

5.16.3 Zonas de alteración

Se interpretaron e identificaron sólo dos zonas de alteración al noroeste del Area, dentro de las unidades fotogeológicas del sistema devónico superior (Ds) y carbonífero superior (Cs). Estas zonas son ovaladas, y no muy grandes (eje mayor de 2 Km aproximadamente).

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

5.16.4 Lineamientos

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

- (1) Los lineamientos fueron identificados de las grandes extensiones de las montañas formadas por rocas metamórficas, sedimentarias y graníticas, salvo en las llanuras y las cuencas intramontañosas que se extienden a lo largo de los principales ríos al oeste, centro a sudeste y noreste, y sus zonas aledañas. La densidad de los lineamientos es especialmente alta en las montañas del oeste, este a sudeste y al noreste del Area entre longitudes oeste de $68^{\circ}30'$ y $69^{\circ}00'$.
- (2) Los grandes lineamientos de más de 50 Km de longitud presentan rumbos que casi coinciden con los rumbos regionales de las rocas componentes locales: en las montañas del oeste, los lineamientos se desarrollan con rumbo N-S a NNE-SSO con un intervalo 3 a 5 Km; los lineamientos que forman el borde occidental de las montañas del norte a sudeste, y los del noreste, se desarrollan con rumbo NO-SE.
- (3) Los rumbos de los lineamientos relativamente menores son de NO-SE, E-O y NE-SO. De estos, los de NE-SO predominan dentro de las rocas metamórficas proterozoicas (PRm) que conforman las montañas del sudeste. Al noreste, se desarrollan densamente los lineamientos de NO-SE y E-O.
- (4) Se interpretaron 33 corrimientos de N-S en las montañas del oeste, cuya mayoría presenta suave sinuosidad, sugiriendo la presencia de fallas de inclinación leve. En especial, al borde este del estrato de calizas del Ordovícico Inferior (Oi), se identifican múltiples contactos claros.

5.16.5 Plegamientos y estructuras anulares

Se identificaron 36 plegamientos en todo del Area. La relación anticlinal y sinclinal es 22 : 14, pudiendo identificar con mayor claridad el primero. Estas estructuras

se concentran en la parte central conformada por las rocas sedimentarias ordovícicas y posteriores, y están constituidas por las rocas metamórficas proterozoicas, rocas graníticas paleozoicas, etc. En la mitad este, no se ha podido identificar casi ningún plegamiento. Los rumbos de los ejes coinciden con los rumbos regionales de las rocas sedimentarias que conforman dichas estructuras, predominando de N-S a NNE-SSO o NNO-SSE. La longitud de los ejes varían de 10 a 50 Km. Se ha podido obtener la longitud de onda de muy limitadas estructuras (de 5 a 10 Km) debido a que éstas se hallan cortadas por los lineamientos paralelos a las mismas.

Ninguna estructura anular fue interpretada ni identificada dentro del Area.

5.17 Area San Juan

5.17.1 Descripción de la geología y yacimientos, según literatura disponible

(1) Geología y estructura

La geología del Area San Juan se constituye de 12 unidades. Estas son, de abajo hacia arriba: sistemas precámbrico a cámbrico, cámbrico, ordovícico, silúrico, devónico, carbonífero, pérmico, triásico, rocas sedimentarias paleógenas, rocas sedimentarias miocenas, rocas volcánicas miocenas y los sedimentos cuaternarios. Como rocas ígneas intrusivas, se mencionan los intrusivos del Paleozoico (Figura 57).

- Sistema precámbrico a cámbrico (PC): se distribuye al noreste y sur del Area. Los cuerpos de rocas del noreste están constituidas por biotita-moscovita-granate-gneises, biotita-granate-gneises, anfibolitas, anfíbol-esquistos, grafito-esquistos, mica-esquistos, rocas básicas y ultrabásicas, mármoles, granitos, calizas y esquistos calcáreas. Mientras tanto, los cuerpos de rocas del sur están constituidas por filitas, meta grauvacas, meta gabros, mica-esquistos y anfibolitas.
- Sistema cámbrico (Cb): está constituido por las rocas sedimentarias marinas de calizas, dolomías, margas y cuarcitas, y se distribuye en la parte central a lo largo de la falla con inclinación hacia el este que se extiende con rumbo casi N-S.
- Sistema ordovícico (O): se distribuye en la parte central con rumbo NNO-SSE y está constituido por conglomerados, areniscas, limolitas, lutitas, fangolitas y calizas. Parte de las calizas son supuestamente olistolitas.
- Sistema silúrico (S): se distribuye en la parte central con rumbo NNO-SSE está constituido por las rocas sedimentarias marinas de areniscas, grauvacas, lutitas, ortocuarcitas, calizas, fangolitas, etc.

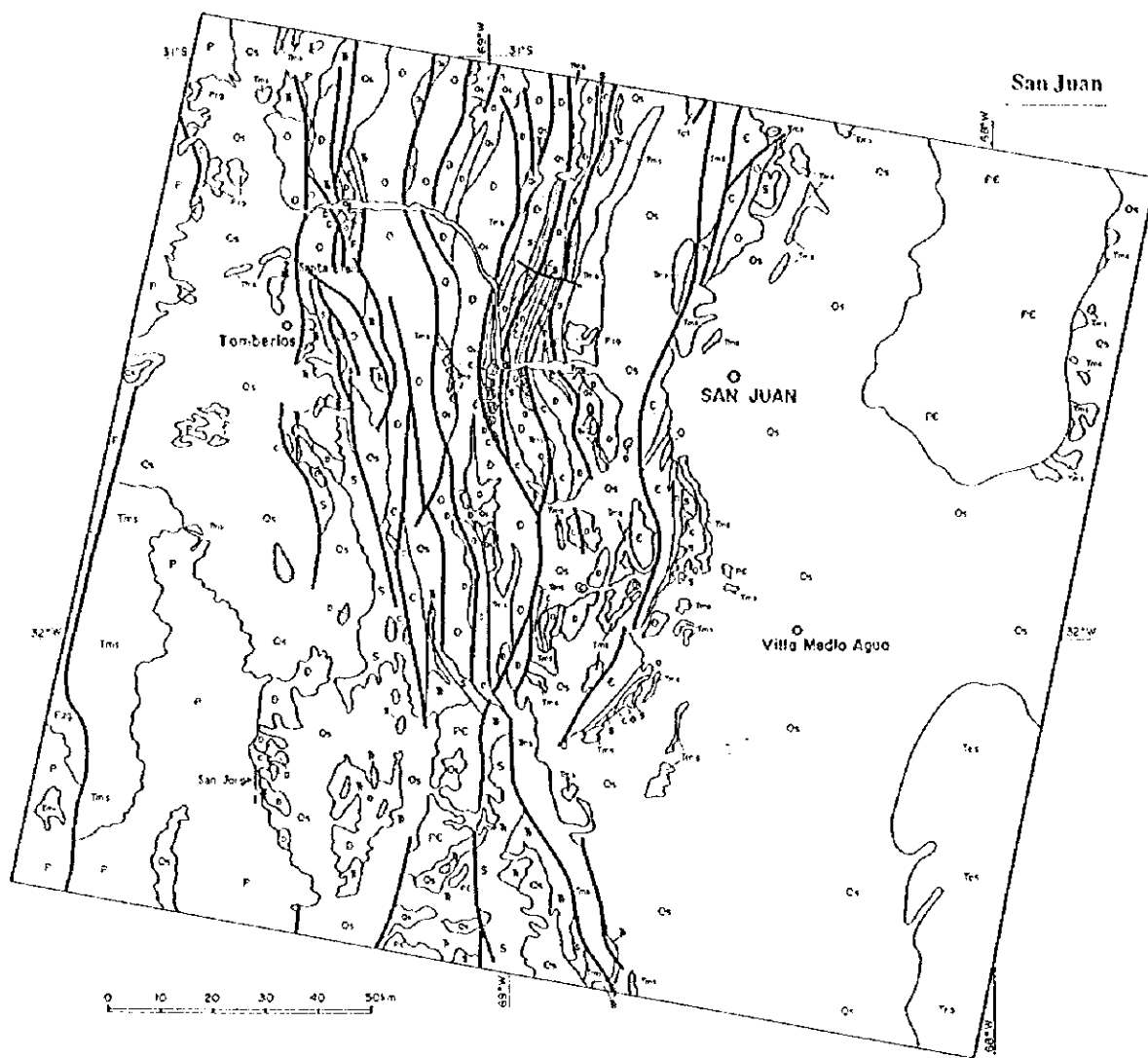
- Sistema devónico (D): se distribuye en la parte central con rumbo N-S y está constituido por las rocas sedimentarias marinas como conglomerados, areniscas, lutitas, fangolitas, limolitas, etc.
- Sistema carbonífero (C): se distribuye en la parte oeste a central del Area y está constituido por las rocas sedimentarias marinas y continentales de areniscas, lutitas, areniscas cuarcíferas, conglomerados, etc.
- Sistema pérmico (P): se distribuye al oeste del Area y está constituido por las rocas volcánicas ácidas a intermedias.
- Sistema triásico (TR): se distribuye en la parte oeste a central y está constituido por las rocas sedimentarias continentales de conglomerados, areniscas, lutitas, limolitas y fangolitas.
- Rocas sedimentarias paleógenas (Pes): se distribuye al sudeste del Area y son rocas sedimentarias continentales.
- Rocas sedimentarias miocenas (Tms): están constituidas por areniscas, conglomerados, lutitas y limolitas. Las areniscas son parcialmente tobáceas o feldespáticas. Las rocas incluyen yesos en algunas partes.
- Rocas volcánicas miocenas (Tmv): se distribuyen en pequeñas fracciones al extremo sudoeste y son rocas volcánicas intermedias.
- Sedimentos cuaternarios (Qs): son pedimentos y diversos tipos de sedimentos fluviales, glaciales, aluviales, evaporales, etc.
- Intrusivos del Paleozoico (Pzg): se distribuyen al extremo oeste del Area y se encuentran divididos por una falla al este con inclinación hacia el oeste. Están constituidos por granitos, granodioritas o riolitas.

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

En la provincia tectónica de la Cordillera Frontal se distribuyen el sistema pérmico, rocas sedimentarias miocenas y rocas volcánicas miocenas de rumbo N-S, acompañados de los intrusivos del Paleozoico dispersos con mismo rumbo.

La provincia tectónica de la Precordillera está constituida, desde abajo hacia arriba, por los sistemas precámbrico a cámbrico, cámbrico, ordovícico, silúrico, devónico, carbonífero, pérmico y triásico, así como por las rocas sedimentarias miocenas, acompañados de los intrusivos del Paleozoico.

La provincia tectónica de las Sierras Pampeanas está constituida por los sistemas precámbrico a cámbrico, rocas sedimentarias paleógenas, rocas sedimentarias miocenas y por los sedimentos cuaternarios.



LEGEND

- | | | |
|-----------------|------------|---|
| | Qs | Quaternary (mainly sediments) |
| Cenozoic | Tmv | Miocene volcanic rocks |
| | Tms | Miocene sedimentary rocks |
| | Tes | Paleocene to Oligocene (mainly sedimentary rocks) |
| Mesozoic | T | Triassic |
| Paleozoic | P | Permian |
| | C | Carboniferous |
| | D | Devonian |
| | S | Silurian |
| | O | Orlovician |
| | C | Cambrian |
| Precambrian | PC | Precambrian to Cambrian |
| Intrusive Rocks | Pzg | Paleozoic intrusive rocks |
| | — | Fault |
| | ■ | Major ore deposit
1: San Jorge
2: Santa Elena |

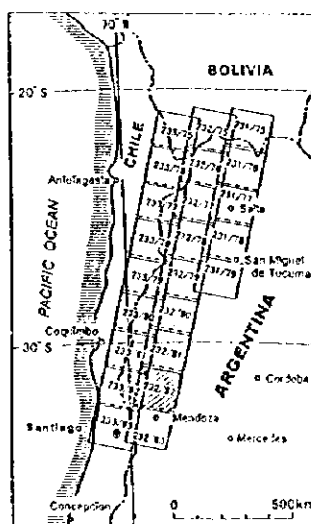
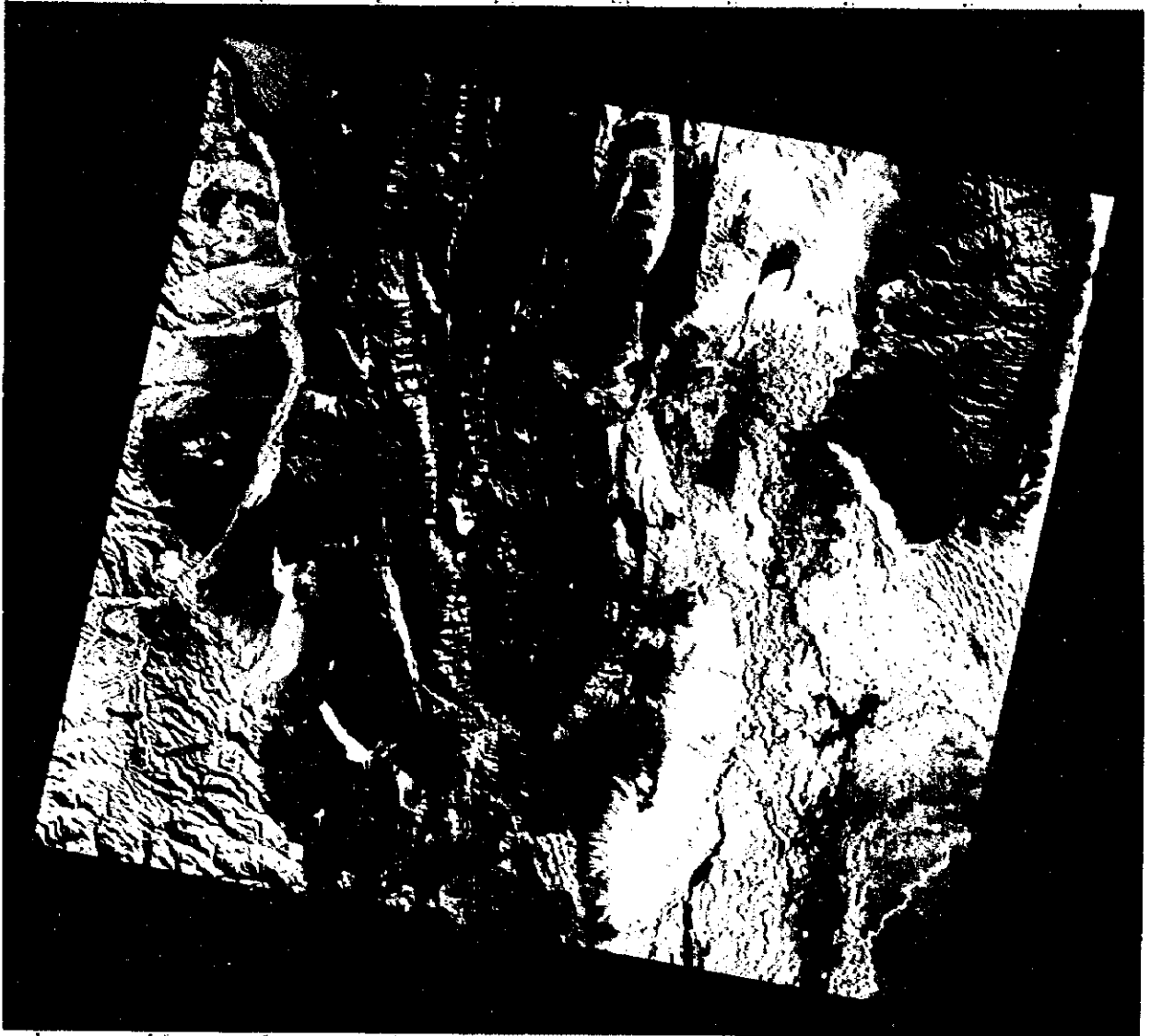


Fig.57 Simplified Geologic Map of the San Juan Area

San Juan



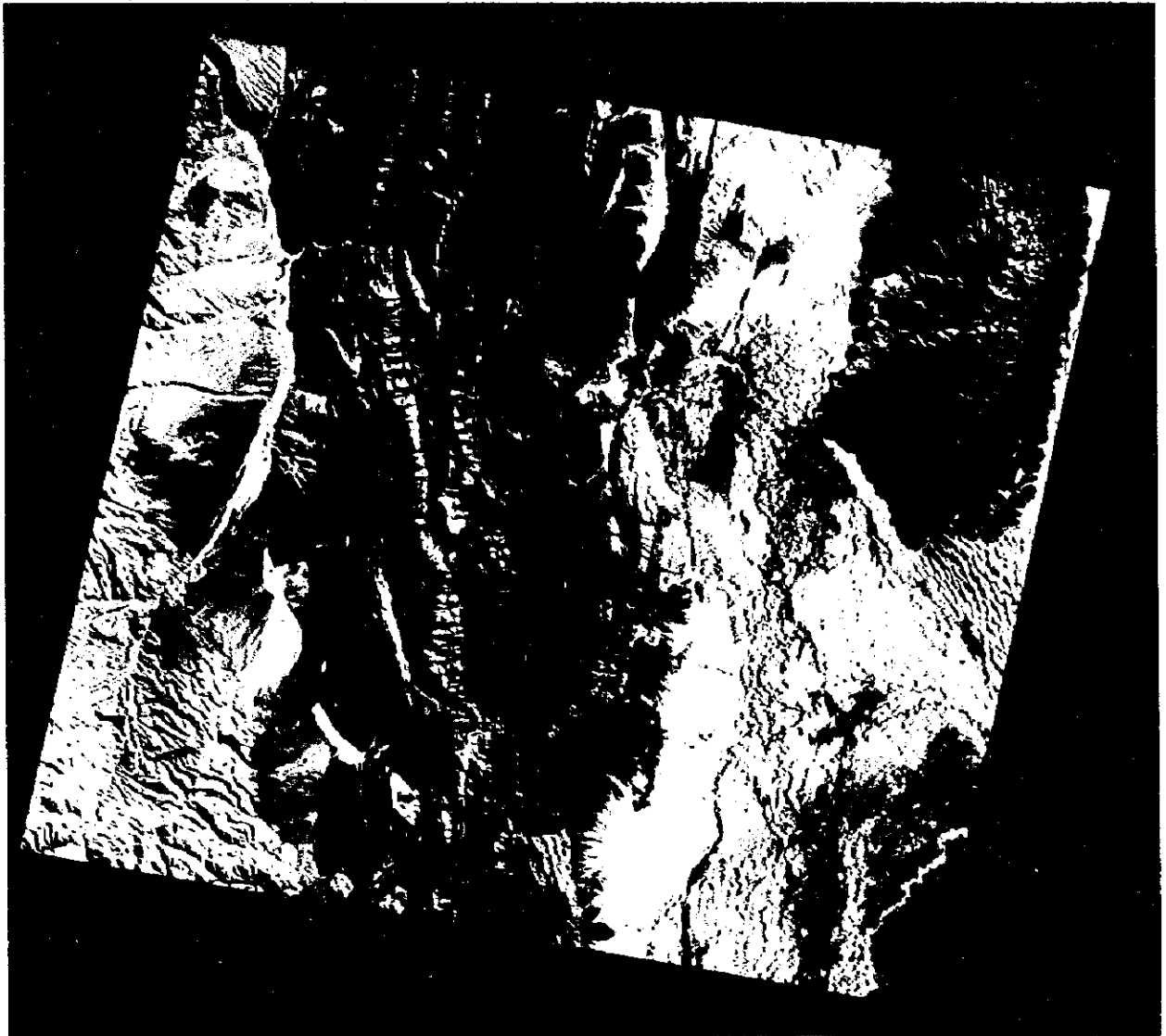
JICA/MMAJ/JMEC

Fig.58 LANDSAT TM False Color Composite Image of the San Juan Area



LANDSAT TM RATIO IMAGE
Multiplied by First Principal Component

San Juan



JICA/MMAJ/JMEC

Fig.59 LANDSAT TM Ratio Image of the San Juan Area



(2) Yacimientos

Se conocen 12 yacimientos en el Area; cuatro son de enrejados de vetillas o vetiformes, tres pórfidos cupríferos, un skarn o disseminación, un estratiforme, y otros cuyo tipo se desconoce. Alcaparrosa, uno de los pórfidos cupríferos data de 267 ± 4 Ma (Sillitoe, 1977), por K-Ar de la biotita hidrotermal encontrada dentro del pórfido dacítico. Se deduce que muchos de los enrejados de vetillas o vetiformes, pórfidos cupríferos, skarn y disseminación han sido formados del Pérmico a Triásico. A continuación se describen las características de los principales yacimientos:

- Castaño Viejo (A93): Es un yacimiento vetiforme de plomo, zinc y plata, localizado dentro de la provincia tectónica de la Cordillera Frontal. Tiene por roca encajadora a calizas y areniscas del Paleozoico, andesitas y dacitas, y sus brechas y tobas del Triásico. Se deduce que el yacimiento se formó en el Triásico. Los minerales de las menas son galena, blenda, calcopirita, calcosina, anglesita, covellina y pirita, y los de gangas son cuarzo, clorita y calcita. Las rocas encajadoras han sufrido sericitización, silicificación y piritización. Las reservas se estiman en 614.000 toneladas y el grado es de Pb 7,4 %, Zn 7,4 %, Cu 0,15 % y Ag 72 g/t.
- Castaño Nuevo (A94): Es un yacimiento de plomo, zinc y plata localizado dentro de la provincia tectónica de la Cordillera Frontal, al noroeste del Area. Tiene por roca encajadora a lavas andesíticas pérmicas a triásicas, y a diques que las intruyen, muy alterados y brechados por las actividades ocurridas en el Mioceno del Neógeno. Estas brechas alteradas son ovaladas con 1.500 m de rumbo N-S y 1.000 m de rumbo E-O, en la superficie del suelo. La alteración se caracteriza por una fuerte silicificación acompañada de alunita. Los minerales de las menas son galena, calcopirita y pirita, y los de gangas son cuarzo, calcita y yeso. Las reservas se estiman en 614.000 toneladas, y el grado de mena es de Au 5 g/t.
- María Marta Circe (A95): Es un yacimiento de plomo, zinc y plata, localizado dentro de la provincia tectónica de la Cordillera Frontal. Tiene por roca encajadora a granodioritas y pórfidos silicificados del Pérmico a Triásico. Los minerales de las menas son galena, blenda y pirita, y el de ganga es predominantemente cuarzo. Las reservas explotables se estiman en 1 millón de toneladas y el grado de las menas es de Ag 305 g/t, Pb 12 % y Zn 1 %.
- San Jorge (A97): Es un pórfido cuprífero de oro y cobre que tiene por roca encajadora a

las rocas sedimentarias y pórfidos del Carbonífero. Los minerales de las menas son galena, blenda y calcopirita, acompañadas de fluorita y cuarzo. Se estima que el yacimiento fue formado en 270±4 Ma (Sillitoe, 1977) según K-Ar de biotita magmática encontrada dentro de riolitas a pórfidos dacíticos. Las reservas se estiman en 146 millones de toneladas y el grado de las menas es de Cu 0,5 %, Au 0,2 %, Ag 3,5 g/t y Au 0,2 g/t.

- Santa Elena (A99): Es un yacimiento similar a tipo Chipres localizado dentro de la provincia tectónica de la Precordillera. Tiene como elementos al plomo, zinc, oro y plata. Su encajadora son las rocas sedimentarias y leptitas del Ordovícico, y lavas almohadillas (ofiolitas) que las cubren. A estas, intruyen dacitas riolíticas. Los cuerpos mineralizados son dos, con predominancia el del sur que tiene una longitud (discontinua) de 1 Km aproximadamente. Su espesor varía entre 1 a 8m. Las reservas se estiman en 370.000 t, y el grado de las menas es de Pb 2,1 %, Zn 3,3 %, Ag 87 g/t y Au 4,2 g/t.
- La Negrita (A106): Es un yacimiento vetiforme de oro y plata de la provincia tectónica de la Precordillera, al sur del Area. Se halla emplazado dentro de la estructura cataclástica en el contacto entre serpentinitas y dioritas neógenas que intruyen en las fangolitas precámbricas a paleozoicas inferiores. Los minerales de las menas son piritita y pirrotina. Las reservas se estiman en 300.000 toneladas, y el grado de mena es de Au 9 g/t.

5.17.2 Unidades fotogeológicas

Las rocas y los sedimentos del Area se clasifican en 33 unidades fotogeológicas (Apéndice 2), de las cuales 27 son correlativas con las rocas metamórficas, sedimentarias y volcánicas proterozoicas a pliocenas, y una ha sido interpretada como zona de alteración. Cuatro unidades corresponden a los sedimentos no consolidados cuaternarios y una consta de los intrusivos del Pérmico. En el Apéndice 3 se entregan la localización y la dirección de cada una de las unidades.

5.17.3 Zonas de alteración

Se interpretaron e identificaron 15 zonas de alteración distribuidas de manera dispersa al noroeste y del sudoeste al sur del Area. Las zonas del noroeste se localizan dentro de las unidades fotogeológicas de las rocas volcánicas del Triásico Superior y de las rocas graníticas del Pérmico (Trv, γ p), mientras que las zonas del sudoeste al sur,

principalmente dentro de las unidades de los sistemas silúrico y pérmico (S, Ps). Muchas de las zonas de alteración son pequeñas y ovaladas con longitud de eje mayor de 1 Km aproximadamente, aunque al sudoeste existe una zona que abarca una extensión de 2×5 Km.

Entre los yacimientos y zonas de mineralización conocidos dentro de las zonas de alteración del Area están el Castaño Viejo (veta de plomo y zinc, zona de alteración AB8001), Alcaparrosa (pórfido cuprífero, AB8003), Santa Elena (veta de plomo y zinc, AB8003), La Negrita (veta de oro y plata, AB8008), Paramillos Norte (pórfido cuprífero, AB8010) de Argentina.

5.17.4 Lineamientos

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

- (1) Los lineamientos fueron interpretados en casi todo el Area, salvo en las llanuras de rumbo N-S y las lomas aledañas a éstas, en las partes oeste y este. Los lineamientos de las montañas conformadas por las rocas sedimentarias del centro al norte se están concentrados y se distribuyen paralelamente con un intervalo de 3 a 5 Km. Sin embargo, la distribución no es densa en las montañas del noreste conformadas por las rocas metamórficas proterozoicas.
- (2) Múltiples lineamientos mayores de más de 50 Km de largo fueron identificados en las montañas centrales conformadas por las rocas sedimentarias. Estos se desarrollan con rumbo N-S, presentando suave sinuosidad. Este coincide con el rumbo de las rocas componentes de las montañas locales. En las montañas del noroeste, predominan los lineamientos de ENE-OSO a E-O de 10 a 30 Km de largo, que entrecruzan o cruzan perpendicularmente con las montañas locales.
- (3) Los lineamientos menores de rumbos NO-SE y NE-SO que entrecruzan con los principales fueron identificados en las montañas centrales, cuya densidad es sumamente baja, y tampoco controlan las estructuras de las montañas locales.
- (4) Se interpretaron 36 corrimientos de rumbo N-S, la mayoría de los cuales es continua y se desarrolla en el contacto de las rocas sedimentarias del Paleozoico Inferior, como los sistemas cámbrico, ordovícico, etc.

5.17.5 Plegamientos y estructuras anulares

Se identificaron en total 48 plegamientos, debido al buen grado de desarrollo de la estratificación de las rocas sedimentarias cámbricas y posteriores paralelas de rumbo N-S,

en el centro y al sudoeste del Area. La relación anticlinal y sinclinal es de 20 : 28, con mayor facilidad de interpretar el segundo. Sin embargo, no se reconocieron con exactitud los plegamientos en las unidades fotogeológicas de los sistemas cámbrico superior, ordovícico superior y devónico superior (Cs, Os, Ds) que abarcan grandes extensiones, por la aparición de masas en las imágenes. El rumbo de los ejes es en general N-S, y la longitud de onda de las estructuras anticlinal y sinclinal varía de 3 a 5 Km.

Ninguna estructura anular fue interpretada ni identificada dentro del Area.

5.18 Area Mendoza

5.18.1 Descripción de la geología y yacimientos, según literatura disponible

(1) Geología y estructura

La geología del Area Mendoza se constituye de 17 unidades. Estas son, de abajo hacia arriba: sistemas precámbrico a cámbrico, ordovícico, silúrico, devónico, carbonífero, pérmico, triásico, jurásico, cretácico, cretácico a terciario, rocas sedimentarias paleógenas, rocas volcánicas paleógenas, rocas sedimentarias miocenas, rocas volcánicas miocenas, rocas sedimentarias pliocenas, los sedimentos cuaternarios y las rocas volcánicas cuaternarias. Como rocas ígneas intrusivas, se mencionan los intrusivos del Paleozoico y los del Cenozoico (Figura 60).

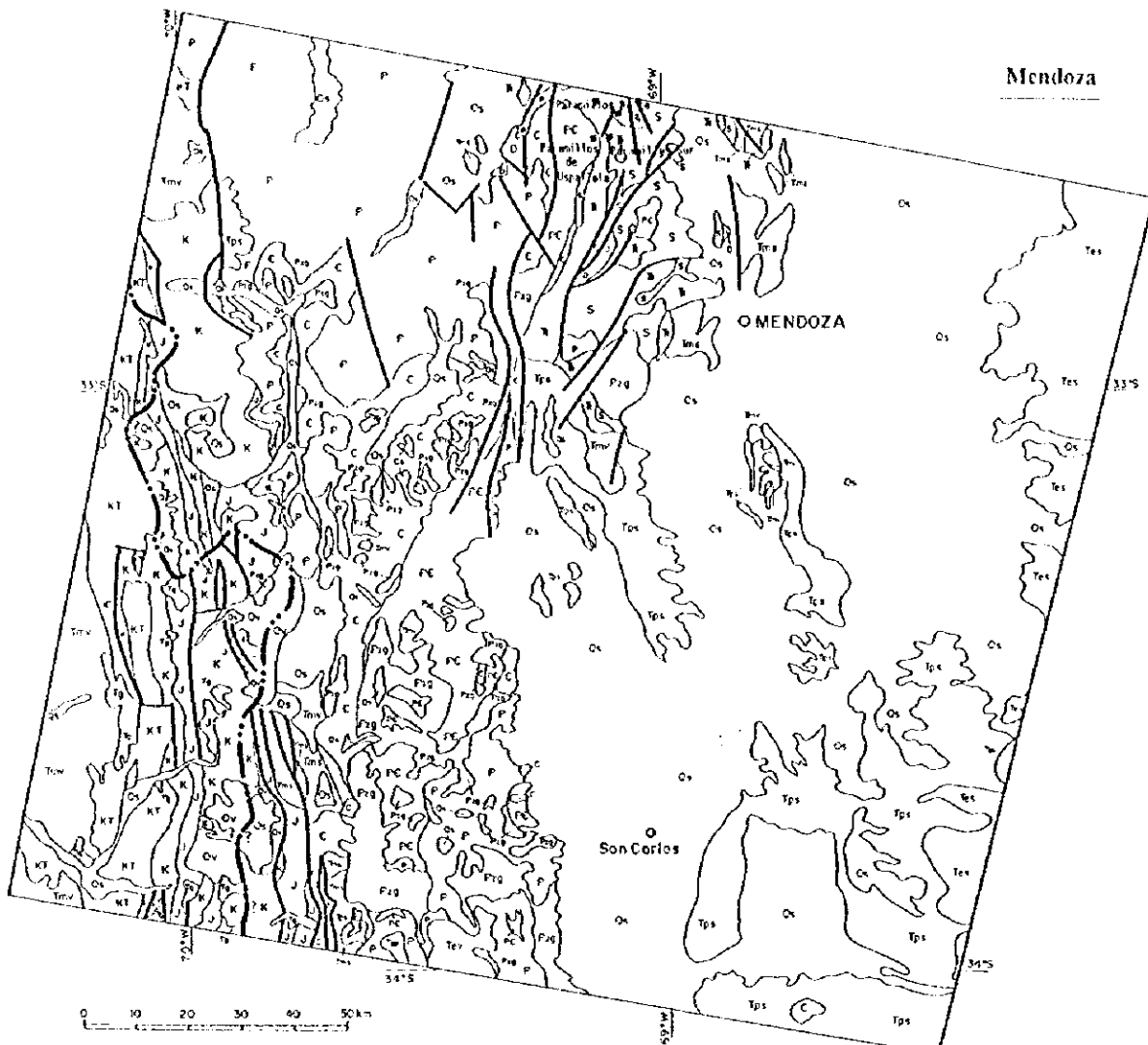
- Sistema precámbrico a cámbrico (PC): se distribuye en la parte central y está constituido por filitas, meta grauwacas, meta gabros, mica-esquistos y anfibolitas.
- Sistema ordovícico (O): se distribuye al norte del Area y está constituido por las rocas sedimentarias marinas.
- Sistema silúrico (S): se distribuye al norte y está constituido por las rocas sedimentarias marinas.
- Sistema devónico (D): se distribuye al norte del Area y está constituido por las rocas sedimentarias marinas.
- Sistema carbonífero (C): se distribuye del oeste a centro del Area y está constituido por las rocas sedimentarias marinas.
- Sistema pérmico (P): se distribuye del oeste a centro del Area y está constituido por dacitas, riolitas y andesitas.
- Sistema triásico (TR): se distribuye al norte del Area y está constituido por las rocas sedimentarias continentales.
- Sistema jurásico (J): se distribuye al oeste del Area y está constituido por las rocas

sedimentarias marinas en la parte inferior, y por las continentales en la parte media y superior. Las rocas sedimentarias continentales de la parte superior están constituidas por conglomerados, areniscas, lutitas, calizas, lavas andesíticas y piroclásticas.

- Sistema cretácico (K): se distribuye al oeste y está constituido por areniscas, areniscas calcáreas, calizas, lutitas y margas marinas, con intercalación de lavas andesíticas y piroclásticas. También se observan estratos con areniscas, lutitas, limolitas, conglomerados, calizas continentales y andesitas.
- Sistema cretácico a terciario (KT): contiene parcialmente las rocas volcánicas y piroclásticas del Cretácico Superior a Terciario. Este se distribuye al sudoeste y está constituido por lavas y brechas andesíticas y riolíticas, tobas e ignimbritas dacíticas y riolíticas, con intercalación de lutitas, areniscas, calizas y conglomerados.
- Rocas sedimentarias paleógenas (Tcs): son rocas sedimentarias continentales que se distribuyen al este del Área .
- Rocas volcánicas paleógenas (Tev): se distribuyen al este y están constituidas por basaltos.
- Rocas sedimentarias miocenas (Tms): son rocas sedimentarias continentales.
- Rocas volcánicas miocenas (Tmv): se distribuyen al sudoeste y están constituidas por lavas y brechas andesíticas, riolíticas y basálticas, con intercalación de rocas sedimentarias clásticas continentales.
- Rocas sedimentarias pliocenas (Tps): son rocas sedimentarias continentales.
- Sedimentos cuaternarios (Qs): son pedimentos y diversos tipos de sedimentos fluviales, glaciales, aluviales, etc.
- Rocas volcánicas cuaternarias (Qv): están constituidas por lavas y piroclásticas riolíticas dacíticas, andesíticas, y basálticas, acompañadas de depósitos de corriente de barro. Se conservan los relieves volcánicos, algunos de los cuales son activos. Se distribuyen al sudoeste, alrededor de la frontera entre Argentina y Chile.
- Intrusivos del Paleozoico (Pzg): se distribuyen en la parte central aflorándose con rumbo N-S, con un ancho de 30 a 40 Km. Están constituidos por granitos, granodioritas o tonalitas.
- Intrusivos del Cenozoico (Tg): están constituidos por las rocas plutónicas a hipabisales terciarias, con predominancia de granodioritas, dioritas y monzonitas. Se distribuyen al sudoeste del Área hacia el lado de Chile, de manera discontinua con rumbo casi N-S.

Esta Área está formada por cuatro provincias tectónicas. Estas son, de oeste a este: la provincia tectónica de la Cordillera Principal, la de la Cordillera Frontal, la de la Precordillera al norte y la de las Sierras Pampeanas en la parte este.

La provincia tectónica de la Cordillera Principal está constituida principalmente



LEGEND

- Quaternary
 - Qv Quaternary (mainly volcanic rocks)
 - Qs Quaternary (mainly sediments)
 - Tps Miocene to Pliocen (mainly sedimentary rocks)
 - Tmv Miocene volcanic rocks
- Tertiary
 - Tms Miocene sedimentary rocks
 - Tev Paleocene to Oligocene (mainly volcanic rocks)
 - Tes Paleocene to Oligocene (mainly sedimentary rocks)
 - KT Cretaceous to Tertiary
 - K Cretaceous
- Mesozoic
 - J Jurassic
 - T Triassic
 - P Permian
- Paleozoic
 - C Carboniferous
 - D Devonian
 - S Silurian
 - O Ordovician
- Precambrian
 - PC Precambrian to Cambrian
- Intrusive Rocks
 - Tg Cenozoic intrusive rocks
 - Pzg Paleozoic intrusive rocks
- Fault
- Major ore deposit
 - 1: Paramillos Norte
 - Paramillos Sur
 - Paramillos de Uspallata

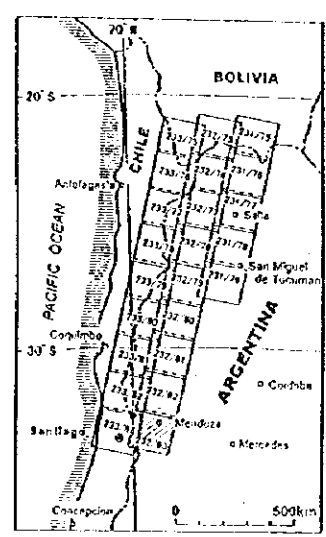
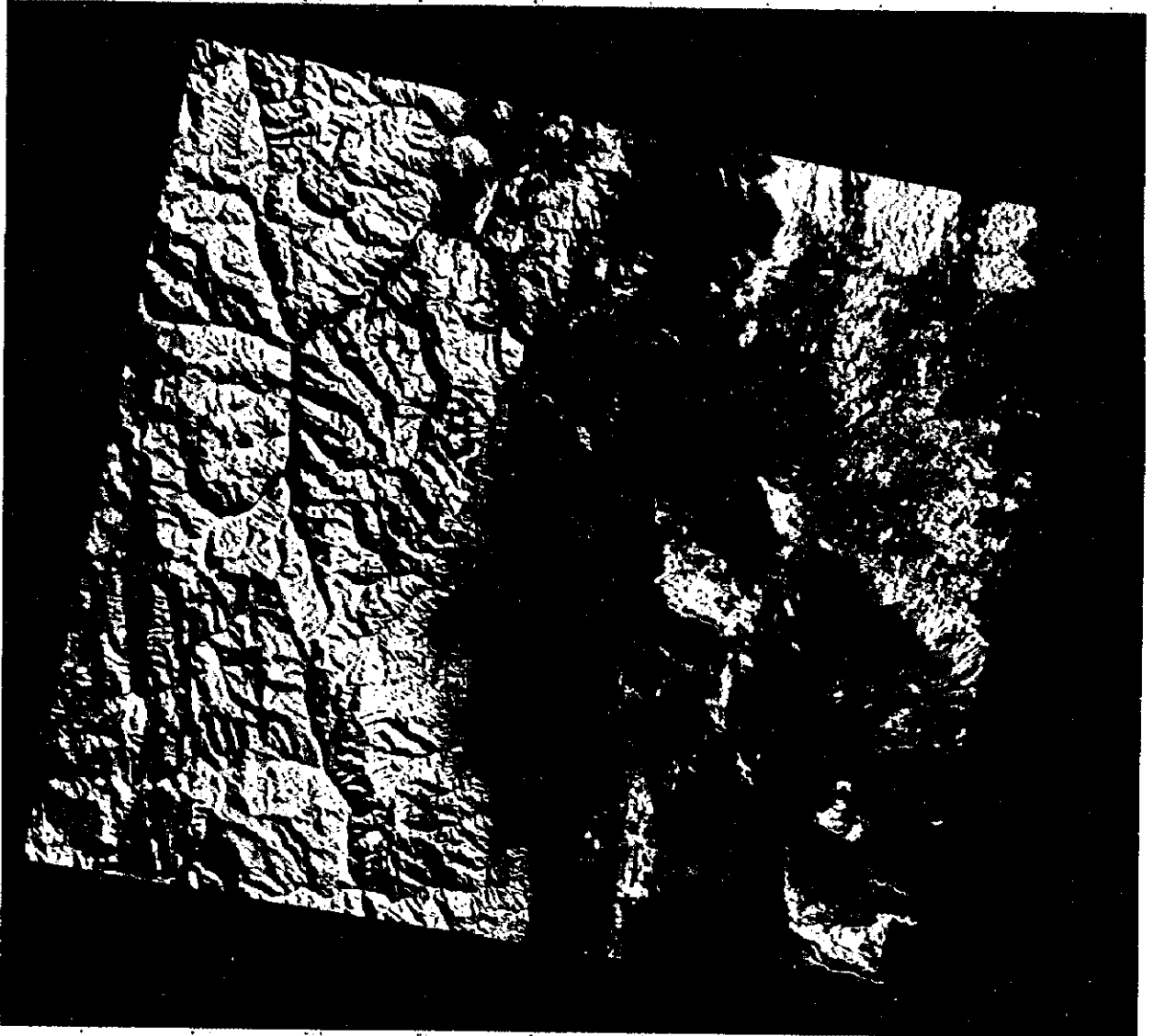


Fig.60 Simplified Geologic Map of the Mendoza Area

Mendoza



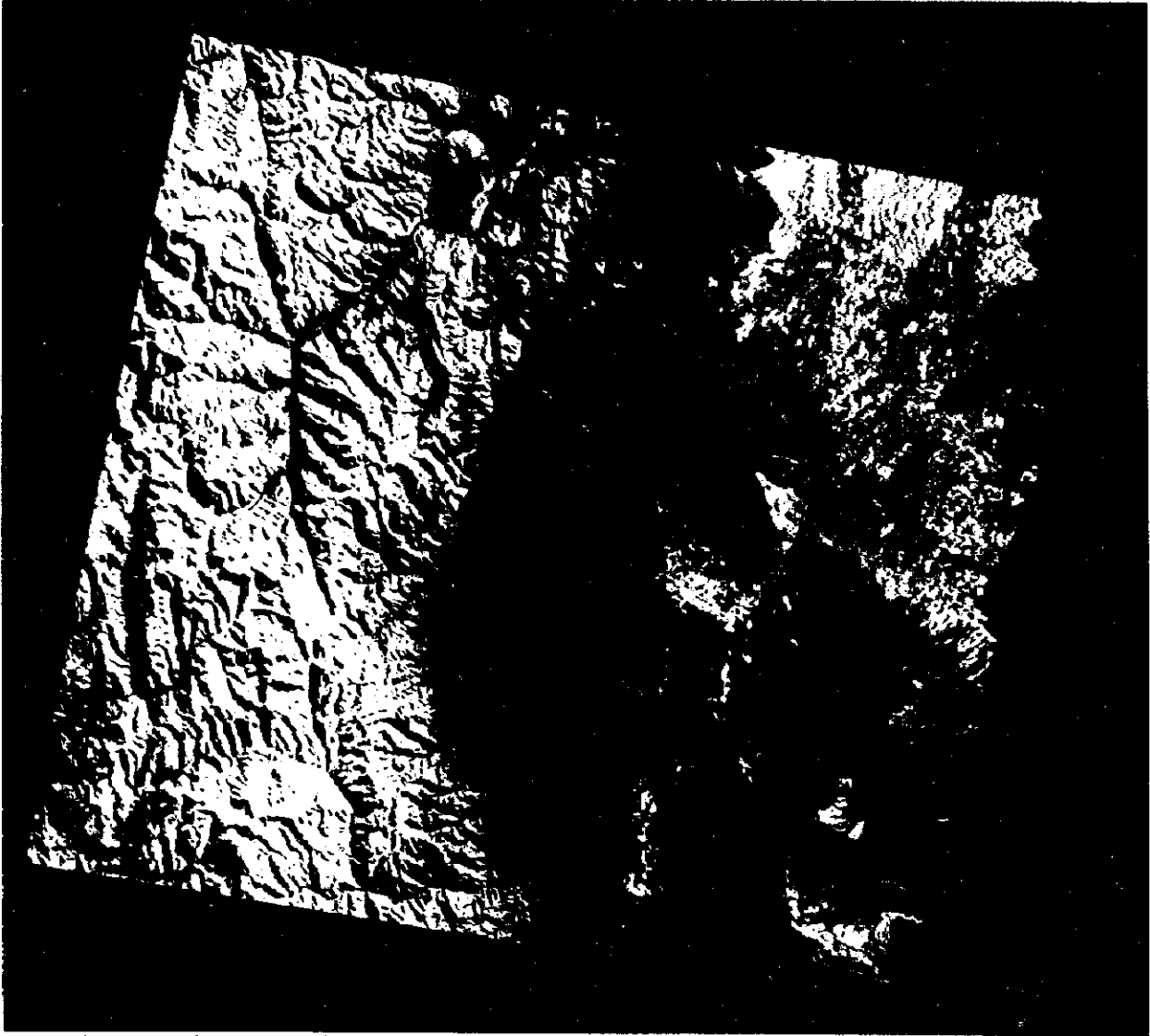
JICA/NMAJ/JMEC

Fig.61 LANDSAT TM False Color Composite Image of the Mendoza Area



LANDSAT TM RATIO IMAGE
Multiplied by First Principal Component

Mendoza



JICA/MMA/JMEC

Fig.62 LANDSAT TM Ratio Image of the Mendoza Area



por los sistemas jurásico, cretácico, cretácico a terciario, rocas sedimentarias paleógenas, rocas volcánicas miocenas, rocas volcánicas cuaternarias, etc. que, generalmente, muestran un rumbo NNO-SSE. Estos se hallan acompañados de los intrusivos del Cenozoico, que eventualmente se hallan cortados por las fallas de NNE-SSO.

En la provincia tectónica de la Cordillera Frontal se distribuyen los sistemas precámbrico a cámbrico, carbonífero y pérmico, las rocas volcánicas paleógenas, rocas sedimentarias miocenas y rocas volcánicas miocenas de rumbo N-S, y estos están acompañados de los intrusivos del Paleozoico dispersos con mismo rumbo.

La provincia tectónica de la Precordillera está constituida, desde abajo hacia arriba, por los sistemas precámbrico a cámbrico, ordovícico, silúrico, devónico, carbonífero, pérmico y triásico, acompañados de los intrusivos del Paleozoico.

La provincia tectónica de las Sierras Pampeanas está constituida por las rocas sedimentarias paleógenas, rocas sedimentarias miocenas, rocas volcánicas miocenas, rocas sedimentarias pliocenas y sedimentos cuaternarios.

(2) Yacimientos

Se conocen 22 yacimientos en el Area; cuatro son de enrejados de vetillas o vetiformes, cuatro pórfidos cupríferos, un skarn o metasomático, un estratiforme, y otros cuyo tipo se desconoce. Se concentran los pórfido cupríferos o yacimientos de mineralización relativa a estos dentro de la provincia tectónica de la Precordillera del norte. Al sudoeste, se concentran los yacimientos pequeños de cobre, cuyo tipo se desconoce. A continuación se describen las características de los principales yacimientos:

- Paramillos Sur (A107): Es un pórfido cuprífero localizado dentro de la provincia tectónica de la Precordillera. Sus elementos son cobre, molibdeno, plomo y zinc, y los cuerpos mineralizados se emplazan dentro de las rocas sedimentarias y volcánicas del Paleozoico. Su edad metalogénica corresponde al Terciario. Los minerales de las menas son calcopirita, calcosina, oro nativo y molibdenita. Las reservas se estiman en 186 millones de toneladas y el grado es de Cu 0,58 % y Au de 0,06 a 0,42 g/t.
- Paramillos de Uspallata (A108): Es un yacimiento vetiforme y enrejado de vetillas de plata, plomo y zinc de la provincia tectónica de la Precordillera. Se localiza a 3 Km al oeste del Paramillos Sur, anterior. Tiene por roca encajadora a las rocas sedimentarias, volcánicas y dioritas del Terciario Inferior. La edad metalogénica corresponde al Terciario. Las vetas se extienden con rumbo casi E-O, con una inclinación vertical. Se desarrollan más de 40 vetas de galena con plata dentro de una franja de 2 Km de ancho. Estas son de 200 m a 1.000 m de largo, y de 0,3 a 2 m de ancho. Los minerales de las

menas son pirita, calcopirita, galena, blenda y tetraedrita, y los de gangas son siderita, rodocrosita y cuarzo. Las reservas se estiman en 1.2 millones de toneladas y el grado de las menas es de Ag 250 g/t, Pb 2 % y Zn 3 %.

- Paramillos Norte (A109): Es un pórfido cuprífero de la provincia tectónica de la Precordillera, localizado a 5 Km al norte de Paramillos Sur. Sus elementos son cobre, oro, molibdeno, plata, plomo y zinc. Tiene por roca encajadora a brechas volcánicas, andesitas, cornubianitas, dioritas monzoníticas, sienitas y monzonitas del Triásico. Los minerales de las menas son electrum, cobre nativo, minerales de plomo y zinc. Las reservas se estiman en 200 millones de toneladas. De muscobitas gruesas encontradas dentro de pórfidos brechados, se estima que la edad K-Ar corresponde a $16,0 \pm 0,3$ Ma (Sillitoe, 1977).
- Grupo Oro del Sur (A110): Es un grupo de yacimientos vetiformes hidrotermales de oro, plata y cobre, localizado dentro de la provincia tectónica de la Precordillera, circundando al pórfido cuprífero Paramillos Sur. Estos yacimientos rellenan las fracturas de N-S, y se ha descubierto un total de 56 vetas hasta la fecha. Tienen por roca encajadora a las rocas sedimentarias triásicas y a andesitas terciarias. Los minerales de las menas son pirita y calcopirita, con cuarzo como mineral de ganga. Las reservas de las cuatro vetas más importantes se estiman en 460.000 toneladas (comprobadas y estimadas), y el grado de mena es de Au 8 a 10 g/t.

5.18.2 Unidades fotogeológicas

Las rocas y los sedimentos del Area se clasifican en 30 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 cuaternarios y cuatro constan de los intrusivos paleozoicos y mesozoicos. En el Apéndice 3 se entregan la localización y la dirección de cada una de las unidades.

5.18.3 Zonas de alteración

Se interpretaron e identificaron tres zonas de alteración al extremo norte del Area, todas son pequeñas. Si bien es cierto que se deduce la existencia de una zona de alteración en la frontera oeste que representa una tercera parte del Area dentro de la unidad fotogeológica de las rocas volcánicas del Cretácico, la nieve que cubre todas las montañas imposibilita la interpretación.

Entre los yacimientos y zonas de mineralización conocidos dentro de las zonas de alteración del Area están los Paramillos Norte (pórfido cuprífero, zona de alteración AB8010) y Paramillos Sur (pórfido cuprífero, AB9005) de Argentina.

5.18.4 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 de las montañas de la mitad oeste del Area, aunque estos son, en su mayoría, borrosos en la zona fronteriza del oeste debido a la cobertura de nieve. La densidad de los lineamientos es alta al norte. En la mitad este, se extienden las llanuras conformadas por los sedimentos cuaternarios no consolidados y las lomas compuestas por el Mioceno, donde la distribución de los lineamientos es sumamente limitada.
- (2) Los grandes lineamientos de más de 50 Km de largo se desarrollan, generalmente, con rumbo N-S a NNE-SSO.
- (3) Los lineamientos menores perpendiculares o entrecruzados con los lineamientos principales son de NO-SE, E-O y NE-SO, aunque su distribución no muestra una tendencia determinada. Al norte, se cruzan los lineamientos de diferentes rumbos, dividiendo la masa en pequeños bloques.
- (4) Se interpretaron 11 corrimientos del centro a norte del Area, de los cuales siete son de N-S, tres de NE-SO y uno de NO-SE.

5.18.5 Plegamientos y estructuras anulares

Se interpretaron en total nueve plegamientos, puesto que la distribución de las rocas sedimentarias con estratificación desarrollada es muy limitada en el Area. La relación anticlinal y sinclinal es de 6 : 3, con mayor facilidad de interpretación del primero. Estas estructuras se localizan dentro de las montañas continuas de N-S al oeste de Mendoza, y sus ejes se desarrollan con rumbo N-S a NNE-SSO. Las estructuras son en general pequeñas, con el largo del eje que varía de 5 a 10 Km. Sin embargo, se pudo dar seguimiento por 25 Km al anticlinal conformado por el sistema silúrico al oeste de Mendoza.

Se interpretaron e identificaron cuatro estructuras anulares y una estructura semianular en el Area. Estas se localizan dentro de las montañas acentuadas de la zona fronteriza del oeste, aunque no se ha comprobado su correlación con su distribución o unidades fotogeológicas. La estructura más grande es de 25 Km de diámetro.

5.19 Area Tarija

5.19.1 Descripción de la geología y yacimientos, según literatura disponible

(1) Geología y estructura

La geología del Area Tarija se constituye de 12 unidades. Estas son, de abajo hacia arriba: sistemas precámbrico a cámbrico, cámbrico, ordovícico, silúrico, devónico, carbonífero, triásico, cretácico, rocas sedimentarias miocenas, rocas sedimentarias pliocenas, rocas sedimentarias terciarias a cuaternarias y los sedimentos cuaternarios (Figura 63).

- Sistema precámbrico a cámbrico (PC): están constituidos además de las rocas metamórficas de cuarcitas, filitas y esquistos, por dioritas cuarcíferas, tonalitas y sienitas. Parte de dioritas cuarcíferas sufre el metamorfismo.
- Sistema cámbrico (Cb): está constituido por conglomerados, areniscas arcosas, areniscas cuarcíferas, lutitas, limolitas y cuarcitas.
- Sistema ordovícico (O): se distribuye en grandes extensiones al oeste y está constituido por las rocas sedimentarias de areniscas, lutitas, limolitas y calizas.
- Sistema silúrico (S): se halla aflorado en la parte central y está constituido por las rocas sedimentarias de diamictitas, areniscas, lutitas y limolitas.
- Sistema devónico (D): se halla aflorado en la parte central y está constituido por areniscas de bajo índice granulométrico, areniscas arcosas, lutitas micaceas y limolitas.
- Sistema carbonífero (C): se halla aflorado al este del Area y está constituido por las areniscas, conglomerados, diamictitas y lutitas. Parte de las últimas son rojas.
- Sistema triásico (TR): está constituido por areniscas, y calizas, margas, fangolitas y horstenos silicificadas.
- Sistema cretácico (K): está constituido por areniscas arcillosas, areniscas cuarcíferas, limolitas y margas, acompañadas de diapir de yeso.
- Rocas sedimentarias miocenas (Tms): se distribuyen esporádicamente al sudoeste del Area.
- Rocas sedimentarias pliocenas (Tps): se distribuyen al sudeste del Area.
- Rocas sedimentarias terciarias a cuaternarias (TQs): se distribuyen al este y están constituidas por conglomerados, areniscas, limolitas y fangolitas.
- Sedimentos cuaternarios (Qs): son sedimentos fluviales, lacustres, glaciales, aluviales, etc. semiconsolidados a no consolidados de gravas, arenas, limos y arcillas.

Esta Area está formada por las provincias tectónicas de la Cordillera Oriental al

oeste y por la de la Subandina al este, cuyas características son las siguientes:

La provincia tectónica de la Cordillera Oriental está constituida por los sistemas precámbrico a cámbrico, cámbrico, ordovícico, silúrico, devónico, carbonífero, triásico y cretácico, rocas sedimentarias miocenas, etc. de rumbo casi N-S, que eventualmente se hallan cortados por las fallas del mismo rumbo. También se desarrollan múltiples plegamientos de N-S. Esta provincia se halla delimitada con la de la Cordillera Subandina, mediante fallas inversas con inclinación hacia oeste.

En la provincia tectónica de la Cordillera Subandina se distribuyen extensamente las rocas sedimentarias pliocenas y sedimentos terciarios a cuaternarios de rumbo N-S. Cada estrato se halla cortado principalmente por las fallas inversas (corrimientos) de N-S, con inclinación hacia oeste.

(2) Yacimientos

Los múltiples yacimientos están delimitados únicamente dentro de la provincia tectónica de la Cordillera Oriental al oeste del Area, con especial concentración al extremo oeste, formando una faja de mineralización de rumbo N-S. La mayoría de los yacimientos son de plomo y zinc (cobre) que tienen por roca encajadora a las rocas sedimentarias ordovícicas, normalmente con vetas de rumbo NNO-SSE y de 70 a 90° de inclinación. El más grande es el Yacimiento de Argentina, con reservas que se estiman en unos 230.000 toneladas.

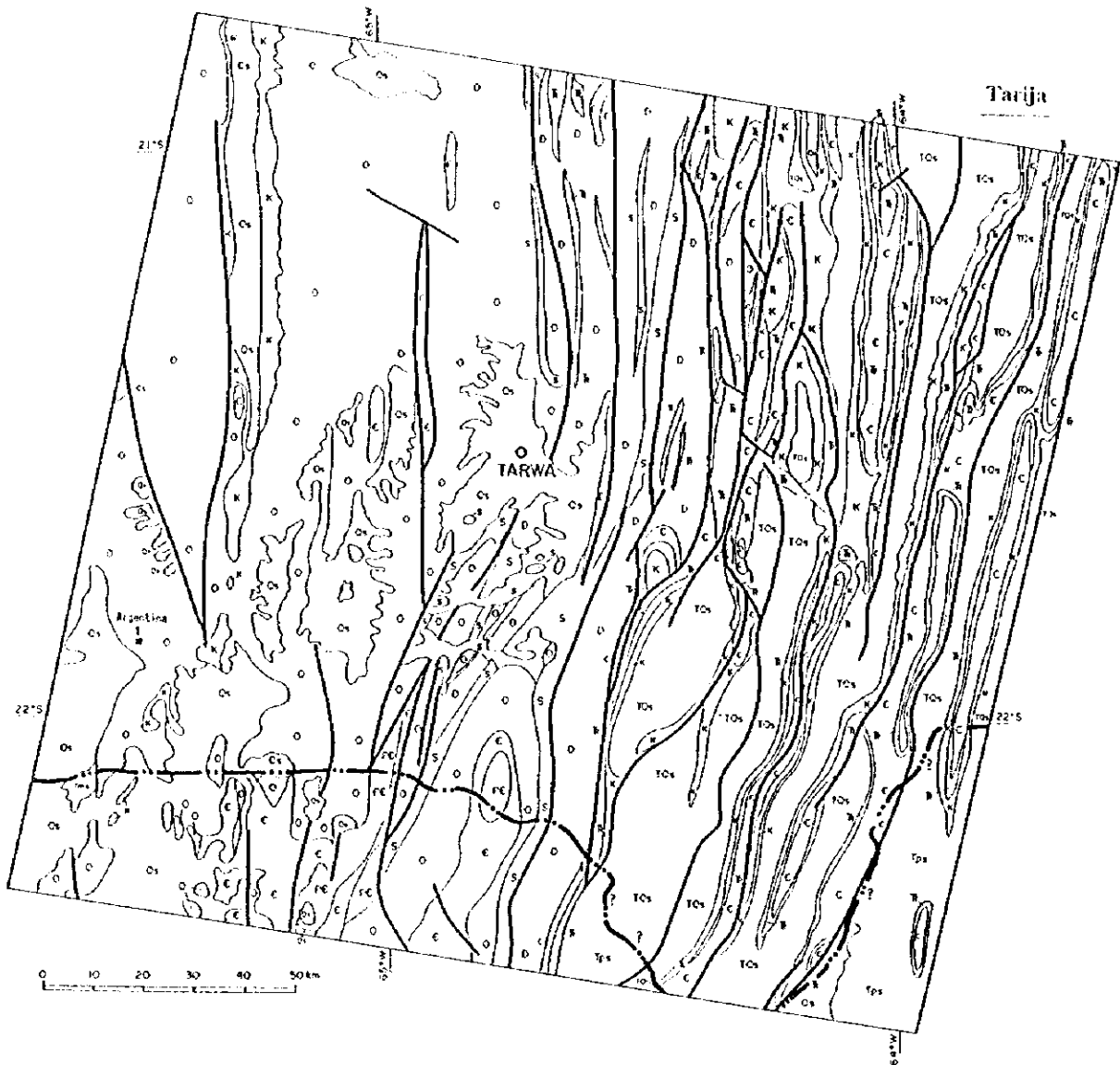
Estos yacimientos vetiformes de plomo y zinc sufrieron mineralización de minerales metálicos en tres oportunidades: la primera en el Ordovícico, y corresponde a los yacimientos en Argentina; la segunda en el Mesozoico, y; la tercera es la mineralización relacionada con las rocas ígneas del Mioceno, y corresponde al Yacimiento de Argentina.

5.19.2 Unidades fotogeológicas

Las rocas y los sedimentos del Area se clasifican en 24 unidades fotogeológicas (Apéndice 2), de las cuales 17 son correlativas con las rocas metamórficas y sedimentarias proterozoicas a pliocenas. Seis unidades corresponden a los sedimentos no consolidados o semiconsolidados cuaternarios y una consta de los intrusivos proterozoicos. En el Apéndice 3 se entregan la localización y la dirección de cada una de las unidades.

5.19.3 Zonas de alteración

No fue interpretada ni identificada ninguna zona de alteración en esta Area.



LEGEND

- | | | |
|-------------|-----------|---|
| Quaternary | — [Qs] | Quaternary (mainly sediments) |
| | — [TQs] | Tertiary to Quaternary (mainly sediments) |
| Tertiary | — [Tps] | Miocene to Pliocen (mainly sedimentary rocks) |
| | — [Tms] | Miocene sedimentary rocks |
| Mesozoic | — [K] | Cretaceous |
| | — [T] | Triassic |
| | — [C] | Carboniferous |
| Paleozoic | — [D] | Devonian |
| | — [S] | Silurian |
| | — [O] | Ordovician |
| | — [C] | Cambrian |
| Precambrian | — [PC] | Precambrian to Cambrian |
| | — | Fault |
| | ■ | Major ore deposit
1: Argentina |

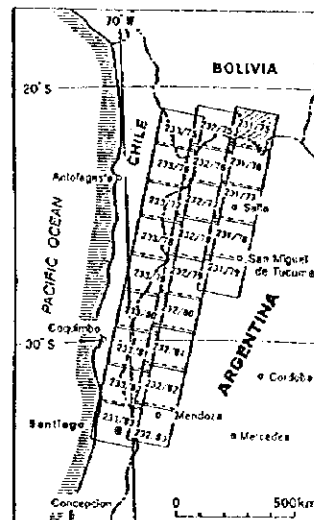
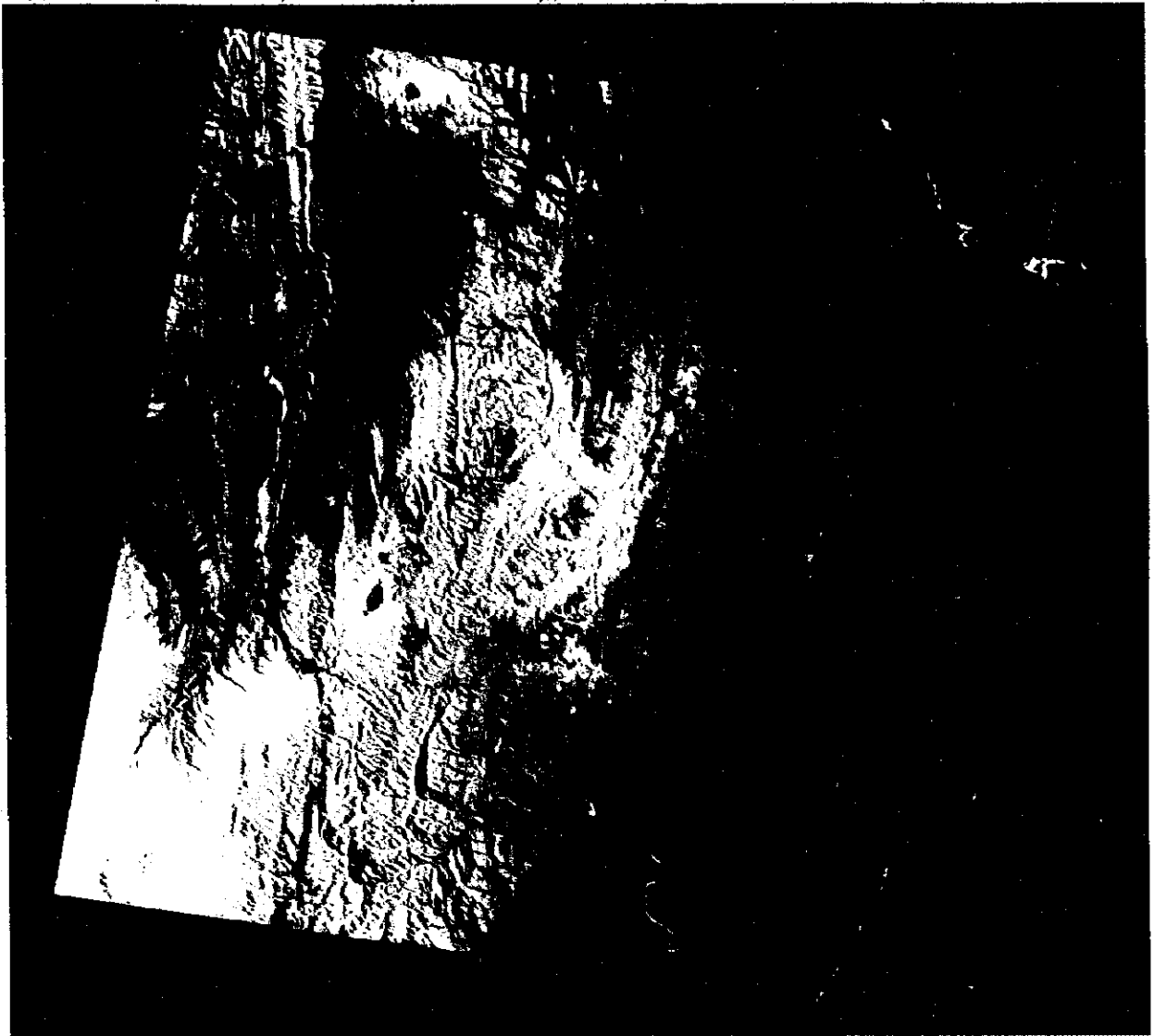


Fig.63 Simplified Geologic Map of the Tarija Area

Tarija



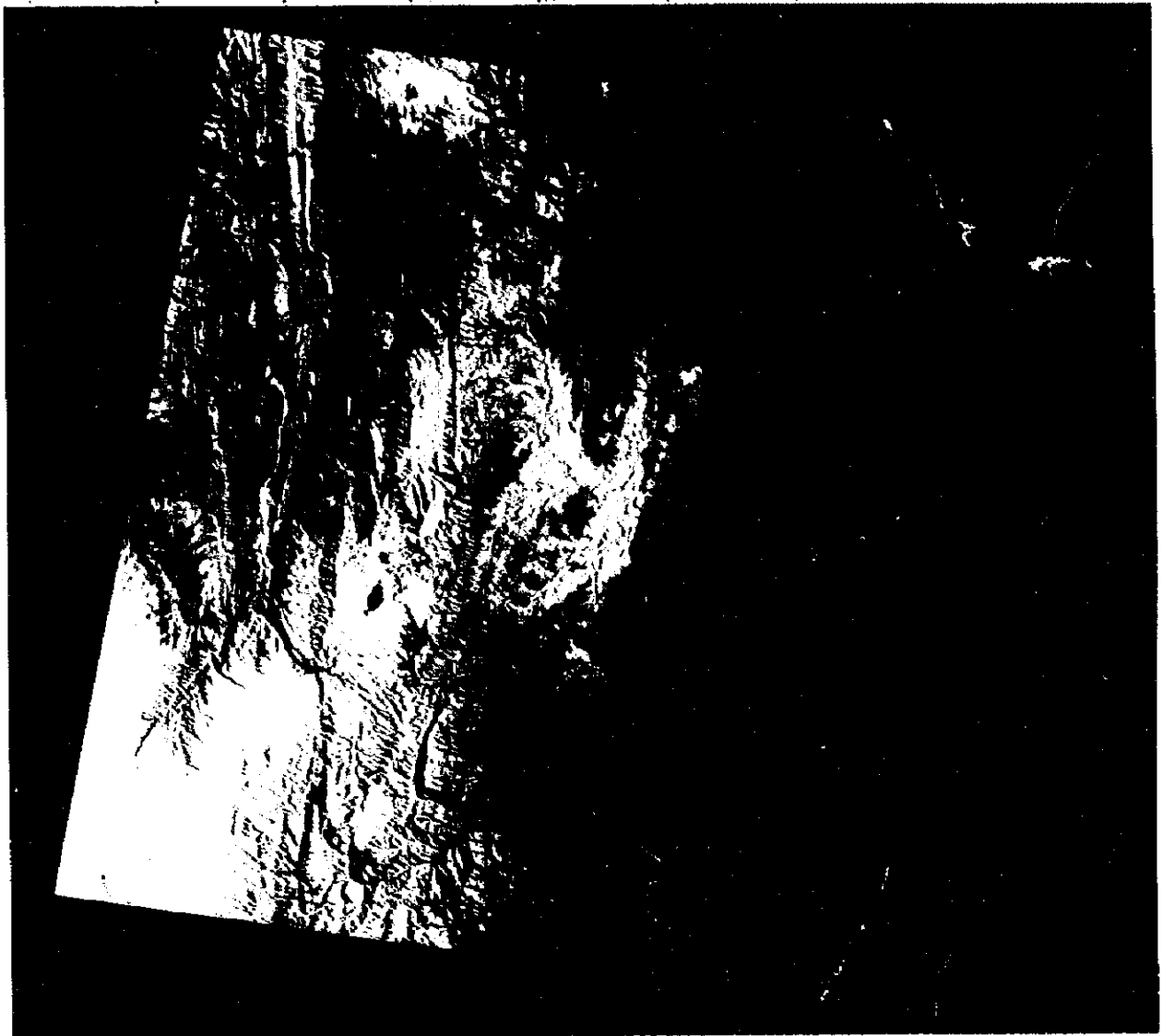
JICA/MMAJ/JMEC

Fig.64 LANDSAT TM False Color Composite Image of the Tarija Area



LANDSAT TM RATIO IMAGE
Multiplied by First Principal Component

Tarija



JICA/MMAJ/JMEC

Fig.65 LANDSAT TM Ratio Image of the Tarija Area



5.19.4 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 las llanuras del sudoeste y en la cuencas intramontañosas de Tarija del centro del Area. En especial, los lineamientos son densos y paralelos entre sí con un intervalo de 3 a 7 Km en la parte central a este (al este de la longitud oeste de $65^{\circ}00'$).
- (2) El rumbo predominante de los lineamientos es de N-S a NNE-SSO, que coincide con el de las rocas sedimentarias. Múltiples lineamientos grandes de más de 100 Km de largo se desarrollan al oeste del Area. El más largo atraviesa el Area de norte a sur de manera continua, y se extiende al más allá de la misma.
- (3) Los lineamientos relativamente menores perpendiculares o entrecruzados con los lineamientos principales son de NNO-SSE a NO-SE, E-O y NE-SO. La densidad de distribución es alta en la parte central del Area. Los lineamientos de 5 Km de largo y de rumbo E-O se concentran al sur de Tarija, en las unidades fotogeológicas de los sistemas silúrico y devónico (S, D).
- (4) Se interpretaron nueve corrimientos continuos de rumbo N-S, que se desarrollan principalmente en las unidades fotogeológicas de las rocas sedimentarias ordovícicas a devónicas.

5.19.5 Plegamientos y estructuras anulares

Se interpretaron en total 51 plegamientos de rumbo N-S en todo el Area. De las rocas sedimentarias de diferentes períodos, las devónicas a miocenas distribuidas en la mitad este presentan un buen grado de desarrollo de estratificación y planchas, facilitando la interpretación de los plegamientos en las imágenes. La relación anticlinal y sinclinal es de 29 : 21, con mayor facilidad de interpretación del primero. Se identificó un anticlinal invertido. Se identificaron pocos plegamientos en las unidades fotogeológicas de las rocas pelíticas del Ordovícico (O_i, O_s) de la mitad oeste, por la ausencia de estratificación interpretada en las imágenes. La longitud del eje de los plegamientos interpretados varía de 10 a 40 Km.

Ninguna estructura anular fue interpretada ni identificada dentro del Area.

5.20 Area San Ramón

5.20.1 Descripción de la geología y yacimientos, según literatura disponible

(1) Geología y estructura

La geología del Area San Ramón se constituye de 13 unidades. Estas son, de abajo hacia arriba: sistemas precámbrico a cámbrico, cámbrico, ordovícico, silúrico, devónico, carbonífero, triásico, cretácico, rocas sedimentarias paleógenas, rocas sedimentarias miocenas, rocas sedimentarias pliocenas y rocas sedimentarias terciarias a cuaternarias y los sedimentos cuaternarios. Como rocas ígneas intrusivas, se mencionan los intrusivos del Mesozoico (Figura 66).

- Sistema precámbrico a cámbrico (PC): se distribuye en la parte central y está constituido por las rocas metamórficas de cuarcitas, filitas y esquistos, y además por dioritas cuarcíferas, tonalitas y sienitas. Dioritas cuarcíferas sufren parcialmente el metamorfismo.
- Sistema cámbrico (Cb): se distribuye en la parte central y está constituido por conglomerados, areniscas arcosas, areniscas cuarcíferas, lutitas, limolitas y cuarcitas.
- Sistema ordovícico (O): se distribuye en grandes extensiones en la parte central a oeste del Area, y está constituido por las rocas sedimentarias de areniscas, lutitas, limolitas, calizas, etc.
- Sistema silúrico (S): está constituido por las rocas sedimentarias de diamictitas, areniscas, lutitas, limolitas, etc.
- Sistema devónico (D): está constituido por areniscas de bajo índice granulométrico, areniscas arcosas, lutitas micaceas y limolitas.
- Sistema carbonífero (C): se halla aflorado al este del Area y está constituido por las areniscas, conglomerados, diamictitas y lutitas. Las últimas son parcialmente rojas.
- Sistema triásico (TR): se halla aflorado al noreste del Area y está constituido por areniscas, calizas silicificadas, margas, fangolitas y horstenos.
- Sistema cretácico (K): está constituido por areniscas arcillosas, areniscas cuarcíferas, limolitas y margas, acompañados por diapir de yeso.
- Rocas sedimentarias paleógenas (T'es): se distribuyen de manera muy esporádica.
- Rocas sedimentarias miocenas (Tms): se distribuyen en grandes extensiones al sudeste del Area.
- Rocas sedimentarias pliocenas (Tps): se distribuyen en grandes extensiones al noreste.
- Rocas sedimentarias terciarias a cuaternarias (T'Qs): se distribuyen al noreste y están constituidos por conglomerados, areniscas, limolitas y fangolitas.

- Sedimentos cuaternarios (Qs): son gravas, arenas, limos, arcillas y residuos evaporales fluviales, glaciales y aluviales semiconsolidados o no consolidados que se distribuyen al este y oeste del Area.
- Intrusivos del Mesozoico (Mzg): se componen de las rocas graníticas mesozoicas que se afloran al oeste del Area.

Esta Area está formada por las provincias tectónicas de la Cordillera Oriental al oeste, y por la de la Cordillera Subandina al este, cuya características son las siguientes:

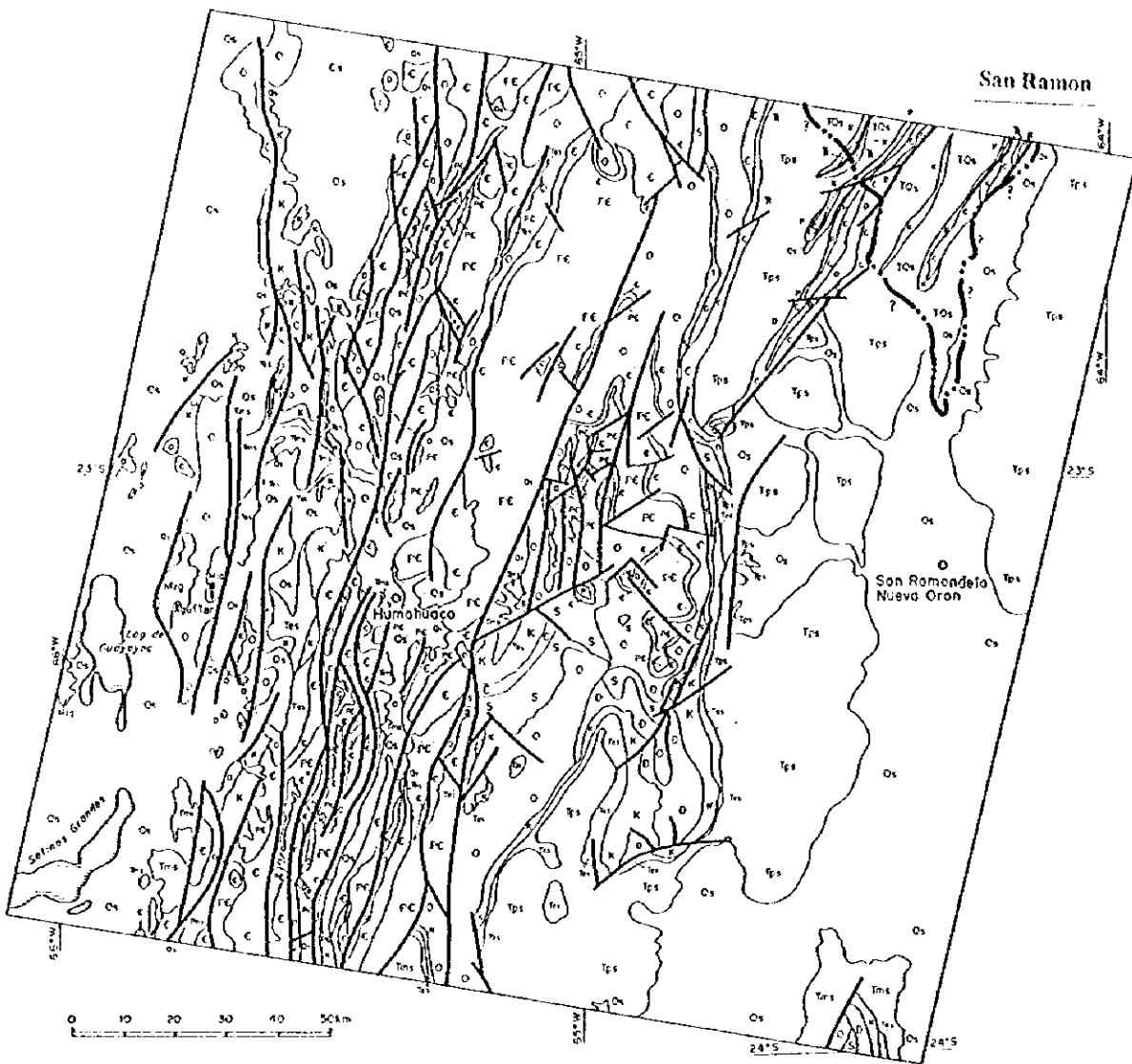
La provincia tectónica de la Cordillera Oriental está constituida por los sistemas precámbrico a cámbrico, cámbrico, ordovícico, silúrico, devónico, carbonífero, triásico, cretácico, las rocas sedimentarias paleógenas y las rocas sedimentarias miocenas de rumbo casi N-S, que se hallan eventualmente cortados por las fallas de NNE-SSO.

La provincia tectónica de la Cordillera Subandina está constituida por las rocas sedimentarias miocenas, rocas sedimentarias pliocenas y rocas sedimentarias terciarias a cuaternarias, que se distribuyen en grandes extensiones de rumbo N-S.

(2) Yacimientos

Los ocho yacimientos del Area se delimita solamente en la provincia tectónica de la Cordillera Oriental del oeste. Su tipo es variado desde vetiformes (5?), enrejado de vetillas (1), skarn (1) y estratiforme (1). A continuación se describen las características de los principales yacimientos:

- Aguilar (A19): Es un yacimiento estratiforme y sedimentario exhalativo de plomo, zinc y plata localizado al oeste del Area, y es el yacimiento de mayor producción de plomo y zinc de Sudamérica. Tiene por roca encajadora a meta cuarcitas ordovícicas y cuarcitas cretácicas que sufrieron el metamorfismo y re-cristalización por la intrusión de granitos cretácicos. Los minerales principales de menas son blenda, galena, pirita y pirrotita. El yacimiento está constituido por 10 cuerpos mineralizados estratiformes de plomo y zinc emplazados al pie este de la estructura sinclinal buzante al sur del sistema ordovícico, y presenta una inclinación de un 70° al oeste. Los cuerpos mineralizados son de 150 a 1,000 m longitud media, de 50 a 300 m de profundidad media, y de 5 a 80 m de anchura media. El cuerpo más importante, Molino, se extiende con rumbo N-S, con unos 2.000 m de largo, de 200 a 300 m de ancho y de por lo menos 1.000 m de profundo. Las reservas se estiman en 35 millones de toneladas y el grado de las menas es de Zn 6,5 %, Pb 3,5 % y Ag 20 g/t.



LEGEND

- | | | |
|-----------------|------------|---|
| | Qs | Quaternary (mainly sediments) |
| | Tqs | Tertiary to Quaternary (mainly sediments) |
| Cenozoic | Tps | Miocene to Pliocen (mainly sedimentary rocks) |
| | Tms | Miocene sedimentary rocks |
| | Tes | Paleocene to Oligocene (mainly sedimentary rocks) |
| Mesozoic | K | Cretaceous |
| | T | Triassic |
| | C | Carboniferous |
| Paleozoic | D | Devonian |
| | S | Silurian |
| | O | Ordovician |
| | C | Cambrian |
| Precambrian | PC | Precambrian to Cambrian |
| Intrusive Rocks | Mzg | Paleozoic intrusive rocks |
| | — | Fault |
| | ■ | Major ore deposit |
| | 1 | Aguilar |

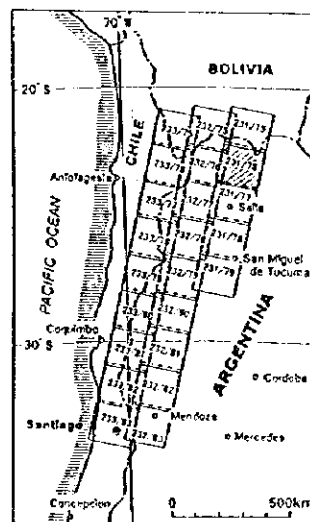
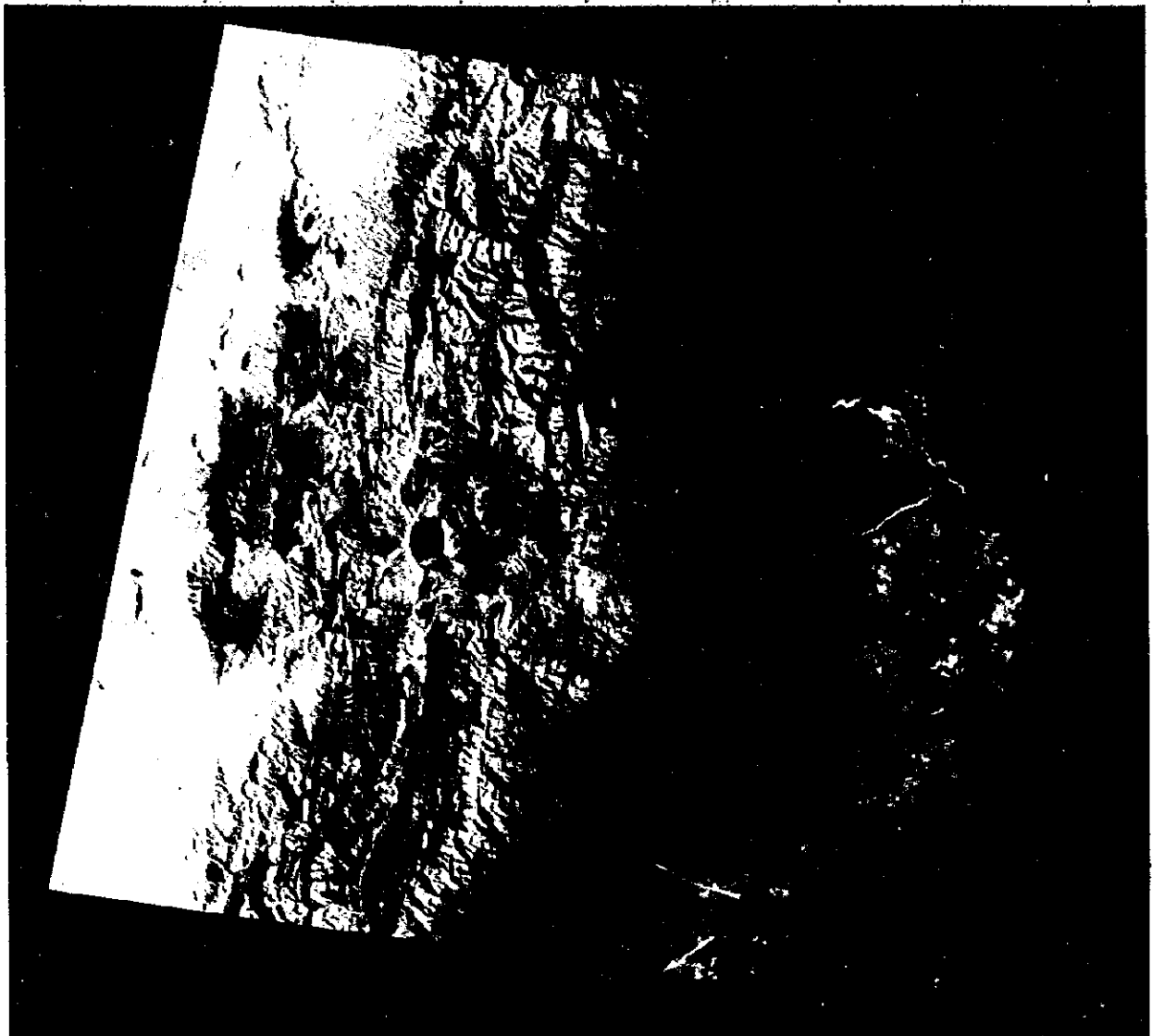


Fig.66 Simplified Geologic Map of the San Ramon Area

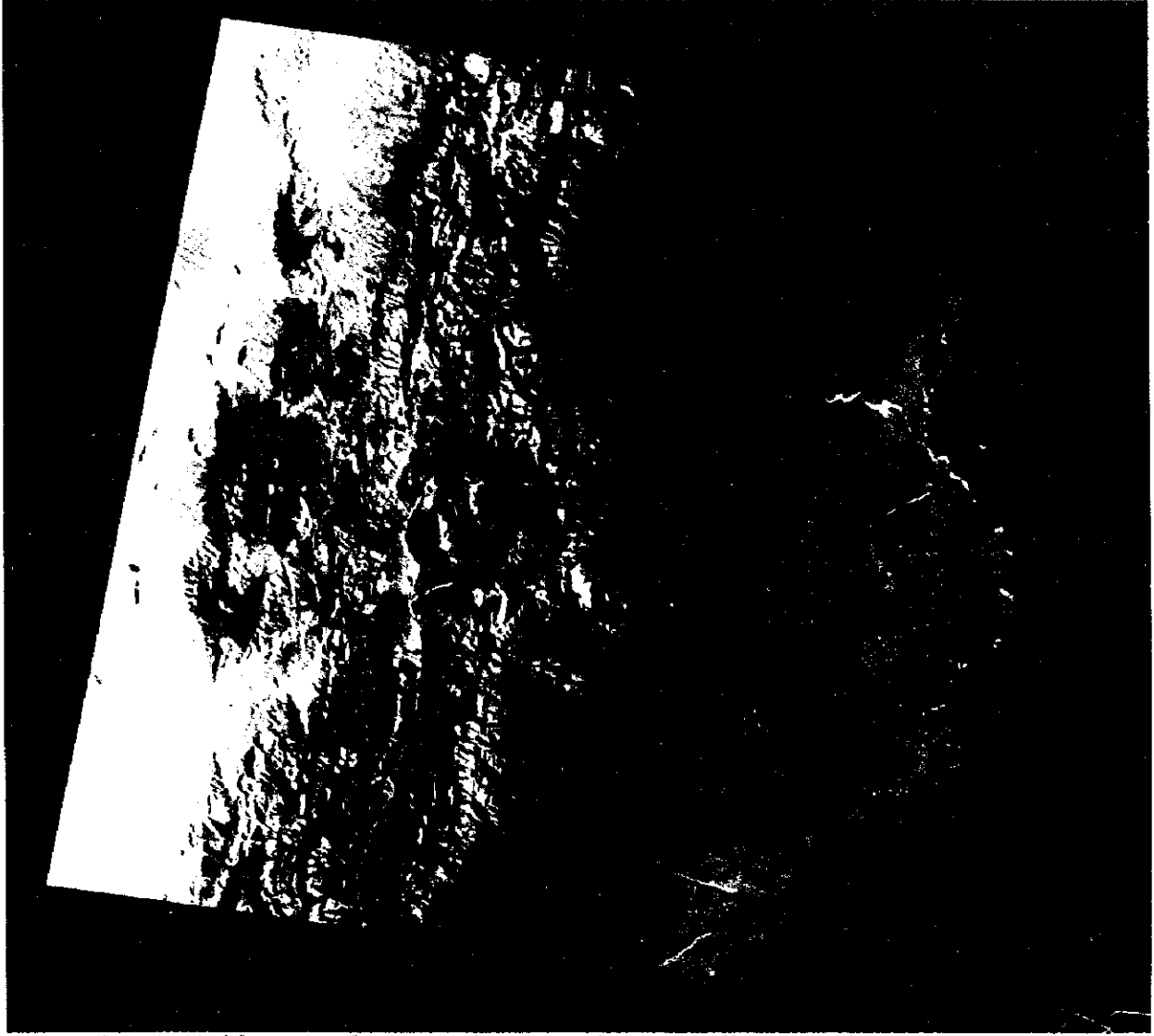
San Ramon de la Nueva Oran



JICA/MMAJ/JMEC

Fig.67 LANDSAT TM False Color Composite Image of the San Ramon Area





JICA/MMAJ/JMEC

Fig.68 LANDSAT TM Ratio Image of the San Ramon Area

- Rachaite (A20): Son yacimientos vetiformes y enrejados de vetillas epitermales de plata, plomo y zinc ubicados al extremo oeste del Area, y se emplazan dentro de las rocas volcánicas y piroclásticas del Mioceno Superior. Se estima que fueron formados en el Mioceno Superior. Las reservas se estiman en 5 millones de toneladas y el grado es de Pb 0,7 %, Zn 1,5 % y Ag 200 g/t.

5.20.2 Unidades fotogeológicas

Las rocas y los sedimentos del Area se clasifican en 22 unidades fotogeológicas (Apéndice 2), de las cuales 16 son correlativas con las rocas metamórficas, sedimentarias y volcánicas proterozoicos a pliocenas. Cinco unidades corresponden a los sedimentos no consolidados o semiconsolidados cuaternarios y una consta de los intrusivos jurásicos a cretácicos. En el Apéndice 3 se entregan la localización y la dirección de cada una de las unidades.

5.20.3 Zonas de alteración

No fue interpretada ni identificada ninguna zona de alteración en esta Area.

5.20.4 Lineamientos

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

- (1) Los lineamientos fueron identificados en casi todo el Area, salvo en las llanuras de rumbo N-S al oeste y este, y en las lomas adyacentes a éstas. La densidad es especialmente alta en las montañas del sudoeste donde se cruzan las diferentes unidades fotogeológicas y en las montañas acentuadas del norte, conformadas por sistema del Ordovícico Inferior (Oi). Sin embargo, los lineamientos son poco densos en las unidades fotogeológicas de los sistemas del Proterozoico, Ordovícico Inferior y Silúrico que ocupan grandes términos de la parte central.
- (2) Los grandes lineamientos de más de 50 Km de largo, se desarrollan con rumbo N-S a NNE-SSO que coinciden con los rumbos de las rocas componentes locales. En las montañas del oeste predominan las unidades fotogeológicas del Proterozoico a Ordovícico Inferior (PRm, C, Oi), y estas unidades colindan en muchos de los casos, con los grandes lineamientos de más de 100 Km de longitud.
- (3) Los lineamientos relativamente menores perpendiculares o entrecruzados con los lineamientos principales son de E-O, NO-SE y NE-SO. Los de E-O son densos al norte,

con un largo que varía de 3 a 5 Km. Hacia el sur de estos, existen los lineamientos de 20 a 30 Km de largo. Los lineamientos de NO-SE y NE-SO, localizados al sur de los anteriores, se hallan dispersos en todas las montañas, sin presentar una clara tendencia en su distribución.

- (4) Se interpretaron cinco corrimientos continuos de N-S, que se desarrollan formando límites entre las unidades fotogeológicas de los sistemas del Proterozoico a Devónico y Carbonífero y Mioceno.

5.20.5 Plegamientos y estructuras anulares

Se interpretaron en total 33 plegamientos en todo el Area, con una relación anticlinal y sinclinal casi proporcional de 18 : 15. Estas estructuras se concentran al noreste y sur, con el rumbo de eje de N-S a NNE-SSO. Las dos estructuras sinclinales de las montañas centrales están constituidas por las rocas sedimentarias cretácicas y terciarias, pudiendo dar seguimiento con mayor claridad. Los ejes son de unos 30 Km de longitud, y son buzantes al norte y sur, respectivamente.

Ninguna estructura anular fue interpretada ni identificada dentro del Area.

5.21 Area Salta

5.21.1 Descripción de la geología y yacimientos, según literatura disponible

(1) Geología y estructura

La geología del Area Salta se constituye de nueve unidades. Estas son, de abajo hacia arriba: sistemas precámbrico a cámbrico, cámbrico, ordovícico, silúrico, devónico, cretácico, rocas sedimentarias paleógenas, rocas sedimentarias miocenas y los sedimentos cuaternarios. Como rocas ígneas intrusivas, se mencionan los intrusivos del Paleozoico (Figura 69).

- Sistema precámbrico a cámbrico (PC): se distribuye al centro y está constituido por las rocas metamórficas de cuarcitas, filitas y esquistos, y además por dioritas cuarcíferas, tonalitas y sienitas. Dioritas cuarcíferas sufren parcialmente el metamorfismo.
- Sistema cámbrico (Cb): se distribuye en la parte central y está constituido por conglomerados, areniscas arcosas, areniscas cuarcíferas, lutitas, limolitas y cuarcitas.
- Sistema ordovícico (O): se halla aflorado en grandes extensiones en la parte central al oeste y está constituido por las rocas sedimentarias de areniscas, lutitas, limolitas y

calizas.

- Sistema silúrico (S): está constituido por las rocas sedimentarias de diamictitas, areniscas, lutitas, limolitas, etc.
- Sistema devónico (D): está constituido por areniscas de bajo índice granulométrico, areniscas arcosas, lutitas micáceas y limolitas.
- Sistema cretácico (K): está constituido por areniscas arcillosas y cuarcíferas, limolitas y margas, acompañadas de diapir de yeso.
- Rocas sedimentarias paleógenas (Tes): se hallan afloradas en la parte central a este del Area en franjas poco anchas de rumbos N-S a NNE-SSO.
- Rocas sedimentarias miocenas (Tms): se distribuyen en grandes extensiones al sudeste del Area.
- Sedimentos cuaternarios (Qs): son sedimentos fluviales, lacustres, glaciales, aluviales, etc. de conglomerados, arena, limo y residuos evaporales semiconsolidados a no consolidados que se distribuyen al oeste y este del Area.
- Intrusivos del Paleozoico (Pzg): se componen de granitos y se hallan aflorados al oeste del Area.

Esta Area está formada por tres provincias tectónicas. Estas son: la provincia tectónica de la Cordillera Oriental al noroeste, la de las Sierras Pampeanas al sudoeste, y la de la Cordillera Subandina al este, cuyas características son las siguientes:

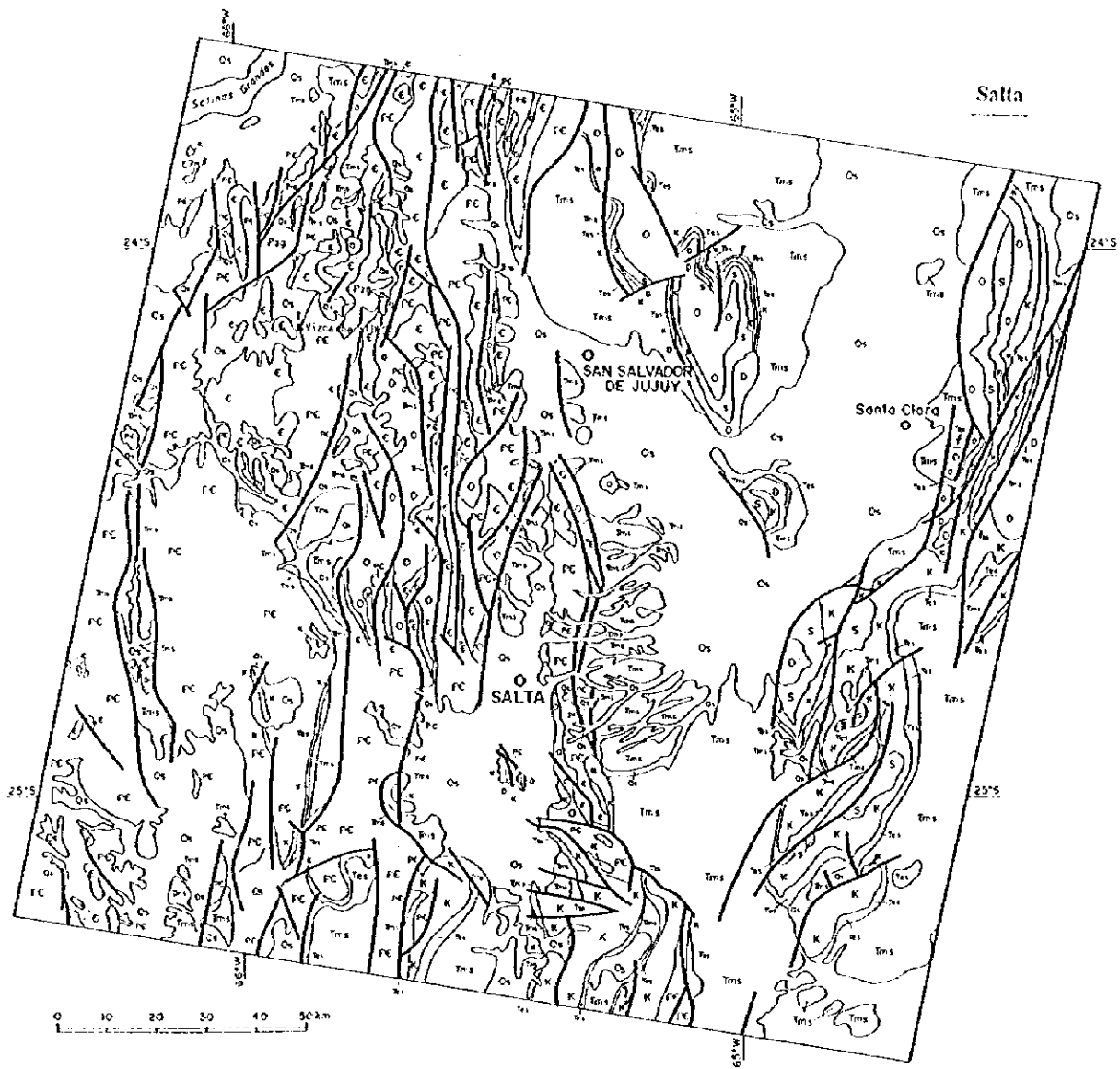
La provincia tectónica de la Cordillera Oriental está constituida por los sistemas precámbrico a cámbrico, cámbrico, ordovícico, etc., de rumbo casi N-S. Estos se hallan acompañados de los intrusivos del Paleozoico.

En la provincia tectónica de las Sierras Pampeanas se distribuyen principalmente los sistemas precámbrico a cámbrico y cámbrico. Estos se hallan cubiertos con discordancia angular por las rocas sedimentarias cretácicas, paleógenas y miocenas.

En la provincia tectónica de la Cordillera Subandina se distribuyen principalmente las rocas sedimentarias miocenas en grandes extensiones. Los sistemas precámbrico a cámbrico, ordovícico, silúrico y cretácico, así como las rocas sedimentarias paleógenas se hallan aflorados de manera dispersa.

(2) Yacimientos

Se conocen siete yacimientos en el Area: cuatro son vetiformes, un pórfido cuprífero, un skarn y otro cuyo tipo se desconoce. A continuación se describen las características de los principales yacimientos:



LEGEND

- | | | |
|-----------------|-----------|---|
| Quaternary | — [Qs] | Quaternary (mainly sediments) |
| Tertiary | — [Tms] | Miocene sedimentary rocks |
| | — [Tes] | Paleocene to Oligocene (mainly sedimentary rocks) |
| Mesozoic | — [K] | Cretaceous |
| | — [D] | Devonian |
| | — [S] | Silurian |
| Paleozoic | — [O] | Ordovician |
| | — [C] | Cambrian |
| Precambrian | — [PC] | Precambrian to Cambrian |
| Intrusive Rocks | — [Pzg] | Paleozoic intrusive rocks |
| | — | Fault |
| | ■ | Major ore deposit
! : Viza Cheral. |

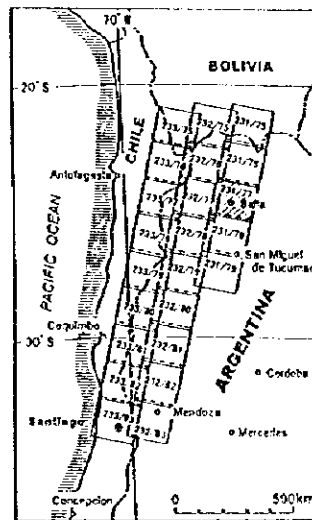
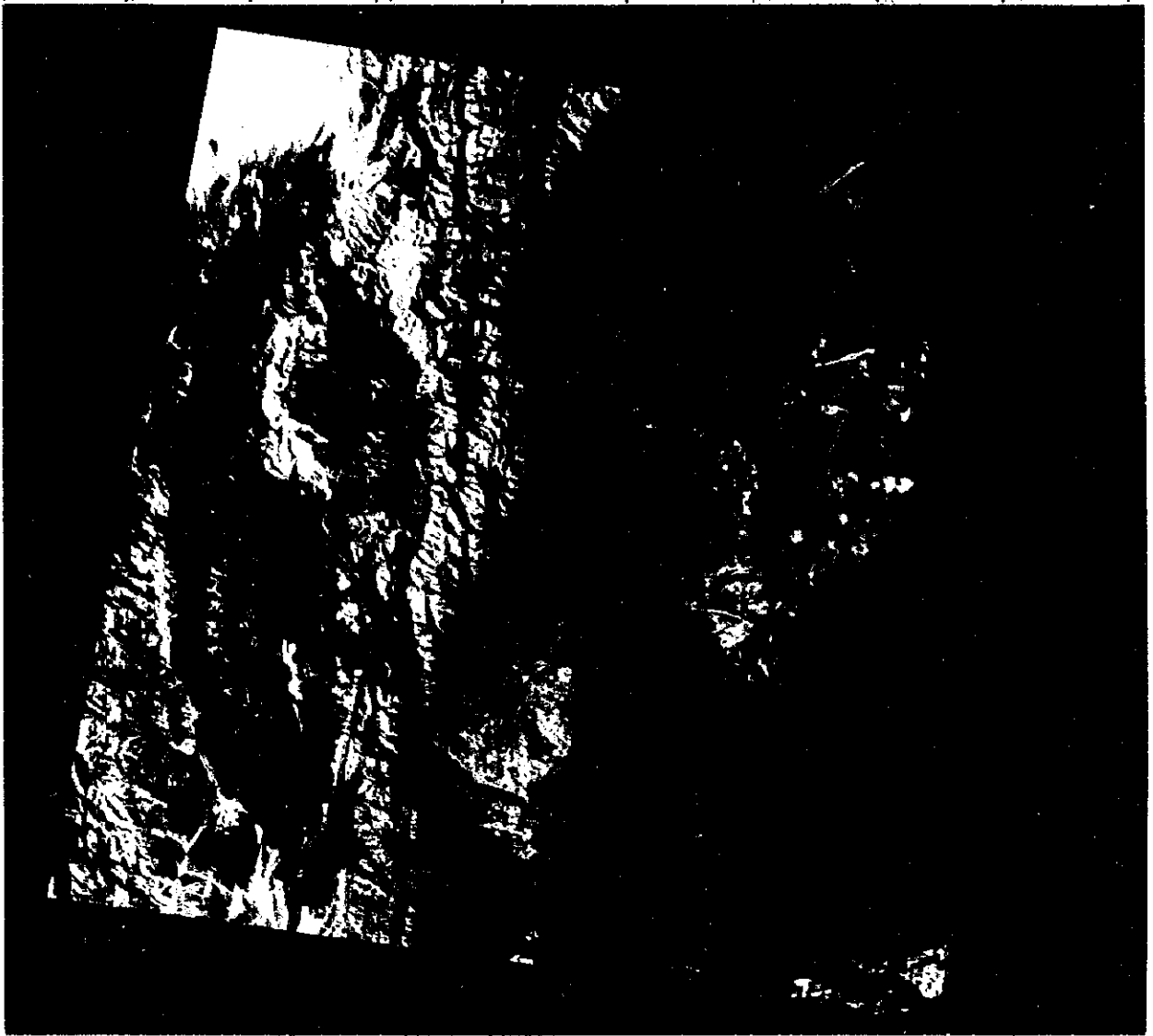


Fig.69 Simplified Geologic Map of the Salta Area

Salta



JICA/MMAJ/JMEC

Fig.70 LANDSAT TM False Color Composite Image of the Salta Area



LANDSAT TM RATIO IMAGES
Multiplied by First Principal Component

Salta

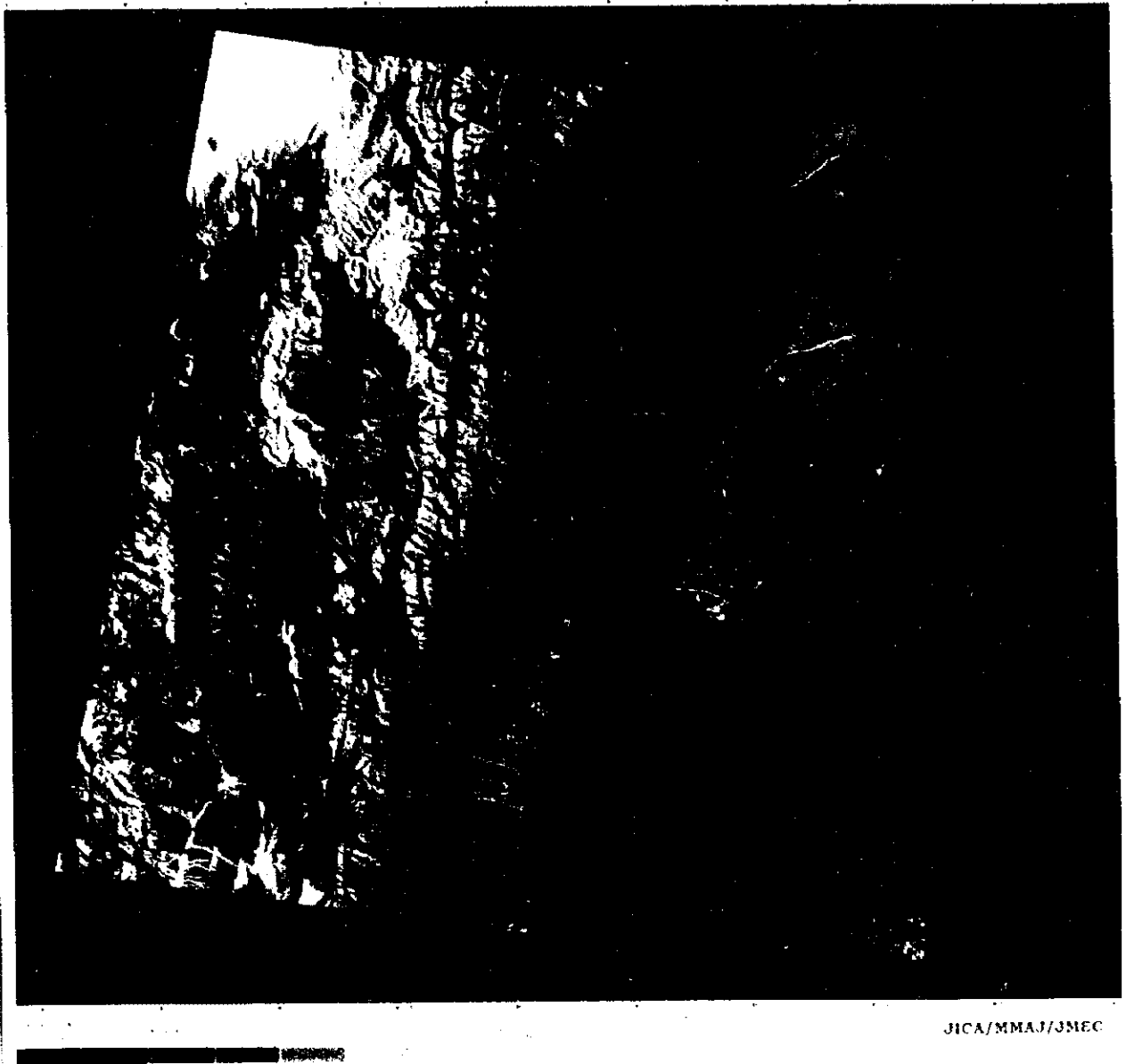


Fig.71 LANDSAT TM Ratio Image of the Salta Area



- Distrito Vizcacheral (A26): Es un tipo pórfido de cobre y molibdeno localizado al noroeste, emplazado dentro de las rocas volcánicas terciarias, y que tienen a pórfidos del Terciario Superior como las rocas ígneas relativas. Las reservas se estiman en 230 millones de toneladas y el grado de las menas es de Cu 0,05 % y Mo 0,035 %.

5.21.2 Unidades fotogeológicas

Las rocas y los sedimentos del Area se clasifican en 17 unidades fotogeológicas (Apéndice 2), de las cuales 11 son correlativas con las rocas metamórficas, sedimentarias y volcánicas proterozoicos a pliocenas, y una ha sido interpretada como zona de alteración. Cuatro unidades corresponden a los sedimentos no consolidados o semiconsolidados cuaternarios y una consta de los intrusivos del Ordovícico Superior. En el Apéndice 3 se entregan la localización y la dirección de cada una de las unidades.

5.21.3 Zonas de alteración

Fueron interpretadas e identificadas cuatro zonas de alteración dentro de la unidad fotogeológica de las rocas volcánicas miocenas (Miv) al oeste del Area. Estas son ovaladas o irregulares, y la más grande tiene una anchura de 3 Km aproximadamente.

Entre los yacimientos y zonas de mineralización conocidos dentro de las zonas de alteración del Area está El Porvenir (yacimiento de cobre, plomo y zinc, zona de alteración AB3005) de Argentina.

5.21.4 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 las llanuras y las cuencas intramontañosas conformadas por los sedimentos cuaternarios no consolidados al noreste, sur y sudoeste. Su densidad de distribución es en general baja. Especialmente, en las llanuras de la mitad este conformadas por la unidad fotogeológica del Mioceno (Mi), los lineamientos son muy poco densos.
- (2) Se identificaron grandes lineamientos de más de 100 Km de largo en las montañas centrales conformadas por los Proterozoico y Cámbrico. Estos se desarrollan con rumbo N-S mostrando suave sinuosidad. Su rumbo coincide con el de las rocas metamórficas y sedimentarias proterozoicas y cámbricas que conforman las montañas locales.

- (3) Los lineamientos menores entrecruzados o perpendiculares con los grandes lineamientos de N-S, se desarrollan con rumbos NO-SE, E-O y NE-SO. Los de NO-SE se distribuyen al sudoeste y noreste, los de E-O al sur y los de NE-SO al sudeste del Area. Son de aproximadamente 10 Km de largo, y no controlan substancialmente las estructuras montañosas locales.
- (4) Se interpretaron uno y dos corrimientos al norte y sur, respectivamente. El primero es un corrimiento continuo de N-S que parte desde el Area que colinda hacia el norte, y está formado principalmente dentro de la unidad fotogeológica del Proterozoico. Los dos corrimientos del sur forman el contacto entre el Proterozoico y el Mioceno, y son continuos con rumbo que varía desde ONO-ESE hasta N-S.

5.21.5 Plegamientos y estructuras anulares

Se interpretaron en total 42 plegamientos en todo el Area. La relación anticlinal y sinclinal es de 26 : 16, con predominancia del primero. Estas estructuras se concentran noreste, sudeste y sur, no pudiendo interpretarse casi ninguna estructura en la mitad oeste constituida por las rocas metamórficas proterozoicas y las rocas sedimentarias cámbricas. Los rumbos de los ejes son predominantemente de NO-SE al noreste, de NE-SO al sudeste, y de N-S al sur, los cuales coinciden con los rumbos regionales de las rocas sedimentarias que conforman dichas estructuras. Los ejes son de 10 a 30 Km de longitud. La estratificación es en general desarrollada en las montañas del sudeste constituidas por las rocas sedimentarias devónicas a miocenas, pudiendo reconocer la totalidad de las estructuras.

Ninguna estructura anular fue interpretada ni identificada dentro del Area.

5.22 Area Rosario

5.22.1 Descripción de la geología y yacimientos, según literatura disponible

(1) Geología y estructura

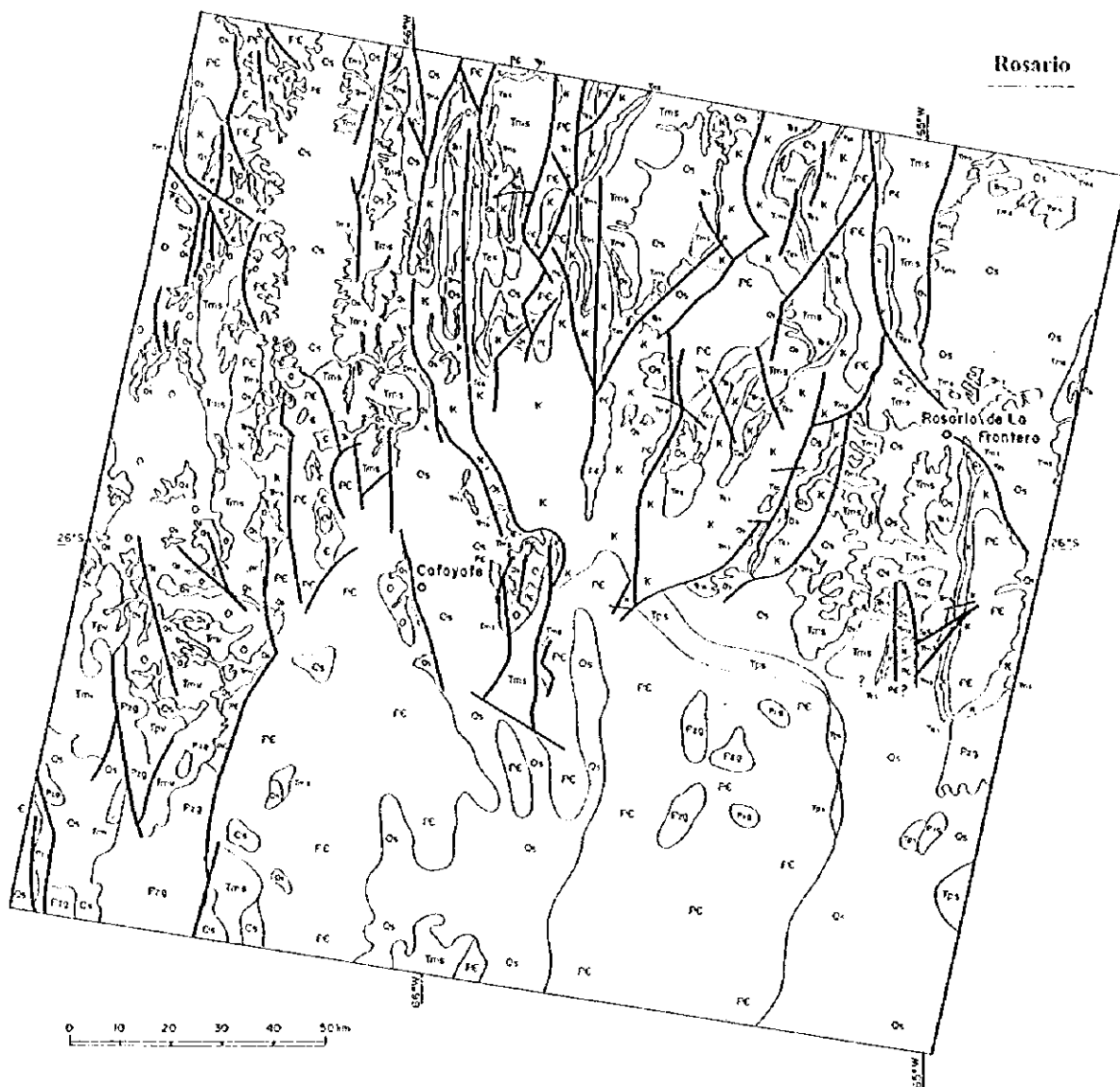
La geología del Area Rosario se constituye de 10 unidades. Estas son, de abajo hacia arriba: sistemas precámbrico a cámbrico, cámbrico, ordovícico, cretácico, rocas sedimentarias paleógenas, rocas sedimentarias miocenas, rocas volcánicas miocenas, rocas sedimentarias pliocenas, rocas volcánicas pliocenas y los sedimentos cuaternarios. Como rocas ígneas intrusivas, se mencionan los intrusivos del Paleozoico (Figura 72).

- Sistema precámbrico a cámbrico (PC): se distribuye en la totalidad del Area, con predominancia en la parte sur donde se halla aflorado en grandes extensiones. Está constituido por las rocas metamórficas de filitas, esquistos, gneises, anfibolitas, migmatitas.
- Sistema cámbrico (Cb): se distribuye al extremo sudeste en franjas angostas, y está constituido por las rocas sedimentarias marinas y sus rocas metamórficas, con intercalación de calizas, etc.
- Sistema ordovícico (O): se halla aflorado en grandes extensiones al oeste del Area y está constituido por las rocas sedimentarias de areniscas, lutitas, limolitas y calizas.
- Sistema cretácico (K): se halla aflorado en grandes extensiones al norte del Area y está constituido por areniscas arcillosas, areniscas cuarcíferas, limolitas y margas.
- Rocas sedimentarias paleógenas (Tes): se afloran al norte formando franjas angostas de rumbos de NNO-SSE a NNE-SSO.
- Rocas sedimentarias miocenas (Tms): son predominantemente rocas sedimentarias continentales, con intercalación parcial de las marinas.
- Rocas volcánicas miocenas (Tmv): son andesitas, dacitas, piroclásticas y basaltos que conforman los estratovolcanes complejos y se distribuyen al sudoeste del Area.
- Rocas sedimentarias pliocenas (Tps): se distribuyen al sudeste del Area.
- Rocas volcánicas pliocenas (Tpv): se distribuyen al sudoeste y están constituidas por andesitas, basaltos, andesitas basálticas, etc. Se clasifican en aquellas que conforman los estratovolcanes complejos y en aquellas que se componen de ignimbritas.
- Sedimentos cuaternarios (Qs): son sedimentos fluviales, lacustres, glaciales, aluviales, etc. semiconsolidados a no consolidados de gravas, arenas, limos, arcillas, residuos evaporales, etc.
- Intrusivos del Paleozoico (Pzg): son granitos ordovícicos a carboníferos (granitos, granodioritas, pórfidos graníticos, pórfidos granodioríticos y monzonitas) que se afloran al sur del Area.

Esta Area está formada por las provincias tectónicas de las Sierras Pampeanas al oeste y por la de la Cordillera Subandina al este, cuyas características son las siguientes:

La provincia tectónica de las Sierras Pampeanas está constituida por los sistemas precámbrico a cámbrico, cámbrico y ordovícico, que se hallan cubiertos con discordancia angular por el sistema cretácico, las rocas sedimentarias paleógenas y miocenas, así como por las rocas volcánicas miocenas. Estos se hallan acompañados por los intrusivos del Paleozoico.

La provincia tectónica de la Cordillera Subandina está constituida extensamente por las rocas sedimentarias miocenas y rocas sedimentarias pliocenas. Los sistemas



LEGEND

- | | | |
|----------------|-----------|---|
| Quaternary | — [Qs] | Quaternary (mainly sediments) |
| | — [Tpv] | Miocene to Pliocene volcanic rocks |
| | — [Tps] | Miocene to Pliocen (mainly sedimentary rocks) |
| Tertiary | — [Tmv] | Miocene volcanic rocks |
| | — [Tms] | Miocene sedimentary rocks |
| | — [Tcs] | Paleocene to Oligocenc (mainly sedimentary rocks) |
| Mesozoic | — [K] | Cretaceous |
| Paleozoic | — [O] | Ordovician |
| | — [C] | Cambrian |
| Precambrian | — [FC] | Precambrian to Cambrian |
| Intusive Rocks | — [Pzg] | Paleozoic intrusive rocks |
| | — | Fault |

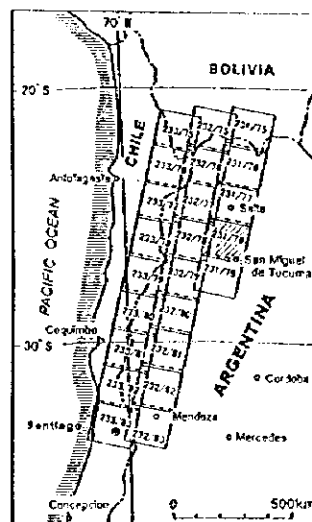
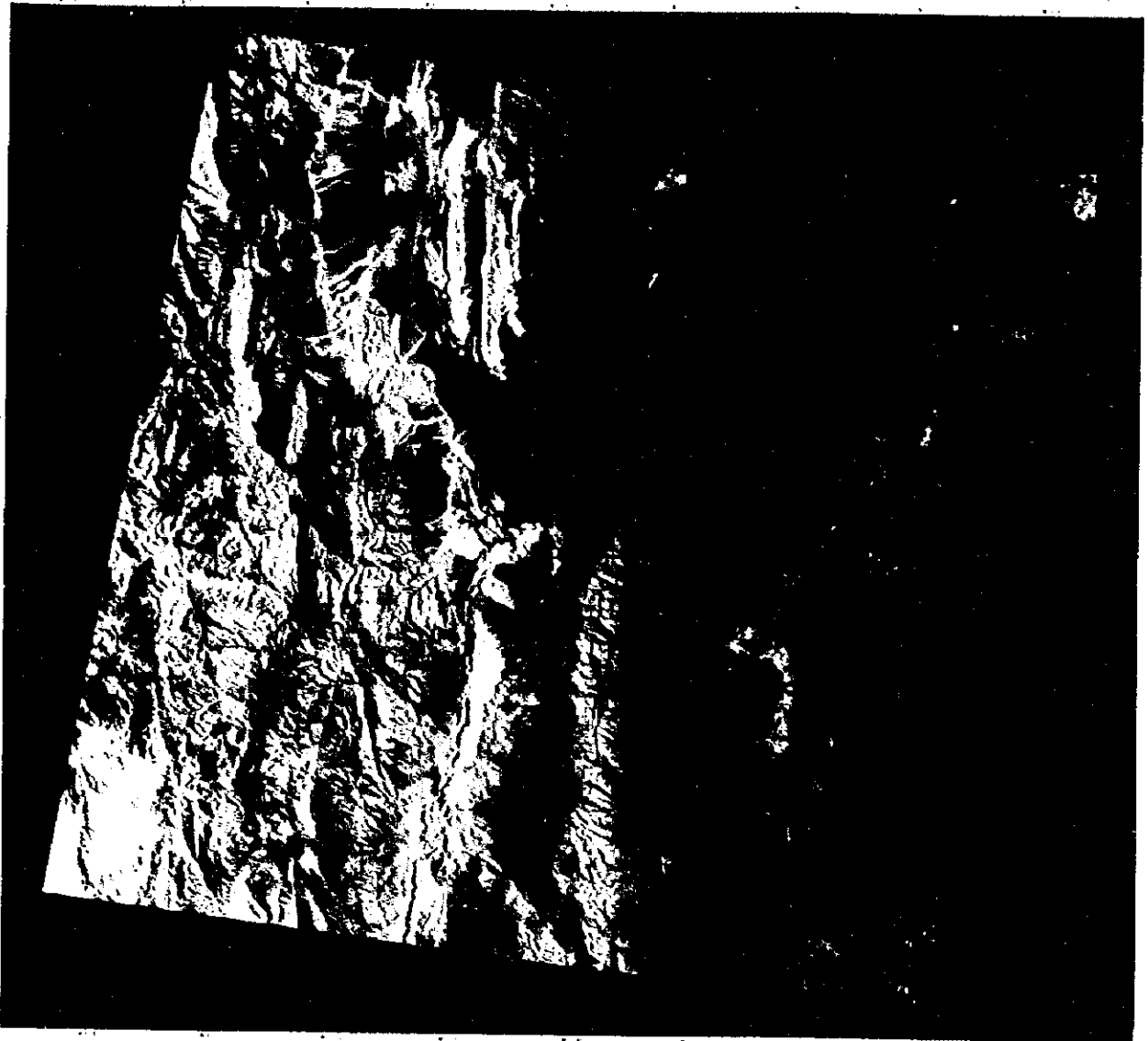


Fig. 72 Simplified Geologic Map of the Rosario Area

Rosario de Frontera



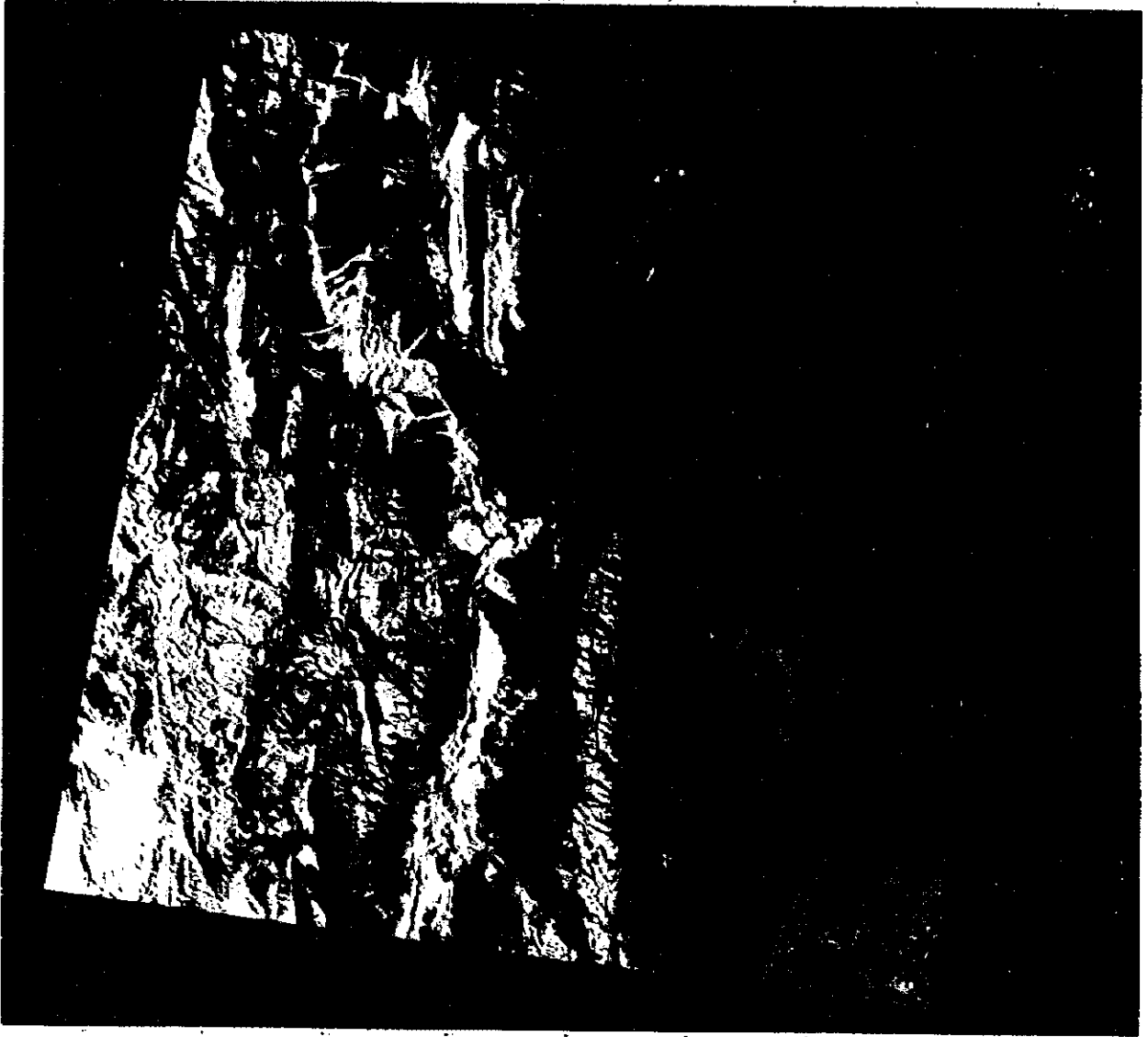
JICA/MMAJ/JMEC

Fig.73 LANDSAT TM False Color Composite Image of the Rosario Area



LANDSAT TM RATIO IMAGE
Multiplied by First Principal Component

Rosario de Frontera



JICA/MMAJ/JMEC

Fig. 74 LANDSAT TM Ratio Image of the Rosario Area



precámbrico a cámbrico, cretácico y las rocas sedimentarias paleógenas se afloran esporádicamente como relictos interiores además que están acompañados de los intrusivos del Paleozoico.

(2) Yacimientos

En provincia tectónica de las Sierras Pampeanas se hallan tres yacimientos pequeños: dos vetiformes y un pórfido cuprífero. Los yacimientos vetiformes fueron formados en el Terciario, y contienen los minerales de cobre como malaquita, azurita, cobre nativo, argentita, etc.

5.22.2 Unidades fotogeológicas

Las rocas y los sedimentos del Area se clasifican en 16 unidades fotogeológicas (Apéndice 2), de las cuales nueve 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 productos volcánicos 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.

5.22.3 Zonas de alteración

Fueron interpretadas e identificadas tres zonas de alteración dentro de la unidad fotogeológica de las rocas volcánicas miocenas (Miv) al sudoeste del Area. Estas son ovaladas con el eje mayor desarrollado con rumbo NO-SE. La más grande es de 5 Km aproximadamente de largo.

No se conoce ningún yacimiento o zona de mineralización dentro de las zonas de alteración identificadas dentro del Area.

5.22.4 Lineamientos

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

- (1) Los lineamientos fueron identificados en casi todo el Area, salvo en las partes noroeste y centro a sur, noreste y sudeste donde se extienden las llanuras y lomas a lo largo de los principales ríos. Los lineamientos menores se concentran especialmente al oeste,

dentro de la unidad fotogeológica de las rocas graníticas, de rumbos variados (NO-SE, NE-SO, E-O, etc.). Sin embargo, la densidad es relativamente baja en las unidades fotogeológicas del Proterozoico (PRm) y Cretácico Inferior (Ki) de las montañas del sudoeste y noreste.

- (2) Los grandes lineamientos son de 20 a 30 Km de longitud, de rumbos N-S a NNE-SSO y NNO-SSE. Los lineamientos de N-S coinciden con el rumbo de las rocas metamórficas y sedimentarias que componen las montañas locales, mientras que los de NNO-SSE tienden a entrecruzarse con los primeros. Estos predominan en la parte central y oeste del Area, y muestran parcialmente suave sinuosidad.
- (3) Los lineamientos menores de 5 a 10 Km de longitud son, generalmente, de NO-SE o NE-SO, y su distribución es dispersa en casi todo el Area. Parte de ellos, corta los grandes lineamientos de rumbos N-S o NNO-SSE.
- (4) No se interpretaron los corrimientos dentro del Area.

5.22.5 Plegamientos y estructuras anulares

Se identificaron 40 plegamientos en todo el Area, con una relación anticlinal y sinclinal proporcional de 20 : 20. Las planchas y la estratificación que facilitan la interpretación de los plegamientos fueron identificadas de manera concentrada en las zonas donde se reconocieron claramente las rocas sedimentarias cretácicas y terciarias que conforman las montañas del norte y este. El eje de los plegamientos se desarrollan con rumbo N-S a NNE-SSO, y su largo varía de 5 a 20 Km. La longitud de onda de las estructuras interpretadas fue de unos 10 Km.

Se interpretaron e identificaron dos estructuras semianulares en la unidad fotogeológica del Proterozoico al sudeste del Area.

5.23 Area Tucumán

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

(1) Geología y estructura

La geología del Area Tucumán está constituida por siete unidades. Estas son, de abajo hacia arriba: sistemas precámbrico a cámbrico, cámbrico, cretácico a terciario, rocas sedimentarias miocenas, rocas sedimentarias pliocenas, rocas volcánicas pliocenas y sedimentos cuaternarios. Como rocas ígneas que intruyen a estas unidades, se mencionan los intrusivos del Paleozoico y los del Mesozoico (Figura 75).

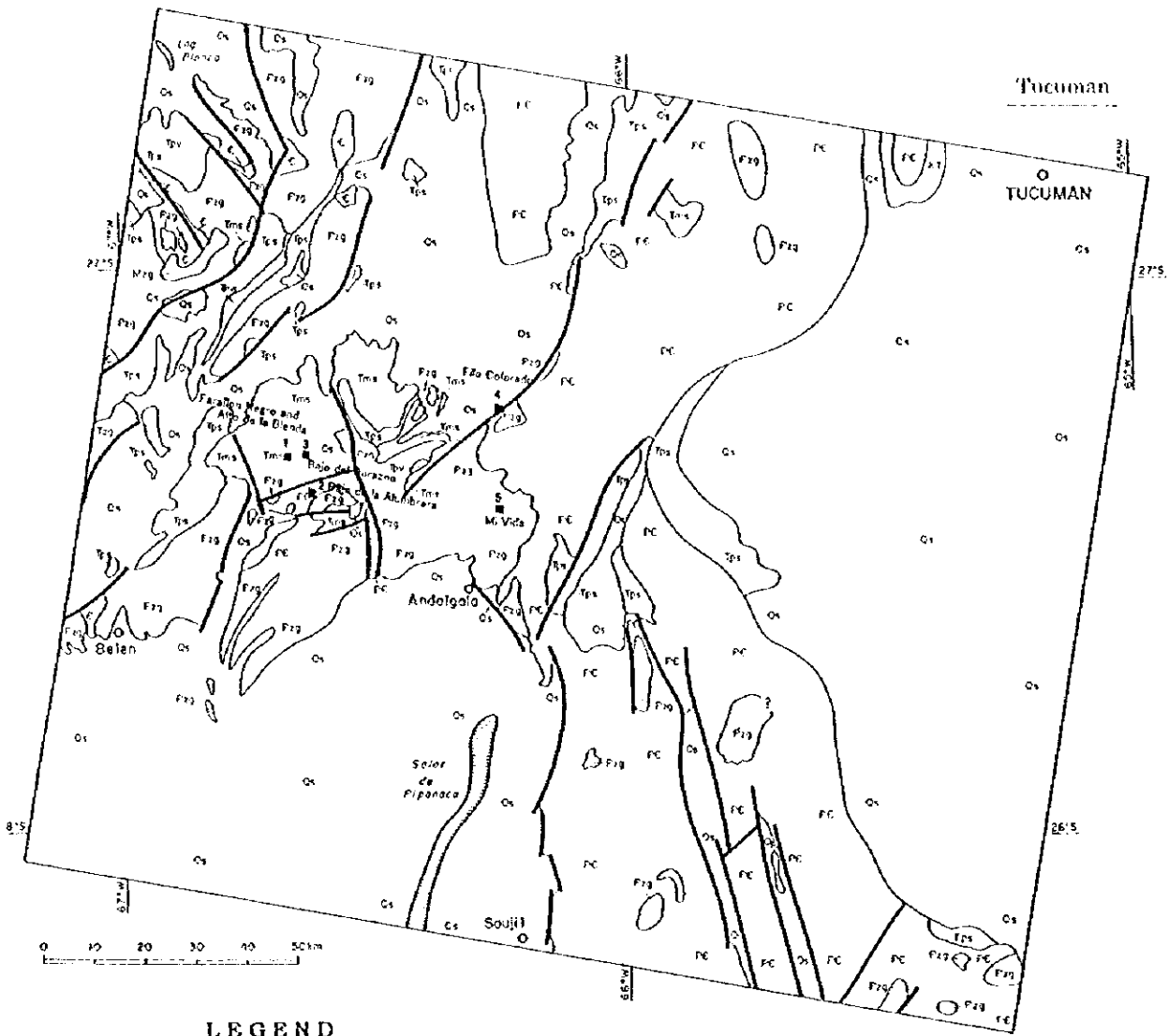
- Sistema precámbrico a cámbrico (PC): se distribuye de forma continua en grandes extensiones de las montañas desde el norte, atravesando el centro, hasta el sur y sudoeste. Está constituido principalmente por gneises, anfibolitas, filitas y esquistos, asociados con calizas cristalinas, etc.
- Sistema cámbrico (Cb): se distribuye de manera dispersa en pequeñas extensiones del noroeste a oeste del Area, y está constituido principalmente por anfibolitas, meta rocas de carbonato, rocas metavolcánicas, gneises, etc.
- Sistema cretácico a terciario (KT): se distribuye esporádicamente al noreste del Area y está constituido por areniscas cuarcíferas y arcillosas.
- Rocas sedimentarias miocenas (Tms): se distribuye principalmente en la parte central, y está constituido por rocas sedimentarias continentales, con intercalación parcial de estratos marinos.
- Rocas sedimentarias pliocenas (Tps): son principalmente rocas sedimentarias continentales que se distribuyen en las faldas de las montañas en las partes oeste, central y sudeste.
- Rocas volcánicas pliocenas (Tpv): son andesitas, basaltos, andesitas basálticas, etc., que se distribuyen al noroeste del Area, formando mesetas de lava.
- Sedimentos cuaternarios (Qs): son gravas, arenas, limos, arcillas y residuos evaporales fluviales, lacustres, aluviales, etc. semiconsolidados o no consolidados.

- Intrusivos del Paleozoico (Pzg): están constituidos por rocas graníticas (granitos, granodioritas, pórfidos graníticos y monzonitas) del Ordovícico a Carbonífero, que afloran en grandes extensiones del centro al oeste del Area.
- Intrusivos del Mesozoico (Mzg): están constituidos por granitos, granodioritas o gabros que afloran formando pequeños cuerpos de rocas al noroeste del Area.

El Area está formada por la provincia tectónica de las Sierras Pampeanas. Salvo en las pampas del este y sudoeste, se distribuyen en las zonas montañosas las rocas metamórficas, sedimentarias y volcánicas del Precámbrico a Plioceno, así como las rocas plutónicas del Paleozoico y Mesozoico.

(2) Yacimientos

En esta Area se conocen nueve yacimientos: cinco pórfidos cupríferos (incluyendo el Filo Colorado), y cuatro yacimientos vetiformes o del tipo diseminación. Los principales elementos son oro, plata y cobre, salvo Yasyamayo. La edad metalogénica se estima en Mioceno.



LEGEND

- Quaternary — **Qs** Quaternary (mainly sediments)
- Tertiary — **Tpv** Miocene to Pliocene volcanic rocks
- **Tps** Miocene to Pliocene (mainly sedimentary rocks)
- **Tms** Miocene sedimentary rocks
- **KT** Cretaceous to Tertiary
- Paleozoic — **C** Cambrian
- Precambrian — **PC** Precambrian to Cambrian
- Intrusive Rocks — **Mzg** Mesozoic intrusive rocks
- **Pzg** Paleozoic intrusive rocks
- Fault
- Major ore deposit
- 1: Farallon Negro and Alto de la Bienda
- 2: Bajo de la Alumbra
- 3: Bajo del Durazno
- 4: Filo Colorado
- 5: Mi Vida

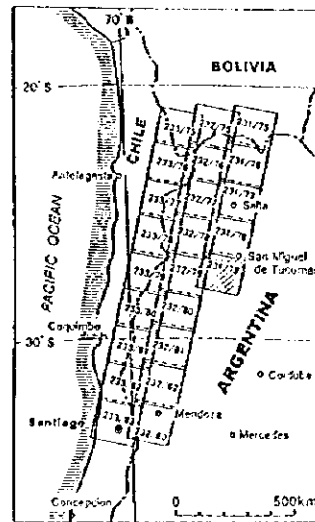
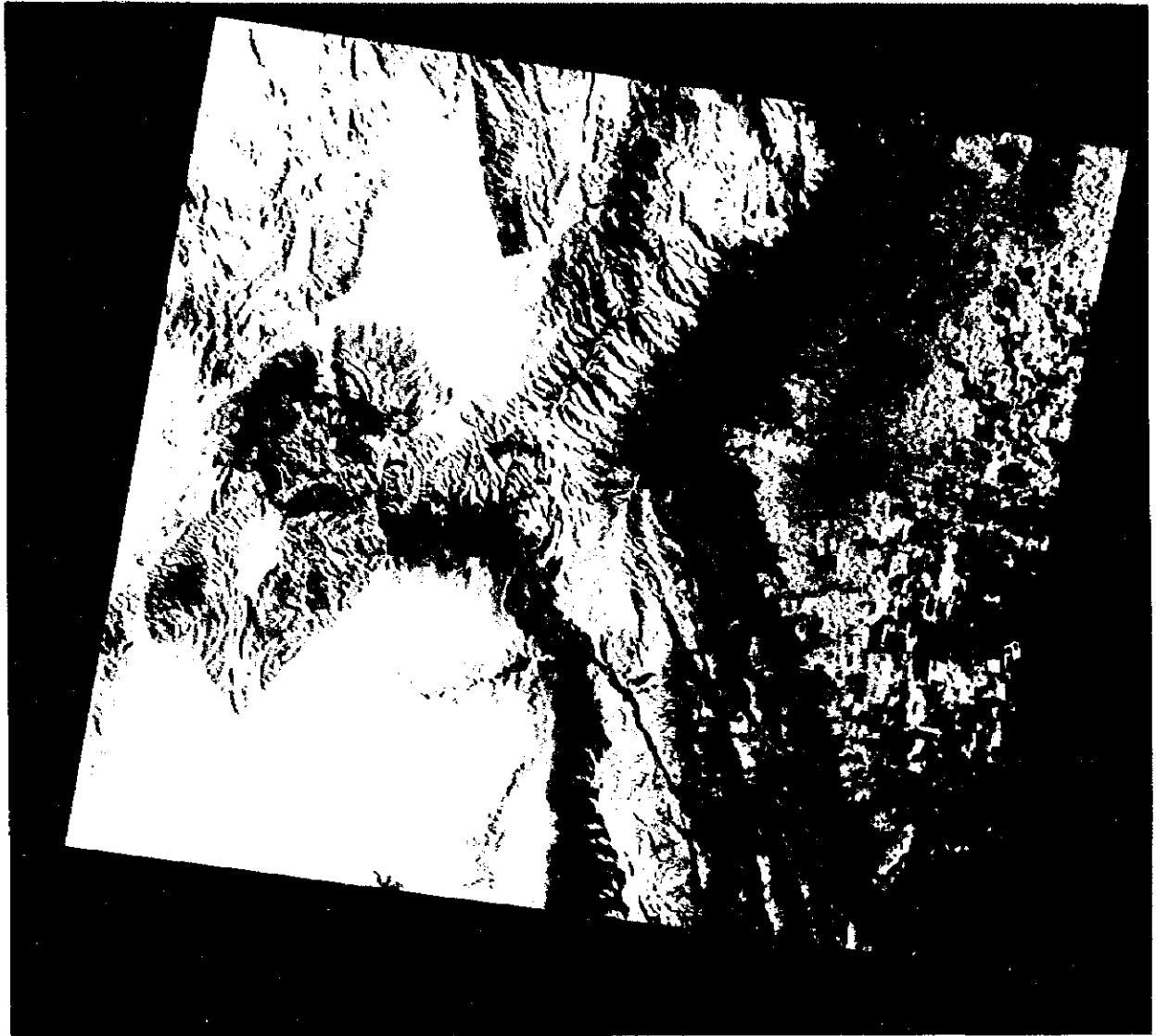


Fig. 75 Simplified Geologic Map of the Tucuman Area

San Miguel de Tucuman



JICA/SIMA I/JMEC

Fig.76 LANDSAT TM False Color Composite Image of the Tucuman Area



)



A continuación, se describen las características de los principales yacimientos:

- Farallón Negro y Alto de la Blenda (A118): Alto de la Blenda forma una franja de yacimientos vetiformes a unos 500 m al este de Farallón Negro. Esta franja fue formada en el contacto entre el stock de monzonitas y piroclásticas andesíticas que los intruyen, y alberga yacimientos vetiformes de oro-plata-manganeso de rumbo NO-SE. La principal veta, Esperanza, se caracteriza por el rumbo N50-70°O, inclinación 50-70°NE, longitud horizontal de unos 550 m, y ancho de veta de 4 a 10 m. Cuarzo, rodocrosita y calcita están acintados en las vetas, y dentro de ellos se encuentran oro natural, electrum, polibasita, plata natural, tetradrita argentífera, blenda, pirita, galena, calcopirita y otros minerales de menas. Como minerales de alteración están esmectita, sericita y clorita. Las reservas se estiman en 2.828.806 toneladas, y el grado de las menas es de Au 4,3 g/t y Ag 84 g/t.
- Bajo de la Alumbreira (A119): Es un yacimiento de pórfido cuprífero abundante en oro. Es un típico pórfido cuprífero de alto grado de menas, que alberga la zona de alteración de sericita alrededor de una zona de silicificación y alteración potásica, y a su alrededor se distribuye una zona de propilitización. Las reservas se estiman en 752 millones de toneladas, y el grado de las menas es de Au 0,6 g/t y Cu 0,5 g/t.
- Bajo del Durazno (A123): Es un yacimiento de pórfido cuprífero. De biotita estratiforme e hidrotermal encontrada en el pórfido andesítico con alteración potásica que es la roca encajadora, se ha obtenido la edad K-Ar de $7,9 \pm 0,1$ Ma (Caelles et al., 1971). Las reservas se estiman en 150 millones de toneladas, y el grado de las menas es de Au 1,5 g/t y Cu 0,5 g/t.
- Filo Colorado (A124): Es un yacimiento de pórfido cuprífero, cuyas reservas se estiman en 9 millones de toneladas y el grado de las menas es de Au 0,3 g/t, Cu 0,5 a 0,8 % y Mo 0,02 %.
- Mi Vida (Agua Rica, A125): Es un yacimiento de pórfido cuprífero. Después de la alteración y mineralización inicial, se ha traslapado la mineralización caracterizada por alunita-enargita-pirita. De biotita magmática encontrada en el dioritas monzoni-graníticas que es la roca encajadora, se ha obtenido la edad K-Ar de $6,8 \pm 0,4$ Ma (McBride, 1972). Las reservas se estiman en 150 millones de toneladas, y el grado de las menas es de Au >4 g/t y Cu 1 a 2 g/t.

5.23.2 Unidades fotogeológicas

Las rocas y los sedimentos del Area se clasifican en 20 unidades fotogeológicas (Apéndice 2), de las cuales 12 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 cuaternarios y dos constan de los intrusivos ordovícicos y jurásicos a cretácicos inferiores.. En el Apéndice 3 se entregan la localización y la dirección de cada una de las unidades.

5.23.3 Zonas de alteración

Se interpretaron e identificaron seis zonas de alteración en el Area. Estas se distribuyen dentro de la unidad fotogeológica de las rocas volcánicas miocenas (Miv) al oeste, o en el contacto entre éstas con las rocas graníticas paleozoicas (γp). Son de perfil ovalada con eje mayor de rumbo NE-SO, y la más grande tiene un largo de 5 Km aproximadamente.

Entre los yacimientos o zona de mineralización conocidos dentro o cerca de las seis zonas identificadas, se mencionan el Bajo del Durazno (pórfido cuprífero, zona de alteración AC5003), Bajo de la Alumbreira (pórfido cuprífero, AC5004), Cerro Atajo (pórfido cuprífero, AC5005) y Capillitas (yacimiento vetiforme o de diseminación, AC5006).

5.23.4 Lineamientos

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

- (1) Se identificaron múltiples lineamientos en casi todo el Area, salvo en las cuencas intramontañosas del sur a sudoeste y en las llanuras constituidas por extensas pampas del este. Se concentran numerosos lineamientos pequeños en las unidades fotogeológicas de las rocas graníticas (γp) del centro a oeste, y en la del Proterozoico (PRm) al norte, de rumbos variados (NE-SO, NNE-SO, E-O, etc.). Mientras tanto, la concentración es relativamente menor en las faldas de montañas del centro a noreste.
- (2) Los lineamientos grandes pueden ser de 20 a 30 Km de longitud, de rumbos NNO-SSE y NE-SO que coinciden con los rumbos regionales de las rocas metamórficas, graníticas y sedimentarias componentes de las montañas locales. Estos lineamientos controlan fuertemente la estructura de la totalidad del Area.
- (3) Los lineamientos menores son de 5 a 10 Km de longitud y muestran los rumbos NNO-

SSE, NE-SO y N-S. Su distribución es dispersa en casi todo el Area.
(4) No se identificó ningún corrimiento en el Area.

5.23.5 Plegamientos y estructuras anulares

Sólo fueron identificados dos plegamientos al oeste, puesto por la distribución limitada de las rocas sedimentarias con buen desarrollo de estratificación. Uno de ellos es sobreplegamiento anticlinal y el otro es sinclinal. Estas estructuras conforman la unidad fotogeológica del Mioceno (Mi y Mib). El rumbo de ejes varía de N-S a NNE-SSO, y la longitud del sobreplegamiento anticlinal y del sinclinal es de 18 Km y 10 Km, respectivamente.

Fue interpretada e identificada una estructura semianular al oeste, en la unidad fotogeológica de las rocas volcánicas miocenas (Miv).



Capítulo 6 Análisis de Imágenes Regionales del Area del Estudio

En este capítulo se entrega un resumen de la interpretación fotogeológica de cada una de las 23 escenas que cubre el Area del Estudio, utilizando las imágenes en mosaico (de escala 1:2.000.000), cuyos resultados se plasmaron en las imágenes reducidas de la Figura 78. Asimismo, se entregan la distribución de las zonas de alteración de cada provincia metalogénica dibujando las principales estructuras, yacimientos y zonas de alteración, sobre la base de los resultados del análisis integral.

En el proceso de identificar las zonas de alteración del Area de Estudio, las coberturas de vegetación, nieve y nubes constituyeron obstáculos para la interpretación de imágenes. La vegetación de parte del Area del Estudio es densa, dificultando identificar las posibles zonas de alteración en las imágenes. Tales son los casos de las provincias tectónicas de las Sierras Pampeanas (parcialmente) y de las Subandinas.

Las áreas cubiertas de nieve son las cimas de montañas como la Cordillera Principal y Puna y los altiplanos de Vicuña y Santiago. Dentro de ellas se encuentran El Indio (yacimiento vetiforme de oro-cobre), Río Blanco (pórfido cuprífero), etc. donde no se han podido identificar las zonas de alteración asociadas.

Dada la limitación señalada de identificar las zonas de alteración, durante la lectura de los siguientes apartados, es necesario tomar en cuenta que no todas las zonas de alteración del Area del Estudio han sido cubiertas por este estudio.

6.1 Características geológicas y estructurales de la región

De acuerdo con el informe de Mpodozis & Ramos (1989) la orogenia andina del Mesozoico al Cenozoico, dio origen a diferentes estructuras y magmatismo al sur y norte de 27°S.

Por lo tanto, en la compilación de los resultados de la interpretación fotogeológica cada una de las escenas en escala 1:2.000.000, se clasificaron las rocas componentes del Area del Estudio en las siguientes nueve grandes unidades fotogeológicas (Figura 79), a fin de interpretar la geología macrotectónica de las estructuras y magmatismo (la distribución de fracturas, etc.) estrechamente asociada con la formación de los yacimientos metálicos.

- Sedimentos no consolidados cuaternarios
- Productos volcánicos cuaternarios
- Productos volcánicos miocenos y pliocenos
- Productos volcánicos paleocenos a eocenos
- Mesozoico y Terciario (sin incluir productos volcánicos)

- Paleozoico
- Rocas del basamento proterozoico (incluyendo rocas plutónicas)
- Rocas graníticas del Terciario y Mesozoico
- Rocas graníticas del Paleozoico

A continuación se presentan las características geológicas y estructurales regionales:

(1) Proterozoico

El Proterozoico que forma el basamento del Área del Estudio y que está constituido por múltiples rocas metamórficas, afloran principalmente en Argentina, no pudiendo ser identificado en Chile. La distribución de este basamento presenta diferentes características al norte y sur de 27°S.

En el segmento norte, donde se ubican las provincias de Jujuy y Salta (al noreste del Área del Estudio), los bloques de las rocas del basamento constituyen el núcleo de las montañas locales. En general, las rocas de basamento se distribuyen de manera continua con rumbo N-S a NNE-SSO, y se halla separado de otras unidades mediante grandes lineamientos del mismo rumbo. El basamento se halla dividido en los segmentos norte y sur a partir de 24,5°S, entre Jujuy y Salta. En el segmento sur, dos grandes franjas se distribuyen con un ancho de 40 a 50 Km, mientras que en el norte, éstas convergen en una, reduciéndose drásticamente el ancho hasta 20 Km. Más al norte de 22°S, no afloran las rocas. En especial al sudeste y noroeste de Salta, se identificó un lineamiento de NO-SE en las imágenes. Este controla fuertemente la disposición del basamento, sugiriendo la presencia de una línea tectónica de basamento (Figura 80), a la que Welsink et al. (1995) denomina "Lineamiento Calama" o "Lineamiento Olacapato-El Toro". En este informe, se ha optado por denominar "Línea Tectónica Calama".

El segmento sur de 27°S donde se ubica la provincia San Juan (al sudeste del Área del Estudio), las rocas del basamento constituyen montañas independientes de montañas en bloque. Las principales montañas se distribuyen en forma discontinua con un ancho de unos 40 Km y largo de 100 Km, con rumbo N-S a NNO-SSE o NO-SE. Estos se hallan delimitados en los márgenes E-O con líneas casi rectas, sugiriendo la presencia de grandes fracturas, aunque no se ha identificado ningún lineamiento en las imágenes. La disposición del basamento de rumbo NO-SE alrededor de 30°S constituye una de las características estructurales importantes en esta área. La formación de un desnivel muy pronunciado en el margen sudoeste de las montañas del Proterozoico entre 30 y 31°S, sugiere la presencia de una línea tectónica de basamento importante en el mismo rumbo. Asimismo, las montañas proterozoicas ubicadas al norte de esta área (alrededor de 29°S) que se distribuyen con un rumbo regional de NO-SE, sugiere la presencia de una fractura del mismo rumbo (Figura 80). Esta línea será denominada tentativamente como "Línea Tectónica La Rioja".

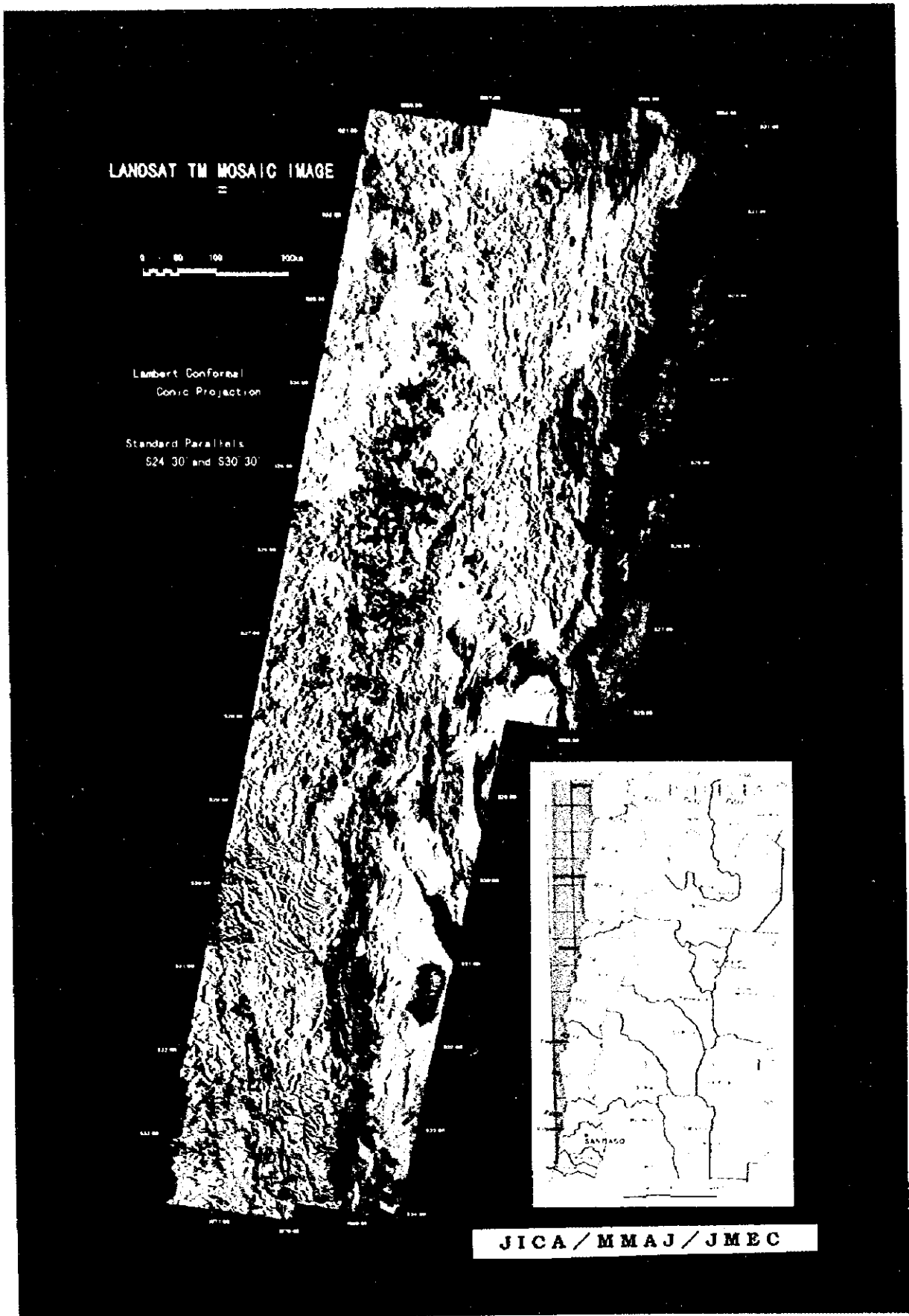


Fig.78 LANDSAT TM False Color Composite Mosaic Image of the Study Area



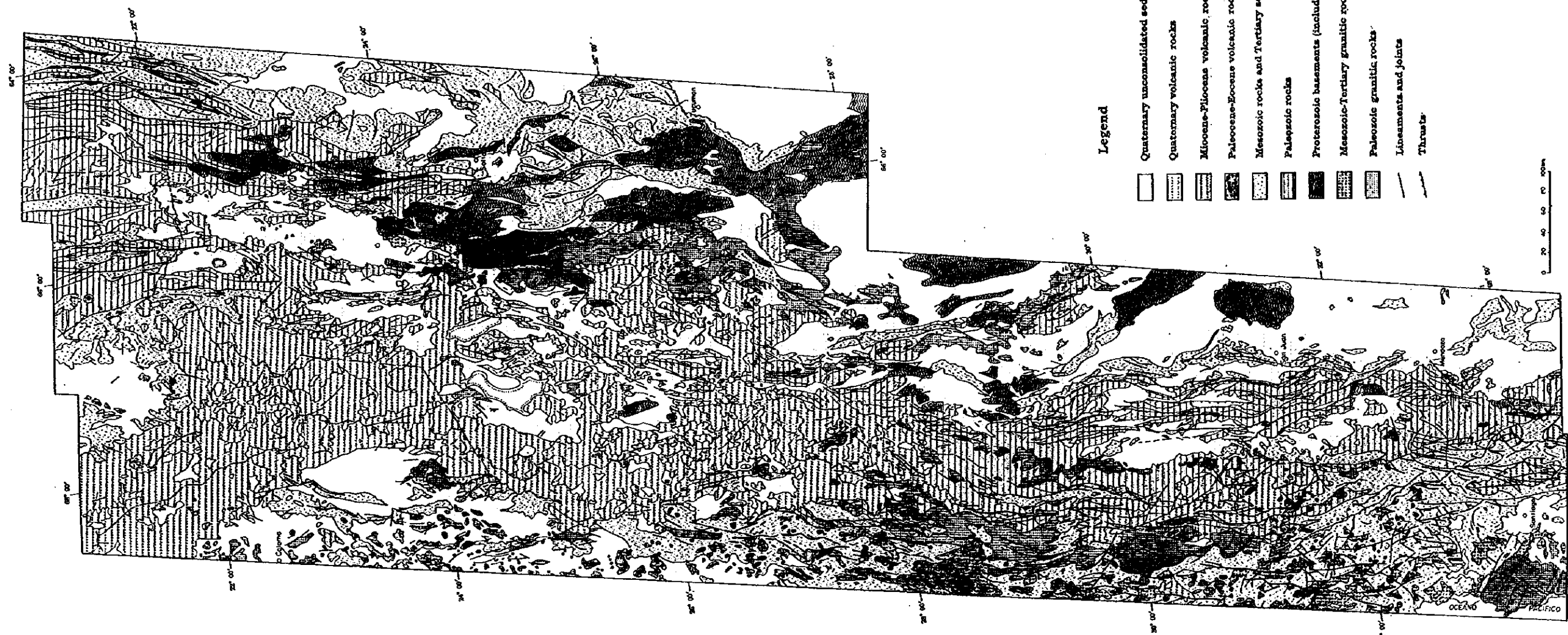
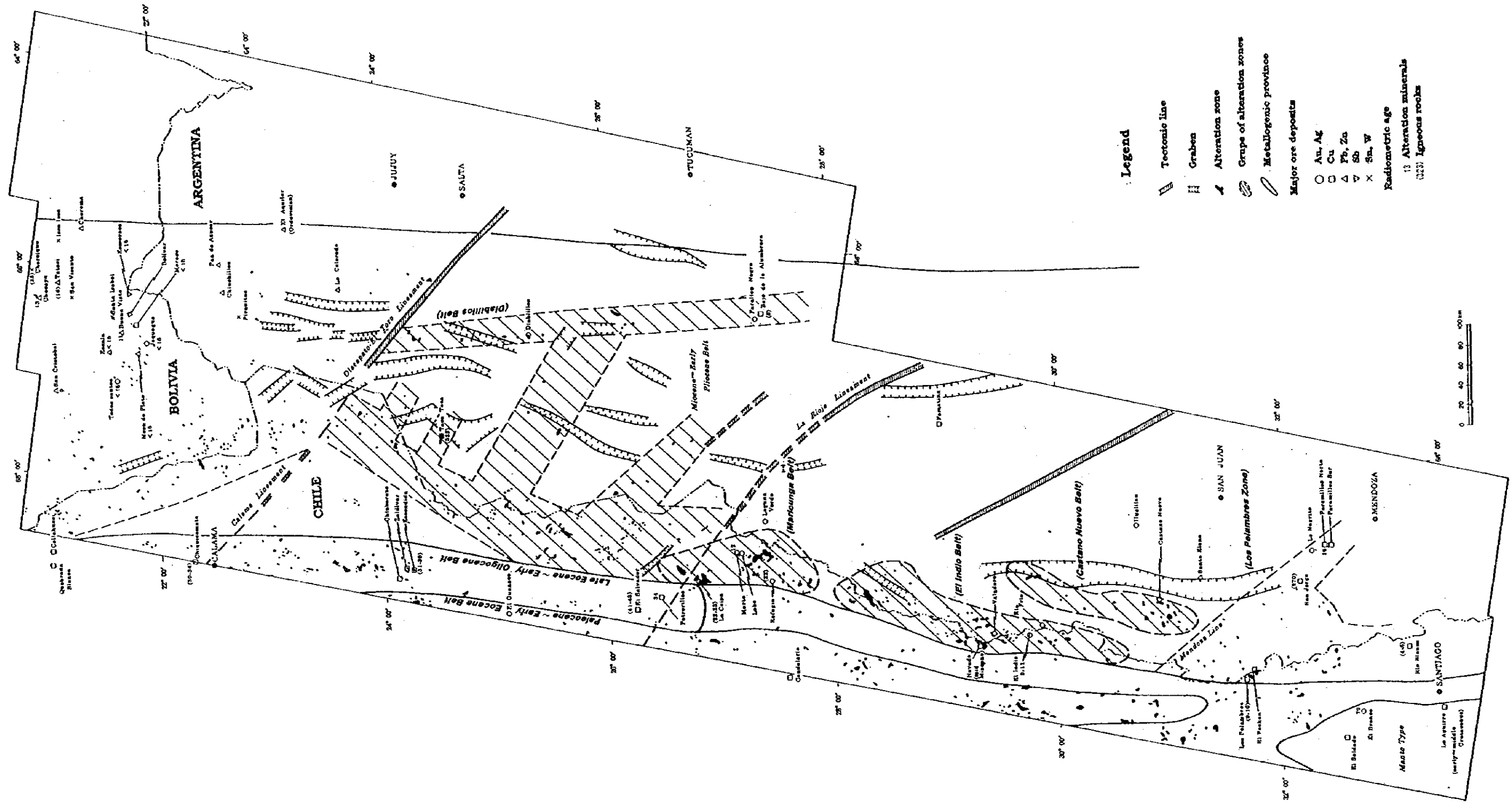


Fig.79 Compiled Photogeologic Interpretation Map of the Study Area



- Legend**
- Tectonic line
 - Graben
 - Alteration zone
 - Group of alteration zones
 - Metalogenic province
 - Major ore deposits
 - Au, Ag
 - Cu
 - Pb, Zn
 - Sb
 - Sn, W
 - Radiometric age
 - Alteration minerals
 - Igneous rocks

Fig.80 Regional Interpretation Map of the Study Area

(2) Del Paleozoico al Terciario

Las rocas del Paleozoico tampoco se distribuyen en Chile, sino que los principales afloramientos se delimitan en Argentina y Bolivia.

En la zona fronteriza entre Argentina y Bolivia, al noreste del Area del Estudio (más al norte de 24°S), el Paleozoico constituye extensas montañas de plegamiento N-S con múltiples lineamientos. En especial, el Ordovícico de esta zona se caracteriza por el espeso estrato de rocas pelíticas que sugieren facies abisales, y se deduce la presencia de una cuenca sedimentaria grande y profunda en el Paleozoico Inferior. No se ha identificado ningún magmatismo importante del Paleozoico en esta zona.

Al sur de 27°S que corresponde al segmento sur del Area del Estudio, el Paleozoico se distribuye en la frontera entre Argentina y Chile, por un ancho medio de unos 100 Km. En este segmento existen múltiples lineamientos de corrimiento y cuerpos de rocas graníticas del mismo período, además de conformarse anchas montañas de plegamiento de rumbo N-S. En la zona de corrimientos de San Juan predominan las estructuras imbricadas y despegues.

En el segmento entre 27°S y 24°S, la distribución del Paleozoico es muy limitada, sugiriendo que la cuenca sedimentaria en ese período ha sido pequeña. Los dos extremos sur y norte de este segmento, coinciden con la ubicación de una posible línea tectónica de basamento descrita en el numeral (1), y probablemente forma una zona de elevación relativa con posterioridad al Proterozoico.

Las rocas del Mesozoico y del Terciario (sin incluir los productos volcánicos) del Area del Estudio, se distribuyen generalmente circundando el margen exterior de las montañas elevadas por el plegamiento del Paleozoico. El grado de deformación es menor que en el Paleozoico por la brevedad de la orogenia, y la densidad de los lineamientos es baja, salvo en la parte sur del Area del Estudio. En la supuesta línea tectónica de basamento, las unidades se hallan controladas, pudiendo identificar el desplazamiento de la distribución y la variación de rumbos.

(3) Rocas graníticas

Las rocas graníticas paleozoicas se distribuyen con rumbo casi N-S, en todo el Area del Estudio, al igual que cada uno de los cuerpos de rocas. En Chile y en Argentina se identificaron dos y tres afloramientos imbricados, respectivamente, con un ancho que varía de 20 a 50 Km, cada uno. Sin embargo, éstas no se distribuyen más al norte de 25°S ni en Argentina ni en Bolivia. A la altura de 28°S en Argentina, se distribuyen un afloramiento al oeste y otro en el centro con rumbos NNE-SSO y NNO-SSE, respectivamente. Estos son curvos y convergen.

Las rocas graníticas del Mesozoico y Terciario se hallan principalmente dentro del territorio chileno, y se disponen al oeste del afloramiento de rocas graníticas paleozoicas de rumbo N-S. Si bien es cierto que se desconoce el ancho exacto de su distribución, son más extensas (120 Km) al sudoeste del Area del Estudio. La forma de

cada uno de los cuerpos de rocas es variable, y el rumbo regional es de NNE-SSO al norte de 26°S y de NNO-SSE al sur. En Argentina, estas rocas sólo afloran en algunas partes al noroeste.

(4) Volcanismo del Terciario

El volcanismo del Paleoceno a Eoceno sólo se presentó en el extremo oeste del Área del Estudio, y sus productos se distribuyen en Chile entre 24°S y 28,5°S, con rumbo N-S. Se asocian estrechamente con los cuerpos de rocas graníticas terciarias.

El volcanismo del Mioceno y Plioceno predomina al norte de 27°S, y sus productos cubren la frontera entre Argentina y Chile, que constituye la cordillera de los Andes, por un ancho de unos 100 Km. Solamente existe una cadena volcánica que se distribuye a lo largo de la cordillera con rumbo N-S, aunque en Argentina existen otras cuatro cadenas derivadas de la principal, y que se distribuyen paralelamente con rumbo NO-SE a ONO-ESE con un intervalo de unos 100 Km. Estas cadenas se ubican en latitudes 23°S, 24°S, 26°S y 27°S. Esto sugiere que en Mioceno y Plioceno existió una línea de fisura de NO-SE a ONO-ESE que provocaba las actividades volcánicas en las líneas bifurcadas.

(5) Volcanismo del Cuaternario

El volcanismo del Cuaternario se delimita solamente en el segmento norte de 28°S, y las principales líneas de productos volcánicos coinciden con la distribución de los productos del Mioceno y Plioceno. Sin embargo, la línea bifurcada descrita en el numeral anterior (4) sólo se identifica en la tercera línea (alrededor de 26°S) contando desde el norte. De esta distribución, se deduce que el volcanismo ha sido intenso hasta el Cuaternario, tanto en la línea de fisura de rumbo N-S, como en la tercera línea.

(6) Comparación con el mapa geológico existente

Sobre la base de la interpretación fotogeológica, de las nueve unidades clasificadas en el trabajo de compilación, se compararon ocho, excluyendo la de los sedimentos no consolidados cuaternarios, con las unidades dibujadas en la Figura 3. Los resultados son los siguientes:

- (a) La distribución del Proterozoico coincide con la distribución de los segmentos B (región de plegamientos precámbricos en el interior del escudo) y pC (núcleo del Precámbrico) de la Figura 3.
- (b) La distribución del Paleozoico es correlativa con los principales segmentos de C, V, V2 y tV (constituídos principalmente por las rocas sedimentarias paleozoicas) de la Figura 3 que conforman la región de plegamientos del Paleozoico.
- (c) La distribución del Mesozoico y del Terciario (sin incluir los productos volcánicos) casi coincide con la distribución de iA4 (Cretácico Superior), iA3 (del Senoniano a

Paleoceno), iA2 (Paleoceno Medio), iA1 (del Mioceno Medio a Plioceno Inferior) y fA1 (sedimentos de antifosa subandina) de la Figura 3 que conforman la región de plegamientos del Mesozoico y Cenozoico, sin presentar contradicciones.

- (d) La distribución de los productos volcánicos del Paleoceno a Eoceno se limita al extremo oeste del Area del Estudio, y se encuentran esporádicamente en el segmento iA2 (Paleoceno Medio) de la Figura 3.
- (e) La distribución de los productos volcánicos del Mioceno y Plioceno, así como los del Cuaternario que sobrepone a los primeros, coincide con la distribución de tA1v (rocas volcánicas neógenas) de la Figura 3, que se encuentran en extensas superficies de la cordillera de los Andes, entre las unidades que conforman la región de plegamientos del Mesozoico y Cenozoico.
- (f) La distribución de las rocas graníticas paleozoicas coincide con la de $\gamma 7$, $\gamma 9$ y $\gamma 10$ de la Figura 3, y parcialmente con la de pC. Los cuerpos de rocas graníticas del Terciario y Mesozoico se distribuyen esporádicamente en iA2 y $\gamma 10$.

(7) Relación con las provincias tectónicas

El Area del Estudio se divide en diez provincias tectónicas (Figura 4), sobre la base de la variación topográfica, lo cual plantea que no siempre coincide con las unidades fotogeológicas específicas. Las unidades fotogeológicas que conforman cada provincia tectónica son las siguientes:

- (a) La Cordillera de la Costa se halla solamente al extremo sudoeste del Area del Estudio, y está constituida principalmente por las rocas graníticas del Paleozoico, asociadas parcialmente con las del Mesozoico al Terciario, Mesozoico y Terciario.
- (b) La mayor parte del Valle Longitudinal y Central de Chile está cubierta por los sedimentos no consolidados del Cuaternario.
- (c) La Cordillera Principal coincide con la distribución de las rocas graníticas del Paleozoico, y del Mesozoico a Terciario. Se distribuyen esporádicamente los productos volcánicos del Paleoceno a Eoceno.
- (d) La parte principal de la Cordillera Frontal está constituida por las rocas del Paleozoico, y la cordillera de los Andes que constituye el margen oeste de esta provincia tectónica se halla cubierta por los productos volcánicos del Mioceno y Plioceno.
- (e) La Puna (Altiplano) constituye una extensa provincia tectónica que ocupa el norte del Area del Estudio y está constituida principalmente por las rocas sedimentarias del Paleozoico, Mesozoico y Terciario, y por los productos volcánicos del Mioceno, Plioceno y Cuaternario.
- (f) La Precordillera es una provincia tectónica que ocupa el segmento sur del Area del Estudio, donde se desarrollan múltiples corrimientos, y está constituida por el Paleozoico substancialmente deformado.
- (g) En las Sierras Transpampeanas se distribuyen de manera compleja el Proterozoico, Paleozoico, del Mesozoico a Terciario y las rocas graníticas del Paleozoico.

- (h) La Cordillera Oriental está constituida principalmente por el Proterozoico y Paleozoico, asociados parcialmente con las rocas del Mesozoico al Terciario. Las llanuras intramontañosas están constituidas por los sedimentos no consolidados del Cuaternario.
- (i) Las Sierras Pampeanas están constituidas por varias unidades fotogeológicas, y en esta provincia se distribuyen de manera compleja las rocas sedimentarias del Proterozoico, Paleozoico, Mesozoico y Terciario, junto con las rocas graníticas del Paleozoico y los productos volcánicos del Mioceno, Plioceno y Cuaternario. Las llanuras a lo largo de los grandes ríos, se hallan cubiertas extensamente por los sedimentos no consolidados del Cuaternario.
- (j) La parte principal de las Sierras Subandinas está constituida por las rocas sedimentarias del Mesozoico a Terciario, relativamente poco deformadas.

6.2 Zonas de alteración y las provincias metalogénicas

A continuación se describen las características de la distribución de las zonas de alteración según las provincias metalogénicas (Figura 7) clasificadas, en base a los informes de Sillitoe (1991) y de otros (Figura 80).

(1) Provincias metalogénicas del Paleoceno a Oligoceno Inferior

Esta provincia metalogénica alberga las provincias del Paleoceno a Eoceno Inferior según Sillitoe (1991), y las del Eoceno Superior a Oligoceno Inferior, extendiéndose hasta la parte sur del Area del Estudio. Entre los yacimientos conocidos de la provincia metalogénica del Eoceno Superior al Oligoceno Inferior, están los pórfidos cupríferos de Chuquicamata y Escondida; más al oeste, están los depósitos de oro de la provincia del Paleoceno a Eoceno Inferior, como El Guanaco.

Se identifican las zonas de alteración casi en la totalidad de esta provincia metalogénica, con excepción de la zona de distribución de los yacimientos estratiformes del sur.

En cuanto a la distribución de las zonas de alteración de la provincia metalogénica del Eoceno Superior a Oligoceno Inferior, al norte del Area del Estudio (norte de 27°S), mientras que al norte de 24°S existen múltiples zonas de alteración, al sur éstas se reducen en número, y su distribución se delimita sólo en la parte oeste del Area del Estudio.

Al sur de 27°S, las provincias metalogénicas del Paleoceno a Eoceno Inferior, y del Eoceno Superior a Oligoceno Inferior se vuelven menos claras, aunque el número y la densidad de las zonas de alteración son similares que el segmento norte. La diferencia está en que en el segmento sur no se identifican las zonas de alteración en el área de distribución de los yacimientos estratiformes.

(2) Provincia metalogénica del Mioceno a Plioceno Inferior

El margen este de esta provincia metalogénica constituye la línea entre el extremo este de la zona de distribución de dacitas del Mioceno (Bolivia), y la parte este de Bajo de la Alumbreira (Argentina) ubicado al este del Area del Estudio, según Astini et al. (1995). De acuerdo con la literatura disponible (Sillitoe, 1991), dentro de las Fajas Maricunga y El Indio se localiza la provincia metalogénica del Mioceno Inferior a Medio hasta el Río Blanco, y la provincia del Mioceno Medio a Plioceno Inferior en las proximidades de Bajo de la Alumbreira. Sin embargo, muchos aspectos son desconocidos en esta provincia.

Las zonas de alteración muestran diferente distribución en el norte y sur de 27°S. En el segmento norte de 27°S, las zonas de alteración abarcan grandes extensiones, mientras que en el sur, su distribución es limitada. Alrededor de estas latitudes, está la Línea Tectónica La Rioja de rumbo casi NO-SE para la interpretación de tectónicas regionales, y se deduce que el magmatismo y la mineralización se presentaron de diferentes formas en el Mioceno a Plioceno Inferior al sur y norte de esta línea tectónica.

Las zonas de alteración distribuidas en la provincia metalogénica que está al norte de la Línea Tectónica La Rioja, están divididas en dos grupos, norte y sur, por la Línea Tectónica Calama de NO-SE a 24°S.

Al norte de la Línea Tectónica Calama, se concentran las zonas de alteración en la parte oeste, y que se reduce en número hacia el este. Las zonas de alteración concentradas al oeste se distribuyen con rumbo casi NNO-SSE, al igual que los volcanes activos a lo largo de la frontera entre Chile y Bolivia. Esta área de concentración tiene un ancho de unos 100 Km. Muchas de las zonas de alteración se hallan dentro de la unidad de las rocas volcánicas terciarias, y parcialmente cuaternarias. Entre los yacimientos asociados, está el yacimiento de azufre. El área de concentración de las zonas de alteración presenta una distribución de rumbo NNO-SSE, aunque al considerar varias zonas como una sola unidad, muchas de ellas son de rumbo NE-SO.

Al norte de la Línea Tectónica Calama, las zonas de alteración se distribuyen de manera esporádica. En algunas de ellas, se emplazan los yacimientos vetiformes polimetálicos asociados con el magmatismo de dacitas del Mioceno. Tales son los casos de los yacimientos de Bolivia, y Pan de Azúcar de Argentina. Al dar seguimiento a estas zonas de alteración hasta más allá del Area del Estudio desde Bolivia, las zonas asociadas con los yacimientos vetiformes polimetálicos posiblemente mostrarán una distribución de rumbo NNO-SSE a N-S, aunque es difícil determinar una tendencia al limitarse solamente dentro del Area del Estudio.

Las zonas de alteración entre las Líneas Tectónicas Calama y La Rioja, muestran diferente distribución al compararse con el segmento norte. Se hallan dos grandes fajas de zonas de alteración.

La primera se distribuye perpendicularmente con las Líneas Tectónicas Calama y La Rioja, es decir de rumbo NE-SO, al igual que los volcanes activos. Su ancho medio es de unos 70 Km, que expande al sur. No se conocen yacimientos importantes asociadas con

estas zonas de alteración. Existen cuatro grupos de zonas de alteración que derivan del primero de rumbo NO-SE. Tampoco en este caso, se asocian los yacimientos importantes. Estos grupos de zonas de alteración derivados corresponden a la cadena bifurcada de los productos volcánicos del Mioceno a Plioceno (Figura 79).

La segunda se distribuye con rumbo casi N-S, y en su prolongación están los yacimientos Diablillos (diseminación y brechado de oro-plata), Bajo de la Alumbraera y el Farallón Negro al este Area del Estudio.

En el segmento sur de la Línea Tectónica La Rioja (provincia metalogénica del Mioceno a Plioceno Inferior), las zonas de alteración presentan características singulares en su distribución, al compararse con el segmento norte. Estas se concentran en la parte oeste hasta 31°S, mientras que más al sur de la misma latitud, la densidad es sumamente baja. Si bien es cierto que de los resultados de la interpretación fotogeológica regional, no se ha podido interpretar una línea tectónica en estas latitudes, se traza una línea tectónica imaginaria de rumbo NO-SE, a la que se denominará Línea Mendoza (Figura 80).

Entre la Línea Tectónica La Rioja y la Línea Mendoza, las zonas de alteración se concentran en la parte oeste con rumbo N-S. Estas se dividen en tres grandes fajas según su distribución, Maricunga, El Indio y Castaño Nuevo. Las Fajas Maricunga y El Indio en este estudio se difiere ligeramente de las definidas por Davidson (1991), puesto que en este análisis se define su término únicamente por la distribución de las zonas de alteración. La Faja Castaño Nuevo ha sido definida específicamente para este estudio.

Las Fajas Maricunga y El Indio albergan múltiples yacimientos hidrotermales de oro-plata como Marte, Lobo, El Indio, etc., mientras que la Faja Castaño Nuevo, los yacimientos vetiformes de oro.

De las zonas de alteración localizadas entre la Línea Tectónica La Rioja y la Línea Mendoza, la de Famatina (zona de mineralización) es una zona sumamente singular. Se halla aislada, y su relación con el resto de las zonas se desconoce aún.

En el segmento sur de la Línea Mendoza, presenta una distribución cortada por dicha Línea al extremo norte. Se asocian con las zonas de alteración, los yacimientos tipo pórfido cuprífero como Los Pelambres, El Pachón, Paramillos Sur, etc. Al sur de este grupo de zonas de alteración, no se pudo aclarar sus características por la cobertura de nieve.

6.3 Identificación de las áreas promisorias

En este análisis, se interpretaron la geología y las estructuras del Area del Estudio sobre la base de las informaciones topográficas y espectrales obtenidas de las imágenes de LANDSAT TM. Asimismo, fueron identificadas las zonas de alteración hidrotermal. En el análisis integral, se compararon estos resultados con las literaturas existentes sobre la geología y los yacimientos de la región, para seleccionar las áreas

promisorias, identificando en las imágenes los fenómenos geológicos semejantes a los yacimientos conocidos.

Dado que los yacimientos del Area del Estudio son variados en sus elementos, génesis y tipos, en el presente estudio se estudiaron solamente los principales tipos yacimientos. Es muy probable que todas las zonas de alteración sean hidrotermales asociadas con la mineralización, y merecen ser estudiados mediante el reconocimiento en terreno. Sin embargo, en este estudio, se limitó solamente en evaluar las áreas promisorias sobre la base de la ubicación geográfica de los grupos de zonas de alteración mencionadas anteriormente con los yacimientos conocidos.

(1) Pórfidos cupríferos

A continuación se describen las áreas promisorias identificadas sobre la base de la distribución de las zonas de alteración, según las provincias metalogénicas clasificadas por Sillitoe (1991, Figura 7).

La provincia metalogénica del Eoceno Superior a Oligoceno Inferior al norte del Area del Estudio alberga grandes yacimientos como Chuquicamata, Zaldivar, Escondida, El Salvador, etc. En las áreas aledañas, así como al norte y sur de estos yacimientos, se identificaron múltiples zonas de alteración, que muy probablemente emplazan los pórfidos cupríferos.

Más al sur de la provincia metalogénica del Eoceno Superior a Oligoceno Inferior, se identificaron pocas zonas de alteración, y al sur de la 28,5°S, ya no se distribuyen las rocas volcánicas del Paleoceno a Eoceno (Figura 79), por lo que se deduce que es bajo el potencial de desarrollo de los yacimientos en comparación con el segmento anterior.

En la provincia metalogénica del Mioceno a Plioceno Inferior, se distribuyen los yacimientos como Los Pelambres, El Pachón, Paramillos Sur, etc., y el Bajo de la Alumbra se ubica al este del Area del Estudio.

Los grupos de zonas de alteración que albergan los yacimientos Los Pelambres-El Pachón, Paramillos Sur, etc. (Figura 80), se localizan al sur de la Línea Mendoza. Merece estudiar detalladamente cada uno de los grupos, incluyendo su edad de mineralización y de alteración.

Al este del área entre las Líneas Tectónicas Calama y La Rioja se distribuye un grupo de zonas de alteración (Zona de Diablillos) de rumbo casi N-S. El segmento alberga el yacimiento de oro-plata Diablillos, y más al sur se distribuyen Bajo de la Alumbra, Farallón Negro, etc. En el área entre las Líneas Tectónicas Calama y La Rioja, se ubican los yacimientos La Escondida y El Salvador en el territorio chileno, y Bajo de la Alumbra en el argentino. Es muy probable que existan los pórfidos cupríferos, no sólo en la provincia metalogénica del Mioceno a Plioceno Inferior; merece especial atención el grupo de zonas de alteración que se distribuye con rumbo N-S, que coincide con uno de los rumbos del basamento. En el área entre las Líneas Tectónicas Calama y La Rioja, existe un grupo de zonas de alteración de rumbo NO-SE que coincide con el de la línea tectónica del basamento, cuyos detalles también merecen ser estudiados.

(2) Yacimientos epitermales de oro-plata

Grandes yacimientos de oro-plata se localizan dentro de las Fajas Maricunga y El Indio, a lo largo de la frontera entre Argentina y Chile. En la Figura 80 se dibujaron entre la Línea Tectónica La Rioja y la Línea Mendoza, una nueva Faja "Castaño Nuevo", además de las Fajas Maricunga y El Indio, sobre la base de la distribución las zonas de alteración. Todas estas fajas muestran un rumbo N-S a NNE-SSO. Si la provincia metalogénica del Mioceno a Plioceno Inferior entre la Línea Tectónica La Rioja y la Línea Mendoza constituye una área con grandes reservas de yacimientos hidrotermales de oro-plata, también merecería especial atención la Faja Castaño Nuevo, que colinda con la Faja El Indio. También se considera una de las áreas promisorias la parte argentina de las Fajas Maricunga y El Indio, puesto que este segmento es menos explotado en comparación con la parte chilena.

Dentro de las áreas de los productos volcánicos del Mioceno y Plioceno, al norte de la Línea Tectónica La Rioja, así como de los productos volcánicos cuaternarios se localizan múltiples zonas de alteración. Algunas de ellas albergan yacimientos pequeños de plomo-zinc y azufre, pero ninguno es importante. Dado que no se ha efectuado aún un estudio detallado de estas múltiples zonas de alteración, convendría realizar una evaluación incluyendo de sus tipos.

(3) Yacimientos vetiformes polimetálicos

Existen numerosos yacimientos de este tipo en Bolivia. Mediante la interpretación fotogeológica, se identificaron las zonas de alteración asociadas con estos yacimientos. También es necesario realizar un estudio de las zonas de alteración similares existentes en Bolivia y al norte de Argentina.

(4) Yacimientos estratiformes de plomo-zinc y de cobre

Ninguno de estos yacimientos se asocian con las zonas de alteración. En las imágenes no se interpretaron estas zonas, y tampoco las características geológicas o estructurales que controlan los yacimientos existentes. Por lo tanto, se hace difícil entregar una conclusión sobre las áreas promisorias asociadas con estos yacimientos únicamente por la interpretación de imágenes.