

Informe sobre la exploración minera del área Yani-Pelechuco, República de Bolivia Informe General

Marzo, 2005

PROLOGO

El gobierno del Japón, en respuesta a la solicitud del gobierno de la República de Bolivia, decidió realizar diversos estudios de exploración de yacimientos minerales mediante interpretación de datos existentes, exploración geoquímica y interpretación de imágenes satelitales con el objetivo de comprobar las posibilidades de recursos minerales metálicos en el área de Yani-Pelechuco, ubicada al Norte de la República de Bolivia, para lo cual se le encargó la investigación a la “Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)”, la cual decidió confiar la realización de los estudios a la “Organización Minera Metálica del Japón (actualmente JOGMEC: “Corporación Nacional de Petróleo, Gas y Metales del Japón”)”, debido a que el contenido de las investigaciones pertenece a campos especializados de geología y al estudio de recursos minerales.

El presente estudio se realizó en un lapso de 3 años apartir del año 2002, y se pudo concluir satisfactoriamente, gracias a la colaboración de las institución estatal boliviana, SERGEOTECMIN (Ex-SERGEOMIN: Servicio Nacional de Geología y Minería)

El presente informe compila los resultados del estudio en sus 3 fases.

Finalmente, quisiéramos expresar nuestro más profundo agradecimiento por la colaboración recibida en la realización del presente estudio a las instituciones vinculadas del gobierno de la República de Bolivia, así como al Ministerio de Relaciones Exteriores, al Ministerio de Economía e Industria, a la Embajada del Japón en Bolivia, y a todo el personal relacionado con esta investigación.

Marzo, 2004

Tadashi Izawa

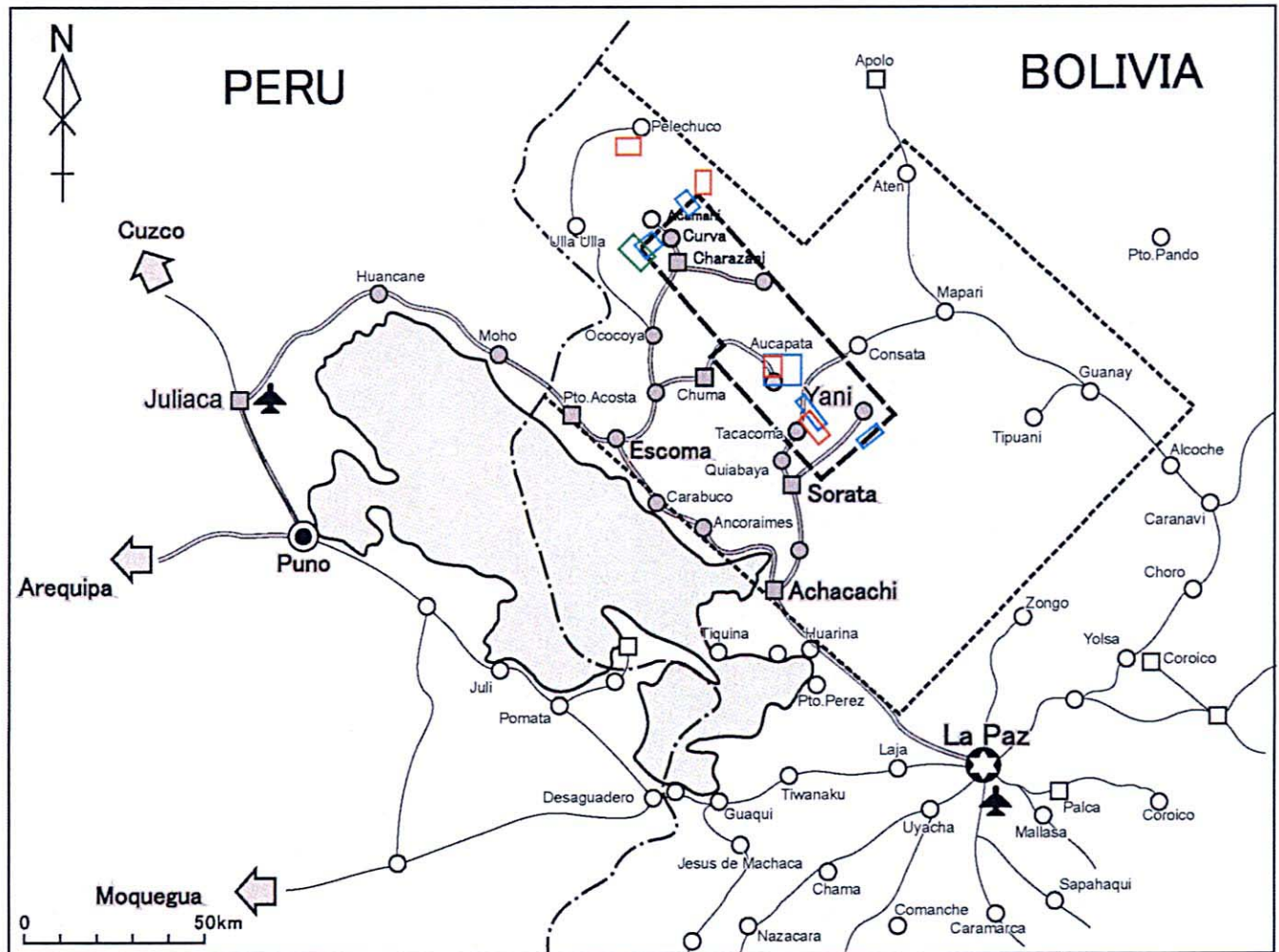
Director

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

Hidejiro Ohsawa

Presidente

Corporación Nacional de Petróleo, Gas y Metales del Japón



- ★ Capital
- City
- Town
- Village
- Study Area
- Field Survey Area (Phase I)
- Field Survey Area (Phase II Stage I)
- Field Survey Area (Phase II Stage II)
- Field Survey Area (Phase III)

第1図 調査地域位置図

Fig. 1 Ubicacion de la zona materia de estudio

Resumen

El presente informe compila los resultados del estudio básico de cooperación en desarrollo de recursos mineros abarcando el área de Yani-Pelechuco de la República de Bolivia, realizado durante 3 años apartir del año 2002. El estudio se realizó con el objeto de descubrir nuevos yacimientos reconociendo las condiciones geológicas y mineralización.

Cabe destacar las siguientes conclusiones, a pesar que no se logró descubrir nuevos yacimientos durante el estudio :

Geología

- 1) Se descubrieron fósiles de conchas en el distrito Aucapata, identificándoseles como pertenecientes al período siluro-devoniano, de lo cual la distribución de este sistema fue ampliada hacía el noreste.
- 2) Se verificaron estratos de areniscas rojizas en el distrito Charazani y sedimentos volcánicos rojizos en el extremo suroccidental del área del estudio, no obstante, no pudieron determinar sus edades. El último podría tratarse de un estrato guía del perfil estratigráfico.

Actividad ígnea

- 1) La edad K/Ar por biotitas de la granodiorita de Huato (Amarete), supuestamente contemporáneas con la de Illampu, es de $93,4 \pm 2,6$ Ma, determinándose que este cuerpo pertenece a los intrusivos del cretácico superior inicial.
- 2) Las rocas hipabisales de Charazani eran consideradas pertenecientes al período neogeno, no obstante, obteniéndose los resultados de las mediciones de edad $97,7 \pm 2,5$ Ma y $94,9 \pm 2,6$ Ma en el sector oriental, y $47,1 \pm 1,0$ Ma y $56,8 \pm 1,5$ Ma en el sector occidental. La actividad ígnea iniciada desde el oriente durante gálico-cretácico, sugiere desplazamiento del eoceno-paleogénico hacia el occidente.
- 3) Los intrusivos y diques andesíticos en forma de montura del distrito Tacacoma mostraron edades de $175,5 \pm 4,9 - 83,8 \pm 2,3$ Ma. Es posible afirmar que las actividades en los andesíticos se originaron previo a 175 Ma, basado en el grado de alteración. Esta edad corresponde a las granodioritas de Illampu

Metamorfismo

- 1) No se pudo apreciar la presencia de sillimanita, cordierita ni andalucita en las márgenes del litofacie de

clorita de esquistos verde, y no alcanzaron el isogrado de la biotita.

- 2) La dirección de la distribución térmica apunta hacia los Andes desde los granitos de Illampu y Zongo-Yani. También en la región septentrional muestran sentidos hacia los Andes, siendo comparativamente mucho más amplios que los de la región meridional.

Mineralización

- 1) Las mineralizaciones reconocidas en el área del estudio fueron yacimientos auríferos tipo manto, vetiformes de cuarzo auro-cupríferos, vetiformes polimetálicas y placeres glaciales (corrientes del deshielo a aluviales).
- 2) Los yacimientos tipo manto, verificados en las estructuras geológicas, yacen en los alrededores del eje anticlinal. Es decir, la presencia del eje anticlinal es importante para desarrollo de yacimiento.
- 3) Se confirmó que el yacimiento aurífero tipo manto yace dentro del rango del grado de grafitización entre 15-30 (aproximadamente inferiores a 400°C).
- 4) Se pudo reconocer que el yacimiento aurífero tipo manto, previamente conocido como depósito perteneciente al ordovícico, también yace en las sedimentarias del siluro-devoniano.
- 5) Los yacimientos auríferos tipo manto y parcialmente los vetiformes de cuarzo auro-cupríferos se originaron durante la actividad orogénica del metamorfismo y deformación regionales, siendo similares a los yacimientos auríferos orogénicos formados en la misma época, siendo probablemente de la misma clase (denominación tentativa: yacimiento aurífero orogénico tipo boliviano).
- 6) Ambas mineralizaciones polimetálicas de Akhamani y de los alrededores de las granodioritas de Huato, se infiere que son del período gálico del cretácico medio.
- 7) Las vetas de cuarzo auro-cupríferas, se presentan en el sector meridional, infiriéndose correlación con la mineralización polimetálica de los Andes Oriental, corresponde al gálico-cenomaniano.

Los yacimientos auríferos tipo manto, además de pertenecer al sistema ordovícico, también yacen en el sistema siluro-devónico, infiriéndose la formación de un tipo particular de yacimiento aurífero orogénico, no obstante, la carencia de información hace que requiera estudios adicionales.

En caso el yacimiento aurífero tipo manto se tratara de este tipo de mineralización, su potencial podría extenderse hacia el flanco nororiental de los Andes Oriental, donde se distribuyen las sedimentarias del paleozoico.

En caso se tratara de un yacimiento aurífero orogénico representativo, éste tendría su origen en la solución atrapada en las zonas de cizallamiento a gran escala, no obstante, al no haberse verificado la presencia de grandes cizallamientos en Pelechuco, en general, estarían asociadas a los ejes anticlinales de pequeña escala.

Sin embargo, en el sector nororiental, donde la probabilidad de latencia se vio aumentada, se infiere la existencia de zonas de cizallamientos intactas formando focos de mineralización.

**Informe sobre la exploración minera del área Yani-Pelechuco,
República de Bolivia**

Índice

Prólogo

Mapa de ubicación del área de estudio

Resumen

Parte I Generalidades

Capítulo 1 Descripción del Estudio

1-1 Distritos materia del estudio y objetivo del estudio 1

1-2 Metodología y extensión del estudio..... 1

1-3 Período y miembros del equipo de estudio 6

Capítulo 2 Estudios Precedentes 8

Capítulo 3 Generalidades Geológicas

3-1 Geología general del área del estudio 9

3-2 Generalidad de mineralización..... 9

Capítulo 4 Generalidades del Área del Estudio

4-1 Ubicación y acceso..... 12

4-2 Geomorfología e hidrología 12

4-3 Clima y vegetación..... 13

Capítulo 5 Conclusiones y Propuestas

5-1 Conclusiones 15

5-2 Propuestas 19

Parte II Análisis e Interpretación

Capítulo 1 Interpretación de Imágenes Satelitales

1-1 Objetivo..... 21

1-2 Resultados de la Interpretación 23

1-3 Consideraciones 27

Capítulo 2 Interpretación de Información Existente

2-1 Objetivo..... 30

2-2 Geología general 30

2-3 Estructura Geológica.....	35
2-4 Yacimientos.....	36
2-5 Consideraciones	39
 Capítulo 3 Estudio Regional	
3-1 Estudio geológico.....	41
3-2 Prospección geoquímica.....	49
3-3 Grado de grafitización.....	54
 Capítulo 4 Estudio Regional	
4-1 Distrito Pelechuco	57
4-2 Distrito Hilo Hilo	66
4-3 Distrito Quellhuacota	71
4-4 Distrito Charazani Oeste (Etapa I).....	73
4-5 Distrito Charazani Oeste (Etapa II).....	76
4-6 Distrito Aucapata	80
4-7 Distrito Tacacoma	89
4-8 Distrito Chuchu Jahuirá.....	93
 Capítulo 5 Análisis Integral de los Resultados del Estudio	
5-1 Geología y Estructura geológica	95
5-2 Actividad Ígnea	96
5-3 Metamorfismo (Grado de grafitización, Análisis de Difracción).....	98
5-4 Características de Mineralización	99
 Parte III Conclusiones y Propuestas	
Capítulo 1 Conclusiones.....	110
 Capítulo 2 Propuestas	 114
 Referencia bibliográfica.....	 116

Lista de Figuras

Fig. 1	Ubicación de la zona materia de estudio.....	(1)
Fig. 2	Esquema estructural del estudio.....	2
Fig. 3	Flujograma para la selección de yacimientos de interés.....	3
Fig. 4	Mapa de ubicación del área del estudio.....	4
Fig. 5	Mapa geológico generalizado.....	10
Fig. 6	Imágenes de color falso de ASTER.....	22
Fig. 7	Mapa de liniamientos interpretados (Área del proyecto).....	24
Fig. 8	Densidad de liniamientos interpretados.....	25
Fig. 9	Mapa de distribución de minerales interpretados (Área del proyecto).....	28
Fig.10	Perfil de columna estratigráfica.....	31
Fig.11	Mapa geológico local.....	32
Fig.12	Mapa de ubicación de las ocurrencias mineralizadas.....	37
Fig.13	Diagrama triangular.....	44
Fig.14	Mapa de analisis geoquímica regional (Au) de sedimentos de corriente.....	50
Fig.15	Mapa de distribución del grado de grafitización.....	55
Fig.16	Mapa geológico del sector Pelechuco.....	58
Fig.17	Perfil geológico de los sectores estudiados.....	59
Fig.18	Distribución de resultado difracción de rayos X (Pelechuco).....	61
Fig.19	Mapa de distribución del grado de grafitización (Pelechuco).....	62
Fig.20	Mapa geológico del sector Hilo Hilo.....	67
Fig.21	Distribución de resultado difracción de rayos X (Hilo Hilo).....	69
Fig.22	Mapa de distribución del grado de grafitización (Hilo Hilo).....	70
Fig.23	Mapa geológico del sector Charazani W (Etapa II).....	74
Fig.24	Perfil geológico del sector Charazani W (Etapa II).....	75
Fig.25	Mapa de interpretación integral (Charazani W).....	78
Fig.26	Mapa geológico del sector Aucapata.....	81
Fig.27	Distribución caracterización geoquímica de suelos (Au ; Aucapata).....	84
Fig.28	Distribución caracterización geoquímica de suelos (Cu ; Aucapata).....	85
Fig.29	Mapa geológico del área Huanco.....	87
Fig.30	Perfil geológico del área Huanco.....	88
Fig.31	Mapa geológico del sector Tacacoma.....	90
Fig.32	Periodos de actividad magmática y mineralización / alteración.....	97
Fig.33-1	Relación entre salinidad y temperatura (Pelechuco-Hilo Hilo).....	104
Fig.33-2	Relación entre salinidad y temperatura (Aucapata-Tacacoma).....	104

Lista de Cuadros

Cuadro 1	Metodología y Extensión del estudio	5
Cuadro 2	Períodos del estudio.....	6
Cuadro 3-1	Equipo del estudio	6
Cuadro 3-2	Equipo del estudio in situ	7
Cuadro 4	Precipitaciones promedio mensuales.....	14
Cuadro 5	Distritos de interés.....	53
Cuadro 6	Resultados de mediciones de inclusión fluída	63
Cuadro 7	Lista de fosiles determinados	96
Cuadro 8	Tendencias de cuerpos mineralizados en yacimiento tipo manto	102
Cuadro 9	Comparación de mediciones en inclusiones fluidas por tipo de yacimiento.....	105

Parte I Generalidades

Capítulo 1 Descripción del Estudio

1-1 Distritos materia del estudio y objetivo del estudio

El área del estudio corresponde al cuadrante demarcado entre latitudes sur 14°37'-16°24' y longitudes oeste 67°35' y 69°22', hacia el noroeste de Bolivia próxima a la zona limítrofe con la República del Perú, ubicada dentro de la Cordillera Oriental de los Andes (Fig. 1).

De acuerdo a la clasificación metalogénica citada arriba, correspondería entre estannífera de la provincia metalogénica de la Cordillera Oriental de los Andes y polimetálica, conociéndose la existencia de estaño, oro, tungsteno, plomo y zinc entre otros metales, sin embargo, no se han realizado estudios e interpretación de estructuras y sistemas.

Bajo este marco, el gobierno boliviano solicitó al gobierno japonés, la realización del estudio de cooperación que contribuya al fomento de las inversiones en el sector minero, mediante el reconocimiento del potencial de los yacimientos mineros en el área del estudio. La recepción de la solicitud conllevó a la suscripción de los Alcances del Trabajo (*Scope of Works*), el 16 de octubre de 2002, por la misión encargada del planeamiento del estudio.

El estudio de la primera fase tiene como objetivo seleccionar zonas de interés con potencial minero de modo eficaz *in-promptu*, mediante la interpretación integral de los resultados a obtenerse con la realización de análisis de imágenes satelitales, datos existentes y prospección geoquímica.

El estudio de la segunda fase tiene como objetivo reconocer de la relación entre la geología y estructura en la zona del estudio con la mineralización de yacimientos polimetálicos e hidrotermales. Asimismo, considerando las características de las alteraciones y las condiciones de distribución de anomalías geoquímicas, realizar la selección de zonas de interés mineralógico.

El objeto de la tercera fase es descubrimiento de nuevos yacimientos mediante la interpretación de la geología y mineralización en el área del estudio.

1-2 Metodología y extensión del estudio

Los estudios abarcaron 3 años iniciándose en el año 2002. En la Figura 2 se muestra el diagrama de flujo de la metodología del estudio en cada fase y en el Cuadro 1 los detalles de la extensión por tipo de estudio. La selección de los yacimientos de interés se realizaron de acuerdo a los pasos que se muestran en la Figura 3. En la Figura 4 se muestra las ubicaciones de los distritos estudiados.

En primer año se realizaron las interpretaciones de imágenes satelitales ASTER del cuadrante latitudes sur

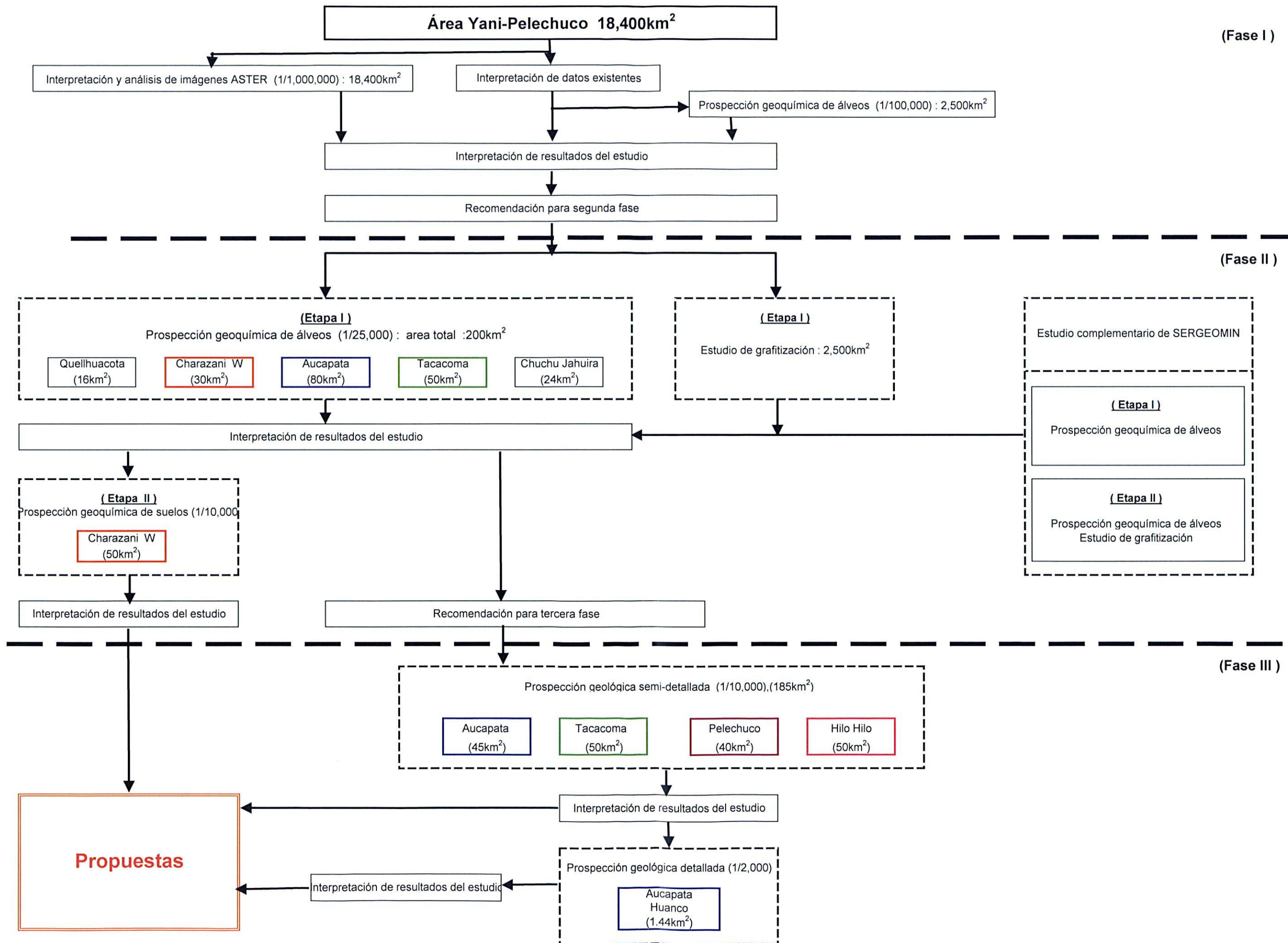


Fig.2 Esquema estructural del estudio

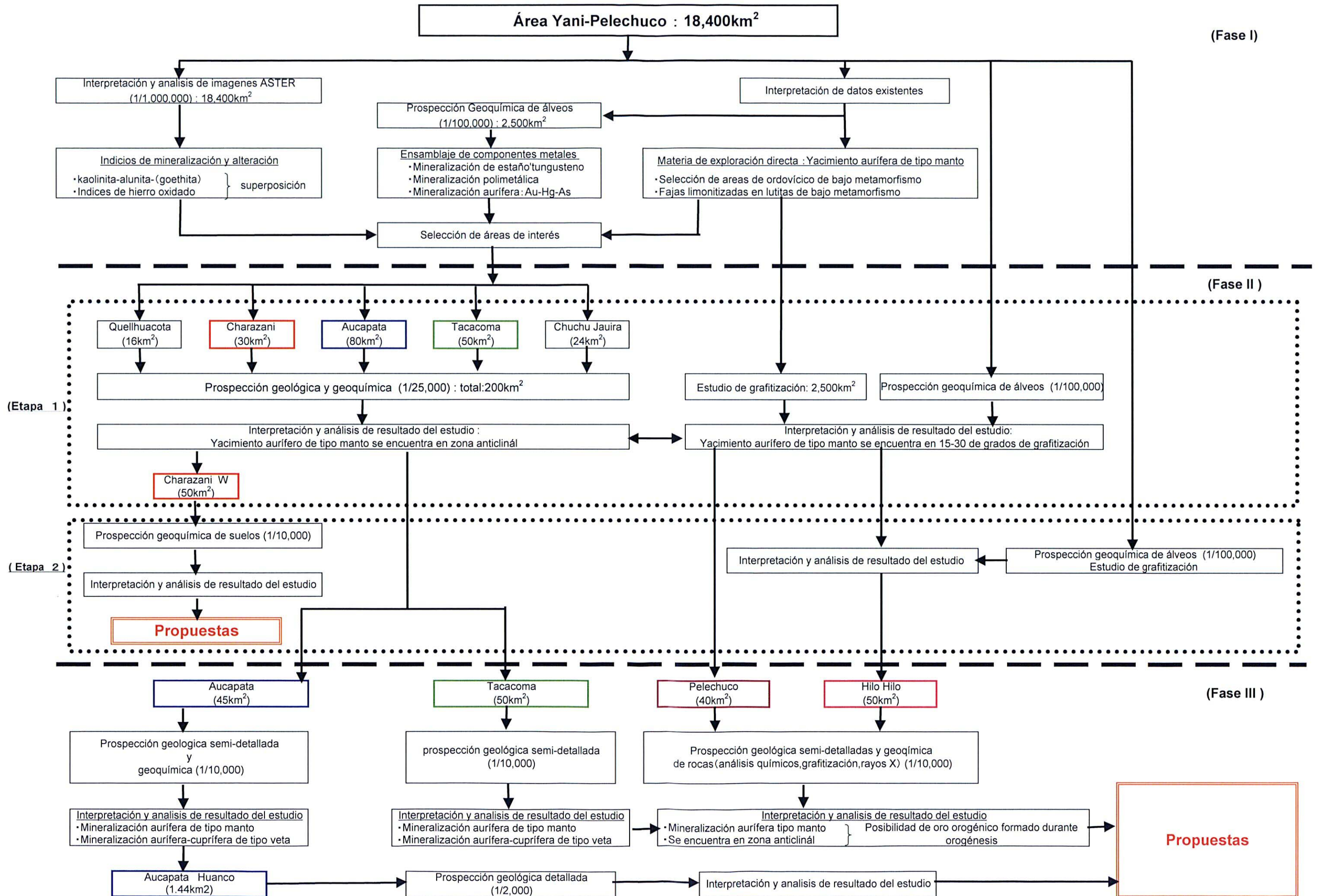
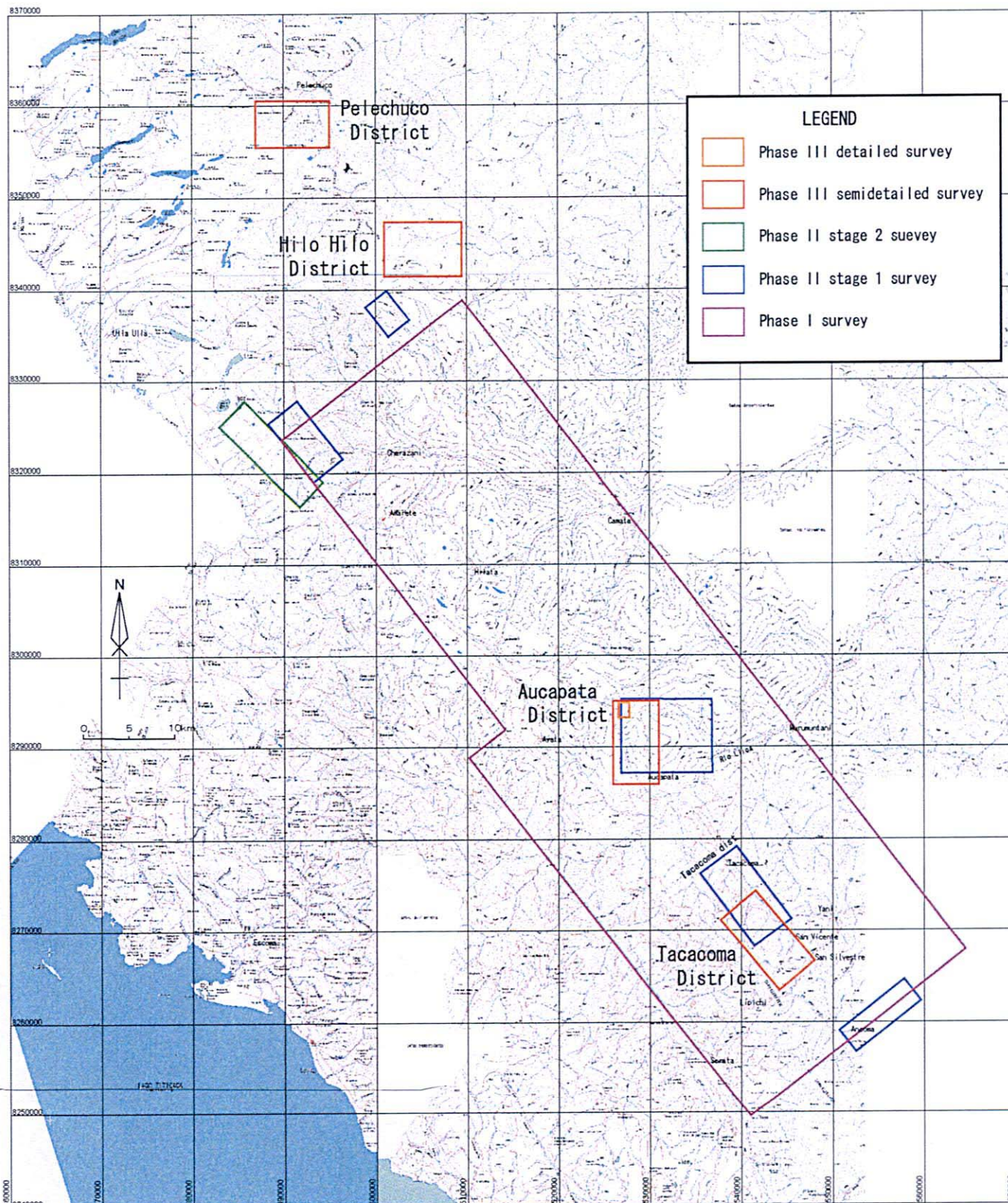


Fig.3 Flujoograma para la selección de yacimientos de interés



第4図 調査地区位置図

Fig. 4 Mapa de ubicacion del area del estudio

15°02'-15°50' y longitudes oeste 68°24'-69°06', correlacionando con los datos existentes; asimismo prospección geoquímica dentro de un área de 2.500 km² (ver Figura N°1).

Cuadro 1 Metodología y Extensión del Estudio

	Fase I (2002)	Fase II(2003)		Fase III (2004)	Total (2002-2004)
		Etapas I	Etapas II		
Interpretación de datos existentes	18,400km ²				18,400km ²
Interpretación de imágenes satelitales	18,400km ²				18,400km ²
Prospección geoquímica (1/100,000)	2,500km ²				2,500km ²
Estudio Geológico (1/25,000)		200km ²			200km ²
(1/10,000)			50km ²	185km ² 230km	235km ² 230km
(1/2,000)				1.44km ² 30km	1.44km ² 30km
Estudio en gabinete Análisis geoquímico					
(rocas)				130	130
(arenas)	467	228+(148)	(52)		685+(200)
(arenas pesadas)	49	17+(3)			66+(3)
(suelos)			502	330	832
Análisis de minerales	50	64+(12)	5	375	494+(12)
Sección delgada	10	12	11	20	53
Sección pulida	13	12	5	20	50
Difracción de rayos-x	21	10	5	110	146
Medición de inclusiones fluidas	6	18		40	64
Medición de grado de grafitización		261	(54)	110	371+(54)
Datación (K/Ar)	5	3		6	14
Análisis químico de roca	5				5

Nota (): Muestreo por SERGEOMIN

En primer año se realizaron prospecciones geoquímicas (álveos) en primera etapa en los 4 distritos seleccionados en la primera fase, Quellhuacota, Charazani W, Aucapata, Tacacoma, Chuchu Jahuirá, y se realizaron prospecciones geoquímicas(suelos) en segunda etapa en el distrito Charazani Oeste en el cual se verificó anomalía aurífera parcial.

Se tomaron muestras de rocas para la determinación del grado de grafitización con el objeto de estimar el historial de alteraciones térmicas en toda la zona del estudio.

En tercer año se realizaron estudios geológicos y prospecciones geoquímicas (suelos y álveos) en 4 distritos seleccionados, Aucapata, Tacacoma, Pelechuco e Hilo Hilo, seleccionados con los resultados del hasta la

segunda fase.

Asimismo, de los resultados del estudio, la realización de estudios geológicos en detalle en el distrito de Aucapata.

1-3 Períodos y miembros del equipo de estudio

En el Cuadro 2 se muestra los periodos de los estudios de campo y las actividades de interpretación; y en el Cuadro 3 la constitución de los equipos del estudio

Cuadro 2 Períodos del Estudio

		Periodos in Situ	Periodo de analisis
Fase I		Nov.17,2002-Dec.21,2002	Nov.8,2002-Mar.10,2003
Fase II	Etapa I	Jun.23,2003-Aug.6,2003	Jul.27,2003-Sep.30,2003
	Etapa II	Jan.10,2004-Feb.20,2004	Feb.10,2004-Mar.19,2004
Fase III		Aug.21,2004-Nov.19,2004	Sep.25,2004-Oct.1,2004 Nov.9,2004-Feb.18,2005

Cuadro 3-1 Equipo del estudio

Japón		Bolivia	
Nombre	Organización	Nombre	Organización
Hideo Morimoto	JICA	Oswaldo Ramirez Guzman	Vice ministro
Yoshifumi Hashiba	METI	Jebner Zambrana Roman	Director
Norihiro Yamaji	JICA	Oscar Kempff Bacigalupo	SERGEOTECMIN
Masaomi Kurihara	JOGMEC	Sohrab Tawackoli	SERGEOTECMIN
Takashi Kamiki	JOGMEC	Fernando Murillo Salazar	SERGEOTECMIN

SERGEOTECMIN: ex-SERGEOMIN

JOGMEC: ex-MMAJ

Cuadro 3-2 Equipo del estudio in situ

Misión Japonesa (MINDECO)		Contraparte Boliviana (SERGEOTECMIN(ex'SERGEOMIN))	
Nombre	Cargo	Nombre	Cargo
Fase I Hiroshi Hama Eitaro Sato Jun'ichi Ishikawa Yutaka Katuno Akira Takami Akimitsu Takebe Noboru Matsumoto	Jefe Misión Geoquímica Geoquímica Geoquímica Geoquímica Geoquímica Geoquímica	Fase I Fernando Murillo Pedro Rivero Roberto Alfaro Roberto Trigo Jose Luis Argandoña Hector Vargas Santi John Mendez	Jefe Misión Geoquímica Geoquímica Geoquímica Geoquímica Geoquímica Geoquímica
Fase II (Etapa I) Morio Hashimoto Yutaka Katsuno Akira Takami Akimitsu Takebe	Jefe Misión Geoquímica Geoquímica Geoquímica	Fase II (Etapa I) Fernando Murillo Roberto Trigo Jose Luis Argandoña Hector Vargas Santi Bernardino Coronado	Jefe Misión Geoquímica Geoquímica Geoquímica Geoquímica
Fase II (Etapa II) Morio Hashimoto Tsuyoshi Yamada Akimitsu Takebe Noboru Furukawa	Jefe Misión Geoquímica Geoquímica Geoquímica	Fase II (Etapa II) Roberto Trigo Ivar Alcocer Rodriguez Hector Vargas Santi Bernardino Coronado	Jefe Misión Geoquímica Geoquímica Geoquímica
Fase III Morio Hashimoto Akira Takami Akimitsu Takebe Kinzo Asari Yutaka Katsuno	Jefe Misión Geología Geología Geología Geología	Fase III Hector Vargas Santi Roberto Trigo Jose Luis Argandoña Oscar Almendas Alarcon Bernardino Coronado	Jefe Misión Geología Geología Geología Geología

SERGEOTECMIN: Servicio Nacional de Geología y Técnico de Minas

MINDECO: Mitsui Mineral Development Engineering Co., Ltd.

Capítulo 2 Estudios Precedentes

En el área del estudio se cuenta que la extracción de metales preciosos y cobre entre otros se realizaba desde la época de los incas. Posteriormente, durante la época colonial, la actividad exploratoria fue creciendo aunque no en forma organizada, conllevando a producir gran cantidad de oro y plata.

Prácticamente no se han realizado exploraciones geológicas sistemáticas, sino hasta el año 1974 mediante la promulgación del Decreto Supremo 11614, iniciándose la realización de prospección geoquímica de metales básicos con el Proyecto Cordillera (Proyecto de Prospección Minera en la Cordillera) por GEOBOL (Servicio Geológico de Bolivia), antecesora de SERGEOMIN, aplicando fondos de las Naciones Unidas. Asimismo, se realizaron exploraciones sobre yacimientos de oro en la Cordillera de los Andes mediante el "Proyecto Multinacional Andino" con la participación de Bolivia, Perú, Chile y Argentina desde el año 1996. Si bien se ha compilado la carta geológica de todo el territorio boliviano a escala 1:1.000.000, no se han completado los boletines explicativos de la misma. En su reemplazo, en el año 2000, YPFB en forma conjunta con SERGEOMIN se publicó el documento técnico "Compendio de Geología de Bolivia".

No se han realizado estudios sistemáticos regionales en el área del estudio, no obstante, CIASER (Centro de Investigación y Aplicación de Sensores Remotos, 1985) propuso una interpretación geológica utilizando sensores remotos.

En cuanto a las provincias metalogénicas, se cuenta con una compilación simplificada a escala 1:1.500.000, una publicación (COMIBOL, 1977) con ocasión del 25 aniversario de la fundación de COMIBOL. Asimismo, se cuenta con información somera sobre las provincias metalogénicas en el documento citado de YPFB (2000).

Capítulo 3 Generalidades Geológicas

3-1 Geología general del área del estudio

En el área del estudio se distribuyen sedimentos y volcánicos del paleozoico hasta cuaternario hacia el noroeste extendiéndose al sudeste. Intrusivos a éstos se distribuyen batolito de Zongo-Yani del co-herciniano, batolito de Illampu y stock de Huato (Amarete) del post-herciniano y complejo hipabisal Charazani del inicio de neogeno (Fig.5).

La geología del área es paralela a la tendencia de los Andes (noroeste-sudeste), distribuyéndose generalmente estratos del paleozoico hacia el noreste y sucesivamente unidades geológicas más jóvenes en dirección al sudoeste.

Las estructuras de plegamiento tienen un arreglo coordinado tendiendo a los Andes, presentando suave anticlinorio.

En los anticlinales se observan fallas inversas de alta inclinación asociadas a los pliegues. Se observan notorias fallas de desplazamiento de rumbo ligadas a zonas de compresión y deslizamientos interestratificados especialmente en lutitas negras. Asimismo, las fallas transversales correspondientes a la zona de tensión cruzan a las fallas de desplazamiento de rumbo con direcciones NE-SO y N-S.

Se infiere que los movimientos de las fosas tectónicas debidos a la zona de tensión se originaron durante el jurásico inferior, sin embargo, no fue posible verificarlo en campo.

Hacia el sector central del área se distribuye la faja de fallas de la Cordillera Real extendiéndose hacia NO-SE limitado por el Cratón de Guapole hacia noroeste y el Macizo de Arequipa-Huarina hacia el sudoeste.

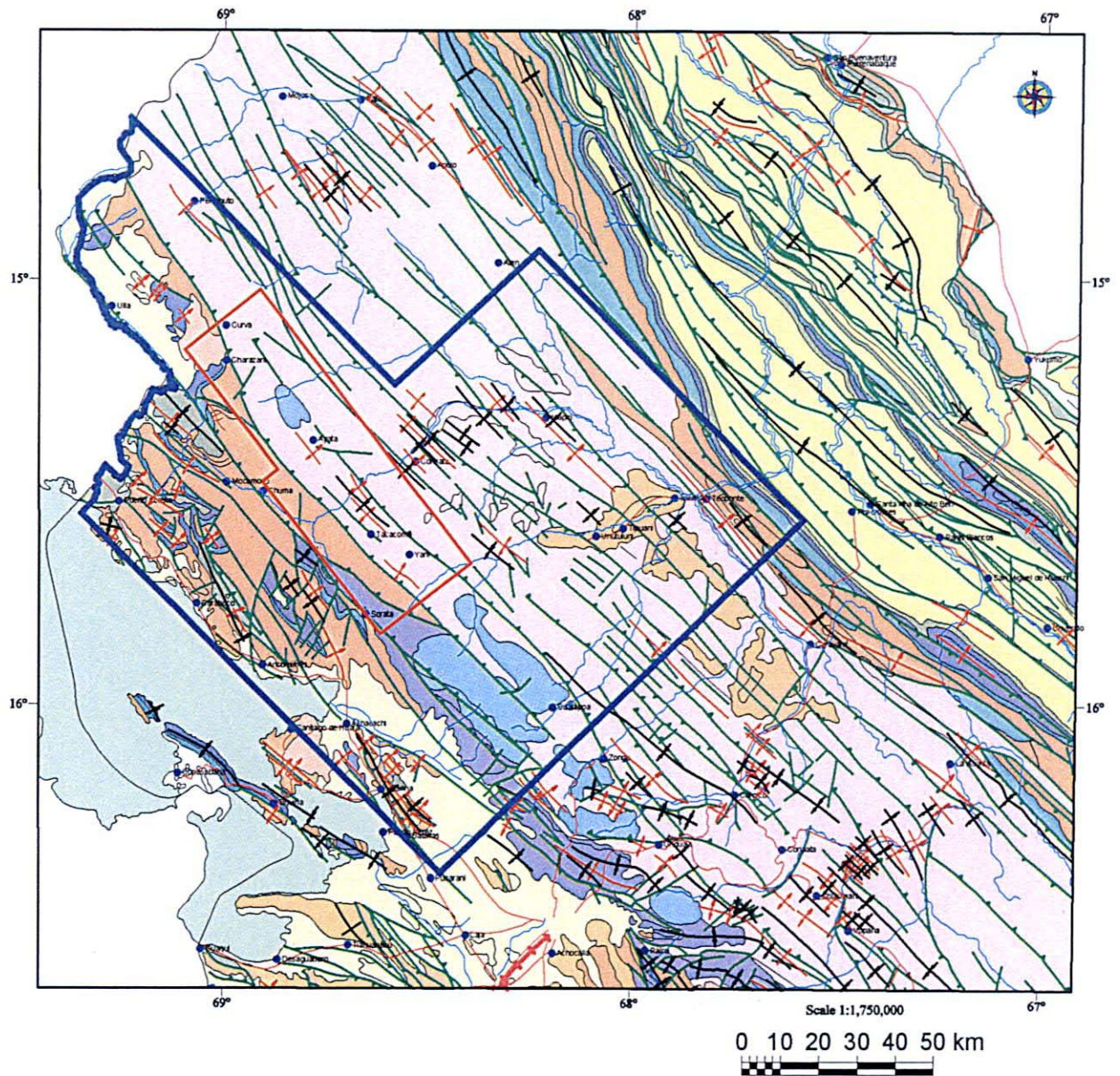
3-2 Generalidades de mineralización

El área del estudio, según las provincias metalogénicas de Bolivia, se ubica entre las provincias estanníferas y polimetálicas de los Andes Oriental Marginales.

De acuerdo a la carta de ubicación de ocurrencias minerales del Proyecto Cordillera, se conocen 201 entre yacimientos y ocurrencias (en adelante ocurrencias en general) en el área del proyecto (Fig.12).

Estos se clasifican en estaño-tungsteno, oro, cobre-plomo-zinc, antimonio, molibdeno, uranio, bario-mercurio y tipo desconocido.

Las ocurrencias de oro y cobre-plomo-zinc se distribuyen hacia el centro y norte, y estaño-tungsteno hacia el meridiano del área del estudio. La distribución de ocurrencias de antimonio presenta principalmente correlación con las ocurrencias de cobre-plomo-zinc.



Legend

- | | | |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Depositos aluviales, fluvio lacustre, fluvio glaciales, coluvial, lacustre, morrena Complejo volcanico Conglomerado, arenisca, limolita, caliza, marga, diapiro intercalan toba y lava Colada de lava, toba, estrato volcan y sucesion volcanico sedimentaria Conglomerado, caliza, arenisca, limolita, marga y basalto intercalado Arenisca Pluton de granitoide Caliza, marga, lutita, arenisca y manto de antracita Diamicrita, conglomerado, arenisca y lutita Arenisca, lutita y limolita Lutita, limolita, arenisca, cuarcita y diamicrita Arenisca, limolita, cuarcita, pizarra, lutita y lava almohadillada | <ul style="list-style-type: none"> Contacto geologico Eje anticlinal Eje anticlinal inferido Eje sindlinal Eje sindlinal inferido Falla Falla inversa Falla inferida | <ul style="list-style-type: none"> Rio Lago Poblacion Limite internacion Ferrocarril Camino |
|--|--|---|
-
- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Project Area Field Survey Area |
|---|

第 5 图 地質概略图

Fig. 5 Mapa geológico generalizado

Las ocurrencias que se distribuyen dentro de la zona de prospección geoquímica son 71.

Los minerales correspondientes a estas ocurrencias incluyen plomo-zinc, oro, antimonio, estaño, tungsteno, estaño-tungsteno, bismuto (-estaño-tungsteno), estaño-plomo, uranio y tipo desconocido.

Macroscópicamente, la distribución de oro, estaño y tungsteno se da hacia el meridiano y plomo-zinc y antimonio principalmente hacia los sectores central y septentrional de la zona de prospección geoquímica.

Capítulo 4 Generalidades del Área del Estudio

4-1 Ubicación y acceso

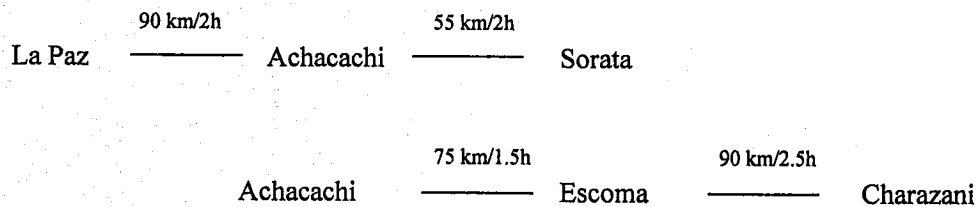
El área del estudio descrito en los Alcances del Trabajo está ubicado hacia el noroeste de la Capital La Paz, demarcado por un polígono que se extiende en sentido NO-SE dentro del cuadrante longitud oeste $67^{\circ}35' - 69^{\circ}22'$ y latitud sur $14^{\circ}37' - 16^{\circ}24'$, con una extensión de aproximadamente 190 km en dirección este-oeste y 190 km en dirección norte-sur (Fig. 4).

Según la ubicación geopolítica, el área del estudio se encuentra en la parte central del Departamento de La Paz. Las principales urbes dentro del área del estudio son Sorata localizada hacia el extremo sudeste y Charazani hacia el sector noroeste. Existen además, pequeñas poblaciones en forma dispersa.

El acceso al área del estudio se realiza a través de la carretera nacional (pavimentada) bordeando al Lago Titicaca desde la Capital La Paz, hasta las urbes citadas arriba.

Las vías de acceso en el área del estudio se encuentran en malas condiciones, constituidas por caminos sin pavimentar de superficie irregular, dañadas por caída de rocas y depresiones del suelo. Este factor fue un obstáculo para el buen desenvolvimiento del estudio, ya que los traslados se realizaron muy lentamente a una velocidad máxima de 20 km/h, siendo en promedio de 10 km/h.

A continuación se muestra los datos de tiempos recorridos en el área del estudio.



4-2 Geomorfología e hidrología

La regionalización geomorfológica de la República de Bolivia se clasifica en 5 unidades divididas en sentido de oeste a este, por la Cordillera Occidental de los Andes limitando con la República de Chile, el Altiplano, Cordillera Oriental de los Andes, Planicie Chaco-Beniense y Escudo Brasileño.

La Cordillera Oriental de los Andes se subdivide adicionalmente en Andes Oriental y Subandino hacia su extremo oriental. El sector central del área del estudio está demarcado por el Andes Oriental, y por otro lado

yacen parcialmente el altiplano y el Subandino respectivamente bordeando los límites occidental y oriental.

El estudio abarca la cadena central del Andes Oriental.

El Altiplano que limita el sector occidental del área del estudio, forma una estrecha loma contigua al Lago Titicaca cuya superficie se encuentra a 3.810 m.s.n.m., continúa hasta la Cordillera Oriental de los Andes.

El Andes Oriental tiene su altura máxima en su nevado Illampu de 6.368 m.s.n.m. cubierto por nubosidad durante todo el año, cuenta con una topografía muy accidentada por la cadena de nevados en dirección noroeste-sudeste. El Subandino que limita el sector oriental se encuentra entre 1.000 y 2.500 m.s.n.m. de altitud, presenta lomas muy tenues en la superficie, no obstante, en los valles profundos presentan topografías jóvenes.

Los principales ríos del flanco occidental la cadena central del Andes Oriental en el área del estudio, fluyen de noreste a sudoeste. Por otro lado, los del flanco oriental fluyen de sudoeste a noreste; y, en el sector oriental de noreste a sudeste. Es decir, se observa notoria flexión concentrada hacia la zona de los Andes. Los arroyos se desarrollan en forma ramificada con direcciones noroeste-sudeste y sur-norte.

4-3 Clima y vegetación

El clima del área difiere completamente entre sus zonas de cumbre y pie de la Cordillera Oriental de los Andes.

La zona de cumbre se distingue por un clima frío característico de altura con poca variación de temperatura promedio durante el año, siendo marcada la diferencia entre los meses de noviembre a marzo y de abril a octubre, que corresponden respectivamente a estaciones de lluvias y estiaje.

Las precipitaciones alcanzan el valor anual de 1.900 mm durante la estación de lluvias, la cual permanece cubierta por nubarrones la mayor parte del tiempo y presenta frecuentemente lluvias con granizos y celliscas. En cambio, al pie de cordillera, si bien se cubre parcialmente con nubes cargadas provenientes de las zonas altas, las precipitaciones anuales son relativamente menores alcanzando un valor aproximado de 900 mm, y el tiempo de exposición a la luz solar es relativamente mayor.

En cuanto a la temperatura, hacia la cumbre, la variabilidad diaria es grande durante la estación de estiaje, pudiendo llegar a una temperatura máxima por encima de 20°C y a una mínima por debajo de -10°C.

Al pie de cordillera dentro del Subandino la temperatura promedio es de aproximadamente 10°C, siendo su fluctuación muy estrecha.

En el siguiente cuadro se muestra los registros de precipitaciones promedio entre 1992 y 2001 de las

principales estaciones de observación.

Cuadro 4 Precipitaciones Promedio Mensuales (Unidad: mm)

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Sorata	205,5	160,6	164,9	72,0	14,5	11,8	6,4	15,2	50,7	59,8	68,2	130,3	959,2
Quiabayla	220,0	175,6	145,8	64,0	33,2	27,7	20,0	34,0	53,0	62,0	75,3	134,5	1045,0
Charazani	57,2	54,4	45,8	30,6	13,0	13,4	11,9	13,4	31,6	34,7	34,9	34,1	375,1

La vegetación del área del estudio es predominantemente secundaria, no obstante, parcialmente está cubierta por bosques inexplorados en las zonas altas.

La vegetación secundaria consiste principalmente de herbáceas como paja y arbustos en la rivera de los ríos.

Hacia la cumbre, exceptuando la actividad agrícola, predominan arbustos cortos de gimnospermas.

Capítulo 5 Conclusiones y Propuestas

5-1 Conclusiones

En el área del estudio se distribuyen sedimentos del ordovicio y cuaternario extendiéndose en dirección noroeste-sudeste. En estos se distribuyen los intrusivos del paleozoico superior, mesozoico inferior y neogeno inicial. En general, hacia el sector noreste del área del estudio se distribuye los sedimentos principalmente de limolitas del ordovicio, observándose una distribución secuencial de depósitos más jóvenes hacia el sudoeste.

De acuerdo a las zonas metalogénicas, el área del estudio se ubica entre los cinturones de yacimientos estanníferos y polimetálicos de la Cordillera Oriental de los Andes. Recientemente se ha iniciado la explotación de oro aluvial en las riveras de los ríos de los flancos orientales de la Cordillera Oriental de los Andes y oriente del Subandino, llamando la atención. Se consideraba que el origen del oro aluvial recaía en los yacimientos polimetálicos distribuidos hacia occidente, no obstante, al ser evidente la formación del yacimiento aurífero de Yani, se infieren nuevas fuentes.

Sin embargo, luego de ello no se han realizado estudios de interpretación organizada ni sistemática.

Las interpretaciones de imágenes satelitales ASTER de la primera fase no fueron determinantes, debido a problemas de precisión de cartas topográficas, geológicas y ubicaciones de yacimientos existentes, no obstante, se identificaron que las mineralizaciones de interés son las superposiciones de caolinita-alunita con limonita.

De la interpretación de información existente, se seleccionaron los yacimientos auríferos tipo manto del distrito Yani como yacimiento importante, afirmándose que dentro de ella especialmente las zonas de distribución del ordovícico y zonas de limonita emplazada en lutitas negras, ambas de ligero metamorfismo.

Asimismo, de los resultados de la prospección geoquímica de álveos en la región realizada a continuación, se seleccionaron las mineralizaciones de estaño-tungsteno, polimetálicas y auríferas, según el comportamiento y combinaciones de elementos metálicos, no obstante, considerándose las escalas y las cotizaciones de los metales en el mercado, se seleccionaron los yacimientos auríferos para las exploraciones directas. Adicionalmente, debido a las características de baja temperatura de mineralización ó el comportamiento del oro elemental, se concluyeron que el principal yacimiento aurífero de la región es el manto de Yani.

De estas conclusiones, a partir de la segunda fase, se realizaron estudios geológicos en detalle sobre los 5 distritos seleccionados poniendo en práctica la prospección geoquímica de álveos; adicionalmente, se introdujo el estudio del grado de grafitización con el objeto de verificar las zonas de distribución de sedimentos de bajo metamorfismo.

Durante la tercera fase se realizaron estudios geológicos y prospección geoquímica en 2 distritos seleccionados en la segunda fase y 2 distritos en las cercanías del límite con el Perú considerando los estudios complementarios de Ex-SERGEOMIN (actual SERGEOTECMIN).

Resultados del Estudio

Los estudios no conllevaron a descubrir nuevos yacimientos y quedaron pendientes muchos aspectos por conocer en los yacimientos auríferos tipo manto, no obstante se dilucidaron los siguientes ítems.

Geología

- 1) Se descubrieron fósiles de conchas en el distrito Aucapata, identificándoseles como pertenecientes al período siluro-devoniano, de lo cual la distribución de este sistema fue ampliada hacia el noreste.
- 2) Se verificaron estratos de areniscas rojizas en el distrito Charazani y sedimentos volcánicos rojizos en el extremo suroccidental del área del estudio, no obstante, no pudieron determinar sus edades. El último podría tratarse de un estrato guía del perfil estratigráfico.

Actividad ígnea

En el estudio se realizaron dataciones radiológicas sobre 15 muestras, descubriéndose lo siguiente:

- 1) La edad K/Ar por biotitas de la granodiorita de Huato (Amarete), supuestamente contemporáneas con la de Illampu, es de $93,4 \pm 2,6$ Ma, determinándose que este cuerpo pertenece a los intrusivos del cretácico superior inicial.
- 2) Las rocas hipabisales de Charazani eran consideradas pertenecientes al período neogeno, no obstante, obteniéndose los resultados de las mediciones de edad $97,7 \pm 2,5$ Ma y $94,9 \pm 2,6$ Ma para los intrusivos del sector oriental, y $47,1 \pm 1,0$ Ma para el intrusivo del sector occidental, asimismo, $56,8 \pm 1,5$ Ma para la roca volcánica; la actividad ígnea iniciada desde el oriente durante gálico-cretácico, sugiere desplazamiento del eoceno-paleogénico hacia el occidente.
- 3) Los intrusivos y diques andesíticos en forma de montura del distrito Tacacoma mostraron edades de $175,5 \pm 4,9 - 83,8 \pm 2,3$ Ma. Es posible afirmar que las actividades en los andesíticos se originaron previo a 175 Ma, basado en el grado de metamorfismo. Esta edad corresponde a las granodioritas de Illampu

Metamorfismo

- 1) No se pudo apreciar la presencia de sillimanita, cordierita ni andalucita en las márgenes del litofacie de clorita de esquisto verde, y no alcanzaron el isogrado de la biotita.
- 2) La dirección de la distribución térmica apunta hacia los Andes desde los granitos de Illampu y Zongo-Yani. También en los distritos Hilo Hilo y Pelechuco muestran sentidos hacia los Andes, siendo comparativamente mucho más amplios que los de la región meridional.

Mineralización

- 1) Las mineralizaciones reconocidas en el área del estudio fueron yacimientos auríferos tipo manto, vetiformes de cuarzo auro-cupríferos, vetiformes polimetálicas y placeres glaciales (corrientes del deshielo a aluviales).
- 2) Los yacimientos tipo manto, verificados en las estructuras geológicas, yacen en los alrededores del eje anticlinal. Es decir, la presencia del eje anticlinal es importante para desarrollo de yacimiento.
- 3) Se confirmó que el yacimiento aurífero tipo manto yace dentro del rango del grado de grafitización entre 15-30 (aproximadamente inferiores a 400°C).
- 4) Se pudo reconocer que el yacimiento aurífero tipo manto, previamente conocido como depósito perteneciente al ordovícico, también yace en las sedimentarias del siluro-devoniano.
- 5) Los yacimientos auríferos tipo manto y parcialmente los vetiformes de cuarzo auro-cupríferos se originaron durante la actividad orogénica del metamorfismo y deformación regionales, siendo similares a los yacimientos auríferos orogénicos formados en la misma época, siendo probablemente de la misma clase (denominación tentativa: yacimiento aurífero orogénico tipo boliviano).
- 6) Ambas mineralizaciones polimetálicas de Akhamani y de los alrededores de las granodioritas de Huato, se infiere que son del período gálico del cretácico medio.
- 7) Las vetas de cuarzo auro-cupríferas, se presentan en el sector meridional, infiriéndose correlación con la mineralización polimetálica de los Andes Oriental, debido a que su génesis -se estima de acuerdo a la datación realizada- corresponde al gálico-cenomaniano.

A continuación se detalla las conclusiones de acuerdo a las probabilidades de latencia de yacimientos en los principales 5 distritos:

Distrito Pelechuco

En el distrito son interesantes los yacimientos auríferos tipo manto, pudiéndose afirmar que las zonas de mayor potencial se encuentran en los alrededores de los ejes anticlinales que se extienden hacia el sudeste de Rayo Rojo en el distrito Pelechuco.

A pesar que es poco probable la latencia de yacimientos auríferos, debido a que no se pudieron verificar estructuras anticlinales notorias hacia el hemisferio del sector nororiental en el área del estudio.

Distrito Hilo Hilo

En el distrito son de interés los yacimientos auríferos tipo manto, presentándose como estructuras anticlinales de emplazamiento en los ejes los yacimientos de Virgen del Rosario y Las Minas. Sin embargo, se estima hacia el eje anticlinal hacia el noreste del poblado Koppe, debido a la presencia de un yacimiento en la prolongación del eje.

Distrito Charazani Oeste

No existen los yacimientos tipo skarn que se estimaban en los límites de los hipabisales de Charazani y calizas del permiano. Se infiere que, las anomalías en los álveos se deben a las precipitaciones del transporte de la erosión de sedimentos de arrastre de exfoliaciones del yacimiento aurífero existentes en la parte superior de los hipabisales de Charazani mediante deshielo, no habiendo presencia de oro primario. Deja latente la posibilidad de oro secundario producto de los sedimentos del deshielo.

Distrito Aucapata

No se observa correlación entre los yacimientos auríferos tipo manto del distrito y los granitos de Zongo-Yani, siendo poco probable su continuidad más allá en dirección noroeste del flanco septentrional de Pacaji, según los resultados de las mediciones en inclusiones fluidas y prospección geoquímica de suelos.

La mineralización auro-cuprífera de la circunscripción Wanko es localizada, siendo poco probable su desarrollo a gran escala, debido a la carencia de continuidad.

Distrito Tacacoma

Aun hubiese correlación entre los yacimientos tipo manto del distrito y los granitos de Zongo-Yani, es poco probable su continuidad más allá del yacimiento San Jorge, según los resultados de las mediciones en inclusiones fluidas.

La mineralización auro-cuprífera de Challapata es localizada, siendo poco probable su desarrollo a gran escala, debido a la carencia de continuidad

5-2 Propuestas

En los estudios realizados hasta la presente fase se acumularon información geológica y se ahondaron en la comprensión de la geología, sin embargo, no se pudieron verificar mineralizaciones notables, no llegándose a descubrir nuevos yacimientos. En consecuencia, no se ha logrado compilar fundamentos determinantes para la continuación de estudios complementarios. Sin embargo, dado el caso de requerir la re-evaluación los yacimientos auríferos de los Andes Orientales incluyendo la región de Pelechuco, se recomienda tener en cuenta los siguientes aspectos.

Los yacimientos auríferos tipo manto, además de pertenecer al sistema ordovícico, también yacen en el sistema siluro-devónico, infiriéndose la formación de un tipo particular de yacimiento aurífero orogénico, no obstante, la carencia de información hace que requiera estudios adicionales.

En caso el yacimiento aurífero tipo manto se tratara de este tipo de mineralización, su potencial podría extenderse hacia el flanco nororiental de los Andes Oriental, donde se distribuyen las sedimentarias del paleozoico.

En caso se tratara de un yacimiento aurífero orogénico representativo, éste tendría su origen en la solución atrapada en las zonas de cizallamiento a gran escala, no obstante, al no haberse verificado la presencia de grandes cizallamientos en Pelechuco, en general, estarían asociadas a los ejes anticlinales de pequeña escala.

Sin embargo, en el sector nororiental, donde la probabilidad de latencia se vio aumentada, se infiere la existencia de zonas de cizallamientos intactas formando focos de mineralización. Se desconocen los detalles de la formación en las zonas de cizallamiento, no obstante, de existir yacimientos tipo Lipichi, se estiman depósitos del orden de 2,5 millones de toneladas con contenido neto en oro de 10 toneladas.

En consecuencia, se requiere seleccionar estructuras geológicas para estudios exploratorios mediante interpretación de imágenes satelitales. Seguido a ello, se recomienda realizar la selección de zonas de interés mediante prospección geoquímica de álveos y mediciones del grado de grafitización con el objeto de reconocer la distribución térmica. Es importante además, verificar las estructuras geológicas y anticlinales mediante mapeo regional.

Se recomienda la realización de prospección geoquímica de suelos en las zonas con ausencia de afloramientos ó cubiertas con vegetación.

Se recomienda considerar los siguientes aspectos relacionados a los estudios geológicos:

- (1) Estimación de lineamientos mediante análisis e interpretación de imágenes satelitales.
- (2) Verificación de estructuras geológicas reconociendo los rumbos y buzamientos reales distinguiéndolos de los clivajes desarrollados.

- (3) Seguimiento en dirección del rumbo para los ejes anticlinales y zonas de cizallamiento de gran escala.
- (4) Verificación mediante análisis químicos de sulfuros y óxidos debido a que también existe posibilidad de latencia de depósitos sedex.
- (5) Evaluación de presencia de roca ígnea (incluyendo las exfoliaciones).
- (6) Reconocimiento de fallas y verificación de desplazamientos.

Asimismo, para los estudios de gabinete se recomienda considerar los siguientes aspectos:

- (1) Análisis de anomalías geoquímicas.
- (2) Análisis (grado de grafitización, distribución de facies de metamorfismo, temperatura de homogeneización de inclusiones fluidas, paragénesis de minerales, etc.) de clasificación de mineralización (si se trata de yacimientos auríferos orogénicos).

Se recomienda realizar estudios geológicos en detalle adicionales por etapas, en las zonas de alto potencial seleccionadas mediante los pasos descritos arriba.

En efecto, se concluye que los yacimientos polimetálicos conteniendo depósitos vetiformes de cuarzo auro-cupríferos del distrito son de pequeña escala y de escasa continuidad, por ende son antieconómicos. Asimismo, las zonas de interés son limitadas debido a que la formación está regida por la presencia de roca ígnea.

Parte II Análisis e Interpretación

Capítulo 1 Interpretación de Imágenes Satelitales

1-1 Objetivo

Proveer información básica para la selección de áreas de interés minero existentes dentro del área del estudio, clasificando gossan y áreas alteradas mediante la elaboración de imágenes de falso color, proporcionales y tridimensionales a partir de datos de ASTER.

1-1-1 Datos Utilizados

Los datos de 14 escenarios de ASTER empleados para la interpretación. Las imágenes de falso color se muestran en la Figura 6.

1-1-2 Procesamiento de Datos

Se recibieron los siguientes resultados de interpretaciones de la Organización Minera Metálica del Japón.

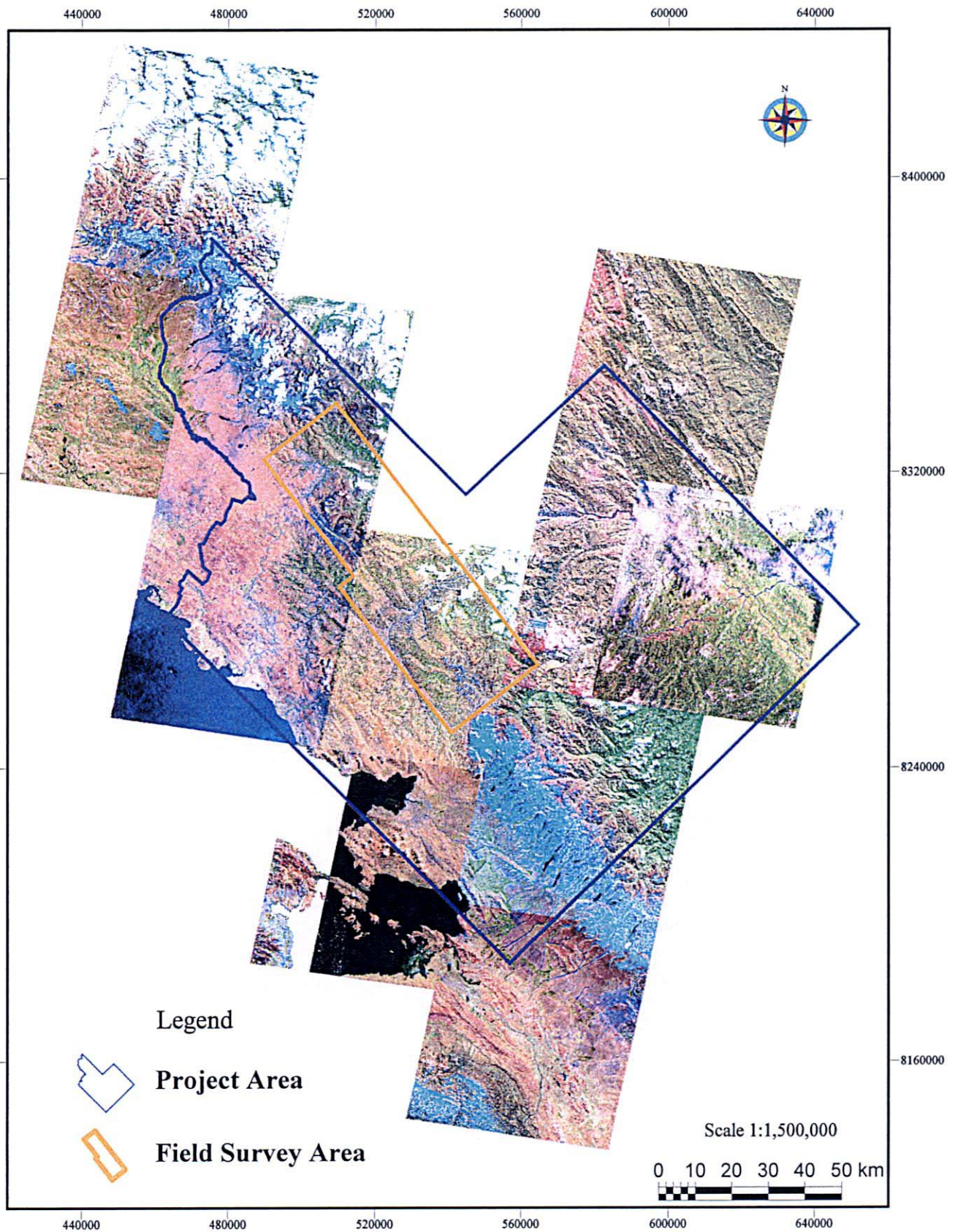
- A. Imágenes procesadas en mosaico de cada banda
- B. Imágenes compuestas de color para cada escenario e imágenes compuestas con curvas de nivel
- C. Datos DEM para cada escenario
- D. Imágenes de índices de minerales para cada escenario (hierro oxidado, cuarzo)
- E. Imágenes de distribución de minerales para cada escenario
(limonita, alunita, montmorillonita, caolinita, sericita, clorita, epídota)

De éstos entre B y E no fueron posibles los procesamientos en mosaico, por tanto, se realizaron procesamiento en mosaico de 14 escenarios.

La elaboración de los datos en mosaico sirvió para la extracción de imágenes del área del estudio y consecuente interpretación geológica.

Asimismo, se elaboraron imágenes de la apertura-superficial utilizando distancias calculadas de 61 iconos a partir de datos DEM.

Se hicieron lectura de los lineamientos sobre imágenes compuestas de color en mosaico y carta de apertura-superficial a escala 1:50,000. Los lineamientos leídos se convirtieron a datos de vectores, elaborándose una carta de densidad de lineamientos sobre cuadrantes unitarios de 2,000 m.



第 6 図 フォルスカラー画像
 Fig.6 Imágenes de color falso de ASTER

1-2 Resultados de la Interpretación

A continuación se describe los resultados de las interpretaciones tanto para el área total de 18,000 km² correspondiente al área del estudio y zona de prospección geoquímica (2,500 km²).

1-2-1 Extensión del Area del Estudio

1) Lineamiento

En las Figuras N^o7 y 8 se muestran respectivamente los lineamientos seleccionados en el área del estudio y la distribución de densidades de lineamientos calculados en función a su longitud acumulada.

La tendencia de distribución concentrada de lineamientos se observa notoriamente en sentido NO-SE, seguido de E-O y NE-SO.

Existe por un lado el grupo NO-SE que corre longitudinalmente con marcada continuidad hacia el sector central, y por otro los que corren lateralmente hacia el sector sudoeste del área del estudio.

El primero presenta una distribución hacia la Falla Cordillera Real, no obstante, esta ubicación no coincide con los registrados en la antigua carta geológica.

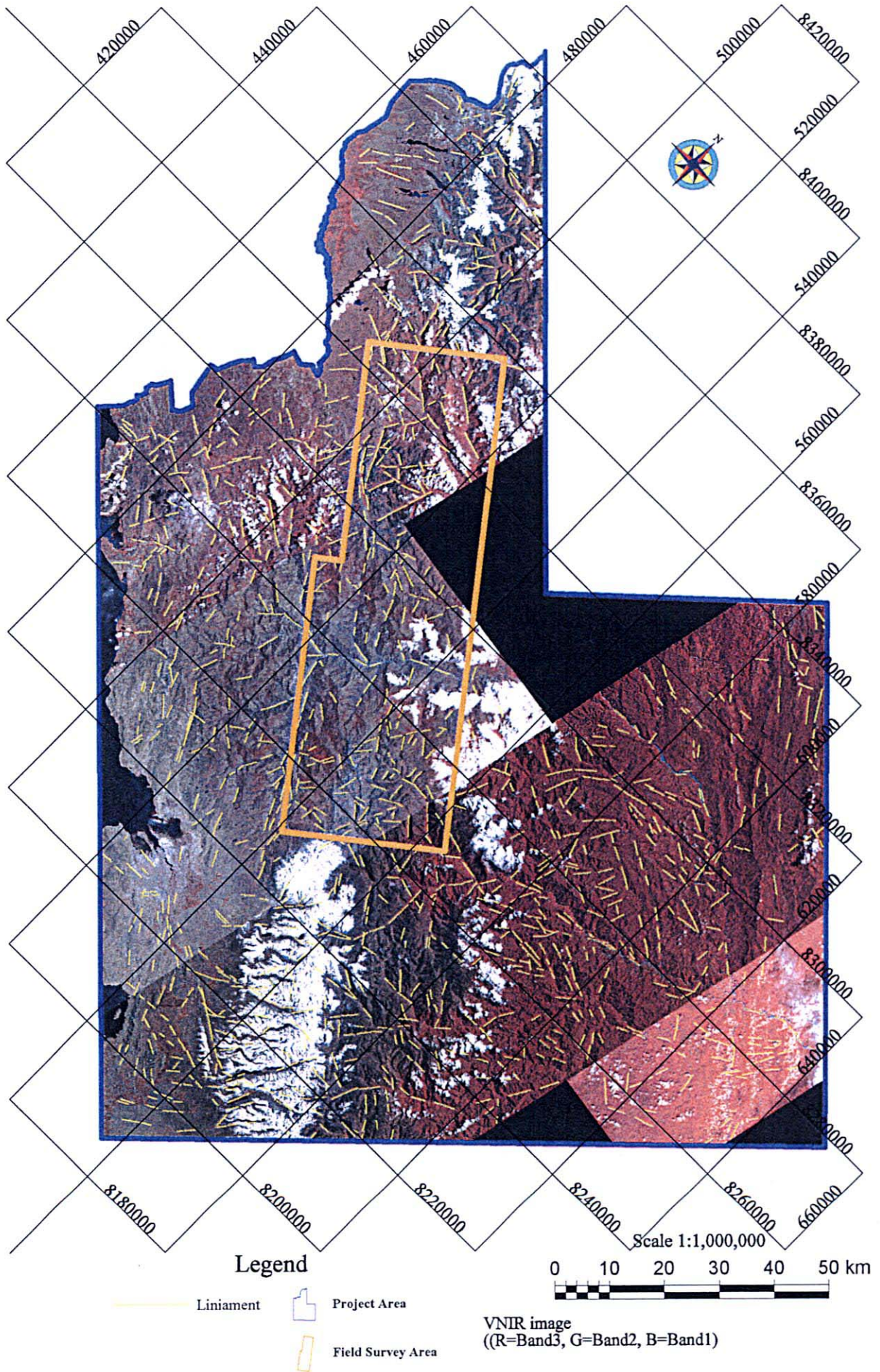
Por otro lado, los del sector sudoeste fueron seleccionados *quasi* coincidentes con el sistema devónico.

El grupo E-O se seleccionó en la dirección del cauce del Río Tipuani hacia el sector oriental del área del estudio, sin embargo, no existen referencias de fallas en el sistema ordovícico que se distribuye en esta dirección.

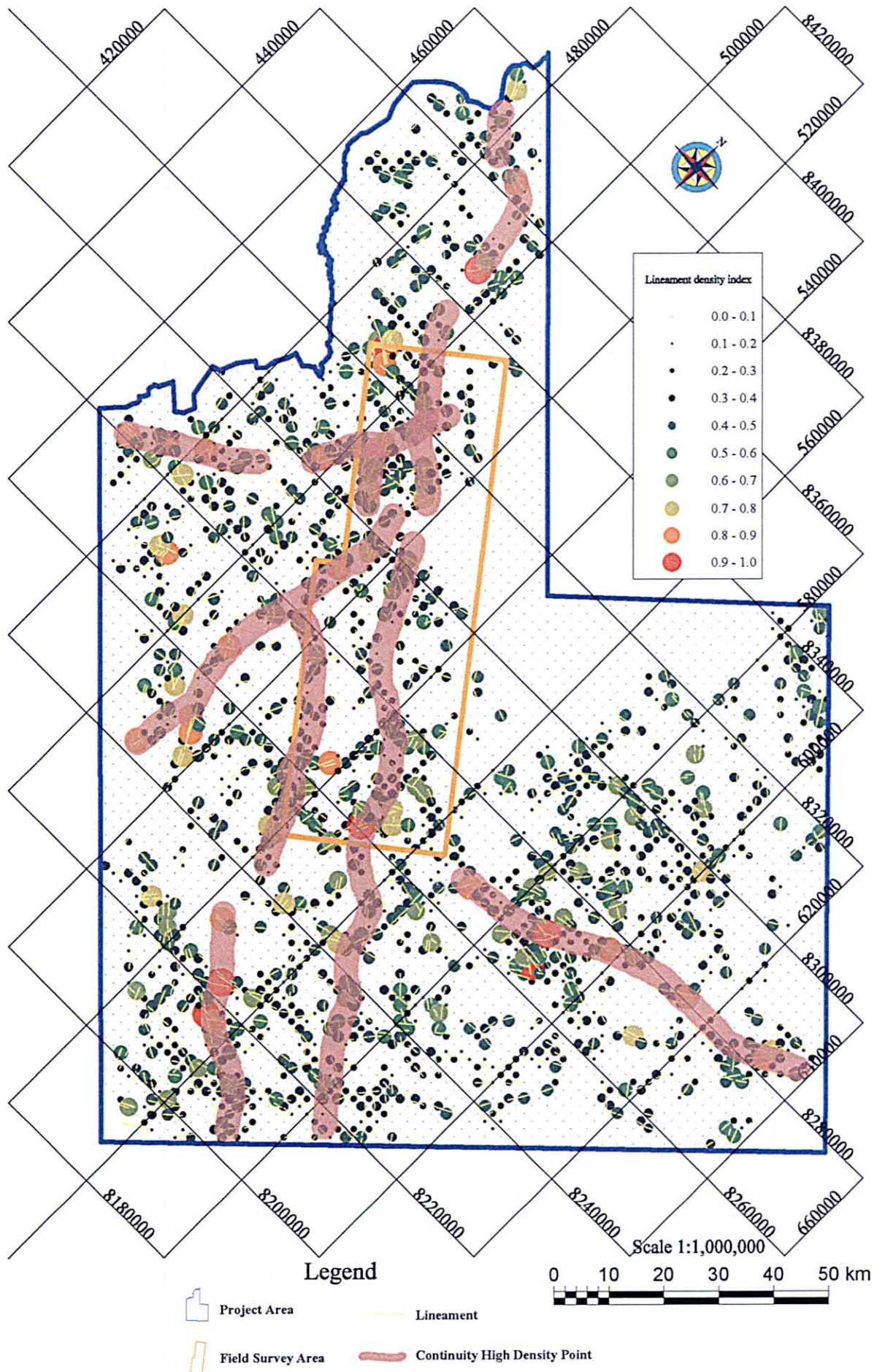
El grupo NE-SO se distribuye hacia el borde septentrional del lado sudoeste del área del estudio. Parcialmente se superponen a las fallas sobre la antigua carta geológica, y el resto se distribuye en dirección del Río Suches.

El grupo N-S se observa hacia el sudoeste del sector central del área del estudio, superponiéndose parcialmente sobre las fallas inscritas en la antigua carta geológica.

La relación entre esta distribución de lineamientos y las ocurrencias conocidas no es evidente, no obstante, es posible afirmar una débil tendencia de presencia de ocurrencias conocidas dentro del área de alta concentración de lineamientos en sentido NO-SO hacia el sector central del área del estudio.



第7図 リニアメント解析図
Fig.7 Mapa de lineamientos interpretados(Área del Proyecto)



第 8 図 リニアメント密度分布図
 Fig.8 Densidad de lineamientos interpretados

2) Características de distribución de minerales examinados

En la Figura N°9 se muestra distribución de Índices de hierro oxidado, Índices de cuarzo y las minerales de limonita, alunita, montmorillonita, Caolinita, sericita, clorita y epídota.

Siendo incompleto el ajuste entre imágenes, ha sido necesario realizar la lectura de la continuidad de los minerales examinados limitándose a la extensión de cada imagen. Bajo estas condiciones es posible clasificar del siguiente modo sus patrones de distribución.

- ① Índices de cuarzo – sericita – montmorillonita – clorita
- ② Caolinita – alunita
- ③ Índices de hierro oxidado
- ④ Limonita – epídota

El grupo ① coincide relativamente con la distribución de estratos aluviales, coluviales y terraza en dirección de ríos y lagos, con buena continuidad en su totalidad, distribuyéndose en toda el área del estudio.

El grupo ② concentra la distribución de los minerales examinados en zonas específicas, no obstante, no es notoria la relación con la estructura geológica. El grupo

③ se trata de un solo caso sin poder generalizar, sin embargo, se infiere que reúne las características de los grupos ① y ②. Es decir, se concluye que se trata de un patrón generalizado que concentra distribuciones intermitentes en direcciones de ríos y zonas específicas.

El grupo ④ se distribuye diseminado en toda el área del estudio, sin presentar una distribución caracterizada.

1-2-2 Zona de Prospección Geoquímica

1) Lineamiento

En la Figura N°7 se muestra los lineamientos seleccionados y su correspondiente diagrama de rosa. Según la lectura del diagrama de rosa, los rumbos de los lineamientos tienden de mayor a menor grado en direcciones NO-SE, NNE-SSO y E-O

La comparación con la carta geológica escasa superposición con la Falla Cordillera Real que cruza longitudinalmente el sector central del área del estudio, siendo seleccionados apenas algunos lineamientos continuos hacia ambos extremos.

La falla que limita los supuestos paleozoico y mesozoico hacia el borde sudoeste del área del estudio, se superpone con la zona de distribución concentrada de lineamientos devonianos en sentido NO-SE que se citaron en el acápite anterior. Una parte de estos lineamientos se seleccionó de los sectores noroeste y sudeste de Sorata.

En las zonas seleccionadas con altas concentraciones de lineamientos en sentidos NE-SW y N-S se inscribieron supuestas fallas desplazándose hacia la Falla Cordillera Real?

En estos lineamientos no se observan notorias relaciones con las ocurrencias conocidas, infiriéndose que las mineralizaciones vetiformes dependen de las pequeñas fracturas de esta zona.

2) Características de distribución de minerales examinados

Sintetizando sus patrones de distribución (Fig.9), es posible clasificarlos como sigue:

- ① Índice de cuarzo – clorita – sericita – montmorillonita – epidoto
- ② Caolinita – alunita – limonita
- ③ Índice de hierro oxidado
- ④ Limonita-epidota

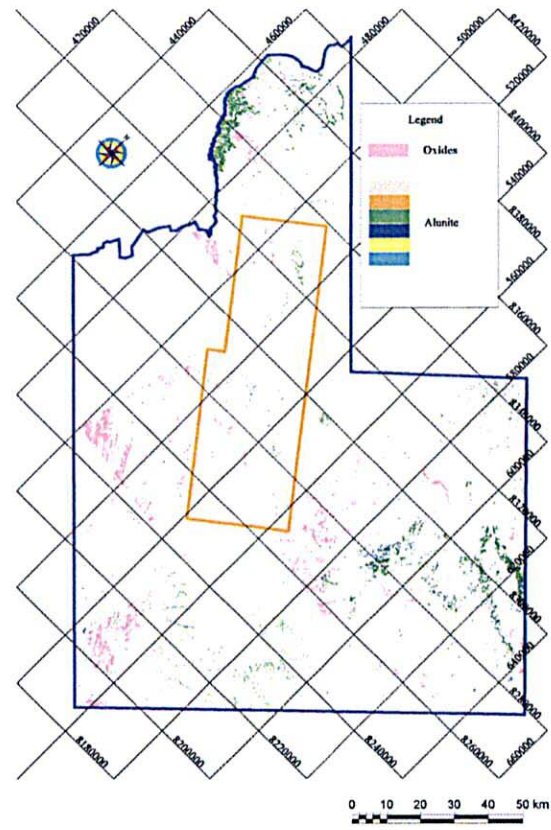
El grupo ① coincide prácticamente con las distribuciones de estratos aluviales, coluviales y terrazas bordeando los ríos, siendo seleccionados con buena continuidad en general. Sin embargo, no es evidente la relación entre la roca encajonante y las ocurrencias conocidas.

El grupo ② concentra su distribución de minerales en zonas específicas, presentando probabilidad de mineralización.

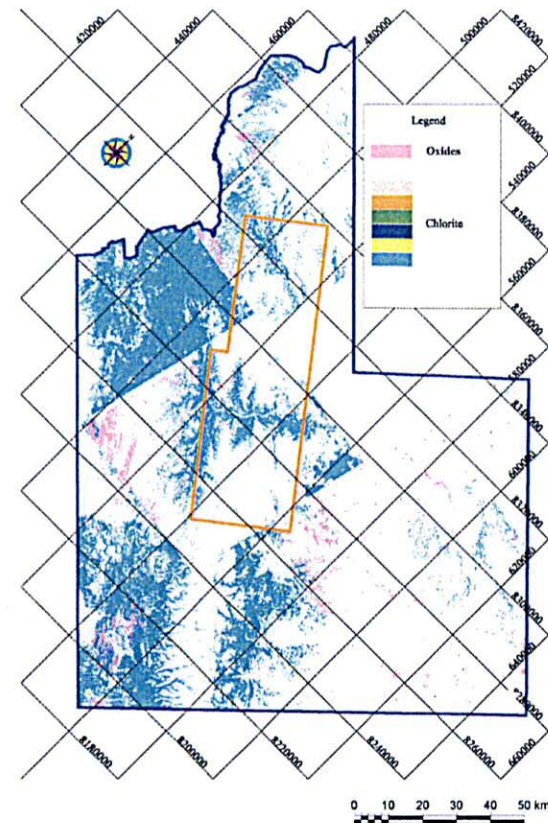
El grupo ③ se trata de un solo caso sin poder generalizar, sin embargo, se infiere que reúne las características de los grupos ① y ②. Es decir, se concluye que se trata de un patrón generalizado que concentra distribuciones intermitentes en direcciones de ríos y zonas específicas. El grupo ④ se distribuye diseminado en toda el área, sin presentar una distribución caracterizada.

1-3 Consideraciones

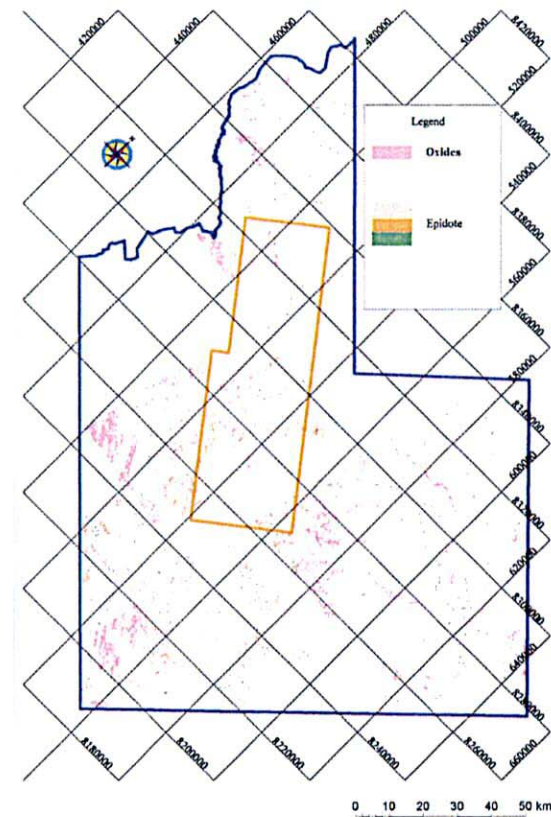
Es posible considerar que los resultados de las interpretaciones de imágenes sugieren básicamente la existencia de coincidencias en los patrones de distribución de los minerales examinados entre las zonas amplia y local.



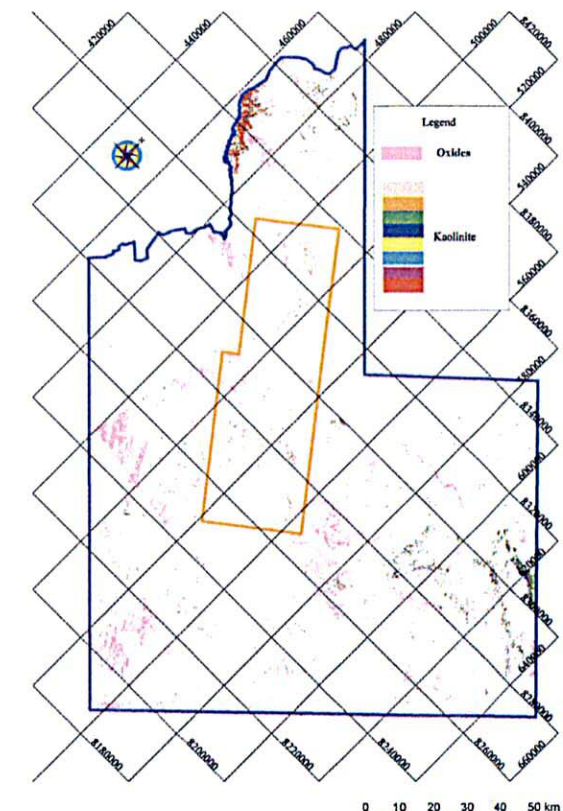
Iron Oxide Index with Alunite Index



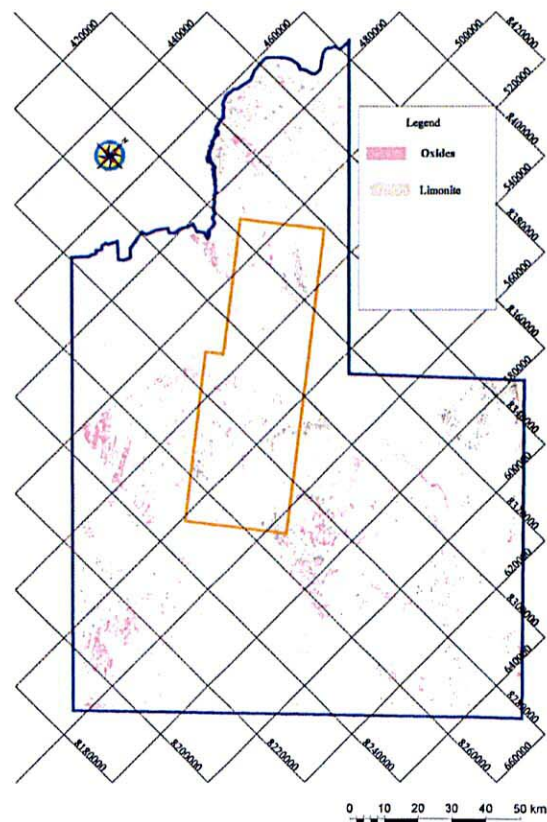
Iron Oxide Index with Chlorite Index



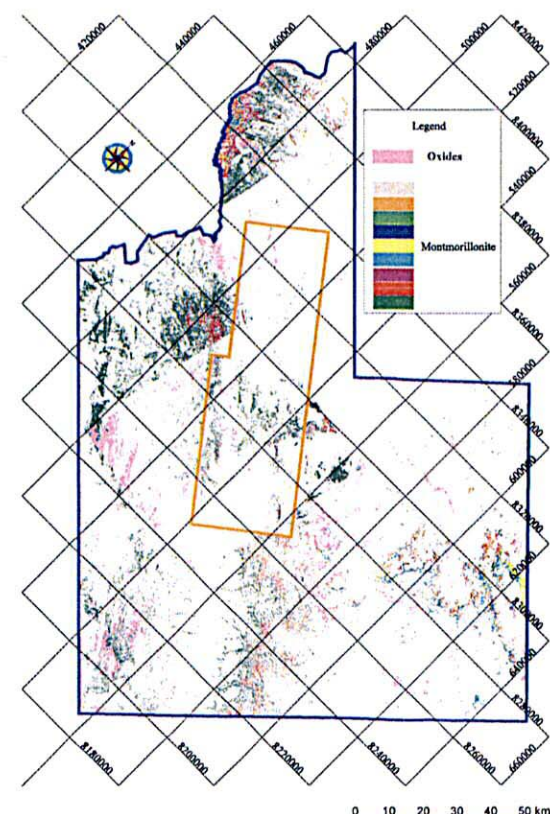
Iron Oxide Index with Epidote Index



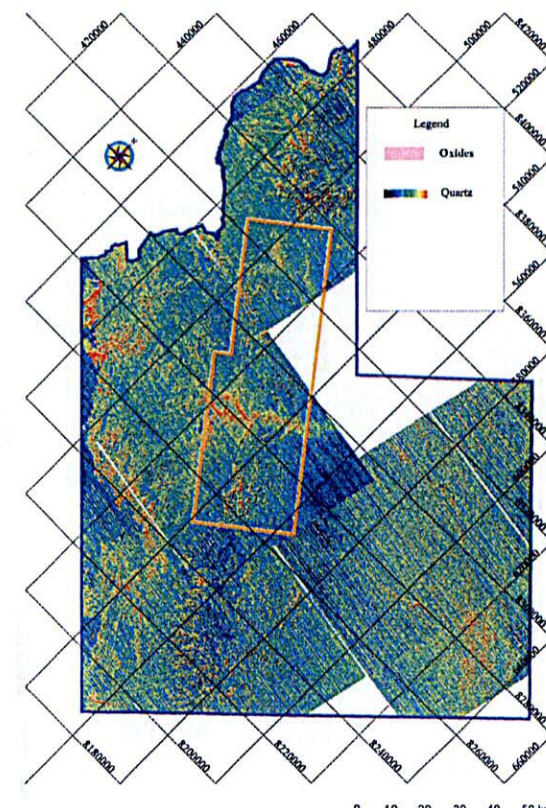
Iron Oxide Index with Kaolinite Index



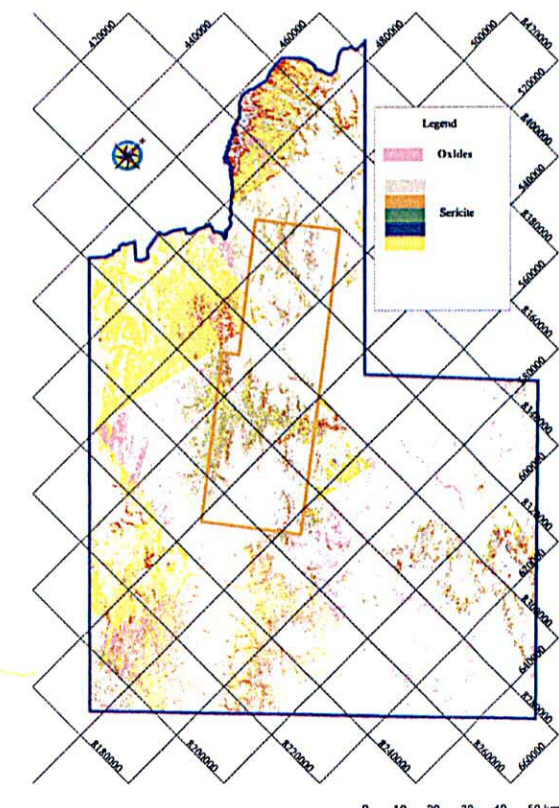
Iron Oxide Index with Limonite Index



Iron Oxide Index with Montmorillonite Index



Iron Oxide Index with Quartz Index



Iron Oxide Index with Sericite Index

第 9 図 鉱物分布図 (調査対象地域)

Fig.9 Mapa de distribución de minerales interpretados(Área del Proyecto)

Las distribuciones de los grupos ①, ② y ③ de la zona amplia difieren a las de los grupos ①, ② y ③ de la zona local, no obstante las características de distribución son coincidentes.

Entre estos patrones de distribución, se infiere que es posible utilizar como índices de alteración y mineralización de acuerdo a la interpretación de datos existentes catalogados como “se requiere estudio”, correspondientes a los índices de hierro oxidado del grupo ③, como producto de la selección en la zona de gossan de limonita.

En seguida el grupo ② de la distribución local incluyendo limonita, a pesar que para la amplia zona los patrones no fueron evidentes.

Se infiere que las áreas de interés corresponden a la intersección entre estos dos grupos, sin embargo, no existe superposición con los índices de hierro oxidado del grupo ②.

En consecuencia, se establece como zona que requiere estudios a la zona de superposición con la limonita y los minerales del grupo ②

En efecto, como se refiere más adelante, de ser cierta la existencia de zonamientos de minerales metamórficos, producto del metamorfismo de contacto, relacionados a la redistribución de los yacimientos auríferos tipo Yani, habría zonas sensibles a la banda 6 de ASTER para sillimanita y cordierita, siendo probables la selección y aislamiento de facies metamórficas como materia de análisis posterior.