


No. 23

1961

JICA LIBRARY  
  
J1143007(1)

THE JICA LIBRARY

1-1-1, HONJO, CHUOH-KU, TOKYO

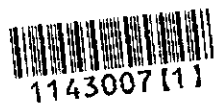
MARK  
C-001  
0001



**INFORME  
DE  
LA EXPLORACION DE MINERAL  
EN  
LA REGION CORDILLERA ORIENTAL ANDINA,  
LA REPUBLICA ARGENTINA  
(FASE I)**

**MARZO 1998**

**JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
METAL MINING AGENCY OF JAPAN**



1143007 [1]

## PREFACIO

En respuesta a la solicitud del Gobierno de la República Argentina, el Gobierno del Japón decidió realizar el proyecto de exploración minera que comprende el análisis de imágenes de satélite y estudios geológicos a fin de comprobar el potencial minero de la Cordillera Oriental de los Andes, en las provincias de La Rioja, San Juan y Mendoza en las proximidades de la frontera con Chile, y encargó dicho estudio a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). Esta, a su vez, decidió encargar la ejecución de estudio a la Agencia de Minería Metálica del Japón (MMAI), un organismo especializado en estudios geológicos y de recursos minerales.

Dicho organismo envió para el primer año del estudio (ejercicio 1997) una misión integrada por cuatro especialistas, quienes realizaron los levantamientos en terreno del 6 de octubre al 13 de diciembre de 1997 y del 2 al 20 de marzo de 1998, cumpliendo completamente el cronograma propuesto, gracias a la colaboración del Ministerio de Economía, Obras y Servicios Públicos, Subsecretaría de Minería (SSM) y otras instituciones gubernamentales de la República Argentina.

El presente informe reúne los resultados y las informaciones obtenidas en esta etapa del estudio, y forma parte integral del Informe Final.

Deseamos expresar nuestro profundo agradecimiento a las autoridades pertinentes del Gobierno de la República Argentina, así como a los funcionarios de los ministerios de Relaciones Exteriores, Comercio Exterior e Industria, y de la Embajada del Japón en Argentina, y a todos quienes tuvieron la gentileza de brindar su estrecha cooperación a nuestra misión.

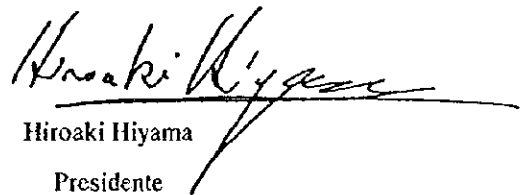
Marzo de 1998



Kimio Fujita

Presidente

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

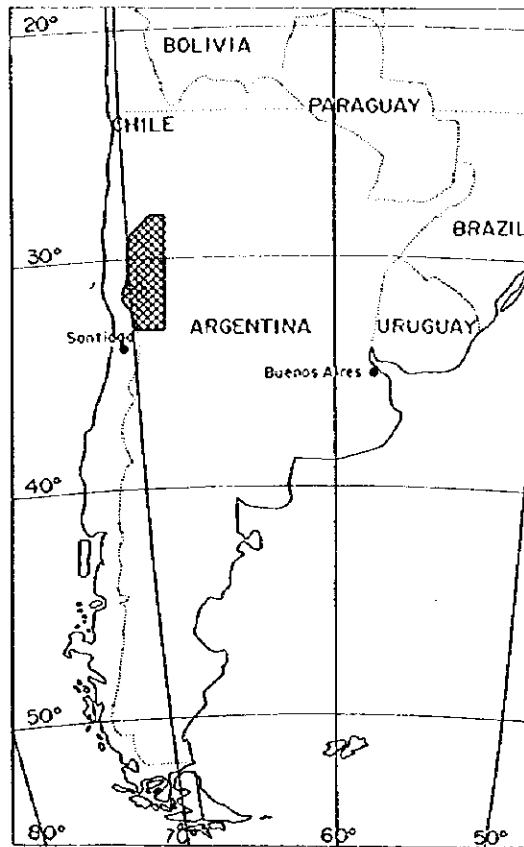


Hiroaki Hiyama

Presidente

Agencia de Minería Metálica del Japón





Location of East Andean area





## RESUMEN

El presente estudio se llevará a cabo a partir del año fiscal 1997 durante dos años, con la finalidad de identificar las áreas promisorias de la extensa región de la Cordillera Oriental Andina en la República Argentina, basándose en el Acuerdo de Implementación de Trabajo (A/T) firmado el 16 de julio de 1997, entre el gobierno argentino y el gobierno japonés.

En el presente año, que corresponde a la primera etapa, se han procesado las informaciones existentes; principalmente la recopilación y el análisis de los datos geológicos y de los yacimientos, y se han analizado las imágenes de satélite utilizando los datos de LANDSAT TM. Además se ha hecho el levantamiento en terreno de las áreas promisorias, las cuales fueron identificadas por informaciones arriba mencionadas.

La obtención de los datos existentes, se ha hecho principalmente a través de la sede y la dependencias de SEGEMAR (Servicio Geológico Minero Argentino), y se recopilaron los informes de estudios publicados por el mismo organismo, los mapas geológicos y las informaciones concernientes. Además de éstos, se obtuvieron las informaciones emitidas por los organismos gubernamentales de cada provincia de la república, las revistas internacionales, el resumen de congresos, etc. Estas informaciones fueron procesadas por la base de datos con los títulos tales como. Antiguas Bocaminas, Criaderos en Evaluación, Zonas de Alteración, lo cual el número de artículos abarcó hasta 135 artículos. De acuerdo a éstas informaciones recopiladas y procesadas, se ha determinado que, en la región de la Cordillera Oriental Andina, los yacimientos de oro tipo pórfido, de cobre, y de molibdeno y los yacimientos de oro anexos a éstos, son los yacimientos más promisorios para el Estudio. Además, se procesaron los puntos de observación para seleccionar las áreas promisorias y se identificaron puntos comunes en los siguientes múltiples yacimientos porfídicos:

- (1) cuerpos de rocas intrusivas terciarias
- (2) cuerpo de rocas intrusivas del Pérmico a Triásico
- (3) estratigrafía del Ordovícico
- (4) estructura anular
- (5) cruces y entrecruces de las fracturas
- (6) anomalías magnéticas elevadas

A nivel de proyectos, se ha considerado que los siguientes puntos serán útiles para la evaluación de los criaderos y las zonas de alteración .

- (1) la zona de lixiviación de jarosita, (2) la zona de lixiviación con anomalías geoquímicas de

molibdeno, (3) la densidad de las pequeñas fisuras.

En cuanto a los derechos mineros, se comprendió que hay ciertos propietarios en todas las zonas de los criaderos que se encuentran en el Area del Estudio, y que en los criaderos algo conocidos de oro tipo disseminación y de cobre, ya se está realizando la exploración por las empresas pequeñas y grandes empresas mineras de inversión extranjera.

El análisis de la imagen de satélite se ha tomado como la zona objetiva del Estudio del mayor ámbito que continúa desde la frontera con Bolivia hasta Mendoza. Sobre este ámbito, se han elaborado las imágenes de falso color BGR 145 de escala 1:250,000 utilizando 23 escenas de las imágenes de satélite de LANDSAT TM y las imágenes "rationed" por rango de color BGR 3/1 4/5 5/7 para poder describir las informaciones geológicas, estructurales (lineamiento), y de las zonas de alteración. En la región de la Cordillera Oriental Andina, independientemente del lineamiento del Rio Guandacol que es un lineamiento de mayor envergadura se han identificado varios lineamientos pequeños y medianos. En cuanto a la dirección del lineamiento, aún no se ha hecho el procesamiento estadístico, pero se han reconocido, por orden de mayor cantidad, tipo N-S, tipo NW-SE y tipo NE-SW. Además, se identificaron 96 zonas de alteración hidrotermal en la región de la Cordillera Oriental Andina, y se esperan las reservas de los yacimientos pórfidos cupríferos y de los yacimientos hidrotermales oro-plata. En particular, se ha tomado como referencia la Mendoza Line desde el punto de vista de la distribución de los yacimientos de pórfidos cupríferos y se supuso que en la zona sur se distribuyen un gran número de los yacimientos existentes.

El levantamiento en terreno, se ha realizado para los criaderos y las zonas de alteración representativas, y para las zonas de alteración promisorias que fueron identificadas a través de las imágenes de satélite. La mayor parte de las zonas oeste del Area del Estudio, no se tuvo el acceso debido a los restos de nieve, por lo que se realizó el estudio principalmente desde la zona central del área hasta la zona oriental de Pre-Cordillera. El total de las zonas del levantamiento en terreno fueron 29 sitios. De acuerdo a las observaciones de afloramientos y los resultados de laboratorios se evaluaron que en las 11 regiones, desde San Francisco de los Andes y sus alrededores (el distrito de Tocota), Chita, Guachi, Rio Gualcamayo ~ La Abundancia, Pampa Fria, La Negrita, San Benicio ~ Cortaderas, San Jorge, Paramillos Norte, Paramillos Sur, Grupo Oro del Sur, (por el orden del levantamiento), existen mayor margen de exploración y que son criaderos promisorios. Además, con la finalidad de la exploración de nuevos criaderos, a base de las hipótesis de trabajo, se hizo el levantamiento de las zonas de alteración sin tener las informaciones existentes, tales como Cerro Negro, Granite, El Fierro Alteration, etc., sin embargo no se ha podido encontrar la interacción de la mineralización. Para las 96 zonas de alteración de la región de la Cordillera Oriental Andina

identificadas en el informe del análisis de las imágenes de satélite, se ha hecho la evaluación detallada tomándose en cuenta los resultados del levantamiento en terreno. Los conceptos de la evaluación son : la existencia de las rocas intrusivas (2 puntos), la certeza de la alteración hidrotermal (2 puntos), y la posibilidad promisorio geomorfológica de las entrecruces de l lineamiento y la estructura anular (2 puntos). Se hizo la calificación por 6 puntos máximos. Por consecuencia, se descubrió que las 46 zonas de alteración que se calificaron relativamente con mayores puntos; mayor de 3 puntos, se distribuyen en las siguientes áreas: (1) Cordón de la Brea , (2) Valle del Cura , (3) Guachi , (4) Rio Castaño Viejo (5) El Panchón (6) Paramillos, de las cuales en el área central de Rio Castaño Viejo se encuentran dos zonas de alteración que se consiguieron puntos máximos( 5 puntos).

El primer año del estudio regional, se llevó a cabo dándole la importancia en el resumen integral, con la finalidad de comprender el área total del Estudio. Por causa de los restos de nieve y del cronograma restringido, no se ha podido estudiar todo los sitios previstos, es decir, durante el primer año del Estudio sólo se pudo comprender una parte del objetivo total. Por lo tanto, para el segundo año también se pretende continuar con el estudio suplementario de la primera etapa. Las áreas suplementarias del Estudio regional del primer año son:

(1) Area de Cordón de la Brea, (2) Area de Calingasta - Tocota, (3) Area de Las Openas ~ El Salado, (4) Area de Valle del Cura, (5) Yacimiento de pórfido de Cordillera Principal (en particular, El Panchón).

Por otra parte, de acuerdo a los resultados del estudio del presente año, se están esclareciendo paulatinamente las características geológicas comunes de los múltiples criaderos existentes y antiguas bocaminas . Sobre éstas características geológicas, se establece la hipótesis para poder seleccionar dentro de lo global, los puntos importantes que coincidan con la misma. Una vez que se asegura el período concreto del levantamiento en terreno, se pretende realizar paralelamente un levantamiento con el fin de averiguar la existencia de la interacción de mineralización. Se propone mencionar concretamente las siguientes tres áreas:

(1) Alteración hidrotermal circundantes de los cuerpos de rocas intrusivas terciarias

El área que se llama la atención desde este punto de vista sería El Panchón. Considerando la accesibilidad y las condiciones de medio ambiente, se puede identificar las zonas de alteración de AA8011, AA8013, AA8014, AA8015, que se distribuyen las áreas interiores de la frontera de la parte norte del área, como las areas relativamente susceptibles a los efectos de la zona de alteración.

**(2) Alteración hidrotermal circundantes de los cuerpos de rocas intrusivas del Paleozoico**

Como el objeto de levantamiento promisorio que llama la atención desde este punto de vista, se puede identificar las zonas de alteración de AA7065 ~ A7069 del área de Rio Castano Viejo que tiene el mayor grado de entrecruce del lineamiento, de las cuales AA7066 y AA7069 del área central han conseguido los puntos máximos.

**(3) Cuerpo de roca intrusiva del Terciario de la estratigrafía del Ordovícico**

Tanto las rocas basicas como las calizas que componen la ofiolita contenido en las rocas ordovícicas, tienen las características de facil reacción hidrotermal, por que a veces se forman los criaderos de oro de alto grado de mena. Las áreas promisoras para el área objeto del Estudio, en concreto, serian : las áreas distribuidas sobre la prolongación sur de los yacimientos de Salamanca de la provincia de San Juan, las áreas ordovícicas que se encuentran una fila hacia al lado oeste de los yacimientos ordovícicos emplazados dentro de Helvecia-Salamanca, las áreas de sureste de Iglesia de la provincia de San Juan, las áreas de estenordeste de Barreal.

Adicionalmente al levantamiento en terreno arriba mencionado, con el fin de comprender los detalles de las zonas de alteración, si la situación lo permite se pretende realizar el analisis de los datos de satélite artificial con alta

## CINTENIDO

Prefacio	
Mapa de Ubicación de la zona del Estudio	
Resumen	
Contenido	
Figuras y Cuadros	

### PRIMERA PARTE GENERALIDADES

Capítulo 1 Perfil del Estudio .....	1
1-1 Objetivos del Estudio .....	1
1-2 Antecedentes .....	1
1-3 Area del Estudio .....	3
1-4 Metodología del Estudio .....	5
1-5 Miembros de la misión de estudio .....	5
1-6 Período y volumen del Estudio .....	8
Capítulo 2 Geografía del Area del Estudio .....	10
2-1 Ubicación y accesibilidad .....	10
2-2 Topografía e hidrología .....	13
2-3 Clima y vegetación .....	14
Capítulo 3 Geología, yacimientos y situación minera en el Area del Estudio .....	16
3-1 Geología e historia tectónica .....	16
3-2 Perfil de los yacimientos .....	31
3-3 Perfil de los estudios realizados .....	38
3-4 Situación minera actual de Argentina .....	41
Capítulo 4 Análisis integral de los resultados del estudio .....	45
4-1 Análisis de las informaciones disponibles .....	45
4-2 Análisis de las imágenes de satélite .....	45
4-3 Levantamiento en terreno .....	46

4-4 Características de las estructuras y mineralización, y su control .....	47
4-5 Potencial de reservas de los yacimientos .....	47
Capítulo 5 Conclusiones y recomendaciones .....	49
5-1 Conclusiones .....	49
5-2 Recomendaciones para el segundo año del Estudio .....	49

## SEGUNDA PARTE: INFORME SUPLEMENTARIO

Capítulo 1 Análisis de las Informaciones Disponibles .....	53
1-1 Recopilación y procesamiento de las informaciones existentes .....	53
1-2 Características de los yacimientos representativos según las informaciones disponibles ..	53
1-3 Consideraciones .....	88
Capítulo 2 Levantamiento en Terreno .....	92
2-1 Selección del Area del Estudio .....	92
2-2 Resultados del Estudio .....	107
2-3 Consideraciones .....	203
Capítulo 3 Análisis de Sedimentos Fluviales .....	211
3-1 Antecedentes .....	211
3-2 Muestras .....	212
Capítulo 4 Consideraciones .....	214
4-1 Características de distribución y estructuras de las zonas de mineralización existentes ...	214
4-2 Zonas de alteración identificadas en las imágenes de satélite .....	217
4-3 Potencial de reservas de los yacimientos .....	223
4-4 Metodología y elementos del análisis y límite de detección .....	223

## TERCERA PARTE CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Bibliografías

Apéndice            Resultados de los ensayos de muestras obtenidas en el levantamiento en terreno

**Suplementos**

**Informe del Estudio Básico de Cooperación para el Desarrollo de Recursos en la República Argentina (1997)**

**Informe del Estudio Regional de Recursos Minerales**

**Informe de Análisis de Imágenes de Satélite**

## FIGURAS AND CUADROS

Frontispiece. Location of East Andean area

Figure I-1-1 Location map of the past projects.

Figure I-1-2 Location map of the survey area.

Table I-1-1 Contents of the survey.

Table I-1-2 Laboratory test.

Figure I-2-1 Areal geologic and topographic unites in the Eastern Andean area, Argentina.

Figure I-2-2 Climatological fact in the city of La Rioja, San Juan, and Mendoza. (after National Mining Secretariat, 1994)

Figure I-3-1 Geologic map of the Eastern Andean Area, Argentina (modified from Guerrero, 1993; Ragona et al., 1995; and Caminos et al., 1993)

Figure I-3-2 Schematic cross section showing the geodynamic model of the Argentine Pre-Cordillera. (after Astini et al., 1995, Fig. 11)

Figure I-3-3 Map of southern Gondwana granite-rhyolite provinces. (after Kay et al., 1989, Fig. 1)

Figure I-3-4 Simplified paleogeography, Jurassic-Early Cretaceous. (after Davidson and Mpodozis, 1991, Fig. 1)

Figure I-3-5 Mesozoic and Cenozoic magmatic arcs in northern and central Chile, including extremely western part of Argentina. (after Davidson and Mpodozis, Fig. 2)

Figure I-3-6 Distribution of late Cenozoic volcanic centers with respect to the modern seismic zone. (after Davidson and Mpodozis, 1991)

Figure I-3-7 Location of gold and copper deposits and their ages in northern Chile and northwestern Argentina. (after Sillitoe, 1991 Fig.2)

Figure I-3-8 Location of the reserved areas by the UNDP surveys. (after UN, 1970)

Figure I-3-9 Survey area of recent cooperation program operated in Argentina.

Figure II-1-1 Location of mineralized area, Tertiary intrusive, Ordovician olistolith, and major fault in the Eastern Andean area, Argentina.

Figure II-1-2 Generalized geologic map (a) at El Indio 4050 Mine Level, and its cross section (b) of



- the A-B line in Figure (a). (after Jannas et al., 1990, Fig. 4 and 5)
- Figure II-1-3 Comprehensive map of Castano Nuevo prospect. (after Sonoma Resources Corporation, 1997, Fig.1)
- Figure II-1-4 Geologic map of Paramillos Sur prospect. (after U.N., 1970, Fig. 31)
- Figure II-1-5 Areal geology of the Paramillos district, Mendoza. (Modified from National Mining Secretariat, 1994, p.189)
- Figure II-1-6 Principal outcrops, topography, mineralized zones, and drilling results at Paramillos Sur prospect. (after U.N., 1970, Fig. 33)
- Figure II-1-7 Drilling log of borehole 25 at Paramillos Sur prospect. (after U.N., 1970, Fig. 34)
- Figure II-1-8 Geology, alteration, and mineralization of San Jorge prospect. (after SONOMA resources, 1997, Fig. 1)
- Figure II-1-9 Regional geologic profile of El Pachon prospect. (after Lencinas and Tonel, 1993)
- Figure II-1-10 Geology and alteration of El Pachon prospect. (after Lencinas and Tonel, 1993)
- Figure II-1-11 A profile of geology and alteration of Breccia Sur, El Pachon prospect. (after Lencinas and Tonel, 1993)
- Table II-1-1 List of published geological, economical, and political reports about the East Andean area, reserved through this survey.
- Table II-1-2 Summary of ore estimation in Paramillos Sur prospect. (after U.N., 1970, Table 22)
- Figure II-2-1 Location map of ground-truth survey.
- Figure II-2-2 Geology, lineament, and alteration interpreted from a set of 1:250,000 Landsat TM color-ratio composite and false color composite, East Andean area, Argentina.
- Figure II-2-3 Weathered coarse grained arenite in the Granite prospect.
- Figure II-2-4 Panoramic overview of the Helvecia mine.
- Figure II-2-5 Occurrence of brecciated limestone, Helvecia underground.
- Figure II-2-6 Thrust contact between Carboniferous sandstone and Ordovician limestone, Corral prospect.
- Figure II-2-7 Occurrence of dacite porphyry, Corral prospect.
- Figure II-2-8 Limestone xenolith within dacite porphyry, Corral prospect
- Figure II-2-9 Silicified limestone with Cu-oxide stain in the Corral prospect
- Figure II-2-10 Distribution of old working in the San Francisco de los Andes prospect.
- Figure II-2-11 The northwestern open pit in the San Francisco de los Andes prospect.
- Figure II-2-12 Quartz-tourmaline breccia in the San Francisco de los Andes prospect.

- Figure II-2-13 Occurrence of andesite dyke in the El Retamal prospect.
- Figure II-2-14 Occurrence of microdioritic dyke in the El Retamal prospect.
- Figure II-2-15 Mineralized stockwork quartz veinlet in the Chita prospect.
- Figure II-2-16 Biotite granite near the El Fierro Bajo prospect.
- Figure II-2-17 Granite porphyry near the El Fierro Bajo prospect.
- Figure II-2-18 Occurrence of a base-metal vein, Guachi prospect.
- Figure II-2-19 Geological and geochemical features in the northeast outcrop, Pampa Fria.
- Figure II-2-20 Overview of the northeast outcrop, Pampa Fria.
- Figure II-2-21 Occurrence of the quartz vein in the northeast outcrop, Pampa Fria.
- Figure II-2-22 Geology and alteration of San Benicio prospect.
- Figure II-2-23 View of San Benicio alteration zone, looking north-east from the survey point 1.
- Figure II-2-24 View of central part of San Benicio alteration zone, looking the survey point 1 from the survey point 5.
- Figure II-2-25 View of San Benicio alteration zone, looking south from the survey point 21.
- Figure II-2-26 Hydrothermal brecciation at sample highly silicified point, San Benicio prospect.
- Figure II-2-27 Occurrence of neotocite at the survey point 35, San Benicio prospect.
- Figure II-2-28 Occurrence of quartz vein with pitch limonite, SanBenicio prospect.
- Figure II-2-29 Occurrence of hydrothermal breccia in the San Jorge prospect.
- Figure II-2-30 Occurrence of primary ore of SSD-11 264m, San Jorge prospect.
- Figure II-2-31 Geology and copper anomalies in plants, Paramillos Norte. (after U.N.,1970)
- Figure II-2-32 Occurrence of hydrothermal breccia, Paramillos Norte.
- Table II-2-1 Summary of mineralized area, evaluation, and the area ground truth onducted, East Andean area.
- Table II-2-2 Evaluation of the ground truth survey area.
- Figure II-3-1 Sampling area of stream sediments.
- Table II-3-1 Elements and detection limites (INAA).
- Table II-3-2 Elements and detection limites (ICP-AES).
- Figure II-4-1 Promising alteration and Landsat TM image interpretation superimposed on Figure II-1-1.
- Table II-4-1 Evaluation of alteration areas detected by Landsat TM data





## PRIMERA PARTE GENERALIDADES

### Capítulo 1 Perfil del Estudio

#### 1-1 Objetivos del Estudio

El presente estudio comprende el análisis de los datos existentes y de las imágenes de satélite, el levantamiento en terreno, así como el análisis integral de dichos resultados, con el objetivo de identificar las áreas promisorias de la extensa región de la Cordillera Oriental Andina en la República Argentina.

#### 1-2 Antecedentes

El Estudio Básico de Cooperación para el Desarrollo de Recursos en la República Argentina a cargo de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y de la Agencia de Minería Metálica del Japón (MMAJ) fue iniciado en 1977. Hasta 1994, se realizaron estudios en las siguientes seis regiones. (Los años se expresan en sistema de año fiscal del Japón que inicia en abril y termina en marzo del siguiente año. Véase también la Figura I-1-1 "Mapa de Ubicación".)

Región norte (Estudio de Desarrollo de Recursos):	De 1977 a 1980
Región de Famatina (Estudio para el Proyecto de Desarrollo Regional):	1981
Patagonia (Estudio de Desarrollo de Recursos):	De 1981 a 1983
Alto de la Blenda (Estudio de Desarrollo de Recursos):	De 1986 a 1989
Farallón Negro (Estudio de Desarrollo de Recursos):	De 1990 a 1991
Región occidental (Estudio de Desarrollo de Recursos):	De 1992 a 1994

Los estudios de JICA/MMAJ han contribuido en cierto modo al desarrollo del sector minero argentino, por ejemplo a través de la exploración del yacimiento de oro Alto de la Blenda, cuyas reservas se estiman en 1.940.000 t. aproximadamente.

El estudio regional en la Cordillera Oriental Andina que ha sido puesto en marcha en este año fue la respuesta de la solicitud oficial presentada por el Gobierno Argentino en octubre de 1995 y en el mismo mes de 1996. Previo a su implementación, MMAJ y el Centro de Ingeniería Minera para la Cooperación Internacional del Japón (JMEIC) envió una misión de estudio para la formulación del

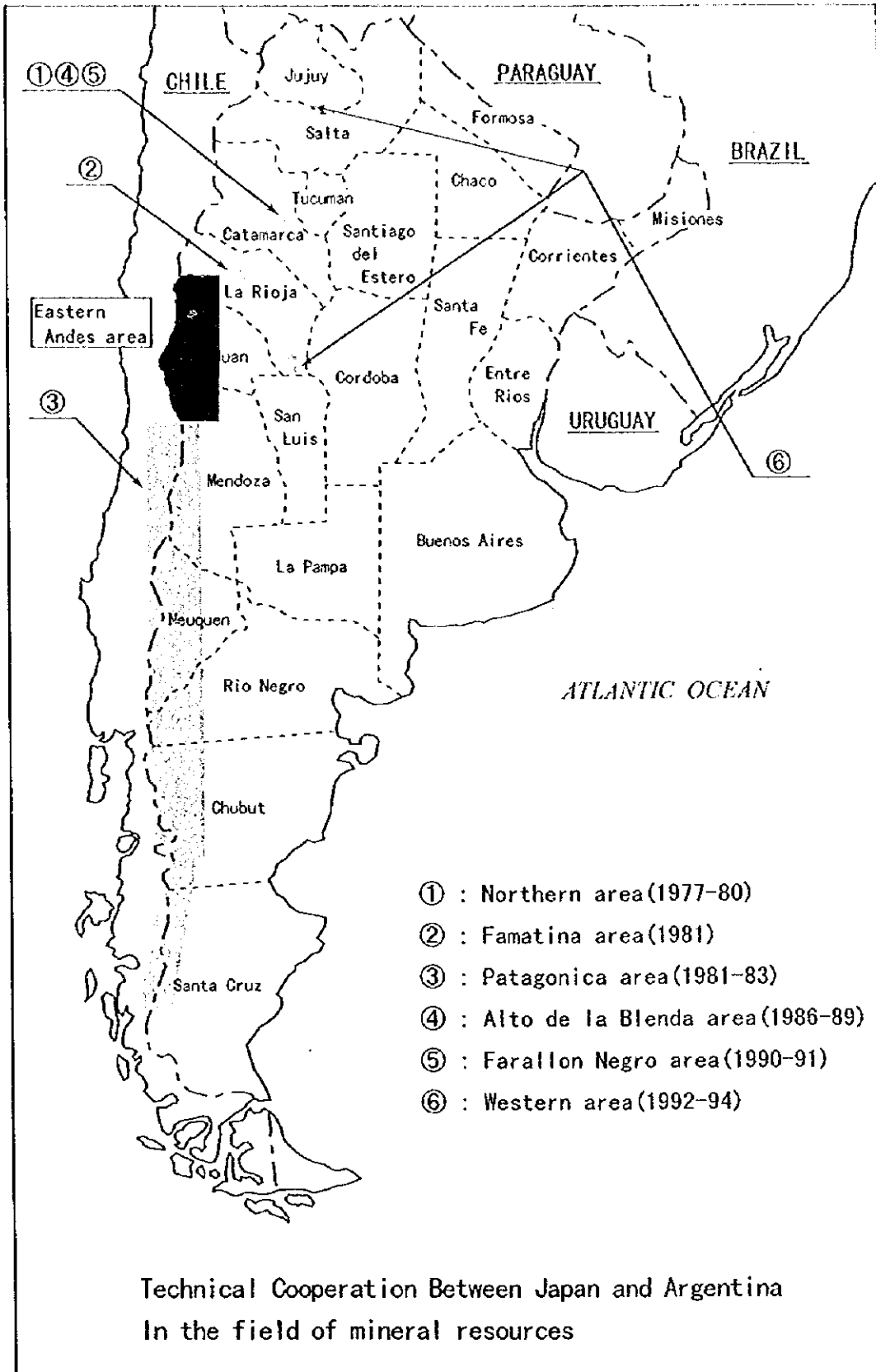


Figure I-1-1 Location map of the past projects

proyecto en enero a febrero de 1997, con el fin de conocer el perfil detallado de la solicitud y realizar una evaluación general del Area del Estudio. Inicialmente, se habían seleccionado dos regiones como el Area del Estudio: la primera correspondía a la región de la Cordillera Oriental Andina que abarcaba las provincias de La Rioja, San Juan y Mendoza, y la segunda, a la región de La Quiaca que comprendía las provincias de Jujuy, Salta y Catamarca. Dicho estudio duró un mes aproximadamente, en el que se recogieron los datos existentes, y se realizaron el levantamiento en terreno y los trabajos analíticos. Paralelamente, se generaron las imágenes de satélite de escala 1:250.000 y realizaron la interpretación fotogeológica y el análisis de la geomorfología regional. Sobre la base de estos resultados, se ha definido a la región de la Cordillera Oriental Andina como el área objeto del Estudio Regional de Recursos Mineros a iniciarse en el presente año, llegando a firmarse el Alcance del Trabajo (A/T: Acuerdo de Implementación de Trabajos) el 16 de julio de 1997, por el Dr. Alieto Guadagni, Secretario de Industria, Comercio y Minería, Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos de la República Argentina, y por el Sr. Shigeo Takenaka, Director de la Agencia de Minería Metálica del Japón.

El Estudio Regional de Recursos Mineros que será reiniciado en este año fiscal, consistirá en analizar las informaciones existentes y las imágenes de satélite desde diferentes ángulos, y construir un modelo de yacimientos, sobre el cual se realizará el levantamiento en terreno en base a la hipótesis, a fin de identificar, de entre la extensa Area del Estudio, las áreas promisorias objeto de exploración. El Estudio durará dos años. En el presente año, que corresponde a la primera etapa, se llevaron a cabo el análisis de las informaciones detalladas sobre la geología y yacimientos y de las imágenes de satélite de la región, así como el levantamiento en las áreas seleccionadas.

### 1-3 Area del Estudio

El Area del Estudio tiene una forma alargada y abarca más de 77.000Km<sup>2</sup>, entre latitudes 28° y 33°S, y longitudes desde 68°30'W hasta la frontera con Chile (Figura I-1-2). Las zonas montañosas acentuadas de más de 3.000 m.s.n.m. representan una gran parte del Area del Estudio, y en la parte sudoeste se levanta el Cerro Aconcagua. En el extremo este, se extienden las llanuras templadas que albergan grandes ciudades como San Juan y Mendoza.

El análisis de las imágenes de satélite utilizando los datos de LANDSAT TM fue realizado para grandes extensiones, sin limitarse solamente en la región de la Cordillera Oriental Andina. El ámbito del análisis comprendió desde la frontera entre Argentina y Bolivia al norte, hasta las ciudades Santiago y Mendoza al sur; y desde las zonas andinas de Chile al oeste, hasta la ciudad Salta, en el

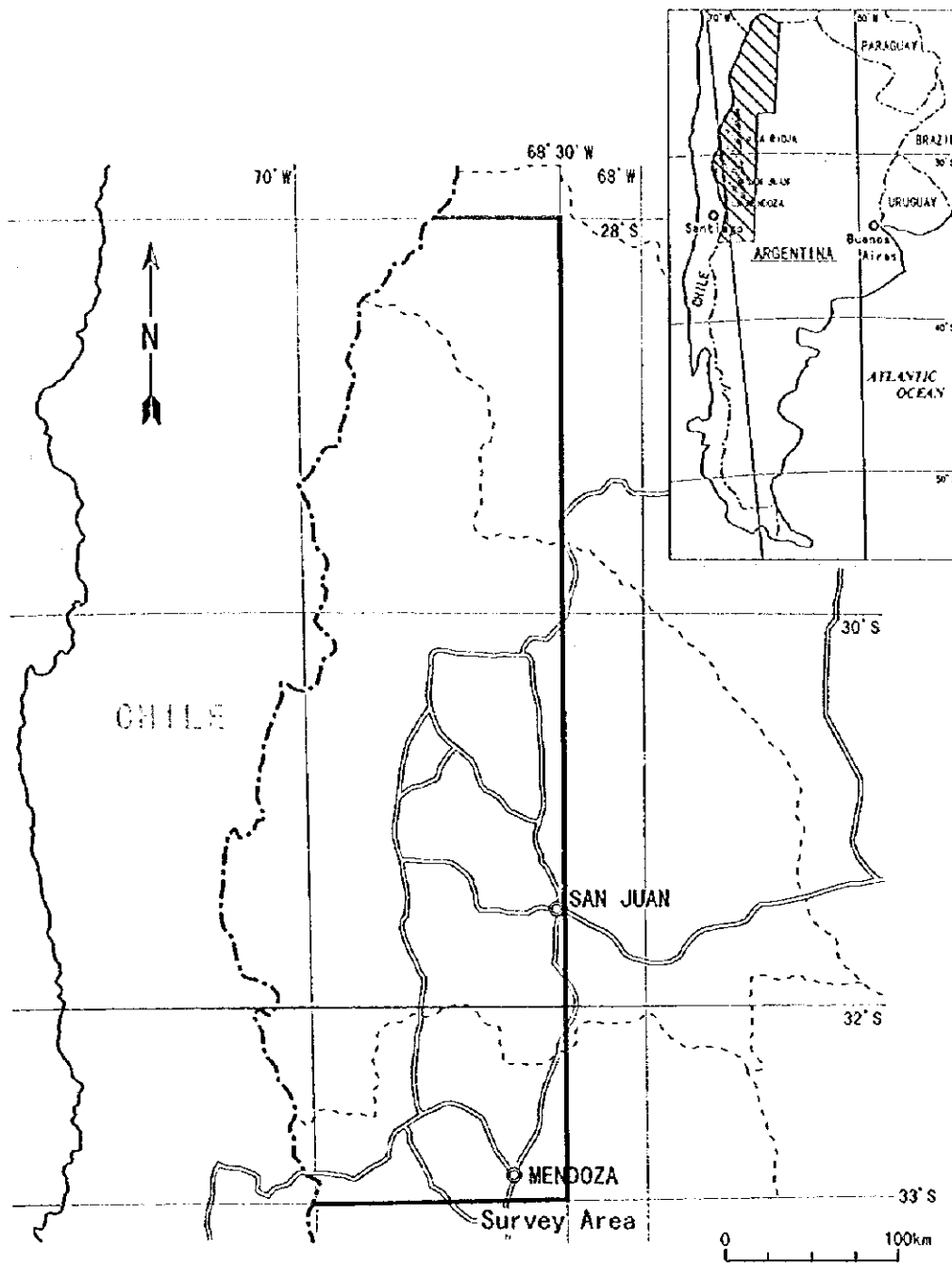


Figure I-1-2 Location map of the survey area

 Satellite Analyses     
  Data Compiling & Ground Truth



interior de Argentina, al oeste. La superficie terrestre analizada sumó un total de 650.000Km<sup>2</sup> aproximadamente.

#### 1-4 Metodología del Estudio

##### (1) Análisis de los datos existentes

Recoger y procesar los datos disponibles en el organismo de contrapartida argentino y de las instituciones relevantes sobre los estudios geológicos y geoquímicos, exploración geofísica, perforaciones, etc. del Area del Estudio a fin de identificar las áreas promisorias.

##### (2) Análisis de imágenes de satélite

Continuar el análisis de imágenes de satélite iniciado en el estudio de formulación del proyecto, y realizar el análisis geomorfológico y de los lineamientos, identificación de las zonas de alteración, etc., sobre la base de las imágenes de LANDSAT TM a fin de identificar las áreas promisorias.

##### (3) Levantamiento en terreno

Seleccionar las áreas donde se llevará a cabo el levantamiento sobre la base de los resultados del análisis de los datos disponibles y de las imágenes de satélite, y realizar el estudio geológico a fin de conocer la geología, zonas de alteración, criaderos, etc. de la región.

##### (4) Análisis de sedimentos de cauces

Realizar el análisis químico de las 2.271 muestras (sedimentos de cauces) obtenidas y conservadas por los organismos argentinos, y reunir las informaciones necesarias para el análisis integral (el primer año solamente comprende el análisis).

#### 1-5 Miembros de la misión de estudio

##### (1) Estudio preliminar y conversación sobre el acuerdo

###### a) Miembros japoneses

Shigeo TAKENAKA

Taro KAMIYA

Director de MMAJ

Funcionario de JICA - Depto. de Estudio de Proyectos Industriales y Mineros, Div. De Estudio de Desarrollo de Recursos

Takashi KAMIKI Especialista de MMAJ, Depto. de Ultramar, Div. de Planificación  
Kyouhisa YAMAMOTO Especialista Residente en Santiago de MMAJ

b) Autoridades argentinas

Dr. Alieto Guadagni Dr. Alieto Guadagni (Sr. Secretario de Industria, Comercio y Minería, Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos, República Argentina)  
Lic. Daniel Meilan Subsecretario de Minería, Secretaría de Industria, Comercio y Minería  
Ing. Hugo Nielson Presidente, Servicio Geológico Minero Argentino - SEGEMAR, SSM  
Lic. José E. Mendia Director Interino del Instituto de Geología y Recursos Mineros - IGRM, SEGEMAR, SSM  
Geol. Eddy Lavandaio Coordinador Técnico de Delegaciones Regionales, SEGEMAR, SSM

(2) Estudio en Argentina

a) Miembros japoneses

Yoshitaka HOSOI Jefe y coordinador de la Misión, levantamiento en terreno (JMEC)  
Toshihiko HAYASHI Análisis de los datos existentes y levantamiento en terreno (JMEC)  
Shuichi MIYATAKE Análisis de los datos existentes y levantamiento en terreno (JMEC)  
Kunihito YAMAMOTO Análisis de los datos existentes y levantamiento en terreno (JMEC)

\*JMEC: Centro de Ingeniería Minera para la Cooperación Internacional del Japón

b) Miembros argentinos

Conversaciones sobre el Estudio (en Buenos Aires)

Dr. Roberto Page (Planificación del Estudio)  
Secretario Ejecutivo, SEGEMAR, SSM  
Lic. José E. Mendia (Planificación del Estudio)  
Director Interino del Instituto de Geología y Recursos Mineros - IGRM, SEGEMAR, SSM  
Dr. Eduardo Zappettini (Planificación del Estudio, exploración geoquímica)  
Director, IGRM, SEGEMAR, SSM

- Coordinación general**  
 Geol. Eddy Lavandaio (Dirección y coordinación)  
 Coordinador Técnico de Delegaciones Regionales,  
 SEGEMAR, SSM
- Estudio en la provincia de La Rioja**  
 Lic. Oscar R. Marcos (Coordinación, análisis de los datos existentes y  
 levantamiento en terreno)  
 Delegado en La Rioja, SEGEMAR, SSM  
 Geol. Osvaldo V. Cravero (Análisis de los datos existentes y levantamiento en  
 terreno)  
 Delegación La Rioja, SEGEMAR, SSM
- Estudio en la provincia de San Juan**  
 Ing. Víctor Hugo de los Ríos (Coordinación y análisis de los datos existentes)  
 Delegado en San Juan, SEGEMAR, SSM  
 Lic. Raúl Cardo (Análisis de los datos existentes y levantamiento en  
 terreno)  
 Delegación San Juan, SEGEMAR, SSM  
 Ing. Ernesto Ariel Lapidus (Coordinación y levantamiento en terreno)  
 Delegación San Juan, SEGEMAR, SSM
- Estudio en la provincia de Mendoza**  
 Lic. Cayetano Fusari (Coordinación y análisis de los datos existentes)  
 Delegado en Mendoza y Jefe del Centro de  
 Exploración, SEGEMAR, SSM  
 Geol. Hugo Salvador Mallimacci (Análisis de los datos existentes y levantamiento en  
 terreno)  
 Delegación Mendoza, SEGEMAR, SSM  
 Geol. Eddy Lavandaio (Coordinación, análisis de los datos existentes y  
 levantamiento en terreno)  
 Coordinador Técnico de Delegaciones Regionales,  
 SEGEMAR, SSM  
 Ing. Ernesto Ariel Lapidus (Coordinación y levantamiento en terreno)  
 Delegación San Juan, SEGEMAR, SSM
- (3) Análisis de imágenes de satélite (realizado en Japón)**  
 Hiroyuki FUJIOKA Interpretación fotogeológica, análisis y preparación del informe  
 (NED\*)

Tokichiro TANI	Interpretación fotogeológica, análisis y preparación del informe (NED*)
Masataka OCHI	Interpretación fotogeológica, análisis y preparación del informe (NED*)
Ken OBARA	Interpretación fotogeológica, análisis y preparación del informe (NED*)
Susumi TAKEDA	Interpretación fotogeológica y análisis (NED*)
Tetsuo SATO	Interpretación fotogeológica y análisis (NED*)
Yoneharu MATANO	Procesamiento de imágenes (NED*)
Kohei IIDA	Procesamiento de imágenes (NED*)
Osamu MIYAISHI	Procesamiento de imágenes (NED*)
Jiro KAMATA	Procesamiento de imágenes (NED*)
Tomoji SANGA	Procesamiento de imágenes (NED*)

\* NED: Nikko Exploration & Development Company Ltd.

**(4) Análisis integral y preparación del Informe (realizados en Japón)**

Yoshitaka HOSOI	Centro de Ingeniería Minera para la Cooperación Internacional del Japón (JMEC*)
Toshibiko HAYASHI	Centro de Ingeniería Minera para la Cooperación Internacional del Japón (JMEC*)
Shuichi MIYATAKE	Centro de Ingeniería Minera para la Cooperación Internacional del Japón (JMEC*)
Kunihito YAMAMOTO	Centro de Ingeniería Minera para la Cooperación Internacional del Japón (JMEC*)

\*JMEC: Centro de Ingeniería Minera para la Cooperación Internacional del Japón

**1-6 Período y volumen del Estudio**

**(1) Estudio preliminar y conversaciones sobre el acuerdo**

Del martes 8 al sábado 19 de julio de 1997

**(2) Estudio en Argentina**

Del lunes 6 de octubre al sábado 13 de diciembre de 1997

(Análisis de los datos existentes y levantamiento en terreno)

Table I-1-1 Contents of the survey

Item	Volume
Analysis of previous data	135 sites (old mine, mineralized site, alteration)
Ground truth	29 sites (including 2 sites of detailed survey)
Samples	250 samples (excluding 86 samples from detailed survey areas)

Del lunes 2 al viernes 20 de marzo de 1998      Levantamiento en terreno

(3) Análisis de imágenes de satélite

Del martes 24 de diciembre de 1996 al viernes 30 de enero de 1998

(Generación, interpretación y análisis de las 23 escenas de las imágenes de LANDSAT TM)

(4) Examen de muestras, análisis integral y preparación de informe

Del lunes 15 de diciembre de 1997 al miércoles 25 de marzo de 1998

Table I-1-2 Laboratory test

Item	Number
Microscope observation	
Thin section	66
Polish	18
Polished thin section	3
X-ray diffraction	62
Geochemical analysis	
Ore grade assay (FA+AA+ICP, 22 elements)	130
Trace level geochemistry (FA+ICP, 32 elements)	122
Bulk chemical analysis (XRF)	18
Stream sediments geochemistry (INAA and ICP-AES, 48 elements)	2,271
Fluid inclusion (Th & salinity)	11
K-Ar Dating	14

## Capítulo 2 Geografía del Área del Estudio

### 2-1 Ubicación y accesibilidad

El Área del Estudio tiene una forma alargada en rumbo norte sur y se halla enmarcada entre latitudes 28°S y 33°S al norte y sur, respectivamente; y entre la frontera con Chile al oeste y con longitud 68°30'E al este (Fig. I-2-1).

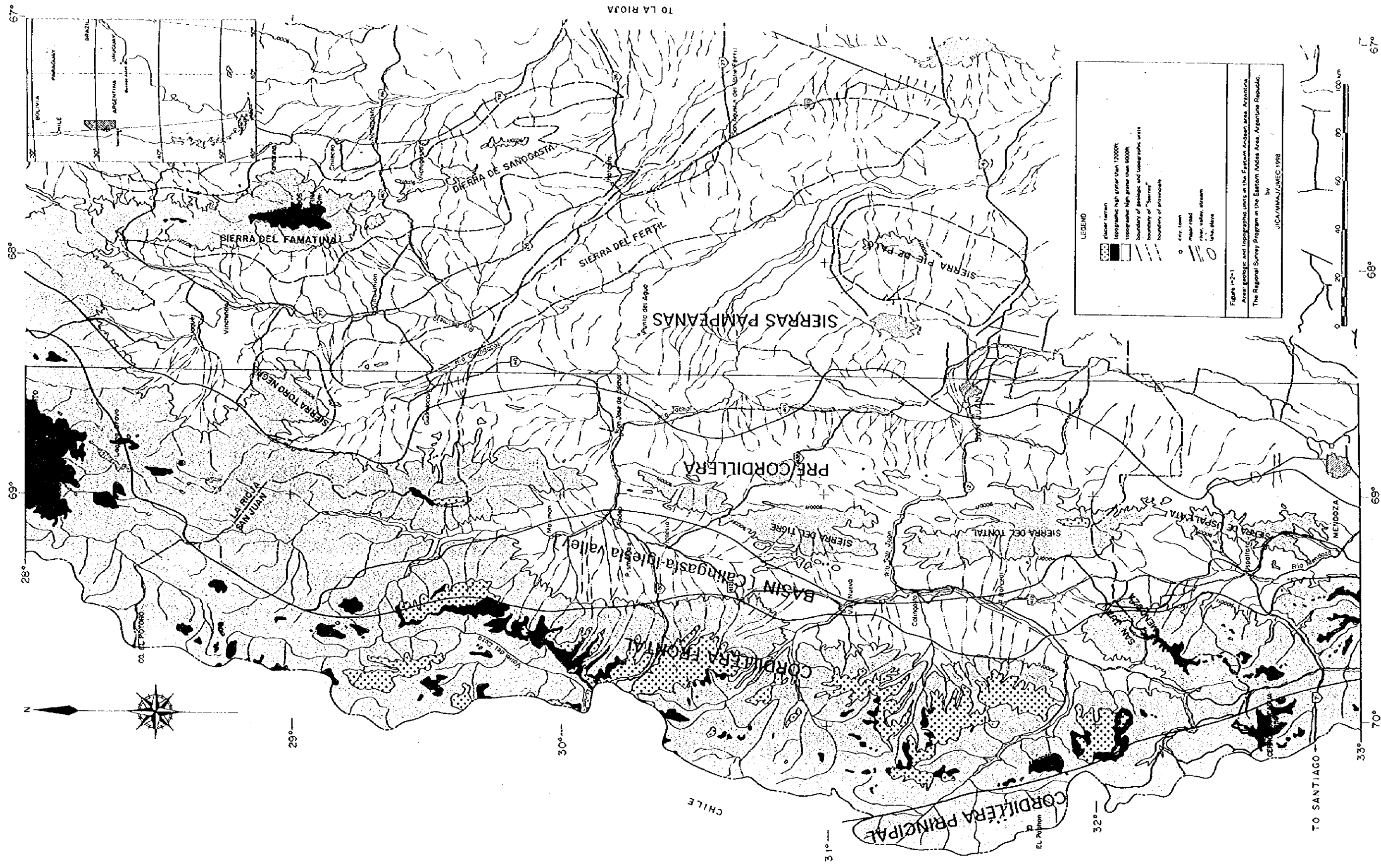
En el margen sudeste se encuentran las ciudades de San Juan y Mendoza, que distan unos 150Km y se comunican mediante la Ruta 40 (una hora 40 minutos aproximadamente de viaje). Desde la ciudad capital de Buenos Aires se llega a Mendoza vía aérea; existen vuelos diarios y el viaje es de una hora y media. Por autobús se llega en 14 horas. También hay más vuelos diarios de servicio regular desde Buenos Aires hasta San Juan y la ciudad de la Rioja, la capital de la provincia, ubicada al noreste del Área del Estudio. Hasta La Rioja se puede llegar por carreteras (rutas 141 y 27) desde San Juan, cuyo recorrido es de 470Km que se traduce en unas seis horas de viaje. Las carreteras entre las grandes ciudades son pavimentadas y de doble carril.

Existen cuatro rutas que comunican estas grandes ciudades con los criaderos intramontañosos andinos. La Ruta 7 que está más al sur comunica la ciudad de Mendoza y Santiago, capital de la República de Chile, atravesando por Uspallata. Esta carretera es completamente pavimentada y es transitable todo el año. De Mendoza a Santiago son aproximadamente cuatro horas de viaje. Al norte de ésta, recorre la Ruta 12 que comunica desde San Juan, Calingasta, Barreal hasta llegar a los yacimientos Los Pelambres y el Pachón. Esta carretera serviría de vía arterial para nuestro estudio, aunque no es pavimentada y además es transitable sólo en verano. De Barreal a El Pachón son unas seis horas de viaje.

Existen también otras vías importantes como son: la carretera que comunica San José de Jachal, a unos 150Km al norte de San Juan, con Rodeo, hasta el Valle del Cura donde actualmente se desarrollan múltiples proyectos de explotación minera; la carretera que comunica de la Villa Unión, al sudeste de la provincia de La Rioja hasta el Cordón de la Brea, atravesando Jague y Laguna Brava. Estas vías son transitables solamente en verano y el viaje hasta el destino (criaderos) es de casi un día.

Es indispensable utilizar vehículos de doble tracción (4X4) para acceder a los principales criaderos al oeste del Área del Estudio. Salvo la Ruta 12, la mayor parte de las carreteras en las zonas montañosas no se hallan pavimentadas, y las condiciones no son idóneas por falta de mantenimiento. De ser posible, se recomienda para el viaje utilizar por lo menos dos vehículos de doble tracción con

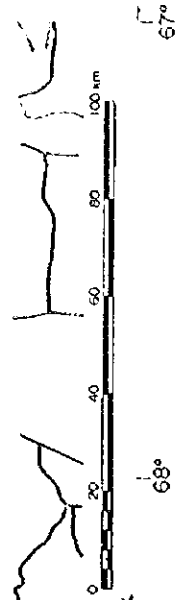




**LEGEND**

- ◻ eroded terrain
- ◻ topographic high greater than 12000'
- ◻ topographic high greater than 9000'
- ◻ boundary of geologic and topographic units
- ◻ boundary of "Sierra"
- ◻ boundary of province
- city town
- main road
- river, valley, stream
- lake, lake

Figure 1-2-1  
 Area Geologic and Topographic Units in the Eastern Andean Area, Argentina  
 The Regional Survey Program in the Eastern Andean Area, Argentine Republic.  
 by JICA/MMAJ/JMEC 1988







la altura libre relativamente grande puesto que algunas vías laterales fueron construidas solamente mediante compactación por maquinarias pesadas, y existen vados y tramos cubiertos de nieve. Asimismo, es necesario para la programación de las actividades del estudio, tomar en cuenta que muchos de estos caminos de acceso son sometidos a obras de reparación en verano (de noviembre a enero).

## 2-2 Topografía e hidrología

La topografía del Area del Estudio se divide, a grosso modo, en las cordilleras andinas (Cordillera Principal y la Frontal) de 3.000 a 7.000 m.s.n.m. al oeste, Valle Central y Longitudinal de 1.500 a 2.000 m.s.n.m., Precordillera de 2.000 a 4000 m.s.n.m., y las Sierras Pampeanas relativamente llanas relativamente bajas en esta zona. Las cordilleras Principal y Frontal representan un elevado porcentaje del Area del Estudio, ocupando casi la mitad oeste. La altitud se ve elevada en rumbo sur hacia el cerro Aconcagua (de 6.959 m.s.n.m.), y los relieves se vuelven cada vez más acentuados. Más allá de los 4.000 m.s.n.m. se concentran las morenas aducidas por glaciares, y a partir 5.000 m.s.n.m. el hielo es permanente. El Valle Central y Longitudinal es de 300Km de largo (S-N) desde Rodeo (provincia de San Juan) hasta Uspallata (Mendoza), y de 50Km de ancho (E-W). Esta topografía no se distribuye en la provincia de La Rioja. El Valle Central y Longitudinal se caracteriza por la formación de cuencas sedimentarias en donde las tierras bajas son cubiertas por rocas sedimentarias continentales del Neógeno a Cuaternario. Estas son circundadas por madas muy disectadas con pendiente suave. Al este del Valle Central y Longitudinal se distribuye gran parte del bloque estructural de la Pre-Cordillera. El bloque, formado principalmente por rocas sedimentarias del Paleozoico presenta una topografía relativamente acentuada, aunque varía dependiendo de las facies. Por ejemplo, las rocas plutónicas ácidas y las calizas tienden a formar masas o domos montañosos elevados. Las Sierras Pampeanas se caracterizan por la combinación de la llanura del sistema cuaternario y los montes precámbricos que emergen con rumbo NW-SE.

Las cuencas hidrográficas de la provincia San Juan presentan la siguiente característica: las aguas superficiales recolectadas en las cordilleras Principal y Frontal fluyen hacia el Valle Central y Longitudinal y convergen en la cercanía de Rodeo y Calingasta. Estas dos corrientes confluyen en los Ríos Jachal y San Juan, respectivamente, y discurren de manera sinuosa en las partes bajas de la Pre-Cordillera en rumbo E-W hasta llegar a las llanuras intermontañas de Sierras Pampeanas. Debido a que la pendiente es insignificante en esta parte, los dos ríos se ramifican en forma de escoba, haciendo difícil dar seguimiento a cada uno de ellos. En la provincia de Mendoza, las aguas

del deshielo cordillerano se reúnen en el río Mendoza que, con rumbo E-N atraviesa la Cordillera Frontal y la Pre-Cordillera. En el caso de la provincia La Rioja, dada la ausencia del Valle Central y Longitudinal, las aguas superficiales provenientes de las cordilleras Principal y Frontal entran directamente a las llanuras intermontañas de Sierras Pampeanas. Estas convergen en Jagüe y Guandacol, y discurren formando los ríos Bermejo y Guandacol en rumbo SSE a lo largo del sistema precámbrico. Cabe recordar que, además de estos ríos principales, se desarrollan múltiples playas dentro del Área del Estudio a consecuencia del clima árido.

### 2-3 Clima y vegetación

El clima del Área del Estudio es muy variado dependiendo de las zonas. Las cordilleras Principal y Frontal se caracteriza por el frío intenso, gran volumen de nieve y vendaval. Mientras tanto la Pre-Cordillera y las Sierras Pampeanas pertenecen al clima seco donde la precipitación anual es de menos de 200mm. Las lluvias se concentran en verano y son torrenciales (Fig. I-2-2).

A consecuencia del clima de altura y seco, la vegetación es escasa en casi todo el Área del Estudio. Tampoco se identifica la cobertura vegetal en las imágenes satelitales, salvo en las riberas de los ríos y las tierras bajo riego en la cercanía de las ciudades.

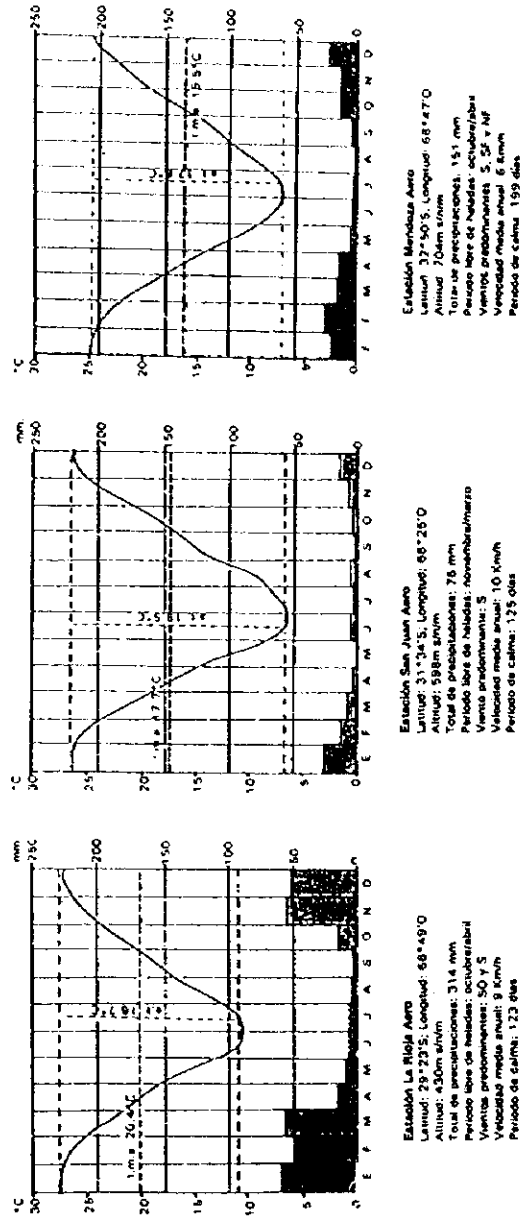


Figure I -2-2 Climatological fact in the city of La Rioja, San Juan, and Mendoza. (after National Mining Secretariat, 1994 )

### 3-1 Geología e historia tectónica

El mapa geológico del Area del Estudio fue preparado compilando los mapas geológicos de las provincias de La Rioja, San Juan y Mendoza de escala 1:500.000 elaborados por SEGEMAR (Fig. I-3-1). Para la formulación de las hipótesis e historias tectónicas, se consultaron además de estos mapas, la bibliografía de Zappetini (1996), Ramos (1994), Astini et al. (1995), y Davidson and Mpodozis (1991) sobre la interpretación geológica. Conjuntamente, se entregan las informaciones recogidas durante el levantamiento en terreno ejecutado en el presente Estudio.

La evolución tectónica del Area del Estudio se asocia con la subducción de la placa marina desde el oeste que comenzó a finales del Cámbrico, pasando por distintas etapas de transición desde el arco ígneo, franja de acreción hasta costa. Por lo tanto, a pesar de presentar parcialmente compleja intercalación del basamento con las rocas volcánicas, regionalmente las estructuras están constituidas por la superposición de nuevos pisos desde el este hacia el oeste (Fig. I-3-1). En este capítulo se describe la distribución de facies representativas según etapas, así como las informaciones sobre los recientes estudios relacionadas con las características de la tectogénesis, plutonismo y de las condiciones de sedimentación.

#### (1) Precámbrico

##### Geología

El Precámbrico del Area del Estudio se distribuye al este de 68°E y coincide con la unidad fotogeológica de las Sierras Pampeanas (Fig. I-2-1, I-3-1). El Precámbrico de la región andina Oriental pertenece al Proterozoico constituido principalmente por esquistos gneises graníticos y pegmatitas, con intercalaciones de rocas ultramáficas, calizas y calizas cristalinas. Los afloramientos del Precámbrico se hallan más al este del Area del Estudio, en la sierras Pie de Palo, de Famatina, de Valle Fértil y de Velasco, dando lugar a la formación de montañas de rumbo casi S-N.

No se conocen los yacimientos metalíferos del Precámbrico en región andina Oriental.

##### Historia tectónica

Esta unidad forma parte de Gondwana. La colisión y la acreción de cuerpos de rocas alóctonas del Cámbrico y posteriores posiblemente tuvieron como núcleo a esta unidad.









## (2) Cámbrico a Devónico

### Geología

Al oeste del Precámbrico (Sierra de Pampeanas) se distribuye la denominada Pre-Cordillera, constituida principalmente por sedimentos paleozoicos inferiores (Fig. 1-2-1). Esta presenta una forma alargada en rumbo N-S con un ancho de 100Km y largo de 600Km aproximadamente, abarcando desde el oeste de Jagüel (La Rioja) hasta la ciudad de Mendoza. Esta provincia corresponde el segmento este del Area del Estudio y constituye la roca encajadora donde se emplazan múltiples yacimientos y criaderos. El Paleozoico Inferior está formado principalmente por los siguientes estratos, desde abajo hacia arriba: estrato delgado de fangolitas rojas del Cámbrico Inferior, calizas y rocas sedimentarias calcáreas del Ordovícico Inferior a Medio, estratos alternados de areniscas y fangolitas del Ordovícico Medio, y los estratos alternados de areniscas y fangolitas neríticas del Silúrico a Devónico (Astini et al., 1995). Esta estratigrafía de origen del Cámbrico y Ordovícico, después se deforma notablemente en el momento de la colisión y la acreción hacia Gondwana de la Pre-Cordillera y se fue transformando en la geología compuesta por las zonas de estructuras asociadas con los bloques de ofiolita. En cambio en sistema del Silúrico ~ el Devónico, la sedimentación ocurrió después de la colisión y no se halla deformado. De estos el que reviste mayor importancia para la exploración, es el conjunto ordovícico, porque conforma los “recipientes” de múltiples yacimientos pequeños debido a la gran susceptibilidad de ofiolitas y las calizas a los efectos hidrotermales, y por la presencia de las fracturas muy profundas. La formación de los yacimientos Hualilán (Au, Ag) y Guachi (Au, Ag) del Area del Estudio se asocia con las rocas ígneas terciarias intruidas al sistema ordovícico, mientras que Helvecia (Pb, Zn) es un yacimiento del tipo “Mississippi Valley” emplazado dentro de las calizas ordovícicas.

### Historia tectónica

Los estudios recientes afirman que la Pre-Cordillera se originó por los cuerpos de rocas alóctonas que se agregaron al continente Gondwana en el Paleozoico Inferior (Ramos et al., 1986, etc.). Los fundamentos de esta hipótesis son los siguientes: (1) la ausencia de estratigrafía similar al oeste de Argentina, salvo en la Pre-Cordillera; (2) el desarrollo de melange en el contacto con las Sierras Pampeanas; (3) actividades ígneas del Ordovícico Inferior en Famatina, en el interior de las Sierras Pampeanas, y; (4) la diferencia del paleomagnetismo de las rocas de la Pre-Cordillera y del paleomagnetismo macroscópico de Gondwana (Astini et al., 1995). Existe una polémica entre los

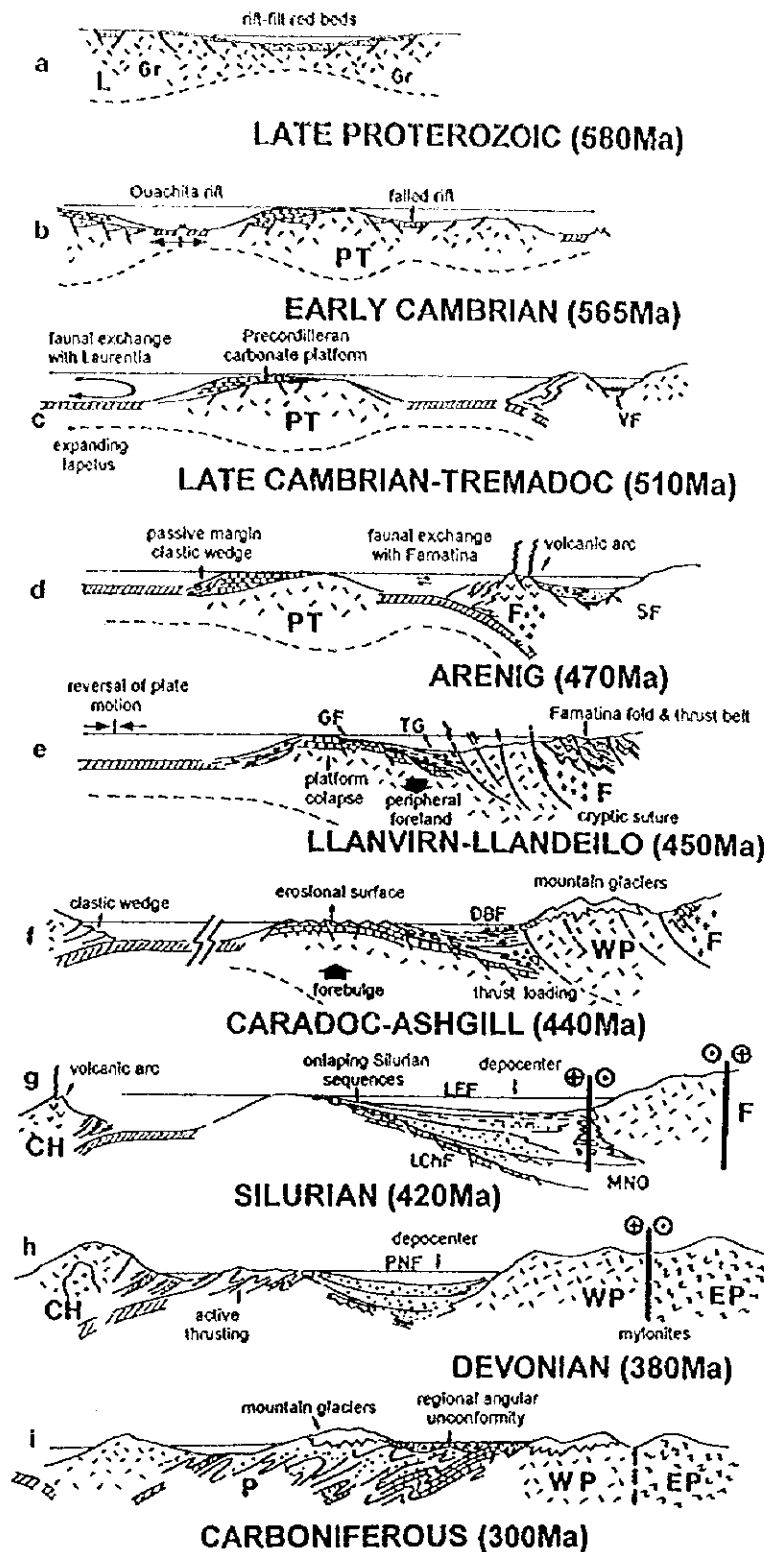
científicos sobre la ubicación de la Pre-Cordillera en su fase inicial. La hipótesis más aceptada es aquella que sostiene, sobre la base de los resultados de la comparación de la estratigrafía reciente y los fósiles encontrados, que originalmente la provincia ha sido formada en Laurentian (Cordillera Appalachian de Norteamérica), iniciándose la segregación y migración hacia el sur alrededor del Cámbrico Inferior (Astini et al., 1995). La evolución intensiva que la Pre-Cordillera sufrió desde el Cámbrico a Devónico se denomina "orogenia de Famatina".

En la Fig. 1-3-2 se muestra la historia tectónica de la Pre-Cordillera del Area del Estudio, según Astini et al. (1995), que describe sistemáticamente desde la segregación, migración y la colisión de la Pre-Cordillera. Este es uno de los eventos más detalladamente analizados a la fecha.

A finales del Proterozoico o en el Cámbrico Inferior, se formaron múltiples elevaciones en el margen oeste del continente Laurentian, y fueron depositadas las fangolitas rojas como sedimentos de elevaciones inmediatamente sobre el basamento continental (Fig. 1-3-2a). No se conocen los afloramientos de este basamento en la Pre-Cordillera actual. Posteriormente, se inició un intenso ensanchamiento de las elevaciones en el Cámbrico Inferior (Fig. 1-3-2b).

En el Cámbrico Medio a Superior (Fig. 1-3-2c), se formó un grueso estrato de calizas en la Pre-Cordillera (Estrato de San Juan) por efectos de la elevación del mar. Mientras tanto, en las Sierras Pampeanas se inició la formación del sistema de arco insular-costa, a consecuencia de la subducción de la losa oceánica, el cual siguió el proceso de maduración hasta el Ordovícico Inferior dando lugar al arco insular volcánico en el Sistema del Famatina, así como a la acumulación de fangolitas, areniscas y piroclásticas nerfícas en la cuenca back-arc (Fig. 1-3-2d). Este período coincide con la formación de las cuñas piroclásticas a lo largo de la pendiente en el margen oeste de la Pre-Cordillera que da cara a la zona pelágica.

La colisión y la acreción de la Pre-Cordillera con Gondwana, ocurrieron en el Ordovícico Medio, a consecuencia de la continua migración (Fig. 1-3-2e). En la fase inicial de la colisión, se clausuró la cuenca back-arc de Famatina y se produjo la elevación de Famatina, asociada con notorios plegamientos y franjas de corrimientos (orogenia Guandacol). Por otro lado, se formaron múltiples corrimientos en la ladera occidental en el margen frontal del bloque de la Pre-Cordillera, además del antepaís periférico en su interior. Este período dio fin a la formación de calizas en la Pre-Cordillera, iniciándose la acumulación de fangolitas negras que cubrieron de manera irregular las calizas. A consecuencia de la transgresión, el antepaís periférico aumentó su profundidad, y el flysch abisal fue depositado sobre calizas. En la etapa posterior de la colisión, ocurrió el relajamiento post-colisional al oeste de la Pre-Cordillera, dando lugar a la formación de las fallas normales de gran buzamiento y de las pequeñas cuencas asociadas con ellas. Las cuencas fueron rellenadas posteriormente por



Schematic cross sections (not to scale) showing the geodynamic model in which the Argentine Precordillera evolves from a passive margin toward a rifted, drifted, and collided terrane during the early Paleozoic. (a) Initial rifting and opening of the southern Iapetus. (b) Opening of the Ouachita rift and failed rift to the right. Development of passive margin sequences: (c) Precordillera drifting and faunal exchange with Laurentia; (d) continuous drifting and faunal exchange with Celtic and Baltic Provinces and the Famatina volcanic-arc region; (e) collision with Famatina with generation of a peripheral foreland with collapse of the previous carbonate bank. Faulting of the Grenville basement and shortening led to differentiation of the Precordilleran sedimentary successions from its basement (later converted into the western Pampeanas ranges), (f) forebulging, and erosion in central Precordillera. Late Ordovician glacial sediments were derived from western Pampeanas. (g) Approximation of the Chilean terrane, including an active magmatic arc; transcurrent faulting to the eastern border. Silurian sequences overlapping the former dome. (h) Active thrusting due to western approximation of Chile and generation of deep Devonian graywacke depocenters covering shallow Silurian deposits. (i) Final collisional stage wherein the lower Paleozoic is folded and covered later by glacial Carboniferous deposits. See text for more details. Gr = Grenville basement, L = Laurentia, P = Precordilleran terrane, F = Famatina, EP = eastern Pampeanas, WP = western Pampeanas, CH = Chilean terrane, VF = Volcancito Formation, SF = Suri Formation, GF = Gualcamayo Formation, TG = Trapiche Group, DBF = Don Braulio Formation, LChF = La Chilca Formation, LEE = Los Espejos Formation, MNO = Mogotes Negros olistostrome, PNF = Punta Negra Formation.

Figure I-3-2 Schematic cross section showing the geodynamic model of the Argentine Precordillera. (after Astini et al., 1995, Fig. 11)

estratos de gravas. Al finalizar la colisión de la Pre-Cordillera, se produjo una zona de subducción en rumbo oeste en la placa continental (basamento de Chile) al oeste, por efectos de los esfuerzos de compresión, encerrando gradualmente el mar entre la Pre-Cordillera y el basamento de Chile, y dando lugar a la formación del arco volcánico en Chile (Fig. I-3-2g).

El margen este de la Pre-Cordillera del Silúrico se caracteriza por la distribución de sedimentos neríticos finos, donde por el crecimiento de las cuencas por el relajamiento continuo y la transgresión marina, aumentó gradualmente la profundidad del antepaís periférico, facilitando la entrada de los sedimentos (Fig. I-3-2g). En el Devónico, el flujo de los sedimentos hacia el antepaís se vio acelerado, aumentando rápidamente el grosor del estrato. Como consecuencia, el antepaís se transformó en una cuenca sedimentaria de muy poca profundidad a finales del Devónico (Fig. I-3-2i). En el Devónico Superior se produjeron la colisión y la acreción del basamento de Chile en el margen oeste de la Pre-Cordillera, provocando fuertes deformaciones como plegamientos, en todo el Paleozoico Inferior. Con este evento, se finalizó la orogenia de Famatina.

### (3) Carbonífero a Triásico

#### Geología

Del Carbonífero a Triásico del Area del Estudio está constituido principalmente por los estratos de sedimentos neríticos, hemipelágicos y continentales, y por las rocas volcánicas y plutónicas ácidas principalmente del Pérmico a Triásico.

Se identifican dos franjas de rocas sedimentarias del Carbonífero al este y al oeste del Area (Fig. I-3-1). La franja este corresponde a la Formación Volcán del Carbonífero Inferior, y su distribución se concentra entre la Villa Unión y San José de Jachal en el centro-norte. Estas rocas sedimentarias están constituidas principalmente por areniscas, con intercalación de gravas, fangolitas, calizas, etc. Desde el oeste de San Juan hacia el sur, los sedimentos se distribuyen formando franjas angostas, y aparecen intermitentemente a lo largo del margen este de corrimientos asociados con la orogenia andina. Mientras tanto, la franja oeste corresponde a la Formación Agua Negra del Carbonífero Superior a Pérmico Inferior, y su distribución es relativamente continua desde el oeste de Jagüé hasta Calingasta. El conjunto está constituido principalmente por areniscas, fangolitas y calizas.

Las rocas sedimentarias del Pérmico a Triásico se distribuyen en el segmento oeste del Area del Estudio desde el oeste de la Formación Agua Negra hasta la frontera con Chile, cubriendo de manera irregular al Carbonífero. Su litofacie es similar al Carbonífero, es decir, son sedimentos flysch de areniscas, fangolitas y gravas.

El grupo Choiyoi que engloba grandes volúmenes de rocas ígneas ácidas que cobraron dinamismo del Pérmico a Triásico del Area del Estudio, se distribuye al oeste de 69°30'0" (Fig. I-3-1). Este grupo está constituido principalmente por riolitas, piroclásticas riolíticas, y por las rocas plutónicas hipabisales de la misma composición. La profundidad del complejo de rocas volcánicas se estima en unos 2000m, y parcialmente se conservan las estructuras de calderas. Las rocas plutónicas están constituidas principalmente por granitos o monzogranitos, presentando frecuentemente intrusivos hipabisales asociados con texturas finas o gráficas.

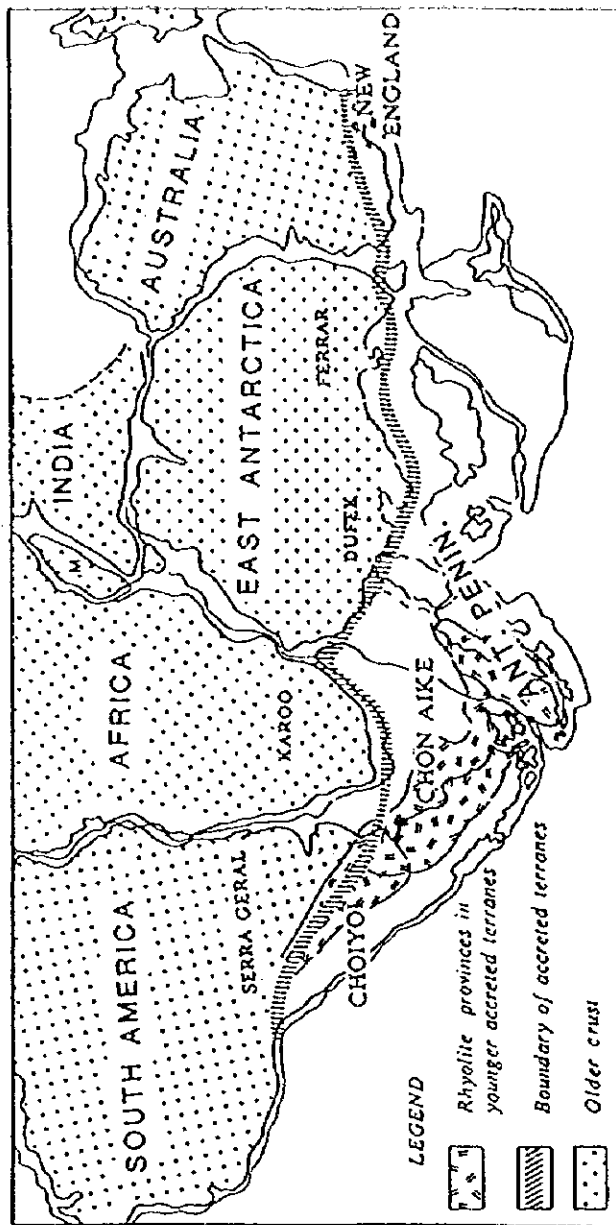
Se conocen dentro del Area del Estudio, yacimientos metalíferos formados por el dinamismo del grupo Choiyoi, y se distribuyen los criaderos de bismuto-cobre-tungsteno-arsénico asociados con granitos en Tocota, al noroeste de Calingasta (San Juan). Asimismo, la edad metalogénica del yacimiento San Jorge y de otros del tipo pórfido cuprífero en Alcaparossa, al este de Calingasta, y al noroeste de Uspallata (San Juan), coincide con el dinamismo del grupo Choiyoi.

#### Historia tectónica

Entre el Carbonífero y Triásico, el Area del Estudio formaba parte del arco volcánico desarrollado dentro de la franja de acreción de la Pangea de Gondwana (Fig. I-3-3). Se piensa que el dinamismo de las rocas ígneas del grupo Choiyoi fue anterior a la segregación de la Pangea, y las rocas ácidas del Carbonífero a Jurásico se distribuyen además de la región andina oriental, en Chon Akie de Patagonia (del Triásico Superior a Jurásico), al sudoeste de Sudáfrica, continente antártico y en el margen este de Australia.

El arco volcánico del Carbonífero Inferior tuvo origen sobre el Precámbrico y Paleozoico Inferior entre las latitudes 27°- 45°S. En el margen frontal del arco volcánico se formó el prisma acrecional, acumulándose las turbiditas pelágicas con fragmentos del fondo oceánico. Las actividades ígneas ácidas cobraron mayor dinamismo en el Carbonífero Superior dando lugar a granitos calc-alcalinos que se distribuyen en la cordillera andina argentina y chilena.

Del Pérmico a Triásico, se formó un nuevo arco volcánico superpuesto al arco del Carbonífero a consecuencia del intenso volcanismo asociado con la subducción de la losa oceánica tipo Mariana (subducción de ángulo cerrado y bajo esfuerzo). Esto provocó la intrusión de múltiples cuerpos de rocas plutónicas ácidas entre las rocas volcánicas hasta una altura poco profunda, y la producción de rocas volcánicas (grupo Choiyoi) que cubrieron extensas áreas. La petrología de estas rocas ígneas del Pérmico a Triásico indica que son la masa fundida de la corteza que se produjo por debajo de la tectónica elongada (Kay et al., 1990).



Map of southern Gondwana, modified from Lawver and Scotese (1987), showing Gondwana granite-rhyolite provinces. Boundary of accreted terranes separates old cratonic Gondwana from younger accreted terranes. Named areas north of boundary are regions of Jurassic and Cretaceous basalts (see Daiziel et al., 1987).

Figure I -3-3 Map of southern Gondwana granite-rhyolite provinces. (after Kay et al., 1989, Fig. 1)

#### (4) Jurásico a Terciario

##### Geología

La geología correspondiente del Jurásico a Terciario en la región andina oriental está constituida por estratos de areniscas-conglomerados del Jurásico a Cretácico, rocas volcánicas y plutónicas del Paleoceno a Mioceno Medio y areniscas-conglomerados del Plioceno Superior. El Jurásico está constituido por areniscas, calizas, fangolitas, evaporitas y conglomerados. El límite norte de su distribución se encuentra al noroeste del yacimiento El Pachón al extremo oeste del Área del Estudio, y se extiende formando una franja angosta de unos 10Km o menos de ancho dentro de la Cordillera Principal (Fig. 1-3-1).

La litofacié del Cretácico es similar a la del Jurásico, y se distribuye al oeste de la zona de distribución de éste. La distribución del Cretácico en el Área del Estudio se halla enmarcado sólo entre el yacimiento El Pachón de la provincia de San Juan, y la localidad Las Cuevas, aunque en la parte chilena muestra una amplia distribución hasta las costas del Pacífico, constituyéndose la principal roca encajadora de los intrusivos pórfidos.

El grupo de rocas volcánicas y piroclásticas terciarias principalmente de andesitas y dacitas se distribuye en el segmento oeste del Área del Estudio, desde el límite entre las provincias de San Juan y La Rioja al norte, hasta el Río Blanco (San Juan) al sur. El conjunto de intrusivos como el stock de pórfidos se distingue por su distribución esporádica; se halla predominantemente al oeste del Área del Estudio, y también en el interior de la Pre-Cordillera y Famatina. Muchos de los pórfidos cupríferos, que es el principal tipo de yacimientos en el Área, están asociados con el stock formado en este período. Tales son los casos de El Pachón (Cu, Mo), Yunque (Cu, Au) y Paramillos Sur (Cu, Mo). También existen los yacimientos epitermales como Guachi (Au, Ag) y Hualilán (Pb, Zn), a cierta distancia de los intrusivos. Normalmente, los intrusivos terciarios son de limitada dimensión. Además de la geología descrita anteriormente, las rocas sedimentarias continentales desarrolladas principalmente en el Neógeno Superior ocupan grandes extensiones del Área del Estudio.

##### Historia tectónica

La región andina del Jurásico al Reciente se caracteriza por la subducción de la losa oceánica desde el oeste, así como por las intensas actividades ígneas asociadas y el aumento de la corteza.

Esta intensa transformación es conocida con la denominación de "orogenia andina", cuyo proceso continúa aún a la fecha. Los detalles de la transición de la subducción de la losa oceánica han sido paulatinamente esclarecidos por científicos recientes, cuya información es de gran utilidad para

determinar las zonas prioritarias del Area del Estudio. Normalmente, el mecanismo de la subducción determina la profundidad de la fusión de losa y el campo de esfuerzo en el continente, controlando fuertemente al volcanismo y a las principales estructuras del período correspondiente. Esta lógica plantea que el mecanismo de subducción constituye un factor importante para estudiar la formación de las provincias metalogénicas controladas. En este apartado, se entrega una breve explicación de la transición de la tectogénesis para describir el modelo de desarrollo de Argentina y Chile, según Davidson and Mpodozis (1991), y sobre las zonas de losas planas que caracterizan la región andina oriental.

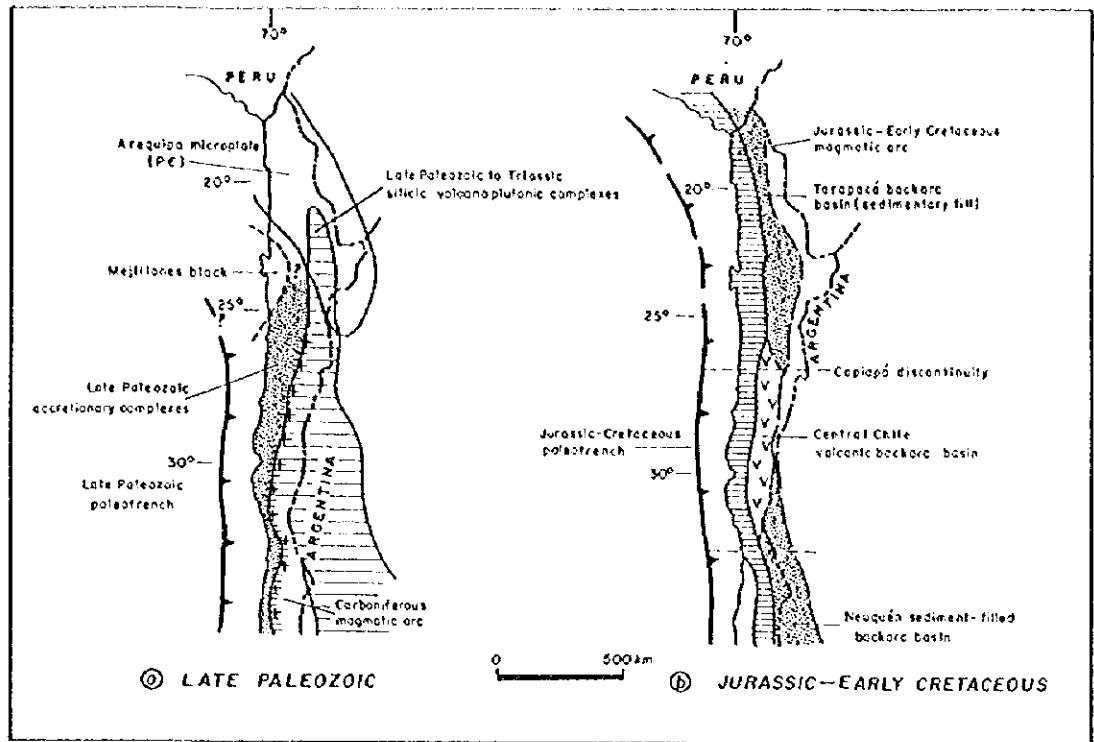
La subducción de la losa oceánica del Jurásico al Cretácico Inferior fue del tipo Mariana con gran buzamiento y bajo esfuerzo, dando lugar a la formación del arco insular volcánico y de las cuencas posteriores. El arco volcánico fue formado en el litoral chileno actual, sin llegar a Argentina (Fig. I-3-4b). Mientras tanto, las cuencas posteriores se desarrollaron en la región de cordilleras al este de Chile y al extremo oeste Argentina, y fueron rellenadas por sedimentos neríticos y piroclásticas.

En el Cretácico Medio a Superior, aproximadamente de 100 a 80Ma, apareció en la zona de divergencia en el Atlántico Medio, y el mecanismo de subducción de losa tipo Mariana pasó a ser del tipo Chile de ángulo cerrado y alto esfuerzo. Este movimiento cerró la cuenca posterior, y provocó la elevación asociada con corrimientos con inclinación hacia el este, dando lugar a las Sierras Proto Domeyko al este de Antofagasta, Chile (Fig. I-3-5b). Por otro lado, en el centro de Chile, al sur de 32°S, se produjeron la elevación y sobreascurrencimiento de los sedimentos costeros principalmente de piroclásticas. Posteriormente, esta deformación fue heredada por las actividades ígneas del Cretácico Superior al sur de Illapel.

Del Paleoceno a Eoceno, alrededor de 70Ma, la convergencia de las placas se vio acelerada, cuya relación se estima en más de 100mm al año. Como consecuencia, se produjo un intenso volcanismo en el continente, dando lugar a la formación de yacimientos medianos tipo pórfido, y a múltiples zonas de alteración ácida grandes como su cubierta superior argílica (Fig. I-3-5c).

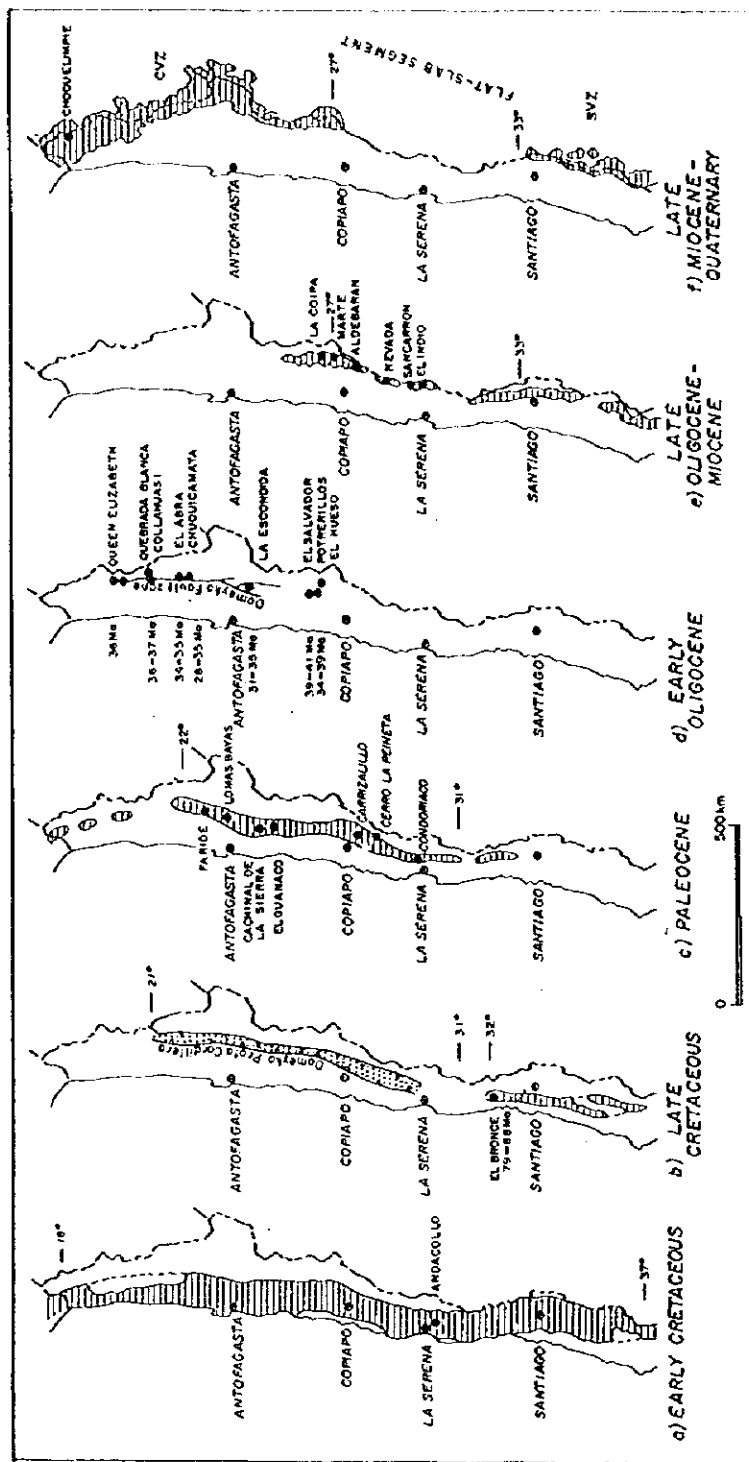
Del Eoceno Superior a Oligoceno, la subducción de la placa oceánica pasó a ser oblicua al continente, y la relación de convergencia se redujo en 50 mm al año. Como consecuencia de lo cual, cesó el volcanismo y no se produjeron actividades ígneas importantes en este período, salvo las de los cuerpos de pórfidos intruidos del 41 a 31Ma (Fig. I-3-5d). Asociada con la subducción oblicua, se desarrolló la gran zona de falla Domeyko de S-N en el continente, localizándose múltiples cuerpos de rocas intrusivas hipabisales a lo largo de fallas longitudinales y sus derivadas. Los grandes pórfidos cupríferos chilenos han sido formados de manera concentrada asociados con el stock de este período (El Abra: 33-34Ma, Chuquicamata: 28-45Ma, Escondida: 31-34Ma, El





Simplified paleogeographic sketches showing the main features of the northern Chilean margin during (a) late Paleozoic, and (b) Jurassic-Early Cretaceous. Based on Mpodozis and Ramos (1990).

Figure I-3-4 Simplified paleogeography, Jurassic-Early Cretaceous.  
(after Davidson and Mpodozis, 1991, Fig. 1)



Mesozoic and Cenozoic magmatic arcs in northern and central Chile. Note the eastward migration, the segmented nature of the different belts, and the associated epithermal and porphyry copper deposits. Radiometric ages taken from Sillitoe (1981) and Camus et al. (1986).

Figure I-3-5 Mesozoic and Cenozoic magmatic arcs in northern and central Chile, including extremely western part of Argentina. (after Davidson and Mpodozis, Fig. 2)

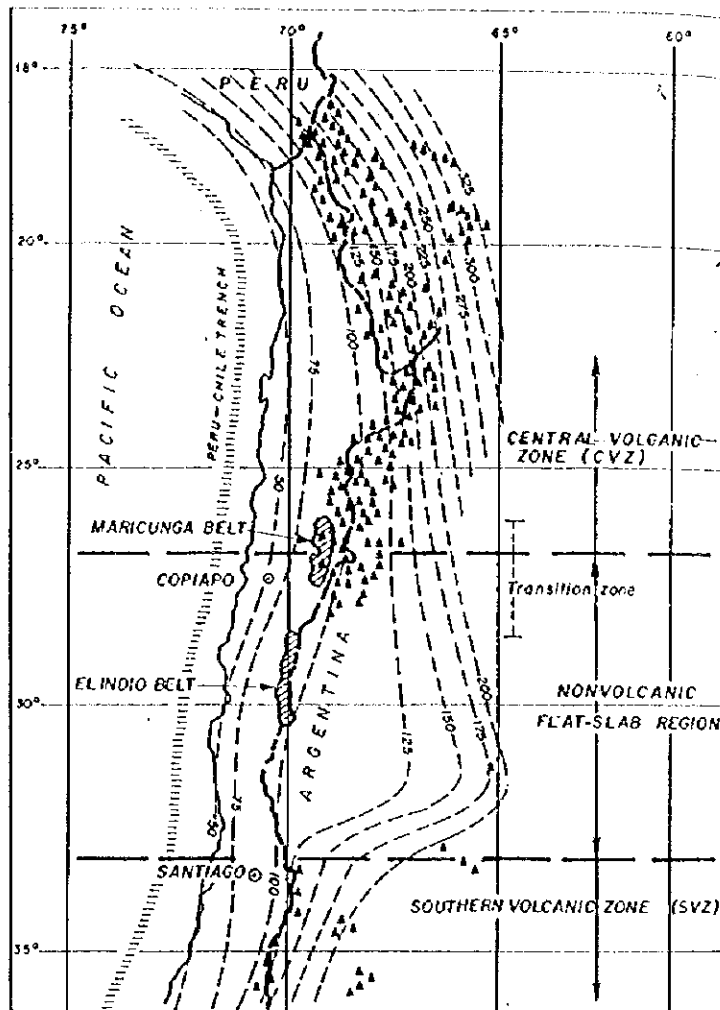
Salvador: 39-41Ma).

En el Terciario Medio a Superior la relación de convergencia de las placas se vio nuevamente acelerada ( $>110\text{mm} / \text{año}$ ) y cesó la subducción oblicua de la losa oceánica. Con esto, se formó un nuevo arco volcánico desde la frontera con Perú hasta el sur de Chile, dando lugar a la formación de los yacimientos tipo pórfido en la Faja de Maricunga al norte del Área del Estudio y en la Faja El Indio al NW de San Juan, así como de la cubierta superior argílica que corresponde a la zona de alteración avanzada (Fig. 1-3-5e). La corteza continental no era muy gruesa entonces (unos  $35\text{Km}$ ), y del análisis REE se obtuvo que las rocas ígneas se asemejan a los productos diferenciados del magma de origen de manto, indicando que la corteza continental ha sido poco contaminada.

En el Mioceno Superior, a consecuencia del gran esfuerzo de compresión asociado con la subducción tipo Chile, la corteza se fue paulatinamente acortando horizontalmente y aumentado en profundidad acompañados de sobreescurrecimientos. Alrededor de 18Ma, se inició la subducción de las losas en diferentes zonas, cerrándose considerablemente el ángulo de subducción entre las latitudes  $27^{\circ}\text{S}$  y  $33^{\circ}\text{S}$ . Ello provocó la ampliación temporal de la frontera de los volcanes hacia este en la región de losa plana. Las actividades ígneas cesaron gradualmente hasta finalizar por completo el volcanismo del Mioceno Superior en esta zona (Fig. 1-3-6). Por otro lado, a consecuencia del aumento del espesor de la corteza, las dioritas cuarcíferas, monzodioritas y granodioritas de la región de losa plana formada correspondientes a este período muestran elevados valores de alcalinidad y REE, indicando mayor contaminación de la corteza terrestre. Los pórfidos del Mioceno Superior distribuidos en Argentina se asocian con importantes yacimientos del interior y exterior del Área del Estudio, como son Bajo de la Alumbrela (Au, Cu), El Pachón (Cu, Mo), Paramillos Sur (Cu, Mo), Famatina (Au, Cu), etc., los cuales merecen realizar exploración.

Se deduce que existen múltiples áreas objeto de exploración en esta zona, puesto que al cesar el volcanismo a partir del Mioceno Superior, los yacimientos formados hasta el Mioceno han quedado libre de la cubierta por rocas volcánicas, y por la idoneidad del grado de erosión hasta la fecha (Davidson and Mpodozis, 1991). Por otro lado, al norte de  $27^{\circ}\text{S}$  (Zona Volcánica Central, Fig. 1-3-6), las zonas de mineralización hasta el Plioceno se hallan extensamente cubiertas por las rocas volcánicas recientes, y por lo tanto, el potencial de exploración es comparativamente más baja que la región de losa plana, salvo en algunos tipos de yacimientos formados en las proximidades de la superficie como es el caso de los yacimientos termales de oro. Al sur de  $33^{\circ}\text{S}$  (Zona Volcánica Meridional, Fig. 1-3-6), se deduce que no existen zonas de mineralización del Plioceno por su alta relación de erosión por el desarrollo de glaciares (Davidson and Mpodozis, 1991).

En el Plioceno Medio, de 16Ma a 10Ma, la placa continuó cerrando el ángulo de la subducción y



Map of the Andes of Chile and Argentina (22°-37° S) showing the distribution of late Cenozoic volcanic centers (triangles) with respect to the modern seismic zone and the location of the El Indio and Maricunga precious metals belts within the modern flat slab nonvolcanic region. Depth contours (in km) to the Benioff zone and volcanic centers taken from Cahill (1990), and the volcanic centers from Servicio Nacional de Geología y Minería (1982).

Figure I-3-6 Distribution of late Cenozoic volcanic centers with respect to the modern seismic zone (after Davidson and Mpodozis, 1991)

aumentándose el espesor de la corteza. Como consecuencia, aumentó el porcentaje de andesitas anfibolíticas y las dacitas en la corteza, estimándose su espesor en más de 50Km.

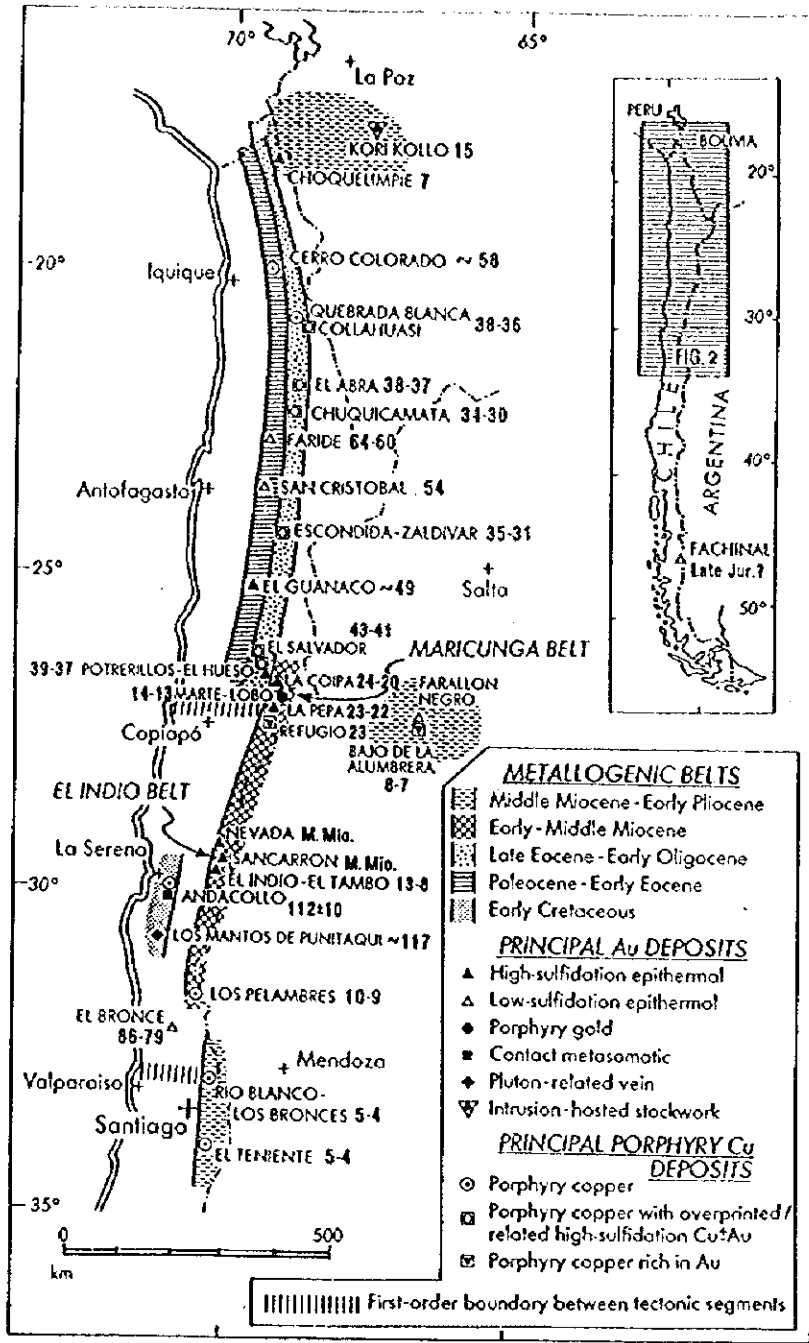
Las rocas sedimentarias continentales terciarias y posteriores se distribuyen en todo el Area del Estudio (Fig. I-3-1). La sedimentación es más reciente en el este que en el oeste (Ramos, 1994). Los esfuerzos de compresión E-W de la orogenia andina aceleraron la superposición de la geología desde el oeste por el sobreescorrimiento y el aumento de espesor de la corteza, y se inició la migración hacia este del centro de las elevaciones asociadas con sobreescorrimientos y plegamientos. Con ello, se inició la migración de la cuenca sedimentaria delantera en mismo rumbo de la elevación. Viendo la sección transversal E-W del sur del Area del Estudio, las edades de sedimentación se estiman de 20 a 10Ma en las cordilleras andinas, de 10 a 5Ma en el Valle Uspallata, y en 2Ma en las Sierras Pampeanas en las proximidades de la ciudad de Mendoza (Ramos, 1994).

### 3-2 Generalidades sobre yacimientos

Los principales tipos de yacimientos del Area del Estudio son del tipo pórfido cupríferos asociado al magma intrusivo hipabisal, así como los yacimientos epitermales de oro y vetiformes de plomo-zinc formados en el sistema hidrotermal a cierta distancia del magma. Además, existen los yacimientos tipo Mississippi Valley cuya formación tiene poca relación con el magma. Actualmente, ninguno de las minas del Area del Estudio se encuentran explotadas. Todos los yacimientos y criaderos que se describen a continuación corresponden a los proyectos bajo estudio de factibilidad, exploración o planificación, o bien son denominaciones de las antiguas bocaminas (Fig. I-3-1).

#### (1) Yacimientos de pórfido cuprífero

El pórfido cuprífero es el tipo de yacimientos de mayor importancia tanto por su dimensión como por el valor económico dentro de la región andina oriental. La mayoría de los principales yacimientos tipo pórfido del Area están asociados con los cuerpos de rocas hipabisales ácidas intruidas en el Terciario. Estos se distinguen de los yacimientos del mismo tipo en Chile por los siguientes aspectos: (1) los yacimientos argentinos son más jóvenes (Fig. I-3-7); (2) en Argentina predominan los yacimientos abundantes en oro; (3) mientras que en Chile se desarrollan frecuentemente grandes capas de enriquecimiento secundario, éstas en Argentina son relativamente pequeñas, y; (4) mientras que los yacimientos chilenos se asocian con determinados arcos volcánicos estrechos, en Argentina estos se distribuyen esporádicamente formando franjas amplias desde la



Location of gold and copper deposits referred to in this issue. Numbers in bold type after the deposit names are ages (Ma). Figure is taken from Sillitoe (1991, fig. 2), which should be referred to for data sources.

Figure I-3-7 Location of gold and copper deposits and their ages in northern Chile and northwestern Argentina. (after Sillitoe, 1991 Fig.2)

Cordillera Principal y la Cordillera Frontal hasta el Sistema de Famatina.

La distribución peculiar de los grandes yacimientos tipo pórfido en la región andina oriental se asocia con la formación de losa plana después de 18Ma. Al cerrar el ángulo de subducción de la losa, se vio acelerada la migración del frente volcánico hacia el interior (este), finalizando posteriormente en el Plioceno (por ejemplo Kay et al., 1989). Esto plantea que el magma que originó a los yacimientos en Argentina cobró dinamismo en grandes extensiones durante un lapso relativamente corto, lo que constituyó el factor determinante de la dispersión de los yacimientos. Esta distribución aparentemente dispersa de los yacimientos tipo pórfido en Argentina, regionalmente tiende a disponer los yacimientos y las zonas de alteración a lo largo de las estructuras de rumbo NW-SE o S-N (como por ejemplo, Fajas Paramillos-San Jorge, Castaño Nuevo, etc.), indicando que la localización del magma a poca profundidad se produjo selectivamente a lo largo de los lineamientos de fisura.

La mayoría de los yacimientos del Área del Estudio fue formada en el Terciario, y unos pocos se desarrollaron junto con el grupo Choiyoi del Pérmico (San Jorge, Yalguaraz y Alcaparrosa). Este grupo de yacimientos se distribuyen formando franjas angostas en rumbo S-N, dando lugar a provincias metalogénicas peculiares en Argentina, que no pueden encontrarse en Chile.

La distribución general de los yacimientos del Área del Estudio es la siguiente. Al sur de la línea tectónica NW denominada Línea Mendoza (Fig. II-4-1), trazada por el análisis de imágenes de satélite se distribuyen múltiples yacimientos de oro-cobre tipo pórfido y también se distribuyen gran volumen en las áreas que abarcan desde el

alrededor de Villa Nueva hasta su rumbo norte. También la Faja El Indio (Fig. II-4-1) al oeste del Área del Estudio, considerada como una provincia metalogénica del tipo yacimiento de oro bisulfato puede ser una provincia de yacimientos tipo pórfido de relativamente bajo grado de erosión.

Existen dos provincias de los yacimientos tipo pórfido al sur de la Línea Mendoza, al este y oeste. En el segmento este, en las proximidades de Uspallata (Mendoza) se descubrieron los primeros pórfidos cupríferos en Argentina. Entre ellos están los yacimientos Paramillo Sur (186 millones de t, Cu: 0,58%, Au: 0,06-0,42g/t) actualmente bajo proyecto de estudio por el Grupo Minero Aconcagua de la firma canadiense Northern Orion, San Jorge (146 millones de t, Cu: 0,5%, Au: 0,2g/t y Ag: 3,5g/t) bajo estudio de Pre-factibilidad también por el Grupo Minero Aconcagua, y Yalguaraz (Cu, Au). La situación de la mineralización del área de Paramillos, se ha aclarado en el estudio de Plan Cordillerano realizado en los años 60, lo cual se describirá en el siguiente capítulo. De todas maneras hasta ahora no se ha realizado ninguna exploración definitiva. Hasta hace poco, se había venido discutiendo sobre los derechos mineros de los yacimientos, pero finalmente en septiembre de 1997,

se decidió cederlos al individuo. Recientemente se ha decidido iniciar el estudio asociado entre el propietario y el Grupo Minera Aconcagua sobre Paramillos Sur, que es el yacimiento de mayor importancia, una vez resuelto el conflicto. Al sudeste de la Línea Mendoza se distribuyen los pórfidos de oro-cobre como Paramillos Norte, Leoncito, etc. donde pocos trabajos de exploración han sido desarrollados hasta la fecha.

Por otro lado, al sudoeste de la Línea Mendoza, en la zona fronteriza con Chile, se está implementado el Proyecto El Pachón (Cu, Mo) por Cambior. Corresponde al mayor yacimiento tipo pórfido en Argentina, y los resultados del estudio de pre-factibilidad fueron informados en 1996. El web site de la firma Cambior entrega las siguientes informaciones sobre el Proyecto El Pachón:

<u>Reserves</u>		
Mining Reserves 687 million tonnes (proven and probable)		
Grade	Cu: 0,63%, Mo: 0,014%	
Waste to ore ratio	0.43:1	
Cut-off grade	0,4%	
<u>Prefeasibility Study</u>		
Mining method	open unit	
Mining capacity 40,000tpd,	60,000tpd from the 8 <sup>th</sup> year	
Metallurgical test	Copper recovery	92%
	Molybdenum recovery	72%
	Copper concentrates	28%
	Molybdenum concentrates	45%
Operating plan (first 7 years )	111 million tonnes at 0,92%	
	Waste ore ratio	1,8
	Annual production	135,000 tonnes Cu \$0.57 pound Cu
Construction target: 1998, Anticipated production year: 2000		
Capital expenditure	\$500 million	
Mine life	35 years	

Al sur de la Línea Mendoza, en la zona fronteriza con Chile, existen otras áreas promisorias como Yunque, Cerro Mercedario, etc., además de El Pachón.

Como yacimientos tipo pórfido que se distribuyen en la zona norte de Villa Nueva se mencionan, entre otros, la Quebrada de Chita (Cu, Au, Mo) que constituye el proyecto conjunto de Battle Mountain Gold y BIIP; La Poposa (Cu, Au) de la firma Western Mining Argentina; San Francisco de Los Andes (conocido también como "Cerro Negro", Cu, Au) de Solitario, compañía afiliada local de la firma norteamericana Crown Resources, y; El Retamal (Au, Cu, Mo) de la firma



canadiense SONOMA Resources. Todos son proyectos que se iniciaron recientemente, cuyos resultados no han sido publicados, salvo Solitario.

## (2) Yacimientos de oro

Se deduce que la mayoría de los yacimientos o criaderos de oro del Área del Estudio son yacimientos asociados al sistema pórfido. Estos se clasifican según su evolución en: (1) yacimientos de oro bisulfato, (2) yacimientos mesotermales vetiformes de oro, y (3) yacimientos tipo Carlin. De estos, los yacimientos de oro bisulfato merecen mayor atención por su potencial de reservas, y la mayoría de los proyectos de exploración empresarial se concentran en ellos.

Los yacimientos de oro bisulfato se forman asociados con la alteración argílica avanzada de la parte superior del sistema pórfido. En el caso de la región oriental de Argentina, estos yacimientos se emplazan de manera concentrada dentro de la provincia metalogénica de oro-cobre de perfil alargado, denominada "Faja El Indio", aproximadamente entre 28°S a 31°S de la zona fronteriza con Chile. Junto con la Faja Maricunga del norte del Área del Estudio, la Faja El Indio corresponde a la provincia metalogénica formada dentro del arco volcánico del Mioceno Medio a Superior, donde se conservaron los yacimientos epitermales de los efectos de la erosión. El segmento argentino de la Faja El Indio constituye una nueva área de exploración en la que se ha concentrado la atención del sector después de la modificación de la legislación minera argentina, de la que se hablará posteriormente, tanto es así que múltiples proyectos de exploración son desarrollados por las grandes empresas mineras y sus afiliadas. Entre ellos, merece mencionar los proyectos del Río Frío (Au, Ag) y Zancarron (Au, Ag, Cu), de la firma Western Mining Argentina; La Ortiga (Au, Ag) y Bañados del Carmen (Au, Ag), de RTZ Mining and Exploration; y Jaguelito (Au, Ag) de Mina Peñoles de Argentina. Pocas informaciones han sido puestas en público sobre los proyectos de exploración de estas grandes empresas, y por lo tanto se desconocen sus detalles. Además de la Faja El Indio, existe otro criadero de oro del mismo tipo, Castaño Nuevo (Au, Ag; actualmente bajo exploración por SONOMA Resources) en las proximidades de Villa Nueva, provincia de San Juan.

Los yacimientos mesotermales de oro que se desarrollan en la cercanía de los yacimientos de pórfido cuprífero dan lugar a las vetas alargadas de menos de 1m de ancho, constituidas por cuarzo acompañados de un elevado porcentaje de pirita, y variada proporción de calcopirita. Todos estos yacimientos carecen de alteración argílica avanzada en su alrededor, y se deduce que se encuentran a mayor profundidad que los yacimientos de pórfido cuprífero. Estos yacimientos de oro se concentran alrededor del sistema pórfido del Mioceno Medio a Superior (?) al noroeste de Uspallata

(Mendoza). Tales son los casos de La Negrita (Au, Ag: Minera Cordillerana), Grupo Oro del Sur (Au, Ag: concesión individual), Pampa Fría (Au, Cu: Argentina Mining Development). Corresponden al conjunto de bocaminas antiguamente explotadas a principios de este Siglo en pequeña escala, donde solamente se explotaban los segmentos oxidados (limonita) a poca profundidad de la superficie. Se dice que se extraía manualmente el oro asociado con limonita de la zona de oxidación que se puede distinguir visualmente. La mayoría de los proyectos de exploración de este tipo de yacimientos es realizada por las compañías afiliadas, y aún no han llegado las grandes empresas a la fecha.

Los yacimientos de oro tipo diseminación (conocidos también como yacimientos de oro tipo Carlin) emplazados en los sedimentos calcáreos, han centrado la atención del sector por su potencial de reservas a partir de los años '80. La Facultad de Geología de la Universidad de San Juan realizó un estudio preliminar en los cuerpos de calizas ordovícicas (Estrato San Juan) de la Pre-Cordillera, llegando a obtener el grado de mena de Au: 0.4 - 5.2g/t en cuatro sitios estudiados (Moguilner, et al., 1985). Paralelamente a los estudios meramente científicos, la firma Anglo American llevó a cabo un proyecto de exploración regional de la Formación a mediados de la década de '80. En el caso del yacimiento Hualilán (Au, Ag) emplazado en la Formación San Juan al sudeste de Iglesia, se ha formado el cuerpo mineralizado laminar concordante en el contacto de litofacie de calizas roof pendant con los intrusivos andesíticos porfídicos del Terciario, y se deduce que a su alrededor se desarrolla la mineralización de oro tipo diseminación. La firma Anglo American inició la prospección geofísica y el sondaje en este sitio en 1988, pero al final se retiró. Paralelamente, ejecutó un estudio del pequeño yacimiento tipo skarn en el Estrato San Juan, al sudoeste de Guandacol (La Rioja). Estos grandes y pequeños bloques de calizas yacen sobre los granitos terciarios, y hacia el lado de las calizas se forman los yacimientos de hierro-cobre tipo skarn como Salamanca-Abundancia (Cu, Au). Al igual que Hualilán, tras haber realizado varios sondajes, la firma se retiró del Estrato San Juan de la región andina oriental en 1989, pasándose a Santa Cruz de Patagonia. Se desconocen los detalles de los estudios realizados por Anglo American. Actualmente, las firmas canadienses están desarrollando los estudios pertinentes para identificar los yacimientos de oro tipo diseminación en Hualilán (por Plata Mining) y en Salamanta (por Minas Argentina).

### (3) Depósitos de plomo y zinc

No pocos yacimientos de plomo-zinc se distribuyen en la región andina oriental. En el área estudiada se identificaron los yacimientos vetiformes epitermales y los yacimientos tipo Mississippi Valley.

Entre los primeros están, desde norte a sur: Las Carachas (Pb, Zn, Ag) a lo largo del Río Blanco (San Juan); El Fierro Alto y Bajo y El Salado (Pb, Zn, Ag, Cu, Ba) al norte de Iglesia (San Juan); María Marta Circe (Pb, Zn, Ag) y Castaño Viejo (Pb, Zn, Ag) en las proximidades de Villa Nueva, y Paramillos de Uspallata (Ag, Pb, Zn) al norte de Uspallata (Mendoza). El yacimiento más importante, Paramillos de Uspallata fue explotado hasta 1980, obteniéndose 400.000 t. de minerales crudos (Ag: 250g/t, Pb: 2% y Zn: 3%) de unas 30 vetas de 30cm a 2m de ancho. Las reservas remanentes se estiman en 1,2 millones de t. (según la información proporcionada por el Ing. Lavandaio de SEGEMAR). Las vetas están constituidas además de argentita-galena-blenda, por tetraedrita, siderita, rodocrosita y cuarzo, cuya mayoría se emplaza en la roca encajadora frágil y susceptible a la deformación (donde se desarrollan fácilmente las fisuras). De la distribución de los yacimientos y de la combinación de minerales de las vetas, se deduce que muchos de estos yacimientos vetiformes de plomo, plata y zinc se formaron en un medio epitermal alrededor del sistema porfídico. Estos tipos de yacimientos del Area del Estudio han sido sometidos a explotación a pequeña escala en el pasado, aunque nunca ha sido objeto de exploración empresarial. Además de los anteriormente mencionados, existe otro yacimiento vetiforme Santa Elena en la provincia de San Juan. Al ser un yacimiento vetiforme emplazado en el manto de ofiolitas ordovícicas, se deduce que es del tipo Chipres formado en el fondo marino, aunque sobre su formación aún queda mucho que discutir (Secretaría Nacional de Minería, 1994). Este se localiza en las proximidades del yacimiento tipo pórfido, Alcaparrosa, y podría considerarse como facies de marginal del sistema porfídico. Sus características merecen un estudio más detallado en el futuro próximo.

El Yacimiento Helvecia al extremo sur de La Rioja es el único yacimiento tipo Mississippi Valley en el Area del Estudio. Este fue sometido a explotación en el lapso entre 1945 y 82 por una empresa local, obteniéndose unas 15.000 t. de menas de plomo-zinc (Pb: 35%, Zn: 32%) y baritina. El yacimiento fue formado sobre el substrato de brechas desarrollado por debajo de la Formación San Juan del Ordovícico, y está constituido por blenda-galena-baritina gruesa. Se deduce que fue un yacimiento formado a temperaturas sumamente bajas puesto que no se identifica ningún tipo de alteración periférica (skarnización, silicificación o diseminación de pirita) en las calizas cristalinas directamente asociadas con el yacimiento. Por lo tanto, muy probablemente han contribuido las aguas interformacionales de origen marino o determinados tipos de bacteria en su formación. La corporación minera de la provincia de La Rioja, YAMIRI-SEM, en un proyecto conjunto con la firma canadiense Plata Minerals inició la exploración del yacimiento Helvecia en 1996. En otoño de 1997 cuando el equipo japonés visitó el lugar, parecía haberse finalizado la primera etapa de la exploración. Los resultados de dicho estudio se desconocen.

### 3-3 Descripción general de los estudios realizados

#### (1) Proyecto de Desarrollo de Recursos Mineros

El primer estudio sistemático realizado en la región andina oriental fue el estudio básico regional "Plan Cordillerano" implementado en septiembre de 1963, en la modalidad del proyecto conjunto entre el Gobierno Argentino y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), cuyo objetivo era identificar el potencial de reservas de la mineralización de pórfido cuprífero en los Andes. El estudio cubrió una superficie de 140.000 km<sup>2</sup> abarcando entre las latitudes 31°41'S y 40°S, sobrepasando nuestra área de estudio. Para los efectos, la Dirección General Fabricaciones Militares (FM) asentó la base del Proyecto en Mendoza y contó con la colaboración de 7 a 8 especialistas incluyendo el coordinador del proyecto, geólogos y expertos en prospección geofísica enviados de las Naciones Unidas. El estudio comprendió el análisis de fotografías aéreas, prospección geoquímica, levantamiento geológico, exploración eléctrica y perforación en las provincias de San Juan, Mendoza y Neuquén, finalizando su primera etapa en diciembre de 1966. Se tomaron unas 21.000 muestras de sedimentos de quebradas (elementos analizados: Cu, Pb, Zn y Mo), y se realizó la perforación de 13.857 pies para la toma de testigos. Sobre la base de los resultados del análisis, se identificó un total de 55 áreas promisorias en todo el Area del Estudio que abarcan un 10% del área inicialmente propuesta para estudiar (Fig. I-3-8). Uno de los resultados más importantes de este estudio fue el hallazgo de una mineralización del tipo pórfido cuprífero hasta entonces desconocida en el país. Inmediatamente después de finalizar la primera etapa del estudio, se inició la segunda etapa denominada "Plan Perforaciones" que consistió principalmente en las perforaciones sin detenerse en la simple identificación de las áreas promisorias. Esta etapa duró hasta junio de 1968. Como resultado, se identificaron 33 criaderos de alto potencial económico; en siete de ellos se comprobó la mineralización tipo pórfido, y se realizó la evaluación de cada uno de ellos clasificándolos en tres categorías según su potencial (Fig. I-3-8). Este ha sido el primer estudio integral que contribuyó a reunir informaciones sobre los recursos mineros de nuestra área de estudio, hasta entonces desconocida. Entre las áreas promisorias identificadas en la región oriental de Argentina se mencionan Yalguaraz, Paramillos Norte, Paramillos Sur, Río de las Vacas, Leoncito y el Cerro Mercedario (categoría A, de mayor potencial de desarrollo). La primera y la segunda etapa del estudio realizado por el Gobierno Argentino y PNUD se conoce con el nombre del "Plan Cordillerano".

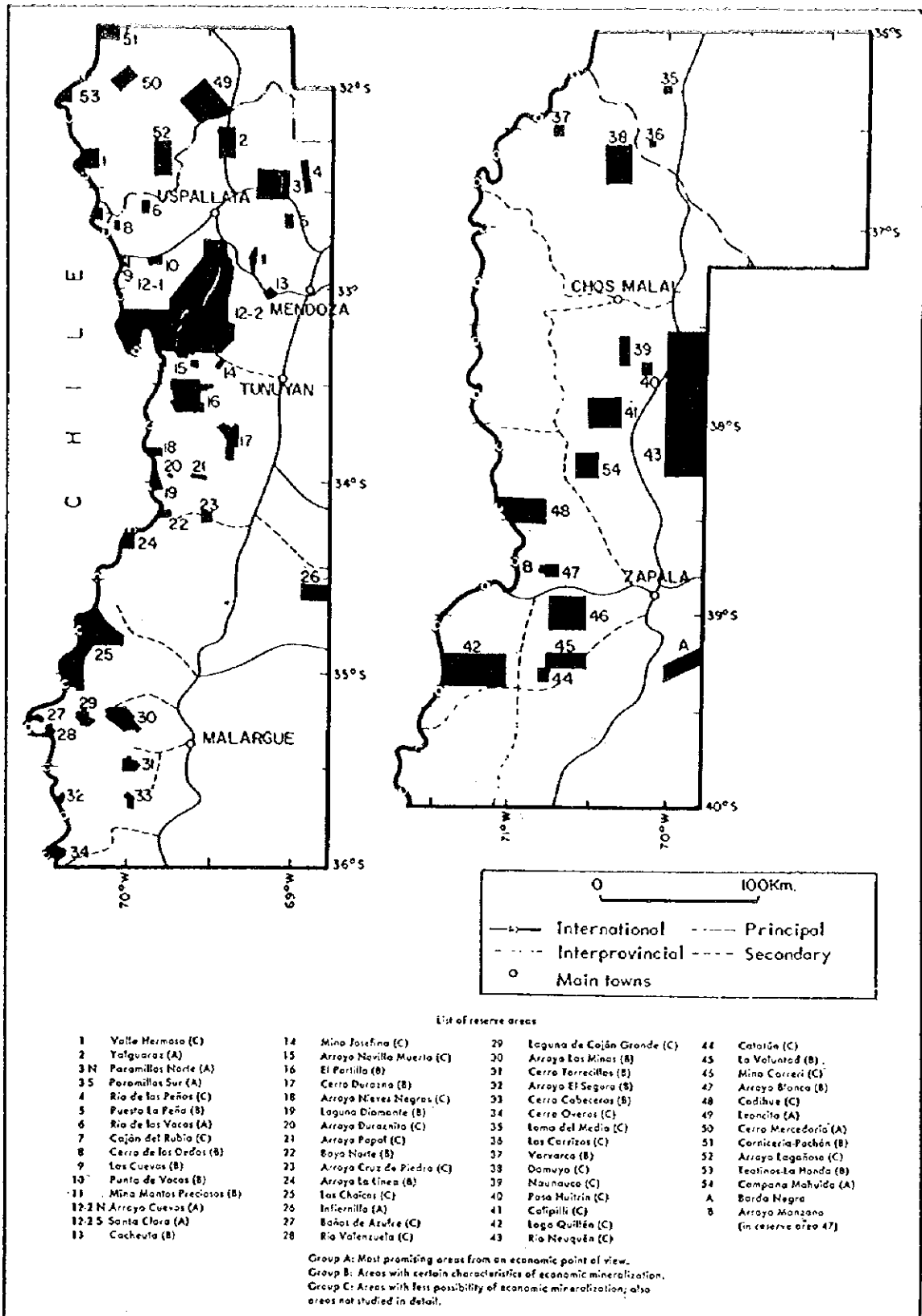


Figure I -3-8 Location of the reserved areas by the UNDP surveys. (after UN, 1970)

Paralelamente con estos estudios de desarrollo de los recursos mineros, la Subsecretaría de Minería (SM) implementó el Plan Cordillerano Norte en la provincia de La Rioja desde abril de 1966 a septiembre de 1970, en el que se prepararon las imágenes en mosaico de 123 fotografías aéreas de escala 1:50.000, y se llevó a cabo el levantamiento en terreno para confeccionar el mapa geológico de escala 1:250.000 que cubría la totalidad de la provincia de La Rioja. También fueron tomadas más de 10,000 muestras de sedimentos de quebradas en este estudio.

Ningún estudio básico regional enfocado a la región andina, después del Plan Cordillerano y el Plan Cordillerano Norte fue ejecutado hasta hace poco. El Gobierno Argentino retomó la tarea de desarrollar los recursos mineros en la década de los '90, invirtiendo grandes esfuerzos en la reactivación de la inversión extranjera. A manera de responder a esta invitación, las empresas norteamericanas y australianas iniciaron los estudios de cooperación aplicando nueva metodología que incluye el análisis de imágenes satelitales y prospección geofísica aérea como parte del estudio básico enfocado a la región andina.

## (2) Estudio de cooperación norteamericana

El estudio de cooperación entre los gobiernos de Argentina y de EE.UU. fue implementado durante un año desde agosto de 1992 hasta agosto de 1993. Dicho estudio fue orientado entre las latitudes 27°S y 31°S, al norte del Area del Estudio del Plan Cordillerano, abarcando las tres provincias de la región andina, Catamarca, La Rioja y San Juan, con el fin de identificar principalmente el potencial de los yacimientos de oro, lo que distingue este proyecto del Plan Cordillerano. Los trabajos fueron realizados por Norwest Mine Services, Inc. Contratada por la Trade and Development Agency (TDA) de EE.UU. Para la identificación de las áreas promisorias, Norwest realizó el análisis de las imágenes LANDSAT para cinco escenas a fin de conocer la distribución de las estructuras geológicas y de las zonas de alteración, y subsiguientemente procedió al levantamiento en terreno en un total de 21 zonas (13 zonas de alteración identificadas en las imágenes, más ocho zonas identificadas en la fase de levantamiento). En este proceso, se tomaron 51 muestras de rocas. El estudio puso en manifiesto que el sistema porfídico argentino alberga mayor potencial de desarrollo de los yacimientos de oro que de cobre, y que la distribución de los yacimientos se halla fuertemente controlada por las estructuras locales, siendo los cruces de los lineamientos un factor muy importante para la exploración. Concretamente fueron identificados como áreas promisorias el Castaño Nuevo, al noroeste de Villa Nuevo (San Juan) y Veladero-Guanaco (San Juan) en la zona fronteriza con Chile.

### (3) Exploración geofísica aérea

La prospección magnética aérea es una nueva tecnología implementada en la región andina oriental, cuyos resultados no son todavía factibles para su uso. Actualmente se está desarrollando o proyectando una serie de estudios con la aplicación de esta tecnología, como son el PASMA (del que se hablará en el siguiente capítulo) un proyecto del Gobierno Argentino con financiación del Banco Mundial, el estudio de cooperación de la Organización de Investigación Geológica de Australia y el estudio de CODELCO - Chile (Fig. I-3-9).

#### 3-4 Situación actual del sector minero argentino

Los países latinoamericanos se han propuesto abrir el mercado nacional a la inversión extranjera en los últimos años. Esta ola del cambio de estrategias nacionales ha llegado también a Argentina, y el gobierno nacional abordó a la tarea de revisar la Legislación Minera en 1993 y 1995 a fin de promover la participación del capital extranjero. La nueva legislación reconoce el 100% de concesión del derecho de explotación a las inversiones extranjeras ( es necesario tener un representante local ), establece el límite superior de la regalía en 3% en todas las provincias, y trata de dismantelar las barreras para facilitar la entrada de las firmas extranjeras. Como consecuencia de este cambio, se concentró el interés del sector minero metálico mundial en el potencial de reservas de Argentina. A esto se suma la poca disponibilidad de las informaciones acumuladas sobre la geología de Argentina, en especial de la zona fronteriza con Chile, tanto es así que Argentina se convirtió en el foco de interés de las empresas canadienses, norteamericanas y australianas, quienes se han apresurado a implementar los proyectos de exploración y desarrollo en esta "última frontera". Paralelamente con la revisión de la legislación minera, se está impulsando el acondicionamiento del mercado para impulsar el desarrollo minero.

En el pasado mes de enero, los presidentes de Argentina y Chile firmaron el Acuerdo de Frontera para promover la explotación de los recursos mineros metálicos de la zona fronteriza entre ambos países. El Acuerdo de Frontera con Chile se concluyó en diciembre de 1997.(anexo 3) Actualmente se está esperando la ratificación en el congreso de ambos países. Después de ésto entrar en vigor, se podrán transportar los productos de origen argentino hacia el lado de Océano Pacífico, beneficiaría bastante para el costo de transportación de los minerales. Asimismo para la logística de la exploración y desarrollo, se facilita la utilización de la infraestructura del lado chileno, y se pueden

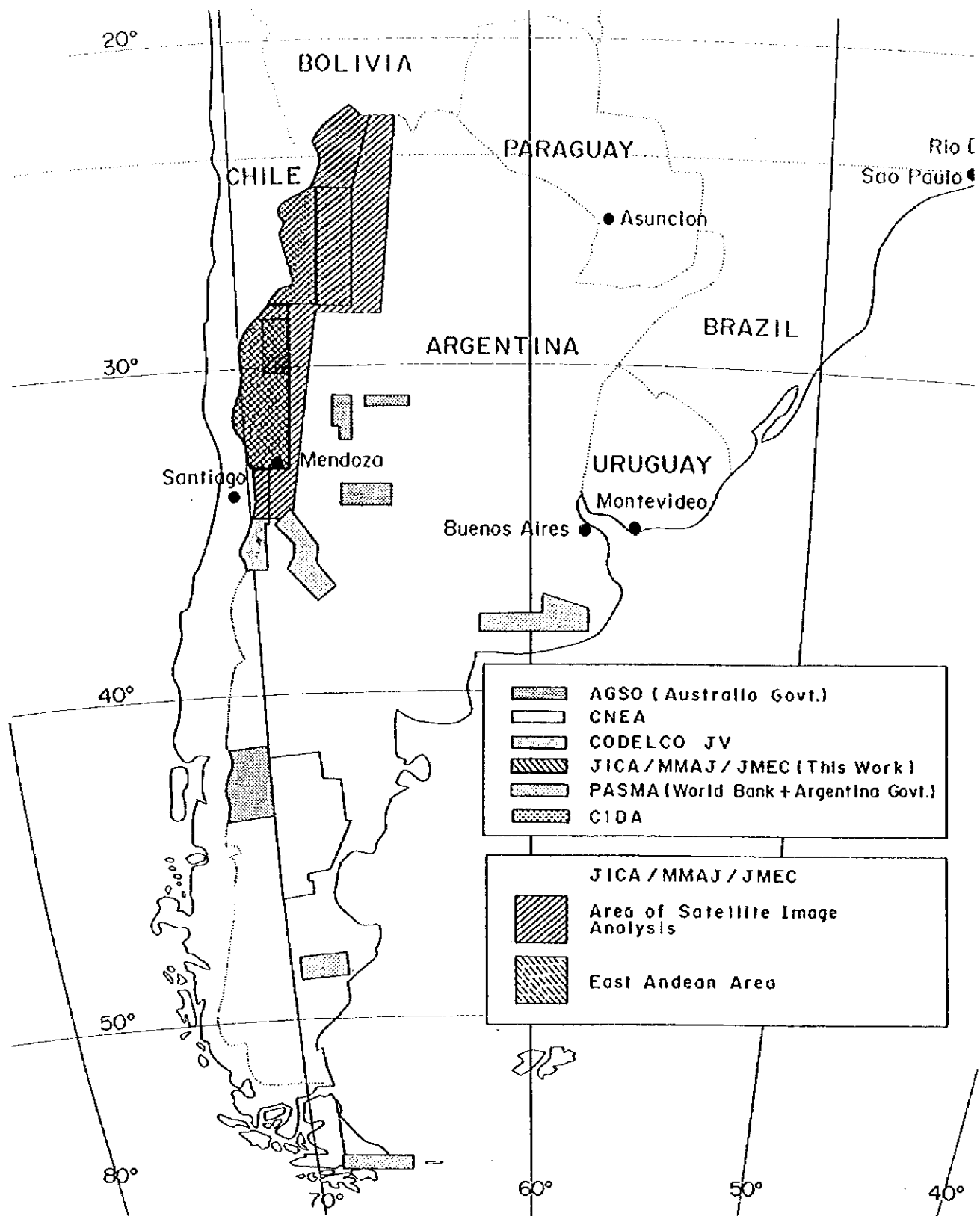


Figure I -3-9 Survey area of recent cooperation program operated in Argentina.



esperar aún más las inversiones mineras.

Asimismo, ya se han diseñado grandes proyectos de exploración que serán puestos en marcha con posterioridad a la firma de dicho Acuerdo. Entre ellos está el desarrollo de la Mina Nevada chilena en las proximidades de la frontera con Argentina; en este caso las zonas de alteración se distribuyen en mayor proporción en Argentina que en Chile, pero su localización hace que sea más accesible desde Chile. Después de la firma del Acuerdo de Frontera, la firma Barrick Gold, propuesta a operar la Mina Nevada, pondrá en marcha un gran proyecto de exploración. En cuanto al yacimiento de El Pachón.

El Proyecto PASMA es otro de los esfuerzos del gobierno federal para promover la inversión extranjera. Se trata de un proyecto financiado por el Banco Mundial, cuyo costo asciende a US\$ 40 millón, y será financiado por el Gobierno Argentino en proporciones de 75:25. Este proyecto constituye un paquete de estrategias integrales que contempla no sólo revisar el marco legal argentino, sino principalmente fortalecer las instituciones tanto estatales como provinciales responsables de los asuntos geológicos y mineros, y actualizar el sistema de control de informaciones básicas sobre los derechos mineros y datos geológicos. Para los efectos, se ha propuesto crear una base de datos ingresando diferentes tipos de informaciones (actualmente almacenadas por cada provincia) bajo un formato predeterminado, a manera de compartirlas entre las instituciones mineras nacionales y provinciales mediante una red de comunicación por computadoras. Este nuevo sistema permitirá no sólo establecer una estrecha coordinación entre las instituciones provinciales que controlan los derechos mineros y las instituciones nacionales que se hacen cargo de los mapas básicos geológicos, sino también facilitará a las empresas extranjeras a recopilar rápidamente las informaciones sobre las concesiones mineras a través de un control y operación transparentes. A la fecha de hoy, se ha llegado a determinar los programas (software) a utilizarse y el formato de base de datos, quedando por concretar los parámetros a ingresar en el siguiente proceso. El Proyecto PASMA se encuentra en su segunda fase, abarcando seis provincias incluyendo La Rioja, San Juan y Mendoza.

Como consecuencia de la reforma integral del panorama que entorna las inversiones, el sector minero argentino se vio fuertemente impulsado, lo cual se refleja en el número de empresas extranjeras presentes en el mercado nacional. Frente a cuatro firmas que operaban en 1988, a la fecha de abril de 1996 existen más de 60 firmas que impulsan los proyectos de exploración y/o explotación, a las que se suman otras 50 que muestran el interés en invertir en el mercado argentino.

En cuanto al cambio del panorama que entorna las inversiones en Argentina hoy en día y los detalles del Proyecto PASMA, se presentan detalladamente en el Informe del Estudio de Selección del

Proyecto de Cooperación y Desarrollo de Recursos, Año Fiscal 1996 • República de Argentina  
(versión japonesa) elaborado por JICA/MMAJ/JMEC.

## Capítulo 4 Análisis integral de los resultados del estudio

### 4-1 Análisis de las informaciones disponibles

Para la recopilación de las informaciones disponibles se contó con la colaboración de Servicio Geológico Minero Argentina (SEGEMAR), y de sus delegaciones en las provincias La Rioja, San Juan y Mendoza. Además, se recogieron las tesis científicas de las revistas internacionales e informes de distintas conferencias académicas. En el Table II-1-1 se entrega un listado de las informaciones consultadas. Para su recopilación, además se utilizó la Internet para acceder a diferentes web sites, y se entrevistaron a los científicos de SM, a modo de complementar las informaciones faltantes. Los datos sobre las provincias metalogénicas fueron reunidos mediante visitas a las oficinas de control de cada provincia.

Estas informaciones y datos fueron procesados en una base de datos de yacimientos, especificando los yacimientos, criaderos, zonas de alteración y áreas exploradas de un total de 135 áreas. En el Apéndice I se entrega un resumen de los datos procesados. Asimismo en la Fig. II-1-1 y en el Table II-2-1 se presentan el mapa de ubicación y el listado de estas áreas, respectivamente.

Paralelamente, se identificaron los siguientes criterios de selección de las áreas promisorias en la Cordillera Oriental Andina, sobre la base de las literaturas existentes sobre la Faja El Indio, Castaño Nuevo, Paramillos Sur, San Jorge, El Pachón y otras áreas que disponen de mayor cantidad de informaciones publicadas, así como las bibliografías sobre los modelos de exploración de yacimientos ordinarios del tipo porfídico. A nivel regional, los criterios de evaluación de los criaderos y de las zonas de alteración : (1) intrusivos terciarios, (2) intrusivos pérmicos a triásicos, (3) conjunto ordovícico, (4) estructuras anulares, (5) cruces y entrecruces de las fractura y (6) anomalías magnéticas elevadas. Mientras tanto, a nivel de proyectos los criterios seleccionados fueron: (1) zonas de lixiviación de jarosita, (2) anomalías geoquímicas de molibdeno en las zonas de lixiviación y (3) densidad de pequeñas grietas.

### 4-2 Análisis de las imágenes de satélite

El análisis de las imágenes de satélite consistió en analizar las imágenes de LANDSAT5TM de las 23 escenas que cubren desde la frontera con Bolivia hasta Mendoza, utilizando las imágenes de falso color de BGR145 (escala 1:25.000), así como las imágenes "rationed" por rango de color de BGR 3/1, 4/5 y 5/7. Como resultado de este trabajo, se identificaron múltiples lineamientos pequeños y

medianos, además de gran lineamiento (Río Guandacol) en la Cordillera Oriental Andina. El estudio no incluyó el procesamiento estadístico de sus rumbos, pero en término general, los rumbos predominantes son N-S, NW-SE y NE-SW, en este orden. Fueron identificadas 96 zonas de alteración hidrotermal en esta región, las cuales sugieren la presencia de los yacimientos de pórfido cuprífero y de oro-plata tipo hidrotermal. Considerando la distribución de los yacimientos tipo porfídico se definió la Línea Mendoza, y deduciendo que al sur de la misma se presentan mayor número de criaderos existentes. Estas informaciones fueron descritas detalladamente en el informe adjunto sobre el análisis de las imágenes de satélite.

El estudio incluyó una evaluación detallada de las 96 zonas de alteración de esta región, identificadas en el informe mencionado, complementando con los resultados del levantamiento en terreno. Los ítems de evaluación fueron: la presencia de intrusivos (2 puntos), presencia de alteración hidrotermal (2 puntos), potencial de las estructuras como los cruces de lineamientos, estructuras anulares, etc. (2 puntos), realizando una calificación sobre 6 puntos. Las 46 zonas de alteración que obtuvieron un puntaje relativamente alto (de más de 3), se distribuyen en las siguientes áreas: (1) Cordón de la Brea, (2) Valle del Cura, (3) Guachi, (4) Río Castaño Viejo, (5) El Pachón y (6) Paramillos. De estas, en la parte central del área del Río Castaño Viejo se distribuyen las zonas que obtuvieron mayor calificación (5).

#### 4-3 Levantamiento en terreno

Se llevó a cabo el levantamiento en terreno en los criaderos y zonas de alteración representativos, así como en las zonas de alteración promisorias identificadas en las imágenes de satélite. Frente a la limitación en el acceso a la parte occidental del Área del Estudio, debido a la cobertura de nieve, se realizó el estudio preferentemente en la Pre-Cordillera de la parte central al este. Las áreas estudiadas fueron en total 29. De los resultados de observación de afloramientos y análisis en laboratorio, se identificaron en total 11 criaderos promisorios que merecen ser explorados. Estos son: San Francisco de los Andes y sus alrededores (distrito de Tocota), Chita, Guachi, del Río Gualcamayo a La Abundancia, Pampa Fría, La Negrita, de San Benicio a Cortaderas, San Jorge, Paramillos Norte, Paramillos Sur y el Grupo Oro del Sur (en orden de ejecución del levantamiento). Asimismo, a fin de descubrir nuevos criaderos, se realizó el estudio también en Cerro Negro, Granite y Alteración El Fierro, que disponen de escasa información. Sin embargo, no pudo verificarse mineralización en ninguna de estas áreas.

#### 4-4 Características de las estructuras y mineralización, y su control

En la Figura II-4-1 se entrega el mapa de análisis integral del Area del Estudio.

Existe una determinada diferencia en los segmentos oeste y este del Area del Estudio en términos de distribución de los criaderos existentes. En el caso del segmento oeste, es decir, en las Cordilleras Frontal y Principal, múltiples zonas de alteración y criaderos se distribuyen en forma continua a lo largo de la frontera con Chile. Entre las latitudes 30°-31°S existe una zona que carece de alteración; podría considerar que, en este tramo, la mineralización se desplaza ligeramente hacia el lado este, continuando hacia el área del Río Castaño Viejo. En el segmento este, es decir en la Pre-Cordillera, las zonas de alteración y criaderos son discontinuos y se distribuyen esporádicamente. Existen también zonas de mineralización alargadas en rumbo S-N como en las áreas de Paramillos, San Jorge -Yalguaraz -Alcaparrosa, pero su longitud en rumbo S-N es de 20km y 110km, respectivamente. Se considera que estas zonas corresponden a segmentos mineralizados más pequeños en comparación con Cordillera Frontal y Principal. De este modo, las zonas de mineralización de ambas fajas presentan un rumbo regional de N-S.

Davidson y Mpodozis (1990) indican que en las Fajas El Indio y Maricunga, los yacimientos del tipo porfídico abundante en oro tienden a emplazarse en las áreas constituidas por basamento ácido del Pérmico a Triásico (Grupo Choiyoi) con intrusivos terciarios. Todos los yacimientos y criaderos relativamente grandes de la Cordillera Oriental Andina (El Pachón, San Jorge y Paramillos Sur) se distribuyen en basamentos del Grupo Choiyoi, demostrando la posibilidad de aplicar la hipótesis de Davidson y Mpodozis en este Estudio. Probablemente, las áreas donde superponen las actividades ígneas ácidas corresponden a las fracturas profundas donde se enfoca la ascensión del magma; muchas de las fracturas se desarrollaron en rumbo S-N (ejemplo: zona de mineralización de Pre-Cordillera). En el proceso de ascensión y localización del magma-diapir se produjo una reacción con la roca encajadora granítica, y como consecuencia del intercambio de elementos, el magma o parte del agua termal segregado fue enriquecido en metales.

#### 4-5 Potencial de reservas de los yacimientos

Al considerar todos los resultados del estudio y análisis realizado en el primer año, se consideran que los siguientes medios geológicos regionales ofrecen mayor potencial de yacimientos de pórfido cuprífero:

Geología:	Basamento de rocas ígneas ácidas intruidas por las rocas hipabisales ácidas del Terciario. Cuerpos de intrusivos pérmicos a triásicos Conjunto ordovícico con intrusivos terciarios (En este orden)
Estructuras:	Estructuras anulares y cruces de fracturas
Alteración:	Alteración relativamente pequeña y esporádica en las imágenes de satélite. La alteración puede ser intensa o poco intensa. Los yacimientos de oro-plata se asocian con las zonas de alteración intensa.
Exploración geofísica:	Anomalías magnéticas elevadas. Frecuentemente, el potencial es alto en las chimeneas de brechas.
Disposición:	Probablemente, la distribución sea de N-S. Los intrusivos pueden estar latentes por debajo de la zona de alteración S-N de los afloramientos de intrusivos