de profundidad. Es preciso mencionar que los resultados analíticos son importantes para ahondar más en el tema.

Se obtuvieron 6 muestras tomadas en la gravas auríferas, concentrados y del conglomerado ferruginoso. Serán analizadas en el Japón.

6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

El presente estudio tuvo el objeto primordial de ubicar zonas mineralizadas económicamente rentables, de oro y polimetálicos en un área que se ubica en los departamentos de Cusco y Madre de Dios, con una extensión de 120,000 km², y comprende 43 cuadrángulos de la Carta Nacional.

Involucró el tratamiento y evaluación de datos de imágenes de los satélites JERS-1/SAR para delimitar unidades geológicas y lineamientos tectónico - estructurales regionales; y LANDSAT/TM para detectar anomalías espectrales asociadas a procesos de alteración hidrotermal/mineralización; asimismo, el análisis y evaluación de la información minera existente del área, con el objetivo de determinar la génesis de mineralización de la región.

Los resultados de la evaluación de datos mineros e imágenes de satélite, determinaron seis sectores con posibilidades de ubicar mineralizaciones rentables: **Paucartambo, Calca Norte, Urubamba Norte, Urubamba Oeste, Anta Oeste y Puerto Maldonado.**

En el Sector de **Paucartambo** existen anomalías espectrales, en las cuales se observa ocasionalmente minerales hidrotermales sílico - argílicos con limonitas y trazas de cobre, asociados a zonas de tectonismo intenso, ambientes propicios para la depositación económica de minerales. Se ha detectado mineralización económicamente marginal de Cu, Pb y Zn (reservas limitadas). Geoquímicamente, en sedimentos no se han encontrado leyes anómalas interesantes.

El sector de **Calca Norte** está afectado tectónicamente en una franja con dirección NO - SE, aquí se alinean anomalías espectrales, donde se observan vetas de cuarzo con limonitas y diques andesíticos con trazas de sulfuros de Fe y Cu; condicionan la presencia de algún tipo de mineralización (económica ?). En otra localidad, se ha encontrado diseminaciones de minerales de cobre en pórfidos alterados (mina Azul), con leyes hasta de 4.9 %. La geoquímica en sedimentos no presentó valores anómalos.

El sector **Urubamba Norte** está afectado por procesos tectónicos: NO - SE, en esta dirección principal se encuentra mineralización económicamente marginal de Pb, Ag, Zn y Cu, asociada a diques y/o a brechas hidrotermales; y NE - SO variando hasta E - O, en esta dirección se han formado vetas de cuarzo y brechas tabulares con óxidos de hierro (gossan). La geoquímica de sedimentos detectó valores anómalos de Pb, Cu y As; no hay anomalías de oro.

El sector **Urubamba Oeste** está afectado por tectonismo regional con dirección ONO - ESE, que controla mineralizaciones polimetálica en vetas de poca rentabilidad; localmente hay estructuras tectónicas acompañadas por limonitas y pirita con direcciones NO - SE y NE - SO. Las anomalías espectrales corresponden a zonas no afectadas tectónica ni hidrotermalmente. La geoquímica en sedimentos detectó anomalías de Pb, Cu, y Ag (mina Escarbajo); las anomalías espectrales no reportan valores anómalos.

En el sector **Anta Oeste** existen lineamientos estructurales NE - SO, en esta dirección se encuentran estructuras brechadas limonitizadas relacionadas a zonas de cizalla. Las "anomalías espectrales" no muestran aspectos geo - económicos de interés, serían ocasionadas por oxidaciones intempéricas. En el Sur existe mineralización de cobre con leyes de hasta 1.4%, asociada a diques andesíticos y vetas de cuarzo; y skarn (magnetita) de poca importancia económica. No se ha detectado anomalías geoquímicas en sedimentos.

En el sector **Puerto Maldonado** se investigaron los sedimentos detríticos "auríferos" de los ríos Tambopata y Madre de Dios. En el río Tambopata existe mineralización de oro en conglomerados ferruginosos extensos; en los sedimentos del río Madre de Dios hay contenidos de oro hasta de 1 g/m^3 . También existen paleocauces con dimensiones que bordean los 100 m de ancho, 1000 m de largo, y 6 m de espesor; con leyes de hasta 1.3 g/m^3 .

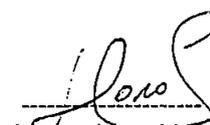
Es importante mencionar que, las conclusiones reportadas respecto a los sectores de interés son exclusivamente producto de observaciones de campo y resultados analíticos de un número reducido de muestras de orientación geoquímica en rocas.

Recomendaciones:

Es preciso realizar estudios de exploración detallados en las siguientes localidades:

- En el sector Paucartambo: en la anomalía de mayor extensión (cerro Rumapajcha), donde se observan zonas anchas de cizallamiento que incluyen enjambres paralelos de vetas de cuarzo con contenidos de óxidos de hierro y alteración de origen hidrotermal.
- En el sector Calca Norte: al SE, en zonas aledañas a la mina Azul, aquí se ha encontrado mineralización de cobre ligada a pórfidos andesíticos alterados. Investigar también la anomalía ubicada en el C Chaynapurto al NE, aquí existen muchos diques piritizados con contenidos de oro.
- En el sector Anta Oeste: Investigar los volcánicos Anta, se tiene conocimientos que al Sur del sector, en el paraje Morosayhuas, se están realizando exploraciones auríferas (perforación diamantina). Por otro lado en el Sur, se ha detectado en rocas del grupo Mitu (?) leyes de cobre hasta de 1.4 %.

Lima, Febrero de 1,997


Marco Lara M.
Por los autores

BIBLIOGRAFÍA

- Baldock, J. (1972): Northern Perú Geochemical Exploration Project (a preliminary final report), Informe Técnico, INGEMMET, inédito. 67 p.
- Carlotto, V.C., Cárdenas, J.R., Chávez, R.A., Gil, W.R. (1996): Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca, hojas 27-r y 27-s, INGEMMET - UNSAAC, 245 p.
- Chacón, N., Canchaya, S., Morche, W. y Aranda, A. (1995): Metalogenia como guía para la prospección minera en el Perú, INGEMMET, 50 p.
- Galoso, A. y Paredes, R.P. (1993): Reconocimiento y asistencia geológico - minera, quebradas del río Huaypetuhe, dpto. de Madre de Dios, informe técnico, INGEMMET, inédito.
- INGEMMET - JICA (1996): Informe sobre la exploración minera en la Cordillera Oriental de la República del Perú, Convenio 1996 - 1997, Informe primera fase, 105 p.
- INGEMMET (1996): Evaluación geológico-minera por oro y dispersión de Mercurio en el río Madre de Dios (Boca del Colorado - Lago Sandoval), Resumen Ejecutivo, 30p.
- Kossmehl, H., Wolff, F. (1979): Prospección de estaño en la parte oriental de Puno, informe técnico, INGEMMET - CMPA, 26 p.
- Kossmehl, H., Lara, M., Wolff, F. (1982): Prospección de estaño en la anomalía geoquímica "Huauilla Cocha"/Puno, informe técnico, INGEMMET, 15 p.
- Lara, M.A. (1996): Exploración minera en el área Sur Oriental del Perú, informe resumen primera fase, INGEMMET, inédito, 4 p.
- Lara, M.A. (1996): Exploración minera en el área Sur Oriental del Perú, informe resumen segunda fase, INGEMMET, inédito, 7 p.
- Lara, M.A., Larico, W. (1996): Geología económica del cuadrángulo de Macusani 29-v, informe técnico, INGEMMET inédito, 33 p.

Laubacher, G. (1978): Estudio geológico de la región norte del lago Titicaca, Instituto de Geología y Minería, Boletín No. 5, 120 p.

ORSTOM - INGEMMET (1983): Oro primario y detrítico en la cordillera Sur Oriental del Perú. El papel la evolución geomorfológica en la formación de los placeres, Convenio 1980 - 1983, informe final segunda parte, 94 p.