

Capítulo 5 Interpretación y Análisis de Imágenes

Este capítulo reúne los resultados de la interpretación geológica y estructural de las imágenes de cada una de las áreas, así como los resultados de extracción de las zonas de alteración. El capítulo se divide en 23 secciones correspondientes a cada área, en las que se entregan un resumen respectivo de la geología y yacimientos, unidades fotogeológicas, la relación entre la distribución de las zonas de alteración y los yacimientos y las zonas de mineralización conocidos, lineamientos, plegamientos y estructuras anulares. El síntesis de la totalidad del Area del Estudio se entrega en el siguiente capítulo.

Los resultados de la interpretación geológica y estructural, así como las zonas de alteración de cada área se ilustran en el mapa de interpretación fotogeológica adjunto. Por otro lado, se preparó también el mapa integral de fotointerpretación agrupando las zonas de alteración concentradas en una región y agregando los yacimientos y las zonas de mineralización extraídos de las informaciones existentes. Este mapa se adjunta junto con las imágenes. Asimismo, se insertan las imágenes compuestas de falso color y las de "ratio" dentro de cada sección.

Se procuró mantener la coherencia en la simbología utilizada para representar las unidades geológicas del texto y de las figuras, en los siguientes términos:

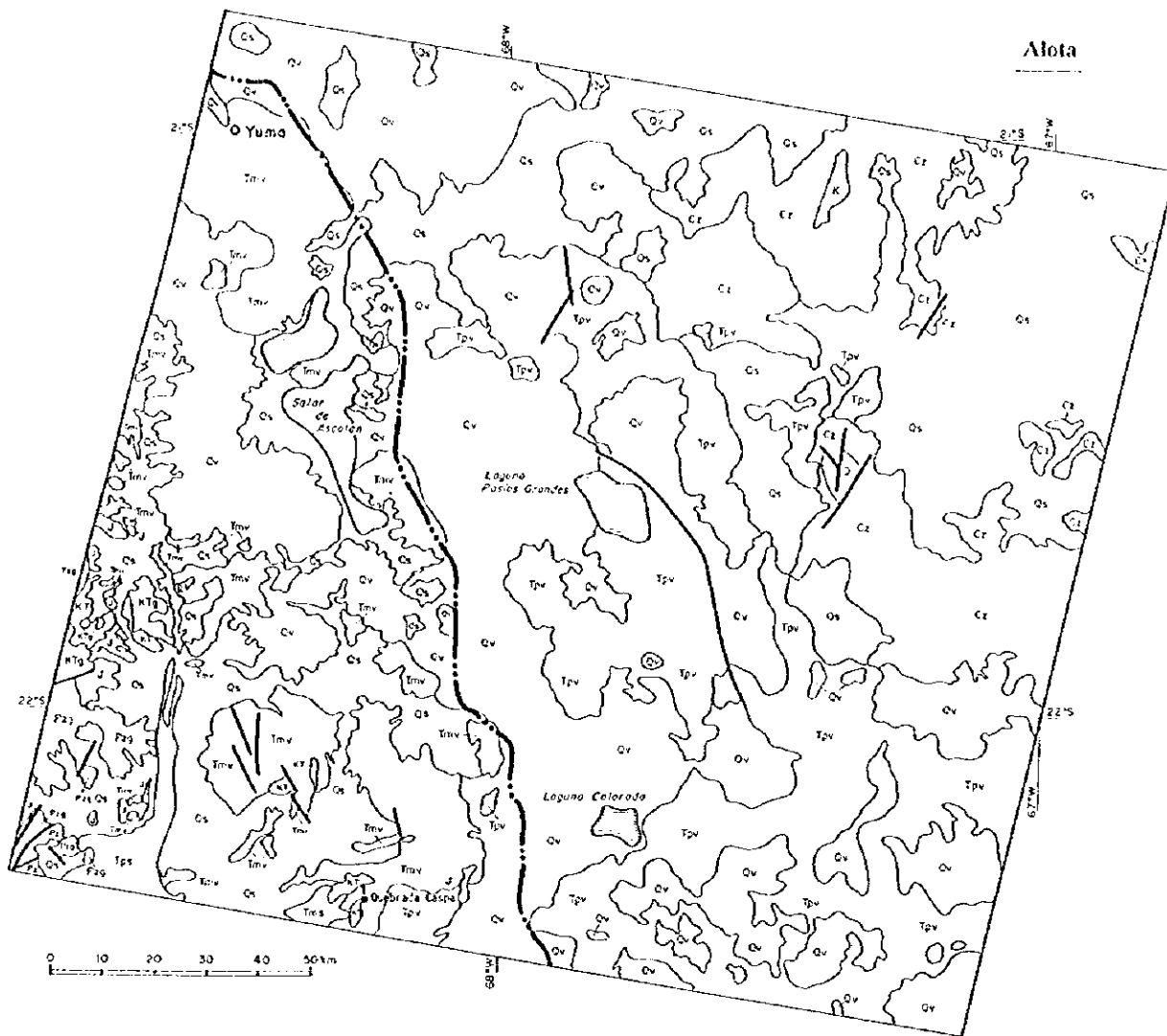
- El sistema precámbrico "PC" en el texto corresponde al "P€" de las figuras.
- El sistema cámbrico "Cb" en el texto corresponde al "€" de las figuras.
- El sistema triásico "TR" en el texto corresponde al "R" de las figuras.
- Los sistemas de Carbonífero a Triásico "CTR" en el texto corresponde al "CT" de las figuras.

En el resumen narrativo, se enumeraron los yacimientos, en el caso de haber, cuya lista se muestra en el Apéndice 1. De la misma manera, las zonas de alteración también fueron enumeradas, las que coinciden con los números que aparecen en el Apéndice 4 y en el mapa integral de interpretación.

5.1 Area Alota

5.1.1 Resumen de la geología y yacimientos, según la literatura disponible

(1) Geología y estructura



LEGEND

- | | | |
|-----------------|------------|--|
| | Qv | Quaternary (mainly volcanic rocks) |
| | Qs | Quaternary (mainly sediments) |
| Cenozoic | Tpv | Miocene to Pliocene volcanic rocks |
| | Tps | Pliocene sedimentary rocks |
| | Tmv | Miocene volcanic rocks |
| | Cz | Undivided Cenozoic |
| Mesozoic | KT | Cretaceous to Tertiary |
| | J | Jurassic |
| Paleozoic | O | Ordovician |
| | Pz | Undivided Paleozoic |
| Intrusive Rocks | KTg | Mesozoic to Cenozoic intrusive rocks |
| | Pzg | Paleozoic intrusive rocks |
| | | Fault |
| | | Major ore deposit 1: Quebrada Caspa |

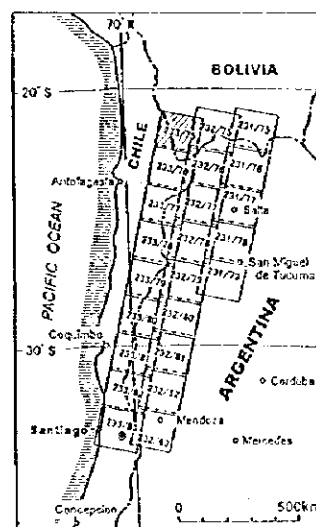


Fig. 9 Simplified Geologic Map of the Alota Area

Alota



Fig.10 LANDSAT TM False Color Composite Image of the Alota Area



LANDSAT TM RATIO IMAGE 3:1, 4:5, 5:7
(Multiplied by First Principal Component)

Alota



Fig.11 LANDSAT TM Ratio Image of the Alota Area



La geología del Area Alota está constituida por 10 unidades. Estas son, de abajo hacia arriba: sistemas ordovícico, paleozoico no dividido, jurásico, de cretácico a triásico, cenozoico no dividido, rocas volcánicas miocenas, rocas sedimentarias pliocenas, rocas volcánicas pliocenas, sedimentos cuaternarios, y rocas volcánicas cuaternarias. Como rocas ígneas que intruyen a estas unidades, se mencionan los intrusivos del Paleozoico y los del Mesozoico a Cenozoico (Figura 9).

- Sistema ordovícico (O): se distribuye en pequeñas fracciones dentro del territorio boliviano y consta de rocas sedimentarias como areniscas, lutitas, limolitas y calizas.
- Sistema paleozoico no dividido (Pz): consta de meta areniscas, pizarras, filitas, esquistos, meta rocas básicas, serpentinas, gneises, anfibolitas, etc. cuyo período se desconoce, y se distribuye en la parte sudoeste de Chile formando pequeñas fracciones.
- Sistema jurásico (J): consta de las rocas sedimentarias como areniscas, calizas, margas, lutitas, conglomerados y horstenos, y parcialmente se intercalan las riolitas, dacitas y traquitas. El estrato de las rocas volcánicas y piroclásticas se componen principalmente de lavas y tobas andesíticas.
- Sistema cretácico a terciario (KT): en la parte oeste del Area se distribuyen las rocas volcánicas y piroclásticas de los períodos cretácico y terciario. Estos se componen de andesitas, riolitas, dacitas y sus tobas, intercalando parcialmente las delgados estratos de las lutitas, areniscas, calizas y conglomerados.
- Cenozoico no dividido (CZ): se compone de areniscas, limolitas, fangolitas y calizas.
- Rocas volcánicas miocenas (Tmv): se componen de lavas de riolitas, dacitas y andesitas, y aglomerados.
- Rocas sedimentarias pliocenas (Tps): se componen de calizas, areniscas, lutitas, horstenos y limolitas.
- Rocas volcánicas pliocenas (Tpv): se componen de las lavas, ignimbritas y tobas andesíticas, dacíticas, riolíticas, basálticas, etc. y parcialmente se intercalan los estratos de las rocas sedimentarias.
- Sedimentos cuaternarios (Qs): se componen de distintos tipos de sedimentos fluviales, lacustres, glaciales, eólicos, aluviales, coluviales y lahar.
- Rocas volcánicas cuaternarias (Qv): se componen de lavas andesíticas y dacíticas y se distribuyen ampliamente en la parte central.

- Intrusivos del Paleozoico (Pzg): se componen principalmente de granitos a granodioritas, y se distribuyen en pequeñas fracciones en la parte sudoeste.
- Intrusivos del Mesozoico a Cenozoico (KTg): son rocas plutónicas a hipabisales ácidas a básicas del período cretácico a terciario.

Esta área está formada por los siguientes dos provincias tectónicas. La de la Cordillera Principal que ocupa el extremo sudoeste y la de Puna Altiplano que forma el área restante. La frontera entre ambas provincias tectónicas se halla alrededor del Río Loa que discurre hacia el sur.

La provincia tectónica de la Cordillera Principal consta de las rocas sedimentarias marinas paleozoicas y rocas plutónicas a hipabisales, y las rocas sedimentarias continentales y rocas volcánicas jurásicas que las cubren. Se observa la intrusión de las rocas volcánicas y porfídicas en los períodos cretácico a terciario. A lo largo del Río Loa se distribuyen las rocas sedimentarias pliocenas. No se identifica un rumbo claro en esta provincia tectónica.

La provincia tectónica Puna Altiplano se halla cubierta en su mayoría por rocas volcánicas y sedimentarias terciarias y cuaternarias, salvo la parte central donde se identifican pequeñas fracciones de rocas sedimentarias marinas ordovícicas. Predominan, en especial, las volcánicas principalmente andesíticas e ignimbritas pliocenas y posteriores. En las rocas sedimentarias terciarias que se distribuyen al norte de esta provincia tectónica, se observan los plegamientos de rumbos N-S y NNE - SSO.

(2) Yacimientos

En esta área se conocen unos 40 yacimientos, de los cuales en la parte sudoeste se distribuyen pequeños yacimientos cupríferos irregulares macizo (incluyendo estratiformes) o vetiformes, en sentido NNE-SSO. La Quebrada Caspa (C11) es un yacimiento estratiforme, cuyas roca encajadora es andesita del Paleozoico Superior, cuya mineralización se inició en el Triásico Superior (225±7 Ma. Boric, 1990).

En Bolivia, las rocas sedimentarias terciarias incluyen los yacimientos de cobre, oro y plata, cuyo tipo y otros detalles se desconocen. Asimismo, se distribuyen los yacimientos de azufre formados por los volcanes cuaternarios alrededor de la frontera entre Chile y Bolivia.

5.1.2 Unidades fotogeológicas

Las rocas y los sedimentos del Área se clasifican en 21 unidades geológicas (Apéndice 2), de las cuales 11 son correlativas con las rocas sedimentarias y volcánicas silúricas a pliocenas, y una ha sido interpretada como zona de alteración. Siete unidades fotogeológicas corresponden a sedimentos no consolidados o semiconsolidados y a rocas volcánicas cuaternarios, y dos unidades constan de los intrusivos formados en los períodos paleozoico y mesozoico. En el Apéndice 3 se entregan la localización y la dirección de cada una de las unidades.

5.1.3 Zonas de alteración

En esta área se identificaron e interpretaron en total 68 zonas de alteración (considerando como una sola unidad las zonas de alteración adyacentes horizontalmente con un intervalo de sólo 1 a 2 Km), salvo en las zonas de distribución de los sedimentos no consolidados cuaternarios en la parte noreste. Para la agrupación de un plural de zonas de alteración adyacentes, se tomaron en cuenta todas las áreas como objeto de análisis, y se

seleccionaron aquellas consideradas como necesarias por su distribución topográfica y por la relación con las unidades fotogeológicas.

Las 68 zonas de alteración se hallan normalmente dispersas, aunque se podría afirmar una tendencia a concentrarse en las partes noroeste, oeste y sur. La mayoría está formada en las zonas de distribución de las rocas volcánicas miocenas y pliocenas (unidades fotogeológicas Miv y Piv). Cada una de ellas son ovaladas o irregulares, y la zona de alteración más extensa de la parte central tiene una longitud axial de 4 a 5 Km.

Como los yacimientos y las zonas de mineralización conocidos en las zonas de alteración del Area, se enumeran el Conchi Viejo (enrejado de vetillas de cobre, zona de alteración AA1024) chileno, y el Tambillo (yacimientos de plomo y zinc) boliviano. Hacia el extremo sudoeste del Area se ubica el gran pórfido cuprífero Chuquicamata, cuya zona de alteración aparece parcialmente en las imágenes (AA2001). También se identificaron las zonas de alteración de los yacimientos de azufre (AA1008, AA1012, AA1028).

5.1.4 Lineamientos

Al realizar la interpretación y selección siguiendo los procedimientos descritos en el acápite 1.4, se identificaron múltiples lineamientos como se puede observar en las mapas de interpretación fotogeológica y apéndices. Las líneas continuas sobre las figuras representan los fenómenos geológicos interpretados ininterrumpidos, mientras que las líneas punteadas son aquellas discontinuas o ambiguas. Los lineamientos paralelos o perpendiculares de 1 a 2 Km de longitud que se concentran en una determinada zona, suponen ser principalmente diaclasas de rocas ígneas por su formación. Estas son características comunes en ésta y todas las demás áreas.

La distribución y el rumbo de los lineamientos del Area Alofa específicamente se caracterizan por lo siguiente.

- (1) Salvo en la parte noreste, se distribuyen ampliamente los productos volcánicos (miocenos, pliocenos y cuaternarios) y los sedimentos no consolidados cuaternarios, pudiendo identificarse pocos lineamientos.
- (2) No se identifican lineamientos que controlan substancialmente la estructura del Area, con excepción de los lineamientos intermitentes de unos 70 Km, con rumbo NO-SE en las partes oeste y sur.
- (3) Además de los lineamientos NO-SE, se identificaron los lineamientos de rumbos N-S, NE-SO y NNO-SSE, en forma dispersa y sin tendencias específicas.
- (4) Se ha identificado un corrimiento de 13 Km de rumbo NNE-SSO hacia el este del Area, que forma el contacto entre cretácico y mioceno.

5.1.5 Plegamientos y estructuras anulares

Las rocas sedimentarias oligocenas y miocenas de la parte noreste del Area muestran un buen grado de desarrollo de estratificación, lo cual permite interpretar

claramente los plegamientos en las imágenes. Se identificaron en total 27 plegamientos en esta zona (considerando una sola unidad los plegamientos adyacentes sobre una línea recta. Este criterio es aplicable en los demás análisis). La relación anticlinal y sinclinal es de 16 : 11. Estas estructuras se desarrollan con una longitud de ondas de 3 a 5 Km. El rumbo del eje de los plegamientos puede ser de N-S a NNE-SO o de NE-SSO.

No fueron interpretados ni identificados importantes estructuras anulares. El Area se halla cubierto ampliamente por los productos volcánicos miocenos, pliocenos y cuaternarios, con formación de cráteres de forma caldera circular en algunas partes.

5.2 Area Atacama

5.2.1 Resumen de la geología y yacimientos, según literatura disponible

(1) Geología y estructura

La geología del Area Atacama está constituida por 12 unidades. Estas son, de abajo hacia arriba: sistemas devónico, carbonífero a triásico, paleozoico no dividido, triásico, jurásico, cretácico a terciario, rocas sedimentarias miocenas, rocas volcánicas miocenas, rocas sedimentarias pliocenas, rocas volcánicas pliocenas, sedimentos cuaternarios y rocas volcánicas cuaternarias. Como rocas ígneas que intruyen a estas unidades, se mencionan los intrusivos del Paleozoico, Mesozoico, del Mesozoico al Cenozoico y los de Cenozoico (Figura 12).

- Sistema devónico (D): se constituye por cuarcitas, grauvacas, areniscas, filitas, pizarras, esquistos, lutitas, conglomerados, etc. y se distribuyen al sur de Salar de Atacama formando pequeñas fracciones.
- Sistema carbonífero a triásico (CTR): está constituido por tobas, ignimbritas, riolitas y dacitas.
- Paleozoico no dividido (Pz): está constituido por meta areniscas, pizarras, filitas, esquistos, meta rocas básicas, serpentinitas, gneises, anfibolitas, etc. cuyo período se desconoce, y se distribuye en pequeñas fracciones al extremo noroeste del territorio chileno.
- Sistema triásico (TR): está constituido por areniscas, lutitas, conglomerados, etc. e incluye también lavas riolíticas a andesíticas y brechas.
- Sistema jurásico (J): las rocas que lo constituyen son sedimentarias de areniscas, calizas, margas, lutitas y horstenos, con intercalación parcial de riolitas, dacitas y traquitas. Las rocas volcánicas y piroclásticas se componen principalmente de lavas y tobas andesíticas.
- Sistemas cretácico a terciario (KT): las rocas principalmente volcánicas y piroclásticas cretácicas a terciarias se distribuyen al oeste, los cuales están constituidas por andesitas, riolitas, dacitas y sus tobas, intercalando delgados estratos de lutitas,

areniscas, calizas, conglomerados, etc. Parcialmente, está compuesto por aglomerados basálticos (álcalibasaltos y tholeiitos), brechas, tobas, etc.

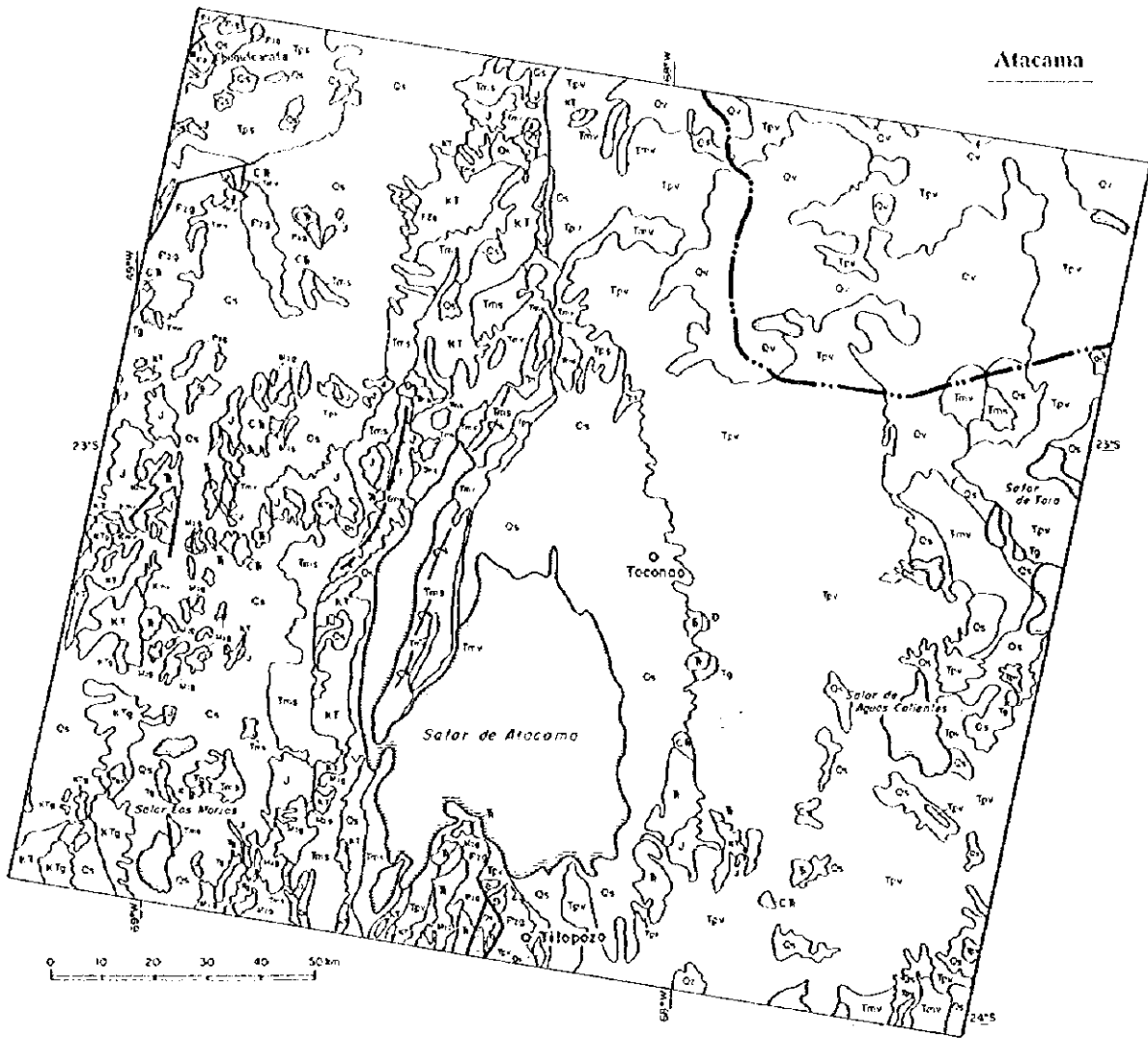
- Rocas sedimentarias miocenas (Tms): son principalmente sedimentarias continentales de conglomerados, areniscas, limolitas del Mioceno. Se distribuyen formando una franja N-S al oeste del Salar de Atacama.
- Rocas volcánicas miocenas (Tmv): son principalmente lavas y aglomerados riolíticos, dacíticos, andesíticos.
- Rocas sedimentarias pliocenas (Tps): son principalmente calizas, areniscas, lutitas, horstenos, y limolitas, y se distribuyen a lo largo del Río Loa al noroeste del Área.
- Rocas volcánicas pliocenas (Tpv): son principalmente lavas, ignimbritas y tobas andesíticas, dacíticas, riolíticas y basálticas, con intercalación parcial del estrato de rocas sedimentarias. Afloran en grandes extensiones al este del Salar de Atacama.
- Sedimentarios cuaternarios (Qs): se componen de distintos tipos de sedimentos fluviales, lacustres, glaciales, eólicos, aluviales, coluviales, lahar, etc. cubriendo extensos términos de la cuenca y el Salar de Atacama y sus alrededores.
- Rocas volcánicas cuaternarias (Qv): son lavas andesíticas y dacíticas distribuidas alrededor de la frontera entre Chile y Bolivia.

- Intrusivos del Paleozoico (Pzg): están constituidos por granitos o granodioritas del Paleozoico. Se distribuyen al oeste del Área y al sur del Salar de Atacama, junto con las rocas sedimentarias del Paleozoico (Pz, D, TR, etc.) que las circundan.
- Intrusivos del Mesozoico (Mzg): son rocas plutónicas a hipabisales ácidas a básicas intruidas del período jurásico a terciario, y se distribuyen en múltiples fracciones dentro de la cuenca al oeste del Salar de Atacama.
- Intrusivos del Mesozoico a Cenozoico (Ktg): son pórfidos tonalíticos y rocas graníticas principalmente del Cretácico Superior que se distribuyen al sudoeste.
- Intrusivos del Cenozoico (Tg): son granodioritas, dioritas y monzonitas terciarias que se distribuyen en pequeñas fracciones al oeste del Área.

Esta Área está formada por las provincias tectónicas de la Cordillera Principal al oeste y de Puna Altiplano al este, adyacentes con el borde oeste del Salar de Atacama. Sus características son las siguientes:

Hacia el oeste y sur de la provincia tectónica de la Cordillera Principal, se distribuyen las rocas sedimentarias y volcánicas paleozoicas, así como las plutónicas intruidas en ellas. En estas zonas, predominan las fallas de rumbos N-S a NE-SO. Las actividades ígneas ocurridas en Jurásico a Terciario dieron lugar a granitos y rocas volcánicas. En el Mioceno se formaron las zonas compresivas de rumbo este a oeste, dando lugar a los corrimientos N-S y a los plegamientos N-S a NNE-SSO, acompañados de los plegamientos invertidos en las rocas sedimentarias oligocenas a miocenas al oeste del Salar de Atacama.

La provincia tectónica Puna Altiplano se halla cubierta en su mayoría por andesitas a dacitas oligocenas y posteriores, salvo el borde este del Salar de Atacama



LEGEND

- | | | |
|-----------------|------------|--------------------------------------|
| | Qv | Quaternary (mainly volcanic rocks) |
| | Qs | Quaternary (mainly sediments) |
| Cenozoic | Tpv | Miocene to Pliocene volcanic rocks |
| | Tps | Pliocene sedimentary rocks |
| | Tmv | Miocene volcanic rocks |
| | Tms | Miocene sedimentary rocks |
| | KT | Cretaceous to Tertiary |
| Mesozoic | J | Jurassic |
| | T | Triassic |
| | CT | Carboniferous to Triassic |
| Paleozoic | D | Devonian |
| | Pz | Undivided Paleozoic |
| Intrusive Rocks | Tg | Cenozoic intrusive rocks |
| | KTg | Mesozoic to Cenozoic intrusive rocks |
| | Mzg | Mesozoic intrusive rocks |
| | Pzg | Paleozoic intrusive rocks |
| | — | Fault |
| | ■ | Major ore deposit |
| | 1: | Chuquicanata |

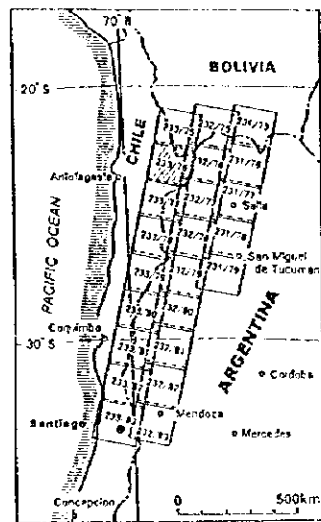


Fig. 12 Simplified Geologic Map of the Atacama Area

San Pedro de Atacama

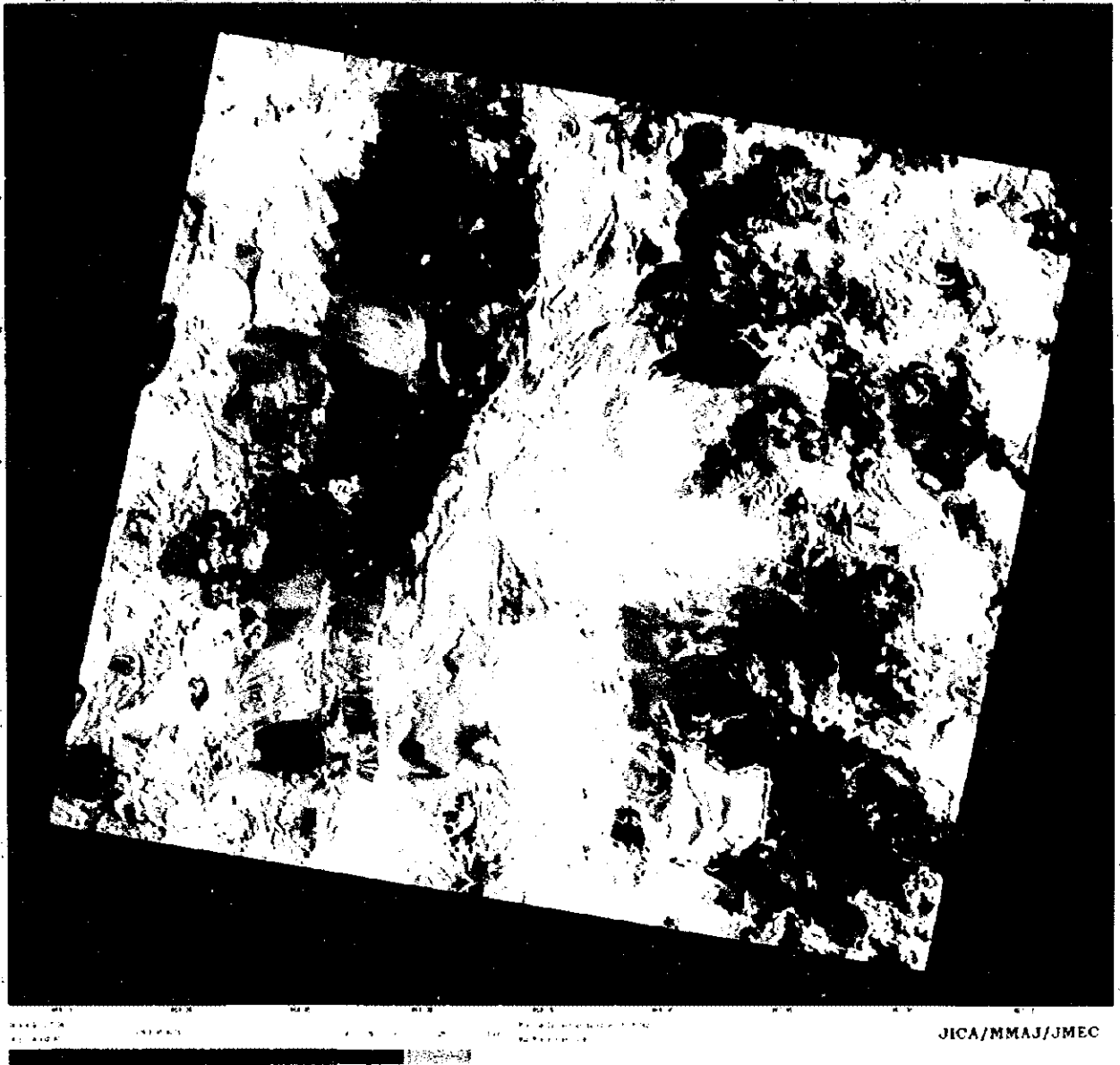


Fig.13 LANDSAT TM False Color Composite Image of the Atacama Area





donde se distribuyen pequeñas fracciones de rocas sedimentarias paleozoicas.

(2) Yacimientos

Se conoce la existencia del pórfido cuprífero más importante del mundo, Chuquicamata, al extremo noroeste del Area.

- Chuquicamata(C9): tiene por roca encajadora a granodioritas y pófidos monzoníticos cuaríferos del Plioceno (30 a 34 Ma, Sillitoe, 1991) intruidos por los movimientos de fallas y plegamientos. El yacimiento da lugar al cuerpo mineralizado de perfil de pera (norte - sur 3 Km×1,1 Km×1 Km) a lo largo de la fisura N-S denominada "West Fissure". La roca encajadora sufre los efectos de silicificación y sericitización, con un desarrollo substancial de vetillas finas y diseminación. Las reservas se estiman en más de 3.000 millones de toneladas, incluyendo los minerales oxidados depositados en los lechos de causes escurridos del cuerpo mineralizado oxidado.

Además de Chuquicamata, se conoce un plural de yacimientos en esta Area, que se clasifican en los siguientes tres grandes grupos:

- (a) Yacimientos vetiformes e irregulares (incluyendo estratiforme) principalmente de cobre al norte: Vetiformes de rumbos N-S o NO-SE tienen por roca encajadora principalmente a los sedimentos y rocas volcánicas carboníferos a pérmicos del Paleozoico Superior.
- (b) Yacimientos vetiformes de plata al oeste: Muestran un rumbo predominantemente N-S, y tienen por roca encajadora a calizas y areniscas jurásicas, y pórfido tonalítico del Cretácico Superior. La edad metalogénica, en el caso de la Gran Corrida de Caracoles (C42), se estima a finales de Cretácico a Paleoceno (55 a 77 Ma, Boric, 1990). Estos yacimientos están constituidos por blenda y galena, acompañadas muchas veces por sulfosal de plata (Gran Corrida, Flor del Desierto, Grupo Descubridora, Gran Corrida de Caracoles Sudamérica, etc.).
- (c) Grupo de yacimientos de azufre alrededor de la frontera entre Chile y Bolivia: Estos se distribuyen en las zonas cubiertas por las rocas volcánicas cuaternarias, con rumbo NNE-SSO. Sus detalles se desconocen.

Además de los anteriores, se tienen a los yacimientos de fierro al sudeste del Area (San Vicente Bajo, Cristales Grandes, San Vicente Alto, Rodados Negros, Laco N, Laco S, Laquito, etc.), los cuales son vetas lenticulares que tienen por roca encajadora a las rocas volcánicas pliocenas, y están constituidas por magnetita, hematita y limonita.

5.2.2 Unidades fotogeológicas

Las rocas y los sedimentos del Area se clasifican en 26 unidades fotogeológicas

(Apéndice 2), de las cuales 15 son correlativas con las rocas metamórficas, sedimentarias y volcánicas del Paleozoico no dividido, devónicas a pliocenas, y una ha sido interpretada como zona de alteración. Cuatro unidades corresponden a los sedimentos no consolidados y rocas volcánicas del Cuaternario y seis constan de los intrusivos del Paleozoico, Mesozoico y Terciario. En el Apéndice 3 se entregan la localización y la dirección de cada una de las unidades.

5.2.3 Zonas de alteración

En esta Área fueron interpretados e identificados 86 zonas de alteración, las cuales se concentran al oeste y este. En la parte oeste, predominan rocas graníticas (del Paleozoico, Mesozoico y Terciario), mientras que en la parte este, las zonas de alteración se localizan en las zonas de distribución de los productos volcánicos miocenos y pliocenos. Estas zonas de alteración raras veces se encuentran aisladas, y normalmente agrupan de cinco a 10 zonas (en el extremado caso, hasta más de 20). La mayoría de las zonas de alteración son circulares u ovaladas, con una longitud de 0,5 a 1 Km. El rumbo regional y el ancho de la zona es de N-S y 30 Km, respectivamente en la parte oeste, y de NNO-SSW y de 40 Km, respectivamente en la parte este.

Los yacimientos y zonas de mineralización dentro de las zonas de alteración, son el Quijote (yacimientos de azufre, zona de alteración AA2067) boliviano. Hacia el extremo noroeste se encuentra el gran pórfido cuprífero, Chuquicamata, cuya zona de alteración aparece parcialmente en las imágenes (AA2001).

5.2.4 Lineamientos

Los lineamientos interpretados e identificados en esta Área presentan las siguientes características de distribución y rumbos:

- (1) Los lineamientos identificados se encuentran sólo en las zonas de afloramientos de la mitad oeste y parte de la mitad este, puesto que una gran porción de la mitad este y noroeste está cubierta por los productos volcánicos, sedimentos aluviales o residuos evaporales del Mioceno a Cuaternario, o por los sedimentos no consolidados del Cuaternario.
- (2) Los lineamientos que controlan la estructura de todo el Área muestran un rumbo N-S, y se distribuyen en forma dispersa al oeste, norte y sudeste. La longitud varía de 20 a 30 Km y se desarrollan parcialmente discontinuas.
- (3) Los lineamientos cortos de menos de 5 Km de longitud pueden ser clasificados en dos sistemas: NO-SE y NE-SO, aunque ninguno muestra una determinada tendencia.
- (4) Se interpretaron tres corrimientos de rumbo N-S a NNE-SSO, los cuales son relativamente continuos, y controlan la estructura del sistema jurásico al oeste y sudoeste del Área.

5.2.5 Plegamientos y estructuras anulares

Al oeste de los sedimentos no consolidados cuaternarios que se distribuyen en la parte central del Area, se hallan los afloramientos jurásicos, cretácicos, oligocenos a miocenos, etc. con un ancho aproximado de 30 Km. Las rocas sedimentarias que las componen están estratificadas en varios puntos. Entre las estratificaciones más desarrolladas, se identificaron los plegamientos en tres puntos. La relación anticlinal y sinclinal es casi homogénea, de 7 : 6. El rumbo del eje de los plegamientos es de N-S a NNE-SSO, con una longitud de ondas de 10 Km aproximadamente.

No fueron interpretadas ni identificadas claras estructuras anulares en esta Area. El Area se halla cubierta hacia el este, por los productos volcánicos miocenos, pliocenos y cuaternarios, con formación de calderas circulares y cráteres con diámetros de 1 a 5 Km.

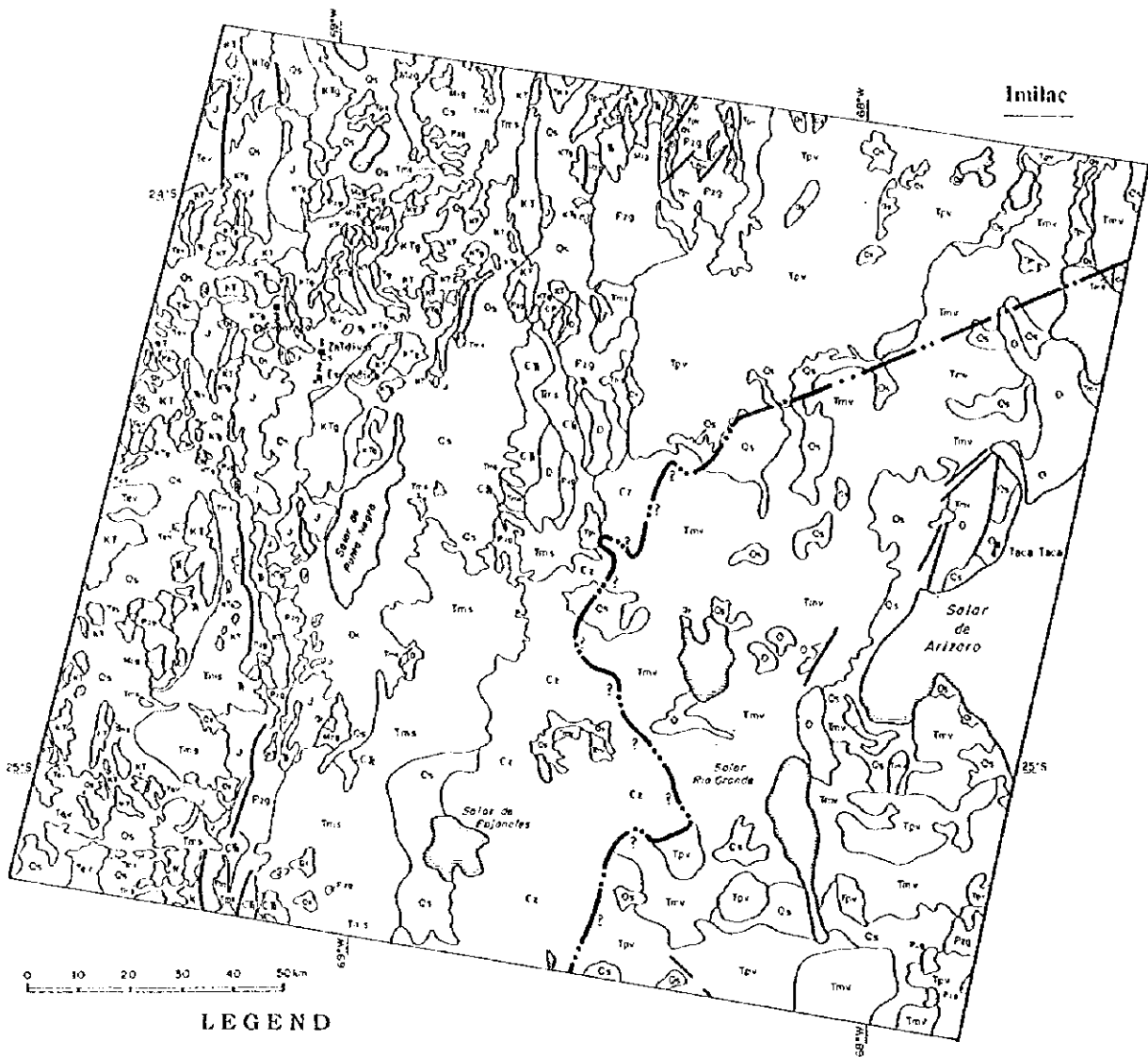
5.3 Area Imilac

5.3.1 Descripción de la geología y yacimientos, según literatura disponible

(1) Geología y estructura

La geología del Area Imilac está constituida por 13 unidades. Estas son, de abajo hacia arriba: sistemas ordovícico, devónico, carbonífero a triásico, triásico, jurásico, cretácico, cretácico a terciario, cenozoico no dividido, rocas volcánicas paleógenas, rocas sedimentarias miocenas, rocas volcánicas miocenas, rocas volcánicas pliocenas y los sedimentos cuaternarios. Como rocas ígneas que las intruyen, se mencionan a los intrusivos del Paleozoico, Mesozoico y Mesozoico a Cenozoico (Figura 15).

- Sistema ordovícico (O): está constituido por las rocas sedimentarias marinas y sus rocas metamórficas, e incluye parcialmente las rocas volcánicas dacíticas a riolíticas. Corresponde a la parte oeste del Salar de Arizaro al este del Area.
- Sistema devónico (D): está constituido por cuarcitas, grauvacas, areniscas, filitas, pizarras, esquistos, lutitas, conglomerados, etc. y se distribuye junto con los intrusivos del Paleozoico y del Carbonífero a Triásico.
- Sistema carbonífero a triásico (CTR): está constituido por tobas, ignimbritas, riolitas y dacitas, y formando las zonas montañosas centrales.
- Sistema triásico (TR): está constituido por areniscas, lutitas, conglomerados, etc. e incluye lavas riolíticas a andesíticas y brechas. Se distribuye al sudoeste formando una franja de N - S.
- Sistema Jurásico (J): está constituido por las rocas sedimentarias de areniscas, calizas, margas, lutitas, conglomerados y horstenos, e incluye los estratos de rocas volcánicas y piroclásticas, principalmente, de lavas y tobas andesíticas. Intercalan parcialmente con riolitas, dacitas y traquitas.



LEGEND

- | | | |
|-----------------|------------|--|
| | Qs | Quaternary (mainly sediments) |
| | Tpv | Miocene to Pliocene volcanic rocks |
| Cenozoic | Tmv | Miocene volcanic rocks |
| | Tms | Miocene sedimentary rocks |
| | Tev | Paleocene to Oligocene (mainly volcanic rocks) |
| | Cz | Undivided Cenozoic |
| | KT | Cretaceous to Tertiary |
| Mesozoic | K | Cretaceous |
| | J | Jurassic |
| | T | Triassic |
| Paleozoic | CT | Carboniferous to Triassic |
| | D | Devonian |
| | O | Ordovician |
| Intrusive Rocks | KTg | Mesozoic to Cenozoic intrusive rocks |
| | Mzg | Mesozoic intrusive rocks |
| | Pzg | Paleozoic intrusive rocks |
| | — | Fault |
| | ■ | Major ore deposit |
| | 1: | Zaldívar |
| | 2: | Escondida |
| | 3: | Chimborazo |
| | 4: | Taca Taca |

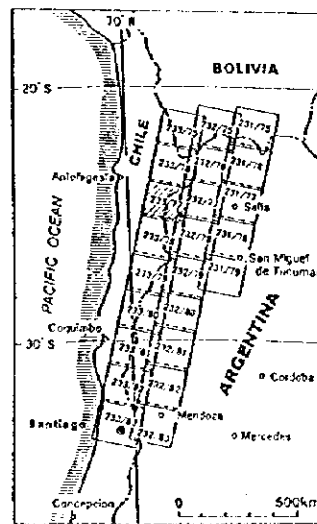


Fig. 15 Simplified Geologic Map of the Imilac Area

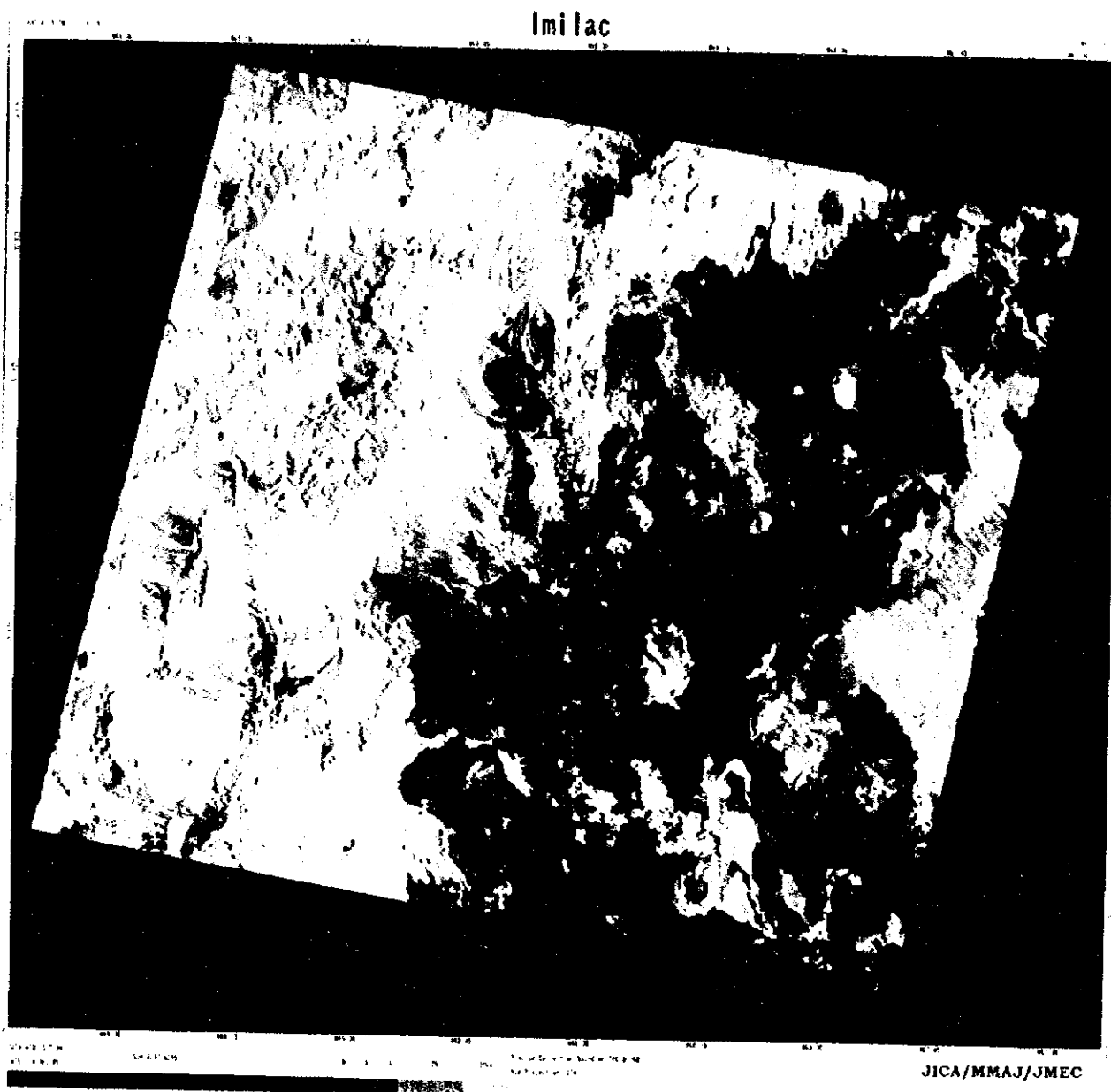


Fig.16 LANDSAT TM False Color Composite Image of the Imilac Area



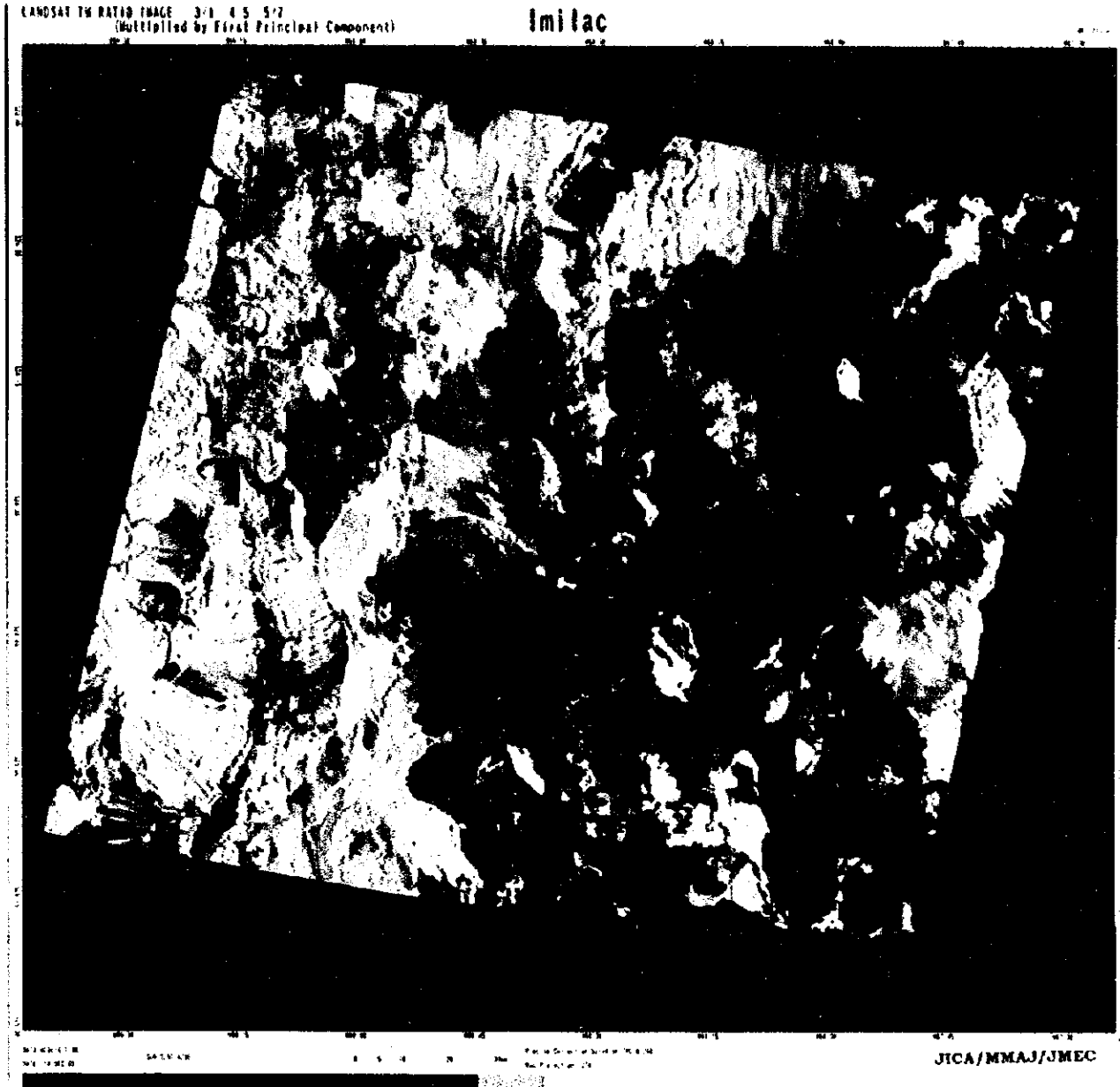


Fig.17 LANDSAT TM Ratio Image of the Imilac Area



- Sistema cretácico (K): está constituido principalmente por las rocas volcánicas andesíticas, dacíticas, riolíticas, traquíticas, tobáceas, e ignimbritas, con intercalación de las rocas sedimentarias calcáreas, y se encuentra al extremo sudoeste del Area.
 - Sistemas cretácico a terciario (KT): está constituido por andesitas, riolitas, dacitas y tobas dacíticas cretácicas a terciarias, con intercalación de estratos delgados de lutitas, areniscas, calizas y conglomerados. Se distribuye al oeste del Area.
 - Cenozoico no dividido (Cz): se distribuye en el territorio chileno englobando las rocas volcánicas paleógenas a pliocenas. La unidad argentina adyacente está constituida por andesitas, dacitas, basaltos e ignimbritas miocenas a pliocenas. K-Ar de las rocas integrantes de esta unidad corresponden, en su mayoría es de 2 a 10 Ma (Boric, 1990), formadas entre Mioceno Superior a Plioceno.
 - Rocas volcánicas paleógenas (Tev): son riolitas, basaltos y ignimbritas del Paleoceno a Eoceno, e incluyen las rocas sedimentarias marinas de areniscas y calizas. Se distribuyen al oeste del Area.
 - Rocas sedimentarias miocenas (Tms): son areniscas, limolitas, lutitas y fangolitas, e incluyen parcialmente las rocas sedimentarias continentales oligocenas de conglomerados, areniscas, limolitas, etc. Se distribuyen ampliamente en el Salar de Punta Negra y en el de Pajonales.
 - Rocas volcánicas miocenas (Tmv): son aglomerados e ignimbritas riolíticas, dacíticas y andesíticas, que cubren grandes términos de la región oriental argentina.
 - Rocas volcánicas pliocenas (Tpv): son ignimbritas, dacitas y tobas pliocenas a pleistocenas, con intercalación de los estratos de rocas sedimentarias continentales en una parte. Cubre grandes extensiones al noreste de Chile y al sur de Argentina.
 - Sedimentos cuaternarios (Qs): son varios tipos de sedimentos fluviales, lacustres, glaciales, aluviales, coluviales y lahar que se distribuyen en Salar de Punta Negra y sus alrededores.
-
- Intrusivos del Paleozoico (Pzg): son principalmente granitos y granodioritas paleozoicas, y se identifican al oeste y en el centro del Area formando franjas de rumbo N-S. Los intrusivos del Paleozoico de la parte argentina están constituidos por granitos, granodioritas y monzonitas carboníferas.
 - Intrusivos del Mesozoico (Mzg): son rocas plutónicas a hipabisales ácidas a básicas intruidas entre los períodos jurásico a terciario, y se distribuyen al oeste del Area formando pequeñas fracciones.
 - Intrusivos del Mesozoico a Cenozoico (KTg): incluyen diversas rocas plutónicas a hipabisales ácidas a básicas cretácicas a terciarias, y aparecen en pequeñas fracciones al noroeste del Area.

La parte oeste de esta Area está formada por las provincias tectónicas de la Cordillera Principal de la Puna Altiplano, cuyas características son las siguientes:

En la provincia tectónica de la Cordillera Principal predominan las fallas de rumbos N-S y NE-SO. Se distribuyen las rocas sedimentarias paleozoicas, intrusivos y las

rocas sedimentarias jurásicas al noreste y al oeste del Salar de Punta Negra, mientras que en la parte oeste estas rocas se hallan afloradas formando franjas, a lo largo del Falla Domeyko de rumbo N-S. Los granitos y las rocas volánicas jurásicas a terciarios se distribuyen en toda la provincia tectónica de la Cordillera Principal. Las rocas sedimentarias continentales del Mioceno cubren grandes superficies en el Salar de Punta Negra y en el de Pajonales.

En la provincia tectónica Puna Altiplano se distribuyen granitos carboníferos en la parte sudeste, y las rocas sedimentarias ordovícicas divididas en varios bloques en la parte noreste. El resto de la provincia se halla cubierta en grandes extensiones por las rocas volcánicas (incluyendo ignimbritas) del Mioceno y posteriores de rumbo N-S, y por los sedimentos cuaternarios en las tierras bajas. Se identificaron fallas normales de rumbos N-S a NE-SO en el sistema paleozoico.

(2) Yacimientos

Se conocen en esta Área tres tipos de mineralización siguientes: (a) mineralización de cobre tipo vetiforme con roca encajadora de granitos en el territorio chileno que corresponden al Paleozoico Posterior a Triásico; (b) mineralización de oro y plata tipo vetiforme con roca encajadora de riolitas a dioritas del Cretácico a Paleógeno al sudoeste del Área, y; (c) mineralización de cobre que dio lugar al pórfido cuprífero que tienen como rocas ígneas relativas a pórfidos intruidos en el Paleógeno Posterior.

- La Escondida(C61): Es uno de los pórfidos cupríferos más grandes del mundo que se localiza al oeste del Área. La estructura está constituida por las rocas sedimentarias cretácicas inferiores (areniscas, calizas, lutitas, etc.), y por dacitas y andesitas del Cretácico Superior a Paleógeno, acompañados de los pórfidos del Cretácico Posterior a Paleógeno intruidos en ellas. La edad metalogénica se estima en 31 a 35 Ma (Sillitoe, 1991), casi al igual que la Mina de Chuquicamata, y los yacimientos se localizan por encima de la West Fissure. La magnitud del yacimiento es de 4,5 Km (NO-SE)×1 a 3 Km (NE-SO), con reservas de 1.800 millones de toneladas (Cu 1,59 %, cut off 0.7 % Cu).
- Zaldivar: Se localiza a 5 Km al norte del Yacimiento La Escondida, y ha sido formado por los mismos efectos de mineralización. La magnitud de mineralización y de las zonas de alteración es de 1,2 Km×0,7 Km×250 m, con reservas de 3,16 millones de toneladas (0,89 TCu %).
- Chimborazo (C54): Es un pórfido cuprífero descubierto recientemente a 10 Km al noroeste de Zaldivar, cuyos detalles se desconocen.
- Taca Taca (A35): Es un pórfido cuprífero localizado al noroeste del Salar de Arizaro en Argentina. Tiene por roca encajadora a las sedimentarias paleozoicas y granitos ordovícicos, que dieron lugar en el Carbonífero (323 ± 5 Ma, Sillitoe, 1977). Las zonas de

alteración mineralizadas han sufrido fuerte alteración filica. Se ha efectuado un total de nueve sondajes, con los que se estimaron que las reservas son de 19 millones de toneladas (Cu 0,29 %, Mo 0,08 %).

- Cachinal de la Sierra (C66): Es un yacimiento vetiforme de plomo y zinc que se localiza al extremo sudoeste con rumbo N15 a 20°O. El yacimiento tiene por roca encajadora a los riolitas y dioritas del Paleoceno, y se formó supuestamente a finales de Paleoceno a principios de Eoceno (56 a 61 Ma, Boric, 1990), según el método K-Ar.
- El Guanaco (C68): Este yacimiento se localiza al extremo sudoeste del Area, al sudoeste de Cachinal de la Sierra (C66). Es un yacimiento vetiforme de rumbo N70 a 85°O, predominantemente de pirita y calcopirita, acompañados de enargita y electrum. Tiene por roca encajadora a riolitas y tobas riolíticas del Paleoceno, y su edad metalogénica se estima en 56 a 61 Ma (Boric, 1990), al igual que Cachinal de la Sierra.

5.3.2 Unidades fotogeológicas

Las rocas y los sedimentos del Area se clasifican en 25 unidades fotogeológicas (Apéndice 2), de las cuales 16 son correlativas con las rocas metamórficas, sedimentarias y volcánicas ordovícicas a pliocenas, y una ha sido interpretada como zona de alteración. Tres unidades corresponden a los sedimentos no consolidados y rocas volcánicas del Cuaternario, y cinco constan de los intrusivos del Silúrico a Devónico, Jurásico, Jurásico Superior a Terciario Inferior, Cretácico Superior a Terciario Inferior, y del Terciario. En el Apéndice 3 se entregan la localización y la dirección de cada una de las unidades.

5.3.3 Zonas de alteración

En esta Area se identificaron múltiples zonas con características de alteración. Se interpretaron e identificaron en total de 100 zonas de alteración de diferentes tamaños. Hay una clara desviación en su distribución, y se concentran predominantemente al noroeste, y al noreste - centro - sur (cerca de la frontera). En especial, en la parte noroeste, se concentra un 40 % de las zonas de alteración, muchas de ellas extensas.

En cuanto a su relación con las unidades fotogeológicas, muchas de las zonas de alteración al noroeste se localizan en los contactos de rocas graníticas del Jurásico Superior a Terciario Inferior (unidades fotogeológicas γjt , γkt) y de las rocas volcánicas del Paleoceno a Eoceno (Ev). Mientras tanto, las zonas de alteración identificadas en tres zonas fronterizas, se localizan dentro de las áreas de distribución de las rocas volcánicas miocenas, pliocenas y cuaternarias (Miv, Plv, Qv) y de las rocas graníticas silúricas a devónicas (γp).

Muchas de las zonas de alteración individuales son ovaladas o irregulares de 1×2 Km aproximadamente. Al noroeste, noreste y extremo sudoeste tienden a concentrarse las zonas de alteración relativamente extensas de 2×2 Km, siendo la más grande la que

se ubica al noroeste con un término de más de 5×10 Km.

Como yacimientos y zonas de mineralización conocidos se mencionan el Chimborazo (gran pórfido cuprífero, zona de alteración AA3019), La Escondida (pórfido cuprífero, AA3023), Tres Amigos (AA3026), Escondida (veta de plomo y plata, AA3042), El Guanaco (veta de oro, plata y cobre, AA3045), Inesperada (veta de oro, AA3046) en Chile, y Taca Taca (pórfido cuprífero, AA3061) en Argentina.

5.3.4 Lineamientos

Los lineamientos interpretados e identificados en esta Area presentan las siguientes características de distribución y rumbos:

- (1) Desde el centro hasta la parte este del Area predominan los productos volcánicos miocenos, pliocenos y cuaternarios, y en la cuenca intramontañosa se forma una extensa playa. Al oeste de las montañas centrales se extiende una llanura formada por los sedimentos no consolidados cuaternarios. No se identificó casi ningún lineamiento en esta zona. Las zonas de distribución de las rocas sedimentarias y volcánicas mesozoicas y terciarias, y las de las rocas graníticas paleozoicas son donde se interpretaron e identificaron los lineamientos, limitándose solamente en algunas partes del noroeste, sudoeste, centro a norte y noreste. En general, la densidad de los lineamientos no es alta.
- (2) El lineamiento de más de 50 Km de longitud sólo hay uno y se encuentra al sudoeste del Area, mostrando un rumbo NNO-SSE, el que controla fuertemente la estructura local. Otros lineamientos relativamente largos son de unos 20 a 30 Km, con rumbo N-S, cuya densidad de distribución es baja.
- (3) Los lineamientos de menos de 5 Km de longitud pueden ser de rumbos NO-SE o NE-SO, y su distribución es normalmente dispersa.
- (4) Los corrimientos son dos: el de N-S y el de NNE-SSO. Estos se localizan al sudoeste y son divididos por un gran lineamiento de NNO-SSE, que constituye la línea divisoria de la falla para inclinarse de oeste a este. El lineamiento localizado al sur se extiende hacia el interior del Area de manera continua por más de 40 Km.

5.3.5 Plegamientos y estructura anulares

La distribución de las unidades compuestas por las rocas sedimentarias con estratificación desarrollada es limitada. Sin embargo, existen múltiples zonas donde el comportamiento de la estratificación es claro, siendo así que se interpretó un total de 25 plegamientos. La relación anticlinal y sinclinal es de 20 : 5, lo que refleja una topografía predominantemente anticlinal del Area. Estas estructuras se distribuyen en las partes noroeste, norte y sudeste, con ejes de N-S a NNE-SSO o NNO-SSE. Los plegamientos son normalmente discontinuos, y su longitud se limita de 3 a 5 Km. Las estructuras están constituidas por las rocas sedimentarias del Jurásico en la parte noroeste, por las del

Devónico, Oligoceno a Mioceno en la parte norte, y por las del Mioceno en la parte sudeste. La longitud de las ondas en la parte sudeste es de 5 Km aproximadamente.

No fueron interpretadas ni identificadas las estructuras anulares en esta Area. Sin embargo, se identificaron múltiples calderas con un diámetro medio de 2 a 3 Km y cráteres de 0,5 a 1 Km en la parte central de los volcanes activos en Mioceno, Plioceno y Cuaternario. En los volcanes del Plioceno localizados al sudeste, se forman las calderas de 5 Km de diámetro.

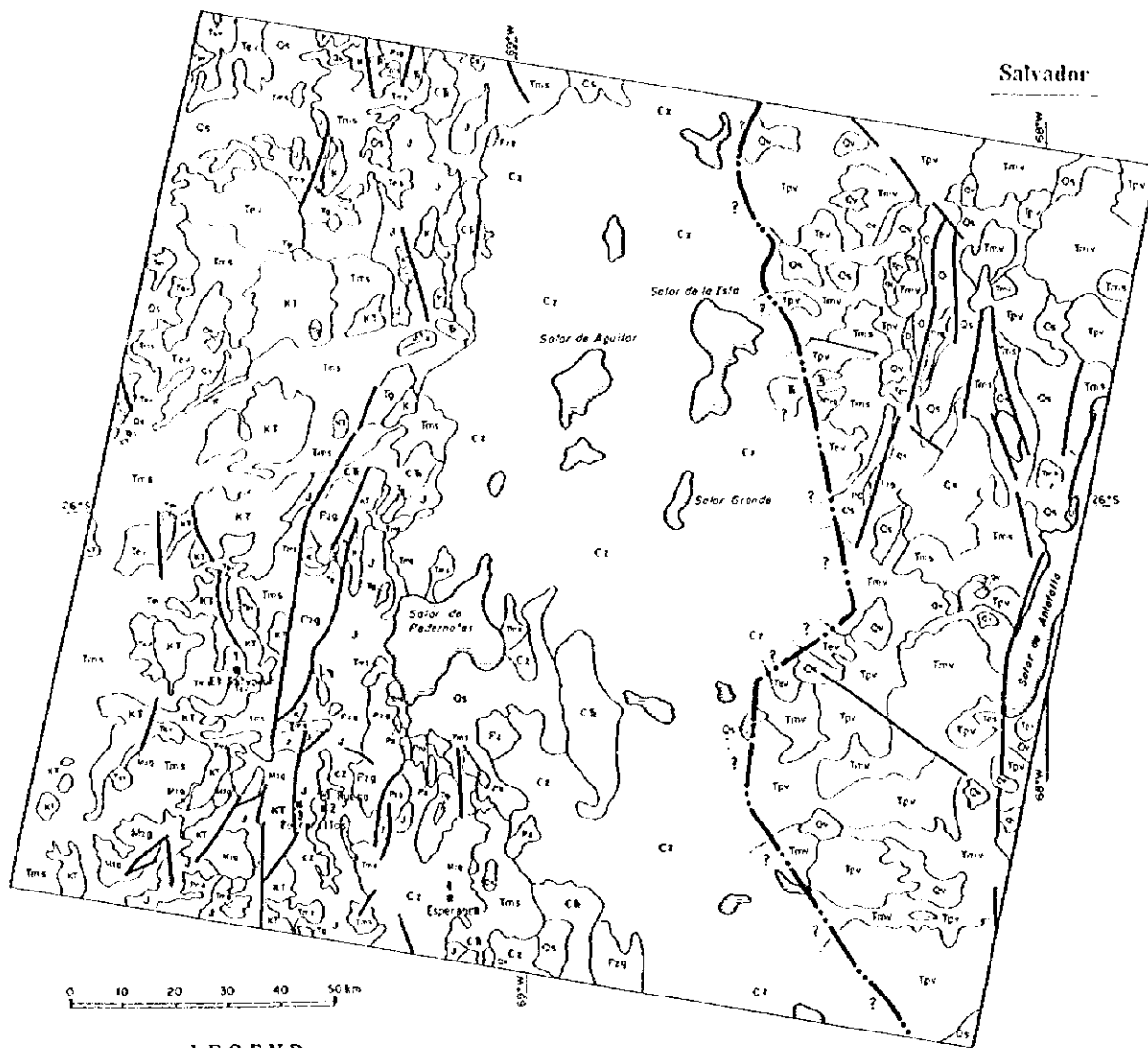
5.4 Area Salvador

5.4.1 Descripción de la geología y yacimientos, según literatura disponible

(1) Geología y estructura

La geología del Area Salvador está constituida por 17 unidades. Estas son, de abajo hacia arriba: sistemas precámbrico, ordovícico, devónico, pérmico, paleozoico no dividido, carbonífero a triásico, triásico, jurásico, cretácico, cretácico a terciario, cenozoico no dividido, rocas volcánicas paleógenas, rocas sedimentarias miocenas, rocas volcánicas miocenas, rocas volcánicas pliocenas, sedimentos cuaternarios y las rocas volcánicas cuaternarias. Como rocas ígneas intrusivas a estas unidades, se mencionan los intrusivos del Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico (Figura 18).

- Sistema precámbrico (PC): está constituido por esquistos, gneises, anfibolitas y mármoles, y se distribuyen al este de Argentina, a lo largo de la falla N-S, formando pequeñas fracciones.
- Sistema ordovícico (O): está constituido por los sedimentos marinos y sus metamórficos. Parcialmente, incluye las rocas volcánicas de dacitas y riolitas.
- Sistema devónico (D): está constituido por los sedimentos marinos, rocas meta sedimentarias, calizas, volcánicas y piroclásticas, y se distribuyen al noreste del Area.
- Sistema pérmico (P): está constituido por lutitas, pizarras, areniscas, conglomerados y calizas.
- Paleozoico no dividido (Pz): está constituido por meta areniscas, pizarras, filitas, esquistos, meta rocas básicas, serpentinitas, gneises y anfibolitas cuyo período se desconoce.
- Sistema carbonífero a triásico (CTR): está constituido por tobas, ignimbritas, riolitas, dacitas, y se distribuye al oeste del Area.
- Sistema triásico (TR): está constituido por areniscas, lutitas, conglomerados, etc. Hacia la frontera entre Argentina y Chile, el sistema está constituido por tobas y pórfido riolítico.
- Sistema jurásico (J): está constituido por las rocas sedimentarias de areniscas, calizas, margas, lutitas, conglomerados y horstenos. Incluye también las rocas volcánicas y



LEGEND

- | | | |
|-----------------|------------|--|
| | Qv | Quaternary (mainly volcanic rocks) |
| | Qs | Quaternary (mainly sediments) |
| Cenozoic | Tpv | Miocene to Pliocene volcanic rocks |
| | Tmv | Miocene volcanic rocks |
| | Tms | Miocene sedimentary rocks |
| | Tev | Paleocene to Oligocene (mainly volcanic rocks) |
| | Ce | Undivided Cenozoic |
| | KT | Cretaceous to Tertiary |
| Mesozoic | K | Cretaceous |
| | J | Jurassic |
| | T | Triassic |
| | Ct | Carboniferous to Permian |
| Paleozoic | P | Permian |
| | D | Devonian |
| | O | Ordovician |
| | Pz | Undivided Paleozoic |
| Precambrian | PC | Precambrian to Cambrian |
| Intrusive Rocks | Tr | Cenozoic intrusive rocks |
| | Mrg | Mesozoic intrusive rocks |
| | Prg | Paleozoic intrusive rocks |
| | — | Fault |
| | ■ | Major ore deposit |
| | | 1: El Salvador |
| | | 2: El Hueso |
| | | 3: Putrerillos |
| | | 4: Esperanza |

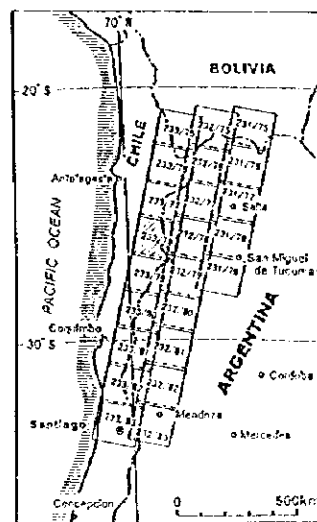


Fig. 18 Simplified Geologic Map of the Salvador Area

El Salvador



Fig.19 LANDSAT TM False Color Composite Image of the Salvador Area



LANDSAT TM RATIO IMAGE 3-1 4-5 5-7
Multiplied by First Principal Component

El Salvador



Fig.20 LANDSAT TM Ratio Image of the Salvador Area



piroclásticas de lavas y tobas andesíticas. Se distribuye al oeste del Area formando franjas de rumbo N-S.

- Sistema cretácico (K): está constituido predominantemente por las rocas volcánicas de andesitas, dacitas, riolitas, traquitas, tobas, ignimbritas, etc. con intercalación de sedimentos calcáreos.
- Sistema cretácico a terciario (KT): Las rocas predominantemente volcánicas y piroclásticas cretácicas a terciarias se distribuyen en grandes extensiones al oeste del Area. Estas están constituidas por andesitas, riolitas, dacitas y sus tobas, con intercalación de delgados estratos de lutitas, areniscas, calizas, conglomerados, etc.
- Cenozoico no dividido (Cz): se distribuye en grandes extensiones hacia el territorio chileno, englobando las rocas volcánicas paleógenas a pliocenas. La unidad adyacente hacia el territorio argentino está constituido por andesitas, dacitas, basaltos e ignimbritas.
- Rocas volcánicas paleógenas (Tev): están constituidas por riolitas, basaltos e ignimbritas paleocenas a eocenas, e incluyen parcialmente las rocas sedimentarias marinas de areniscas y calizas. Se distribuyen al oeste del Area junto con las rocas volcánicas cretácicas a terciarias (KT), y alrededor de la frontera entre Argentina y Chile hacia el este.
- Rocas sedimentarias miocenas (Tms): están constituidas por areniscas, limolitas, lutitas e ignimbritas sedimentadas alrededor de las rocas volcánicas cretácicas a paleógenas, distribuyéndose en grandes extensiones al oeste del Area.
- Rocas volcánicas miocenas (Tmv): están constituidas por dacitas, andesitas, basaltos e ignimbritas. Cubren grandes superficies del territorio argentino al este del Area, mientras que en el territorio chileno éstas se son incluidas en el Cenozoico no dividido. Hacia el oeste, no se distribuyen las rocas volcánicas miocenas.
- Rocas volcánicas pliocenas (Tpv): están constituidas por andesitas, basaltos e ignimbritas. Se distribuyen predominándose junto con las rocas volcánicas miocenas al este del Area, dentro del territorio argentino.
- Sedimentos cuaternarios (Qs): son sedimentos fluviales, lacustres, glaciales, eólicos, aluviales, coluviales, lahar, etc. que se distribuyen principalmente en la parte noroeste del Area.
- Rocas volcánicas cuaternarias (Qv): están constituidas por lavas andesíticas y dacíticas, y se distribuyen alrededor de la frontera entre Chile y Argentina al noreste del Area.
- Intrusivos del Paleozoico (Pzg): son rocas plutónicas a hipabisales que han sufrido el metamorfismo, y se distribuyen al oeste del Area formando una franja N-S a lo largo de una falla del mismo rumbo. Los intrusivos paleozoicos alrededor de la frontera entre Argentina y Chile están constituidos por granitos carboníferos.
- Intrusivos del Mesozoico (Mzg): son rocas plutónicas a hipabisales distribuidos al sudoeste del Area.
- Intrusivos del Cenozoico (Tg): incluyen una diversidad de rocas plutónicas a hipabisales ácidas a básicas paleógenas, y se distribuyen a lo largo de la Falla Domeyko al oeste del

Area, formando pequeñas fracciones.

Esta Area está formada por las siguientes tres provincias tectónicas: la del Valle Longitudinal y Central hacia el extremo oeste, la de la Cordillera Principal al oeste, y la de la Puna Altiplano que forma la parte central y este del Area. Las características de cada una de estas provincias son las siguientes:

En la provincia tectónica del Valle Longitudinal y Central, se distribuyen en grandes extensiones las rocas volcánicas cretácicas a paleógenas y las rocas sedimentarias terciarias. No se identificaron las rocas volcánicas oligocenas y posteriores.

En la provincia tectónica de la Cordillera Principal, predominan las estructuras N-S (Falla Domeyko). Las rocas sedimentarias y los intrusivos paleozoicos y las rocas sedimentarias jurásicas se distribuyen al oeste del Salar de Pedernales, formando franjas a lo largo de las estructuras N-S. Las actividades ígneas en Cretácico a Terciario dieron lugar a las rocas volcánicas y plutónicas que cubren grandes extensiones en esta provincia.

La frontera entre las provincias tectónicas de Puna Altiplano y de la Cordillera Principal se halla alrededor del Salar de Pedernales. Hacia el lado argentino predominan las estructuras de rumbos N-S y NO-SE, de las cuales la primera se distribuyen a lo largo del Salar de Antofalla con rumbo N-S. La provincia se halla cubierta en grandes extensiones por las rocas volcánicas paleógenas y posteriores, salvo las rocas metamórficas e intrusivos paleozoicos (incluyendo precámbricos) que se distribuyen a lo largo de las fracturas. No se identifican claras estructuras hacia el lado de Chile.

(2) Yacimientos

Los yacimientos se concentran alrededor de la Falla Domeyko hacia el lado de Chile, mientras que en la provincia tectónica de Puna Altiplano al este, no se encuentra ningún yacimiento. Son predominantemente del tipo vetiforme. Los elementos de yacimientos son oro y plata al norte, y cobre al sur. Los yacimientos vetiformes alrededor de la Falla Domeyko son predominantemente de rumbo N-S, al igual que la falla, mientras que las vetas hacia oeste de la misma, muestran un rumbo NO-SE a E-O. Muchas de ellas tienen por roca encajadora a las rocas volcánicas cretácicas a paleógenas.

El Yacimiento El Salvador es uno de los pórfidos cupríferos más importantes en esta Area. También merecen mención los yacimientos Potrerillos y Esperanza localizados en la parte sur, al este de la Falla Domeyko que son vetiformes a enrejados de vetillas que incluyen oro y plata. Estos se mineralizaron en el Eoceno a Mioceno.

- El Salvador (C89): Se localiza a 10 Km al oeste de la Falla Domeyko, y su estructura está constituida por un cuerpo de roca complejo de dacitas y rocas sedimentarias del Cretácico Superior y granodioritas y pórfidos cuarcíferos del Paleógeno intruidos en las primeras. Este cuerpo está cubierto por las rocas volcánicas paleógenas. El yacimiento tiene por rocas ígneas relativas a pórfidos cuarcíferos, y dio formación en Eoceno (41 a

43 Ma, Sillitoe, 1991). Las zonas de alteración se extienden en un término de 5×7 Km, y se constituyen de sericita, caolinita, alunita y pirofilita. Las reservas se estiman en 521 millones de toneladas (Cu 1,05 %).

- Potrerillos (C95): Es un yacimiento del tipo enrejado de vetillas acompañado de oro y cobre, que tiene por rocas ígneas relativas a pórfidos de Cobra intruidos a calizas jurásicas a cretácicas. La mineralización dio lugar en el Eoceno (Colly, 1989), casi en el mismo período que el anterior yacimiento El Salvador. Las reservas se estiman en 50 millones de toneladas (Cu 0,88 %).
- El Hueso (C93): Es un yacimiento de oro localizado a 7 Km al sudeste de Potrerillos. Sus reservas y su grado de mena es de 16 MT, 1,68 g/t Au, respectivamente. Se emplaza dentro de calizas jurásicas, rocas volcánicas eocenas, y en pórfido félsico que intruyen en ellas. La roca encajadora ha sufrido fuerte silicificación y argillización. El yacimiento tiene una dimensión de 100 m de ancho y 600 m de largo. Los primeros 60 m desde la superficie constituyen la zona de oxidación, donde se identifican oro natural fino, hematita y jarosita. Los primeros minerales sulfurosos son pirita, pirrotina, bornita, calcopirita, molibdenita, etc.
- Esperanza (C102): Es un yacimiento del tipo enrejado de vetillas o vetiforme acompañado de oro y cobre que se localiza al sur del Area. Tiene como roca encajadora a las rocas sedimentarias jurásicas, y dio su formación en Oligoceno a Mioceno (Colley, 1989), cuyas rocas ígneas relativas se desconocen. Las zonas de alteración ocupa un término de 5×3 Km, y se constituye de las zonas de alteración de montmorillonita, caolinita y de propilita.

5.4.2 Unidades fotogeológicas

Las rocas y los sedimentos del Area se clasifican en 24 unidades fotogeológicas (Apéndice 2), de las cuales 16 son correlativas con las rocas metamórficas, sedimentarias y volcánicas proterozoicas a pliocenas, y una ha sido interpretada como zona de alteración. Tres unidades corresponden a los sedimentos no consolidados y rocas volcánicas cuaternarios y cuatro unidades constan de los intrusivos silúricos a devónicos, cretácicos superiores y terciarios. En el Apéndice 3 se entregan la localización y la dirección de cada una de las unidades.

5.4.3 Zonas de alteración

Múltiples partes muestran características de zonas de alteración, siendo en total 39 zonas de alteración interpretadas e identificadas, las cuales muestran una tendencia a concentrarse en las partes noroeste, norte, central, sur y sudoeste. Hacia el lado de Argentina, al este del Area sólo se identificaron tres zonas. En términos generales, la

densidad es alta al oeste, dentro del territorio chileno (de centro a norte).

Las zonas de alteración del noroeste y sudoeste se localizan, principalmente, dentro y alrededor de zonas de distribución de rocas graníticas (unidad fotogeológica γt) y volcánicas (Cretácico Superior a Terciario y Paleoceno a Eoceno: K^{Tv}, Ev) del Terciario. Mientras tanto, las zonas de alteración del norte a centro se localizan en las zonas de distribución de las rocas volcánicas del Eoceno y Cuaternario. Las tres zonas al sur se localizan dentro de las rocas volcánicas del Mioceno (Miv).

Muchas de ellas son ovaladas o irregulares de tamaño 1×2 Km aproximadamente. Hacia el centro, una se concentran de 5 a 15 zonas integrando una sola unidad. Hacia el sur, se identificó la zona de alteración independiente más grande con un término de 5×10 Km.

Los yacimientos y zonas de mineralización distribuidos en las zonas de alteración en el Area se mencionan La Petronila (yacimiento de oro, plata y cobre, zona de alteración AA4012), La Salvador (pórfido cuprífero, AA4013) y Esperanza (yacimiento de oro, AA5023).

5.4.4 Lineamientos

Los lineamientos interpretados e identificados en esta Area presentan las siguientes características de distribución y rumbos:

- (1) Hacia el centro predominan los productos volcánicos del Mioceno, Plioceno y Cuaternario en grandes extensiones, dando lugar a una extensa playa en la cuenca intramontañosa. Hacia el oeste, al pie de montaña y las llanuras que le preceden, se hallan cubiertos por los sedimentos no consolidados cuaternarios. Casi no se ha identificado ningún lineamiento en estas zonas. Ellos están principalmente en las zonas de distribución de las rocas sedimentarias mesozoicas y cuaternarias, y de rocas graníticas paleozoicas, limitándose solamente en algunas partes del noroeste, sudoeste, sur, noreste y este.
- (2) Los lineamientos relativamente largos son de 20 a 30 Km de longitud, y ninguno supera los 50 Km. Su rumbo es de N-S a NNE-SSO.
- (3) Los lineamientos que entrecruzan con los principales pueden ser de NO-SE y NE-SO, cuya longitud varía de 2 a 5 Km. En general, ellos se distribuyen de manera dispersa y no se identifica una tendencia específica en su distribución.
- (4) Los corrimientos son tres, con rumbo NNE-SSO. Todos se ubican al sudoeste y su longitud varía de 15 a 30 Km.

5.4.5 Plegamientos y estructuras anulares

Las rocas sedimentarias y volcánicas con estratificación desarrollada son limitadas en esta Area, y los plegamientos fueron interpretados solamente en 14 puntos. La relación anticlinal y sinclinal es de 7 : 7. Estas estructuras se localizan al oeste y este,

con ejes de N-S a NNE-SSO. Los plegamientos del oeste son poco continuos. Se piensa que las rocas piroclásticas del Carbonífero a Triásico, Cretácico Inferior, de Cretácico Superior a Terciario Inferior forman estas estructuras.

No se interpretaron ni identificaron las estructuras anulares en el Area. Se identificaron al centro de los volcanes activos en Mioceno, Plioceno y Cuaternario, distribuidos al este de longitud oeste $69^{\circ} 00'$, múltiples calderas con diámetro de 2 a 10 Km y cráteres de 0,5 a 1 Km. En los volcanes pliocenas del sudoeste se forman las grandes calderas complejas con diámetro de 20 Km aproximadamente.

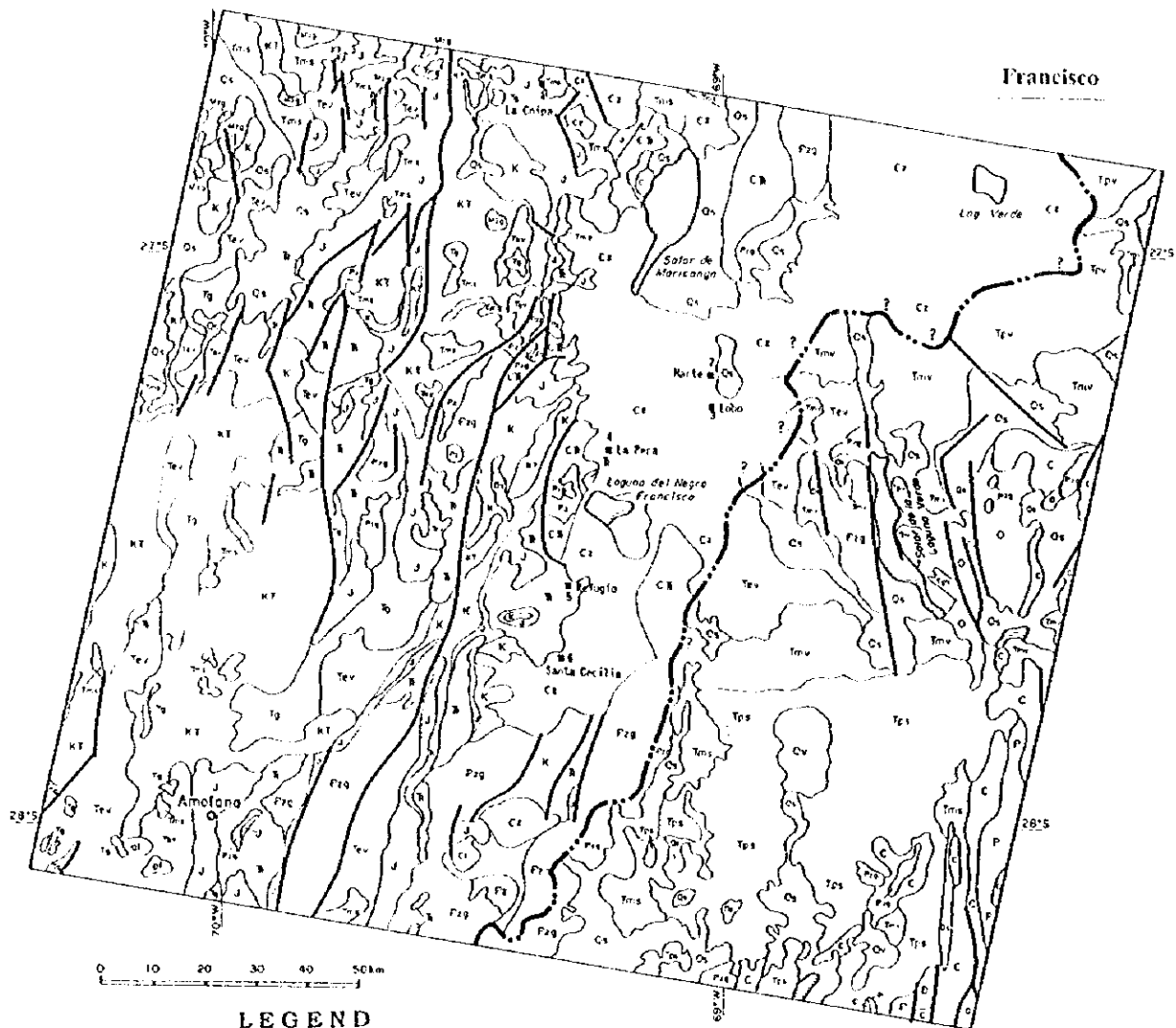
5.5 Area Francisco

5.5.1 Descripción de la geología y yacimientos, según literatura disponible

(1) Geología y estructura

La geología del Area Francisco está constituida de 16 unidades. Estas son, de abajo hacia arriba: sistemas ordovícico, devónico, carbonífero, pérmico, triásico, jurásico, cretácico, cretácico a terciario, cenozoico no dividido, rocas volcánicas paleógenas, rocas sedimentarias miocenas, rocas volcánicas miocenas, rocas sedimentarias y volcánicas pliocenas, y los sedimentos y rocas volcánicas cuaternarios. Como rocas ígneas intrusivas, se mencionan los intrusivos del Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico (Figura 21).

- Sistema ordovícico (O): está constituido por los sedimentos marinos y las rocas metamórficas, e incluye parcialmente las rocas volcánicas dacíticas y riolíticas.
- Sistema devónico (D): está constituido por grauvacas, areniscas, conglomerados y lutitas, y se distribuye al extremo sudeste formando pequeñas fracciones agrupadas divididas en bloques.
- Sistema carbonífero (C): está constituido por conglomerados, areniscas arcosas, areniscas y lutitas rojas, y se distribuye al sudeste del Area junto con los sistemas carboníferos y devónicos.
- Sistema pérmico (P): está constituido por conglomerados, areniscas arcosas y lutitas rojas, y se distribuye al sudeste del Area junto con los sistemas carboníferos y devónicos.
- Sistema triásico (TR): está constituido por las rocas sedimentarias como areniscas, conglomerados y lutitas, andesitas, riolitas y sus piroclásticas. Ocupa grandes extensiones de la parte central.
- Sistema jurásico (J): está constituido por las rocas sedimentarias de areniscas, calizas, margas, lutitas, conglomerados y horstenos. Las rocas volcánicas y piroclásticas son principalmente lavas y tobas andesíticas, con intercalación parcial de riolitas, dacitas y traquitas. Ocupa grandes extensiones de la parte occidental del Area.
- Sistema cretácico (K): incluye las rocas sedimentarias de areniscas, calizas, margas y



LEGEND

- | | | |
|-----------------|------------|--|
| | Qv | Quaternary (mainly volcanic rocks) |
| | Qs | Quaternary (mainly sediments) |
| Cenozoic | Tpv | Miocene to Pliocene volcanic rocks |
| | Tps | Miocene to Pliocene (mainly sedimentary rocks) |
| | Tmv | Miocene volcanic rocks |
| | Tms | Miocene sedimentary rocks |
| | Tev | Paleocene to Oligocene (mainly volcanic rocks) |
| | Cz | Undivided Cenozoic |
| Mesozoic | KT | Cretaceous to Tertiary |
| | K | Cretaceous |
| | J | Jurassic |
| | T | Triassic |
| | P | Permian |
| Paleozoic | C | Carboniferous |
| | D | Devonian |
| | O | Ordovician |
| Intrusive Rocks | Tg | Cenozoic intrusive rocks |
| | Mzg | Mesozoic intrusive rocks |
| | Pzg | Paleozoic intrusive rocks |
| | — | Fault |
| | ■ | Major ore deposit |
| | 1: | La Ceipa |
| | 2: | María |
| | 3: | Lebo |
| | 4: | La Popa |
| | 5: | Refugio |
| | 6: | Santa Cecilia |

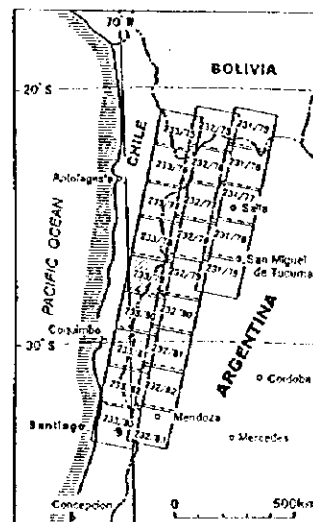
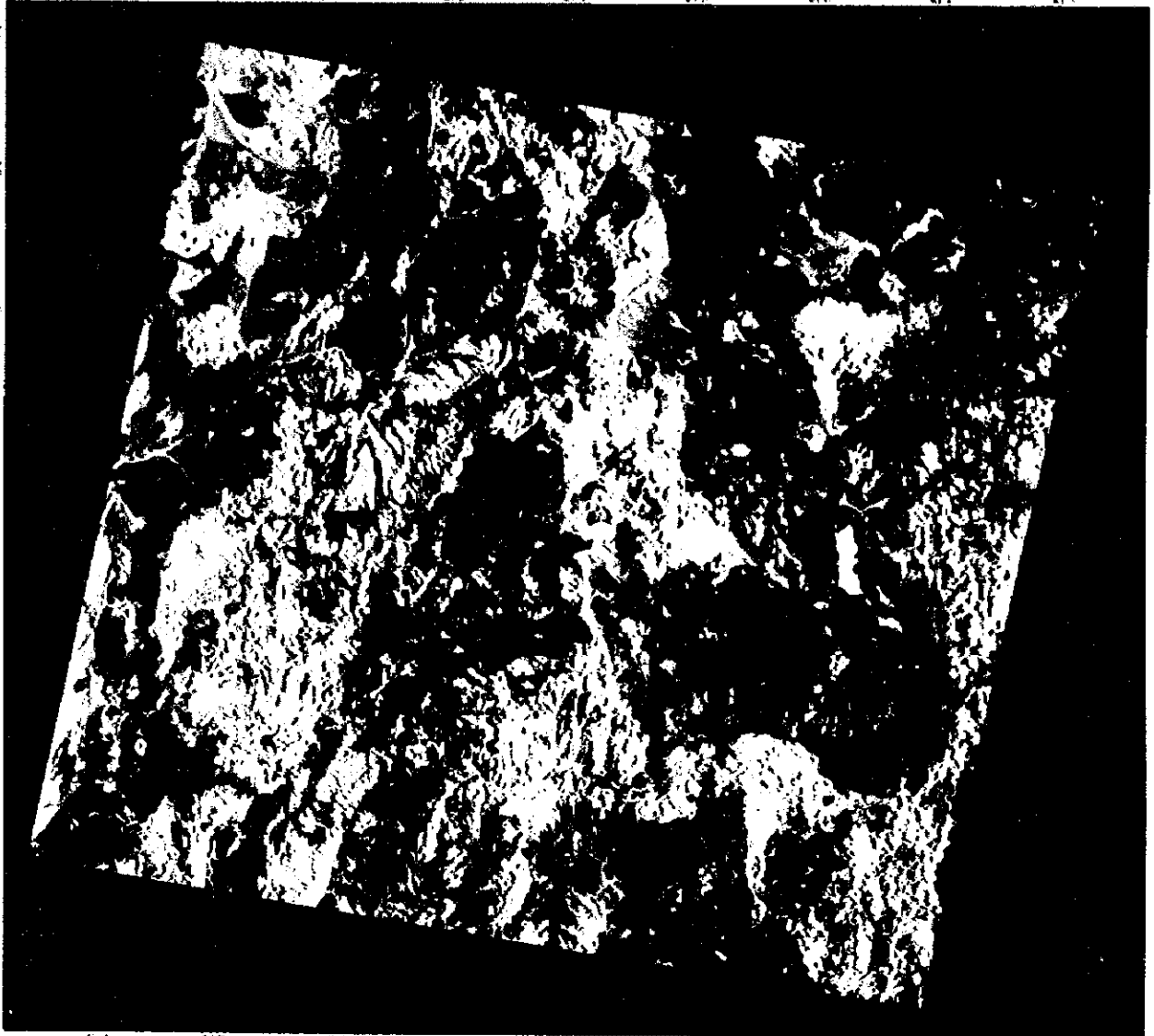


Fig.21 Simplified Geologic Map of the Francisco Area

Laguna del Francisco



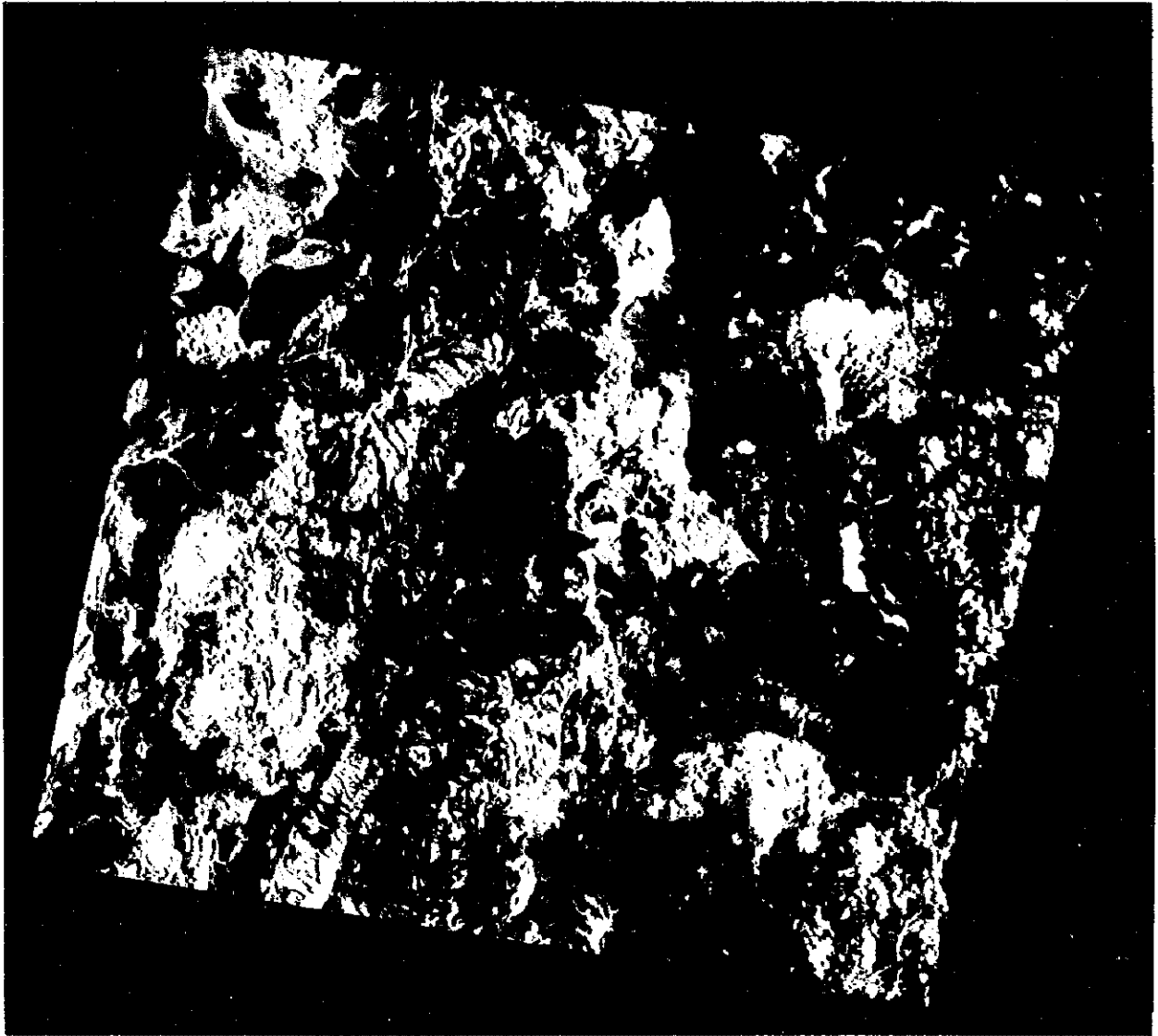
JICA/MMAJ/JMEC

Fig.22 LANDSAT TM False Color Composite Image of the Francisco Area



LANDSAT TM RATIO IMAGE 3 1 4 5 5 7
Multiplied by First Principal Component

Laguna del Francisco



JICA/MMAJ/JMEC

Fig.23 LANDSAT TM Ratio Image of the Francisco Area



- lutitas. Se identifican las rocas volcánicas andesíticas, dacíticas, riolíticas, traquíticas, tobáceas e ignimbritas con intercalación de sedimentos calcáreos.
- Sistema cretácico a terciario (KT): las rocas principalmente volcánicas y piroclásticas cretácicas a terciario ocupan grandes extensiones al oeste del Área. Estas se constituyen de andesitas, riolitas, dacitas y sus tobas, con intercalación de delgados estratos de lutitas, areniscas, calizas, conglomerados. Existen parcialmente zonas formadas por aglomerados basálticos (álcalibasaltos y tholeiitos), brechas, tobas, etc.
 - Cenozoico no dividido (Cz): ocupa grandes extensiones del territorio chileno englobando las rocas volcánicas paleógenas a pliocenas. La unidad argentina adyacente está formada por andesitas, dacitas, basaltos e ignimbritas oligocenos a pliocenos.
 - Rocas volcánicas paleógenas (Tev): son riolitas, basaltos e ignimbritas paleocenas a eocenas, con intercalación de las rocas sedimentarias marinas de areniscas, calizas, etc. Se distribuyen junto con las rocas volcánicas cretácicas a terciarias (KT) al oeste del Área, mientras que hacia el este, se distribuyen alrededor de la frontera entre Argentina y Chile.
 - Rocas sedimentarias miocenas (Tms): son rocas sedimentarias de areniscas, limolitas, lutitas e ignimbritas que se distribuyen principalmente en la parte occidental del Área.
 - Rocas volcánicas miocenas (Tmv): se componen de dacitas, andesitas, basaltos e ignimbritas, que cubren grandes términos de la región oriental argentina. En Chile, estas rocas integran parte del Cenozoico no dividido (Cz).
 - Rocas sedimentarias pliocenas (Tps): se componen de conglomerados, areniscas y tobas que cubren grandes términos de la parte sudeste.
 - Rocas volcánicas pliocenas (Tpv): se componen de andesitas, basaltos e ignimbritas y se distribuyen principalmente al noreste.
 - Sedimentos cuaternarios (Qs): son distintos sedimentos fluviales, lacustres, glaciales, eólicos, aluviales, coluviales y lahar que se distribuyen principalmente al noroeste del Área.
 - Rocas volcánicas cuaternarias (Qv): se componen de lavas andesíticas a dacíticas, y se distribuyen al sudeste del Área.
 - Intrusivos del Paleozoico (Pzg): se componen de rocas plutónicas a hipabisales metamórficas, y se distribuyen en la parte central formando franjas paralelas a las fallas N-S con mismo rumbo, y alrededor de la frontera entre Argentina y Chile. Se componen de granitos, granodioritas y pórfidos graníticos pérmicos a triásicos.
 - Intrusivos del Mesozoico (Mzg): se componen de rocas plutónicas a hipabisales, principalmente cretácicas y se distribuyen al noroeste del Área.
 - Intrusivos del Cenozoico (Tg): incluyen distintos tipos de rocas plutónicas a hipabisales paleógenas ácidas a básicas, y aparecen en pequeñas fracciones al oeste del Área.

Esta Área está formada por seis provincias tectónicas: la de la Cordillera Principal hacia oeste, la de la Puna Altiplano hacia el noreste, y las de la Cordillera Frontal, Precordillera, Sierras Pampeanas y Transpampeanas que divide la parte este del

Area en cuatro bloques. Dada la escasa correlación entre la geología y las provincias tectónicas, a continuación se describen las características clasificando el Area del siguiente modo: (a) provincia tectónica de la Cordillera Principal hacia el oeste; (b) las provincias tectónicas de Cordillera Frontal y de Precordillera al centro y este, y; (c) las provincias tectónicas de las Sierras Pampeanas y Transpampeanas hacia el este.

- (a) La estructura N-S hacia el este de la provincia tectónica de la Cordillera Principal es clara. A lo largo de esta fractura, se distribuyen las rocas sedimentarias paleozoicas (Pz, C), intrusivos (Pzg) y las rocas sedimentarias y volcánicas mesozoicas (TR, J, K) de rumbo N-S, formando franjas. En la parte oeste, se distribuyen las rocas sedimentarias jurásicas y posteriores. Las actividades ígneas en Cretácico a Paleógeno dieron lugar a las rocas volcánicas (KT, 'Tev) e intrusivos (Mzg, Tg) en toda la provincia. No se identifican las rocas volcánicas miocenas y posteriores. La frontera con la provincia (b) se halla en el Lago del Negro Francisco.
- (b) En las provincias tectónicas de Puna Altiplano, Cordillera Frontal y de la Precordillera se distribuyen granitos, granodioritas y pórfidos graníticos pérmicos y triásicos, formando franjas de rumbo N-S alrededor de la frontera entre Argentina y Chile. Estos son cubiertos por las rocas volcánicas y sedimentarias mesozoicas y de las rocas volcánicas y sedimentarias terciarias y posteriores (principalmente miocenos y posteriores). La estructura es predominantemente de NNE-SSO al oeste, y de NNO-SSE al este. El límite con la provincia tectónica (c) hacia el lado este, se encuentra alrededor del Salar de la Laguna Verde.
- (c) En las provincias tectónicas de las Sierras Pampeanas y Transpampeanas se distribuyen principalmente los sedimentos paleozoicos. Los sedimentos carboníferos y pérmicos se distribuyen en grandes extensiones, con intrusión de granitos pérmicos a triásicos. No se encuentran los sedimentos mesozoicos, y la parte norte se halla cubierta por las rocas volcánicas terciarias y posteriores. Las principales estructuras se encuentran dentro de las rocas sedimentarias paleozoicas, con predominancia de fracturas de rumbos N-S a NNO-SSE.

(2) Yacimientos

En esta Area se distribuyen múltiples yacimientos vetiformes, enrejados de vetillas y estratiformes, cuya mayoría se concentran en la provincia tectónica de la Cordillera Principal. Estos se clasifican en dos grandes grupos según su distribución. El primero corresponde al grupo de yacimientos al oeste de las fracturas N-S de la parte oeste, y está constituido por yacimientos vetiformes y estratiformes y macizos acompañados de oro, plata y cobre. La zona se constituye de las rocas volcánicas e intrusivos jurásicos y paleógenos, y corresponden a la zona de mineralización formada en Paleoceno a Oligoceno (Sillitoe, 1992). El segundo grupo está constituido por los enrejados de vetillas y epitermales (diseminados) como son el Marte, Lobo, Refugio, etc. La mineralización de oro en estas zonas se debe a las actividades ígneas del Mioceno Inferior

a Medio. Se le denomina Faja Maricunga a la parte sur del Area que incluye el yacimiento El Indio (A7), considerado como una zona de formación de yacimiento de oro de la misma edad metalogénica.

- La Coipa (C126): Es un yacimiento epitermal del norte acompañado de oro, plata y cobre. Tiene por roca encajadora a las rocas sedimentarias triásicas, y como rocas ígneas relativas a pórfidos cuarcíferos intruidos a finales de Oligoceno a Mioceno. La edad metalogénica se estima de 22 a 23 Ma (Sillitoe, 1991). La zona de alteración está constituida por montmorillonita y caolinita, acompañadas parcialmente de cuarzo, alunita y jarosita. Las reservas se estiman en 52 millones de toneladas (Au 1,58 g/t Ag 60,4 g/t).
- Marte (C161), Lobo (C168): Son yacimientos del tipo enrejado de vetillas acompañados de oro localizados en la parte central del Area. Al sur del Marte se localiza el Lobo, que por su similitud estructural y del tipo de yacimiento, son considerados a veces como una sola unidad. Tienen por roca encajadora a pórfidos dioríticos, dioritas y lavas andesíticas, y su edad metalogénica se estima de 13 a 14 Ma (Deavidson, 1991). Las reservas se estiman en 46 millones de toneladas (Au 1,43 g/t, cut off Au 0,5 g/t).
- La Pepa (C167): Es un yacimiento epitermal (alta sulfidación) acompañado de cobre, cuya roca encajadora está constituida por las rocas volcánicas andesíticas. Su magnitud es mediana, con reservas de oro que se estiman en unos 15t.
- Refugio (C191): Es un yacimiento de enrejado de vetillas acompañado de oro, y se localiza al sudoeste del Marte y Lobo. Tiene por roca encajadora a dioritas y dioritas cuarcíferas de Oligoceno a Mioceno, cuya edad metalogénica se estima en 22 Ma (Deavidson, 1991). Las reservas se estiman en 216 millones de toneladas (Au 0,88 g/t cut off Au 0,5 g/t), iniciándose su explotación en 1994. A unas 30 Km al este, alrededor de la Laguna Verde (en Argentina) ha sido descubierta una zona de alteración en 1994, cuya exploración se encuentra actualmente en fase de desarrollo.
- Amolanas (C236): Es un yacimiento estratiforme al extremo sudoeste del Area. Su cuerpo mineralizado tiene por roca encajadora a riolitas jurásicas, con una longitud de 1.050 m. Las reservas se estiman en 6,6 millones de toneladas (Cu 1,74 %).

5.5.2 Unidades fotogeológicas

Las rocas y los sedimentos del Area se clasifican en 28 unidades fotogeológicas (Apéndice 2), de las cuales 18 son correlativas con las rocas metamórficas, sedimentarias y volcánicas ordovícicas a pliocenas, y una ha sido interpretada como zona de alteración. Cinco unidades corresponden a los sedimentos no consolidados y rocas volcánicas cuaternarios y cuatro constan de los intrusivos silúricos a devónicos, pérmicos a triásicos,

triásicos superiores y terciarios. En el Apéndice 3 se entregan la localización y la dirección de cada una de las unidades.

5.5.3 Zonas de alteración

Fueron interpretadas e identificadas 59 zonas de alteración, las cuales se concentran al noroeste y centro del Area, mostrando una clara desviación en su distribución. En la parte central, las zonas se localizan en las sierras de rumbo N-S, y se concentran en una franja con unos 50 Km de ancho. La densidad de distribución es especialmente alta en el centro.

Las zonas de alteración del noroeste se localizan principalmente en la unidad fotogeológica de rocas graníticas terciarias (γ t) o de las rocas volcánicas del Paleoceno a Eoceno (Ev). Mientras tanto, la mayoría de las zonas de alteración de la parte central se localiza en la unidad fotogeológica de las rocas volcánicas del Mioceno (Miv), mostrando una clara relación con las actividades volcánicas de la edad correspondiente.

Los tamaños varían desde 1×2 Km hasta 5×12 Km con perfil irregular. En la parte central del Area se concentran las zonas de alteración de diferentes dimensiones en un término de 30×30 Km.

Entre los yacimientos y zonas de mineralización conocidos dentro de las zonas de alteración, se conocen la Esperanza (yacimiento de oro, zona de alteración AA5005), Enriqueta (chimenea de brecha con cobre, AA5009), Emilia y otros (yacimientos de oro, plata y cobre, AA5011), Cerro del Bonite (yacimiento de plata, AA5015), Rajitos de Oro y otros (yacimientos de oro y cobre, AA5016), Remales (yacimiento de plata, AA5020), La Coipa (yacimiento epitermal de oro, AA5030), Marte (enrejado de vetillas de oro, AA5032), Lobo y otros (enrejados de vetillas de oro, AA5033), Soledad (yacimiento de oro, AA5034), Pepa (enrejado de vetillas de oro, AA5036), Pantanillo (yacimiento de oro, AA5042), Laguna Verde (pórfido cuprífero, AA5044), Refugio (enrejado de vetillas de oro, AA5046), Sta. Cecilia (enrejado de vetillas de oro, AA5052) y Aldebaran (pórfido cuprífero, AA5055) en el territorio chileno.

5.5.4 Lineamientos

Los lineamientos interpretados e identificados en esta Area presentan las siguientes características de distribución y rumbos:

- (1) En la mitad oeste se identificaron múltiples lineamientos, con mayor concentración al noroeste. En la mitad este, donde se distribuyen los productos volcánicos del Mioceno, Plioceno y Cuaternario, casi no se han identificados los lineamientos.
- (2) Los lineamientos largos superan los 20 Km, y generalmente se extienden con rumbo NNE-SSO. Este rumbo coincide con el rumbo general de las rocas componentes de la mitad oeste.
- (3) Los lineamientos menores perpendiculares o entrecruzados a los principales pueden

ser de NO-SE o NE-SO, cuya distribución es compleja al noroeste, mientras que al sudeste, predominan los del rumbo NE-SO.

- (4) Se identificaron tres corrimientos de NNE-SSO al borde de las sierras centrales y al extremo sudeste del Area, con muy buena continuidad. Estos son de más de 50 Km de longitud, y dos se extienden más allá del Area en la parte sur.

5.5.5 Plegamientos y estructuras anulares

La distribución de las rocas sedimentarias y volcánicas de estratificación desarrollada es limitada, pudiendo identificarse solamente 10 plegamientos en todo el Area. La relación anticlinal y sinclinal es casi proporcional, con 4 : 6. Estos se concentran en la parte central a oeste, con eje de NNE-SSO, y están formados por las rocas triásicas, jurásicas, cretácicas, y terciarias.

Se interpretaron e identificaron siete estructuras anulares, de las cuales cuatro se localizan al oeste, en los afloramientos volcánicos del Cretácico Superior a Terciario Inferior. En la mitad este, hacia el centro de los volcanes que habían sido activos en Mioceno, Plioceno y Cuaternario, se identificaron numerosas calderas y cráteres, con diámetros de 2 a 5 Km y de 0,5 a 1 Km, respectivamente.

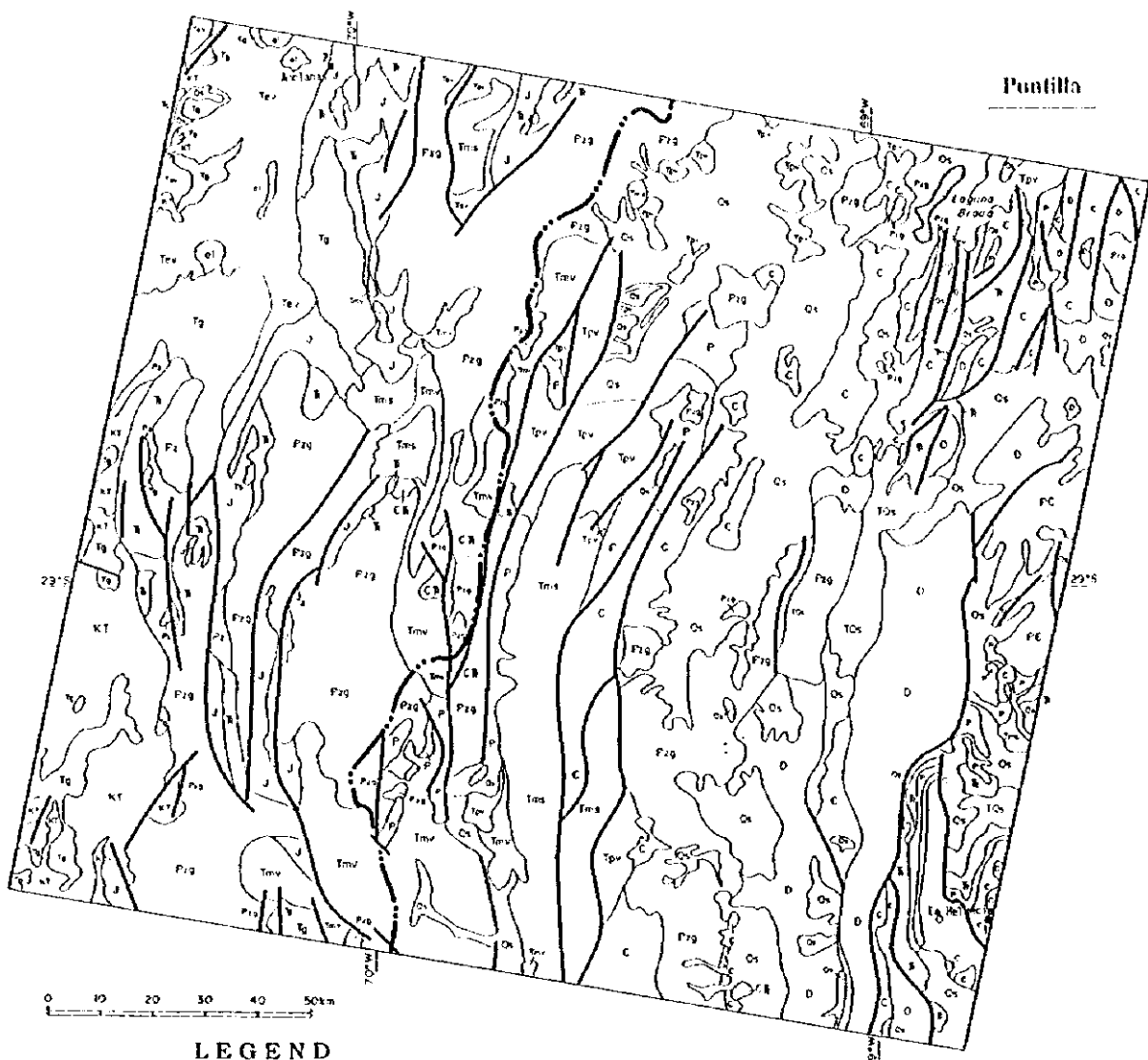
5.6 Area Puntilla

5.6.1 Descripción de la geología y yacimientos, según literatura disponible

(1) Geología y estructura

La geología del Area Puntilla se constituye de 16 unidades. Estas son, de abajo hacia arriba: sistemas precámbrico a cámbrico, paleozoico no dividido, ordovícico, devónico, carbonífero, pérmico, triásico, jurásico, cretácico, cretácico a terciario, rocas volcánicas paleógenas, rocas sedimentarias miocenas, rocas volcánicas miocenas, rocas volcánicas pliocenas, sedimentos terciarios a cuaternarios y sedimentos cuaternarios. Como rocas ígneas intrusivas, se mencionan los intrusivos del Paleozoico y los del Cenozoico (Figura 24).

- Sistema precámbrico a cámbrico (PC): está constituido principalmente por mica-esquistos y anfíbol-gneises, acompañados de anfíbolitas, mármoles, migmatitas, etc., parcialmente milonitizados.
- Paleozoico no dividido (Pz): está constituido por meta areniscas, pizarras, filitas, esquistos, meta rocas básicas, serpentinitas, gneises, anfíbolitas, etc. cuyo período se desconoce.
- Sistema ordovícico (O): está constituido por las rocas sedimentarias de areniscas cuarcíferas o feldespáticas, lutitas, conglomerados, filitas, horstenos, calizas, etc. En



LEGEND

- Qs** Quaternary (mainly sediments)
 - TQs** Tertiary to Quaternary (mainly sediments)
 - Tpv** Miocene to Pliocene volcanic rocks
 - Tmv** Miocene volcanic rocks
 - Tms** Miocene sedimentary rocks
 - Tev** Paleocene to Oligocene (mainly volcanic rocks)
- Cenozoic
- KT** Cretaceous to Tertiary
 - K** Cretaceous
- Mesozoic
- J** Jurassic
 - T** Triassic
 - P** Permian
 - C** Carboniferous
- Paleozoic
- D** Devonian
 - O** Ordovician
 - Pz** Undivided Paleozoic
- Precambrian
- PC** Precambrian to Cambrian
- Intrusive Rocks
- Tg** Cenozoic intrusive rocks
 - Pzg** Paleozoic intrusive rocks
- Fault
- Major ore deposit
- 1: La Helvecia
- 2: Anofanas

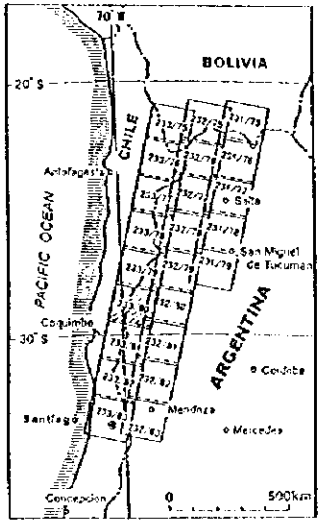


Fig.24 Simplified Geologic Map of the Puntilla Area

La Puntilla

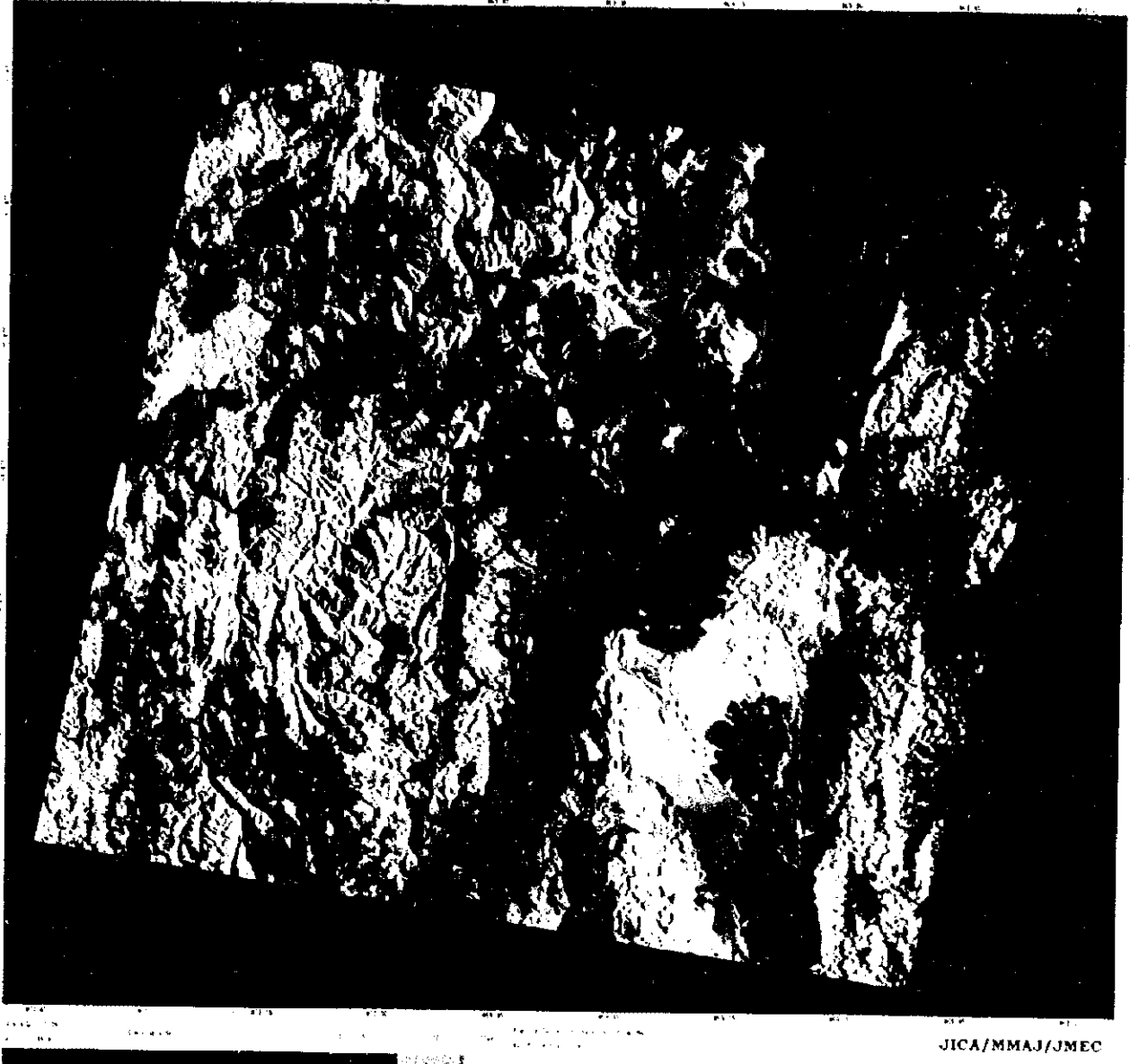
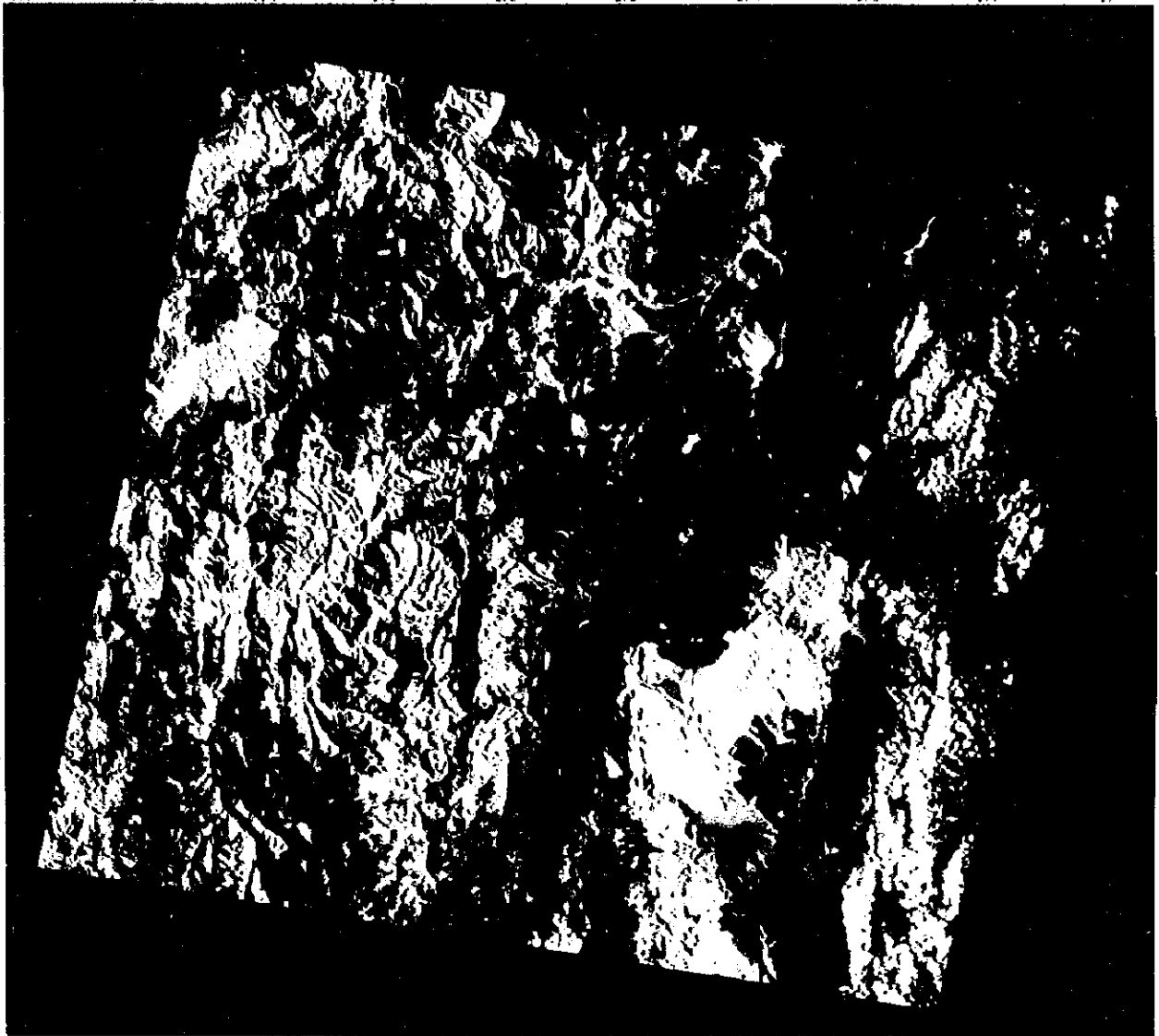


Fig.25 LANDSAT TM False Color Composite Image of the Puntilla Area



LANDSAT TM RATIO IMAGE 3 1 4 5 7
Multiplied by First Principal Component

La Puntilla



JICA/MMAJ/JMEC

Fig.26 LANDSAT TM Ratio Image of the Puntilla Area



Argentina, existen zonas constituidas por las rocas volcánicas y tobas dacíticas. El sistema incluye parcialmente el sistema silúrico.

- Sistema devónico (D): está constituido por cuarcitas, grauvacas, areniscas, filitas, pizarras, esquistos, lutitas, conglomerados, etc.
- Sistema carbonífero (C): está constituido por lutitas, pizarras, areniscas, conglomerados, limolitas silíceas, calizas, etc.
- Sistema pérmico (P): está constituido por lutitas, pizarras, areniscas, conglomerados, calizas, etc.
- Sistema triásico (TR): está constituido por areniscas, lutitas, conglomerados, etc. e incluye parcialmente lavas riolíticas a andesíticas y brechas.
- Sistema jurásico (J): está constituido por las rocas sedimentarias (areniscas, areniscas calcáreas, calizas, margas, lutitas, conglomerados, horstenos, etc.), volcánicas y piroclásticas. Las volcánicas y piroclásticas son principalmente lavas y tobas andesíticas, incluyendo parcialmente riolitas, dacitas y traquitas.
- Sistema cretácico (K): está constituido por las rocas sedimentarias, volcánicas y piroclásticas. Las primeras son areniscas calcáreas, calizas, lutitas, margas, etc. Las andesitas y las tobas andesíticas se intercalan en este estrato. Las rocas volcánicas y piroclásticas son riolitas, dacitas, traquitas y sus tobas.
- Sistema cretácico a terciario (KT): se distribuyen parcialmente las rocas volcánicas y piroclásticas cretácicas a terciarias, constituidas por andesitas, riolitas, dacitas y sus tobas, con intercalación de estratos delgados de lutitas, areniscas, calizas, conglomerados, etc.
- Rocas volcánicas paleógenas (Tev): se componen principalmente de riolitas, lavas basálticas, ignimbritas, etc. con intercalación parcial de estratos de calizas, areniscas y aglomerados.
- Rocas sedimentarias miocenas (Tms): se componen de areniscas, limolitas, lutitas y fangolitas.
- Rocas volcánicas miocenas (Tmv): se componen de lavas y aglomerados riolíticos, dacíticos, andesíticos, etc.
- Rocas volcánicas pliocenas (Tpv): se componen de lavas, ignimbritas y tobas andesíticas, riolíticas, basálticas, etc., intercalándose parcialmente con las rocas sedimentarias.
- Rocas sedimentarias terciarias a cuaternarias (TQs): se componen de areniscas, areniscas calcáreas, calizas, conglomerados, limolitas, etc.
- Sedimentos cuaternarios (Qs): son varios tipos de sedimentos fluviales, lacustres, glaciales, eólicos, aluviales, coluviales y lahar, etc.

- Intrusivos del Paleozoico (Pzg): se componen principalmente de granitos o granodioritas paleozoicos, con distintos tipos de rocas plutónicas a hipabisales ácidas a básicas. Estos se distribuyen en grandes extensiones al oeste de la frontera entre Argentina y Chile (al lado chileno) con un ancho de varios decenios de kilómetros. Por otro lado, al este de la frontera (hacia el lado de Argentina), se afloran las rocas distribuidas en el territorio chileno hacia varios decenios de kilómetros al este con un ancho de 30 a 40 Km con

rumbo N-S.

- Intrusivos del Cenozoico (Tg): se componen de distintos tipos de rocas plutónicas a hipabisales terciarias ácidas a básicas. Está constituido principalmente de granodioritas, dioritas y monzonitas, con una distribución continua de rumbo N-S hacia el extremo occidental del Area.

Esta Area está formada por las siguientes tres provincias tectónicas, de oeste a este: (a) la provincia tectónica de la Cordillera Principal; (b) provincia tectónica de la Cordillera Frontal, y; (c) provincia tectónica de la Precordillera, cuyas características son las que se describen a continuación:

- (a) La provincia tectónica de la Cordillera Principal ocupa el lado oeste del Area, y está compuesta principalmente por las rocas sedimentarias del Paleozoico no dividido (Pz), sistemas jurásico (J), cretácico a terciario (KT), rocas volcánicas miocenas (Tmv), etc. de rumbo casi N-S. Estos estratos son intruidos por los intrusivos del Paleozoico (Pzg) y del Cenozoico (Tg), que son cortados por las fallas principalmente de N-S (parcialmente por las de NNE). La mayoría son fallas normales, y parcialmente corrimientos. Esta provincia tectónica ocupa la parte central de la Cordillera de los Andes, y fue formada por los movimientos orogénicos del Paleozoico, así como del Mesozoico a Cenozoico.
- (b) En la provincia tectónica de la Cordillera Frontal se distribuyen en extensiones relativamente grandes las rocas volcánicas terciarias (Tmv, Tpv) y las rocas sedimentarias (Tms) formando franjas de N-S. En la frontera con Chile, se distribuyen los intrusivos del Paleozoico (Pzg) formando franjas. Los estratos son disecados principalmente por los corrimientos de N-S. La estructura de esta provincia tectónica se formó por los movimientos orogénicos del Paleozoico, y reactivada por los movimientos orogénicos andinos del Cenozoico.
- (c) La provincia tectónica de la Precordillera ocupa la parte este de Argentina. Alrededor de Guadacol, Provincia de La Rioja hacia el extremo este, se afloran las rocas del sistema precámbrico a cámbrico que corresponden al estrato más bajo de esta Area. A su lado oeste se distribuye en grandes extensiones las rocas del Paleozoico como las sedimentarias de los sistemas ordovícico (O), devónico (D), carbonífero (C), paleozoico no dividido (Pz). Las tierras bajas ribereñas intramontañosas se hallan cubiertas por los sedimentos terciarios a cuaternarios, y cuaternarios. Asimismo, los intrusivos cenozoicos se distribuyen dentro de esta zona, formando franjas con un ancho de 30 a 40 Km en rumbo N-S. El estrato de la provincia se halla disecado principalmente por las fallas de N-S, en las que se identifican los plegamientos (sinclinal y anticlinal) de rumbo de eje de N-S. La estructura principal ha sido formado por la orogénesis andina para dar lugar a la topografía actual.

(2) Yacimientos

Se conocen tres períodos de mineralización en esta Área: (a) el de Proterozoico Superior a Paleozoico Inferior, cuyos minerales acompañados de intrusivos de granitos, se distribuyen en la zona de distribución del sistema precámbrico a cámbrico en la parte este, dentro del territorio argentino; (b) mineralización del Paleozoico Superior, y de Mesozoico Superior a Plioceno en la zona andina chilena, y parcialmente argentina. La mineralización ocurrió a raíz de las actividades volcánicas de las rocas alcalinas cálcicas, y es representada por los yacimientos de pórfido cuprífero, estaño, tungusteno, cobre, plomo, zinc, etc., y; (c) la mineralización ocurrida por las actividades volcánicas del Pleistoceno a Reciente. A continuación se presentan los yacimientos más representativos:

- La Helvecia (A76): Es un yacimiento vetiforme de plomo y zinc ubicada en La Rioja, Argentina. Tiene por roca encajadora a calizas del Paleozoico (Ordovícico) y de las rocas sedimentarias (carboníferas a pérmicas) que yacen por encima de ellas, con intrusión de andesitas, monzonitas y dioritas terciarias. Los minerales de menas son principalmente galena, blenda calcopirita tetrahedrita y calcopirita. Los minerales filonianos son cuarzo, baritina, calcita, etc. Existen numerosas galerías abandonadas. Las reservas remanentes se estiman en unas 36.000 toneladas, y su grado de mena es de Pb 8,3 %, Zn 18,8 % y Ag 91 g/t. Además se conocen otros yacimientos como Las Carachas, Yegua Pircada, El Fierro Alto, El Fierro, etc.
- Amolanas (C236): Es un yacimiento estratiforme diseminado de cobre en la Provincia de Atacama, Chile, que tiene por roca encajadora a ignimbritas riolíticas. Los minerales de menas están compuestas por calcopirita, bornita, calcosina, azurita, pirita, malaquita, etc. Tiene una longitud que supera los 1.000 m, con una inclinación de 70°, y reservas que se estiman en 6,6 millones de toneladas con Cu 1,74 % (cut off 1 %).

5.6.2 Unidades fotogeológicas

Las rocas y los sedimentos del Área se clasifican en 40 unidades fotogeológicas (Apéndice 2), de las cuales 30 son correlativas con las rocas metamórficas, sedimentarias y volcánicas proterozoicas a pliocenas, y una ha sido interpretada como zona de alteración. Cuatro unidades corresponden a los sedimentos no consolidados y rocas volcánicas cuaternarios y cinco unidades constan de los intrusivos silúricos a devónicos, pérmicos a triásicos y terciarios (incluyendo pequeños diques). En el Apéndice 3 se entregan la localización y la dirección de cada una de las unidades.

5.6.3 Zonas de alteración

Existen múltiples lugares con características de zonas de alteración, pudiendo interpretarse e identificarse un total de 77 zonas. Su distribución muestra una desviación, puesto que en las partes noroeste y sudoeste se encuentran dispersas, mientras que en la zona fronteriza de la parte central se localizan numerosas zonas de alteración de rumbo

NNE-SSO en una franja de unos 50 Km de ancho de norte a sur, con especial concentración en la parte sur.

Las zonas de alteración de noroeste y sudoeste se localizan dentro y alrededor de las unidades fotogeológicas de rocas graníticas formadas principalmente en el Terciario (γt) y de las rocas volcánicas (cretácicas superior a terciarias, y paleocenas a cocenas, KTv, Ev). Mientras tanto, las zonas de alteración de la frontera en la parte central, se ubican dentro de las unidades fotogeológicas de rocas graníticas silúricas a devónicas (γp) y de las rocas volcánicas terciarias (OIMiv) que las circundan.

Muchas de las zonas de alteración independientes son planas ovaladas o irregulares de 1×2 Km aproximadamente. Hacia el sur, se concentran zonas relativamente extensas con 2×2 Km, siendo la más grande la de 2×10 Km.

Como yacimientos y zonas de mineralización conocidos de esta zona de alteración se mencionan el Yacimiento Luz (oro y plata, zona de alteración AA6019), Cerro Amarillos (pórfido cuprífero, AA6024), Nevada (pórfido cuprífero, AA6033), Río Blanco (pórfido cuprífero, AA6034), Cajón de Encierro (pórfido cuprífero, AA6044), La Coipa (oro, plata y cobre, AA7001) hacia el lado de Chile.

5.6.4 Lineamientos

Los lineamientos interpretados e identificados en esta Area presentan las siguientes características de distribución y rumbos:

- (1) Alrededor del cauce del Río Blanco que discurre hacia el sur en la parte este del Area se distribuyen los sedimentos no consolidados, y los lineamientos fueron identificados en grandes extensiones con excepción de esta zona. Especialmente, hacia el este de la latitud oeste $69^{\circ}00'$ ese desarrollan múltiples fracturas en las rocas sedimentarias ordovícicas, y devónicas a carboníferas, con una alta densidad de lineamientos.
- (2) Los lineamientos de más de 50 Km de longitud muestran un rumbo N-S a NNE-SSO, el cual casi coincide con el rumbo regional de las principales rocas componentes (sedimentarias, volcánicas e intrusivos) de las sierras. Existe una diferencia de rumbo en el cono norte y cono sur del Area; en el primero predominan los lineamientos continuos de NNE-SSO, mientras que en el segundo el rumbo cambia a N-S.
- (3) Los lineamientos secundarios perpendiculares o entrecruzados con los principales, pueden ser clasificados según rumbo en dos grupos: en los de NO-SE y los de NE-SO. Los primeros predominan en las partes noroeste, central y sudeste, mientras que los segundos se concentran al extremo noreste y hacia sudeste.
- (4) Se identificaron 12 corrimientos de rumbo N-S a NNE-SSO, los cuales son continuos y se distribuyen de manera dispersa, con excepción de la parte noreste. La longitud varía entre 10 a 50 Km, y parte de los corrimientos del sudeste se extienden más allá de la frontera del Area. Generalmente, estos presentan una sinuosidad suave.

5.6.5 Plegamientos y estructuras anulares

La distribución de las rocas sedimentarias con un buen grado de desarrollo de estratificación es limitada en el Area, pudiendo identificarse 18 plegamientos en total. La relación anticlinal y sinclinal es de 10 : 8. De estos, 16 plegamientos se localizan en la zona de distribución de las rocas sedimentarias hacia el este, y dos sinclinales se hallan aislados al extremo noroeste y oeste del Area. Los ejes de los plegamientos son frecuentemente curvos, mostrando rumbos N-S, NE-SO y NO-SE.

No fueron interpretadas ni identificadas las estructuras anulares en el Area.

5.7 Area Vicuña

5.7.1 Descripción de la geología y yacimientos, según literatura disponible

(1) Geología y estructura

La geología del Area Vicuña está constituida por 13 unidades, de abajo hacia arriba. Estas son: sistemas ordovícico, devónico, carbonífero, pérmico, triásico, jurásico, cretácico, cretácico a terciario, rocas volcánicas paleógenas, rocas sedimentarias miocenas, rocas volcánicas miocenas y pliocenas y los sedimentos cuaternarios. Como rocas ígneas intrusivas, se mencionan los intrusivos del Paleozoico, Mesozoico a Cenozoico y los del Cenozoico (Figura 27).

- Sistema ordovícico (O): está constituido por las rocas sedimentarias marinas de grauvacas, areniscas, lutitas y calizas, acompañados parcialmente de los intrusivos básicos y rocas volcánicas.
- Sistema devónico (D): está constituido por las rocas sedimentarias marinas de conglomerados, areniscas y fangolitas, distribuyéndose al este del Area formando franjas de N-S.
- Sistema carbonífero (C): está constituido por areniscas, lutitas, cuarcitas, conglomerados y calizas silíceas marinas y continentales, e incluye andesitas y clásticos andesíticos. Se distribuye en grandes extensiones al este del Area dentro del territorio argentino.
- Sistema pérmico (P): está constituido por conglomerados, areniscas y tobas continentales. Al sudeste del Area, el sistema incluye pórfidos y las rocas volcánicas intermedias.
- Sistema triásico (TR): está constituido por las rocas sedimentarias como areniscas, conglomerados, lutitas, así como por andesitas, riolitas y sus piroclásticas, distribuyéndose al centro del Area.
- Sistema jurásico (J): está constituido por las rocas sedimentarias como areniscas, calizas, margas, lutitas, conglomerados y horstenos. Como rocas volcánicas y



LEGEND

- | | | |
|-----------------|------------|--|
| | Qs | Quaternary (mainly sediments) |
| | Tpv | Miocene to Pliocene volcanic rocks |
| Cenozoic | Tmv | Miocene volcanic rocks |
| | Tms | Miocene sedimentary rocks |
| | Tev | Paleocene to Oligocene (mainly volcanic rocks) |
| | KT | Cretaceous to Tertiary |
| Mesozoic | K | Cretaceous |
| | J | Jurassic |
| | T | Triassic |
| | P | Permian |
| Paleozoic | C | Carboniferous |
| | D | Devonian |
| | O | Ordovician |
| Intrusive Rocks | Tg | Cenozoic intrusive rocks |
| | KTg | Mesozoic to Cenozoic intrusive rocks |
| | Pzg | Paleozoic intrusive rocks |
| | — | Fault |
| | ■ | Major ore deposit |
| | 1: | El Indio |
| | 2: | Tanko |

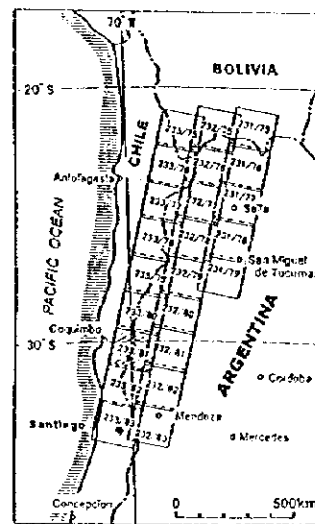


Fig.27 Simplified Geologic Map of the Vicuna Area

Vicuna

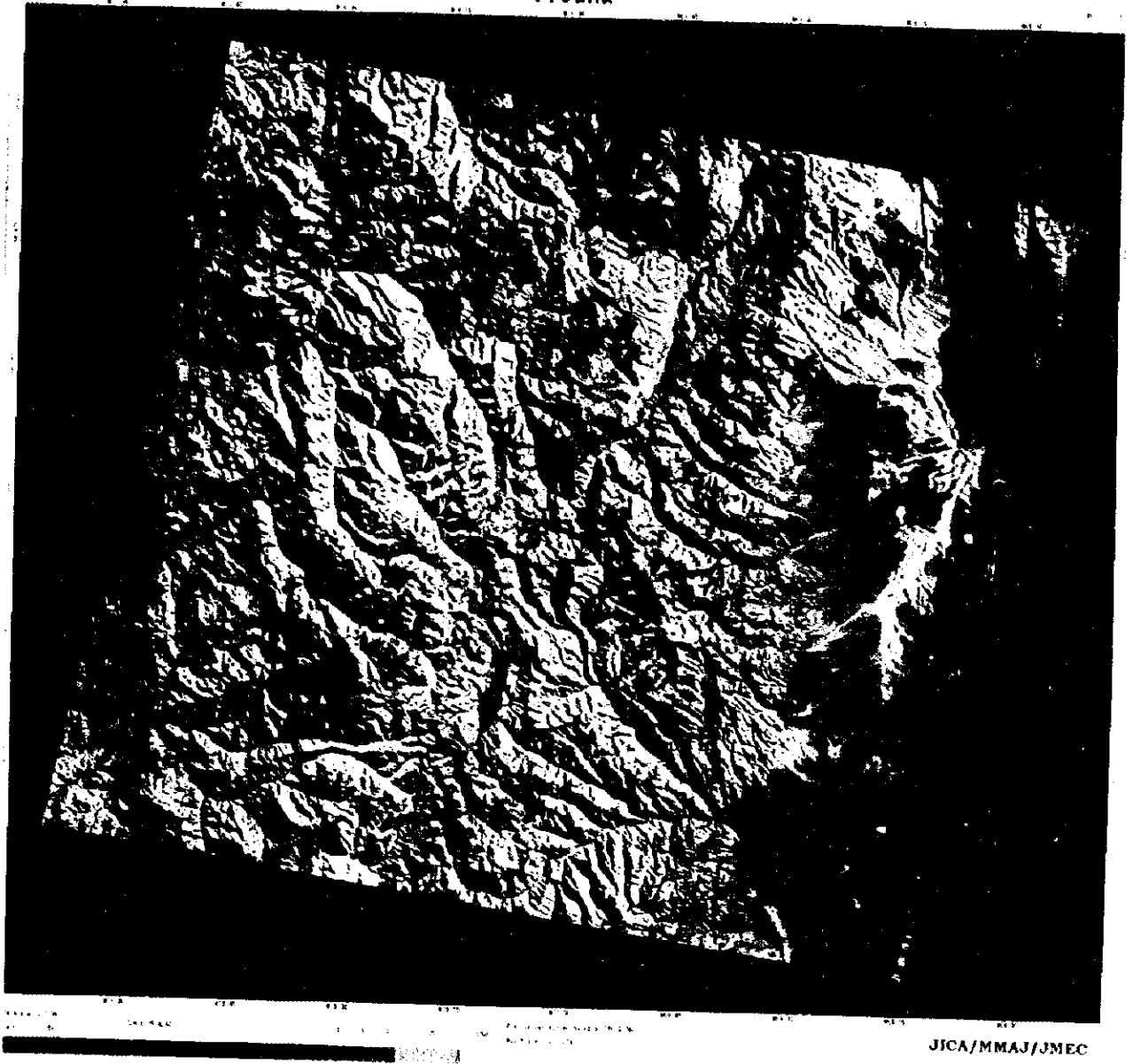


Fig.28 LANDSAT TM False Color Composite Image of the Vicuna Area



LANDSAT TM RATIO IMAGE 3 1 4 5 5 7
(Multiplied by First Principal Component)

Vicuna



Fig.29 LANDSAT TM Ratio Image of the Vicuna Area



piroclásticas, incluyen principalmente lavas y tobas andesíticas. Parcialmente se intercalan riolitas, dacitas y traquitas. Se distribuye al oeste del Área formando franjas de N-S.

- Sistema cretácico (K): Las rocas sedimentarias del sistema cretácico son areniscas, calizas, margas y lutitas. Como rocas volcánicas, incluyen andesitas, dacitas, riolitas, traquitas, tobas e ignimbritas, con intercalación de los sedimentos calcáreos.
- Sistema cretácico a terciario (KT): las rocas volcánicas y piroclásticas cretácicas a terciarias, cuyo período se desconoce, se distribuye en grandes extensiones al oeste del Área. Estas están constituidas por andesitas, riolitas, dacitas, y sus tobas, con intercalación de delgados estratos de lutitas, areniscas, calizas, conglomerados, etc.
- Rocas volcánicas paleógenas (Tev): se componen de riolitas, basaltos e ignimbritas paleocenas a eocenas, e incluyen parcialmente las rocas sedimentarias marinas como areniscas, calizas, etc. Se distribuyen al oeste del Área junto con el sistema cretácico (K) y las rocas volcánicas cretácicas a terciarias (KT).
- Rocas sedimentarias miocenas (Tms): se componen de areniscas, conglomerados, tobas y evaporitas, y se distribuyen dentro del territorio argentino en la parte central del Área.
- Rocas volcánicas miocenas (Tmv): se componen de andesitas, dacitas y riolitas y ocupan grandes términos al oeste del Área, dentro del territorio argentino.
- Rocas volcánicas pliocenas (Tpv): se componen de las rocas piroclásticas andesíticas y basálticas, tobas y rocas sedimentarias clásticas, y se distribuyen al norte del Área.
- Sedimentos cuaternarios (Qs): son distintos sedimentos fluviales, lacustres, glaciales, eólicos, aluviales, coluviales y lahar que cubren grandes extensiones de las tierras bajas al este.

- Intrusivos del Paleozoico (Pzg): se componen de granitos intruidos desde el Paleozoico Superior a Triásico y se distribuyen en grandes extensiones al oeste y al este. Se componen de granitos, granodioritas y pórfidos graníticos pérmicos.
- Intrusivos del Mesozoico al Cenozoico (KTg): incluyen diversos tipos de rocas plutónicas a hipabisales ácidas a básicas cretácicas a terciarias, y se distribuyen al sudoeste formando pequeñas fracciones.
- Intrusivos del Cenozoico (Tg): incluyen diversos tipos de rocas plutónicas a hipabisales ácidas a básicas paleógenas, y se distribuyen al oeste del Área.

Esta Área está formada por tres provincias tectónicas, a saber: la provincia tectónica de la Cordillera Principal hacia el oeste; la provincia tectónica de la Cordillera Frontal en el centro y este, y; la provincia tectónica de la Precordillera hacia el extremo este del Área. La frontera entre las provincias tectónicas de la Cordilleras Principal y Frontal se halla en la frontera entre Argentina y Chile, mientras que las provincias de la Cordillera Frontal y de la Precordillera se hallan divididas por la falla N-S al extremo este del Área.

En la provincia tectónica de la Cordillera Principal se distribuyen granitos paleozoicos posteriores a triásicos, y las rocas sedimentarias y volcánicas mesozoicas al

este. Los intrusivos y las rocas volcánicas producidos por las actividades volcánicas del Cretácico a Paleógeno predominan en toda la provincia. Se desarrollan las fallas normales y corrimientos de N-S y NO-SE.

En la provincia tectónica de la Cordillera Frontal se distribuyen las rocas sedimentarias y los intrusivos del Paleozoico al este y sus alrededores, que colindan con la provincia tectónica de la Precordillera con las fracturas de N-S (principalmente corrimientos) de por medio. Esta provincia tectónica carece de las rocas sedimentarias y volcánicas del Mesozoico, y en la parte oeste se distribuyen las rocas volcánicas y sedimentarias miocenas y posteriores. En la parte oeste predominan los corrimientos de rumbos N-S, NNE-SSO y NO-SE.

En la provincia tectónica de la Precordillera se distribuyen las franjas de las rocas sedimentarias e intrusivos paleozoicos, y las rocas sedimentarias mesozoicas inferiores de rumbo N-S. Estas rocas se hallan divididas en bloques por las fallas de N-S (principalmente corrimientos). No se identifican las actividades ígneas del Mesozoico y posteriores en esta provincia tectónica.

(2) Yacimientos

Los yacimientos de esta Área se clasifican en tres grandes grupos: (a) yacimientos vetiformes en las rocas sedimentarias e intrusivos del Paleozoico al este (provincia tectónica de la Cordillera Frontal); (b) yacimientos vetiformes acompañados de oro en la parte central, que tienen como roca encajadora a las rocas sedimentarias cretácicas y posteriores, y; (c) yacimientos de diseminación a vetiformes polimetálicas acompañadas de oro, plata, plomo y zinc en la parte oeste, que tienen como roca encajadora a las rocas volcánicas cretácicas y posteriores. No se identifican los yacimientos en las zonas de distribución de las rocas volcánicas y sedimentarias miocenas y posteriores en la provincia tectónica de la Cordillera Frontal, ni en las de los intrusivos paleozoicos de la provincia tectónica de la Cordillera Principal.

La mineralización del grupo (a) se relaciona con las actividades ígneas de rocas riolíticas del Pérmico a Triásico. Tal es el caso de los yacimientos El Salado (A81), San Francisco de Los Andes (A90), Cuatro Amigos (A92) y Castaño Viejo (A95). Estos yacimientos son vetiformes que tienen por roca encajadora a las rocas sedimentarias y graníticas del Paleozoico, y están constituidos por galena, blenda, calcopirita, tetraedrita y argentita. Como los minerales de gangas, se identifican cuarzo, barita, siderita, etc.

- El Salado (A81): Es yacimiento vetiforme epitermal que tiene por roca encajadora a las rocas sedimentarias, granitos y granodioritas del Paleozoico. Los minerales de menas son galena, blenda, calcopirita, tetraedrita y argentita, y los de gangas son cuarzo, barita, siderita, etc. Se distribuyen las zonas de alteración por propilitización o caolinización en torno al yacimiento. Las reservas se estiman de 25.000 a 30.000 toneladas (Ag de 1.500 a 2.000 g/t), iniciándose su explotación en la década de los 1910.

- San Francisco de Los Andes (A90): Es un yacimiento polimetálico en forma de enrejado de vetillas o diseminación que tiene por roca encajadora a las rocas sedimentarias, metamórficas y graníticas del Carbonífero. El yacimiento se clasifica en zonas de mineralización por oxidación y por sulfuración, cuya reserva total se estima en 150.000 toneladas (zona de mineralización por oxidación: Cu 5 %, Bi 1,2 %, Ag 200 g/t; zona de sulfuración: Cu 0,8 %, Bi 0,6 %, Ag 80 g/t y Au 4 g/t).
- Cuatro Amigos (A92): Es un yacimiento vetiforme que tiene por roca encajadora a las rocas sedimentarias, granitos y granodioritas del Silúrico a Carbonífero. Es un yacimiento polimetálico compuesto por galena, blenda, tetradrita y pirita. Las reservas se estiman en 160.000 toneladas (Ag 300 g/t, Pb 14,9 % y Zn 16,7 %).
- Castaño Viejo (A95): Es un yacimiento polimetálico que tiene por roca encajadora a granodioritas y pórfidos pérmicos a triásicos. Los minerales de las menas son principalmente de galena, blenda y pirita, y los de gangas, principalmente, cuarzo. Las reservas se estiman en 1 Mt (Ag 305 g/t, Pb 12 % y Zn 1 %).

Los yacimientos del grupo (b) tienen por roca encajadora a las rocas volcánicas cretácicas y posteriores. La edad metalogénica se estima entre 8 a 13 Ma del Mioceno Superior en el caso de El Indio (Sillitoe, 1991). Los principales yacimientos son:

- Río Frío (A82): Es un yacimiento vetiforme de cuarzo y barita acompañados de electrum, ubicada en la frontera entre Argentina y Chile. Tiene por roca encajadora a andesitas del Paleozoico, cuya edad metalogénica se desconoce. Perteneció a la Faja El Indio (Sillitoe, 1992), y se localiza en la zona de formación de los yacimientos de las etapa primera o mediana del Mioceno. Las reservas se estiman en 2 millones de toneladas (Au 4 g/t).
- El Indio, Tambo (C264): Se ubica en la frontera entre Argentina y Chile, y la zona de mineralización pertenece a ambos países. Es un yacimiento vetiforme epitermal que tiene por roca encajadora a andesitas a dacitas. La zona de alteración próxima a la superficie del suelo está compuesta por caolinita y alunita. La veta está acompañada de electrum y enargita. Incluye los yacimientos El Indio y el Tambo, así como Pascua al norte, cuyas reservas (comprobadas, estimadas y explotadas) se estiman en total 23,3 millones de toneladas, con 31 toneladas de oro. El Yacimiento Tambo se ubica a 5 Km al sudeste de El Indio e incluye oro y plata.

Los yacimientos del grupo (c) se distribuyen en las zonas formadas por rocas ígneas del Cretácico a Paleógeno. La mayoría de estos son yacimientos pequeños.