

### **1) Geología y Estructura Geológica**

Se distribuye en toda su extensión lutitas negras y parcialmente intercaladas las areniscas.

El rumbo principal de los estratos corren en direcciones NNO-SSE y NNE-SSO con buzamientos entre 30 y 50 grados NE-SE, formando estructura relativamente monótona.

### **2) Mineralizaciones y Alteraciones**

En el presente distrito, a parte de encontrarse la mina Yana Orkho en actividad, no ha sido posible verificar indicadores de mineralización interesantes. Se infiere que el yacimiento es tipo manto.

Se observa distribución de estratos de lutitas limonitizadas de varios metros de potencia asociados parcialmente a pirita; sin embargo, los resultados del análisis no mostraron concentraciones notorias de elementos metálicos.

Asimismo, no obstante se ha observado parcialmente débil silicificación asociada a la mineralización piritica diseminada, los resultados de las dos muestras no mostraron notorias presencias metálicas salvo en arsénico.

### **3) Resultados de la Prospección Geoquímica de Álveos**

A pesar que se verificaron anomalías auríferas (Au 9,99 g/t) en los álveos aguas arriba del punto con valores anómalos de muestras tomadas durante la primera fase del estudio, hacia aguas abajo del lugar de tratamiento de minerales de la mina Yana Orkho, se infiere que se trata de contaminación antropogénica. En el valle de las laderas de la mina Yana Orkho (cuenca del río Yana Orkho) se detectaron valores entre 0,1-0,169 g/t, no obstante los valores son bajos en la cuenca del río Akhamani.

En la cuenca del río Yana Orkho se superponen las zonas de anomalías en arsénico y mercurio con las auríferas. En la cuenca del río Akhamani se superponen las anomalías en plata, cobre, plomo, zinc, antimonio, indio, estaño y wolframio con las arsenicales.

### **4) Observaciones**

Se observa gossan y diseminación de pirita en las lutitas negras, sugiriendo la presencia de depósitos SEDEX; sin embargo, los resultados del análisis no arrojaron resultados notorios, siendo muy poco probable la existencia de un gran yacimiento.

Los resultados de la prospección geoquímica de álveos sugiere la existencia de arsenopirita ligada a pirita y/o un yacimiento polimetálico, debido a la asociación de anomalías de metales básicos con los arsenicales en el río Akhamani.

En este distrito son bajas las probabilidades de existencia de mineralización de interés.

#### **4-4 Distrito Charazani Oeste (Etapa I)**

##### **1) Geología y Estructura Geológica**

En el presente distrito se distribuyen rocas hipabisales de Charazani y sedimentarias (Figuras 23).

Se determinaron tobas riolíticas, hornblenda-biotita riolítica, intrusivos de hornblenda-biotita riolítica con las observaciones microscópicas de secciones delgadas.

Las tobas riolíticas y la hornblenda-biotita riolítica arrojaron edades de  $56,8 \pm 1,5$  Ma y  $47,1 \pm 1,0$  Ma en los resultados de mediciones K-Ar.

Las rocas sedimentarias se presentan en forma de calizas, lutitas, areniscas y conglomerados de sistema pérmico, además se distribuyen en estratos de rocas rojizas. Se observa que la interrelación entre ellas es de discordancia.

Los estratos de rocas rojizas se diferencian de los sedimentos de origen volcánico que presentan alteraciones de litofacie en los conglomerados de tobas volcánicas, aglomerados y areniscas que se distribuyen ampliamente hacia el occidente del área, siendo muy probable su asociación a los basamentos de areniscas rojizas del sistema cretáceo. Por debajo de sus límites presenta cuarcitas ó areniscas de cuarzo con abundantes partículas de cuarzo, asimismo, plagioclasa, feldespato de potasio, siderita, minerales carbonatados y hematita.

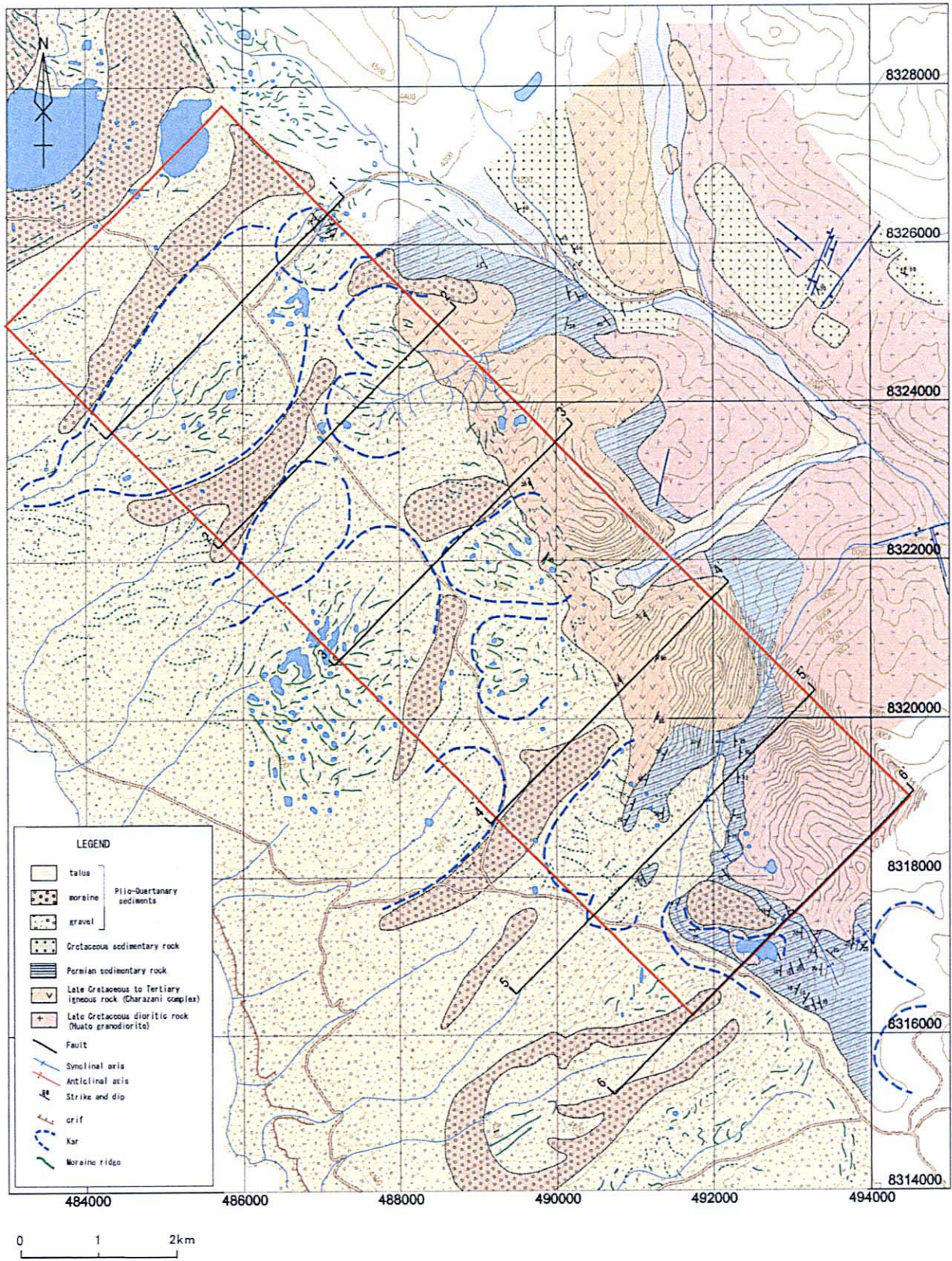
Se verifica la presencia de fracturas en las rocas intrusivas y sedimentarias del sistema cretáceo en dirección NE. Las fracturas de dirección NO son cruzadas por las fracturas en dirección NE.

##### **2) Mineralizaciones y Alteraciones**

Los contactos del intrusivo Charazani en las areniscas rojizas no muestran alteración bajo observación ocular; sin embargo, se verificaron aproximadamente 10 m de estratoligaciones de cuarzo-epitoda-clorita en las areniscas del sistema pérmico. Sin embargo, no se ha detectado concentraciones importantes de elementos salvo manganeso en los resultados del análisis químico. Incluso los resultados de las observaciones microscópicas de secciones delgadas y pulidas no se detectaron caracterizaciones especiales de mineralización.

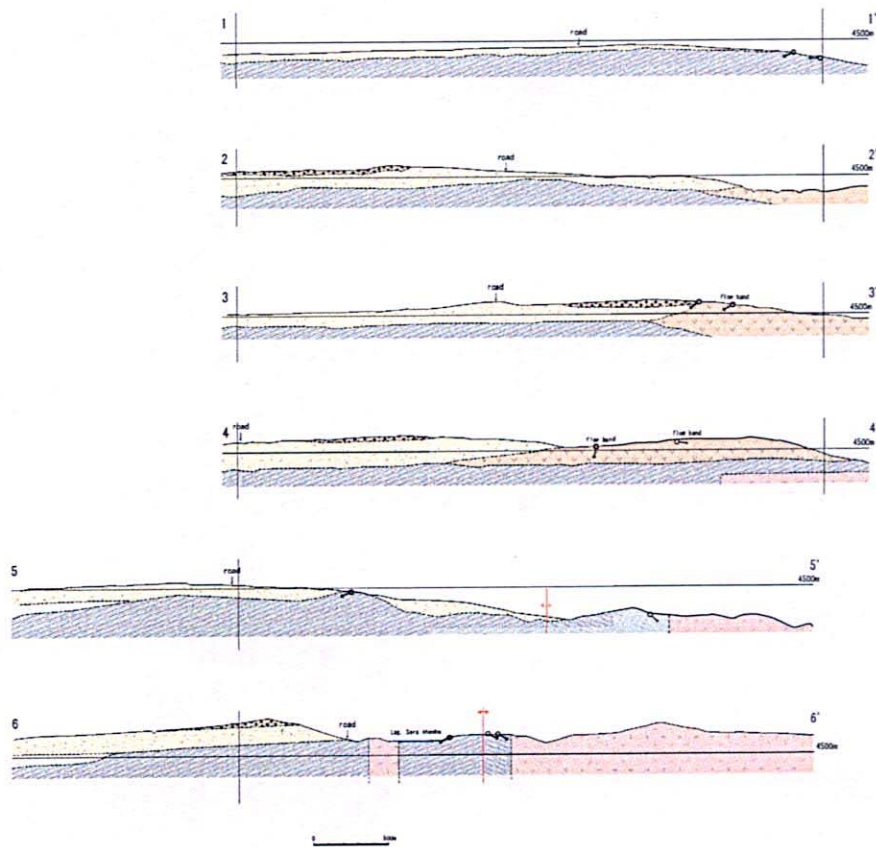
Se verificaron adicionalmente cloritización y hematitización en las calizas del sistema pérmico,





第23図 チャラサニ西地区地質図(第二次)  
 Fig.23 Mapa geológico del sector Charazani W(Etapa II)





第24図 チャラサニ西地区地質断面図(第二次)  
 Fig.24 Perfil geológico del sector Charazani W(Etapa II)

asociados a la disseminación de la pirita, no obstante, tampoco los resultados del análisis químico mostraron concentraciones metálicas importantes.

En los complejos hipabisales Charazani se observaron cloritizaciones y sericitización sesgadas. Parcialmente asociados a la disseminación pirítica, sin embargo, no se verificaron mineralizaciones importantes en los resultados del análisis químico.

### **3) Resultados de la Prospección Geoquímica de Álveos**

Los álveos del área de distribución de rocas volcánicas de la cuenca del río Charazani mostraron valores relativamente altos.

Más allá de los límites de la zona ha verificado concentraciones auríferas en sus resultados de prospección geoquímica.

No se observan anomalías de arsénico ni mercurio en las zonas de anomalías auríferas.

### **4) Observaciones**

Hacia el sector noroeste del distrito Charazani se distribuyen los estratos de areniscas rojizas sedimentarias continentales discordante (por confirmar) al sistema perminano. Se infiere que se tratan de sedimentos previos al período cretáceo mediante relacionamiento a la estratigrafía del sector central de Bolivia, no obstante su genealogía es incierta ya que ello no está documentado.

En este distrito son bajas las probabilidades de existencia de mineralización de interés.

## **4-5 Distrito Charazani Oeste (Etapa II)**

### **1) Geología y Estructura Geológica**

En el presente distrito se distribuyen rocas hipabisales de Charazani, sedimentarias y sedimentos (depósito fluvio-glacial) (Figuras 23,24).

Las hipabisales se presentan en forma de rocas intrusivas y volcánicas (lava).

Se determinaron lavas hornblenda-dacítica, intrusivas hornblenda-dacítica con las observaciones microscópicas de secciones delgadas.

Los intrusivos se distribuyen hacia el sector sudeste con dirección NO-SE. Parcialmente los contactos con las rocas sedimentarias muestran brechada menores de 5 cm.

También se observan rocas volcánicas sobre el sector nordeste con estructuras de flujo.

Asimismo, se observan afloramientos del sistema cretácico principalmente de areniscas rojizas dentro del valle hacia el sector sudoeste fuera de la zona del estudio.

Hacia el sector meridiano se observa que los sedimentos tienen una potencia mayor de 100 m, mostrando parcialmente bajo agua.

## **2) Mineralizaciones y Alteraciones**

A parte de verificarse la cericitización de las sedimentarias en los contactos con las calizas y lutitas del complejo hipabisal de Charazani, parcialmente están asociadas a la diseminación pirítica. Por otro lado, también se observan cericitización en las intrusivas y volcánicas.

Se observan alteraciones asociadas a limonita en las areniscas silicificadas del sector septentrional. Los resultados del análisis químico no muestran contenidos de oro a pesar de haber detectado abundante fierro, arsénico, manganeso y fósforo.

La mina Kjarka se ubica a 7 km hacia el nordeste del extremo norte de la zona del estudio.

El yacimiento es de tipo relleno de fisura conteniendo cobre y fierro a las vetas de brecha en los intrusivos, formando ocurrencias en 2 lugares. Se ha rellenado de intrusivos brechados con abundante hematita, especularita, y parcialmente calcopirita, calcocita, malaquita y crisocola. La ganga se presenta en pequeñas cantidades de calcita y trazas de cuarzo.

Los resultados del análisis químico arrojaron cobre y fierro pero no al oro.

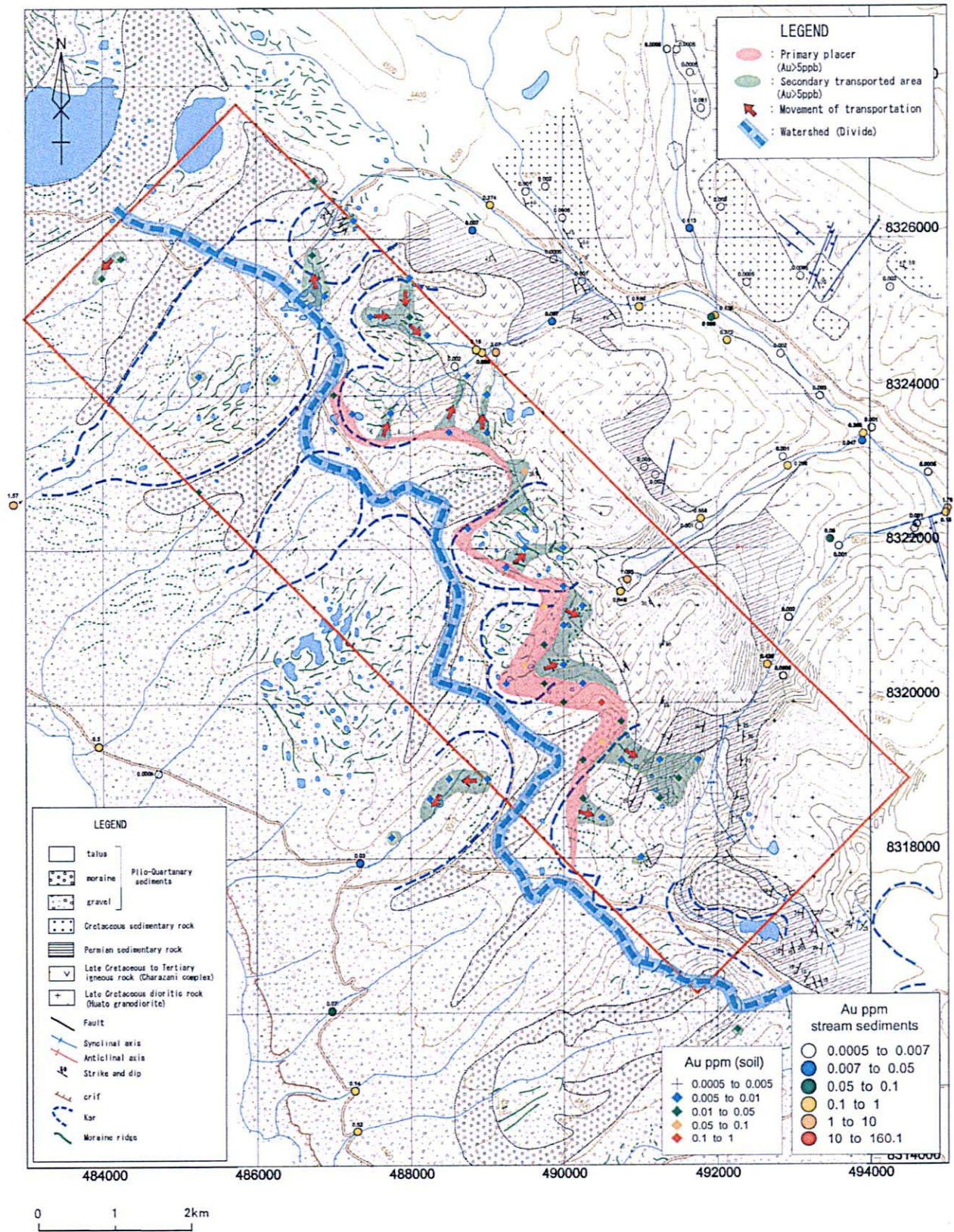
## **3) Resultados de la Prospección Geoquímica de Suelos**

No se observa notoria concentración de oro en los suelos de la zona del estudio, no obstante, se observan concentraciones de baja ley bordeando los afloramientos de las rocas volcánicas entre los sectores septentrional y meridional del distrito (Figura 25).

El arsénico se distribuye débilmente de modo similar al oro, sin embargo, la presencia de mercurio es escasa sin mostrar correlación con la presencia del oro.

Además, se tomaron muestras de los cortes de la carretera sobre morrenas y los sedimentos por estratos, sin embargo no se pudo verificar concentraciones auríferas de importancia.





第25図 チャラサニ西地区土壤地化学探査総合解析図  
 Fig.25 Mapa de interpretacion integral (Charazani W)

#### 4) Distritos Suches-Ulla Ulla

Muy próximo al límite con el Perú se encuentra operando la mina La Roca sobre un yacimiento placer glacial.

Se tomaron 11 muestras de suelos dentro de un área comprendida entre la mina La Roca y el distrito Charazani Oeste correspondientes a la distribución de sedimentos.

Sin embargo, no se obtuvieron concentraciones importantes de oro ni otros elementos incluyendo las muestras tomadas en la mina La Roca.

#### 5) Observaciones

Se infiere lo siguiente con respecto a la orogenia del distrito Charazani Oeste.

Hubo erupción e intrusión de rocas hipabisales entre los períodos gálico del cretácico al eoceno del paleógeno. Probablemente a partir del pligoceno posterior ocurrieron abruptos levantamientos y en asociación a ello, el sector occidental fue ampliamente cubierto por los sedimentos erosionados. Posteriormente, por lo menos 3 procesos glaciales hasta llevarlo a la actual geomorfología.

Se estima que los sedimentos fueron desplazados parcialmente hacia el oriente mediante erosión durante los procesos de glaciación, posteriormente a su deposición.

Se infiere que la anomalía del oro en los álveos hacia las laderas del río Suches, es producto de la sedimentación de los materiales erosionados conjuntamente con sedimentos de la cordillera oriental formados durante el eoceno medio. Se estima que la brecha existente en la mina Kjarka es producto de la exfoliación mediante erosión.

Se interpreta que quedaron remanentes solo oro estable siendo disueltos los materiales asociados al arsénico y mercurio durante la erosión.

Se observa superposición de zonas de débil distribución de oro y arsénico en las proximidades (parte cercana a la superficie discordante con las rocas volcánicas) al basamento del sedimentos. Es posible inferir lo siguiente, debido a la concentración aurífera entre 1-2 g en los álveos, a pesar que es posible que originalmente estos sedimentos no contenían oro.

Es decir;

- (1) Se esparcieron hacia el oeste y este los materiales exfoliados de alta ley existentes previamente,



- (2) Es posible inferir la presencia de oro algún otro lugar, desde el punto de vista de que la sedimentación del oro no es uniforme en sedimentos.

#### **4-6 Distrito Aucapata**

##### **1) Geología y Estructura Geológica**

Se distribuyen lutitas en toda su extensión y parcialmente intercaladas las areniscas (Figuras 26 y 17).

Asimismo, en las proximidades de la cumbre Pacaji se verificaron exfoliaciones conglomerados.

Se presentan varias estructuras anticlinales y sinclinales, no obstante, exceptuando la circunscripción de Huanco, los afloramientos son relativamente escasos; asimismo, la complejidad de rumbos y buzamientos dificulta el reconocimiento de la estructura geológica.

Los resultados de las observaciones con microscopio, las areniscas minúsculas del sector meridiano del poblado Compañía presentan abundante micas albinas y cuarzo con estructura sesgada y débil carbonatación y cloritización.

Los fósiles de cochas que se descubrieron en cada lugar fueron identificados como Silurico-Devonico.

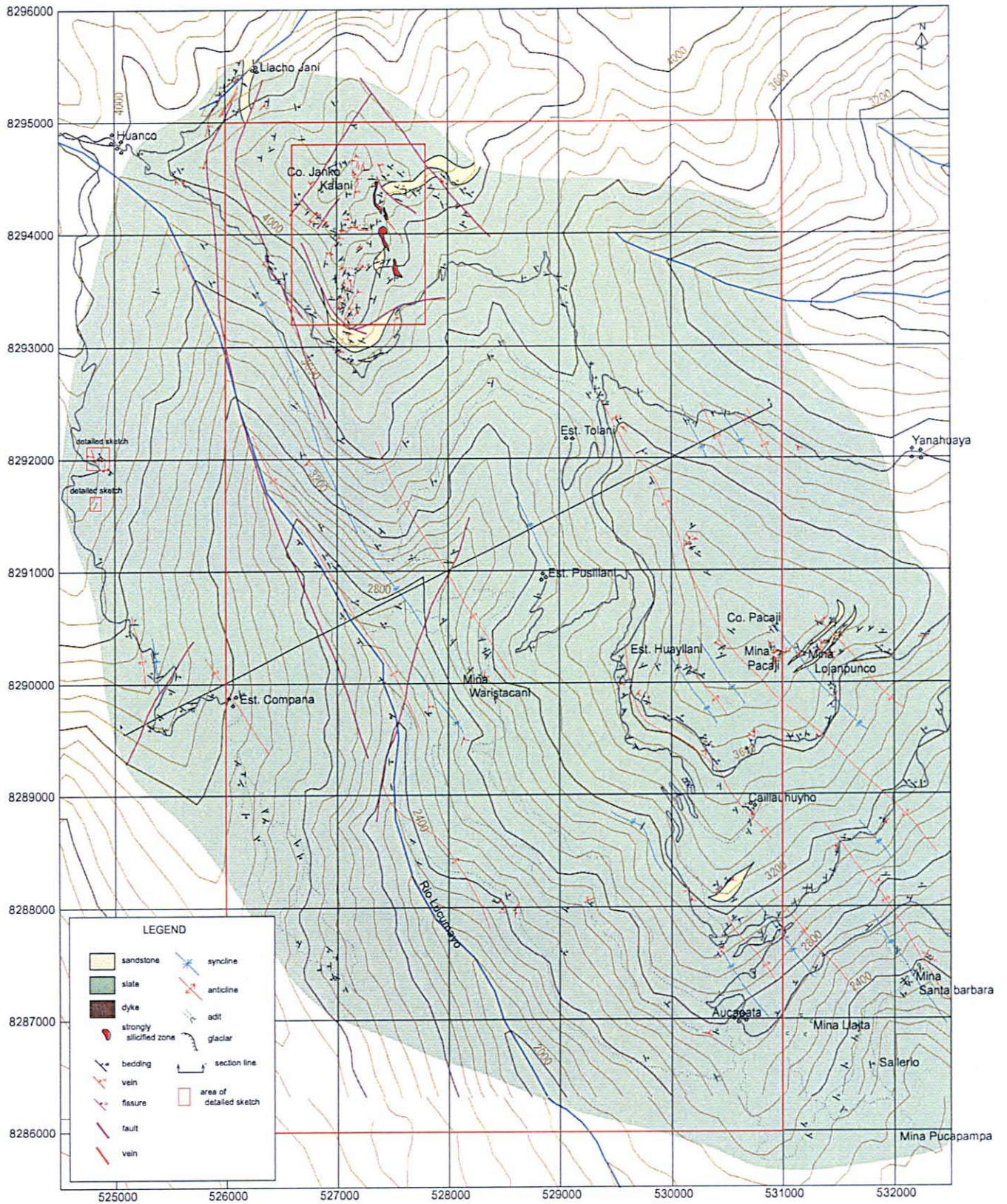
##### **2) Mineralizaciones y Alteraciones**

Se verificó la presencia de mineralización en los yacimientos auríferos tipo manto, vetiformes, diseminaciones y placeres.

Los yacimientos manto se observan en la ladera meridional del cerro Picaji. En la cumbre se encuentran las minas Picaji y Lojan Punco, en los flancos las minas Mauca Llajta y Santa Barbara, todas paradas. En la mina Mauca Llajta se observó una galería que data de la época incaica (se desconocen los detalles).

El yacimiento se distribuye aproximadamente 200 m en la mina Lojan Punco y 300 m en Mauca Llanta y Santa Barbara. En la muestra tomada de la mina Picaji correspondiente al manto de cuarzo se verificó la presencia de abundante pirita y trazas de calcopirita.

Hacia el sector meridiano del distrito existen las minas de Santa Bárbara (detalles desconocidos), Suamani y Jesuani (cerrada).



第26図 アウカパタ地区地質図  
 Fig. 26 Mapa geológico del sector Aucapata



La mina Suamani se extraían minerales de cuarzo conteniendo oro de un manto de potencia 10-60 cm, no obstante, se observa parcialmente pequeñas vetas y stockworks de cuarzo. Hacia las riberas del río Llica se encuentra la mina Chacahualla, actualmente en inactividad, probablemente perteneciente a la misma estratificación, de la cual se extraía minerales de cuarzo del manto.

Los yacimientos vetiformes de la mina Waristakani, que se encuentra en la ladera occidental del cerro Picaji, se internan unos 60 m a la veta de cuarzo de potencia 1,5 m encerrando un basamento de calcopirita de potencia 20 cm. Las muestras tomadas dentro de la galería y el depósito al lado de la bocamina presentaron leyes de Au 0,987-1.55 g/t, Ag 2,64-11,1 g/t y Cu 0,95-3,57%.

En la circunscripción de Wanko se verificó la presencia de una veta de cuarzo (aurífero) cuprífero. Asimismo, en el flanco meridional del cerro Janko Kalani se observaron amplia distribución de areniscas y notorias silicificaciones conducido por la fisura en forma de vetas y masivos. Una de ellas con rumbo N10E-N15O, buzamiento 50-70, potencia mayor a 12 m con elongación de 300 m. Está asociada parcialmente a pirita y presenta como máximo Au 0,17 g/t, Cu 0,36% (potencia de muestreo 6m).

En la estancia Compañía al margen occidental del río Lucumayo se verificó la presencia de dos vetas de cuarzo con potencia máxima de 5 m, no obstante, los resultados de los análisis químicos no mostraron asociaciones con mineralización .

Las diseminaciones se observan en forma conjunta con los yacimientos vetiformes hacia el flanco meridional del cerro Janko Kalani de la circunscripción Wanko. Se observaron desde diseminaciones en el interior de la lutita hasta masivos asociados con abundante calcopirita.

Las areniscas silicificadas de la circunscripción del poblado de Aucapata están asociadas a pequeñas cantidades de talco, trazas de sericita y clorita según los resultados de rayos X, verificándose mediante observación microscópica de sección pulida la presencia de pirita y trazas de esfalerita. Los resultados del análisis químico arrojaron débil mineralización de oro (Au 0,85 g/t).

La ley de oro es baja en las muestras de corte de carretera del sector meridiano-central del distrito, a pesar que se trata de la misma arenisca silicificada. Las lutitas de los alrededores están afectadas por fuertes silicificación y cloritización .

Hacia el sector sudoeste del distrito se distribuye un cuerpo de óxidos-limonita de 3 km de ancho con rumbo NO. A casi 500 m al nordeste de la ruina Iskanwaya presenta ferroclitos. En la vertiente del extremo noroeste de esta alteración fluye agua ácida, presentando sedimentos de óxidos de fierro en la confluente, no obstante, la distribución en la continuación hacia el noroeste es desconocida por su inaccesibilidad debida a la vegetación existente.



Hacia el sector meridiano del distrito, la mina Pucapampa explota en pequeña escala oro secundario del talud y los sedimentos aluviales

De los resultados de las observaciones de secciones pulidas de muestras tomadas de las vetas de cuarzo, conteniendo sulfuros del distrito Aucapata, mostraron principalmente ligación a la piritita y pequeñas asociaciones con calcopiritita. Además, contiene pequeñas cantidades de arsenopiritita, trazas de pirrotita, covelina y tentanita.

La veta de arcilla silicificada (rumbo N30O, buzamiento 50NE, potencia 60-90 m) del corte de carretera del sector meridiano-central del distrito, presentó una edad de  $289,3 \pm 15,8$  Ma (carbonífero superior – pre-pérmico).

### **3) Resultados de la Prospección Geoquímica de Álveos**

En la segunda fase se verificó relativamente alta ley de oro (máximo 0,968 g/t) en pequeñas vertientes de los sectores noroeste y sudoeste del distrito

Especialmente las muestras de plateo presentaron valores de oro: 4,72 g/t en la vertiente del sector noroeste, 1,805 g/t y 5,08 g/t en la vertiente del sector sudoeste. La muestra de la mina Suamani mostró un valor alto de 149,5 g/t.

Las anomalías aparte de oro como del arsénico y mercurio son débiles

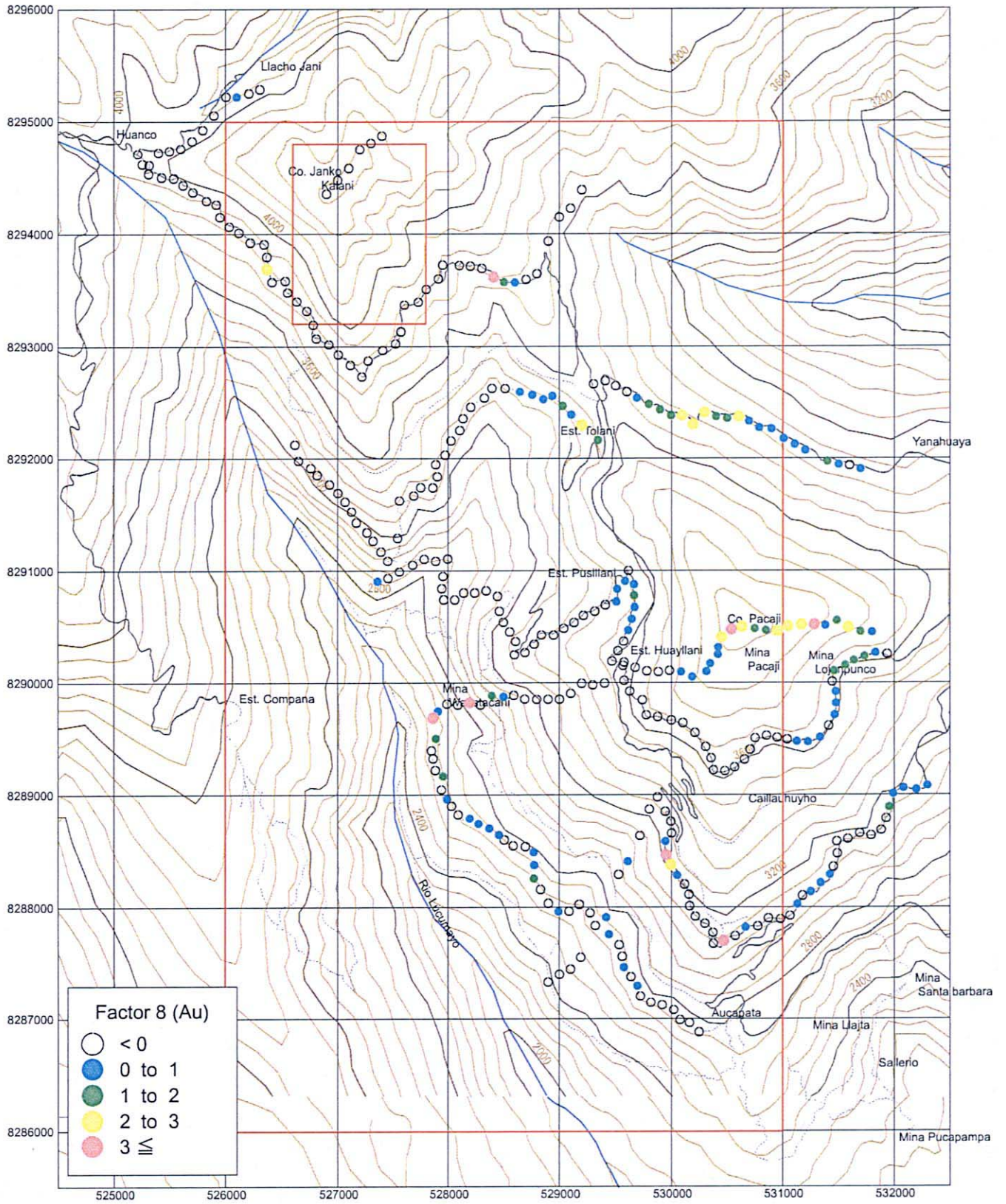
### **4) Resultados de la Prospección Geoquímica de Suelos**

En este distrito se optó por realizar prospección geoquímica de suelos, debido a la abundancia de vegetación y ausencia de afloramientos.

En total se clasificaron 330 muestras para los análisis químicos de 51 elementos.

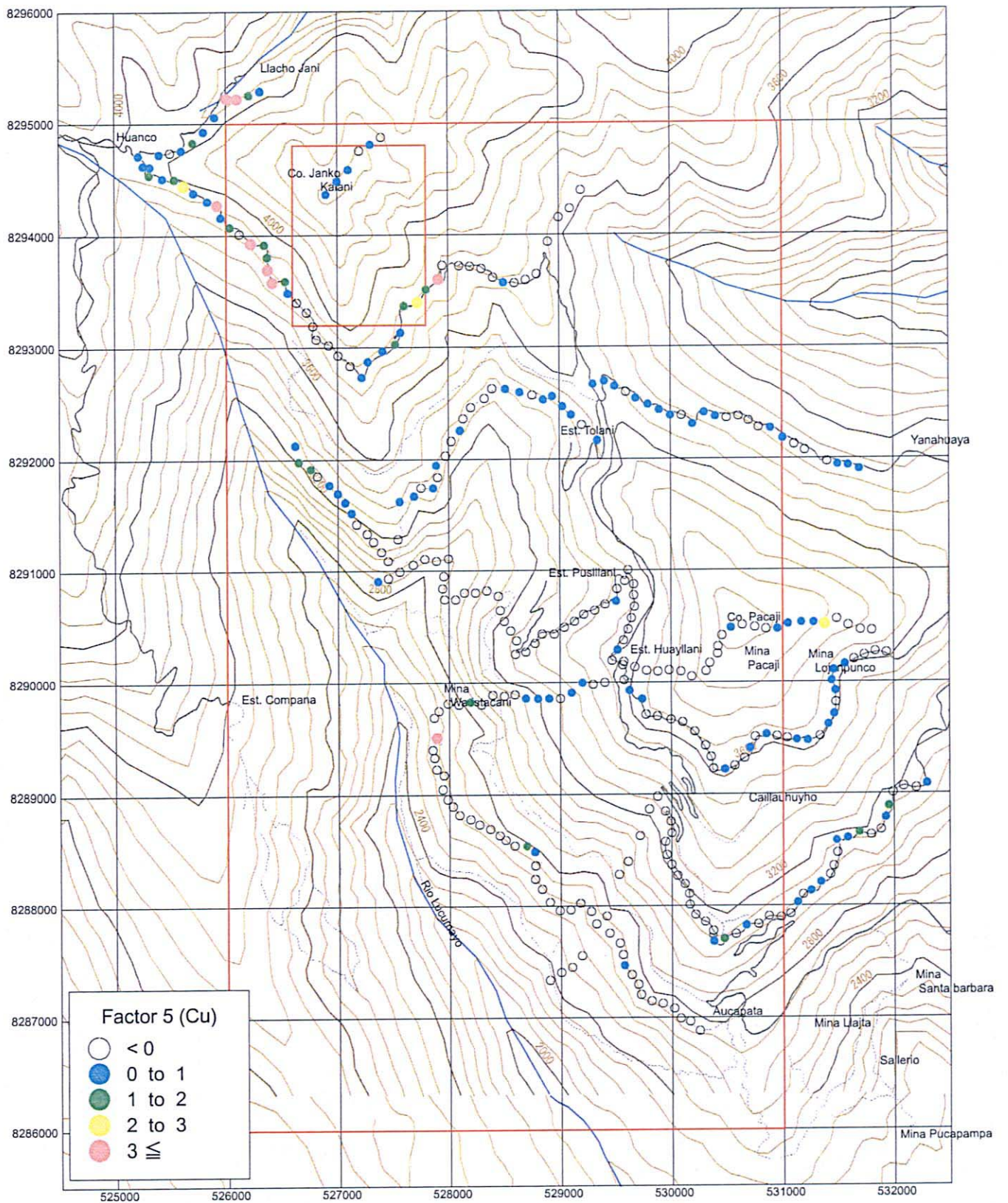
Los resultados del análisis de principales elementos se observan alta correlación entre la mineralización aurífera y la presencia de antimonio, alteraciones de cobre con el arsénico, plata, indio, bismuto y molibdeno. Los metales plomo, zinc son de comportamiento independiente con respecto a los demás elementos.

En las Figuras 27 y 28 se muestran las interrelaciones entre los grupos 8 (mineralización aurífera) y 5 (mineralización cuprífera). El oro presenta altos valores en los alrededores de la mina Paka y el cobre en la mina Huanco.



第27図 アウカパタ地区土壌地化学探査因子得点分布図(Auグループ)  
 Fig.27 Distribucion caracterizacion geoquimica de suelos (Au ; Aucapata)





第28図 アウカパタ地区土地化学探査因子得点分布図(Cuグループ)  
 Fig.28 Distribucion caracterizacion geoquimica de suelos (Cu ; Aucapata)



## **5) Área Huanco (Estudio Detallado)**

Hacia el sector septentrional del distrito existen minas de cobre particulares, no obstante, también existe limonita en vetas de cuarzo con contenido máximo de cobre 0,18% , durante los estudios de la segunda fase se verificaron contenidos de cobre 11,7% y oro 0,2 g/t); además, los resultados de la prospección geoquímica de suelos durante de tercera fase prometen existencia de yacimientos cupríferos. Asimismo, además de presentar cuarzo vetiforme de potencia 0,8 m conteniendo pirita en abundancia, con leyes máximas de oro 9,29 g/t, presenta vetas de limonita-pirita de potencia 3m con Au 1,74 g/t, vetas de limonita de 3 m de potencia con Au 1,24 g/t; verificación de mineralización aurífera; razones por las cuales se realizó el estudio detallado con el objeto de dilucidar la estructura geológica y mineralización.

En el presente distrito se distribuye estructuras emergentes de lutita, arenisca-lutita y arenisca (Figura 29).

La formación sufre notorio plegamiento y está cercenada por el lineamiento, no obstante, el eje del plegamiento enrumba principalmente de norte a sur (Figura 30).

Asimismo, en detalle, las estructuras aparentemente simples yacen sobre plegamientos con misma inclinación, formando una compleja estructura. En los lugares donde se aprecian las fallas se observan plegamientos discontinuos.

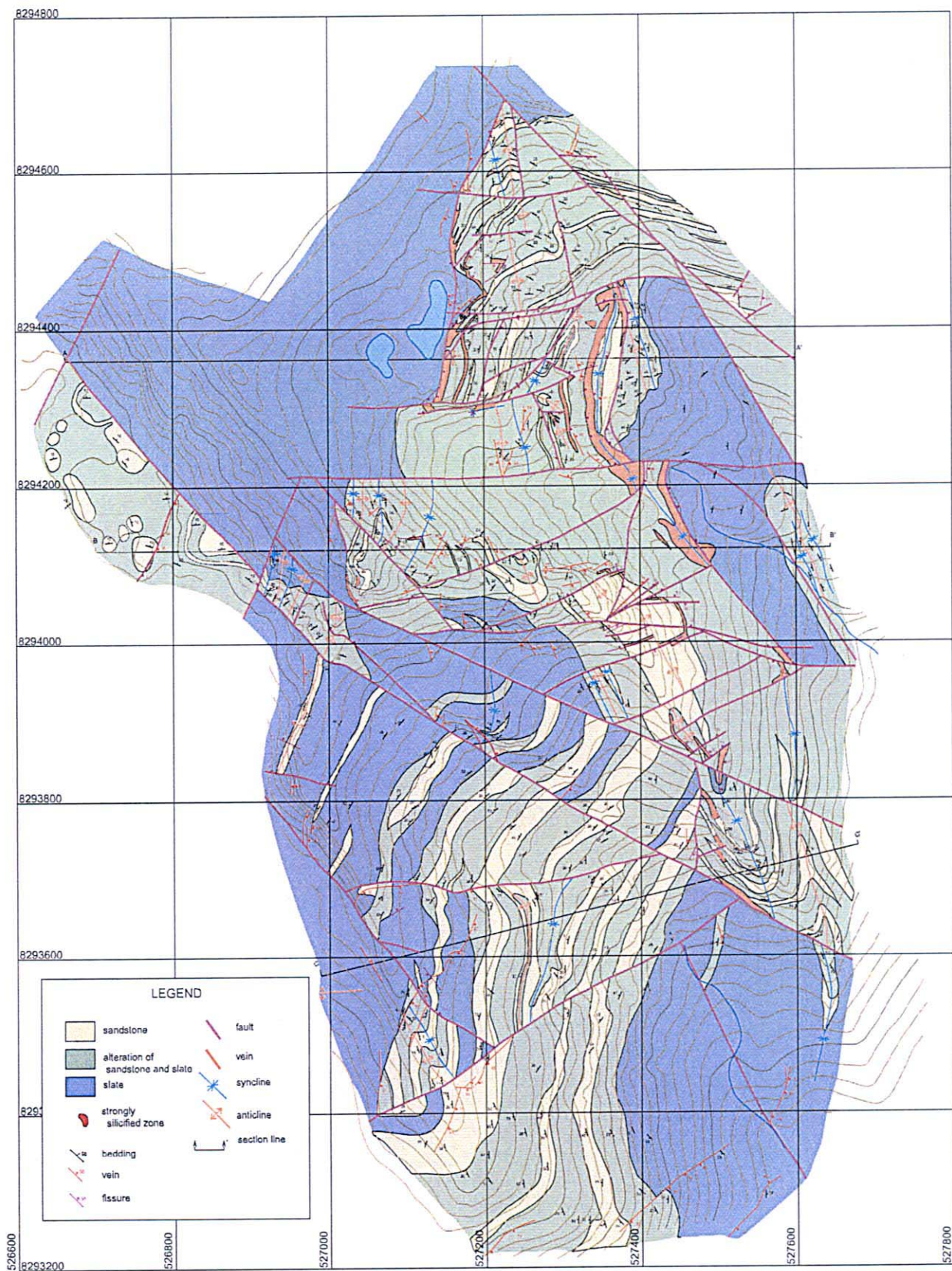
Hacia el hemisferio septentrional del sector central se observa fuerte silicificación guiadas por las areniscas y el lineamiento, apreciándose en algunos casos alteraciones de areniscas en tal grado que no son posibles verificar la caracterización de la roca originaria.

En el distrito se analizaron 113 muestras adicionales, siendo su resultado, disseminación aurífera en la pirita de potencia 5 m con máxima ley de 2,73 g/t, no pudiéndose verificar otras mineralizaciones de interés.

## **6) Observaciones**

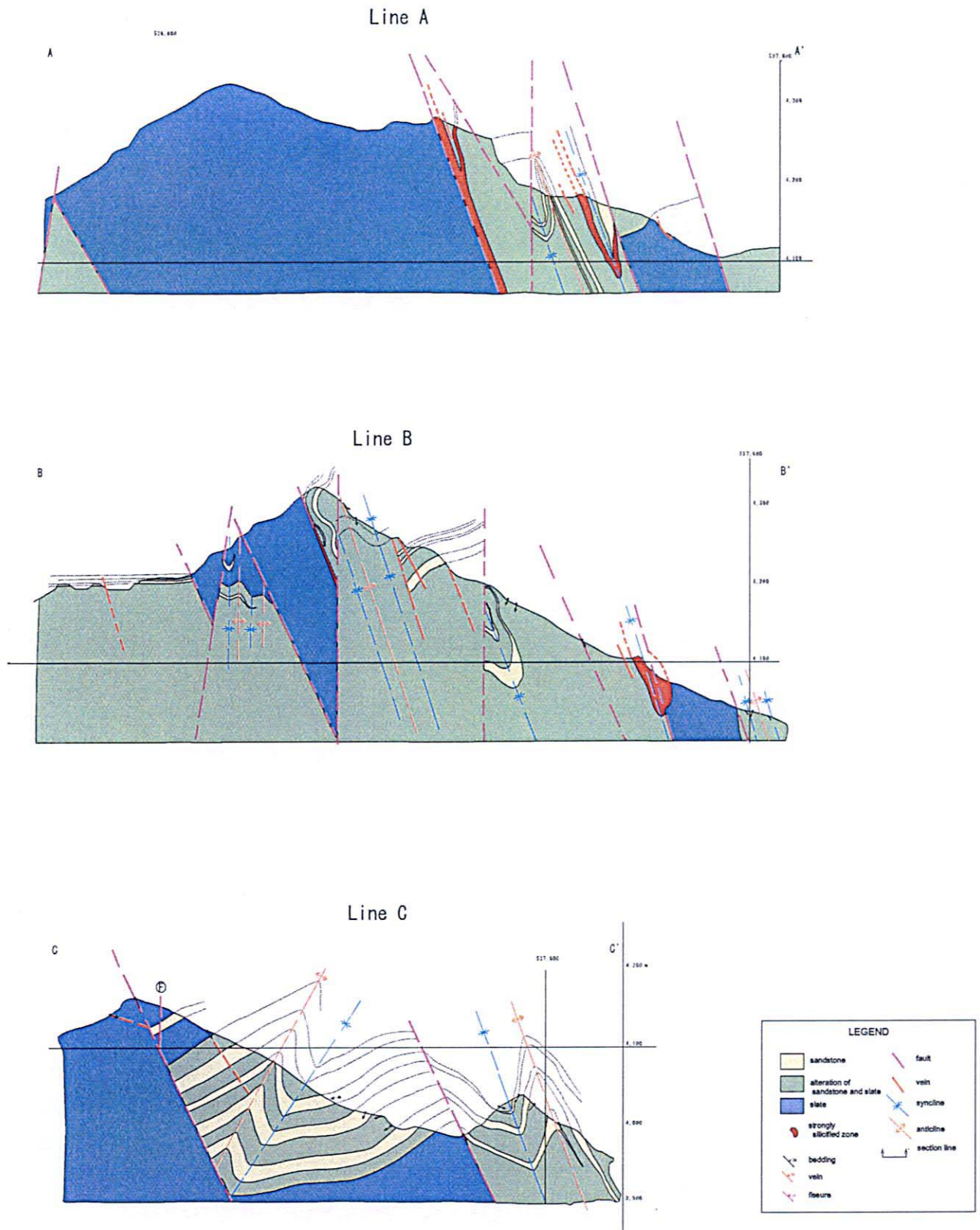
De los resultados de la prospección geoquímica de suelos se pudieron verificar la presencia de mineralización cuprífera (vetiforme) en la circunscripción de Wanko, similares a los observados en la superficie; asimismo, la existencia de mineralización aurífera (tipo manto) en las circunscripciones Pacaji-Lojan Punco.

Entre la cumbre y el flanco septentrional de Pacaji-Lojan Punco, no obstante la ausencia de afloramientos en los terrenos de sembrío, existe la probabilidad de continuidad del cinturón de mineralización aurífera tipo manto hacia la parte inferior.



第29図 アウカパタ地区ワンコ区域地質図  
 Fig. 29 Mapa geológico del area Huanco





第30図 アウカパタ地区ワンコ区域地質断面図  
 Fig. 30 Perfil geológico del area Huanco



Sin embargo, en caso se tratara de la relación con los granitos de Zongo-Yani, y de la baja temperatura de homogeneización de inclusiones fluidas promedio obtenida para la mina Lojan-Punco de 181°C y su proximidad con las vetas de cuarzo epitermales (Cuadro 6), se infiere que pertenecen al extremo septentrional de la zona de mineralización tipo manto, y de existir un yacimiento se sospecha carencia de continuidad ó escala.

Se concluye que el yacimiento de Wariskatani (auro-cuprífero vetiforme) adolece en escala debido a la baja correlación del suelo tomado en dirección de la elongación.

Se estima la presencia de yacimientos vetiformes auro-cupríferos en la circunscripción de Wanko, no obstante, de los resultados de la prospección geoquímica se infiere que el yacimiento aurífero tipo manto no se superpone.

Los fósiles de conchas descubiertos en Aucapata pertenecen entre silúrico y devoniano, siendo el lugar originado en el devoniano (Schneider 1990), verificándose que dentro de los sedimentarios se originan los yacimientos auríferos tipo manto del silúrico-devoniano.

#### **4-7 Distrito Tacacoma**

##### **1) Geología y Estructura Geológica**

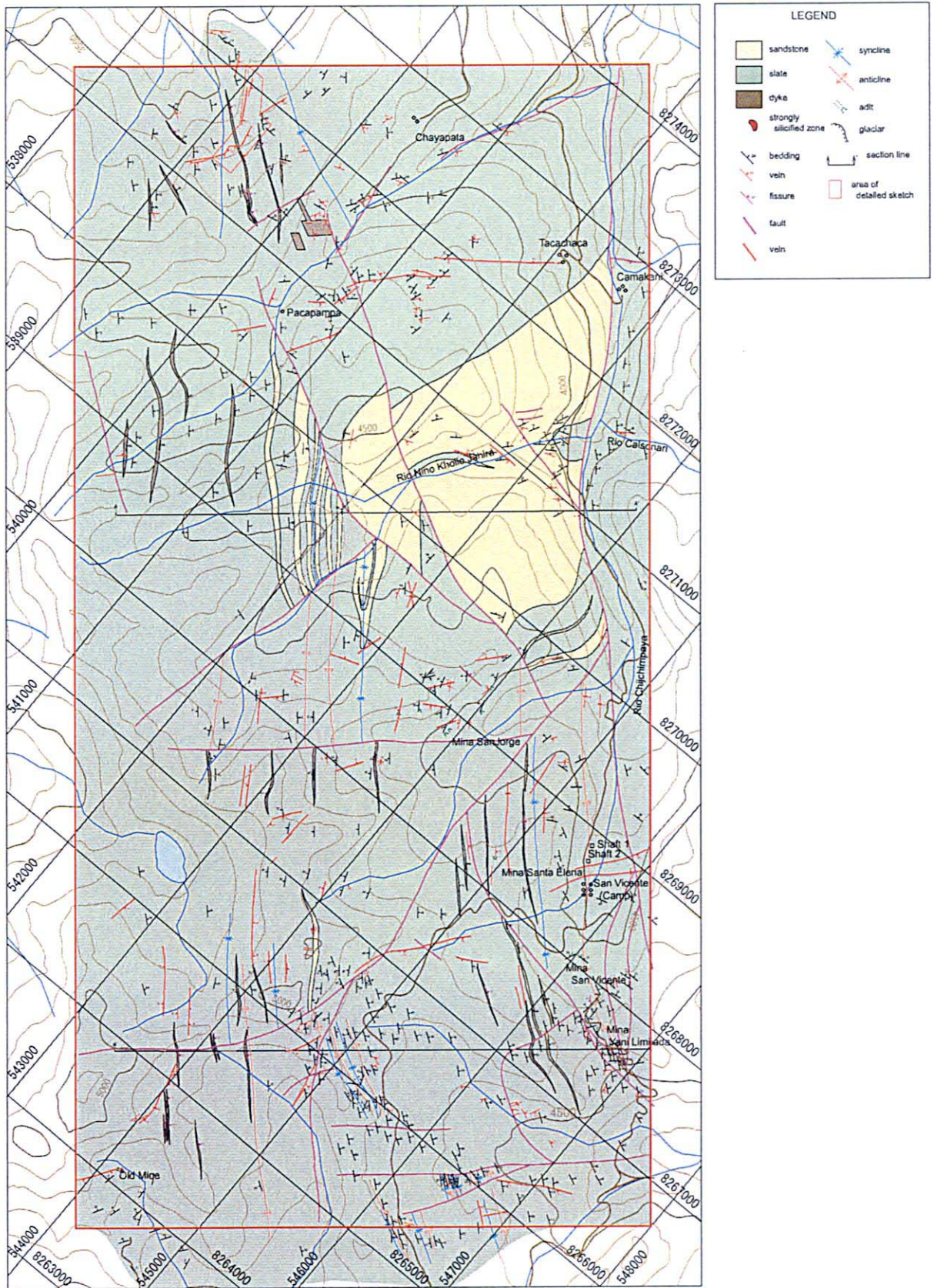
Se distribuyen lutitas en toda su extensión insertando delgados estratos de areniscas. Se observa un amplio afloramiento de estrato emergente de arenisca en la cuenca de inclinación suave del río Ñoño Khollo Jahuira (Figuras 31 y 17).

Hacia los sectores meridional y septentrional del distrito se distribuyen vetas de andesitas en concordancia con el estrato.

Además de verificarse varios anticlinales y sinclinales en toda su extensión, la estructura geológica es compleja con presencia de fisuras y fallas. Especialmente se observan pequeños plegamientos desarrollándose parcialmente hacia el sector meridiano.

A pesar que el margen derecho del río Chijchimpaya es de simple estructura, se infiere la existencia de lineamiento (probablemente falla) en dirección N50O bordeando el valle, debido a la presencia de complejos plegamientos.

En la subcuenca del margen izquierdo del río Chijchimpaya en el sector central del distrito, se observan una falla en sentido NNE y un eje anticlinal asociada zonas de roturas de la falla y por otro lado, en el valle del sector meridiano una falla de desplazamiento izquierdo en sentido NO, infiriéndose la



第31図 タカコマ地区地質図  
 Fig. 31 Mapa geológico del sector Tacacoma



existencia de una falla en sentido NNE más allá de este sector del estudio.

Se realizaron observaciones microscópicas de secciones delgadas y dataciones K-Ar sobre las 6 muestras de andesita. Los resultados presentaron ligeras alteraciones (silicificación, carbonatación, sericitización y cloritización).

Presentaron edades de  $83,8 \pm 2,3$  Ma a  $175,5 \pm 4,9$  Ma

## 2) Mineralizaciones y Alteraciones

Como mineralizaciones del distrito se observan yacimientos auríferos tipo manto, vetiformes y placer.

Los yacimientos tipo manto se presentan en las minas San Jorge, Yani Limitada en operación y Santa Elena paralizada aparte de la mina San Vicente.

El yacimiento se distribuye aproximadamente 1 km en la Mina San Jorge, no obstante en las minas San Vicente y Yani Limitada son cerrados aproximadamente 200m alrededor del eje anticlinal.

La mineralización aurífera de la mina San Vicente consiste de vetas y manto de cuarzo, siendo el rumbo de la veta en sentido NO y desarrollándose el manto hacia el eje anticlinal de la superficie del estrato con ligera inclinación. Los cuarzos del manto cortan parcialmente al estrato.

En el margen derecho de la cuenca del río Chijchimpaya se ubican 3 minas (se desconocen los detalles, una de ellas cuenta al menos con 4 niveles de galerías) y se extrae oro aluvial en forma de cooperativa..

Los yacimientos vetiformes se verificaron hacia el sector septentrional de Challapata mostrando asociación de cuarzo en dos lugares .

Las vetas de cuarzo a unos 1,5 km del poblado de Challapata consisten de combinaciones de los sistemas NE-SO y NNO-SSE hacia el sector meridiano, no obstante, hacia el sector septentrional presentan rumbos NO-SE. La potencia de la veta es de hasta 10 m considerando las rocas internas, elongación de rumbo alcanza 800 m. La veta presenta oro 0,002-4,64 g/t, plata 0,03-7,42 g/t, cobre 0,001-0,812%.

Las muestras tomadas en la galería abandonada resultaron en las observaciones microscópicas de secciones pulidas, contenido mediano de pirita asociada a trazas de calcopirita y pirrotita. El grupo de vetas de cuarzo presenta tendencia de distribución radial centrada en la veta.

Además, a unos 2 km hacia el sudoeste del poblado se verificó la presencia de vetas de cuarzo en sentido NE-SO de potencia 2,5 m asociadas a calcopirita (aproximadamente 30 cm). Los resultados del análisis

de muestras tomadas presentaron contenidos de cobre (10,5%), plata (20,9 g/t), y bajo en oro (0,063 g/t). Esta veta de cuarzo se verificó hacia el flanco de talud abrupta desconociéndose su elongación. Los resultados de la observación microscópica de secciones pulidas de la muestra tomada arrojaron abundante contenido de calcopirita, pequeñas cantidades de calcocita y trazas de pirita, esfalerita y malaquita.

La mayoría de las vetas de cuarzo se presentan con rumbo NE-SO y débil mineralización aurífera. Por debajo de sus límites prácticamente no contiene sulfuros, verificándose trazas de pirita y goetita .

Las lutitas circundantes a las vetas de cuarzo están afectadas por intensa silicificación, cloritización y sericitización.

En los estratos de lutitas y areniscas desarrollados en la zona de plegamientos del sector meridiano se insertan estratos de sulfuros con potencia máxima de 20 cm. La muestra tomada arrojó oro (menor a 0,001 g/t) sin estar asociado a otros metales. De los resultados de la observación microscópica de secciones pulidas se verificaron solamente trazas de pirrotita aparte de la pirita.

### **3) Resultados de la Prospección Geoquímica de Álveos**

Según el resultado del estudio de fase II, se observa oro en los álveos de las riberas del río Chijchimpaya, sin embargo, ello no se verifica en su margen derecho. El margen izquierdo no muestra en general importantes concentraciones auríferas, salvo la vertiente del sector meridiano con 0,102-0,337 g/t

Se superponen las anomalías de arsénico y mercurio con las zonas anómalas auríferas

### **4) Observaciones**

Se infiere que el yacimiento aluvial aurífero verificado en el río Chijchimpaya tiene su origen principalmente en las minas San Vicente, San Jorge y Santa Elena. Se cree que, las anomalías auríferas observadas en los tributarios próximos al principal, se deben a los antiguos sedimentos de terraza en los bordes del río, conteniendo oro. La mina de la ribera opuesta (margen derecho) al poblado Llachani, explota aparentemente los sedimentos de esta terraza.

En el distrito se distribuyen varias vetas de cuarzo aparte de los yacimientos auríferos tipo manto, siendo los del sector septentrional con alteración auro-cuprífera.

Las inclusiones fluidas del yacimiento tipo manto de San Jorge presentan temperaturas de homogeneización de 185°C, siendo más bajas que los próximos a los del poblado Chijchimpaya aproximadamente entre 4 y 5 km hacia el norte, cuyas vetas cuarzo auro-cupríferas dieron entre 207 y



233°C.

Considerando que los valores correspondiente al yacimiento San Vicente (manto), ubicado a unos 2 km hacia el sudeste de San Jorge, se encuentran entre 346 y 343°C, los de San Jorge son extremadamente bajos similares a los niveles de las temperatura de formación de los yacimientos epitermales. De ello y su posible relación con los granitos de Zongo-Yani, se infiere que se trata de la elongación hacia el extremo septentrional del manto de mineralización de los yacimientos San Jorge apartir de la zona de San Vicente(Cuadro 6).

Las vetas de cuarzo auro-cupríferas son más jóvenes que los tipo manto, siendo probable la formación de mineralización (distribución de alta temperatura) distinta a la centralizada en Challapata.

#### **4-8 Distrito Chuchu Jahuirá**

##### **1) Geología y Estructura Geológica**

El sector oriental del distrito está cubierto por los granitos de Zongo-Yani y su sector occidental por rocas sedimentarias principalmente de lutitas.

Se observan parcialmente plegamientos en la estructura de las rocas sedimentarias, siendo el rumbo de la formación prácticamente en sentido NO-SEE, presentando una estructura simple con inclinación hacia NE.

##### **2) Mineralizaciones y Alteraciones**

Las lutitas del contacto con el granito están afectadas por metamorfismo de hornfels.

Se verificaron tenues silicificaciones asociadas a la diseminación de la pirita en todos los lugares. Sin embargo los resultados del análisis químico de la muestra tomada no dieron importantes concentraciones (Au < 0,005 g/t).

A modo de referencia, se tomaron 2 muestras de los alrededores de la mina Lipichi a 10 km más allá de los límites septentrionales de la zona del estudio, resultando oro 0,204 g/t y arsénico mayor de 1% en la muestra con alta diseminación de pirita .

##### **3) Resultados de la Prospección Geoquímica de Álveos**

El área de distribución de granitos presenta como máximo 3,67 g/t de oro, siendo especialmente altos los correspondientes a los límites con las rocas sedimentarias (Figura 17-1).

Hacia aguas arriba del río Chuchu Jahufra no se observa importantes concentraciones.

No existen elementos que muestren notoria anomalía salvo el oro.

#### **4) Observaciones**

Son bajas las probabilidades de existencia de yacimientos de tipo manto según los resultados de los análisis, a pesar que se estima la presencia de un depósito SEDEX debido a las lutitas con diseminación de pirita.

Los resultados de la prospección geoquímica de álveos muestran anomalías auríferas en los contactos entre los granitos de Zongo-Yani y las lutitas, infiriéndose la presencia de mineralización en la zona de contacto, sin embargo, no se espera la existencia de un gran yacimiento en la zona de alteraciones termales de los puntos de contacto con el granito.



## Capítulo 5 Análisis Integral de los Resultados del Estudio

### 5-1 Geología y Estructura Geológica

El área del estudio está dominada por lutitas del ordovícico y silúrico, limitados por la falla "Cordillera Real" que aflora en la parte central de esta área, según el mapa geológico existente. Sin embargo, durante los tres años del estudio no se pudo confirmar la existencia de esta falla.

Se descubrieron fósiles de conchas en el distrito Aucapata que formó parte del área de estudio de la tercera fase.

De los resultados de la evaluación, se determinó que las estructuras que previamente se consideraban como parte del sistema ordovícico, corresponden a silúrico y devónico respectivamente los estratos superiores e inferiores.

En consecuencia, los límites con el sistema ordovícico se han desplazado en dirección noreste, ampliándose el ámbito correspondiente al sistema siluro-devónico (Figura 11).

Se tomaron muestras de graptoloides ordovícicos en la carretera aguas abajo del poblado Charazani (aproximadamente a 2 km del poblado Camata), infiriéndose que los límites corren el margen occidental del poblado Camata hasta el río Yika en el poblado Murmuntani, basado en aspectos como el lineamiento.

En el bloque meridional del río Llika, se estima desplazamiento del lineamiento bordeando al río, sin embargo, los límites no son notorios.

En efecto, durante los estudios de la primera fase también se obtuvieron fósiles de conchas que pertenecerían al sistema silúrico superior-ordovícico inferior en el flanco septentrional del poblado Tacacoma.

Hacia el sector sudoeste de la zona se distribuye capas rojas constituidas por volcanoclásticos en contacto con el sistema silúrico mediante falla.

Estas capas rojas subyacen concordante bajo un pequeño nivel de yeso.

Hacia el sector noroeste del distrito Charazani se distribuyen los estratos de areniscas rojizas sedimentarias continentales discordante al sistema perminano.

Sobre éstas no existen referencias escritas ni se conocen con certeza sus edades, no obstante, se infiere que las primeras se tratan de sedimentos originados en el pre-cretácico, y las últimas serían sedimentos cretácicos de acuerdo a la relación estratigráfica de la región central de Bolivia.

Tabla 7 Lista de Fosiles Determinados

área	periodo	especie
Aucapata	Devónico inferior (Lochkoviano)	Pustulatia curuspira Australocoelia sp.
	Silúrico superior (Pridoliano)	Heterorthella sp. Ostracoda. Zygobolboiedes changollaensis sp n Tentaculites crotalinus Anabaia sp. Australocoelia tourteloti Crionoidea indet. Pustulatia curuspira Bivalvo indet.
	Silúrico mediano (Wenlockiano)	Chonetido Anabaia sp. Tentaculites Heterorthella
Camata	Ordovícico inferior - mediano (Arenigiano-Llanvirniano)	Dicranograptus sp. Didymograptus artus

## 5-2 Actividad Ígnea

En la zona del estudio se distribuyen 4 cuerpos ígneos conformados por los granitos de Zongo-Yani, granodioritas de Illampu y Huato y los hipabisales de Charazani (Figura 11).

Las edades K/Ar de  $35,1 \pm 1,0$  Ma por biotitas obtenidas del granito de Yani-Zongo consideradas como intrusivos del co-herciniano, y de  $210,7 \pm 5,8$  Ma de la granodiorita de Illampu considerada como intrusivo del post-herciniano, coinciden las anotaciones de datos existentes (Figuras 32).

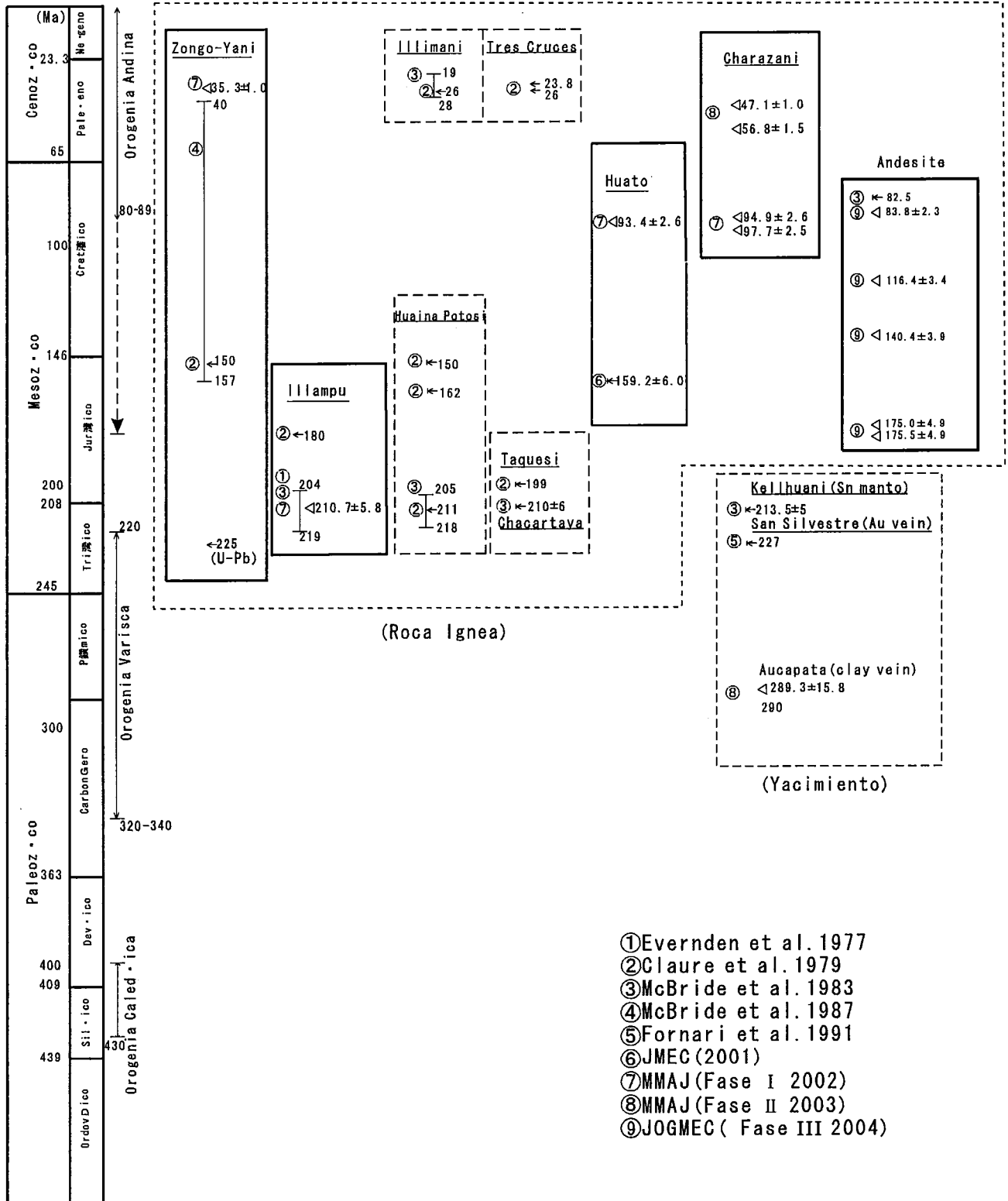
La edad K/Ar por biotitas de la granodiorita de Huato (Amarete), supuestamente contemporáneas con la de Illampu, es de  $93,4 \pm 2,6$  Ma, determinándose que este cuerpo pertenece a los intrusivos del cretácico superior inicial.

Las rocas hipabisales de Charazani eran consideradas pertenecientes al período neogeno, no obstante, obteniéndose los resultados de las mediciones de edad durante la primera fase del estudio  $97,7 \pm 2,5$  Ma y  $94,9 \pm 2,6$  Ma para los intrusivos del sector oriental, y durante la presente fase  $47,1 \pm 1,0$  Ma para los intrusivos del sector occidental; asimismo,  $56,8 \pm 1,5$  Ma para las rocas volcánicas en los contactos, la actividad ígnea iniciada desde el oriente durante gálico-cretácico, sugiere desplazamiento del eoceno-paleogénico hacia el occidente.

Observando estas edades de generación, se concluye que se ha verificado una nueva actividad ígnea durante



# Eventos Magmaticos



第32図 マグマ活動期と鉱化・変質作用時期

Fig.32 Periodos de actividad magmatica y mineralizacion / alteracion

cretácico superior inicial adicionalmente a los 3 conocidos.

Asimismo, exceptuando las granodioritas de Illampu, se infiere amplia actividad ígnea e hidrotermal.

La actividad ígnea más reciente resulta ser el rejuvenecimiento del granito de Yani-Zongo, infiriéndose el acaecimiento de esta actividad durante el paleogeno.

Se verificaron varios intrusivos de andesíticos y vetas tipo silla en el distrito Tacacoma durante los estudios de la tercera fase. Se realizaron mediciones de edad geológica (método K-Ar) en 6 muestras.

Los resultados arrojaron valores 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 .

Por otro lado, el valor obtenido  $83,8 \pm 2,3$  Ma para la andesita, indica correspondencia a la edad de intrusión de las vetas de cuarzo, debido al emplazamiento e influencia hidrotermal de las vetas de cuarzo.

Se infiere que las actividades hidrotermales que generaron oro y cobre en el distrito de Tacacoma, corresponden al período cretáceo superior, debido a que se informa el sector occidental de Sorata, la edad de actividad de andesita es de 82,5 Ma (McBride et al. 1983).

Asimismo, se aproximan a las edades de las granodioritas Wato ( $93,4 \pm 2,5$  Ma) y complejo Charazani ( $94,9 \pm 2,6$  Ma,  $97,7 \pm 2,5$  Ma) obtenidos en el presente estudio.

En efecto, no se verificaron actividades ígneas en los distritos Hilo Hilo y Pelechuco.

### **5-3 Metamorfismo (Grado de Grafitización, Análisis de Difracción)**

Se realizaron análisis del historial térmico del sector septentrional y mediciones del grado de grafitización (GD) sobre muestras tomadas en los estudios de prospección geoquímica de rocas, con el objeto de estimar los centros, escala, enrumbamiento de mineralización y la presencia de intrusivos. Además, se verificaron los grados de alteración de las muestras mediante análisis de difracción de rayos-x.

Los valores GD del área de estudio presentaron valores mínimo 12 y máximo 238, siendo amplio el ámbito correspondiente a los valores altos.

Tagiri (1986) afirma que  $GD=30$  puede soportar temperaturas alrededor de  $400^{\circ}\text{C}$  independientemente de la presión, considerando comparaciones de litofacie y correlaciones de temperatura y presión con los grados de grafitización.

Se afirma que en los granitos de Zongo-Yani se distribuyen radialmente cinturones de minerales alterados:

sillimanita, cordierita y andalucita en forma secuencial (Avila-Salinas, 1989). El sector septentrional distribuye amplia zona de altas temperaturas con valores que superan GD 30, sin embargo, 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.

La temperatura de homogeneización de inclusiones fluidas indica latencia de roca ígnea en el distrito Hilo Hilo, no obstante, ésta no es determinante de acuerdo a la distribución del grado de grafitización. La latencia dentro del distrito Hilo Hilo podría darse hacia su sector central cuyos valores GD son altos. De requerir mediciones de temperaturas de inclusiones fluidas del cuarzo tipo manto ó estudios comparativos de superficies de alteración, en los alrededores del granito Zongo-Yani más allá del sector meridional, habrá que tener en cuenta que deben realizarse a gran profundidad.

Sin embargo, se podía inferir que el grado de grafitización refleja el grado de metamorfismo regional bajo la influencia térmica de roca ígnea, debido a la distribución irregular de temperaturas, a pesar que en toda la extensión del sector septentrional abundan los valores altos de grafitización.

La constatación de lo anterior deberá realizarse mediante verificación del historial térmico del sector oriental.

#### **5-4 Características de Mineralización**

Las mineralizaciones observadas en el área del estudio resultaron ser yacimientos auríferos tipo manto, vetiformes auro-cupríferos en cuerpos de cuarzo, vetiformes polimetálicos y auríferos glacio-aluviales (corrientes del deshielo – sedimentos aluviales).

Los yacimientos auríferos tipo manto se forman parcialmente en cuerpos de cuarzo auro-cupríferos, denominándoseles tentativamente como yacimientos auríferos orogénicos tipo boliviano.

##### **5-4-1 Mineralización Aurífera Orogénica Tipo Boliviana**

La interpretación basada en el halo de actividad hidrotermal asociada a los intrusivos de granito ha sido reemplazada por la del yacimiento tipo manto cuya mineralización es concordante a los estratos propuesta en los años de 1980.

Asimismo, relacionando a los horizontes de volcánicos submarinos conteniendo sulfuros intercalados en el ordovícico originados por la mencionada mineralización, a la reformación del oro de los sulfuros asociada a los intrusivos del granito de Yani-Zongo, formando el yacimiento tipo manto dentro de las lutitas negras en forma selectiva (v.g. Schneider, H. J. 1990).

El granito de Yani-Zongo se sometieron al metamorfismo de contacto en las rocas de caja observándose



zonamientos de los minerales metamórficos, como se citara anteriormente. Se considera que los mantos auríferos yacen en forma selectiva superpuestas con una aureola de bajo metamorfismo del área.

Se observan zonamientos de los minerales metamórficos de contacto en las rocas encajonantes de intrusivos, distribuyéndose concéntricamente hacia el exterior en faja de sillimanita, cordielita, andalusita y clorita (Arturo, W. 1989).

Este termometamorfismo fomentó la reconcentración de mineralizaciones auríferas existentes, reformando a los yacimientos auríferos tipo manto en la faja de bajo metamorfismo (Tistil, M. 1990).

Como resultado integral del proyecto en sus 3 años, es posible concluir que los yacimientos auríferos tipo manto son similares a los auríferos orogénicos (oro orogénico ó sinorogénico) formados simultáneamente al metamorfismo y deformación regionales durante la evolución herciniana, no obstante, exista correlación con los granitos en el sector meridional. Sin embargo, es aun prematuro catalogárseles como yacimientos auríferos orogénicos.

Asimismo, debido a que la definición dada por Sillitoe et al. (1998) para los yacimientos auríferos orogénicos, también es aplicable parcial ó totalmente a otros tipos de yacimientos auríferos de origen intrusivo, se debe tener cuidado en utilizar tal denominación.

Se recomienda realizar estudios adicionales para la clasificación de yacimientos bolivianos.

Bierlein et al. (2000) presenta 11 criterios básicos para la caracterización del *orogenic lode gold* del proterozoico. A continuación se describen los detalles sinópticos.

- 1) Correlación espacial y temporal con orogénesis de colisión: formación en dos periodos: paleozoico posterior – mesozoico – cenozoico.
- 2) Limite geotectónico complementario en la zona de orogénesis (orogénesis complementario).
- 3) Periodo de formación durante metamorfismo pico de la roca huésped: asociación con crecimiento por agrupamiento, erosión por exfoliación de orogénesis temporal acompañado de carga térmica
- 4) Emplazamiento en la litofacie de esquistos verdes de bajo y medio grado de turbidita: generalmente previo a la actividad magmática. En la mayoría de los casos asociados espacialmente a intrusivos félsicos. Parcialmente en el interior ó cortando los intrusivos de granito.
- 5) Generalmente delimitación frágil / dúctil mediante cinturón de transición: profundidad representativa: 2-6 km, presión 1-3 kbar.
- 6) Alta concordación con la estructura geológica: asociado a zonas de cizallamiento, en la mayoría de casos con emplazamiento en falla inversa de alta inclinación.
- 7) Formación mediante licuefacción debida a alteraciones abisales de la solución hidrotermal: composiciones isotópica y radioisotópica específicas de la misma provincia metalogénica.
- 8) Continuidad vertical de varios kilómetros: notorias distribuciones cinturones de mineralización. Relación isotópica constante dentro del yacimiento. Depósitos supergénicos de Au-Sb.

- 9) Solución mineral constituida por C-H-O±N, pH: neutro-ligeramente ácido, baja concentración salina: contenido de CO<sub>2</sub> hasta 50%-mol, comúnmente NaCl ≤6%-peso, temperatura de la solución entre 150-450°C (yacimiento representativo: 275-350°C). Portador de Au: complejo de disulfuro.
- 10) Composición mineralógica simple y paragénesis: minerales carbonatados constituidos principalmente por cuarzo, feldespato, mica, pirita, arsenopirita, oro nativo, minerales sulfurados de Cu-Pb-Zn-Sb, turmalina. Depósito metamórfico primario de oro: Au elemental ± As, yacimiento aurífero de magmatismo posterior: paragénesis de Mo-Te-Cu-Sb-Bi-W.
- 11) Alteración extensiva de roca huésped: alteración hidrotermal conteniendo principalmente SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, As, Au y S. Alteraciones: carbonatación, (de-)silicificación, sericitización, cloritización.

Se realizó un análisis comparativo con los ítems inherentes al proyecto exceptuando los puntos 1)-3) y 7). A continuación se describe en forma secuencial lo relacionado a los yacimientos orogénicos y las características del proyecto.

#### **(1) Características de la roca huésped**

Los yacimientos auríferos orogénicos se emplazan en las litofacies de baja y mediana de esquistos verde de la turbidita (Bierlein et al., 2000).

Las rocas del área del estudio corresponden a lutitas y filitas de bajo metamorfismo tal como se refirió en el acápite de metamorfismo, no obstante, según los resultados de la observación de secciones delgadas y análisis de difracción de rayos-x, corresponden a la facie de (albita)-clorita de esquivo verde.

No se verificaron presencia de cuarzo-albita.-sericita-clorita, pampellyita, prehnita, zeolita, epídota ni biotita como minerales constituyentes.

En el sector meridiano se observa la presencia de granitos de Zongo-Yani del período orogénico, sin embargo no hay emplazamiento del yacimiento en ellos.

#### **(2) Zonas de emplazamiento**

Los yacimientos auríferos orogénicos están limitados generalmente a las zonas de transición entre frágil / dúctil, formándose comúnmente a profundidades de 2-6 km y presión entre 1-3 kbar (Bierlein et al., 2000).

En la mina Huayna Sunchuli del distrito Hilo Hilo se verificó la presencia de estructura de budinaje en los cuarzo de tipo manto. Ello refleja el origen del cuarzo durante la deformación regional debido a la baja elasticidad de la roca huésped.

Asimismo, se afirma que la mineralización aurífera tipo manto del distrito Yani ocurrió bajo presiones de 1,8-2,7 kbar de acuerdo a investigaciones sobre inclusiones fluidas (Tistl, 1985).

### (3) Patrones de estructura geológica

Los yacimientos auríferos orogénicos representativos se encuentran asociados a zonificaciones de cizallamiento, emplazados en fallas inversas de alta inclinación, no obstante, en algunos casos se desarrollan vetas de cloritas paralelas a la estratificación en el eje anticlinal, cortando la estratificación, *stockwork* y *saddle reefs*. Además, se reportan casos de diseminaciones (Bierlein et al., 2000).

Según los resultados del estudio de esta área, la mayoría de los yacimientos reconocidos se tratan de depósitos auríferos tipo manto y yacen paralelas a la estratificación, siendo emplazados en el eje anticlinal en las zonas en donde las estructuras se observan nítidamente. En consecuencia, se infiere que los yacimientos emplazados hacia los plegamientos abiertos tienden a ser de mayor escala en comparación con aquellos emplazados hacia los pliegues cerrados (Cuadro 8). (Debido a la carencia de información de reservas no es posible afirmar).

Cuadro 8 Tendencias de Cuerpos Mineralizados en Yacimientos Auríferos Tipo Manto

Area	Estructura		
	Plana	Moderada	Steep-sub vertical
Pelechuco	Quisanani(25±)	Rayo Rojo Lavanderani (40±)	Rayo Rojo Soratera (60-70)
Hilo Hilo	Virgen del Rosario Ruinas (20±) San Martín (5-10) Khorí Huari (25±) Lagunas (20-30)	Caballo Blanco (20-45) Huayna Sunchuli (40)	Kope (60-80) Las Minas (65-75)
Aucapata	Pacaji (20-30)	Lojan Punco (-40) Santa Barbara (10-65) Suamani (40-60)	
Tacacoma	San Jorge (20-30) San Vicente (30±)	Santa Elena (45)	Yani Limitada (50-70?)

Entre paréntesis: buzamiento del manto

No fue posible verificar con certeza la presencia de zonificaciones de cizallamiento ni fallas inversas con alta inclinación.

Apenas se presenta un yacimiento aurífero emplazado en las zonas de cizallamiento en la mina Lipichi del sector meridiano (JMEC, 2002). Se infiere que se trata de mineralización de la misma época de los yacimientos auríferos tipo manto, debido a su estrecha relación espacial con ellos.

Por otro lado, se presenta un yacimiento emplazado en la zona de disturbación de estructuras geológicas, en contacto con los yacimientos auríferos tipo manto, en la mina Caballo Blanco del distrito Hilo Hilo.



Los pocos casos conocidos de yacimientos auríferos tipo manto orogénicos en el mundo son Nova Scotia de la mina Megma (terrane), Waiuta y Lyell en Buller (Nueva Zelandia). Se consideran que están asociadas al grado de crustal shortening ó a plegamientos abiertos (Christie et al., 1999).

#### **(4) Continuidad y alteración de migración en yacimientos**

Los yacimientos auríferos orogénicos presentan buena continuidad vertical varios kilómetros, sin notoria distribución mineralizada en forma de cinturón. Presentan relación isotópica constante dentro del yacimiento, observándose alteración gradual de Au-Ag, Au-Sb, Sb-Hg en medida de la emergencia del emplazamiento. La potencia de mineralización es de 1 mm a varios metros, con continuidad horizontal y vertical de varias unidades a centenas de metros, no obstante, se informa continuidad de 1 km en dirección del rumbo (Bierlein et al., 2000).

En el área la continuidad con dirección al rumbo fluctúa entre 2-3 a cientos de metros (Fornari, 1991). Asimismo, la potencia máxima es de aproximadamente 1 m, siendo mayormente entre 20-30 cm. A pesar que no se realizaron muestreos sistemáticos, no se pudieron verificar distribuciones de mineralización. En efecto, se distribuyen yacimientos Au-Sb desde Oruro hasta el sector meridiano en la Cordillera Oriental, con presencia de *saddle reefs* como los de la mina Candelaria-San Juan (Lehrberger, 1988). De los estándares descritos arriba, no se conoce de litofacies correspondiente a yacimientos orogénicos.

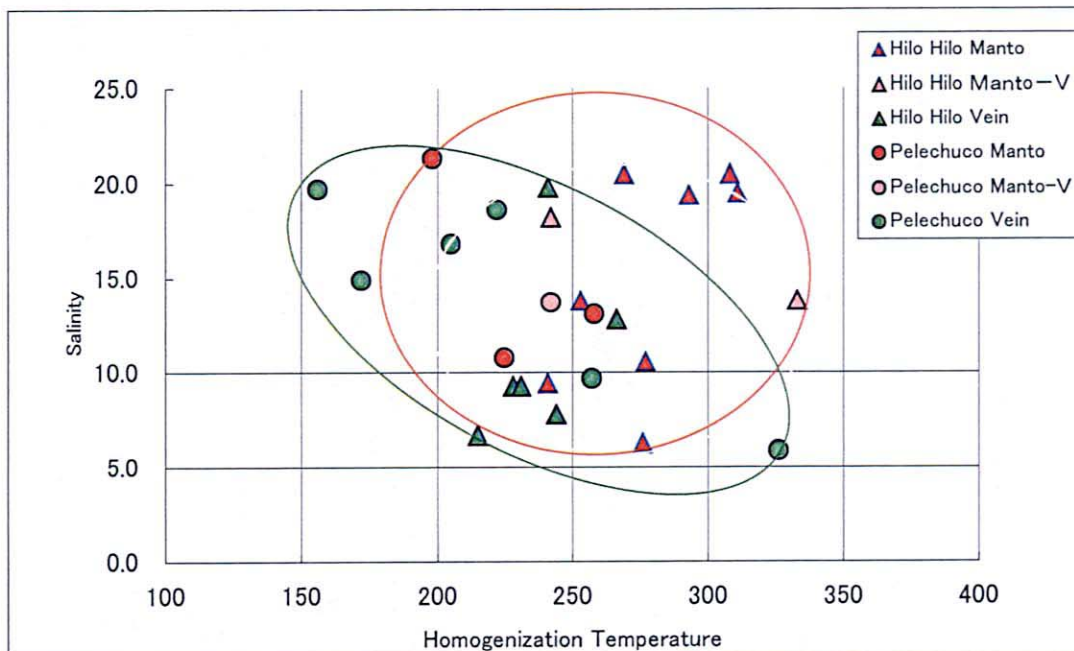
#### **(5) Características del fluido originante**

Los fluidos hidrotermales de los yacimientos orogénicos contienen comúnmente CO<sub>2</sub> hasta 50%-mol con concentraciones de NaCl menores de 6%-peso. Asimismo, la temperatura del fluido fluctuante entre 150-450°C (en yacimientos representativos: 275-350°C) (Bierlein et al., 2000).

En el área del estudio se conocía de que los yacimientos auríferos tipo manto contienen CO<sub>2</sub> (Tistl, 1985); en la investigación se verificó especialmente en el sector septentrional conteniendo abundante CO<sub>2</sub>. También se verificaron vetas de cuarzo no mineralizadas estimadas posteriores a los yacimientos auríferos tipo manto, habiendo entre ellas con concentraciones de CO<sub>2</sub> en inclusiones fluidas de 90%. Se desconoce la situación de N por falta de información.

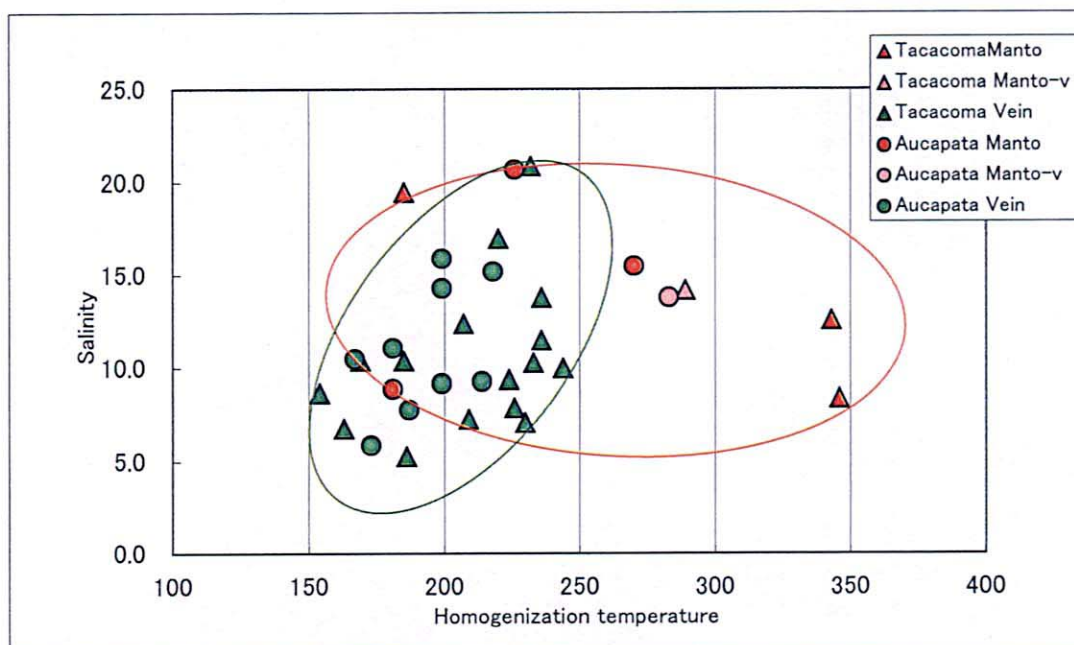
En lo relacionado a la concentración salina, resultaron contrarias a los estándares, siendo los valores para el yacimiento aurífero tipo manto entre 6,3-21,3%, para cuerpos de cuarzo auro-cupríferos 5,3-14,5% y vetas de cuarzo no mineralizado 5,9-20,9%. Los cuerpos de cuarzo auro-cupríferos presentaron valores ligeramente bajos. No se verificaron diferenciación regional en los yacimientos auríferos tipo manto ni en los cuerpos de cuarzo no mineralizados (Cuadro 9, Figuras 33-1 y 33-2).

Las temperaturas de homogeneización de los yacimientos auríferos tipo manto resultaron entre 181-346°C, dentro del rango estándar.



第 33-1 図 流体包有物の均質化温度と塩濃度の関係図(ペレチュコ～イロ・イロ地区)

Fig.33-1 Relación entre salinidad y temperatura (Pelechuco - Hilo Hilo)



第 33-2 図 流体包有物の均質化温度と塩濃度の関係図(アウカパタ～タカコマ地区)

Fig.33-2 Relación entre salinidad y temperatura (Aucapata - Tacacoma)

A propósito, las vetas de cuarzo auro-cupríferos presentaron valores entre 167-233°C y los cuerpos de cuarzo no mineralizados 154-326°C.

Cuadro 9 Comparación de Mediciones en Inclusiones Fluidas por Tipo de Yacimientos

Area		Inclusión Fluida				
		Temperatura Homogeneización (°C)		Salinidad (%-peso)		
		Rango	Promedio	Rango	Promedio	
Tipo Manto (orogénico?)	Pelechuco-Hilo Hilo		198-311	258	6,3-21,3	15,3
	Aucapata-Tacacoma		181-346	238	8,4-20,8	14,5
Vetiforme	Veta Veta (Au)-Cu	Aucapata-Tacacoma	167-233	198	5,3-12,4	9,3
		Pelechuco-Hilo Hilo	156-326	231	5,9-19,8	12,7
	Ganga	Aucapata-Tacacoma	154-236	201	5,9-20,9	11,5

#### (6) Composición mineralógica y paragénesis

Los yacimientos auríferos orogénicos tipo manto presentan minerales carbonatados constituidos principalmente por cuarzo (70-95%-vol), feldespato, mica, pirita, arsenopirita, oro nativo, minerales sulfurados de Cu-Pb-Zn-Sb y turmalina. Los yacimientos auríferos originarios son asociados a Ae elemental ó As. El oro nativo es prácticamente puro con leyes mayores al 90% y contienen en promedio Ag 2-5%. Asimismo, los yacimientos auríferos de origen magmático posteriores con influencia de rocas ígneas se superponen al paragénesis de Mo-Te-Cu-Sb-Bi-W. Además, existen vetas laminadas de cuarzo insertando finos estratos de clorita exfoliadas de la roca huésped. Generalmente, los cuarzos originarios presentan coloración albina-grisácea y transparentes los posteriores (Bierlein et al., 2000).

En el área del estudio los yacimientos auríferos tipo manto presentan más del 96%-vol y asociados a pequeñas cantidades de arsenopirita y clorita, en algunos casos pirita, esfalerita, galena, pirrotita, scheelita y feldespato (Schneider, 1990; Fornari et al., 1991). Los resultados de la presente investigación también se obtuvieron similares situaciones, a pesar de las diferencias cuantitativas, verificándose la presencia de minerales carbonatados adicionalmente en el sector septentrional.

La pureza del oro en el distrito Yani es de 88-97,5% y el contenido de plata es prácticamente invariable (Fornari et al., 1991).



No se pudo verificar en el presente proyecto, no obstante, los minerales de Bi-Te toman contacto con el oro nativo (Fornari et al., 1991). De acuerdo a los estándares, esta condición es indicador de que ha sido influenciado por rocas ígneas.

Las propiedades del cuarzo presentan mayormente coloración azul-grisácea en bandas, y bajo observación microscópica, los gránulos de cuarzo presentan ondulación óptica, debido probablemente a los efectos de la alteración. Asimismo, abundan muestras que colapsan por el calentamiento durante las mediciones de inclusiones fluidas. Además, especialmente en el distrito Hilo Hilo se verificó la presencia de cuarzo en forma de banda insertando estratos laminados de clorita con leyes más altas que los cuarzos albinos.

#### (7) Alteración de la roca huésped

Todos los yacimientos auríferos orogénicos están asociados a halos de alteración. La alteración hidrotermal contiene principalmente SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, As, Au y S, resultando ser carbonatación, (de-)silicificación, sericitización, cloritización. Generalmente la potencia de alteración alcanza valores de 2-3 cm a varias decenas de metros de la veta. En el cinturón de Bendigo los minerales sulfurados hidrotermales alcanzan 80 m en el eje anticlinal Nell Gwynne hacia la parte superior del *saddle reefs*; además la sericitización alcanza los 150 m. Los sulfuros se observan generalmente entre 20-30 m de la veta, siendo de varios metros la distribución en el caso de la arsenopirita y decenas de metros la pirita (Bierlein et al., 2000).

En el área del estudio se observaron los cuarzos tipo manto, de la mina Virgen del Rosario, presentando carbonatación de 1,5 cm, sericitización, ¿silicificación?, y asociación a diseminaciones de pirrotita y arsenopirita. En general el grado de alteración es baja.

Según los resultado del análisis de difracción de rayos-x sobre las muestras del sector septentrional presentan sericitización, cloritización, carbonatación (siderita, magnesita, calcita), distribuyéndose independientemente a los yacimientos conocidos. Estos fenómenos se infieren son de origen regional, no obstante, en algunos casos se sospecha asociación a los intrusivos a los cuarzos sin mineralización.

En consecuencia, considerando además la información existente, las similitudes y disimilitudes encontradas conllevan a incertidumbres con respecto a la naturaleza orogénica de los yacimientos tipo manto. Sin embargo, se infiere al menos que es oportuno explicar la mineralización aurífera centrada en los mantos del sector septentrional boliviano.

Además, es posible explicar también la mineralización la provincia metalogénica del paleozoico que se extiende desde Vilcabamba del Cusco, Perú hasta los alrededores de La Paz, abarcando 600 km.

#### **5-4-2 Mineralización polimetálica**

Se verificó la existencia de la ocurrencia polimetálica de Akhamani hacia el sector nordeste del complejo Charazani. Esta mineralización es similar a la mineralización polimetálica observada en los alrededores de las granodioritas de Huato ubicado a decenas de kilómetros hacia el sudoeste de Charazani. Se infiere que esta mineralización polimetálica es del período gálico del cretácico medio, debido a su edad antigua y coincidir con la zona joven de Huato.

Se observa mineralizaciones de estaño, plomo y zinc en los alrededores de los granitos de Huato (Amarete), en donde JMEC obtuvo edades de  $159,2 \pm 6,0$  Ma por el método K-Ar en su estudio selectivo. Sin embargo, según las mediciones realizadas durante la primera fase del presente estudio, los granitos de Charazani resultaron  $93,4 \pm 2,6$  Ma. De lo anterior se infiere que la mineralización en metales básicos de Akhamani se dio en esta época.

Se infiere que el periodo de generación de las vetas de cuarzo auro-cuprífero del sector meridiano es alrededor de 83 Ma, de acuerdo a lo citado en el acápite 2-2 "Actividad Ígnea" y pertenecería al gálico-cenomaniano del cretáceo posterior, tal como la mineralización polimetálica asociada al periodo de actividad de granodiorita de Wato y complejo Charazani.

A pesar que se desconoce la edad de las vetas de cuarzo epitermales pobres, no obstante, es probable que sean posteriores.

Aparentemente, en el cuarzo vetiforme (incluyendo cuarzo no mineralizado) del sector septentrional, incrementa la concentración salina en la medida de la disminución de temperatura (Figura 33-1). Por otro lado, se infiere que, la disminución de concentración con la disminución de temperatura del sector meridiano, se debería a la mezcla de la solución emergente con aguas superficiales, la cual originó la disminución tanto de temperatura como de salinidad (Figura 33-2). Para la diferenciación entre sectores es menester realizar estudios adicionales, con el objeto de determinar si son indicadores de diferencia de épocas de formación de las vetas, ó la diferencia de edades de las rocas huésped

#### **Conclusiones**

Como resultados del estudio de la presente fase se verificaron la presencia de yacimientos vetiformes auro-cupríferos aparte de los tipo manto en el sector meridiano (distritos Tacacoma-Aucapata).

En el sector septentrional se verificó la existencia de yacimiento aurífero tipo manto, a pesar que se estimaba mineralización aurífera sedex como se observa en la mina Rinconada del Perú; además, la presencia de yacimiento vetiforme auro-cuprífero en cuerpos de cuarzo, parcialmente en el distrito Hilo Hilo.

Asimismo, se descubrieron fósiles de conchas en el distrito Aucapata, identificándose como pertenecientes al sistema siluro-devónico; ello conllevó a la extensión del sistema hacia el noreste.

A pesar que quedaron pendientes de análisis varios aspectos relacionados a la mineralización de Yani-Pelechuco, se determinaron los siguientes ítems, producto de los estudios de campo y en gabinete.

#### 1) Yacimiento aurífero tipo manto

En los estudios de la segunda fase, se determinaron que los yacimientos auríferos tipo manto, de acuerdo a la litofacie, fueron originados en rocas sedimentarias hipotermales; estructuralmente se originan intrínsecamente en el eje del anticlinal, siendo de importancia la presencia del eje para su desarrollo.

En la presente fase también se verificó que los yacimientos auríferos tipo manto del sector septentrional se originan en el eje anticlinal, reiterándose la importancia del eje. Sin embargo, no se pudo verificar la existencia de roca ígnea.

En la mineralización tipo manto de los sectores septentrional y meridiano se observa ligera diferenciación, tanto que los yacimientos auríferos tipo manto del sector meridiano se originan en el sistema siluro-devoniano, mientras que en el sector septentrional lo hacen en el sistema ordovícico. Asimismo, las soluciones del sector septentrional son ricas en dióxido de carbono en comparación con las del meridiano.

Se infieren los siguientes aspectos relacionados al origen de los yacimientos auríferos tipo manto del sector septentrional:

- (1) De la distribución de temperaturas de inclusiones fluidas, se estima la latencia de cuerpos de rocas ígneas abisales en el distrito Hilo Hilo, siendo reformado el yacimiento aurífero mediante calentamiento por ellos.
- (2) De los minerales coexistentes, la irregularidad en las concentraciones salinas de inclusiones fluidas, el patrón de distribución del grado de grafitización y del budinaje de cuarzo; el oro se formó como consecuencia de la actividad orogénica (orogénica ó sinorogénica).

Es más probable que la formación en el sector septentrional esté basada en lo último. Sin embargo, se sugiere una denominación específica tal como yacimiento aurífero orogénico tipo boliviano, debido a que contienen concentraciones altas en temperaturas comparativamente bajas con respecto a los yacimientos orogénicos conocidos en el resto del mundo.

Los yacimientos auríferos tipo manto del sector meridiano, también son yacimientos auríferos orogénicos tipo boliviano, infiriéndose alta probabilidad de haber sido afectado por granitos posteriores.



Es posible afirmar que los yacimientos yacen estructuralmente en los ejes anticlinales y se originan en los puntos con grado de grafitización inferiores a 30 (aproximadamente menores de 400°C).

## **2) Yacimientos vetiformes auro-cupríferos**

Se infiere que los yacimientos vetiformes auro-cupríferos que se distribuyen en los sectores noroeste del distrito Tacacoma y noeste de Aucapata, pertenecen al gálico-cenomaniano del cretáceo posterior, muy cercano a la edad de las generaciones polimetálicas.

Se infiere reformación del depósito sedex, debido al paragénesis de minerales presentes en el sedex del yacimiento Rinconada, verificados en la zonación de disturbación geológica de las vetas de cuarzo auríferas asociadas a abundantes sulfuros de la mina Caballo Blanco del distrito Hilo Hilo. Sin embargo, al haberse observado estrecha relación espacial con el yacimiento aurífero tipo manto, estimándose similar origen a éste, se infiere que se trata de un yacimiento aurífero orogénico tipo boliviano.

En fin, se infiere que la formación de los yacimientos vetiformes homogéneos a los auríferos tipo manto (denominación tentativa: yacimiento aurífero orogénico tipo boliviano), es simultánea al recubrimiento mediante metamorfismo y deformación regionales debido a la actividad orogénica de las rocas sedimentarias del sistema ordovícico-siluro-devoniano; interpretándose que el sector meridiano fue afectado también por el emplazamiento continuo del granito.

## **Parte III Conclusiones y Propuestas**

## Capítulo 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.

La prospección geoquímica de álveos se ejecutó en la primera fase, considerando las interpretaciones de imágenes satelitales ASTER y datos existentes, se seleccionaron los yacimientos auríferos tipo manto del distrito Yani como yacimiento importante en el sector.

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 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 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 la región:

En el sector septentrional son interesantes los yacimientos auríferos tipo manto, pudiéndose afirmar que las zonas de mayor potencial se encuentran en los alrededores de los ejes anticlinales.

Sin embargo, se estima poco interés en mayor parte, debido a la presencia de yacimientos en la prolongación del eje.

La mineralización aurífera tipo manto es muy pequeña, siendo poco probable su desarrollo a gran escala.

En el sector meridional Aun hubiese correlación entre los yacimientos tipo manto del distrito y los granitos de Zongo-Yani, es poco probable su continuidades más allá en dirección noroeste del flanco septentrional de Pacaji en Aucapata, y del yacimiento San Jorge en Tacacoma, según los resultados de las mediciones en inclusiones fluidas y prospección geoquímica de suelos.

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

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.

## Capítulo 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 llegando 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.



## Referencia bibliográfica

- Avila Salinas, W. (1989), Prospectivas sobre la exploración y aplicación industrial de los yacimientos de andalucita de Yani-Zongo. CEDOMIN, no.11, pp.6-17.
- Ballon A., R. (1985), Estudio Integrado de los Recursos Naturales del Departamento de La Paz, Geología, Hojas SD19-14 and SD19-15. CIASER-GEOBOL.
- Bard, J.P., Botello, R., Martinez, C. and Subieta, T. (1974), Relations Entre Tectonique, Métamorphisme et Mise en Place D'un Granite Éohercynien a Deux Micas dans la Cordillère Real de Bolivie (Massif de Zongo-Yani). ORSTOM, sér. Géol., vol VI, no. 1, pp.3-18.
- Bierlein, F.P., Crowe, D.E., (2000), Phanerozoic Orogenic Lode Gold Deposits: Economic Geology, v. 13, GOLD IN 2000, p103-139
- Boso, M.A. and Monaldi, C.R. (1990), Oolitic Stratabound Iron Ores in the Silurian of Argentina and Bolivia. in Fontboté L., Amstutz G., Cardozo M., Cedillo E. & Frutos J. (Eds), Stratabound Ore Deposits in the Andes. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp.175-186.
- CIASER-GEOBOL (1985), Mapa de Geología de Sorata, 1: 250,000 in 'Estudio Integrado de los Recursos Naturales del Departamento de La Paz.' (unpubl.)
- COMIBOL (1977), Mapa de los Yacimientos de Minerales de Bolivia con Propiedades de COMIBOL, Escala 1: 1.500.000.
- Evernden JF, Kriz SJ, Cherroni MC (1977), Potassium-argon ages of some Bolivian rocks. Econ Geol 72, pp1042-1061
- Fornari, M. and Bonnernaison, M. (1984), Mantos et arnas sulfo-arsenie a or la Rinconada, premier indice de mineralisation de type exhalative-sedimentaire dans la Cordillere orientale du Perou. Chron.rech.min., 474, pp33-40

- Fornari, M. and Hérail, G. (1991), Lower Paleozoic gold occurrences in the 'Eastern Cordillera' of Southern Peru and Northern Bolivia: A genetic model. BRAZIL GOLD'91, E. A. Ladeira (ed.), pp.135-142, Balkema, Rotterdam.
- GEOBOL-PNUD. (1980), "Proyecto Cordillera", Prospección Minera en Areas Seleccionadas, Area Norte de La Paz, Tomo I, pp.1-188.
- GEOBOL-PNUD. (1990), Yacimientos vetiformes y Detríticos del distrito de Yani. Khrysos, no. 5-6, pp.21-31.
- Heuschmidt, B. and Miranda-Angles, V. (2000), Las Provincias y Epocas Metalogenicas de Bolivia en su Marco Geodinamico. Revista Tecnica de YPF, vol. 18, no. 1-2, pp.167-197.
- Heuschmidt, B. Bellot La Torre, J., Miranda-Angles, V. and Claire Z., M. (2002), Las Areas Prospectivas de Bolivia para Yacimientos Metaliferos. SERGEOMIN, boletin no.30.
- Kelly WC, Turneure FS (1970), mineralogy, paragenesis and geothermometry of the tin and tungsten deposits of the Eastern Andes, Bolivia. Econ Geol 65, pp609-680
- Lehmann, B. (1990), The Stratabound Kellhuani Tin Deposits, Bolivia. in Fontboté L., Amstutz G., Cardozo M., Cedillo E. & Frutos J. (Eds), Stratabound Ore Deposits in the Andes. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp.147-160.
- McBride, B., Robertson, R.C.R., Clark, A.H. and Farrar, E. (1983), Magmatic and metallogenetic episodes in the northern tin belt, Cordillera Real, Bolivia. Geol. Rdsch., vol. 72, no. 2, pp.685-713.
- McBride, B., Clark, A.H. Farrar, E. Archibald D.A. (1987), Delimitation of a cryptic Eocene tectonothermal domain in the Eastern Cordillera of the Bolivia Andes through K-Ar dating and  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  step heating. J Geol Soc Lond 144, pp243-255.
- Makepeace, A.J., Stasiuk, M.V., Krauth, R., Hickson, C.J., Ellerbeck, D.M. (2002), Proyecto Multinacional Andino, GeoData CD-ROM. Publicación Geológica Multinacional, no. 3, 2 vol. (Digital).

- Oller V., J. (1996), Cuadro Cronoestratigráfico de Bolivia. YPF, Gerencia de Exploración, P-1, Programa Carta Geológica de Bolivia.
- Redwood, S.D. and Macintyre, R.M. (1989), K-Ar Dating of Miocene Magmatism and Related Epithermal Mineralization of the Northeastern Altiplano of Bolivia. *Econ. Geol.*, vol. 84, pp.618-630.
- Schneider, H.J. (1990), Gold Deposits in Lower Paleozoic Sediments of the Cordillera Real, Bolivia. in Fontboté L., Amstutz G., Cardozo M., Cedillo E. & Frutos J. (Eds), *Stratabound Ore Deposits in the Andes*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp137-146.
- Shimizu, M. (1986), The Tokuwa Batholith, Central Japan – An Example of Occurrence of Ilmenite-Series and Magnetite-Series Granitoids in a Batholith. *The University Museum, The Univ. of Tokyo, Bulletin no.28*,
- SETMIN (2002), *Concesiones y Peticiones Mineras, Area Yani-Pelechuco*.
- Sibson, R.H. and Scott J. (1998), Stress/fault controls on the containment and release of overpressured fluids: Examples from gold-quartz vein systems in Juneau, Alaska; Victoria and Otago, New Zealand: *Ore Geology Reviews*, v.13 p293-306.
- Sillitoe, R. H., and Thompson, J. F. H., (1998) *Intrusion-Related Vein Gold Deposits: Types, Tectono-Magmatic Settings and Difficulties of Distinction from Orogenic Gold Deposits*, *Resource Geology*, vol.48, No.4, p237-250
- Suárez-Soruco, R. (2000), *Compendio de Geología de Bolivia*. *Revista Técnica de YPF*, vol. 18, no. 1-2, pp.1-144.
- Sugaki, A., Ueno, H., Kitakaze, A., Hayashi, K., Kojima, S., Shimada, N., Kusachi, I., Sanjines V., O., Velarde V., O.J. and Sanchez, A.C. (1985), *Geological and mineralogical Studies on the Polymetallic Hydrothermal Ore Deposits in Andes Area of Bolivia*. *Sci. Rept. Tohoku Univ. Ser. 3*, 15, pp.1-338.
- Sureda, R.J. and Martin, J.L. (1990), *El Aguilar Mine: An Ordovician*

Sediments-Hosted Stratiform Lead-Zinc Deposit in the Central Andes. in Fontboté L., Amstutz G., Cardozo M., Cedillo E. & Frutos J. (Eds), Stratabound Ore Deposits in the Andes. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp161-174.

Tistl, M. (1990), Los filones «hipotermales» de Yani: ¿un caso de herencia volcano-sedimentaria?. Khrysos, no. 5-6, pp.15-21.

Turneaure, F.S. (1971), The Bolivian Tin-Silver Province. Econ. Geol. vol 66, pp215-225.

Yokoyama, R., Sirasawa, M. and Kikuchi, Y. (1999), Representation of topographical feature by openness (in Japanese). Jour. Japan Soc. Photogrammetry and Remote Sensing, vol.38, no.4, pp.26-34.