

5.7.2 Unidades fotogeológicas

Las rocas y los sedimentos del Area se clasifican en 35 unidades fotogeológicas (Apéndice 2), de las cuales 26 son correlativas con las rocas sedimentarias y volcánicas ordovícicas a miocenas, y una ha sido interpretada como zona de alteración. Tres unidades corresponden a los sedimentos no consolidados cuaternarios y cinco constan de los intrusivos pérmicos, pérmicos medianos, triásicos superiores, cretácicos superiores y miocenas inferiores. En el Apéndice 3 se entregan la localización y la dirección de cada una de las unidades.

5.7.3 Zonas de alteración

Se interpretaron e identificaron 74 zonas de alteración. Estas se concentran al noroeste, sudoeste, norte y sudeste, mientras que al sur y este, no existe ninguna zona de alteración, mostrando una clara desviación en su distribución. Las zonas de alteración del noroeste, sudoeste y este se distribuyen dentro de las unidades fotogeológicas de rocas graníticas (del Paleozoico, Mesozoico o Terciario), mientras que las zonas de alteración al sudeste se desarrolla dentro de rocas graníticas del Paleozoico (unidad fotogeológica γp) o andesíticas del Mesozoico (αm).

Pocas zonas de alteración se hallan aisladas, puesto que normalmente varias forman una zona compuesta. Una zona independiente que abarca grandes superficies puede ser aproximadamente de 3×5 Km. El grupo de las zonas de alteración del norte se ubica en la cercanía de la frontera, dentro del territorio chileno, mostrando un rumbo N-S.

Los yacimientos y zonas de alteración identificados dentro de las 74 zonas de alteración de esta Area son: en Chile, la Luz (yacimiento de oro y plata, zona de alteración AA6019 y AA7004), La Coipa (veta de oro y plata, AA7001), Rosita Estrella (yacimiento de oro, plata y cobre, AA7002), La Caldera (yacimiento de plata y cobre, AA7009), Chacras (yacimiento de cobre, AA7010), China (yacimiento de cobre, AA7018), El Sauce (yacimiento de oro y plata, AA7020), Ponderosa, etc. (yacimientos de oro, plata y cobre, AA7022), Pichilingo (yacimiento de plata, AA7026), Facundo, etc. (yacimientos de cobre, AA7028), La Previsión (yacimiento de oro, AA7030), Guías Toro Bronce (yacimiento de cobre, AA7031), Castellana Lourdes (yacimiento de cobre, AA7033), Preferida (yacimiento de plata, cobre y plomo, AA7034), Carmen, etc. (yacimientos de oro y cobre, AA7035), Las Piritas Rosario, etc. (yacimientos de oro, plata y cobre, AA7036), Abandonada (yacimiento de plata, AA7037), El Indio (yacimiento epidermal de oro, AA7038), Las Hediondas (yacimiento plano de oro, AA7040), Carmen (yacimiento de oro y plata, AA7044), Castaño Nuevo (pórfido cuprífero, AA7068); y en la parte argentina están el Río Frío (veta de oro y plata, AA7039), San Francisco de Los Andes (enrejado de vetillas de oro y cobre, AA7060), Cuarto Amigos (veta mesotermal de plomo y zinc, AA7064), Castaño Viejo (veta mesotermal de plomo y zinc, AA7064), etc.

5.7.4 Lineamientos

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

- (1) La parte central del Area constituye la zona fronteriza formada por cordilleras de rumbo N-S, con concentración de los lineamientos. Asimismo, se identifican múltiples lineamientos casi paralelos a la frontera en las sierras con afloramientos al extremo oeste. Las cordilleras y el extremo este están cubiertos por los sedimentos no consolidados cuaternarios con elevado porcentaje de zonas sin lineamientos.
- (2) Los lineamientos grandes con más de 30 Km de longitud muestran rumbos N-S a NNE-SSO o NNO-SSE, que casi coinciden con la estructura de las principales rocas componentes de las montañas.
- (3) Los lineamientos relativamente menores perpendiculares o entrecruzados con los lineamientos principales muestran rumbos E-O, NO-SE y NE-SO. Los de E-O fueron identificados sólo al norte y sur, y estos no controlan substancialmente la geología ni la estructura local. Los de NO-SE son continuos y se distribuyen al noroeste y sudeste. Finalmente, los de NE-SO fueron identificados en una parte al sudeste.
- (4) Fueron identificados 13 corrimientos de rumbo N-S y dos de NO-SE.

5.7.5 Plegamientos y estructuras anulares

Las rocas sedimentarias del Area son de estratificación con buen grado de desarrollo, pero la superficie de distribución es limitada, además que la inclinación de la estratificación no es clara. Por lo tanto, sólo se identificaron tres estructuras anticlinales. Estas se distribuyen al sudeste del Area, con eje de N-S. Las zonas aledañas se hallan divididas en bloques por los lineamientos, y su longitud de onda no es clara.

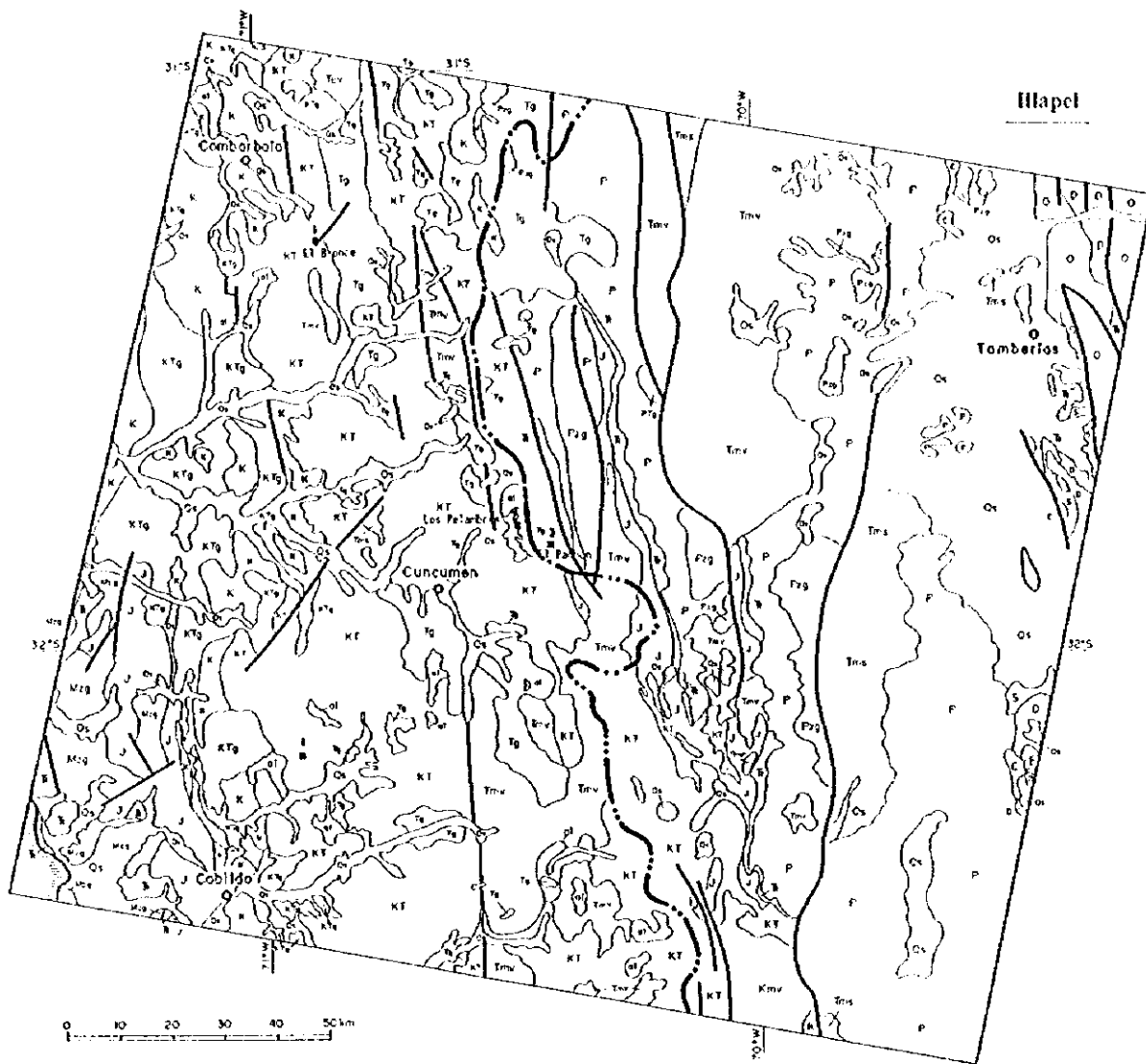
Se interpretaron e identificaron cuatro estructuras anulares de diferentes tamaños, de las cuales tres se localizan en las zonas de distribución de las rocas volcánicas del Oligoceno a Mioceno o del Mioceno, y una fue identificada dentro de rocas graníticas formadas en el Paleozoico.

5.8 Area Illapel

5.8.1 Descripción de la geología y yacimientos, según literatura disponible

(1) Geología y estructura

La geología del Area Illapel está constituida de 13 unidades. Estas son, de abajo hacia arriba: sistemas ordovícico, silúrico, devónico, carbonífero, pérmico, triásico, jurásico, cretácico, cretácico a terciario, rocas volcánicas paleógenas, rocas sedimentarias miocenas,



LEGEND

- | | | |
|-----------------|------------|--|
| | Qs | Quaternary (mainly sediments) |
| 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 |
| | S | Silurian |
| Intrusive Rocks | O | Ordovician |
| | Tg | Cenozoic intrusive rocks |
| | KTg | Mesozoic to Cenozoic intrusive rocks |
| | Mzg | Mesozoic intrusive rocks |
| | Pzg | Paleozoic intrusive rocks |
| | — | Fault |
| | ■ | Major ore deposit |
| | | 1: El Bronce |
| | | 2: Los Pelambres |
| | | 3: El Pachon |

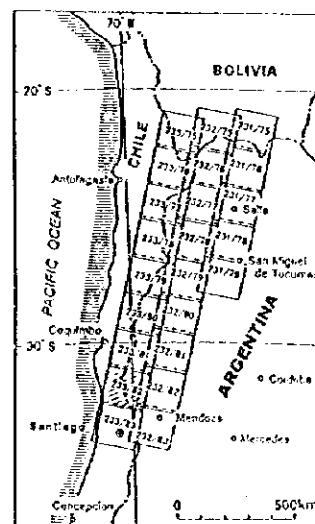
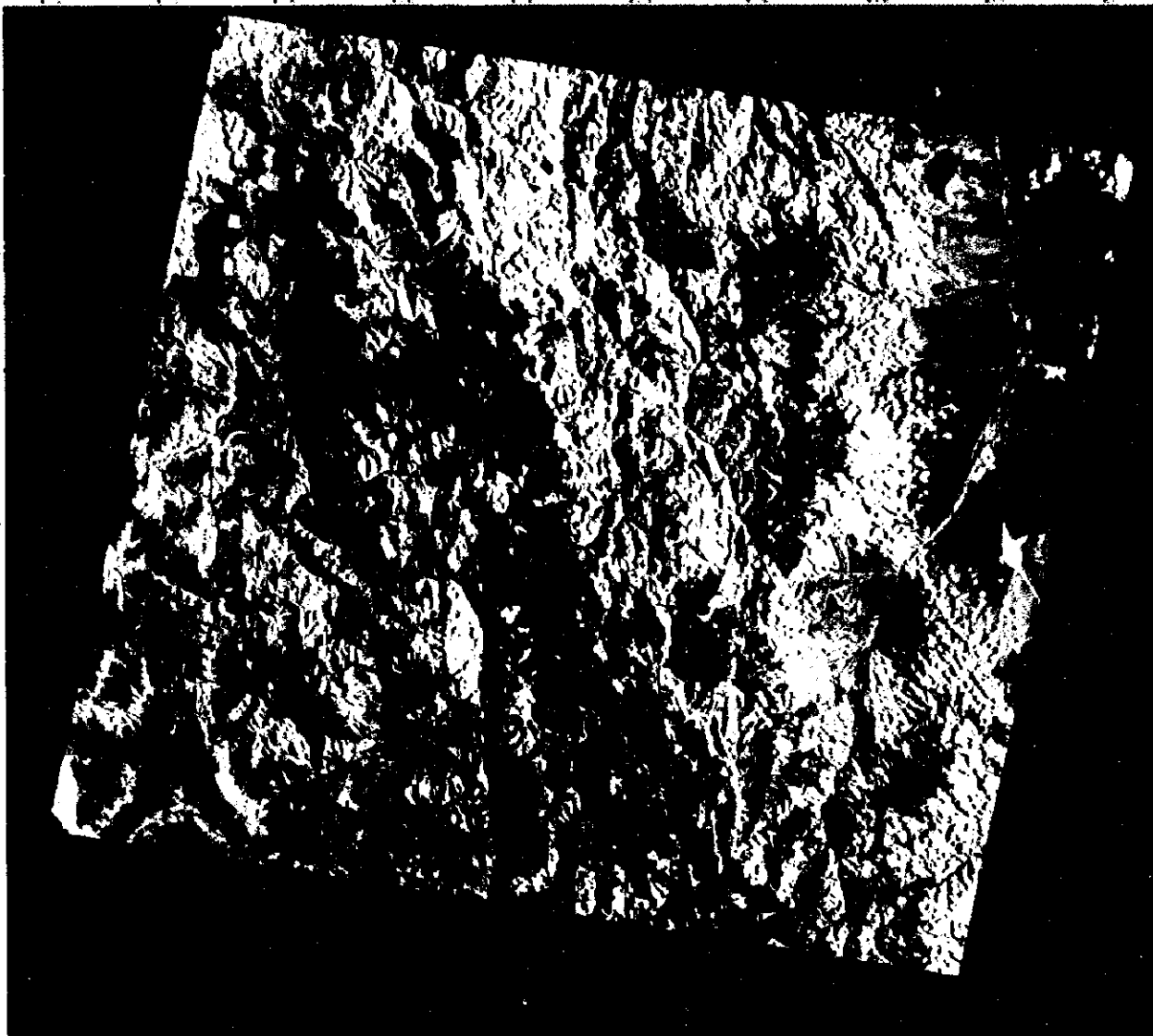


Fig.30 Simplified Geologic Map of the Illapel Area

Illapel



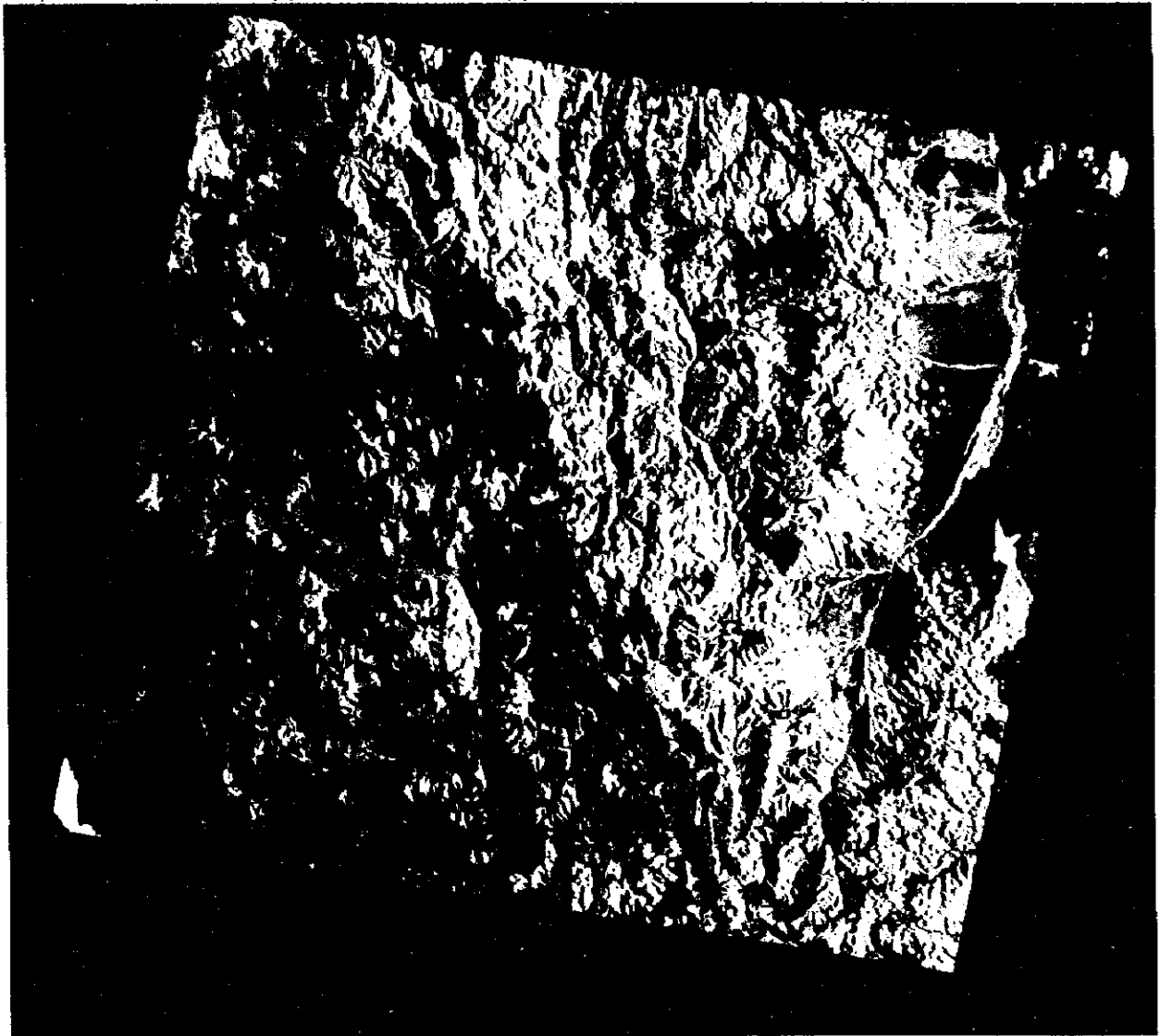
JICA/MMAJ/JMEC

Fig.31 LANDSAT TM False Color Composite Image of the Illapel Area



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

Illapel



JICA/MMAJ/JMEC

Fig.32 LANDSAT TM Ratio Image of the Illapel Area



rocas volcánicas miocenas y los sedimentos cuaternarios. Como rocas ígneas intrusivas a estas unidades, se mencionan los intrusivos del Paleozoico, Mesozoico, Mesozoico a Cenozoico, y los del Cenozoico (Figura 30).

- Sistema ordovícico (O): está constituido por las rocas sedimentarias marinas como grauvacas, areniscas, lutitas, calizas, etc. y parcialmente está acompañado de los intrusivos y rocas volcánicas básicas.
- Sistema silúrico (S): está constituido por lutitas marinas, y se distribuye al extremo este del Area formando pequeñas fracciones.
- Sistema devónico (D): está constituido por las rocas sedimentarias marinas de conglomerados, areniscas y fangolitas y se distribuye al noreste del Area junto con el sistema ordovícico.
- Sistema carbonífero (C): está constituido por areniscas, lutitas, cuarcitas, conglomerados y calizas silíceas marinas y continentales, y se distribuye muy esporádicamente al extremo oeste formando pequeñas fracciones.
- Sistema pérmico (P): está constituido por conglomerados, areniscas y tobas continentales, e incluye las rocas volcánicas ácidas a medianas. Se distribuye en grandes extensiones al este del Area, a lo largo del corrimiento. Los intrusivos del Paleozoico de este sistema son granitos intruidos desde el Pérmico Superior al Triásico Inferior.
- Sistema triásico (TR): El sistema triásico que se distribuye en la parte este del Area está constituido por las rocas sedimentarias continentales como areniscas, fangolitas, conglomerados, tobas, lutitas, y se localiza al oeste del sistema pérmico. El sistema se distribuye en las costas del oeste y está constituido por las rocas sedimentarias como areniscas, lutitas y conglomerados marinos, y por las rocas volcánicas como riolitas, andesitas y sus clásticas.
- Sistema jurásico (J): El sistema jurásico de la parte central a este está constituido por areniscas, fangolitas, calizas, conglomerados y evaporitas continentales y marinas. Mientras tanto, el sistema jurásico que se distribuye en la costa occidental está constituido por tobas y lavas andesíticas, riolitas, dacitas, traquitas y tobas dacíticas.
- Sistema cretácico (K): El sistema cretácico de la parte central está constituido areniscas, conglomerados, clásticas, fangolitas y calizas marinas y continentales. Mientras que el que se distribuye en la parte oeste está constituido por tobas y lavas andesíticas, riolitas, dacitas, traquitas, tobas e ignimbritas.
- Sistema cretácico a terciario (KT): las rocas volcánicas y piroclásticas cretácicas a terciarias ocupan grandes extensiones al oeste, las cuales están constituidas por andesitas, riolitas, dacitas y tobas dacíticas, con intercalación de delgados estratos de lutitas, areniscas, calizas, conglomerados, etc. También existen zonas con aglomerados basálticos (de alcalibasalto o tholeiito), brechas, tobas, etc.
- Rocas volcánicas paleógenas (Tev): se componen de riolitas, basaltos, ignimbritas paleocenas a eocenas, e incluyen parcialmente las rocas sedimentarias como areniscas, y calizas marinas. Se distribuye al noroeste formando pequeñas fracciones.

- Rocas sedimentarias miocenas (Tms): se componen de areniscas, conglomerados, tobas, y evaporitas.
- Rocas volcánicas miocenas (Tmv): se componen de piroclásticas andesíticas, andesitas, riolitas, basaltos, tobas, ignimbritas, con intercalación parcial de rocas sedimentarias clásticas.
- Sedimentos cuaternarios (Qs): son distintos sedimentos fluviales, lacustres, glaciales, cólicos, aluviales, coluviales y lahar y cubren grandes extensiones de las tierras bajas al noreste.
- Intrusivos del Paleozoico (Pzg): Los intrusivos del Paleozoico al extremo noreste del Area se componen de granitos ordovícicos, mientras que en el resto, son granitos, granodioritas y pórfidos graníticos pérmicos a triásicos.
- Intrusivos del Mesozoico (Mzg): se componen de gabros y granitos jurásicos y se distribuyen en la costa sudoeste.
- Intrusivos del Mesozoico al Cenozoico (KTg): incluyen distintos tipos de rocas plutónicas a hipabisales ácidas a básicas del Cretácico al Terciario, y se distribuye al oeste del Area junto con las rocas volcánicas cretácicas a terciarias (KT).
- Intrusivos del Cenozoico (Tg): se componen de granodioritas, dioritas, monzonitas y gabros oligocenas a miocenas, y se distribuyen alrededor de la frontera entre Argentina y Chile.

Esta Area está formada por las siguientes cuatro provincias tectónicas, de este a oeste: las provincias de la Cordillera de la Costa, de la Cordillera Principal, de la Cordillera Frontal y de la Precordillera. El contacto entre las provincias de la Cordillera Principal y de la Cordillera Frontal está en el corrimiento al este de la frontera entre Argentina y Chile. La provincia de la Precordillera ocupa el extremo noreste, y su contacto con la provincia de la Cordillera Frontal se halla al borde este de la zona donde se distribuyen en grandes extensiones los sedimentos cuaternarios. La provincia tectónica de la Cordillera de la Costa ocupa hasta la zona donde se distribuyen los intrusivos mesozoicos a cenozoicos. En esta sección, se engloban las provincias tectónicas de la Cordillera de la Costa y de la Cordillera Principal.

En la provincia tectónica de la Cordillera Principal se distribuyen las rocas sedimentarias y volcánicas paleozoicas a mesozoicas y los intrusivos pérmicos alrededor de la frontera entre Argentina y Chile. Se desarrollan los corrimientos de rumbo NNO-SSE, y las rocas paleozoicas y mesozoicas se distribuyen formando franjas de rumbo NNO-SSE. La estratigrafía es más reciente cuanto más oeste sea. En la parte oeste que abarca desde la frontera incluyendo la provincia tectónica de la Cordillera de la Costa hasta las costas, predominan las rocas volcánicas y los intrusivos. Las fracturas de esta provincia tectónica son predominantemente NNE-SSO, y éstas son disecadas por las fallas de NE-SO. Las rocas estructurales de esta provincia tectónica y las rocas volcánicas de la provincia de la Cordillera Principal muestran una clara zonificación: desde las costas hasta la frontera se distribuyen los intrusivos jurásicos, seguidos por los intrusivos

cretácicos a terciarios, rocas volcánicas cretácicas a terciarias e intrusivos terciarios (pliocenas a miocenas), en este orden. Las rocas ígneas son más recientes cuanto más este sea su distribución. No se identifican las actividades ígneas del Cuaternario en esta provincia.

En la provincia tectónica de la Cordillera Frontal se distribuyen en grandes extensiones las rocas sedimentarias y granitos del Pérmico, y la parte norte se halla cubierta por las rocas volcánicas miocenas. Su estructura se caracteriza por los corrimientos continuos de rumbo N-S, que disecan las rocas volcánicas miocenas y las rocas sedimentarias y plutónicas del Paleozoico. En la parte este de esta provincia tectónica, se desarrolla la cuenca de rumbo N-S formada por los corrimientos, y se halla cubierta por el estrato cuaternario en grandes extensiones.

La provincia tectónica de la Precordillera ocupa el extremo noreste del Área, donde se distribuyen las rocas sedimentarias del Paleozoico. Predominan los corrimientos de rumbo NNO-SSE, y las rocas sedimentarias se distribuyen en franjas de rumbo N-S.

(2) Yacimientos

La mineralización en esta Área se clasifica en tres grandes grupos: (a) principalmente yacimientos vetiformes o estratiformes de las provincias tectónicas de la Cordillera de la Costa al oeste o de la Cordillera Principal; (b) pórfidos cupríferos de frontera entre Argentina y Chile, y; (c) grupo de yacimientos dentro de las rocas sedimentarias del Paleozoico al noreste (parte del grupo yacimientos al sudeste del Área Vicuña).

Los yacimientos del grupo (a) son, en su mayoría, pequeños, cuyo tipo, edad metalogénica y rocas ígneas relativas se desconocen. Muchos de los yacimientos tienen por roca encajadora a las rocas volcánicas del Cretácico y posteriores a Paleógeno.

- El Bronce (C514): Es un yacimiento vetiforme epitermal que tiene por roca encajadora a andesitas y piroclásticas cretácicas, y su edad metalogénica se estima en 86 a 79 Ma (Sillitoe, 1991) del Cretácico Superior. Los minerales de las menas son blenda, calcopirita, galena, tetraedrita, etc. Las reservas se estiman en 25 Mt (Au 4,8 g/t, Ag 20 g/t, Cu 0,3 %).

Entre los pórfidos cupríferos del grupo (b) se hallan los yacimientos Los Pelambres de Chile y El Pachón de Argentina.

- El Pachón (A102): Es un yacimiento descubierto en 1963, cuya explotación se continúa aún a la fecha. La geología está compuesta por andesitas, y de dioritas que intruyen a las primeras, y la mineralización afecta a ambas. El yacimiento tiene una dimensión de 450 m × 2.000 m × 300 m y sus reservas se estiman en 800 millones de toneladas (Cu 0,6 % y Mo 0,16 %).

- Los Pelambres (C444): Es un pórfido cuprífero acompañado de andesitas jurásicas a cretácicas, y de dioritas cuarcíferas del Mioceno Superior que las intruyen ($9,8 \pm 0,2$ Ma, R. H. Sillitoe, 1977). Se localiza al noreste de la falla NO-SE, y en la prolongación de esta falla se encuentra el yacimiento El Pachón de Argentina. La mineralización tiene una dimensión de $2,5 \text{ Km} \times 6 \text{ Km} \times 450 \text{ m}$, y las reservas se estiman en 428 millones de toneladas (Cu 0,78 % y Mo 0,03 %).

Los yacimientos del noreste del grupo (c) tienen por roca encajadora a las rocas sedimentarias del Paleozoico y los intrusivos. Su tipo puede variar desde vetiforme, depósito sedimentario exhalativo (tipo Chipre?) hasta pórfido cuprífero, y su edad metalogénica se desconoce.

- Mari Marta Circe y los yacimientos aledaños (A95): Estos son yacimientos de plomo, zinc y plata localizados dentro de la provincia tectónica de la Cordillera Frontal. Tienen por roca encajadora a granodioritas pérmico a triásico y pórfidos silicificados. La edad metalogénica se estima de Pérmico a triásico. Las reservas se estiman en 1 millón de toneladas, y su grado de mena es de Ag 305 g/t, Pb 12 % y Zn 1 %.
- Santa Elena (A99): es un depósito sedimentario exhalativo tipo Chipre localizado en la provincia tectónica de la Precordillera, cuyos elementos son plomo, zinc, oro y plata. Tienen por roca encajadora a las rocas sedimentarias y leptitas del Ordovícico, a lavas ofiolíticas que las cubren. Las dacitas riolíticas intruyen en ellas.

5.8.2 Unidades fotogeológicas

Las rocas y los sedimentos del Area se clasifican en 34 unidades fotogeológicas (Apéndice 2), de las cuales 26 son correlativas con las rocas sedimentarias y volcánicas ordovícicas a pliocenas, y una ha sido interpretada como zona de alteración. Cuatro unidades corresponden a los sedimentos no consolidados cuaternarios y tres constan de los intrusivos pérmicos, cretácicos a terciarios inferiores y miocenos. En el Apéndice 3 se entregan la localización y la dirección de cada una de las unidades.

5.8.3 Zonas de alteración

Se interpretaron e identificaron 77 zonas de alteración en el Area. Estas muestran una tendencia a concentrarse al noroeste y sur, mientras que en la zona fronteriza del centro y al sudeste, su distribución es dispersa. En la llanura a lomas de la cuenca baja del Río de los Patos al este, no se ha identificado ninguna zona de alteración por los escasos afloramientos y por la cobertura de nubes en algunas partes. Las zonas identificadas e interpretadas se localizan principalmente en las zonas fotogeológicas de rocas graníticas del Mesozoico y Terciario (unidades fotogeológicas γm , γt), y de las rocas volcánicas del Cretácico Superior y Oligoceno a Mioceno (Ks, OIMiv). Las zonas de

alteración normalmente están aisladas, y la más grande abarca 5×5 Km. El grupo de zonas de alteración al noroeste muestra un rumbo regional de NNO-SSE, mientras que en las demás zonas el rumbo no tiene una determinada tendencia.

Entre los yacimientos y zonas de mineralización conocidos de las 77 zonas de alteración identificadas en el Área están: en Chile, las Guías Toro Bronce (yacimiento de cobre, zona de alteración AA7031), Preferida (yacimiento de plata, cobre y plomo, AA7034), Las Rosas (yacimiento de cobre, AA8002), Cachiyuyo Grande, etc. (yacimientos de cobre, AA8003), Los Sapos Sapiola Violeta (yacimiento estratiforme de cobre, AA8006), Los Pelambres (gran pórfido cuprífero, AA8024), Chiripa, etc. (yacimientos de plata y cobre, AA8034), Judas Tadeo Dulcinea (yacimiento de cobre, AA8040), Los Maquis, etc. (yacimientos de cobre, AA8041), El Bronce, etc. (yacimientos epitermal de oro, AA8045), Los Cristales, etc. (yacimientos de oro, AA8045) y Salinas Magdalena Pililen (yacimiento de cobre, AA8048); y en Argentina, los yacimientos Calingasta (veta y diseminación de oro, plata y cobre, AA8020), El Pachón (pórfido cuprífero, AA8025), Alcaparrosa (pórfido cuprífero, AA8003) y Santa Elena (depósito sedimentario de plomo y zinc, AA8003).

5.8.4 Lineamientos

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

- (1) Se identificaron los lineamientos en grandes extensiones, salvo en la zona de distribución de los sedimentos no consolidados del Cuaternario y de rocas del Pérmico Superior, con mayor concentración en la parte central al sur del Área.
- (2) El rumbo predominante de N-S a NNO-SSE que casi coincide con la estructura de las rocas componentes de las montañas, pudiendo dar seguimiento por más de 50 Km.
- (3) Los lineamientos menores perpendiculares o entrecruzados con los lineamientos principales pueden ser de E-O, NO-SE y de NE-SO. Los del E-O muestran mayor concentración en el centro y al sur, mientras que los de otros rumbos tienden a ser dispersos, cortando en muchos de los casos los lineamientos principales.
- (4) Se identificaron 21 corrimientos de N-S a NNO-SSE, los cuales se desarrollan mayormente en la unidad fotogeológica de las rocas sedimentarias en la zona fronteriza del centro y al extremo noreste, mostrando sinuosidad suave. La mayoría es continua, con inclinación hacia el oeste.

5.8.5 Plegamientos y estructuras anulares

La unidad fotogeológica de las rocas sedimentarias con un buen grado de desarrollo de estratificación se limita solamente al sudeste, pudiendo identificarse solamente una estructura anticlinal y una sinclinal.

En la zona fronteriza del centro se identificaron e interpretaron 33 estructuras anulares y semianulares de diferentes tamaños, los cuales se distribuyen principalmente

en las zonas de las rocas volcánicas del Cretácico Superior y Mioceno a Plioceno (unidades fotogeológicas Ks y MiPl) y de las rocas graníticas (del Paleozoico, Mesozoico y Terciario). La mayoría de las estructuras se delimita dentro del diámetro de 2 a 4 Km, aunque la más grande tiene un diámetro de unos 7 Km. Existen también las estructuras complejas dentro de rocas graníticas.

5.9 Area Santiago

5.9.1 Descripción de la geología y yacimientos, según literatura disponible

(1) Geología y estructura

La geología del Area Santiago se constituye de 13 unidades. Estas son, de abajo hacia arriba: sistemas carbonífero, carbonífero a pérmico, pérmico, paleozoico no dividido, triásico, jurásico, cretácico, cretácico a terciario, rocas sedimentarias miocenas, rocas volcánicas miocenas, rocas sedimentarias pliocenas, sedimentos cuaternarios y las rocas volcánicas cuaternarias. Como rocas ígneas intrusivas a estas unidades, se mencionan los intrusivos del Paleozoico, Mesozoico, Mesozoico a Cenozoico y Cenozoico (Figura 33).

- Sistema carbonífero (C): está constituido por las rocas sedimentarias marinas (areniscas, lutitas, cuarcitas, conglomerados y calizas silíceas), y se distribuye al extremo este del Area.
- Sistema carbonífero a pérmico (CP): está constituido por lutitas, areniscas, conglomerados, calizas y parcialmente está acompañado de las rocas volcánicas riolíticas. Se distribuye en la costa occidental formando pequeñas fracciones.
- Sistema pérmico (P): está constituido por riolitas, dacitas, andesitas y sus clásticas, y se distribuye al este del Area.
- 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 la costa occidental formando pequeñas fracciones.
- Sistema triásico (TR): está constituido por las rocas sedimentarias marinas (areniscas, lutitas y conglomerados), y por las rocas volcánicas (riolitas, andesitas y sus clásticas). Se distribuye al extremo noroeste del Area.
- Sistema jurásico (J): El sistema jurásico en la parte este, alrededor de la frontera entre Argentina y Chile, está constituido por las rocas continentales de conglomerados, areniscas, lutitas, calizas y rocas piroclásticas andesíticas. Mientras que al oeste, el sistema está constituido principalmente por las rocas volcánicas de tobas y lavas andesíticas, riolitas, dacitas, traquitas y tobas andesíticas.
- Sistema cretácico (K): El sistema cretácico de la parte este está constituido por las rocas sedimentarias marinas de areniscas, calizas, lutitas y calizas marinas, e incluye parcialmente las andesitas y piroclásticas. Mientras que el sistema cretácico de la parte

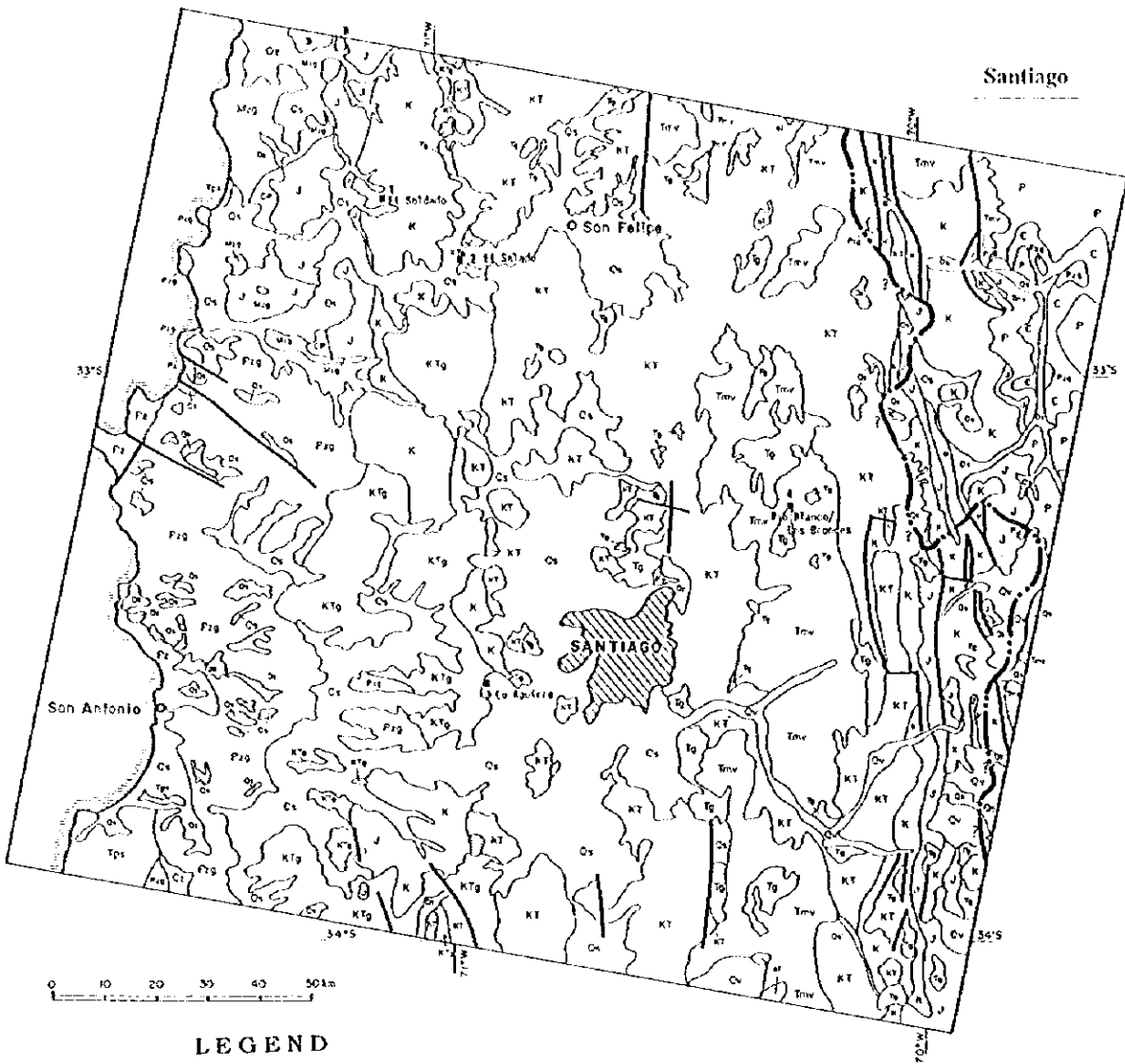
oeste está constituido por las rocas volcánicas de tobas y lavas andesíticas, riolitas, dacitas y traquitas.

- Sistema cretácico a terciario (KT): se distribuye las rocas principalmente volcánicas y piroclásticas cretácicas a terciarias en grandes extensiones de la parte central del Area. Estas se constituyen de rocas andesitas, riolitas, dacitas y tobas dacíticas, con intercalación de delgados estratos de lutitas, areniscas, calizas, conglomerados, etc. Existen también zonas con aglomerados basálticos (de alcalibasalto o tholeiito), brechas, tobas, etc.
- Rocas sedimentarias miocenas (Tms): se componen de areniscas, conglomerados, tobas y evaporitas.
- Rocas volcánicas miocenas (Tmv): se componen de piroclásticas andesíticas, andesitas, riolitas, basaltos, tobas e ignimbritas, intercalándose parcialmente con las rocas sedimentarias clásticas. Estas rocas se encuentran distribuidas principalmente en la parte este.
- Rocas sedimentarias pliocenas (Tps): se componen de las rocas sedimentarias marinas de areniscas, areniscas calcáreas, conglomerados, limolitas, etc. y se distribuyen en la parte sudoeste.
- Sedimentos cuaternarios (Qs): son distintos sedimentos fluviales, lacustres, glaciales, eólicos, aluviales, coluviales y lahar, que cubren grandes extensiones de la parte baja al noreste del Area.
- Rocas volcánicas cuaternarias (Qv): se componen de basaltos y piroclásticas, y se encuentran al extremo este del Area, alrededor de la frontera entre Argentina y Chile.

- Intrusivos del Paleozoico (Pzg): se componen principalmente de granitos, granodioritas y pórfidos graníticos pérmicos a triásicos, que se distribuyen en grandes extensiones en la costa occidental.
- Intrusivos del Mesozoico (Mzg): se componen de gabros a granitos jurásicos, que se distribuyen en la costa noroeste.
- Intrusivos del Mesozoico al Cenozoico (KTg): incluyen componen de diversos tipos de rocas plutónicas a hipabisales ácidas a básicas cretácicas a terciarias, y se distribuyen al oeste del Area junto con las rocas volcánicas cretácicas a terciarias (KT).
- Intrusivos del Cenozoico (Tg): son granodioritas, dioritas, monzonitas y gabros oligocenos a miocenos que se distribuyen al este del Area.

Esta Area está formada por las provincias tectónicas, desde oeste, de la Cordillera de la Costa, de la Cordillera Principal y de la Cordillera Frontal, y además por la provincia tectónica del Valle Longitudinal y Central en la que Santiago llega a ser el extremo norte. Las provincias tectónicas de la Cordillera de la Costa y de la Cordillera Principal se hallan divididas por San Felipe y oeste de Santiago, mientras que las provincias de la Cordillera Principal y de la Cordillera Frontal se delimitan al este de la frontera entre Argentina y Chile.

En la provincia tectónica de la Cordillera de la Costa se distribuyen esquistos y



LEGEND

- | | | |
|-----------------|------------|--------------------------------------|
| | Qv | Quaternary (mainly volcanic rocks) |
| | Qs | Quaternary (mainly sediments) |
| Cenozoic | Tps | Pliocene sedimentary rocks |
| | Tmv | Miocene volcanic rocks |
| | Tms | Miocene sedimentary rocks |
| | KT | Cretaceous to Tertiary |
| Mesozoic | K | Cretaceous |
| | J | Jurassic |
| | T | Triassic |
| | P | Permian |
| Paleozoic | CP | Carboniferous to Permian |
| | C | Carboniferous |
| | 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: El Soldado |
| | | 2: El Salado |
| | | 3: Lo Aguirre |
| | | 4: Rio Blanco/Los Bronces |

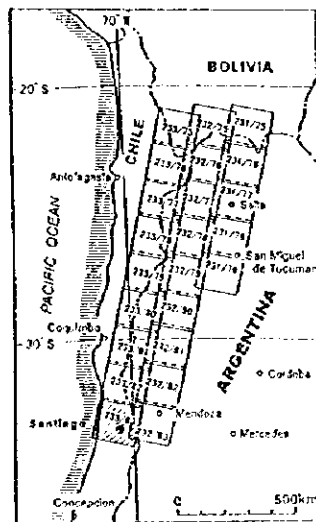
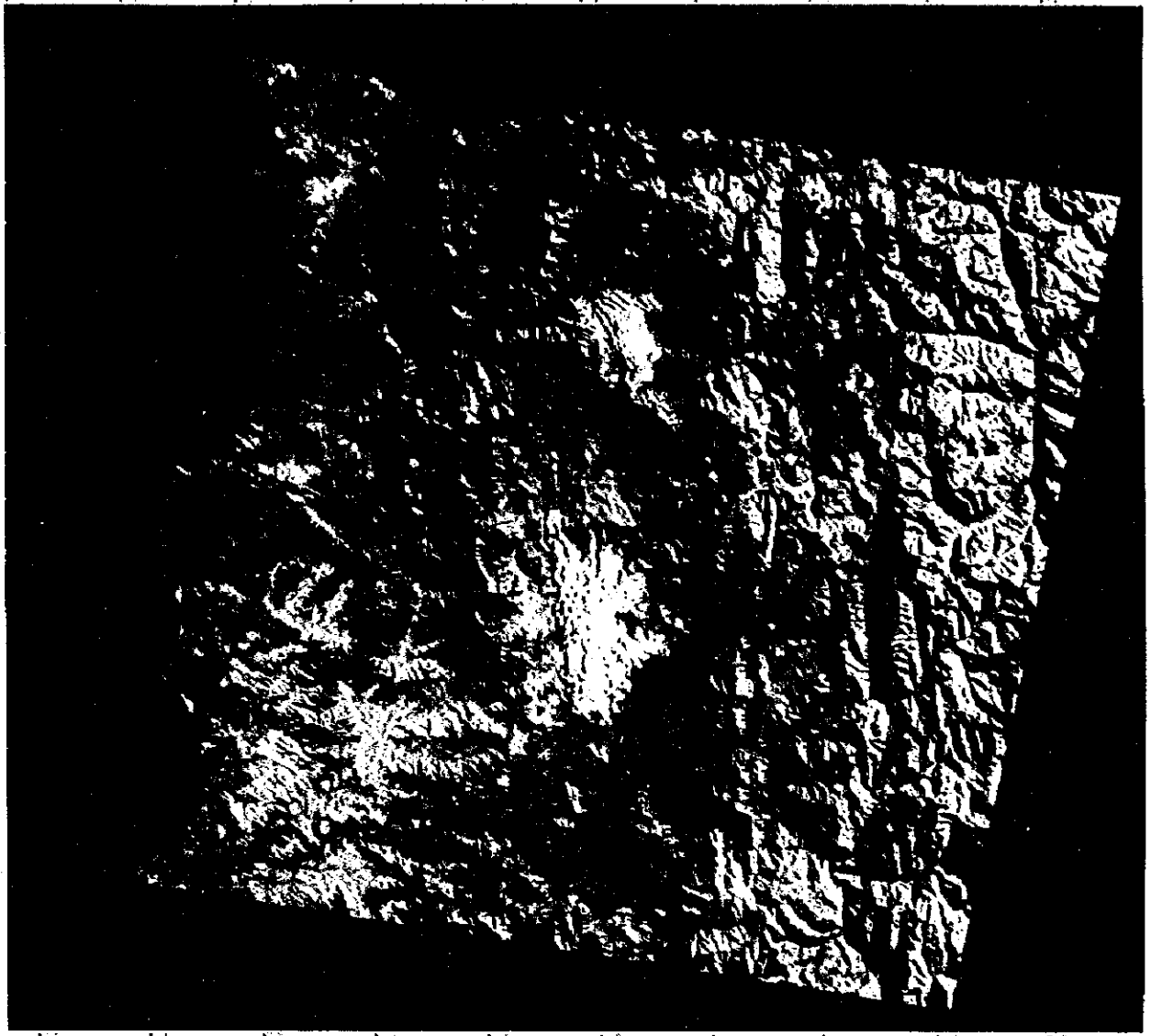


Fig.33 Simplified Geologic Map of the Santiago Area

Santiago



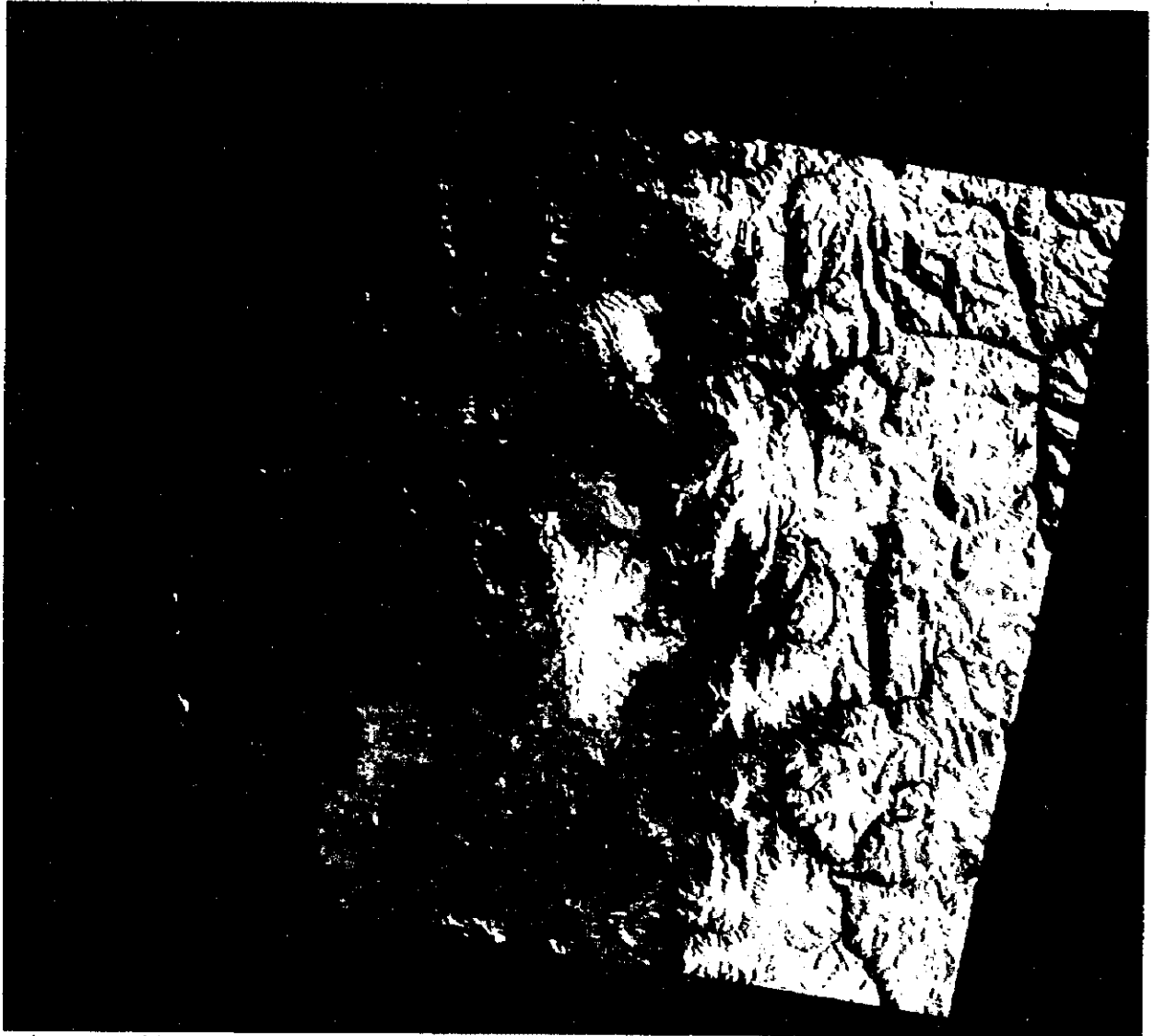
JICA/MMAJ/JMEC

Fig.34 LANDSAT TM False Color Composite Image of the Santiago Area



LANDSAT TM RATIO IMAGE
Multiplied by First Principal Component

Santiago



JICA/MMAJ/JMEC

Fig.35 LANDSAT TM Ratio Image of the Santiago Area



gneises paleozoicos a lo largo de la costa. Los granitos pérmicos a triásicos se distribuyen en las costas al norte de San Antonio. Los intrusivos jurásicos se encuentran en la costa noroeste. Hacia el interior, desde San Felipe hasta Santiago se distribuyen en grandes extensiones las rocas volcánicas cretácicas, así como las rocas volcánicas e intrusivos cretácicos a terciarios. Predominan las fallas normales NO-SE dentro de los intrusivos del Paleozoico, aunque éstas no se identifican en los intrusivos cretácicos a terciarios.

En la provincia tectónica de la Cordillera Principal, las rocas sedimentarias jurásicas a cretácicas se distribuyen en la frontera entre Argentina y Chile, formando franjas por los efectos de los corrimientos paralelos de rumbo NNO-SSÉ. En la parte oeste, dentro del territorio chileno, predominan las rocas volcánicas cretácicas a terciarias, mientras que al este de Santiago se distribuyen las rocas volcánicas miocenas. Asimismo, se observan numerosas fracciones de intrusivos cenozoicos en esta provincia.

La provincia tectónica de la Cordillera Frontal al este del Area, se caracteriza por las rocas sedimentarias carboníferas a pérmicas, intruidos por granitos pérmicos a triásicos.

La provincia tectónica del Valle Longitudinal y Central es una cuenta cuyo límite norte se halla en Santiago, y se distribuye hacia el sur formando una franja de rumbo N-S. Esta provincia se halla cubierta en grandes superficies por los sedimentos cuaternarios, salvo por las rocas volcánicas e intrusivos cenozoicos que se distribuyen esporádicamente.

(2) Yacimientos

Existen grupos de múltiples yacimientos estratiformes y vetiformes al centro del Area, y los pórfidos cupríferos como el Río Blanco y Los Bronces al este.

Los yacimientos estratiformes se encuentran emplazadas dentro de las rocas sedimentarias o volcánicas del Mesozoico (principalmente Cretácico) y sus cuerpos mineralizados pueden ser paralelos a los estratos o irregulares. Los yacimientos estratiformes más importantes son los siguientes:

- Molle Patagua Las Animas Centinela Blanca Cebada-Rosario (C537): Es un yacimiento emplazado dentro de las rocas piroclásticas andesíticas cretácicas posteriores, y su cuerpo mineralizado se mantiene armónico con los horizontes. Los minerales de las menas son calcopirita, bornita, calcosina, covellina y calcosina, con reservas que se estiman en 180.000 toneladas (Cu 1,3-1,8 %).
- El Soldado (C547): Es un yacimiento estratiforme irregular emplazado dentro de calizas, brechas tobáceas y andesitas cretácicas inferiores. Los minerales de las menas son calcosina, bornita y calcopirita, con reservas que se estiman en 28,1 Mt (Cu 1,9 %).
- La Verde Gutiérrez, Los Picados, El Manzano Florida y Molina El Salado (C559): Estos son yacimientos estratiformes irregulares emplazados en riolitas e ignimbritas cretácicas inferiores. Los minerales de menas son bornita, calcopirita y covellina.

- Aguirre (C618): Es un yacimiento estratiforme irregular o enrejado de vetillas emplazado dentro de andesitas cretácicas inferiores. Los minerales de las menas son bornita, digenita, calcosina, covellina y piritita, reservas que se estiman en 11,1 Mt (Cu 2,14 %).
- Las Cuevas (A112): Es un yacimiento estratiforme de cobre, plomo y zinc localizado al noreste, apartándose del grupo de yacimientos estratiformes al oeste de Santiago. Tiene por roca encajadora a areniscas, calizas, yeso, andesitas y pórfidos del Mesozoico. Su edad metalogénica se estima en el Jurásico. Los minerales de las menas son bornita, calcosina, malaquita y azurita, y los de gangas son calcita y otras. Las reservas se estiman en 242.000 toneladas, con el grado de Cu 1 %.

Los pórfidos cupríferos existentes en el Area son el Río Blanco y Los Bronces.

- Río Blanco (C586): Este yacimiento se localiza a unos 70 Km al noreste de Santiago. Geológicamente se compone de un sólo cuerpo mineralizado, aunque se conocen por diferentes denominaciones según las empresas explotadoras CODELCO (Mina Río Blanco) y Disputada (Mina Los Bronces). El yacimiento se localiza al este del Batolito San Francisco (12 Ma) de sienita cuarcífera monzonítica a monzonita cuarcífera del Mioceno, emplazándose dentro de brechas del complejo hidrotermal en el que se desarrollan diferentes brechas y chimenea de brecha. Las zonas de alteración mineralizadas abarca 12 Km², y presentan características de alteración potásica, silicífica, filica y propilitica. Se estima que la mineralización ocurrió de 4 a 5 Ma (Sillitoe, 1991). Las reservas de la totalidad del yacimiento se estiman en 290 millones de toneladas (Cu 0,99 % y Mo 0,021 %).

5.9.2 Unidades fotogeológicas

Las rocas y los sedimentos del Area se clasifican en 21 unidades fotogeológicas (Apéndice 2), de las cuales 12 son correlativas con las rocas metamórficas, sedimentarias y volcánicas del Paleozoico no dividido, pérmicas superiores a pliocenas, y una ha sido interpretada como zona de alteración. Cuatro unidades corresponden a los sedimentos no consolidados cuaternarios y cuatro constan de los intrusivos paleozoicos, miocenos y terciarios. En el Apéndice 3 se entregan la localización y la dirección de cada una de las unidades.

5.9.3 Zonas de alteración

Se interpretaron e identificaron siete zonas de alteración en el Area, las cuales se distribuyen dentro de las unidades fotogeológicas de rocas graníticas formadas en el Cretácico Superior (Ks) y del Mesozoico y Terciario (γ m, γ t) de la parte central a norte.

Son ovaladas y pequeñas, con longitud de eje que varía entre 1 y 2 Km.

No se conoce ningún yacimiento ni zona de mineralización dentro de las zonas de alteración identificadas en esta Area.

5.9.4 Lineamientos

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

- (1) Los lineamientos fueron identificados en grandes extensiones, salvo en la cuenca intramontañosa al sur de Santiago, capital de Chile. Especialmente, en la Cordillera de la Costa al noroeste, los lineamientos paralelos se concentran con un intervalo de 2 a 4 Km.
- (2) El rumbo predominante de los lineamientos de la Cordillera de la Costa de oeste a sudoeste es de NO-SE, mientras que en los demás es de N-S a NNE-SSO. Se identifican múltiples lineamientos grandes con más de 50 Km de longitud en la zona fronteriza del este, constituida por sierras acentuadas. Parte de ellos se extiende más allá del límite del presente Area.
- (3) Los lineamientos menores entrecruzados con los principales muestran un rumbo NE-SO, y su distribución es relativamente densa en la mitad norte desde Santiago. Los lineamientos menores de este rumbo frecuentemente cortan los lineamientos principales de N-S.
- (4) No fueron interpretados corrimientos en esta Area.

5.9.5 Plegamientos y estructuras anulares

Si bien es cierto que parte de las rocas sedimentarias jurásicas y cretácicas que componen las sierras del este muestra un buen grado de estratificación, resulta ser sumamente difícil interpretar e identificar plegamientos en la zona por la nieve que cubre la mayor parte de las montañas. Se ha identificado una estructura semianular dentro de la unidad fotogeológica del sistema cretácico (K) al extremo este.

5.10 Area Tupiza

5.10.1 Descripción de la geología y yacimientos, según literatura disponible

(1) Geología y estructura

La geología del Area Tupiza se constituye de seis unidades, de abajo hacia arriba. Estas son: sistemas ordovícico, cretácico, cenozoico no dividido, rocas volcánicas pliocenas, sedimentos cuaternarios y las rocas volcánicas cuaternarias. Como rocas ígneas intrusivas,



LEGEND

- | | | |
|-----------------|-----|--|
| Cenozoic | Qv | Quaternary (mainly volcanic rocks) |
| | Qs | Quaternary (mainly sediments) |
| | Tpv | Miocene to Pliocene volcanic rocks |
| Mesozoic | Cz | Undivided Cenozoic |
| | K | Cretaceous |
| Paleozoic | O | Ordovician |
| Intrusive Rocks | Tg | Cretaceous to Tertiary intrusive rocks |
| | — | Fault |
| | ■ | Major ore deposit
1: San Antonio |

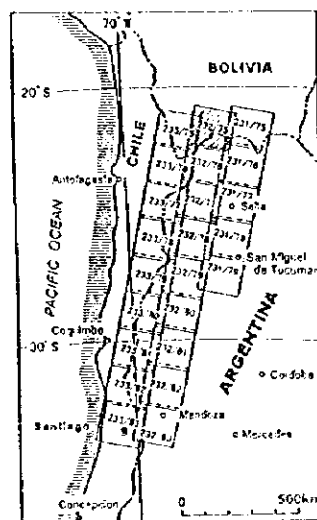


Fig.36 Simplified Geologic Map of the Tupiza Area

Tupiza

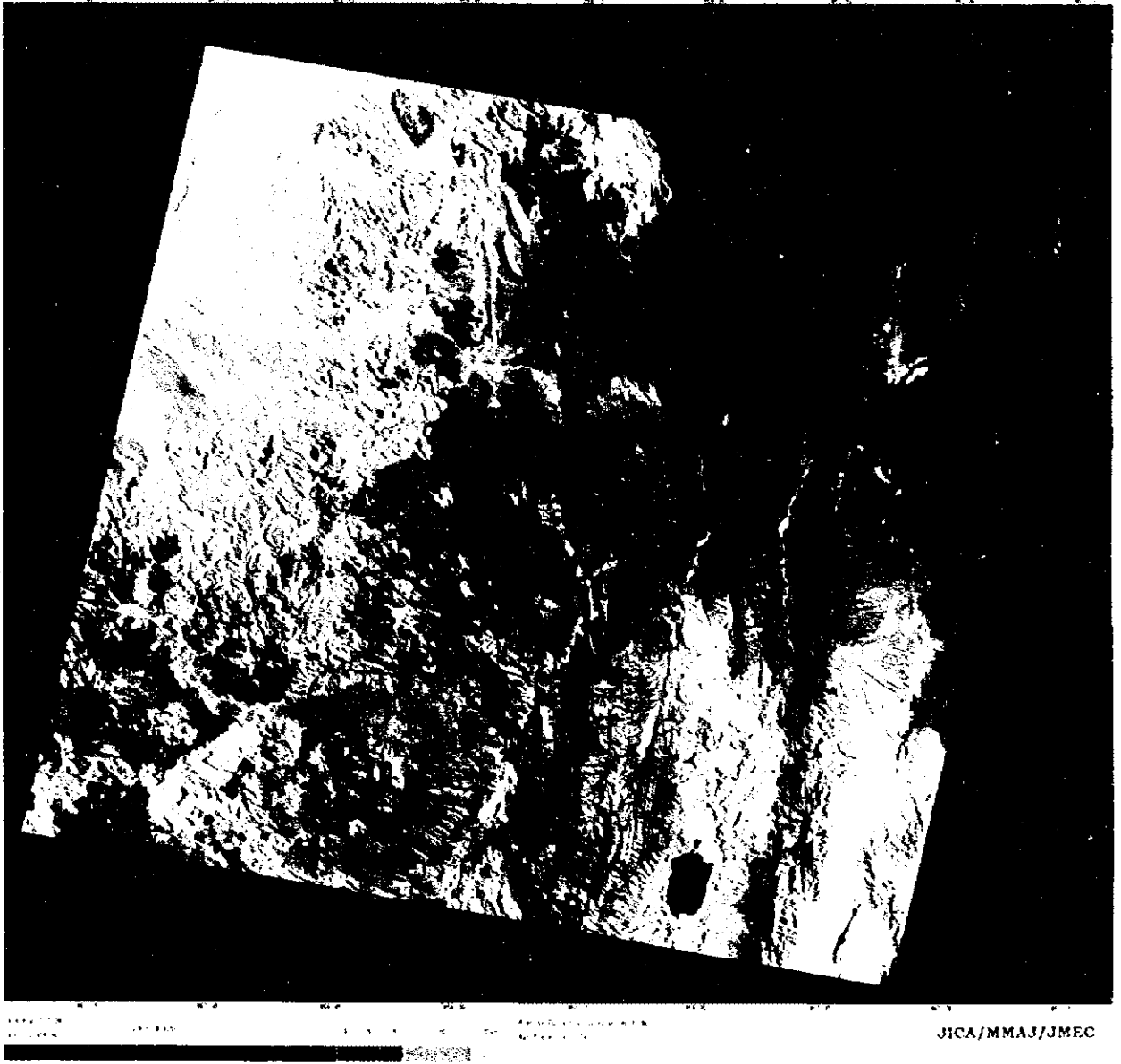


Fig.37 LANDSAT TM False Color Composite Image of the Tupiza Area



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

Tupiza

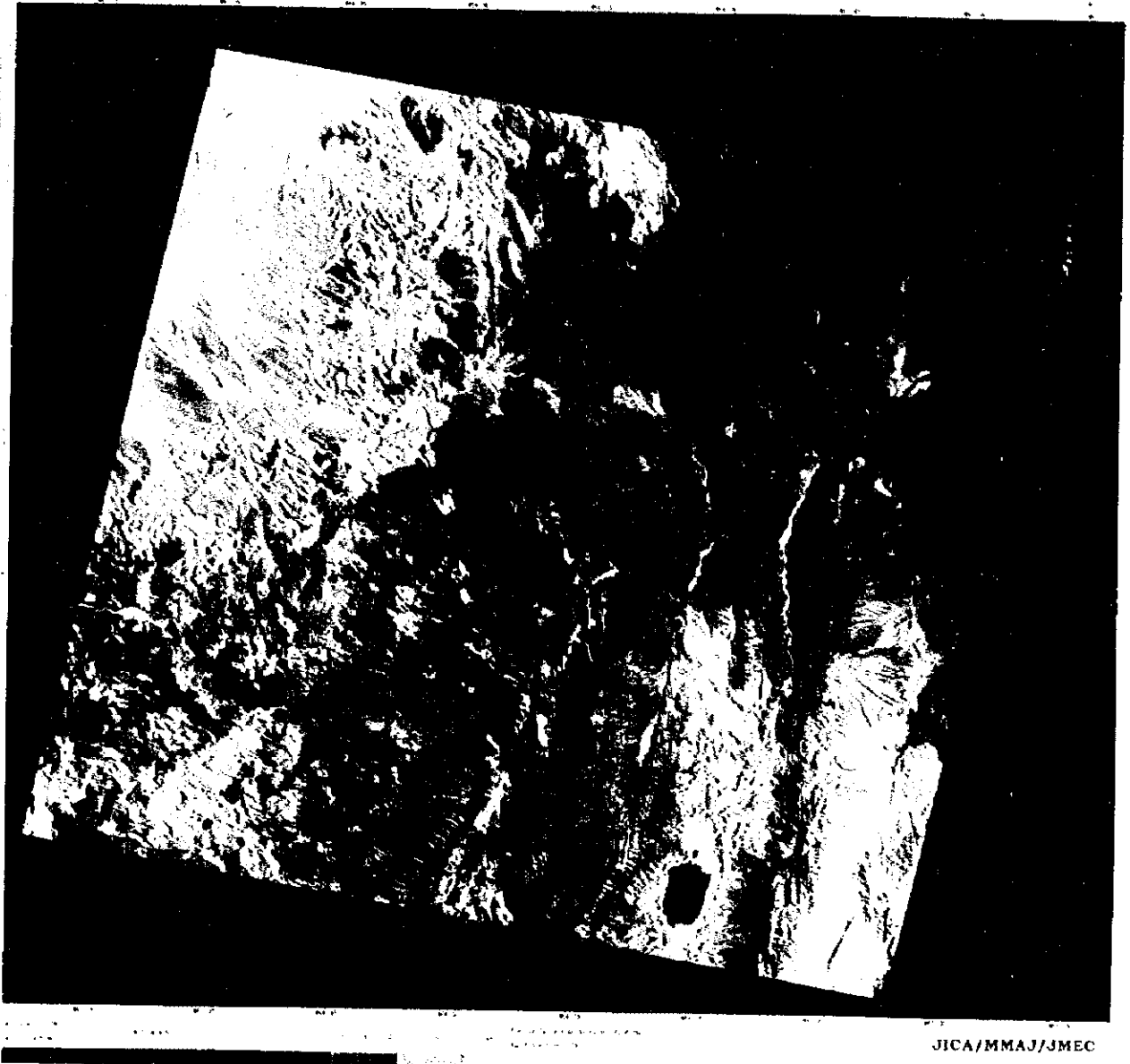


Fig.38 LANDSAT TM Ratio Image of the Tupiza Area



se mencionan los intrusivos del Cenozoico (Figura 36).

- Sistema ordovícico (O): está constituido por las rocas sedimentarias de areniscas, lutitas, limolitas y calizas, acompañados de conglomerados basales. Ocupa grandes extensiones en la mitad este del Area, formando franjas N-S desde Bolivia hacia Argentina.
- Sistema cretácico (K): está constituido por areniscas, calizas y limolitas, acompañadas de conglomerados basales. Se intercala parcialmente los estratos de basaltos.
- Cenozoico no dividido (Cz): está constituido por conglomerados polimíticos, que incluyen brechas de areniscas, lutitas y andesitas, y se distribuye en grandes extensiones en la totalidad del Area.
- Rocas volcánicas pliocenas (Tpv): están constituidas por lavas andesíticas y dacíticas, así como de brechas tobáceas.
- Sedimentos cuaternarios (Qs) son sedimentos aluviales, fluviales, lacustres y coluviales de debris, areniscas, limolitas, fangolitas, etc. semiconsolidadas.
- Rocas volcánicas cuaternarias (Qv): están constituidas por lavas andesíticas a dacíticas, que forman el estratovolcán.
- Intrusivos del Cenozoico (Tg): incluyen varios tipos de rocas plutónicas a hipabisales ácidas a básicas. Sus componentes principales son granodioritas, monzonitas, adamellitas y tonalitas.

Esta Area está formada por dos provincias tectónicas que se delimitan una con la otra en el corrimiento de N-S o NNO-SSE al centro del Area. La mitad oeste pertenece a la provincia tectónica de Puna Altiplano, y la mitad este, a la de la Cordillera Oriental.

En la provincia tectónica de Puna Altiplano se distribuyen las rocas sedimentarias terciarias y las rocas volcánicas pliocenas, y parcialmente el sistema ordovícico, dividido en bloques por las fallas. Estos son cubiertos por los sedimentos y las rocas volcánicas del Cuaternario.

En la provincia tectónica de la Cordillera Oriental se distribuye en grandes superficies el sistema ordovícico, cubierto por las rocas sedimentarias terciarias y los sedimentos cuaternarios. Las rocas sedimentarias terciarias se distribuyen principalmente en el territorio boliviano hacia el norte, mientras que las cuaternarias hacia el sur, en el territorio argentino. Se identifican numerosos plegamientos y corrimientos de rumbos N-S o NNO-SSE, y las estructuras forman franjas paralelas a estos.

(2) Yacimientos

Se conocen unos 270 yacimientos en esta Area, de los cuales 257 pertenecen a Bolivia y 15 a Argentina. Un 80 % está concentrado en la provincia tectónica de la Cordillera Oriental de Bolivia. La mayoría son yacimientos vetiformes que tienen por roca encajadora a areniscas, limolitas y lutitas ordovícicas.

Predominan los yacimientos de plomo y zinc, cuya mayoría se encuentra dentro de la provincia tectónica de la Cordillera Oriental en el territorio boliviano. Un elevado porcentaje de los yacimientos se localiza dentro de la unidad de los sedimentos ordovícicos que muestran un buen grado de desarrollo de los plegamientos, y distribuyéndose en forma paralela al eje de los plegamientos de rumbo N-S. A continuación se describen las características de los yacimientos más importantes.

- San Antonio (B59): Es un yacimiento vetiforme epitermal de plata, plomo y zinc ubicado al oeste del Area. Está constituido por cuatro grupos de yacimientos de rumbo E-O, dentro de las zonas de alteración y disseminación de 3 Km de longitud. Las vetas son de 100 m a 1.000 m de largo, de varios metros a 10 m de ancho, y de 170 m de profundo. Tienen por roca encajadora a rocas ígneas y limolitas del Terciario y a dacitas con anfíbol y muscovita que intruyen en ellas. Los minerales de las menas son casiterita, galena, blenda, pirita, marcasita y calcopirita. El grado de las menas es de Ag 290 g/t, Pb 3,6 %, Zn 3,7 % y Sn 0,3 %.
- Choroma (B98): Es un yacimiento vetiforme o enrejado de vetillas de cobre y plomo localizado al noreste del Area. Tiene por roca encajadora a limolitas y lutitas ordovícicas, y a dacitas terciarias. Los cuerpos mineralizados están constituidos por enrejado de vetillas (ancho máximo 10 m) que rellenan las fisuras y fallas de N10°O y N60°E, así como las vetas de 0,4 a 4 m de ancho. El grado es de Au 2,19 g/t, Ag 87 g/t, Pb 0,66 % y Ge 1,84 g/t (estimación Ag 85 g/t).
- Todos Santos (A210): Es un yacimiento vetiforme de plata localizado al extremo oeste del Area. Tiene por roca encajadora a lavas andesíticas, brechas, piroclásticas silíceas, domo de lava e intrusivos subterráneos del Mioceno a Plioceno. El yacimiento está constituido por vetillas y disseminación dentro de la falla de N10°E y sus alrededores. La roca encajadora de la zona de mineralización sufre una fuerte argilización. De la muscovita de la toba encajadora, se ha obtenido la edad K-Ar de $21,7 \pm 0,7$ Ma.

Otros yacimientos importantes son Santa Isabel, Chinchillas, San Luis, Argentina, Pumahausi, Aurora, La Central, San Jorge, Tatasi, etc.

5.10.2 Unidades fotogeológicas

Las rocas y los sedimentos del Area se clasifican en 19 unidades fotogeológicas (Apéndice 2), de las cuales 11 son correlativas con las rocas sedimentarias y volcánicas ordovícicas a pliocenas, y una ha sido interpretada como zona de alteración. Seis unidades corresponden a los sedimentos no consolidados o semiconsolidados y rocas volcánicas cuaternarias y una consta los intrusivos terciarios. En el Apéndice 3 se entregan la localización y la dirección de cada una de las unidades.

5.10.3 Zonas de alteración

Se interpretaron e identificaron 19 zonas de alteración en el Area, cuya mayoría se distribuye dentro de las unidades fotogeológicas del Mioceno y Plioceno (Miv, Mi, Pl) del centro a oeste del Area. Las pequeñas zonas (con eje de 1 Km ó menos) son ovaladas, y las relativamente grandes son irregulares. La más grande abarca una extensión de 2×5 Km.

Entre los yacimientos y las zonas de mineralización conocidos dentro de las zonas de alteración del Area está el Tambillo (yacimiento de plomo y zinc, zona de alteración AA1063) de Bolivia.

5.10.4 Lineamientos

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

- (1) Salvo en las llanuras del noroeste y sudeste formadas por sedimentos cuaternarios no consolidados o semiconsolidados, se identificaron los lineamientos en las grandes extensiones de zonas montañosas del Area con especial concentración en las unidades fotogeológicas del sistema ordovícico (Oi, Os) en Tupiza, al noreste. La parte sudoeste se halla cubierta extensamente por los productos volcánicos miocenos a recientes. La distribución de los lineamientos es poco densa.
- (2) En las zonas montañosas de la mitad este que se extienden con rumbo N-S, formadas principalmente por las rocas sedimentarias ordovícicas (rocas pelíticas) se identifican grandes lineamientos de más de 50 Km de longitud. Estos son paralelos entre sí con rumbo N-S, mostrando suave sinuosidad.
- (3) Los lineamientos menores (de 5 a 10 Km de longitud) perpendiculares o entrecruzados con los principales pueden ser de NE-SO, E-O y NO-SE. Estos se distribuyen de manera dispersa en la parte central a oeste del Area.
- (4) Se identificaron seis corrimientos de N-S, que se desarrollan dentro del sistema ordovícico o formando el contacto entre el sistema ordovícico con los sistemas cretácico y terciario.

5.10.5 Plegamientos y estructuras anulares

Se identificaron 40 plegamientos en todo el Area. La relación anticlinal y sinclinal es de 25 : 15, con predominancia del primero debido a la presencia de las montañas anticlinales acompañadas de lineamientos dentro de las unidades fotogeológicas del sistema ordovícico. No obstante, en las rocas pelíticas ordovícicas existen múltiples zonas cuya inclinación hace difícil la interpretación, por ser demasiado acentuadas, a pesar del buen grado de desarrollo de estratificación. A pesar de ser extensa su distribución, pocos plegamientos fueron identificados. Salvo los plegamientos del noroeste donde se distribuye el sistema terciario, la mayoría de los plegamientos muestra un rumbo N-S a

NNO-SSE. La longitud del eje varía de 5 a 15 Km, y su continuidad no es clara.

No se ha identificado ninguna estructura anular en esta Area.

5.11 Area Susques

5.11.1 Descripción de la geología y yacimientos, según literatura disponible

(1) Geología y estructura

La geología del Area Susques está constituida por nueve unidades. Estas son, de abajo hacia arriba: sistemas ordovícico, cretácico, cretácico a terciario, cenozoico no dividido, rocas volcánicas paleógenas, rocas volcánicas miocenas, rocas volcánicas pliocenas, los sedimentos y las rocas volcánicas cuaternarios. Como rocas ígneas intrusivas a estas unidades, se mencionan los intrusivos del Paleozoico (Figura 39).

- Sistema ordovícico (O): está constituido por las rocas sedimentarias de areniscas, lutitas, limolitas y calizas, acompañadas de conglomerados basales. Se distribuye en grandes extensiones dentro del territorio argentino.
- Sistema cretácico (K): está constituido por areniscas, calizas y limolitas, acompañadas de conglomerados basales. Parcialmente se intercala con estratos de basaltos.
- Sistema cretácico a terciario (KT): está constituido por andesitas, riolitas, dacitas y tobas dacíticas, con intercalación de delgados estratos de lutitas, areniscas, calizas, conglomerados, etc. También existen zonas que producen aglomerados basálticos (de álcalibasalto o tholeiito), brechas, tobas, etc.
- Cenozoico no dividido (Cz): está constituido por conglomerados polimíticos, e incluye brechas areniscas, lutitas y andesitas.
- Rocas sedimentarias paleógenas (Pes): estas rocas se distribuyen esporádicamente en la parte sur del Area.
- Rocas volcánicas miocenas (Tmv): son brechas y lavas andesíticas, riolíticas, basálticas, tobas e ignimbritas, y se encuentran en grandes extensiones al norte, dentro del territorio argentino.
- Rocas volcánicas pliocenas (Tpv): están constituidas por ignimbritas dacíticas y tobas, con intercalación de sedimentos de terrestre. Se distribuyen en grandes extensiones al oeste, dentro de los territorios boliviano y chileno.
- Sedimentos cuaternarios (Qs): son debris, areniscas, limolitas, fangolitas, etc., y sedimentos aluviales, fluvio-lacustres y coluviales semiconsolidados que se encuentran en grandes extensiones del Area.

- Rocas volcánicas cuaternarias (Qv): están constituidas por lavas andesíticas y dacíticas, que forman el estratovolcán. Se distribuye al noroeste, en grandes extensiones dentro del territorio boliviano.
- Intrusivos del Paleozoico (Pzg): son granitos o granodioritas del Paleozoico.

Esta Area está ocupada, en su mayoría, por la provincia tectónica de Puna Altiplano. Hacia el borde este también se encuentra la provincia tectónica de la Cordillera Oriental, aunque su término es de difícil reconocimiento por estar cubierta por los sedimentos cuaternarios en grandes extensiones del este. La parte oeste perteneciente a la provincia tectónica de Puna Altiplano, y las partes central y este, son de diferentes estructuras.

Al este de provincia tectónica de Puna Altiplano se distribuyen extensamente las rocas volcánicas pliocenas, cubiertas por los sedimentos y las rocas volcánicas del Cuaternario. Las rocas volcánicas cuaternarias predominan en el territorio boliviano. En esta provincia se distribuyen los sistemas ordovícico, cretácico, cretácico a terciario, las rocas sedimentarias paleógenas y los intrusivos paleozoicos. La mayoría de estos se halla dividida por las fallas de N-S, y los estratos se forman franjas del mismo rumbo. Estos estratos se hallan cubiertos, a su vez, por las rocas volcánicas miocenas y por los sedimentos cuaternarios.

(2) Yacimientos

Se conocen 12 yacimientos en el Area, cuya mayoría son vetiformes epitermales a mesotermiales de oro. Sin embargo, se identificaron los yacimientos de oro en Chile ni en Bolivia. Las rocas encajadoras son muy variadas según yacimientos. Existen varios yacimientos formados por orogénesis Famatina, como es el caso del yacimiento de estaño Pirquitas (A15). Como el bolsón de minerales sulfurados de la cuenca de posarco, está La Colorada (A24) de plata, plomo y zinc. A continuación se describen las características de los principales yacimientos.

- Pan del Azúcar (A14): Es un yacimiento vetiforme epitermal de plomo y zinc al noreste del Area, que se halla emplazada dentro de dacitas terciarias intruidas a las rocas sedimentarias ordovícicas. Tiene por roca encajadora a dacitas porfídicas brechadas, caolinizadas, sericitizadas y silicificadas por la alteración hidrotermal; la zona de alteración se extiende a unos 2 Km² alrededor del yacimiento. El cuerpo mineralizado está constituido por veta de 0,7 a 1 m de ancho. El grado de las menas es de Pb 5,6 a 6,6 %, Zn 5 a 8 % y Ag 280 a 480 g/t.



LEGEND

- | | |
|-----------------|--|
| Cenozoic | Qv Quaternary (mainly volcanic rocks) |
| | Qs Quaternary (mainly sediments) |
| | Tpv Miocene to Pliocene volcanic rocks |
| | Tmv Miocene volcanic rocks |
| | Tes Paleocene to Oligocene (mainly sedimentary rocks) |
| | Cz Undivided Cenozoic |
| Mesozoic | KT Cretaceous to Tertiary |
| | K Cretaceous |
| Paleozoic | O Ordovician |
| Intrusive Rocks | Pzg Paleozoic intrusive rocks |
| | — Fault |
| | ■ Major ore deposit |
| | 1: La Colorada |
| | 2: Pirquitas |

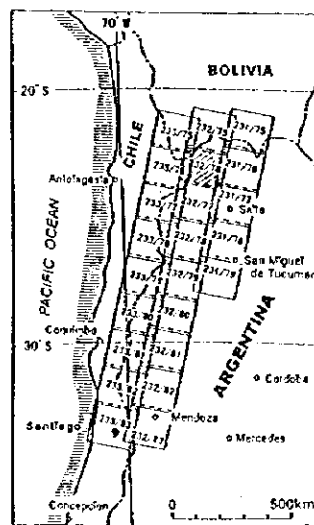


Fig.39 Simplified Geologic Map of the Susques Area

Susques

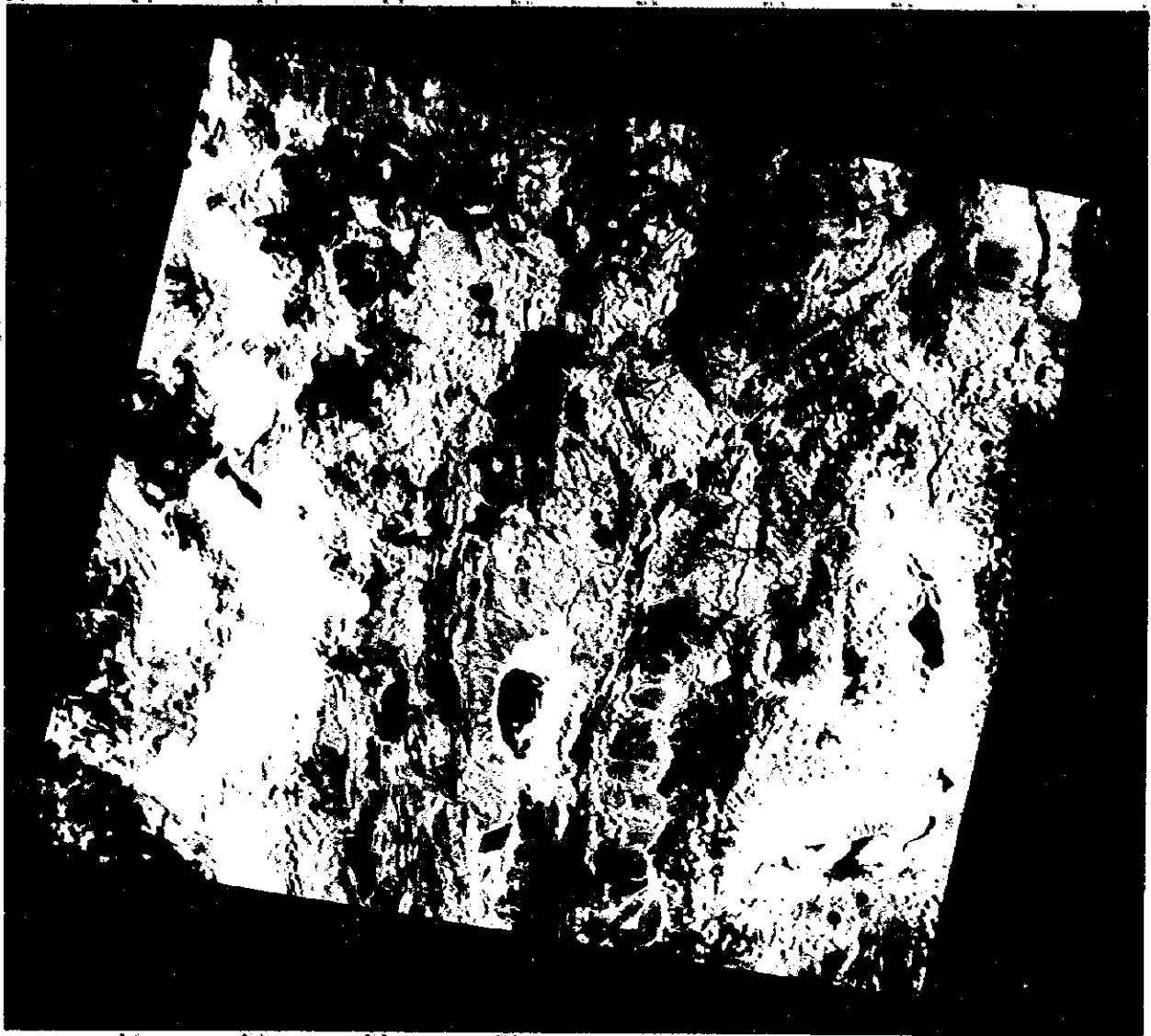


Fig.40 LANDSAT TM False Color Composite Image of the Susques Area



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

Susques



JICA/MMAJ/JMEC

Fig.41 LANDSAT TM Ratio Image of the Susques Area



- Pirquitas (A15): Es un yacimiento vetiforme, enrejado de vetillas y disseminación de plata y estaño al norte del Area, emplazado dentro de dacitas miocenas a pliocenas terciarias intruidas en las rocas metasedimentarias ordovícicas. El mineral de mena es estaño, que corresponde al límite sur de la Faja de Estaño boliviano formado en Mioceno (Ahlfeld, 1950). El grado de las menas es de Ag 640 g/t y Sn 1,23 %.
- Rachaite (A20): Es un yacimiento vetiforme epitermal y enrejado de vetillas de plata, plomo y zinc al este del Area, emplazado dentro de las rocas volcánicas y piroclásticas del Mioceno Superior. La edad metalogénica corresponde al Mioceno Superior. Las reservas se estiman en 2 millones de toneladas, y el grado de las menas es de Pb 0,7 %, Zn 1,5 % y Ag 200 g/t.
- La Colorada (A24): Es un bolsón polimetálico de zinc, plomo y plata ubicado al sudeste del Area. Tiene por roca encajadora a las rocas sedimentarias y volcánicas ordovícicas metamórficas por haber sido cizalladas perpendicularmente, y a basaltos y andesitas cretácicas, y presenta la forma de depósito sedimentario exhalativo. Se realizaron dos sondajes en los que se comprobaron las reservas de 12 millones de toneladas (Fe 33 a 40 %, Cu 0,5 %, Zn 1 %, Pb 0,1 a 1 % y Ag 7 a 10 g/t).

5.11.2 Unidades fotogeológicas

Las rocas y los sedimentos del Area se clasifican en 18 unidades fotogeológicas (Apéndice 2), de las cuales 10 son correlativas con las rocas metamórficas, sedimentarias y volcánicas proterozoicas a pliocenas, y una ha sido interpretada como zona de alteración. Cinco unidades corresponden a los sedimentos no consolidados o semiconsolidados y rocas volcánicas cuaternarios y dos constan de los intrusivos jurásicos a cretácicos inferiores y ordovícicos. En el Apéndice 3 se entregan la localización y la dirección de cada una de las unidades.

5.11.3 Zonas de alteración

Se interpretaron e identificaron 17 zonas de alteración en el Area. Su distribución es dispersa, salvo en las partes norte y de este a sudeste donde no existe ninguna zona de alteración. Las zonas de alteración se distribuyen principalmente dentro de la unidad fotogeológica de los productos volcánicos del Mioceno y Plioceno (Plv). Normalmente, las zonas son ovaladas, y la más grande cubre una extensión aproximada de 2×5 Km.

Entre los yacimientos y zonas de mineralización conocidos dentro de las zonas de

alteración del Area está un yacimiento cuyo nombre no fue comprobado (yacimiento de antimonio, zona de alteración AB2003) de Chile y el Farilion (yacimiento de oro, AB2008) y Chocaya (veta de plomo y zinc, AB2009) de Argentina.

5.11.4 Lineamientos

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

- (1) Se identificaron lineamientos paralelos en las zonas montañosas del sistema ordovícico del noreste y centro del Area, aunque su densidad es normalmente baja. La partes sudeste y oeste y del Area se hallan cubiertas extensamente por los sedimentos no consolidados y productos volcánicos cuaternarios, donde no se ha identificado casi ningún lineamiento.
- (2) Los lineamientos grandes pueden ser de 30 a 40 Km de longitud, con rumbo N-S a NNE-SSO que coincide con el rumbo regional de las rocas componentes de las montañas del centro.
- (3) Los lineamientos menores entrecruzados o perpendiculares a los lineamientos principales pueden ser de NO-SE y NE-SO. Las montañas del noreste constituidos por el sistema ordovícico se extienden con rumbo NE-SO, y existen lineamientos en el mismo rumbo de 10 a 20 Km longitud. En la prolongación de los mismos al sudoeste, se distribuyen ampliamente ignimbritas y lavas del Mioceno. Parte de ignimbritas y las rocas sedimentarias ordovícicas inferiores se hallan divididas por los lineamientos de NO-SE.
- (4) No se identificó ningún corrimiento en el Area.

5.11.5 Plegamientos y estructuras anulares

Sólo fueron identificados ocho plegamientos dentro del sistema ordovícico en el Area. La relación anticlinal y sinclinal es de 5 : 3, y estas estructuras fueron identificadas en las zonas montañosas desde el centro hacia el sur. Las rocas sedimentarias ordovícicas inferiores (Oi) muestran un buen grado de desarrollo de estratificación, aunque la presencia de los estratos acantilados (casi perpendiculares) hace sumamente difícil identificar los plegamientos.

No se ha identificado ni interpretado ninguna estructura anular en el Area.

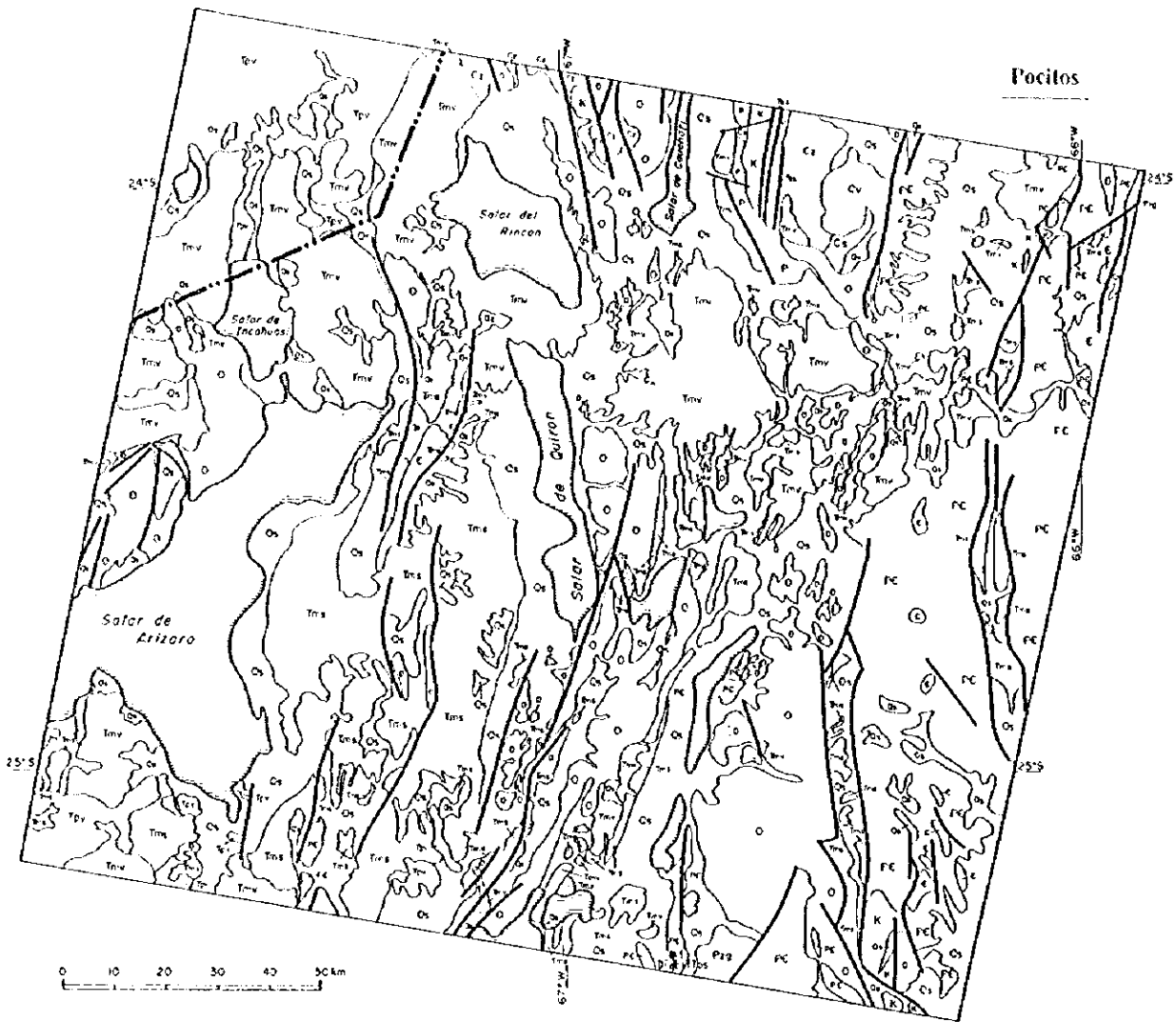
5.12 Area Pocitos

5.12.1 Descripción de la geología y yacimientos, según literatura disponible

(1) Geología y estructura

La geología del Area Pocitos se constituye de 13 unidades. Estas son, de abajo hacia arriba: sistemas precámbrico, cámbrico, ordovícico, devónico, pérmico, cretácico, cenozoico no dividido, rocas sedimentarias paleógenas, rocas sedimentarias miocenas, rocas volcánicas miocenas, rocas volcánicas pliocenas, sedimentos cuaternarios y las rocas volcánicas cuaternarias. Como rocas ígneas intrusivas, se mencionan los intrusivos del Paleozoico (Figura 42).

- Sistema precámbrico (PC): está constituido por las rocas sedimentarias de cuarcitas, filitas y esquistos, y por las rocas plutónicas de dioritas cuarcíferas, tonalitas y sienitas. Dioritas cuarcíferas sufren parcialmente el efecto de metamorfismo.
- Sistema cámbrico (Cb): está constituido por conglomerados, areniscas arcosas, areniscas cuarcíferas, lutitas, limolitas y cuarcitas.
- Sistema ordovícico (O): está constituido por las rocas sedimentarias de areniscas, lutitas, limolitas y calizas, acompañadas de conglomerados basales. El sistema se distribuye en grandes extensiones en la totalidad del Area.
- Sistema devónico (D): se encuentra aflorado en la parte central del Area y está constituido por areniscas de bajo índice granulométrico, areniscas arcosas, lutitas micaceas y limolitas. Contiene fósiles.
- Sistema pérmico (P): está constituido por areniscas y calizas y se distribuye en pequeñas zonas al norte.
- Sistema cretácico (K): está constituido por areniscas, calizas y limolitas, acompañadas de conglomerados basales. Parcialmente, se intercalan los estratos de basaltos.
- Cenozoico no dividido (Cz): está constituido por conglomerados polimíticos e incluye brechas de areniscas, lutitas y andesitas.
- Rocas sedimentarias paleógenas (Tes): se encuentran esporádicamente al norte del Area.
- Rocas sedimentarias miocenas (Tms): se componen de areniscas y conglomerados, y se encuentran en grandes extensiones al sudoeste del Area.
- Rocas volcánicas miocenas (Tmv): son brechas y lavas andesíticas, riolíticas y basálticas, tobas e ignimbritas.
- Rocas volcánicas pliocenas (Tpv): se componen de ignimbritas y tobas dacíticas, con intercalación de sedimentos continentales. Se distribuyen en pequeñas porciones al



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 |
| | Tes | Paleocene to Oligocene (mainly sedimentary rocks) |
| | Cz | Undivided Cenozoic |
| Mesozoic | K | Cretaceous |
| | P | Permian |
| Paleozoic | D | Devonian |
| | O | Ordovician |
| | C | Cambrian |
| Precambrian | PC | Precambrian to Cambrian |
| Intrusive Rocks | Pzg | Paleozoic intrusive rocks |
| | — | Fault |
| | ■ | Major ore deposit |
| | 1 | Diabillos |

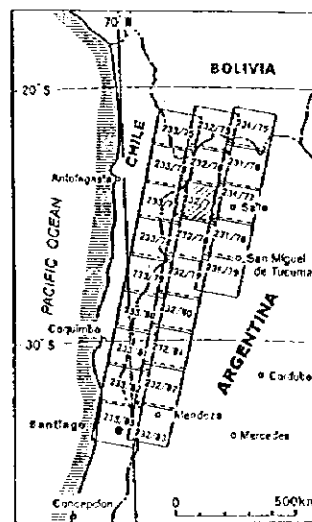
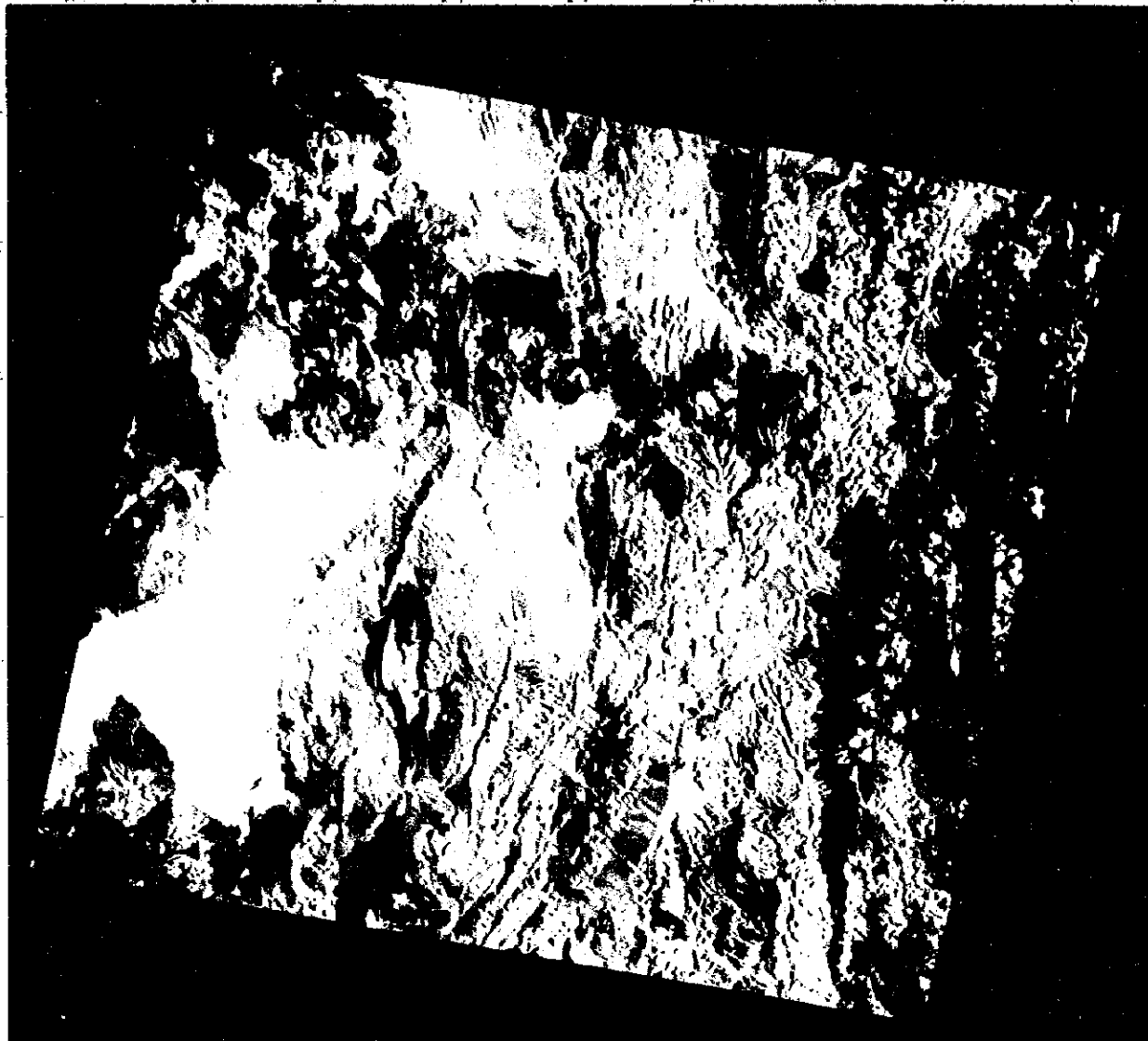


Fig.42 Simplified Geologic Map of the Pocitos Area

Salar de Pocitos



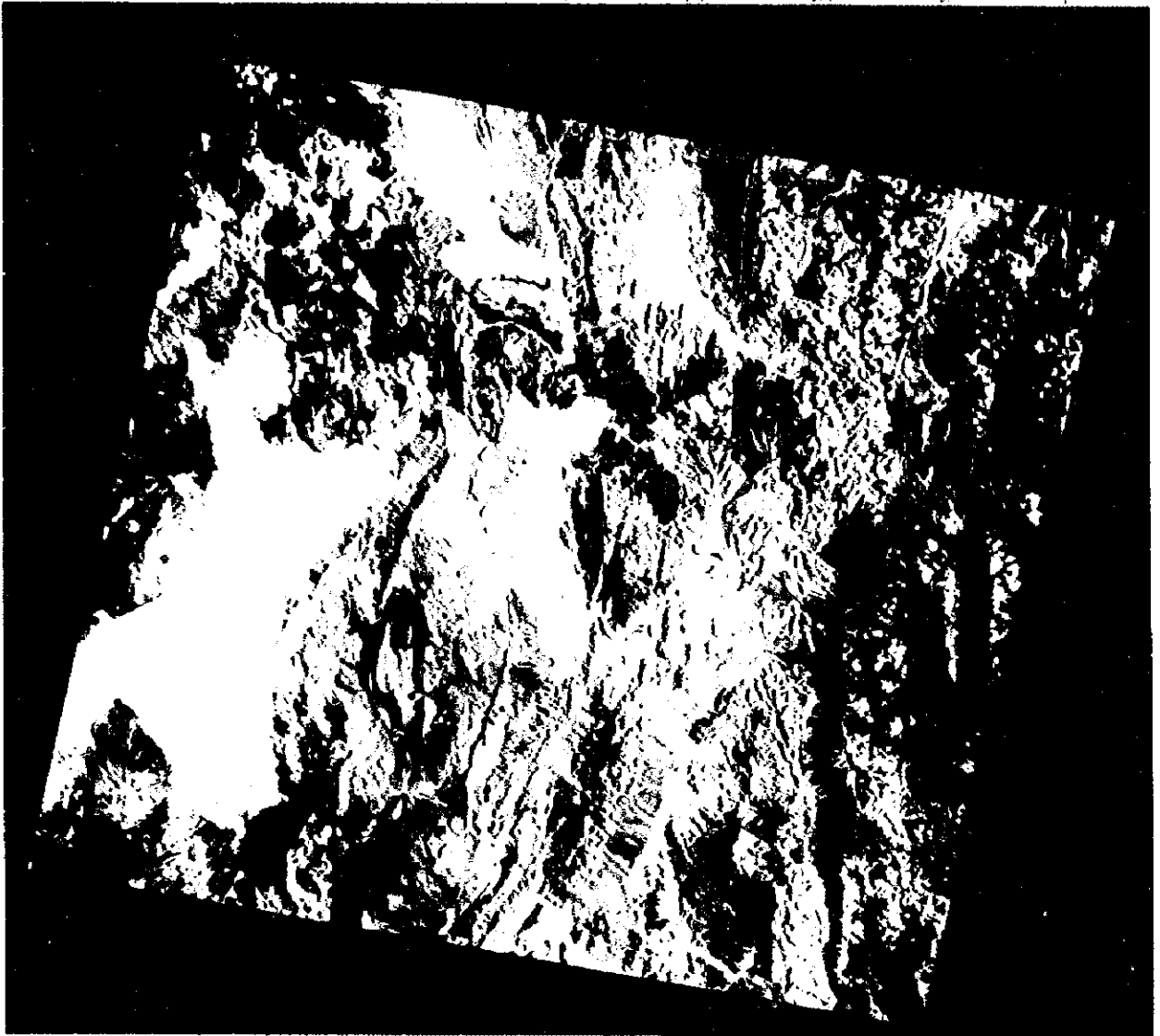
JICA/MMAJ/JMEC

Fig.43 LANDSAT TM False Color Composite Image of the Pocitos Area



LANDSAT TM RATIO IMAGE (1, 2, 4, 5, 7)
Multiplied by First Principal Component

Salar de pocitos



JICA/MMAJ/JMEC

Fig.44 LANDSAT TM Ratio Image of the Pocitos Area



sudoeste.

- Sedimentos cuaternarios (Qs): son sedimentos aluviales, fluvio-lacustres y coluviales de debris, areniscas, limolitas, fangolitas, etc. semiconsolidados, y se distribuyen en grandes extensiones en la totalidad del Area.
- Rocas volcánicas cuaternarias (Qv): son lavas andesíticas a dacíticas que conforman el estratovolcán. Se distribuyen en pequeñas porciones al norte.
- Intrusivos del Paleozoico (Pzg): son principalmente granitos o granodioritas del Paleozoico.

Esta Area está formada, en su mayoría, por la provincia tectónica de Puna Altiplano, donde se distribuyen principalmente las rocas sedimentarias ordovícicas y miocenas, rocas volcánicas miocenas y los sedimentos cuaternarios. Al límite este de la provincia se encuentra la provincia tectónica de las Sierras Pampeanas, en la que se afloran las rocas precámbricas y cámbricas. Al extremo noreste se encuentra la provincia tectónica de la Cordillera Oriental, cuyo término es difícil de determinar por la gran cobertura de los sedimentos cuaternarios. Predominan en estas provincias tectónicas las estructuras de rumbo N-S.

(2) Yacimientos

Se conoce un total de 12 yacimientos en el Area. Desde Catamarca hasta Salta se distribuyen los yacimientos de plomo y zinc, que son vetiformes epitermales polimetálicos formadas en el Terciario.

- California (A33): Es un yacimiento de enrejado de vetillas a vetiforme epitermal de plomo, plata, estaño y oro, localizado al este del Area. Tiene por roca encajadora a andesitas y dacitas terciarias. El grado de mena es de Sb 3 %, con reservas de 2 millones de toneladas.
- Diablillos (A41): Es un depósito macizo polimetálico epitermal al extremo sur de oro, cobre, plomo, plata y zinc, y tiene por roca encajadora a filitas, gneises, granitos y a pórfidos dacíticos terciarios. Los minerales de las menas son pirita, calcopirita, blenda y galena, y los de gangas son limonita y otras. El grado de las menas es de Au 2,3 g/t y Ag 132 g/t, con reservas que se estiman en 4 millones de toneladas.

5.12.2 Unidades fotogeológicas

Las rocas y los sedimentos del Area se clasifican en 21 unidades fotogeológicas (Apéndice 2), de las cuales 13 son correlativas con las rocas metamórficas, sedimentarias y volcánicas proterozoicas a pliocenas, y una ha sido interpretada como zona de alteración. Seis unidades corresponden a los sedimentos no consolidados o semiconsolidados y rocas volcánicas cuaternarios y una consta de los intrusivos ordovícicos. En el Apéndice 3 se entregan la localización y la dirección de cada una de las unidades.

5.12.3 Zonas de alteración

Se interpretaron e identificaron 26 zonas de alteración en el Area. Hay una relativa desviación en su distribución, ya que 11 zonas de alteración se concentran al noroeste, dos están al oeste, nueve en el centro a sur, dos al noreste y dos al este del Area. Las partes norte, sudoeste y sudeste carecen de zonas de alteración. Las nueve zonas localizadas en el centro al sur, se distribuyen sobre una línea discontinua de rumbo casi N-S.

Al noroeste del Area, estas zonas se localizan dentro de las unidades fotogeológicas de las rocas volcánicas miocenas, pliocenas y cuaternarias (Miv, Plv, Qv); al oeste, en las de rocas graníticas ordovícicas (γ p); en el centro, en las de las rocas volcánicas miocenas (Miv); al sur, en las de las rocas proterozoicas, ordovícicas y miocenas (PRm, Os, Mi); al noreste, en las de las rocas volcánicas cretácicas superiores y miocenas (Ks, Miv), y; al este, en el contacto entre el Proterozoico (PRm) y Mioceno (Mi, Miv).

Las zonas de alteración son, en general, extensas, y las cuatro zonas del centro a sur abarcan 4x6 Km.

Entre los yacimientos y zonas de mineralización conocidos dentro de las zonas de alteración del Area están los yacimientos argentinos de Taca Taca (pórfido cuprífero, zona de alteración AA3061), El Porvenir (vetas de plomo y zinc, AB3005), El Quevar (enrejado de vetillas de plata y plomo, AB3010) e Inca Viejo (pórfido cuprífero, AB3014) y Diablillos (veta de oro y plata, AB3017). También es conocido el yacimiento de azufre (AB3011).

5.12.4 Lineamientos

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

- (1) Pocos lineamientos fueron interpretados o identificados debido a la extensa distribución de las rocas sedimentarias miocenas y pliocenas de pocas fracturas y

residuos evaporales formados dentro de la playa de la cuenca intramontañosa y de los productos volcánicos del Mioceno y posteriores. Los pocos lineamientos se concentran en las zonas montañosas del norte, sudoeste y sur a sudeste.

- (2) Los lineamientos mayores son de más de 30 Km de longitud, y en términos generales muestran un rumbo N-S o NNE-SSO. Este rumbo coincide con el de las rocas componentes de las zonas montañosas. A ambos bordes, este y oeste, de las montañas del este a sudeste formadas por el sistema proterozoico, se desarrollan los peñascos acentuados de rumbo N-S; al borde occidental, se ha dado seguimiento a un lineamiento (no muy claro) por unos 80 Km.
- (3) Los lineamientos relativamente menores perpendiculares o entrecruzados con los lineamientos principales son de NO-SE o NE-SO. En las montañas del sudeste formadas por rocas graníticas, se concentran los lineamientos de NO-SE.
- (4) No se interpretaron los corrimientos dentro del Area.

5.12.5 Plegamientos y estructuras anulares

Al centro a sur del Area, se identificaron 19 plegamientos, principalmente en las unidades fotogeológicas del Mioceno. La relación anticlinal y sinclinal es de 15 : 4, con predominancia del primero. El eje de estas estructuras se extiende con rumbo N-S a NNE-SSO o NNO-SSE, y su longitud varía entre 5 a 20 Km. En la estructura N-S que atraviesa el centro del Area, se distribuyen las rocas sedimentarias y metamórficas del Ordovícico por un ancho de 25 Km aproximadamente, cuya estratificación es desarrollada. Sin embargo, la presencia de los estratos acantilados hace difícil la interpretación de los plegamientos.

Si bien, no fueron interpretadas ni identificadas las estructuras anulares en esta Area, hacia el centro de los volcanes activos durante Mioceno y Cuaternario, que se distribuyen del centro al noroeste, se hallan dispersas las calderas y los cráteres de 2 a 4 Km y de 0,5 a 1 Km de diámetro, respectivamente.

5.13 Area Antofagasta

5.13.1 Descripción de la geología y yacimientos, según literatura disponible

(1) Geología y estructura

La geología del Area Antofagasta se constituye de 11 unidades. Estas son, de abajo hacia arriba: sistemas precámbrico a cámbrico, cámbrico, ordovícico, cretácico, rocas



LEGEND

- | | | |
|-----------------|------------|--|
| Quaternary | Qv | Quaternary (mainly volcanic rocks) |
| | Qs | Quaternary (mainly sediments) |
| | Tpv | Miocene to Pliocene volcanic rocks |
| | Tps | Miocene to Pliocene (mainly sedimentary rocks) |
| Tertiary | Tmv | Miocene volcanic rocks |
| | Tms | Miocene sedimentary rocks |
| | Tcv | Paleocene to Oligocene (mainly volcanic rocks) |
| Mesozoic | K | Cretaceous |
| | O | Ordovician |
| Paleozoic | C | Cambrian |
| Precambrian | pC | Precambrian to Cambrian |
| Intrusive Rocks | Prz | Paleozoic intrusive rocks |
- Fault
- Major ore deposit
! Diablotos

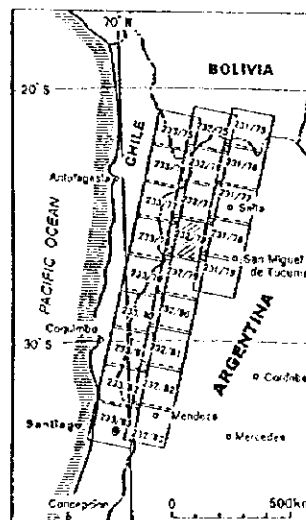
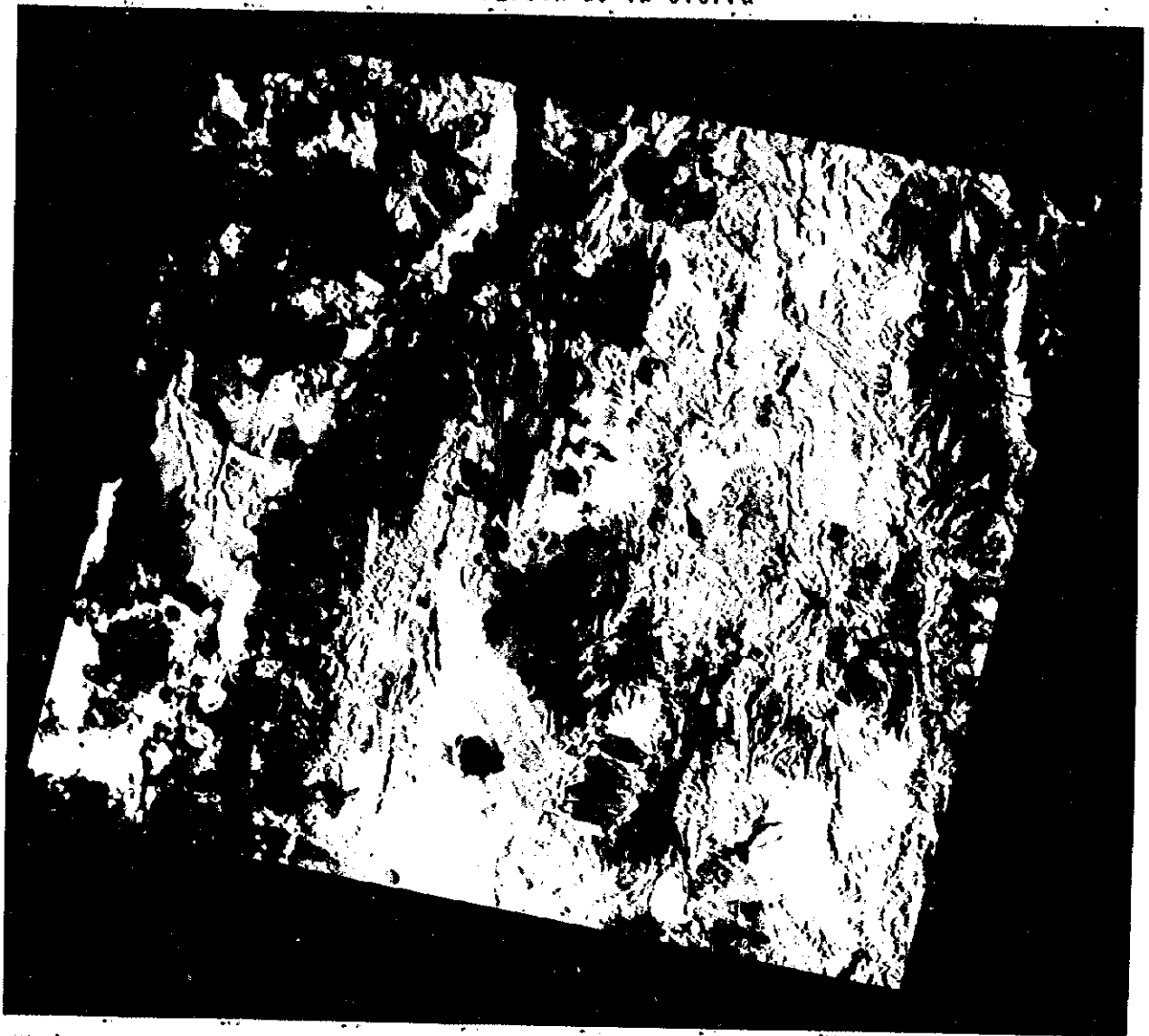


Fig.45 Simplified Geologic Map of the Antofagasta Area

Antofagasta de la Sierra



JICA/MMAJ/JMEC

Fig.46 LANDSAT TM False Color Composite Image of the Antofagasta Area



LANDSAT TM RATIO IMAGE 11 4 5 51
Multiplied By First Principal Component

Antofagasta de la Sierra



Fig.47 LANDSAT TM Ratio Image of the Antofagasta Area



volcánicas paleógenas, rocas sedimentarias miocenas, rocas volcánicas miocenas, rocas sedimentaria pliocenas, rocas volcánicas pliocenas, sedimentos cuaternarios y las rocas volcánicas cuaternarias. Como rocas ígneas intrusivas, se mencionan los intrusivos del Paleozoico (Figura 15).

- Sistema precámbrico a cámbrico (PC): está constituido por gneises, anfibolitas y migmatitas y se distribuye al noreste del Area.
- Sistema cámbrico (Cb): se distribuye al sur del Area con rumbo NNE-SSO. Al lado oeste, el sistema está constituido por lutitas, esquistos, y por las rocas volcánicas metamórficas, mientras que al lado este, por anfibolitas, rocas calcáreas metamórficas, rocas meta volcánicas y gneises.
- Sistema ordovícico (O): se aflora con rumbo NNE-SSO y está constituido por las rocas sedimentarias o meta sedimentarias como lutitas, esquistos, calizas, etc. Parcialmente se intercalan con lavas, intrusivos y piroclásticas dacíticos a riolíticos.
- Sistema cretácico (K): se distribuye al noreste del Area y está constituido por areniscas continentales.
- Rocas volcánicas paleógenas (Tev): se distribuye esporádicamente al extremo sur del Area y se componen de andesitas, andesitas dacíticas, basaltos andesíticos, etc. conformando estratovolcán erosionado.
- Rocas sedimentarias miocenas (Tms): se distribuyen principalmente en la parte central a oeste del Area y se componen principalmente de las rocas sedimentarias continentales, con intercalación parcial de estratos marinos.
- Rocas volcánicas miocenas (Tmv): se afloran dispersamente en grandes extensiones. Están constituidas por andesitas, dacitas, piroclásticas, basaltos, etc. conformando estratovolcán complejo.
- Rocas sedimentarias pliocenas (Tps): se distribuye principalmente al noreste del Area con rumbo NNO-SSE.
- Rocas volcánicas pliocenas (Tpv): están constituidas por andesitas, basaltos, andesitas basálticas, etc. Algunos forman el estratovolcán complejo y otros se componen de ignimbritas. En esta Area predominan el segundo.
- Sedimentos cuaternarios (Qs): son diversos tipos de sedimentos fluviales, aluviales, evaporales, etc.
- Rocas volcánicas cuaternarias (Qv): están constituidas por andesitas y basaltos que forman volcanes independientes.

- Intrusivos del Paleozoico (Pzg): se afloran al este del Area, y están constituidos por granitos, granodioritas, granitos monzoníticos, tonalitas, pórfidos granodioríticos, graníticos, riolíticos, etc.

Esta Area está formada, de oeste a este, por dos provincias tectónicas, a saber: la de la Puna Altiplano del oeste al centro del Area, y la de las Sierras Pampeanas al este.

La provincia tectónica de Puna Altiplano está constituida, desde abajo hacia arriba, por los sistemas precámbrico a cámbrico, cámbrico, ordovícico, rocas volcánicas paleógenas, rocas sedimentarias miocenas, rocas volcánicas miocenas, rocas volcánicas pliocenas, sedimentos cuaternarios y rocas volcánicas cuaternarias, con intrusivos del Paleozoico.

La provincia tectónica de las Sierras Pampeanas está constituida por los sistemas precámbrico a cámbrico, ordovícico, cretácico, rocas volcánicas miocenas, rocas sedimentarias pliocenas, rocas volcánicas pliocenas, sedimentos cuaternarios y rocas volcánicas cuaternarias, con intrusivos del Paleozoico.

(2) Yacimientos

Se conocen seis yacimientos en el Area. La mayoría de estos es vetiforme o diseminación de oro, cobre, etc., Uno (Cueros de Purulla) podría ser pórfido cuprífero, y uno (distrito Culampaja) es una veta de cuarzo con oro acompañado de pegmatitas precámbrica. Con excepción de Incahuasi y del distrito Culampaja, todos son yacimientos formados en Terciario a Pleistoceno. A continuación se describen las características de los principales yacimientos:

- Diablillos (A41): Son yacimientos vetiformes y diseminación polimetálicos (oro, plata, cobre, plomo, zinc) de la provincia tectónica de Puna Altiplano, que tienen por roca encajadora a brechas silicificadas hidrotermales. La zona de mineralización está traslapada con La Faja de Fallas Diablillos - Cerro Galann, y se deduce que dacitas a pórfidos son sus rocas ígneas relativas. Se ha comprobado la presencia de sinter en la parte superior del yacimiento. Las reservas se estiman en 4 millones de toneladas, y el grado es de Au 2,3 g/t y Ag 132 g/t.

5.13.2 Unidades fotogeológicas

Las rocas y los sedimentos del Area se clasifican en 17 unidades fotogeológicas (Apéndice 2), de las cuales 10 son correlativas con las rocas metamórficas, sedimentarias y volcánicas proterozoicas a pliocenas, y una ha sido interpretada como zona de alteración. Cinco unidades corresponden a los sedimentos no consolidados o semiconsolidados y rocas volcánicas cuaternarios y una unidad consta de los intrusivos del Ordovícico Posterior. En el Apéndice 3 se entregan la localización y la dirección de cada una de las unidades.

5.13.3 Zonas de alteración

Se interpretaron e identificaron 13 zonas de alteración en el Area, que se hallan dispersas con excepción de la parte central a sur. Estas se localizan dentro de las unidades fotogeológicas de las rocas metamórficas o rocas metasedimentarias del Proterozoico y Ordovícico (PRm, Oim), o las de los productos volcánicos del Mioceno, Plioceno y Cuaternario (Miv, Plv, Qv). Normalmente son ovaladas, y la más grande abarca 2×5 Km.

Como los yacimientos y zonas de mineralización conocidos dentro de las zonas de alteración del Area están los Diablillos (veta de oro y plata, zona de alteración AB3017), Incahuasi (veta de oro y yacimiento metasomático, AB4003) de Argentina.

5.13.4 Lineamientos

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

- (1) Los lineamientos fueron identificados, con excepción de las cuencas intramontañosas cubiertas por los sedimentos no consolidados cuaternarios y de los altiplanos formados por los productos volcánicos del Mioceno y posteriores. La densidad de los lineamientos es en general baja.
- (2) Los grandes lineamientos son de 20 a 30 Km de longitud, con rumbos de NE-SO en la parte norte, NNE-SSO al sudoeste, y de N-S a NNO-SSE de este a sudeste, los cuales coinciden con los rumbos regionales de las montañas locales. La cuenca intramontañosa de Salar de Antofalla del norte al sudoeste, que se extiende en forma lineal continua de rumbo NNE-SSO, es considerada una fosa de 10 Km de ancho, pero no se identifican peñascos acentuados importantes debido a la fuerte erosión.
- (3) Los lineamientos relativamente menores de menos de 10 Km de largo, son de NO-SE, N-S, NNE-SSO, E-O, etc. Se distribuyen densamente los lineamientos de NNE-SSO y NE-SO al sudoeste y al noreste, respectivamente. Los lineamientos del noreste entrecruzan claramente con las montañas formadas por las rocas graníticas (del Ordovícico Superior).
- (4) Ningún corrimiento fue interpretado en el Area.

5.13.5 Plegamientos y estructuras anulares

Pese a que las rocas sedimentarias cámbricas y ordovícicas del Area muestran un buen grado de desarrollo de estratificación, no se ha interpretado ni identificado el

plegamiento ni estructura anular importante. Al centro de los volcanes miocenos, pliocenos y cuaternarios predominantes al noroeste y sudoeste se hallan las calderas semicirculares y cráteres de 2 a 6 Km y de 0,5 a 1 Km de diámetro, respectivamente.

5.14 Area Belén

5.14.1 Descripción de la geología y yacimientos, según literatura disponible

(1) Geología y estructura

La geología del Area Belén se constituye de 13 unidades. Estas son, de abajo hacia arriba: sistemas precámbrico a cámbrico, cámbrico, ordovícico, carbonífero, pérmico, cenozoico no dividido, rocas volcánicas paleógenas, rocas sedimentarias miocenas, rocas volcánicas miocenas, rocas sedimentarias pliocenas, rocas volcánicas pliocenas, sedimentos cuaternarios y rocas volcánicas cuaternarias. Como rocas ígneas intrusivas, se mencionan los intrusivos del Paleozoico y los del Mesozoico (Figura 48).

- Sistema precámbrico a cámbrico (PC): aparecen esporádicamente al este del Area y está constituido por grauvacas, lutitas y conglomerados.
- Sistema cámbrico (Cb): está constituido por anfibolitas, rocas calcáreas metamórficas, rocas metavolcánicas, gneises, lutitas y cuarcitas, y se distribuye en grandes extensiones en la parte central.
- Sistema ordovícico (O): está constituido por las rocas sedimentarias o meta-sedimentarias de lutitas, esquistos, calizas, etc., y se halla parcialmente intercalado con lavas, intrusivos y piroclásticos dacíticos a riolíticos.
- Sistema carbonífero (C): se distribuye al oeste del Area y está constituido por las rocas sedimentarias continentales y marinas de conglomerados, areniscas, lutitas, limolitas, etc.
- Sistema pérmico (P): está constituido por las rocas sedimentarias continentales como areniscas, conglomerados, margas, aglomerados, etc.
- Cenozoico no dividido (Cz): está constituido principalmente por las rocas volcánicas como dacitas, andesitas, etc. cuyo período se desconoce, y se distribuye al noroeste del Area.
- Rocas volcánicas paleógenas (Tev): se componen de andesitas, andesitas dacíticas, basaltos andesíticos, etc., formando estratovolcanes erosionados.
- Rocas sedimentarias miocenas (Tms): se distribuye de la parte central a oeste con rumbo NNE-SSO. Son principalmente rocas sedimentarias continentales, parcialmente



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
 - Tcv** Paleocene to Oligocene (mainly volcanic rocks)
 - Cz** Undivided Cenozoic
- Paleozoic
 - P** Permian
 - C** Carboniferous
 - O** Ordovician
 - C** Cambrian
- Precambrian
 - PC** Precambrian to Cambrian
- Intrusive Rocks
 - Mzg** Mesozoic intrusive rocks
 - Pzg** Paleozoic intrusive rocks
- Fault
- Major ore deposit
1: La Hoyada

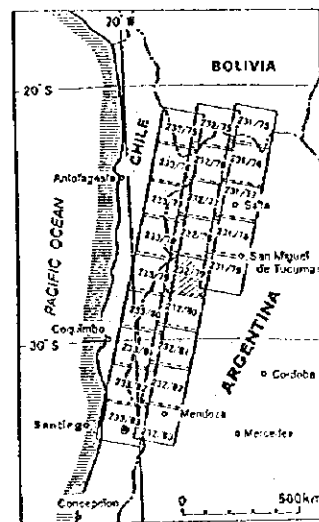


Fig.48 Simplified Geologic Map of the Belen Area

intercalados con estratos marinos.

- Rocas volcánicas miocenas (Tmv): se componen de andesitas, dacitas, piroclásticas, basaltos, etc., conformando estratovolcanes complejos.
- Rocas sedimentarias pliocenas (Tps): se distribuyen principalmente al sudoeste del Area, y están constituidos por conglomerados, areniscas, fangolitas y tobas.
- Rocas volcánicas pliocenas (Tpv): se distribuyen principalmente al noroeste del Area y están constituidas por andesitas, basaltos, andesitas basálticas, etc., conformando estratovolcanes.
- Sedimentos cuaternarios (Qs): son distintos tipos de sedimentos fluviales, aluviales, evaporales, etc.
- Rocas volcánicas cuaternarias (Qv): están constituidas por andesitas y basaltos, conformando volcanes independientes.

- Intrusivos del Paleozoico (Pzg): algunos se distribuyen con rumbo N-S a NNO-SSE, en forma dispersa en la parte central a oeste con un ancho máximo de 20 Km. Otros se distribuyen en la parte central a este con un ancho máximo de 50 Km con rumbo NNE-SSO a NE-SO. Están constituidos por granitos, granodioritas, granitos monzoníticos, tonalitas, pórfidos, etc., con milonitización parcial.
- Intrusivos del Mesozoico (Mzg): están constituidas por granitos, granodioritas o gabros y se distribuyen en forma dispersa al noroeste del Area.

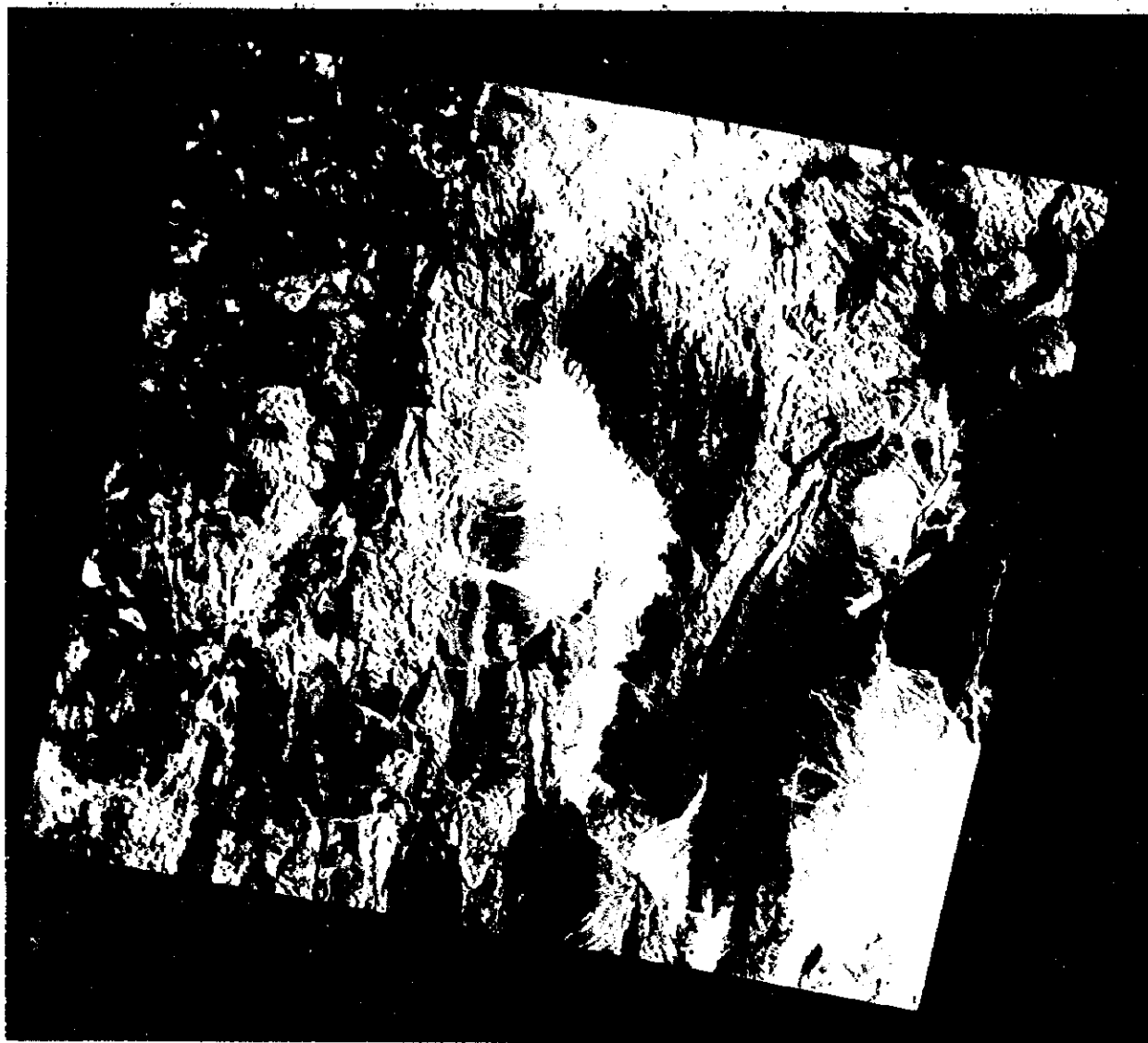
Esta Area está formada predominantemente por tres provincias tectónicas, a saber: la de las Sierras Pampeanas al sudoeste y este; la de las Sierras Transpampeanas de noroeste a sur, la de las Sierras Pampeanas del centro al noreste, y la de la Puna Altiplano al extremo noroeste del Area.

La provincia tectónica de las Sierras Pampeanas está constituida, desde abajo hacia arriba, por los sistemas precámbrico a cámbrico, cámbrico, ordovícico, carbonífero, pérmico, cenozoico no dividido, rocas sedimentarias miocenas, rocas volcánicas miocenas, rocas sedimentarias pliocenas, rocas volcánicas pliocenas y sedimentos cuaternarios, con intrusivos del Paleozoico y del Mesozoico.

La provincia tectónica de las Sierras Transpampeanas está constituida, desde abajo hacia arriba, por los sistemas precámbrico a cámbrico, cámbrico, ordovícico, carbonífero, pérmico, rocas sedimentarias miocenas, rocas volcánicas miocenas y sedimentos cuaternarios. Al este, se extienden grandes afloramientos del sistema cámbrico. Como rocas ígneas intrusivas, están los intrusivos del Paleozoico.

La provincia tectónica de Puna Altiplano está constituida por los sistemas cámbrico, ordovícico, cenozoico no dividido, rocas volcánicas paleógenas, rocas volcánicas miocenas, rocas volcánicas pliocenas, sedimentos cuaternarios y rocas volcánicas

Belen



JICA/MMAJ/JMEC

Fig.49 LANDSAT TM False Color Composite Image of the Belen Area



LANDSAT TM RATIO IMAGE
Multiplied by Forest Principal Component

Belen



JICA/MMAJ/JMEC

Fig.50 LANDSAT TM Ratio Image of the Belen Area



cuaternarias.

(2) Yacimientos

Se conocen siete yacimientos en el Area: tres son vetiformes y disseminación, y cuatro son skarn, metasomático y vetiformes del Precámbrico a Paleozoico. Los elementos de los segundos son variados: cobre y oro (Cueros de Purulla), plomo, zinc y cobre (Los Ratonés), tungsteno (San Antonio), estaño, cobre y zinc (Vilachay). A continuación se describen las características del yacimiento más importante:

- La Hoyada (A50): Es un yacimiento vetiforme polimetálico (cobre, plomo, zinc y plata) de la provincia tectónica de las Sierras Transpampeanas, que tiene por roca encajadora a dacitas y brechas dacíticas. Su edad metalogénica se estima en el Terciario. Las reservas son de 9 millones de toneladas, y el grado es de Cu 1,5 %, Pb 1,8 % y Ag 250 g/t.

5.14.2 Unidades fotogeológicas

Las rocas y los sedimentos del Area se clasifican en 26 unidades fotogeológicas (Apéndice 2), de las cuales 17 son correlativas con las rocas metamórficas, sedimentarias y volcánicas proterozoicas a pliocenos, y una ha sido interpretada como zona de alteración. Cinco unidades corresponden a los sedimentos no consolidados o semiconsolidados y rocas volcánicas cuaternarias y tres constan de los intrusivos proterozoicos, cámbricos a ordovícicos y del Ordovícico Superior. En el Apéndice 3 se entregan la localización y la dirección de cada una de las unidades.

5.14.3 Zonas de alteración

Se interpretaron e identificaron sólo dos zonas de alteración en el Area; estas son colindantes entre sí y se distribuyen dentro de la unidad fotogeológica de las rocas volcánicas pliocenas (Plv) al norte. La zona de alteración del oeste forma una sola unidad independiente, con rumbo E-O y longitud del eje mayor de unos 2,5 Km. Al este se distribuyen varias zonas de alteración pequeñas.

Se identificaron dos zonas de alteración en el Area, pero ningún yacimiento o zona de mineralización se conoce dentro de ellas.

5.14.4 Lineamientos

Los lineamientos interpretados e identificados en esta Area presentan las

siguientes características de distribución y rumbos:

- (1) Múltiples lineamientos fueron identificados en el Area, salvo en las unidades de los sedimentos cuaternarios no consolidados desarrollados alrededor de los principales ríos, y en las zonas montañosas (formadas principalmente por las rocas volcánicas pliocenas) del norte al oeste. La densidad es especialmente alta al este y sudeste.
- (2) Los grandes lineamientos son de 30 a 40 Km de longitud, y su rumbo coincide con el rumbo regional de las rocas componentes de las montañas locales: al sudoeste y sudeste, los lineamientos son de N-S a NNE-SSO, y al este, de NNE-SSO a NE-SO.
- (3) Los lineamientos relativamente menores de 2 a 5 Km de longitud son de NO-SE, E-O y NE-SO, y su distribución es dispersa en todo el Area, salvo los lineamientos de NE-SO desarrollados densamente dentro de las rocas graníticas que componen la montañas del este y sudeste.
- (4) Se interpretaron cuatro corrimientos de NNE-SSO al centro, oeste y sudoeste del Area. Tres de ellos forman el borde este de la unidad fotogeológica del sistema carbonífero superior (Cs). Estos presentan suave sinuosidad, sugiriendo la presencia de fallas de inclinación leve. El extremo sur del lineamiento del sudoeste se extiende más allá del Area.

5.14.5 Plegamientos y estructuras anulares

Se identificaron 12 plegamientos en todo del Area. La relación anticlinal y sinclinal es de 6 : 6, y uno de los anticlinales fue interpretado como plegamiento invertido. Los plegamientos se concentran en las partes noroeste y del centro a sur, formados en su mayoría por las rocas sedimentarias miocenas. El eje de las estructuras del noreste y del centro al sur se desarrolla con rumbos NNE-SSO y de N-S a NNO-SSE, respectivamente. La longitud varía de 5 a 25 Km.

No fueron interpretadas ni identificadas las estructuras anulares en esta Area. En las montañas del norte al oeste se distribuyen ampliamente los volcanes activos durante Oligoceno, Mioceno, Plioceno y Cuaternario, en cuyo centro se encontraron múltiples calderas y cráteres de 2 a 5 Km y de 0,5 a 1 Km de diámetro, respectivamente.

5.15 Area Chilecito

5.15.1 Descripción de la geología y yacimientos, según literatura disponible

- (1) Geología y estructura

La geología del Area Chilcito se constituye de nueve unidades. Estas son, de abajo hacia arriba: sistemas precámbrico a cámbrico, ordovícico, devónico, carbonífero, pérmico, triásico, rocas sedimentarias miocenas, rocas sedimentarias pliocenas y los sedimentos cuaternarios. Como rocas ígneas intrusivas, se mencionan los intrusivos del Paleozoico y los del Mesozoico (Figura 51).

- Sistema precámbrico a cámbrico (PC): está constituido por esquistos, gneises, anfibolitas, mármoles, migmatitas, rocas básicas, ultrabásicas, lutitas, cornubianitas y cuarcitas.
- Sistema ordovícico (O): está constituido por areniscas arcosas, grauvacas, lutitas, cuarcitas, calizas, margas y dolomías. En el extremo norte, el sistema contiene dacitas, tobas, brechas y lavas riolíticas y dacíticas.
- Sistema devónico (D): se distribuye al oeste del Area con rumbo N-S, y está constituido por las rocas sedimentarias de grauvacas, conglomerados, areniscas, lutitas, etc.
- Sistema carbonífero (C): se distribuye al oeste del Area y está constituido por las rocas sedimentarias de areniscas, areniscas arcosas, conglomerados, fangolitas orgánicas, etc.
- Sistema pérmico (P): está constituido por las rocas sedimentarias de conglomerados, areniscas arcosas, areniscas rojas, lutitas, etc.
- Sistema triásico (TR): está constituido normalmente por las rocas sedimentarias continentales de conglomerados, areniscas, fangolitas, limolitas, conglomerados, etc. En la parte norte, se intercalan con aglomerados y brechas andesíticos.
- Rocas sedimentarias miocenas (Tms): se distribuyen en la parte central a oeste con rumbo NNE-SSO y están constituidos por conglomerados, areniscas y fangolitas.
- Rocas sedimentarias pliocenas (Tps): se distribuyen en la parte central a oeste, y están constituidos por conglomerados, areniscas, fangolitas y tobas.
- Sedimentos cuaternarios (Qs): son diversos tipos de pedimentos y sedimentos fluviales, glaciales, aluviales, evaporales, etc.
- Intrusivos del Paleozoico (Pzg): se distribuye principalmente en la parte este a central del Area con un ancho máximo de 50 Km con rumbo NNO-SSE y están constituidos por los granitos, granodioritas, tonalitas, pórfidos, etc. Los intrusivos del noroeste son granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas.
- Intrusivos del Mesozoico (Mzg): se distribuyen en forma dispersa al noroeste del Area y están constituidos por granitos, granodioritas, etc.

Esta Area está formada por tres provincias tectónicas de oeste a este. Estas son: la de la Precordillera al oeste, la de las Sierras Pampeanas en la parte central y la de las



LEGEND

- | | | |
|-----------------|------------|-------------------------------|
| | Qs | Quaternary (mainly sediments) |
| Cenozoic | Tps | Pliocene sedimentary rocks |
| | Tms | Miocene sedimentary rocks |
| Mesozoic | T | Triassic |
| | P | Permian |
| Paleozoic | C | Carboniferous |
| | D | Devonian |
| | O | Ordovician |
| Precambrian | FC | Precambrian to Cambrian |
| Intrusive Rocks | Mzg | Mesozoic intrusive rocks |
| | Pzg | Paleozoic intrusive rocks |
| | — | Fault |
| | ■ | Major ore deposit |
| | 1: | Famatina (La Estrechura) |

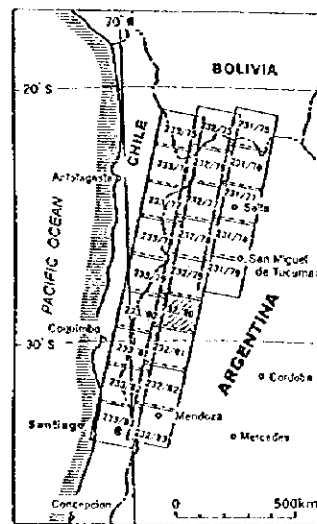


Fig.51 Simplified Geologic Map of the Chilecito Area

Chilecito



JICA/MMAJ/JMEC

Fig.52 LANDSAT TM False Color Composite Image of the Chilecito Area



LANDSAT TM RATIO IMAGE
Multiplied by First Principal Component

Chilecito



JICA/MMAJ/JMEC

Fig.53 LANDSAT TM Ratio Image of the Chilecito Area



Sierras Transpampeanas al noreste.

La provincia tectónica de la Precordillera está constituida por los sistemas precámbrico a cámbrico, ordovícico, devónico, carbonífero, pérmico, triásico, rocas sedimentarias miocenas, rocas sedimentarias pliocenas y sedimentos cuaternarios, con los intrusivos del Paleozoico.

La provincia tectónica de las Sierras Pampeanas está constituida, desde abajo hacia arriba, por los sistemas precámbrico a cámbrico, ordovícico, devónico, carbonífero, pérmico, triásico, rocas sedimentarias miocenas, rocas sedimentarias pliocenas y sedimentos cuaternarios, con los intrusivos del Paleozoico.

La provincia tectónica de las Sierras Transpampeanas está constituida por los sistemas precámbrico a cámbrico, ordovícico, carbonífero, pérmico, triásico, rocas sedimentarias miocenas, rocas sedimentarias pliocenas y sedimentos cuaternarios, acompañados de los intrusivos del Paleozoico.

(2) Yacimientos

Se conocen 17 yacimientos en el Area, casi todos vetiformes. Estos se clasifican en tres grupos según elementos: de cobre y oro (9 yacimientos), de plomo, zinc y plata (5), de cobre y molibdeno (1). Muchos de ellos fueron formados en el Terciario, y algunos en el Paleozoico. No se ha aclarado la relación entre los elementos de yacimiento y la edad metalogénica. También existen los depósitos de placer de oro (distrito de Ramblones y Mariposa de Oro). Los yacimientos más representativos son Famatina (La Estrechura), Mogote Río Blanco, La Mejicana, etc.

- La Estrechura (A68): Es un yacimiento vetiforme o enrejado de vetillas de molibdeno y cobre, localizado dentro de la provincia tectónica de las Sierras Transpampeanas al centro del Area. Tiene por roca encajadora a las rocas sedimentarias cámbricas a ordovícicas y a dacitas que las intruyen. La edad metalogénica se estima en Terciario Superior. Los minerales de las menas son molibdenita, calcopirita, enargita, galena y blenda, y el de ganga es cuarzo. Las reservas se estiman en 3 millones de toneladas, y el grado es de Mo de 0,13 a 0,17 % y Cu de 0,1 a 0,5 %.

5.15.2 Unidades fotogeológicas

Las rocas y los sedimentos del Area se clasifican en 29 unidades fotogeológicas (Apéndice 2), de las cuales 20 son correlativas con las rocas metamórficas, sedimentarias y volcánicas proterozoicas a pliocenas, y una ha sido interpretada como zona de alteración. Cinco unidades corresponden a los sedimentos no consolidados y rocas volcánicas

cuaternarios y tres constan de los intrusivos proterozoicos, silúricos a devónicos y pérmicos a triásicos. En el Apéndice 3 se entregan la localización y la dirección de cada una de las unidades.

5.15.3 Zonas de alteración

Se interpretaron e identificaron sólo dos zonas de alteración al oeste y centro del Area. La del oeste se localiza dentro de la unidad fotogeológica del sistema devónico a carbonífero (DC), mientras que la del centro, al límite entre las rocas graníticas silúricas a devónicas (γ p) y las rocas metamórficas proterozoicas (PRm). La zona de alteración del oeste es pequeña con el eje mayor de 1 Km aproximadamente, mientras que la del centro es grande abarcando 4×8 Km.

Entre los yacimientos y zonas de mineralización conocidos dentro de las zonas de alteración del Area están el Ofir (veta de cobre, zona de alteración AB6002), Los Bayos (veta de plata, AB6002), La Estrechura (veta de cobre, AB6002), La Enerucijada (veta de cobre, AB6002) de Argentina.

5.15.4 Lineamientos

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

- (1) Múltiples lineamientos fueron identificados en las zonas montañosas del Area, salvo en las llanuras, faldas y lomas formadas por los sedimentos cuaternarios no consolidados y parte de las rocas sedimentarias miocenas y pliocenas. La densidad de los lineamientos es especialmente alta al noroeste y sudoeste donde se mezclan los sistemas proterozoico y paleozoico, al sudeste donde se levantan las montañas formadas por el Proterozoico y al sudeste donde predominan el sistema pérmico y las rocas graníticas.
- (2) Los grandes lineamientos son de 30 a 50 Km de longitud, con rumbos N-S a NNO-SSE o NNE-SSO, que coinciden con los rumbos regionales de las rocas sedimentarias que conforman las montañas locales.
- (3) Los lineamientos relativamente menores son de NO-SE y NE-SO. Muchos de estos se acompañan entre sí, y se distribuyen casi en la totalidad de las zonas montañosas. La densidad es especialmente en las montañas del este y sudeste, donde las rocas componentes se hallan divididas en pequeños bloques.
- (4) Se interpretaron ocho corrimientos al noroeste, centro y sudoeste del Area, con rumbos N-S a NNE-SSO o NNO-SSE. Normalmente, estos son continuos. Un corrimiento del

noroeste y cuatro del sudoeste se extienden más allá del Area, hacia el norte y sur.

5.15.5 Plegamientos y estructuras anulares

El Area se caracteriza por la predominancia de las rocas sedimentarias con estratificación desarrollada, pudiendo identificarse un total de 53 plegamientos. La relación anticlinal y sinclinal es de 30 : 23, con estructura anticlinal más fácil de interpretar por estar descubierta. Estas estructuras se hallan dentro de las unidades fotogeológicas de los sistemas devónico a triásico, y se concentran del norte al centro, del oeste al sudoeste y al sur del Area. Los rumbos de los ejes coinciden con los de las rocas sedimentarias que conforman estas estructuras, variando de N-S y NO-SE del norte al sur, de N-S a NNO-SSE y NNO-SSE en la parte oeste a sudoeste, y de N-S, NO-SE y NE-SO al sur del Area. La longitud de los ejes varía de 3 a 15 Km. La longitud de onda interpretada fue de 5 Km aproximadamente.

Fue interpretada e identificada una estructura semianular al sudeste, en la unidad fotogeológica de rocas graníticas.

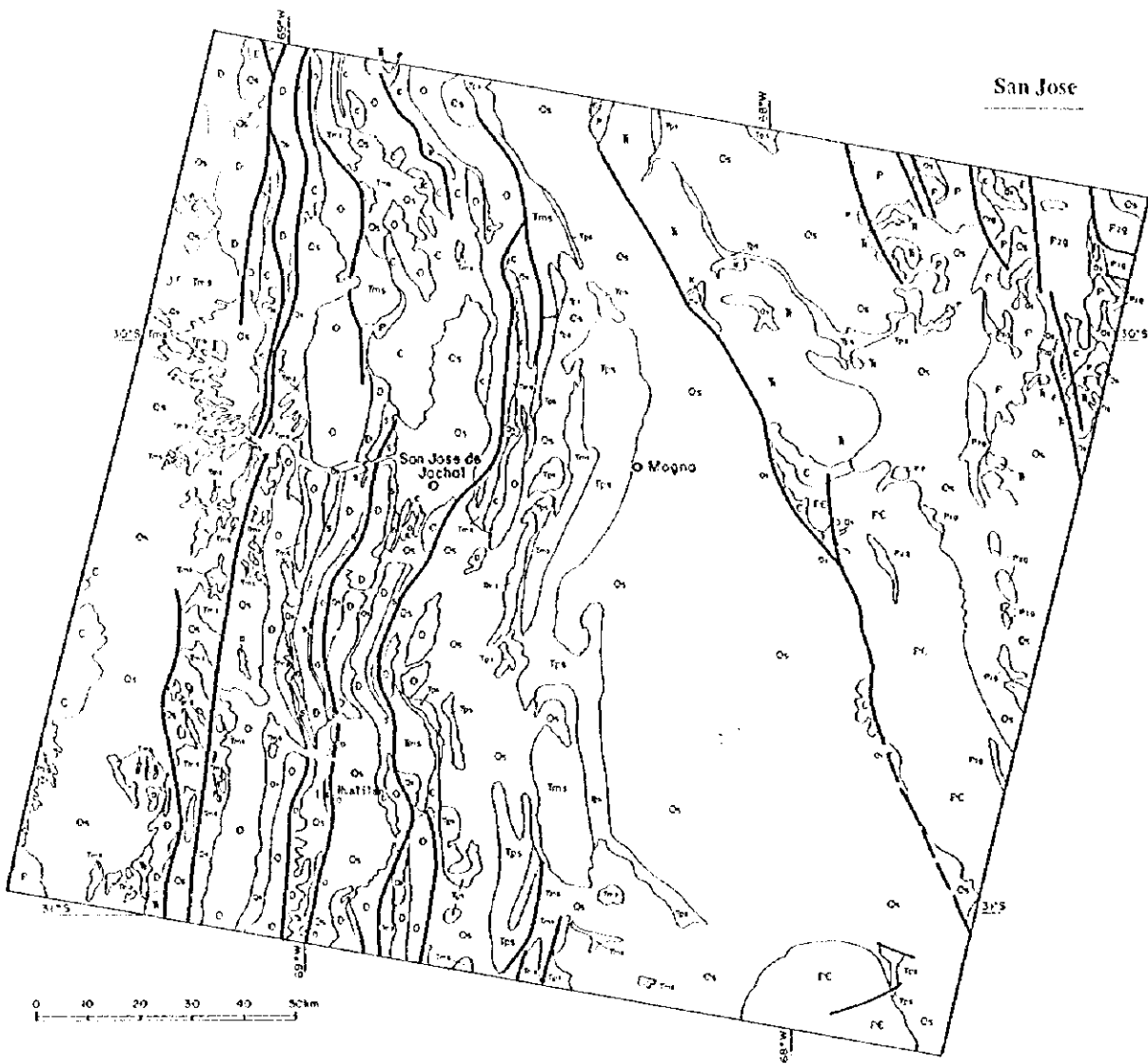
5.16 Area San José

5.16.1 Descripción de la geología y yacimientos, según literatura disponible

(1) Geología y estructura

La geología del Area San José se constituye de 11 unidades. Estas son, de abajo hacia arriba: sistemas precámbrico a cámbrico, ordovícico, silúrico, devónico, carbonífero, pérmico, triásico, cretácico, rocas sedimentarias miocenas, rocas sedimentarias pliocenas y los sedimentos cuaternarios. Como rocas ígneas intrusivas, se mencionan los intrusivos del Paleozoico (Figure 54).

- Sistema precámbrico a cámbrico (PC): se distribuye al este y sudeste del Area. Los cuerpos de rocas del este discurren en rumbo NNO-SSE, y están constituidas por anfíbol-biotita-gneises, biotita-granate-gneises, hipersteno-anfíbol-gneises, anfíbolitas, anfíbol-esquistos, rocas básicas, rocas ultrabásicas, granitos, aplitas y pegmatitas. Dentro del anfíbol-biotita-gneises, se incluyen sillimanita o cordierita. Los cuerpos de rocas del sudeste están constituidos por biotita-moscovita-granate-gneises, biotita-granate-gneises, anfíbolitas, anfíbol-esquistos, grafito-esquistos, mica-esquistos, rocas básicas, ultrabásicas, mármoles, calizas y esquistos calcáreos.



LEGEND

- | | | |
|-----------------|------------|---|
| | Qs | Quaternary (mainly sediments) |
| Cenozoic | Tps | Miocene to Pliocen (mainly sedimentary rocks) |
| | Tms | Miocene sedimentary rocks |
| | K | Cretaceous |
| Mesozoic | T | Triassic |
| | P | Permian |
| Palozoic | C | Carboniferous |
| | D | Devonian |
| | S | Silurian |
| | O | Ordovician |
| | pC | Precambrian to Cambrian |
| Intrusive Rocks | Pzg | Paleozoic intrusive rocks |
| | — | Fault |
| | ■ | Major ore deposit |
| | 1: | Mullilan |

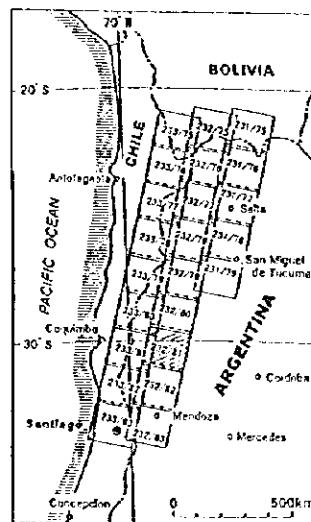


Fig.54 Simplified Geologic Map of the San Jose Area

San José de Jachal



JICA/MMAJ/JMEC

Fig.55 LANDSAT TM False Color Composite Image of the San Jose Area



LANDSAT TM RATIO IMAGE
Multiplied by First Principal Component

San Jose de Jachal



JICA/MMAJ/JMEC

Fig.56 LANDSAT TM Ratio Image of the San Jose Area



- Sistema ordovícico (O): se distribuye al oeste del Area con rumbo N-S, y está constituido por las rocas sedimentarias marinas como grauvacas, areniscas, lutitas, limolitas, lutitas, fangolitas, calizas, etc. Al extremo oeste, las rocas sedimentarias del sistema son intruidas por basaltos.
- Sistema silúrico (S): se distribuye en la parte central a este y está constituido por las rocas sedimentarias marinas como areniscas, grauvacas, lutitas, ortocuarcitas, calizas, fangolitas, etc.
- Sistema devónico (D): se distribuye al oeste del Area con rumbo N-S y está constituido por las rocas sedimentarias marinas (parcialmente continentales) de conglomerados, areniscas, lutitas, fangolitas, limolitas, etc.
- Sistema carbonífero (C): se distribuye en la parte oeste a central del Area y está constituido por las rocas sedimentarias marinas y continentales de areniscas, lutitas, cuarcitas arenosas, conglomerados, etc. Parcialmente, incluye andesitas y piroclásticas andesíticas.
- Sistema pérmico (P): se distribuye al norte del Area y está constituido por conglomerados, areniscas arcosas, areniscas y lutitas.
- Sistema triásico (TR): se distribuye al norte con rumbo NO-SE, y está constituido por las rocas sedimentarias continentales de conglomerados, areniscas, lutitas, limolitas, tobas, fangolitas, etc.
- Sistema cretácico (K): se distribuye esporádicamente al norte del Area y está constituido por conglomerados, areniscas y limolitas continentales.
- Rocas sedimentarias miocenas (Tms): se distribuyen en la parte central a oeste y están constituidas por aglomerados andesíticos y dacíticos, brechas, andesitas, basaltos, conglomerados, tobas, limolitas, areniscas, conglomerados, fangolitas y lutitas.
- Rocas sedimentarias pliocenas (Tps): se distribuye en el centro del Area con rumbo N-S y están constituidas por conglomerados, areniscas y limolitas.
- Sedimentos cuaternarios (Qs): son pedimentos y distintos tipos de sedimentos fluviales, glaciales, aluviales, evaporales, etc.
- Intrusivos del Paleozoico (Pzg): se distribuye de manera dispersa, principalmente, al extremo este en forma dispersa y se están constituidos por granitos, granodioritas o tonalitas, etc.

Esta Area está formada por tres provincias tectónicas. Estas son, de oeste a este: la provincia tectónica de la Precordillera al oeste del Area; la de las Sierras Pampeanas del centro al extremo noreste, y; la de las Sierras Transpampeanas al noreste.

La provincia tectónica de la Precordillera está constituida por los sistemas ordovícico, silúrico, devónico, carbonífero, pérmicas y triásico, rocas sedimentarias

miocenas y sedimentos cuaternarios, con los intrusivos del Paleozoico.

La provincia tectónica de las Sierras Pampeanas está constituida, desde abajo hacia arriba, por los sistemas precámbrico a cámbrico, carbonífero, pérmicas, triásico y cretácico, rocas sedimentarias miocenas, rocas sedimentarias pliocenas y sedimentos cuaternarios, acompañados de los intrusivos del Paleozoico.

La provincia tectónica de las Sierras Transpampeanas está constituida por los sistemas precámbrico a cámbrico, carbonífero, pérmicas, triásico, cretácico, rocas sedimentarias pliocenas y sedimentos cuaternario, acompañados de los intrusivos del Paleozoico.

(2) Yacimientos

Se conocen 10 yacimientos en el Area: siete vetiformes de oro (Gualilán, etc.), dos estratiformes de plata, plomo y zinc (Hualilán, La Helvecia, etc.), y otro cuyo tipo se desconoce. Los yacimientos, salvo El Morado, se localizan dentro de la provincia tectónica de la Precordillera. Se deduce que muchos de los yacimientos vetiformes de oro fueron formados en el Terciario. A continuación se describen las características de uno de los principales yacimientos:

- Hualilán (A89): Es un yacimiento epitermal de oro ubicado dentro de la provincia tectónica de la Precordillera al sur. Tiene por roca encajadora a calizas precámbricas a ordovícicas, lutitas silúricas, areniscas rojas terciarias, así como dacitas y rocas eruptivas dacíticas que las intruyen. Los minerales de las menas son pirita, galena, calcopirita, smithonita, malaquita y azurita, mientras los de gangas son cuarzo, hedenbergita, augita, y limonita. Las reservas se estiman en 275.000 toneladas y el grado es de Au 10,8 g/t.

5.16.2 Unidades fotogeológicas

Las rocas y los sedimentos del Area se clasifican en 28 unidades fotogeológicas (Apéndice 2), de las cuales 21 son correlativas con las rocas metamórficas y sedimentarias proterozoicas a pliocenas, y una ha sido interpretada como zona de alteración. Cuatro unidades corresponden a los sedimentos no consolidados cuaternarios y dos constan de los intrusivos ordovícicos y triásicos. En el Apéndice 3 se entregan la localización y la dirección de cada una de las unidades.