

LA...
LA...
LA...
LA...

MARKED COPY

JICA LIBRARY



J1150212(7)

LA...
LA...

CD-ROM 付

100
11
100

**INFORME
DE
LA EXPLORACION DE MINERAL
EN
LA REGION CORDILLERA ORIENTAL ANDINA,
LA REPUBLICA ARGENTINA**

(INFORME FINAL)

MARZO 1999

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



1150212 (7)

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 Andina en las provincias de La Rioja, San Juan y Mendoza en las proximidades de la frontera con Chile, y encargó la ejecución de 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 (MMAJ), un organismo especializado en estudios geológicos y de recursos minerales.

Dicho organismo envió para el primer año del estudio (ejercicio 1997) una misión de estudio integrada por cuatro especialistas, quienes realizaron el reconocimiento de campo en dos oportunidades: del 6 de octubre al 13 de diciembre de 1997, y del 2 al 20 de marzo de 1998. Para el segundo año del estudio (ejercicio 1998), se volvió a enviar otra misión integrada también por cuatro miembros, desde el 5 de octubre hasta el 11 de diciembre de 1998. Las dos misiones pudieron cumplir completamente el cronograma de estudio 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 las dos etapas del estudio, y forma parte integral del Informe Final.

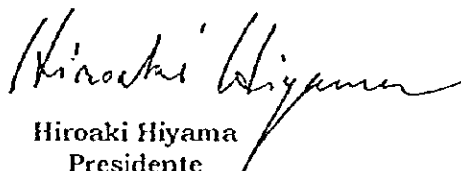
Deseamos expresar nuestro profundo agradecimiento a las autoridades pertinentes del Gobierno de la República Argentina, así como a los funcionarios de los ministerios de Relaciones Exteriores, Comercio Exterior e Industria y de la Embajada del Japón en Argentina, y a todos quienes tuvieron la gentileza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

Marzo de 1999



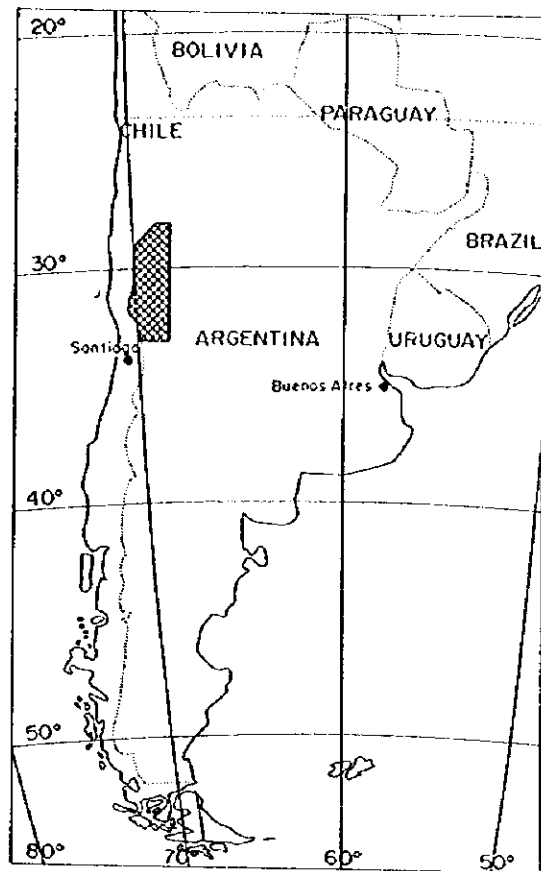
Kimio Fujita
Presidente

Agencia de Cooperación Internacional del Japón



Hiroaki Hiyama
Presidente

Agencia de Minería Metálica del Japón



Frontispiece. Location of Eastern Andean area

RESUMEN

El segundo año del estudio de la Cordillera Oriental Andina incluyó la identificación de los minerales de alteración utilizando los datos de JERS-1 OPS y el reconocimiento de campo.

La descripción de los minerales de alteración se basó sobre el análisis de las nueve escenas de las imágenes de JERS-1 OPS tomadas en las Cordilleras Principal y Frontal, en el oeste del Área del Estudio. El análisis se realizó para cuatro minerales que son alunita, caolinita, sericita y goetita. Los resultados fueron representados en las imágenes de escala 1:150.000. Al comparar las informaciones recogidas en el reconocimiento de campo con los resultados del análisis, se detectaron los siguientes hechos: (1) en el mapa de análisis de JERS-1 OPS frecuentemente se confunden alunita con caolinita, aunque cuando éstas son englobadas como minerales de alteración ácida, los resultados del análisis son lo suficientemente precisos; (2) las zonas de alteración hidrotermal identificadas relacionadas con sericitización según las imágenes de LANDSAT TM (primer año del estudio) coinciden en la mayoría de los casos con la geología superficial real, y; (3) los resultados del análisis pueden ser falsos en otras áreas que no sean zonas de alteración hidrotermal, especialmente en los cuerpos de agua, lo que plantea la necesidad de verificar su validez comparando con las imágenes de "ratio" o de falso color. Para el análisis se tomó en cuenta estos factores, y se utilizó la tecnología para la deducción de los minerales de alteración en los criaderos conocidos y para descubrir nuevos criaderos basándose sobre la distribución de las zonas de sericitización.

Los sitios de reconocimiento de campo fueron seleccionados tomando en cuenta los indicios de las áreas promisorias a los siguientes elementos geológicos regionales identificados en el análisis del primer año: (1) cuerpos intrusivos terciarios, (2) margen oriental de la zona de distribución de las rocas plutónicas ácidas del Pérmico a Triásico, y (3) las calizas ordovícicas (Formación San Juan). Además, se tomó en cuenta los criaderos promisorios según la literatura existente, las zonas de alteración identificadas en los datos de JERS-1 OPS y las recomendaciones del organismo de contraparte (SEGEMAR). De esta manera, se escogió un total de 40 sitios de las siguientes seis áreas: (1) Área de Castaño, (2) Tocota - Colanguil, (3) Criadero La Criollita, (Pre-Cordillera, La Rioja), (4) Cordón de la Brea, (5) Macho Muerto, y (6) Valle del Cura. El reconocimiento de campo fue realizado prioritariamente en los distritos de Castaño, Macho Muerto y el Cordón de la Brea donde se disponen de informaciones relativamente escasas, procurando recoger los datos geológicos detallados. En cuanto al distrito de Tocota-Colanguil se estudió la zona de sericitización calificada como área promisorias según los datos de JERS-1 OPS, pero no se llegó a descubrir nuevos criaderos.

La mayoría de los yacimientos ubicados en la zona fronteriza con Chile donde predominan las rocas ígneas terciarias (Macho Muerto y Valle del Cura) corresponden a las zonas de alteración de alta sulfidación y epitermales, asociados a los criaderos de oro, según el reconocimiento de campo. En estas zonas de alteración, las venillas de cuarzo de las zonas de alteración neutra formada en el borde de la alteración ácida merecen ser exploradas por presentar una ley de oro relativamente alta. Estas áreas corresponden al Mioceno inferior a medio (Los Mogotes y Filo Amarillo) al igual que la Faja de Maricunga, o al Cretácico Superior (El Potro).

En el borde este del área de afloramiento de las rocas ígneas del Pérmico a Triásico se forman múltiples yacimientos y criaderos como Castaño, Tocota-Colanguil y Cordón de la Brea. Estos incluyen los yacimientos tipo pórfido, yacimientos vetiformes polimetálicos, yacimientos vetiformes de oro, yacimientos de oro o cobre asociados a la roca de caja turmalinizada y cuarificada. De estos, los yacimientos tipo pórfido con intrusivos relativamente jóvenes, llaman especial atención desde el punto de vista de la exploración. Particularmente, los intrusivos que están dentro del batolito de Colanguil merecen ser explorados, con expectativa de encontrar nuevos criaderos. Por otro lado, del grupo de las zonas de alteración del distrito de Castaño, calificado como el área promisorias según el análisis de las imágenes de satélite del primer año, llama la atención

la zona de alteración Manrique, como posible yacimiento epitermal de oro.

El reconocimiento fue realizado también en el Ordovícico de la Pre-Cordillera (La Criollita) aunque no se llegó a descubrir nuevos criaderos promisorios. Del análisis de las imágenes de satélite no se identifican las zonas de alteración salvo Guachi, y por consiguiente el potencial de este distrito debe ser menor que otras zonas geológicas.

Al integrar los resultados del primer y segundo año, se identificaron las siguientes nueve áreas promisorias de la Cordillera Oriental Andina donde existen elevado potencial de exploración y se identifican los posibles criaderos de cobre u oro:

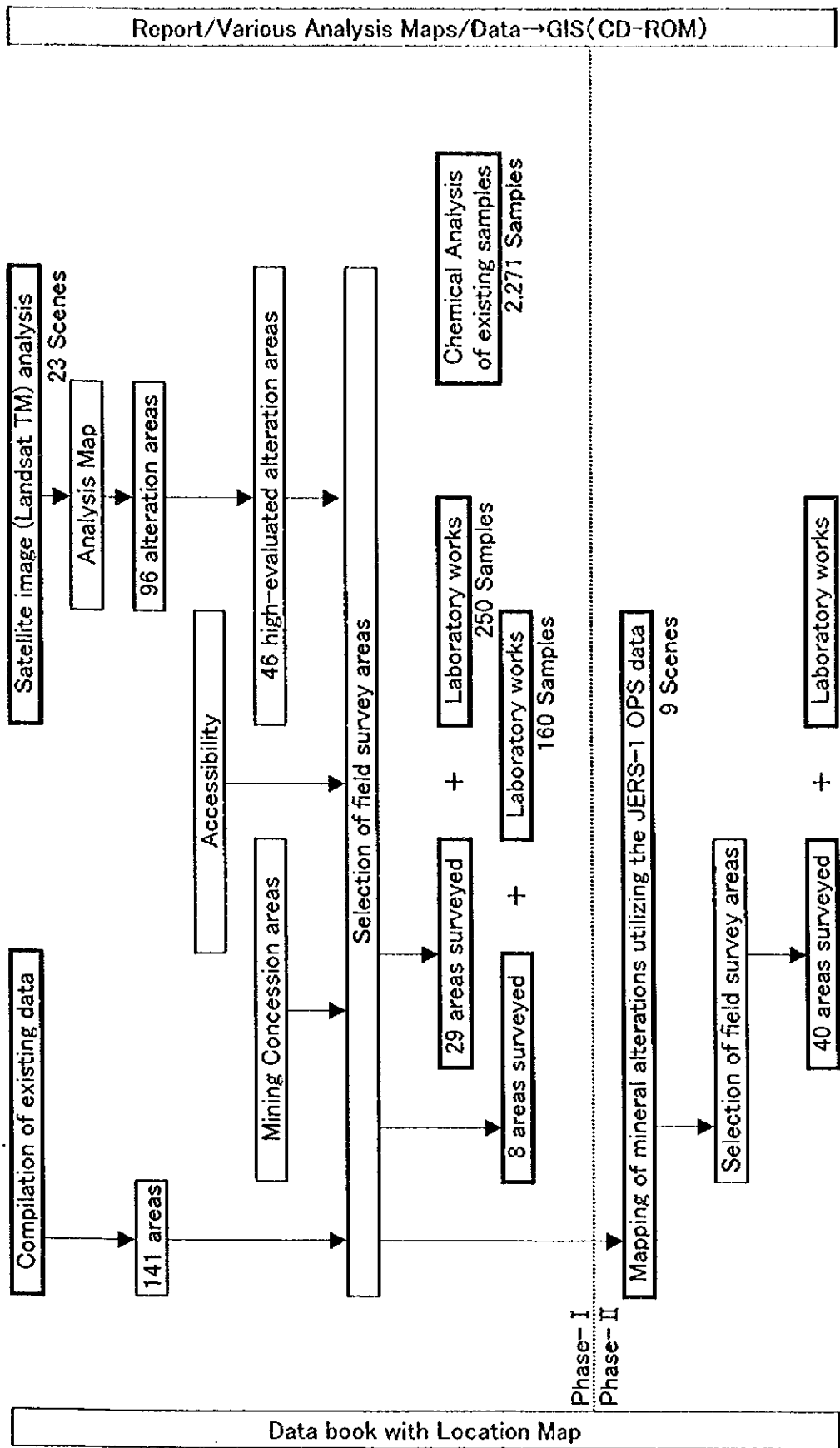
La Rioja Zonas de alteración El Potro y La Ollita-Vicuñita

San Juan Río Frío, Cordón de la Inca, Filo Amarillo-Bordo Atravesado, Manrique y Guachi

Mendoza Zona de alteración circular Paramillos Norte, Crestón Amarillo, San Benicio-Cortadorous

Además de los anteriores, las zonas de distribución de las rocas ígneas terciarias que incluyen el batolito de Colanguil (San Juan) y la zona de alteración Las Burras en el oeste del distrito de Castaño también encubren el potencial de descubrimiento de nuevos criaderos.

Finalmente, se considera menester recalcar la importancia de construir y rehabilitar los caminos de acceso para fomentar la exploración en el sector privado.



Survey Procedure in the Eastern Andes Area, Argentina

0

0

0

CONTENIDO

PREFACIO	
MAPA DE UBICACION	
RESUMEN	i
CONTENIDO	v
LISTA DE FIGURAS Y TABLAS	viii
Primera Parte Generalidades	
Capítulo 1 Introducción	1
1-1 Antecedentes	1
1-2 Conclusiones y recomendaciones del primer año	4
1-2-1 Conclusiones y recomendaciones del primer año	4
1-2-2 Recomendaciones del primer año de estudio	4
1-3 Resumen del Estudio del Segundo Año	8
1-3-1 Objetivos del Estudio	8
1-3-2 Area del Estudio	8
1-3-3 Metodología del Estudio	8
1-3-4 Miembros de la misión de estudio	10
1-3-5 Período del estudio y volumen del trabajo	11
Capítulo 2 Geografía del Area del Estudio	13
2-1 Ubicación y accesibilidad	13
2-2 Topografía e hidrología	17
2-3 Clima y vegetación	18
Capítulo 3 Geología y yacimientos del Area del Estudio	19
3-1 Geología e historia tectónica	19
3-2 Generalidades sobre yacimientos	34
Capítulo 4 Análisis Integral	39
4-1 Comparación del análisis de los minerales de alteración con los datos de JERS-1 OPS y los resultados del reconocimiento de terreno	39
4-2 Características de las zonas de mineralización y el potencial de yacimientos de la Cordillera Oriental Andina	40
Capítulo 5 Conclusiones y recomendaciones	41
5-1 Conclusiones	41
5-2 Recomendaciones para los futuros estudios	42

Segunda Parte Informe específico	
Capítulo 1 Reconocimiento de campo	43
1-1 Selección del Área del Estudio	43
1-2 Resultados del estudio	47
1-2-1 Castaño	47
1-2-2 Tocota-Colanguil	75
1-2-3 Pre-Cordillera en La Rioja	93
1-2-4 Cordón de la Brea	95
1-2-5 Macho Muerto (Noviembre de 1998)	106
1-2-6 Macho Muerto (marzo de 1998)	110
1-2-7 Valle del Cura	120
1-3 Resumen de los resultados del estudio	134
Capítulo 2 Análisis de los sedimentos fluviales	139
Capítulo 3 Análisis integral	144
3-1 Comparación de la interpretación de los minerales de alteración según los datos de JERS-1 OPS y los resultados del reconocimiento de campo	144
3-2 Características de las zonas de mineralización de la Cordillera Oriental Andina	148
3-2-1 Zonas de mineralización en la zona fronteriza con Chile (Macho Muerto y el Valle del Cura)	148
3-2-2 Zona de mineralización del margen este de la zona de distribución del Pérmico a Triásico (Castaño, Tocota-Colanguil y Cordón de la Brea)	153
3-2-3 Zonas de mineralización del conjunto ordovícico (Pre-Cordillera en La Rioja y San Juan)	155
3-3 Potencial de los yacimientos	158
 Tercera Parte	
Capítulo 1 Conclusiones	165
Capítulo 2 Recomendaciones para los futuros estudios	167
 Bibliografía	
Fotografías	
 Apéndices	
Apéndice 1 Yacimientos y criaderos de Cordillera Oriental Andina (versión final)	

Apéndice 2 Resultados del análisis de muestras tomadas en el reconocimiento de campo

Apéndice 3 Archivos GIS de los resultados del Estudio de la Cordillera Oriental Andina (CD-ROM)

Informe suplementario

Informe sobre el Análisis de Datos de Satélite para Recursos Minerales en la República de Argentina - Estudio Básico de Cooperación para el Desarrollo de Recursos

Figures and Tables

- Frontispiece. Location of Eastern Andean area
- Figure I-1-1 Location map of the past projects.
- Figure I-1-2 Location of promising areas and survey candidates recommended in the first-stage surveys, Eastern Andean area.
- Figure I-1-3 Location map of the survey area.
- Table I-1-1 Record of the survey.
- Table I-1-2 Laboratory test (1998, October to December)
- Table I-1-3 Laboratory test (1998, March)
- 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 Geologic map of the Colanguil Batholith, QAP diagram, and direction of dikes. (after Sato et al., 1990)
- 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)
- Table I-3-1 Results of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ dating of Colanguil Batholith, and occurrence of dikes associated. (after Sato et al., 1990)
- Figure II-1-1 Location of groundtruth-site in the phase II survey, Eastern Andean area.
- Figure II-1-2 Landsat TM color-ratio composite of the Castano area. after JICA/MMAJ/JMEC (1998), BGR: 3/1 4/5 5/7
- Figure II-1-3 JERS-1 OPS false color composite of the Castano area. BGR:358
- Figure II-1-4 Lithology, structure, and hydrothermal alteration interpreted from 1:250,000 Landsat TM color-ratio composite, false color composite, and JERS-1 OPS data, Castano area.
- Figure II-1-5 Regional geologic map in the Castano area, Eastern Andean area. (after Direccion General de Fabricaciones Militares y Provincia de San Juan, 1969)
- Figure II-1-6 Regional geochemical map in the Castano area, Eastern Andean area. (from Direccion General de Fabricaciones Militares y Provincia de San Juan, 1969)
- Figure II-1-7 Three alteration zones in the Venezuera alteration
- Figure II-1-8 Geology and vein system in the Castano Viejo mining district. (after Cardo, 1998)

- Figure II-1-9 Geologic map in the Manrique alteration, Castano area.(after Cardo and Perez, 1995)
- Figure II-1-10 Sample location of the previous survey in Manrique alteration:
Cardo and Perez (1995)
- Figure II-1-11 Landsat TM false color composite of the Tocota-Colanguil area,from a regional mosaic image in JICA/MMAJ/JMEC (1998). BGR:145.
- Figure II-1-12 Lithology, structure, and hydrothermal alteration interpreted from 1:250,000 Landsat TM color-ratio composite, false color composite, and JERS-1 OPS data, Tocota-Colanguil area.
- Figure II-1-13 Geologic setting of the Mina Colo-Colo and Mina Krimer, Tocota area.
- Figure II-1-14 A field sketch of north-east outcrop of El Salado Mine, Tocota-Colanguil area.
- Figure II-1-15 Alteration zoning of the Vicunita (El Salado) porphyry system, Tocota-Colanguil area.
- Figure II-1-16 Landsat TM color-ratio composite of the Cordon de la Brea area and the Macho Muerto area. BGR: 3/1 4/5 5/7 (after JICA/MMAJ/JMEC, 1998)
- Figure II-1-17 JERS-1 OPS false color composite of the Cordon de la Brea area and the Macho Muerto area. BGR:358
- Figure II-1-18 Lithology, structure, and hydrothermal alteration interpreted from 1:250,000 Landsat TM color-ratio composite, false color composite, and JERS-1 OPS data, Cordon de la Brea and Macho Muerto area.
- Figure II-1-19 Landsat TM false color composite of the Valle del Cura area, from a regional mosaic image in JICA/MMAJ/JMEC (1998). BGR:145.
- Figure II-1-20 Lithology, structure, and hydrothermal alteration interpreted from 1:250,000 Landsat TM color-ratio composite, false color composite, and JERS-1 OPS data, Valle del Cura area.
- Figure II-1-21 Distribution of breccia pipes and seven excursion stop-point in the Veradero Norte prospect. (from Argentina Gold PR map)
- Figure II-1-22 Schematic relationship of alteration and veining to the nature of the host rocks, in the Rio Frio prospect, Valle del Cura area.
- Figure II-1-23 Schematic geologic column with respect to hydrothermal alteration and mineralization in the Rio Frio prospect, Valle del Cura.
- Figure II-1-24 Lithology, structure, and hydrothermal alteration interpreted from 1:250,000 Landsat TM color-ratio composite, false color composite, and JERS-1 OPS data, Eastern Andean area.
- Table II-1-1 Legend of a comprehensive interpretation map.
- Table II-1-2 Assay results of the previous surveys in Manrique alteration.(after Cardo and Perez, 1995)
- Table II-1-3 Summary of groundtruth, Eastern Andean area.
- Figure II-2-1 A sample-output image of trace-level geochemistry applied on rocks and stream-sediments taken in Plan La Rioja.
- Table II-2-1 Elements and detection limits (INAA).
- Table II-2-2 Elements and detection limits (ICP-AES).
- Figure II-3-1 Convolved reflectance spectra of USGS spectral library data.(after unpublished data of Miyatake, S.)
- Figure II-3-2 Comprehensive map including geologic structure, hydrothermal alteration, and groundtruth-site, Eastern Andean area.
- Figure II-3-3 Schematic vertical section superimposed on an acid-sulfate ore deposit model of Bonham (1988)
- Figure II-3-4 Idealized ore-deposit model of Pre-Cordillera in La Rioja and San

Juan

- Figure II-3-5** Stretched color-ratio composite in the Paramillos área (BGR: 3/1 4/5 5/7)
- Table II-3-1** Summary of survey results of selected hydrothermal alterations, Macho Muerto area and Valle del Cura area
- Table II-3-2** Summary of survey results of selected hydrothermal alterations, Castano area, Tocota - Colanguil area, and Cordon de la Brea area.
- Table II-3-3** Promising groundtruth sites in the Eastern Andean project

Primera Parte

**INFORME DEL ESTUDIO BASICO DE COOPERACION PARA EL
DESARROLLO DE RECURSOS EN LA CORDILLERA ORIENTAL ANDINA
DE LA REPUBLICA ARGENTINA
- ESTUDIO REGIONAL DE RECURSOS MINEROS -
AÑO FISCAL 1998**

**PRIMERA PARTE
GENERALIDADES**

Capítulo 1 Introducción

1-1 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 1997 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 (JMEC) envió una misión de estudio para la formulación del 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 reconocimiento de campo 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 la Secretaria de Industria, Comercio y Minería, Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos de la República Argentina, y por la Agencia de Minería Metálica del Japón.

El Estudio Regional de Recursos Mineros que se inició en 1997 consiste en analizar

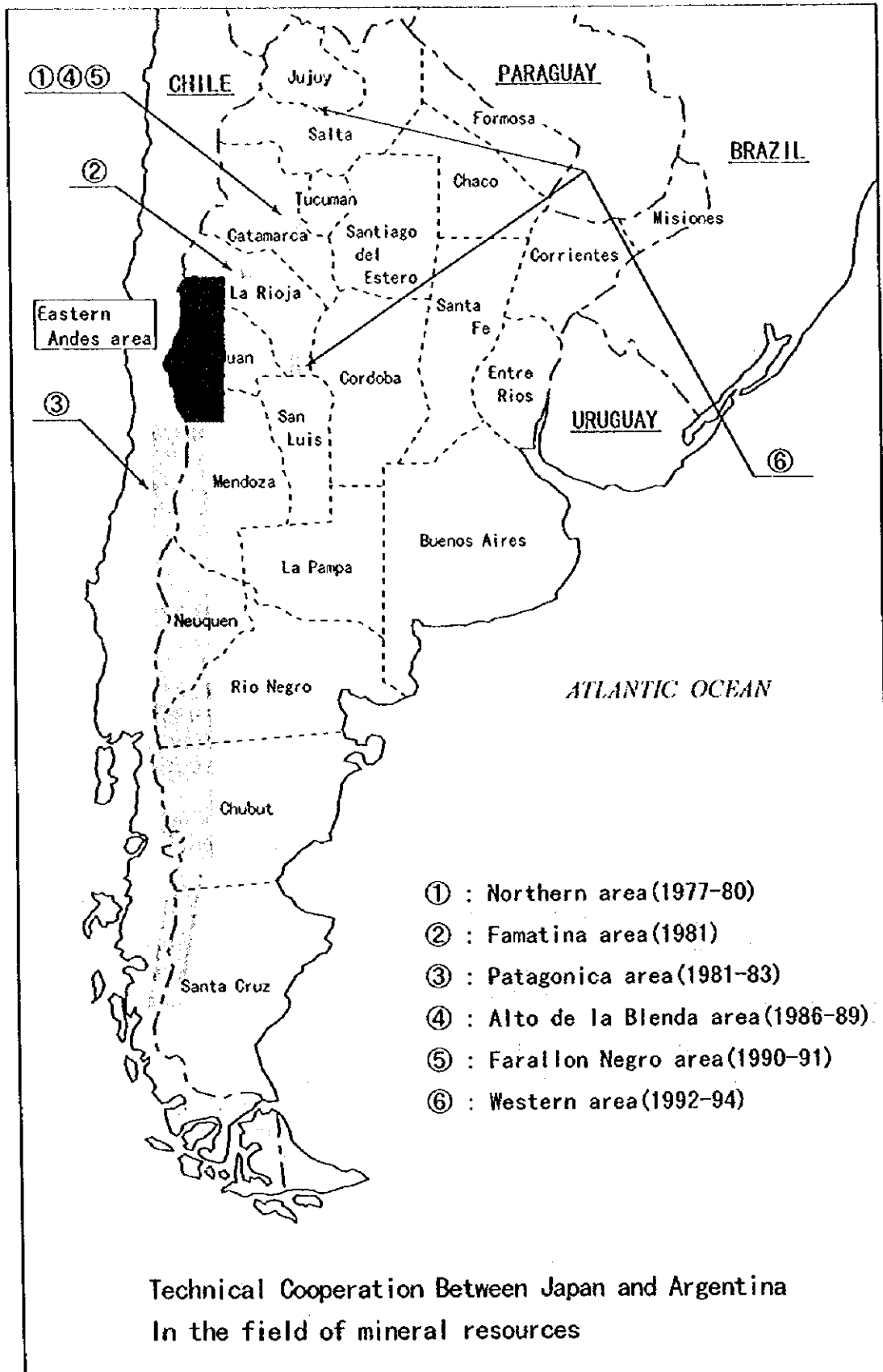


Figure I-1-1 Location map of the past projects.

las informaciones existentes y las imágenes de satélite desde diferentes ángulos, y realizar el reconocimiento de campo a fin de identificar, de entre la extensa Area del Estudio, las áreas promisorias objeto de exploración. El Estudio tiene una duración de dos años. En el presente año, que corresponde a la última etapa del estudio, se llevaron a cabo el análisis detallado de las imágenes de satélite utilizando los datos de JERS-1 OPS, así como el reconocimiento de campo en las áreas seleccionadas.

1-2 Conclusiones y recomendaciones del primer año

1-2-1 Conclusiones y recomendaciones del primer año

El estudio del primer año comprendió la consulta de las literaturas existentes, el análisis de imágenes de LANDSAT TM y el reconocimiento de campo con el fin de recoger las informaciones geológicas y descubrir nuevos criaderos. Sobre la base de los resultados del análisis se llegó a la conclusión de que las áreas promisorias de la Cordillera Oriental Andina están constituidas por las zonas donde las rocas hipabisales ácidas terciarias intruyen el basamento formado por las rocas ígneas ácidas; las zonas formadas por los cuerpos de rocas intrusivos del Pérmico a Triásico, y; por las rocas intrusivas terciarias emplazadas en el conjunto ordovícico. Es posible encontrar aquí los yacimientos tipo pórfido de oro-cobre-molibdeno y la mineralización asociada.

El reconocimiento de campo del primer año fue llevado a cabo además de los criaderos conocidos según las informaciones existentes, los criaderos recomendados por el organismo de contraparte (SEGEMAR), así como en las zonas de alteración promisorias hasta ahora desconocidas que fueron identificadas en las imágenes de satélites. Frente a la limitación en el acceso a la parte occidental del Area del Estudio debido a la cobertura de nieve, el estudio fue realizado principalmente 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 Fria, La Negrita, de San Benicio a Cortaderas, San Jorge, Paramillos Norte, Paramillos Sur y el Grupo Oro del Sur (en orden de ejecución del estudio). Asimismo, a fin de descubrir nuevos criaderos, se realizó el estudio también en Cerro Negro, Granite y Alteración El Fierro donde se disponen de escasa información. Sin embargo, no pudo verificarse mineralización en ninguna de estas áreas (Fig I-1-2).

La Cordillera Oriental Andina es una región extensa y el reconocimiento de campo sólo cubrió una pequeña parte de ella sin haber llegado a descubrir nuevos criaderos y la tarea ha sido continuada en el siguiente año.

1-2-2 Recomendaciones del primer año de estudio

La región de la Cordillera Oriental Andina abarca grandes extensiones de 77.000 km², y se caracteriza por la diversidad de los tipos de yacimientos. El estudio del primer año tuvo como finalidad conocer la totalidad del Area del Estudio, y se atribuyó prioridad en la preparación de informaciones generales. Sin embargo, ante la limitación climatológica y del tiempo disponible, el equipo de estudio no pudo completar la visita a todos los sitios propuestos, sino solamente una parte. Por lo tanto, se propuso realizar el estudio complementario en el segundo año abarcando las siguientes áreas: (1) Cordón de la Brea, (2) Calingasta - Tocota, (3) Las Opeñas - El Salado, (4) Valle del Cura, (5) Yacimientos del tipo porfidico de Cordillera Principal (El Pachón) (Fig I-1-2).

Los resultados del estudio del segundo año han esclarecido poco a poco las características geológicas comunes entre los diferentes criaderos y labores antiguas, lo cual serviría de base para establecer una hipótesis. Se propone seleccionar las áreas que cumplan las condiciones de la hipótesis y realizar un nuevo reconocimiento de campo para verificar la existencia de las zonas de mineralización. A continuación se resumen los criterios de selección de las áreas para el reconocimiento de campo.

(1) Zonas de alteración hidrotermal en las proximidades de los intrusivos terciarios

En términos generales, son importantes las zonas que presentan alteración en los

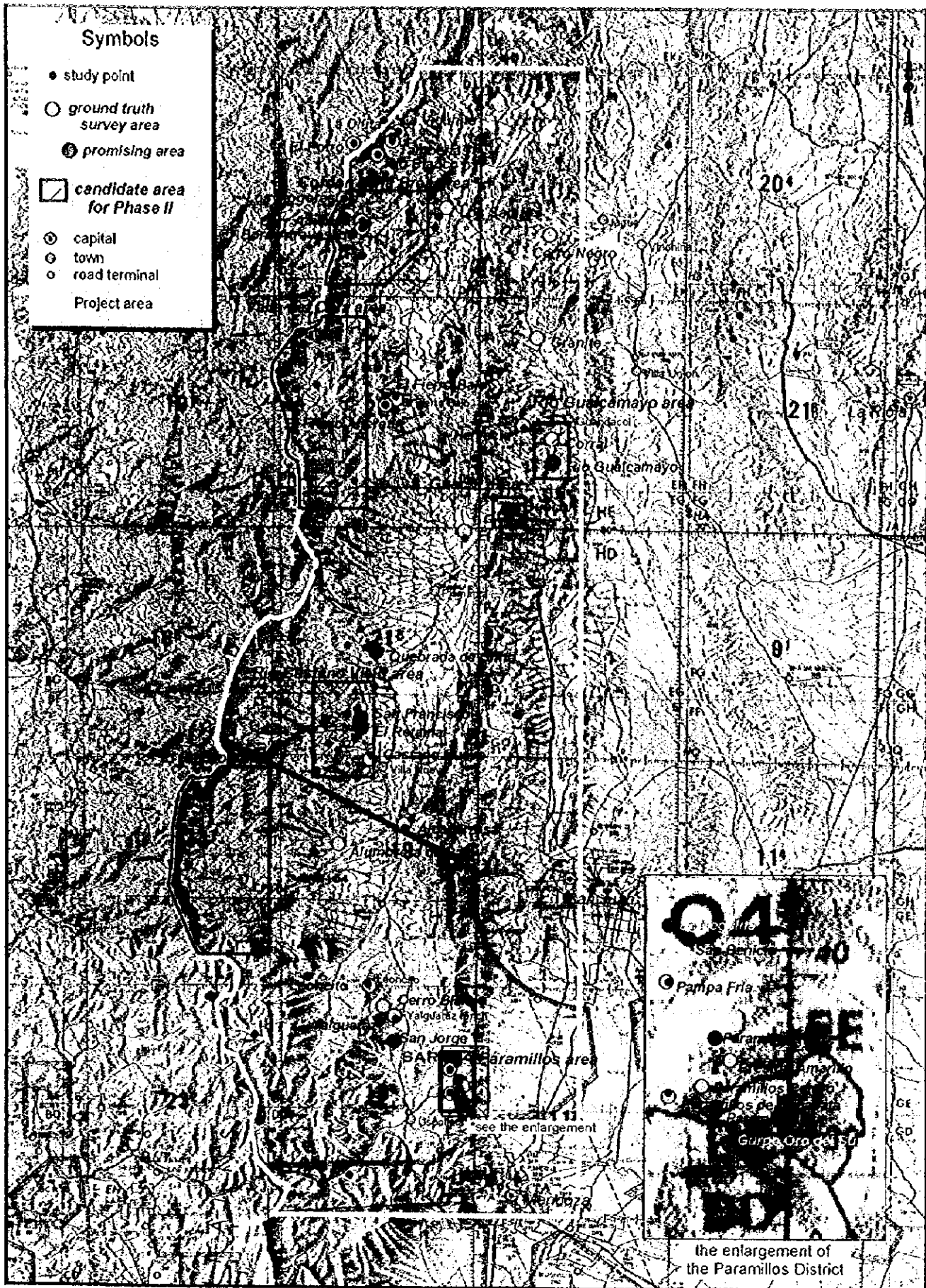


Figure I-1-2 Location of promising areas and survey candidates recommended in the first-stage surveys, Eastern Andean area.

17

18

19

cuerpos de rocas supuestamente de intrusivos terciarios. Los criaderos existentes de varias decenas a 100km se distribuyen frecuentemente en línea recta con rumbo N-S, lo cual sugiere la presencia de intrusivos latentes sobre la prolongación en mismo rumbo de los afloramientos de intrusivos terciarios. Al realizar una evaluación de las zonas de alteración tomando en cuenta lo descrito, El Pachón constituye un área de sumo interés. Al considerar la accesibilidad y los factores de localización, las áreas AA8011, AA8013, AA8014 y AA8015 distribuidas en la parte norte del Área del Estudio, más al interior de la frontera, serían también áreas candidatas.

(2) Zonas de alteración hidrotermal en las proximidades de los intrusivos paleozoicos

Los yacimientos tipo porfídico asociado a los cuerpos de rocas ácidas del Pérmico a Triásico peculiares de Argentina también constituyen áreas candidatas a exploración. Merece especial atención las zonas de alteración de AA7065 a AA7069 del Río Castaño Viejo, donde se cruzan grandes lineamientos. De éstas, las zonas de AA7066 a AA7069 de la parte central corresponden a zonas de alteración de mayor calificación, por lo que la misión de estudio se propone realizar un reconocimiento de campo en estas áreas.

(3) Conjunto ordovícico con intrusivos terciarios

El conjunto ordovícico con intrusivos terciarios también merece atención. Las rocas básicas y calizas componentes de ofiolita del conjunto ordovícico reaccionan fácilmente a las aguas termales, dando lugar frecuentemente a la formación de criaderos abundantes en oro (Guachi, Hualirán, Salamanca, etc.). Estos criaderos pueden haber sido excluidos del Plan Cordillerano que se interesaba poco en los yacimientos de oro, sugiriendo alto potencial de descubrimiento de nuevos yacimientos. Concretamente, se proponen realizar el reconocimiento de campo en el conjunto ordovícico que emplaza Helvecia-Salamanca, sobre la prolongación sur del Yacimiento Salamanca (San Juan), el conjunto ordovícico occidental, la parte SE de Iglesia (San Juan), y la parte ENE de Barreal.

Además, de ser posible, se propone realizar el análisis de datos de satélite de elevada capacidad de detección de minerales. El sensor JERS-1 OPS lanzado en 1992, y ASTER lanzado en junio de 1998 están equipados de multibandas de la gama de rayo infrarrojo próximo de 2 a 2,4µm, con capacidad latente de identificar determinados minerales de arcilla, además de interpretar la intensidad de alteración. En especial, ASTER cuenta con multibandas de rayo infrarrojo lejano y su uso permitiría esclarecer incluso el grado de silicificación. No obstante, en el caso de JERS-OPS, es necesario estudiar previamente en qué medida se puede aplicar esta tecnología, puesto que el período de obtención de datos es corto y los datos son algo dispersos. En cuanto a ASTER, se prevé que sería todavía difícil contar con su servicio.

1-3 Resumen del Estudio del Segundo Año

1-3-1 Objetivos del Estudio

El presente estudio comprende el análisis detallado de las zonas de alteración por sensores remotos y el reconocimiento de campo, así como el análisis integral de los resultados obtenidos, con el objetivo de identificar las áreas promisorias de la región de la Cordillera Oriental Andina en la República Argentina. Este correspondió al segundo y último año del Estudio, según el cronograma propuesto, por lo que también se realizó el procesamiento integral de los resultados obtenidos en estos dos años.

1-3-2 Area del Estudio

El Area del Estudio se ubica en la Cordillera Oriental Andina y tiene una forma alargada que se extiende hasta la frontera con Chile. Abarca más de 77.000km² entre las latitudes 28° y 33°S, y longitudes desde 68°30'O (Figura 1-1-2, 1-1-3). 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.

1-3-3 Metodología del Estudio

(1) Análisis detallado de las zonas de alteración por sensores remotos

De las zonas de alteración identificadas a través del análisis de las imágenes de LANDSAT TM efectuado en 1997, se seleccionaron las zonas que debían someterse a un análisis más detallado. Estas fueron clasificadas aplicando los datos de JERS-1 OPS para identificar las áreas promisorias.

(2) Reconocimiento de campo

Sobre la base del análisis de los datos existentes y de las imágenes de satélite efectuado en 1997, así como los resultados del análisis detallado de las zonas de alteración por sensores remotos efectuado en este año, se realizó el reconocimiento de campo con el fin de recoger las informaciones sobre la geología, zonas de alteración, criaderos, etc. Asimismo se tomaron las muestras para someter a un análisis en laboratorio y obtener los datos para el análisis.

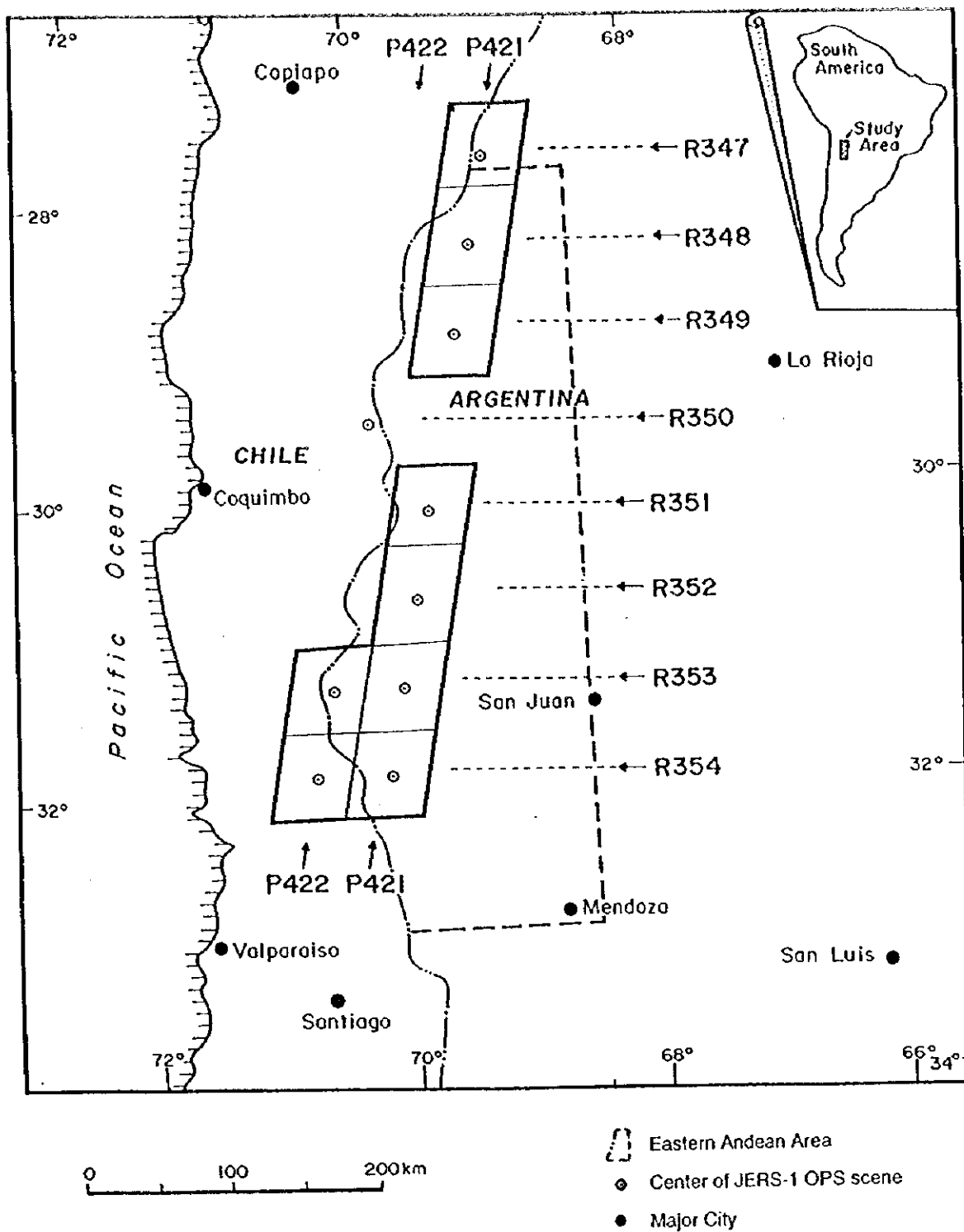


Figure I-1-3 Location map of the survey area.

1-3-4 Miembros de la misión de estudio

(1) Reconocimiento de campo

a) Miembros japoneses

Yoshitaka HOSOI	Jefe del equipo de estudio, coordinador, reconocimiento de campo Japan Mining Engineering Center for International Cooperation (JMEC)
Toshihiko HAYASHI	Reconocimiento de campo (JMEC)
Shuichi MIYATAKE	Reconocimiento de campo (JMEC)
Kunihito YAMAMOTO	Reconocimiento de campo (JMEC)

Exposición sobre la tecnología de sensores remotos

Masataka OCHI Exposición técnica (JMEC)

b) Representantes argentinos

Reuniones preliminares en Buenos Aires:

Lic. José E. Mencia	Director Interino del Instituto de Geología y Recursos Mineros (IGRM), Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), Subsecretaría de Minería (SSM), Secretaría de Industria, Comercio y Minería, Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos
Geól. Eddy Lavandaio	Coordinador Técnico de Delegaciones Regionales, IGRM, SEGEMAR, SSM

Coordinación general:

Geól. Eddy Lavandaio	Coordinación general Coordinador Técnico de Delegaciones Regionales, IGRM, SEGEMAR, SSM
----------------------	--

Reconocimiento de campo en la provincia de La Rioja:

Geól. Osvaldo V. Cravero Delegación La Rioja, SEGEMAR, SSM

Reconocimiento de campo en la provincia de San Juan:

Lic. Raúl Cardó Delegación San Juan, SEGEMAR, SSM

(2) Análisis detallado de zona de alteración por sensores remotos (trabajos realizados en Japón)

Yoneharu MATANO	Procesamiento de datos y generación de imágenes (JMEC)
Masataka OCHI	Análisis y preparación del informe (JMEC)
Tomoji SANGA	Procesamiento de datos, generación de imágenes, análisis y preparación del informe (JMEC)
Jiro KAMADA	Procesamiento de datos y generación de imágenes (JMEC)

(3) Análisis integral y preparación del informe (trabajos realizados en Japón)

Yoshitaka HOSOI	Japan Mining Engineering Center for International Cooperation (JMEC)
Toshihiko HAYASHI	JMEC
Shuichi MIYATAKE	JMEC
Kunihito YAMAMOTO	JMEC

1-3-5 Período del estudio y volumen del trabajo

- (1) Reconocimiento de campo
Del lunes 5 de octubre al viernes 11 de diciembre de 1998
Reconocimiento de campo

Table I-1-1 Record of the survey

<u>Item</u>	<u>Performance</u>
Ground truth	40 sites
Samples	Rocks/Ores 449 pieces

- (2) Análisis detallado de las zonas de alteración por sensores remotos

Del jueves 21 de mayo de 1998 al viernes 29 de enero de 1999
Procesamiento de datos de las nueve escenas de JERS-1 OPS, generación de las imágenes y análisis

- (3) Análisis de laboratorio, análisis integral y preparación del informe

Del lunes 14 de diciembre de 1998 al miércoles 25 de marzo de 1999
Marzo de 1999 Entrega de los resultados en Argentina

Table I-1-2 Laboratory Test (1998 October to December)

Item	Number of performance
Microscopic observation	
Thin sections	84 samples
Polished thin sections	-
Polish	28 samples
X-ray diffraction examination	212 samples
Geochemical analysis	
Ore grade assay (FA+AA+ICP, 22 elements)	14 samples
Trace level geochemistry (FA+ICP, 32 elements)	296 samples
Bulk chemical analysis (XRF)	13 samples
Fluid inclusion (Th & salinity)	44 samples
K-Ar Dating	26 samples
Ratio of Isotope	
δ 34S	3 samples
Δ D	0 samples
δ 18O	2 samples

Table I-1-3 Laboratory Test (1998 March)

Item	Number of performance
Microscopic observation	
Thin sections	32 samples
Polished thin sections	3
X-ray diffraction examination	77 samples
Geochemical analysis	
Ore grade assay (FA+AA+ICP, 22 elements)	26 samples
Trace level geochemistry (FA+ICP, 32 elements)	63 samples
Bulk chemical analysis (XRF)	5 samples
Fluid inclusion (Th & salinity)	11 samples
K-Ar Dating	5 samples

Capítulo 2 Geografía del Area del Estudio

2-1 Ubicación y accesibilidad

El Area del Estudio tiene una forma alargada con 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 (Figura 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. Hay más de dos vuelos diarios entre Buenos Aires y San Juan, y entre Buenos Aires y La Rioja (que está en NE, fuera del Area del Estudio). Hasta la ciudad de 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.

Más al norte, existen otras vías importantes como son: la carretera que comunica San José de Jachal a unos 150Km al norte de San Juan, con el Valle del Cura donde actualmente se desarrollan múltiples proyectos de explotación minera, atravesando por Rodeo y Pismanta; la carretera que comunica la Villa Unión, al sudeste de la provincia de La Rioja con el Cordón de la Brea, atravesando Jagüe y Laguna Brava. Estas vías recorren las zonas montañosas y son transitables solamente en verano puesto que hay nieve en invierno.

Es indispensable utilizar vehículos de doble tracción (4X4) para acceder a los principales criaderos del oeste del Area del Estudio. Salvo la Ruta 12, la mayor parte de las carreteras en las zonas montañosas no están 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 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).

Como una tarea a ser abordada por Argentina, se considera importante construir y rehabilitar las infraestructuras viales para fomentar las actividades de exploración del sector privado.

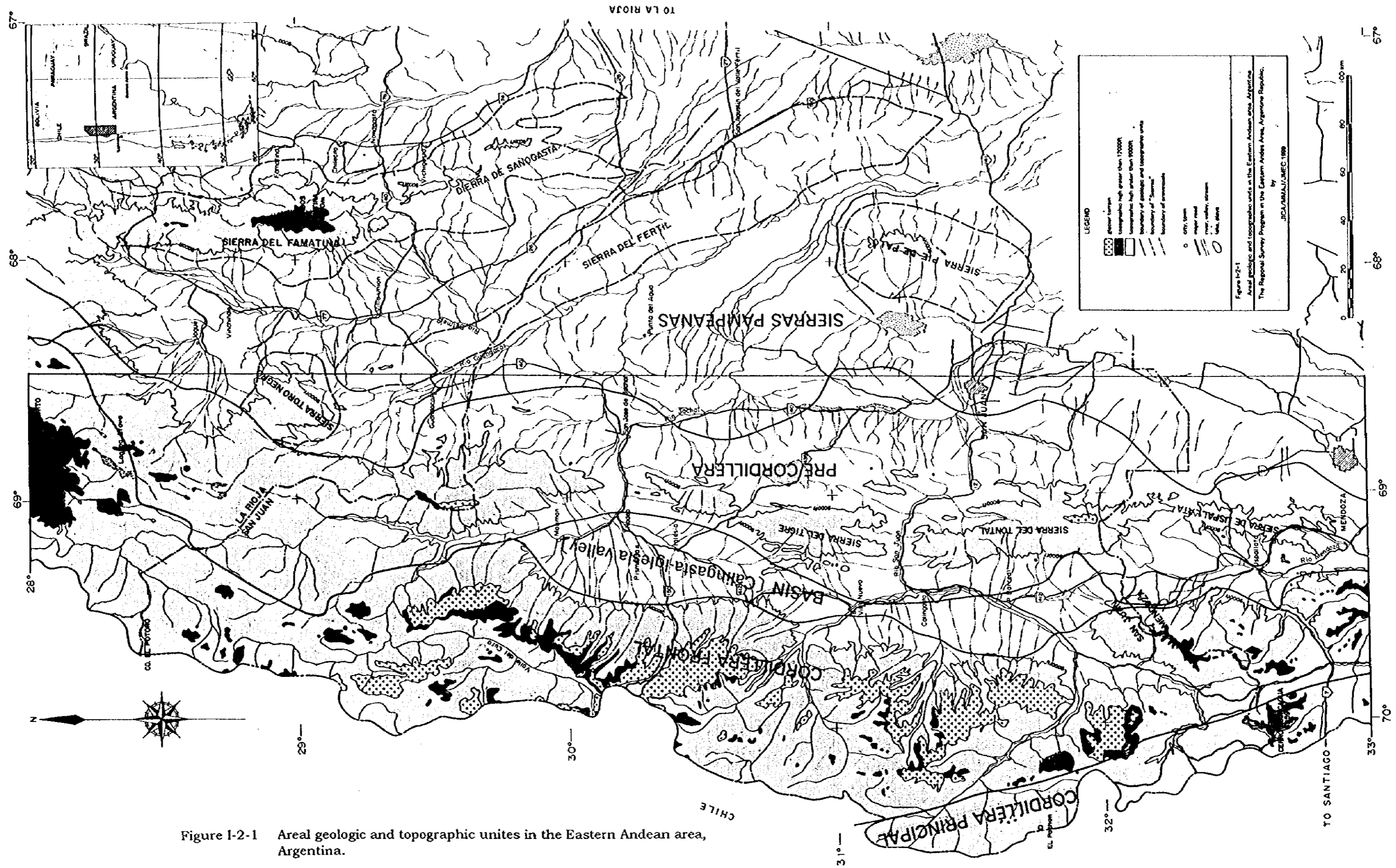


Figure 1-2-1 Areal geologic and topographic unites in the Eastern Andean area, Argentina.

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., Pre-Cordillera de 2.000 a 4.000 m.s.n.m., y las Sierras Pampeanas relativamente llanas. Las cordilleras Principal y Frontal representan un elevado porcentaje del Area del Estudio, ocupando casi la mitad oeste. La altitud se ve elevada con 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 de 5.000 m.s.n.m. el hielo es permanente. La disección es mayor en el norte que en el sur. La topografía de las montañas de la provincia de La Rioja, en la zona fronteriza con Chile, se vuelve suave a tal grado que permite recorrer en vehículos de doble tracción en cualquier dirección.

El Valle Central y Longitudinal es de 300 Km de largo (S-N) desde Rodeo (provincia de San Juan) hasta Uspallata (Mendoza), y de 50 Km de ancho (E-O). Esta topografía no se distribuye en la provincia de La Rioja. El Valle Central y Longitudinal corresponde a las cuencas sedimentarias 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. Los bloques formados principalmente por rocas sedimentarias del Paleozoico presenta una topografía acentuada. Particularmente, 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 NO-SE.

Las cuencas hidrográficas de la provincia San Juan presentan las siguientes características: 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 con rumbo E-O 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 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 y de la Pre-Cordillera entran directamente a las llanuras intermontañas de Sierras Pampeanas. Estas convergen en Jagüe y Guandacol, y discurren formando los ríos Bermejo y Guandacol con rumbo SSE a lo largo del sistema precámbrico. En el Area del Estudio de la provincia de Mendoza discurre el río Mendoza de caudal abundante. Los ríos de la vertiente sur y este de Aconcagua confluyen con el río Mendoza y discurre hacia el sur de la ciudad de Mendoza atravesando Uspallata y Potretillos. Cabe recordar que, además de estos ríos principales, se desarrollan múltiples playas dentro del Area del Estudio de la provincia de Mendoza a consecuencia del clima árido.

2-3 Clima y vegetación

El clima del Area 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 altiplano y árido, la vegetación es escasa en casi todo el Area del Estudio. Tampoco se identifica la cobertura vegetal en las imágenes de satélite, salvo en las riberas de los ríos y las tierras bajo riego en la cercanía de las ciudades.

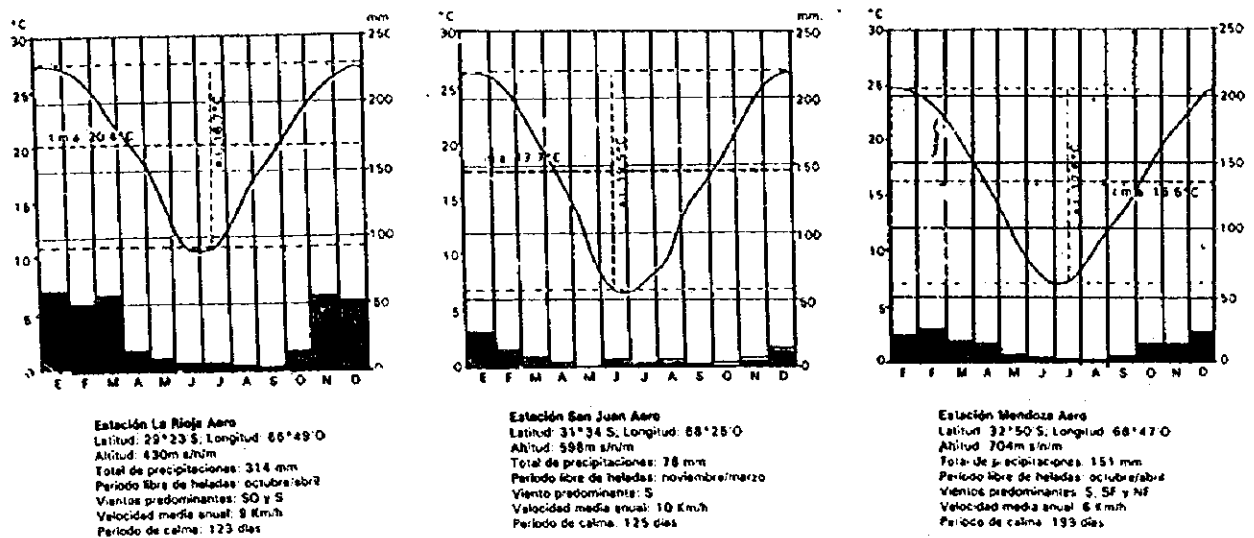


Figure I-2-2 Climatological fact in the city of La Rioja, San Juan, and Mendoza. (after National Mining Secretariat, 1994)

Capítulo 3 Geología y yacimientos del Area del Estudio

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 bibliografías de Zappetini (1996), Ramos (1994), Astini et al. (1995), y Davidson and Mpodosis (1991) sobre la interpretación geológica.

(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 y de Sierra Fértil dando lugar a la formación de montañas de rumbo casi S-N.

No se conocen los yacimientos metalíferos del Precámbrico en la Cordillera Oriental Andina.

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. I-2-1). Esta presenta una forma alargada con rumbo N-S con un ancho de 100 Km y largo de 600 Km aproximadamente, abarcando desde el oeste de Jagüel (La Rioja) hasta la ciudad de Mendoza. Esta provincia corresponde al 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, alternación de areniscas y fangolitas del Ordovícico Medio, y alternación de areniscas y fangolitas neríticas del Silúrico a Devónico (Astini et al., 1995). El conjunto cámbrico y ordovícico de este origen posteriormente fue fuertemente deformado por efecto de la colisión y acreción de la Pre-Cordillera a Gondwana, lo cual provocó la transición hacia una geología constituida por zonas tectónicas asociadas a bloques ofiolitas. Mientras tanto, el Silúrico a Devónico corresponde a sedimentación posterior a la colisión por lo que no sufrió deformación de este período. El conjunto ordovícico reviste particular importancia para la exploración porque conforma los "recipientes" de múltiples yacimientos pequeños debido a la gran



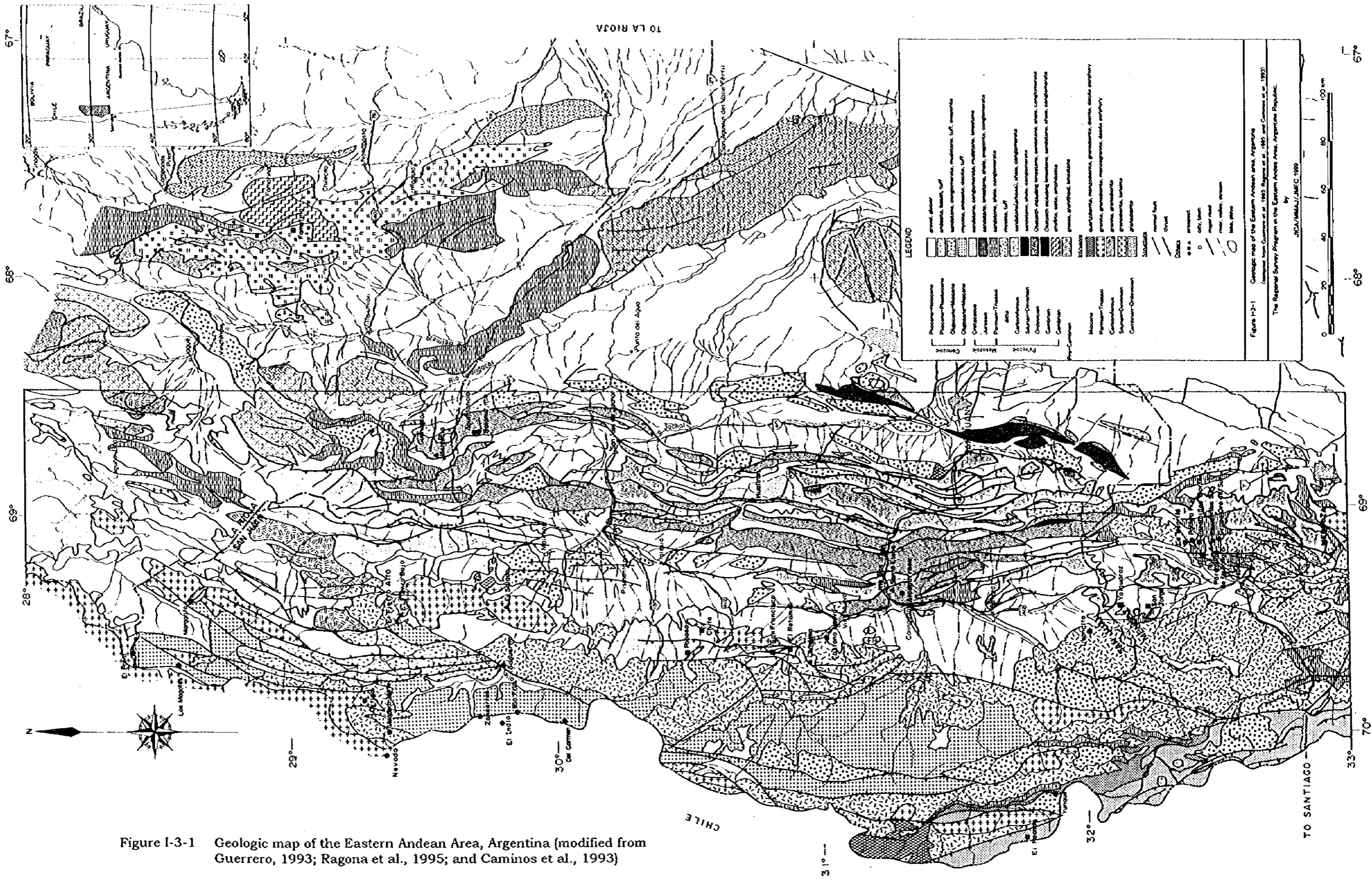


Figure I-3-1 Geologic map of the Eastern Andean Area, Argentina (modified from Guerrero, 1993; Ragona et al., 1995; and Caminos et al., 1993)

susceptibilidad de ofiolitas y las calizas por efecto 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 formado en Laurentian (Cordillera Appalachian de Norteamérica), iniciándose la segregación y migración hacia el sur alrededor del Cámbrico Inferior (Astini et al., 1995).

En el bloque de la Pre-Cordillera que naufragaba después de haberse segregado desde Laurentia se formó un grueso estrato de calizas en la Pre-Cordillera (Estrato de San Juan) por efecto 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, (Astini et al., 1995).

La colisión y la acreción de la Pre-Cordillera con las Sierras Pampeanas ocurrieron en el Ordovícico Medio, a consecuencia de la continua migración (Astini et al., 1995). En la fase inicial de la colisión, se clausuró la cuenca back-arc de Famatina y se produjo la elevación de Famatina, asociada a notorios plegamientos y franjas de corrimientos.

Posteriormente, el Silúrico y el Devónico corresponde al periodo de relajamiento de la distorsión acumulada por la colisión. Las cuencas formadas en el margen este de la Pre-Cordillera aumentó gradualmente la profundidad, y con la transgresión marina de la época facilitó la entrada de sedimentos neríticos. 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 (Astini et al., 1995).

(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. 1-3-1). 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 a 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 Jagüe hasta Calingasta. El conjunto está constituido principalmente por areniscas y fangolitas, y está asociado a calizas.

Las rocas sedimentarias del Pérmico a Triásico (Grupo Choiyoi) se distribuyen en el segmento oeste del Área del Estudio desde el oeste de la Formación Agua Negra hasta la frontera con Chile, cubriendo de manera irregular al Carbonífero. El grupo Choiyoi 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 2000 m. Sobre este conjunto se superpone los sedimentos flysch constituidos por areniscas, fangolitas y conglomerados, aunque su distribución es limitada. En el Río Castaño existe la alternación de lavas andesíticas y de las rocas piroclásticas como el estrato inferior (Formación Castaño) al que superpone las rocas piroclásticas y lavas riolíticas. En estas zonas donde existen las rocas piroclásticas, parcialmente se conservan las estructuras de caldera.

En el Área del Estudio se distribuye gran cantidad de granitos o granodioritas formados del Carbonífero Superior a Triásico. Estas rocas se concentran particularmente en el batolito de Colanguil desde el criadero El Fierro (San Juan) hasta Tocota. Sato et al. (1990) informa que el análisis de la edad metalogénica del batolito de Colanguil arrojó dos modales (del Carbonífero Superior y del Pérmico a Triásico) y que el Grupo Choiyoi corresponde a litofacies extrusivas del Pérmico a Triásico (Fig. 1-3-2, Table 1-3-1).

Se conocen dentro del Área del Estudio, los yacimientos metalíferos formados asociándose con los intrusivos de esta época, y se distribuyen los criaderos de bismuto-cobre-tungsteno-arsénico asociados a granitos en Tocota, al noroeste de Calingasta (San Juan). Asimismo, la edad metalogénica del yacimiento Alcaparrosa (263-271 Ma) al este de Calingasta y del yacimiento San Jorge al noroeste de Uspallata (San Juan) y de otros yacimientos del tipo pórfido cuprífero coincide con el dinamismo de esta época (Sillitoe, 1977).

Historia tectónica

Entre el Carbonífero y Triásico, el Área del Estudio formaba parte del arco volcánico desarrollado dentro de la franja de acreción de la Pangea de Gondwana (Fig. 1-3-3). 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 Patagonia, en el 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 a 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. El plutonismo de esta época se desarrolló por debajo de la tectónica elongada, lo cual es sustentado también por las características petrológicas de las rocas ígneas del Pérmico a Triásico (Kay et al., 1990).

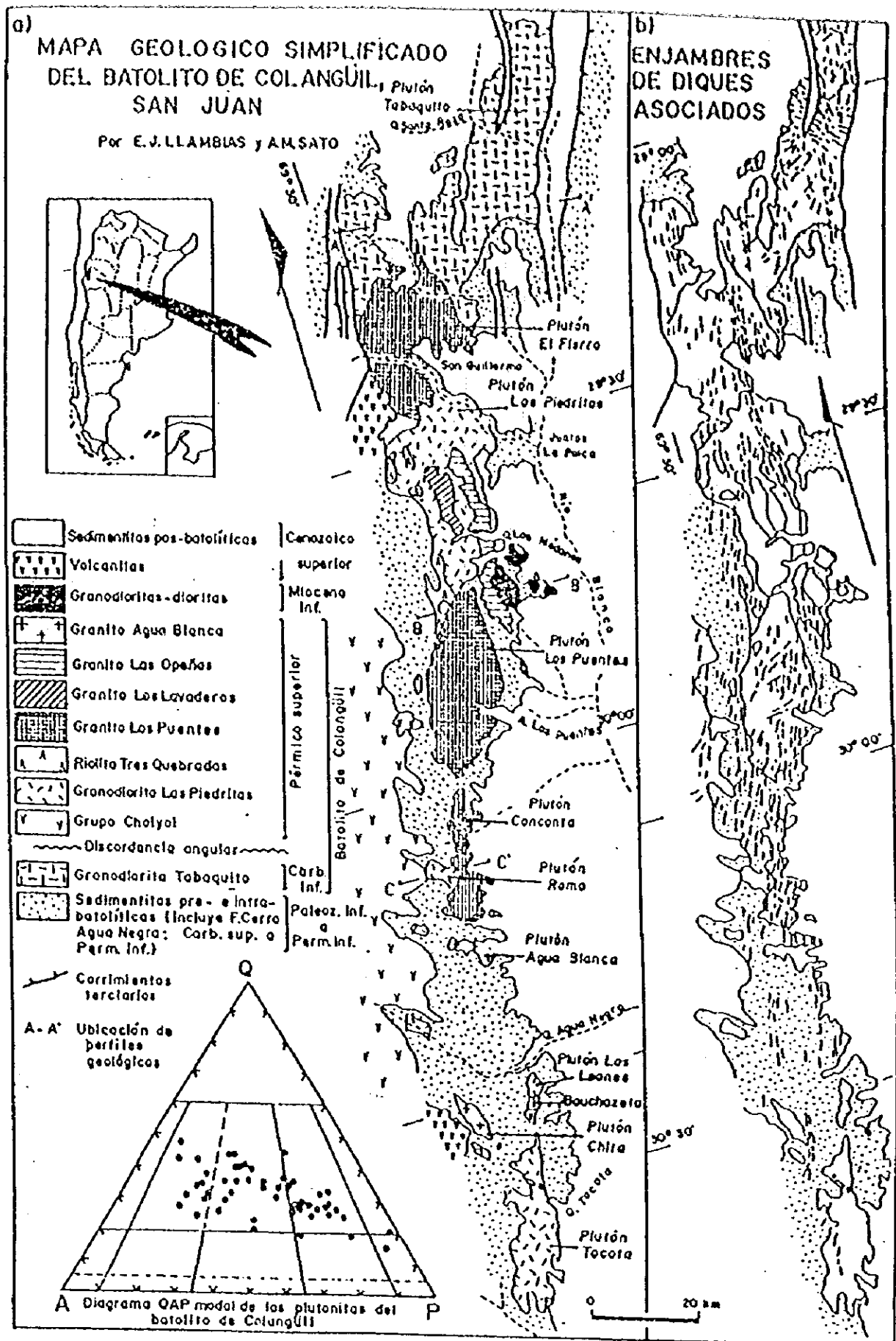


Figure I-3-2 Geologic map of the Colangüil Batholith, QAP diagram, and direction of dikes. (after Sato et. al., 1990)

Table I-3-1 Results of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ dating of Colanguil Batholith, and occurrence of dikes associated. (after Sato et al., 1990)

UNIDAD	PLUTONES	TAMAÑO km ²	AREA %	Relación axial	EDAD Ma	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ Inicial	DIQUES silíceos > máficos
GRANITO AGUA BLANCA	Chita	22	0,8		247 ± 15 [*]	0,7045 ± 0,031	Escasos diques cónicos y longitudinales
	Agua Blanca	24	0,9				
GRANITO LAS OPEÑAS	Un solo plutón	102	3,9	8,5	254-258 [*]	0,7099-0,7130	escasos diques longitudinales
GRANITO LOS LAVADEROS	Un solo plutón	39	1,5	3,5	259 ± 2 [*]	0,7072 ± 0,0005	Escasos diques longitudinales
GRANITO LOS PUENTES	El Fierro	413	15,7	1,6	256-257 [*]	0,7077-0,7092	Enjambres de diques longitudinales
	Los Puentes	330	12,6	2,3	257 [*]	0,7077	
	Conconta	96	3,7				
RIOLITA TRES QUEBRADAS	cuerpos subvolcánicos	7	0,3				Enjambre de diques longitudinales
GRANODIORITA LAS PIEDRITAS	Las Piedritas	472	18,0		260-263 [*]	0,7062-0,7064	?
	Romo	18	0,7	3,2	264 [*]	0,7060	?
	Tocota	192	7,3		267-269 [*]	0,7052-0,7059	?
	Los Leones	12	0,5	1,3	268-272 [*]	0,7041-0,7048	?
GRANODIORITA TABAQUITO	Tabaquito	896	34,2	1,5	326-329 [*]	0,7052-0,7065	Diques radiales andesíticos

*: Sato y Kawashita (1988), isocrona roca total; *: Roca total-biotita; *: Isocrona roca total

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 Dalziel et al., 1987).

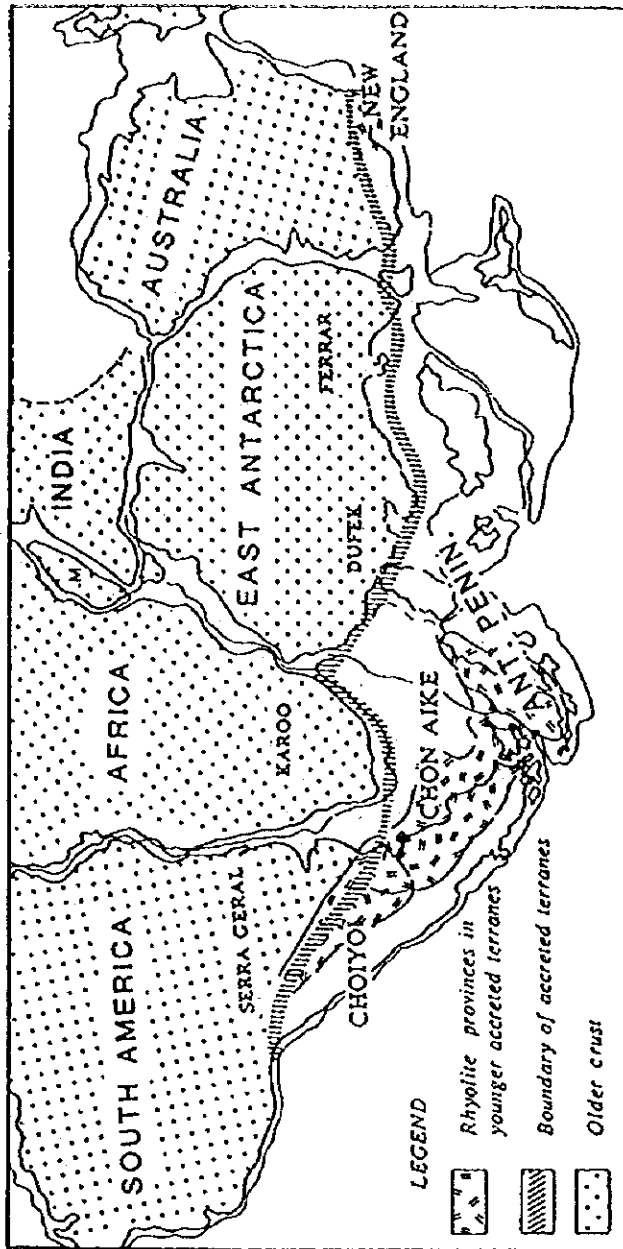


Figure I-3-3 Map of southern Gondwana granite-rhyolite provinces. (after Kay et al., 1989, Fig. 1)

(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 Area del Estudio, y se extiende formando una franja angosta de unos 10 Km o menos de ancho dentro de la Cordillera Principal (Fig. I-3-1).

La litofacie 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 Area 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 Area del Estudio, desde el límite entre las provincias de San Juan y La Rioja al norte, hasta el Río Blanco (San Juan) al sur. Las rocas volcánicas terciarias se clasifican, a grosso modo, en las rocas riolíticas de la Formación Doña Ana (Oligoceno a Mioceno Inferior) y en las rocas andesíticas de la Formación Tortolas (del Mioceno Inferior) que cubre la primera en forma irregular. Estas rocas volcánicas emplazan muchos de los yacimientos, criaderos y de las zonas de alteración hidrotermales. El conjunto de intrusivos como el stock de pórfidos se distingue por su distribución esporádica. Este se halla predominantemente en el oeste del Area 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 Area, están asociados al 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.

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 y 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 de Argentina, y fueron rellenadas por sedimentos neríticos y piroclásticas.

En el Cretácico Medio a Superior, alrededor de 100 a 80 Ma, apareció 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 a 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 sobreescurrecimiento de los sedimentos costeros principalmente de piroclásticas. Más tarde, esta deformación fue heredada por las actividades ígneas del Cretácico Superior al sur de Illapel.

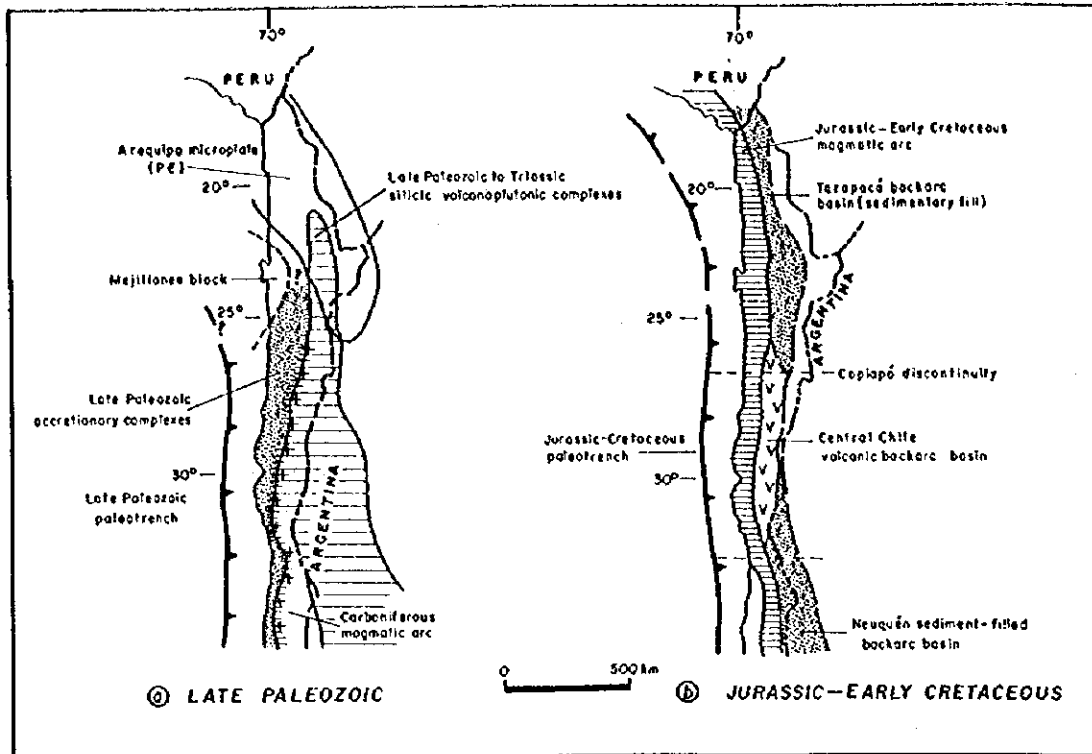
Del Paleoceno a Eoceno, alrededor de 70 Ma, la convergencia de las placas se vio acelerada, cuya relación se estima en más de 100 mm al año. Como consecuencia, se produjo un intenso volcanismo en el continente, dando lugar a la formación de yacimientos medianos tipo pórfido, y a múltiples zonas de alteración 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 31 Ma (Fig. I-3-5d). Asociada a 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 al stock de este período (El Abra: 33-34 Ma, Chuquicamata: 28-45 Ma, Escondida: 31-34 Ma y El Salvador: 39-41 Ma).

En el Terciario Medio a Superior la relación de convergencia de las placas se vio nuevamente acelerada (>110 mm/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 NO de San Juan, así como de la cubierta superior argílica que corresponde a la zona de alteración avanzada (Fig. I-3-5e). La corteza continental no era muy gruesa entonces (unos 35 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.

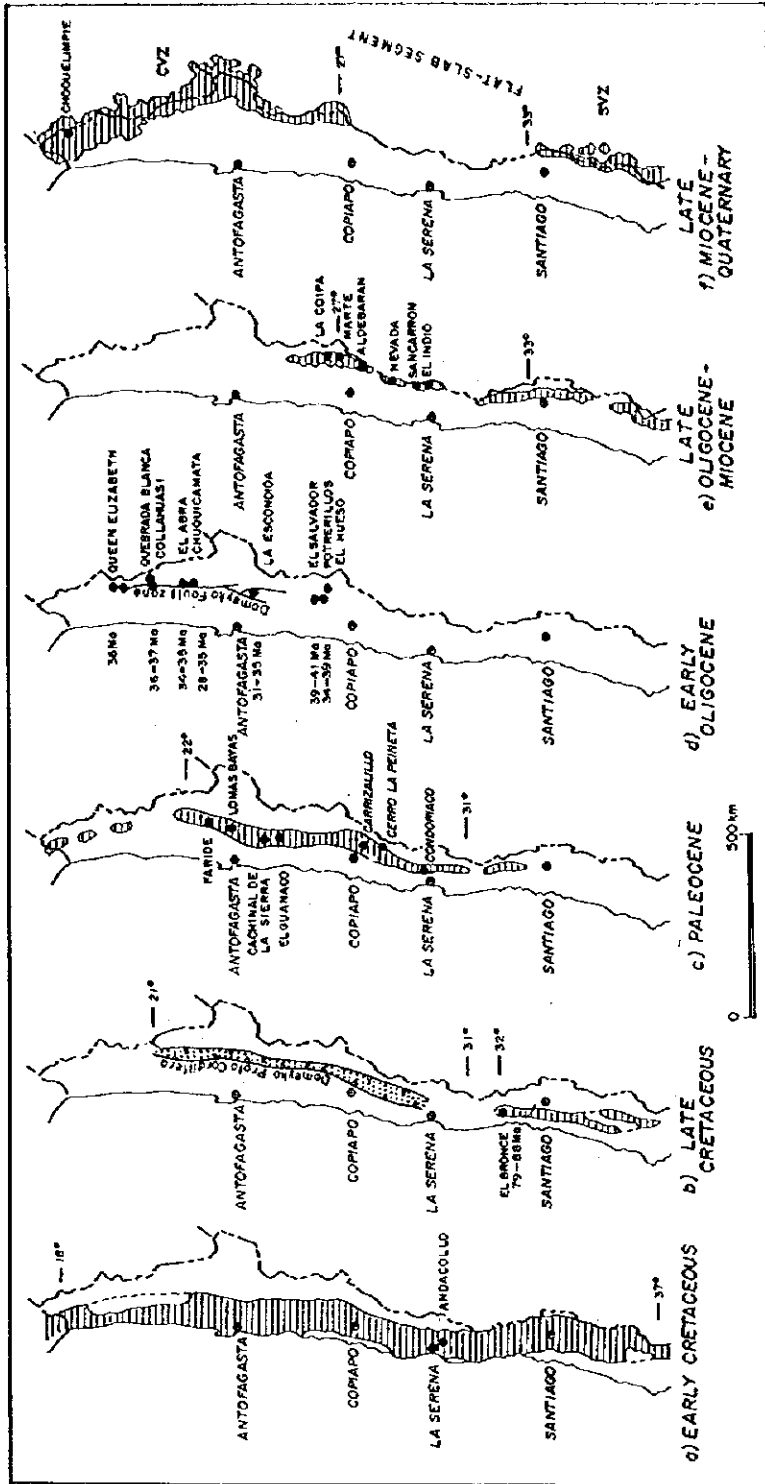
En el Mioceno Superior, a consecuencia del gran esfuerzo de compresión asociado a la subducción tipo Chile, la corteza se fue paulatinamente acortando horizontalmente y aumentado su profundidad acompañados de sobreescurrecimientos. Alrededor de 18 Ma, se inició la subducción de las losas en diferentes zonas, cerrándose considerablemente el ángulo de subducción entre las latitudes 27°S y 33°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. I-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 formadas 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 Alumbrella (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



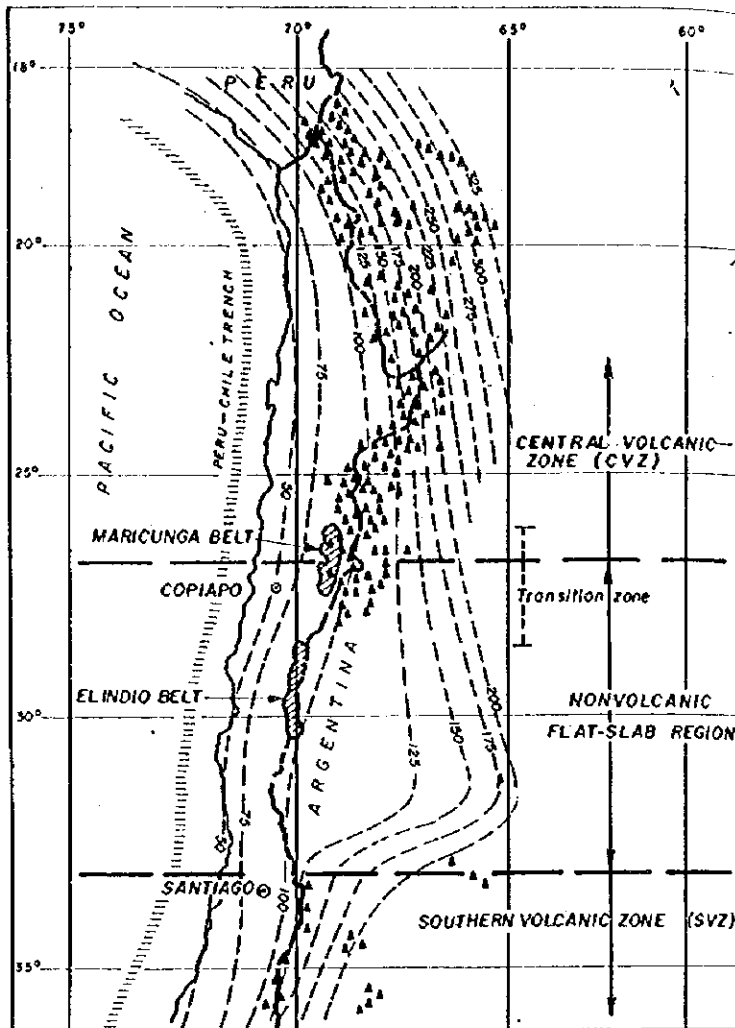
Simplified paleogeographic sketches showing the main features of the northern Chilean margin during (a) late Paleozoic, and (b) Jurassic-Early Cretaceous. Based on Mpodozis and Ramos (1990).

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)



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)

grado de erosión hasta la fecha (Davidson y Mpodozis, 1991). Por otro lado, al norte de 27°S (Zona Volcánica Central, Fig. I-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°S (Zona Volcánica Meridional, Fig. I-3-6), se deduce que no existen zonas de mineralización del Plioceno por su alta relación de erosión por el desarrollo de glaciares (Davidson y Mpodozis, 1991).

En el Plioceno Medio, de 16 Ma a 10 Ma, la placa continuó cerrando el ángulo de la subducción y 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 50 Km

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-O de la orogenia andina aceleraron la superposición de la geología desde el oeste por el sobreescorrimento y el aumento de espesor de la corteza, y se inició la migración hacia este del centro de las elevaciones asociadas a sobreescorrimentos y plegamientos. Con ello, se inició la migración de la cuenca sedimentaria delantera en mismo rumbo de la elevación. Viendo la sección transversal E-O del sur del Area del Estudio, las edades de sedimentación se estiman de 20 a 10 Ma en las cordilleras andinas, de 10 a 5 Ma en el Valle Uspallata, y en 2 Ma en las Sierras Pampeanas en las proximidades de la ciudad de Mendoza (Ramos, 1994).

3-2 Generalidades sobre yacimientos

Los principales 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

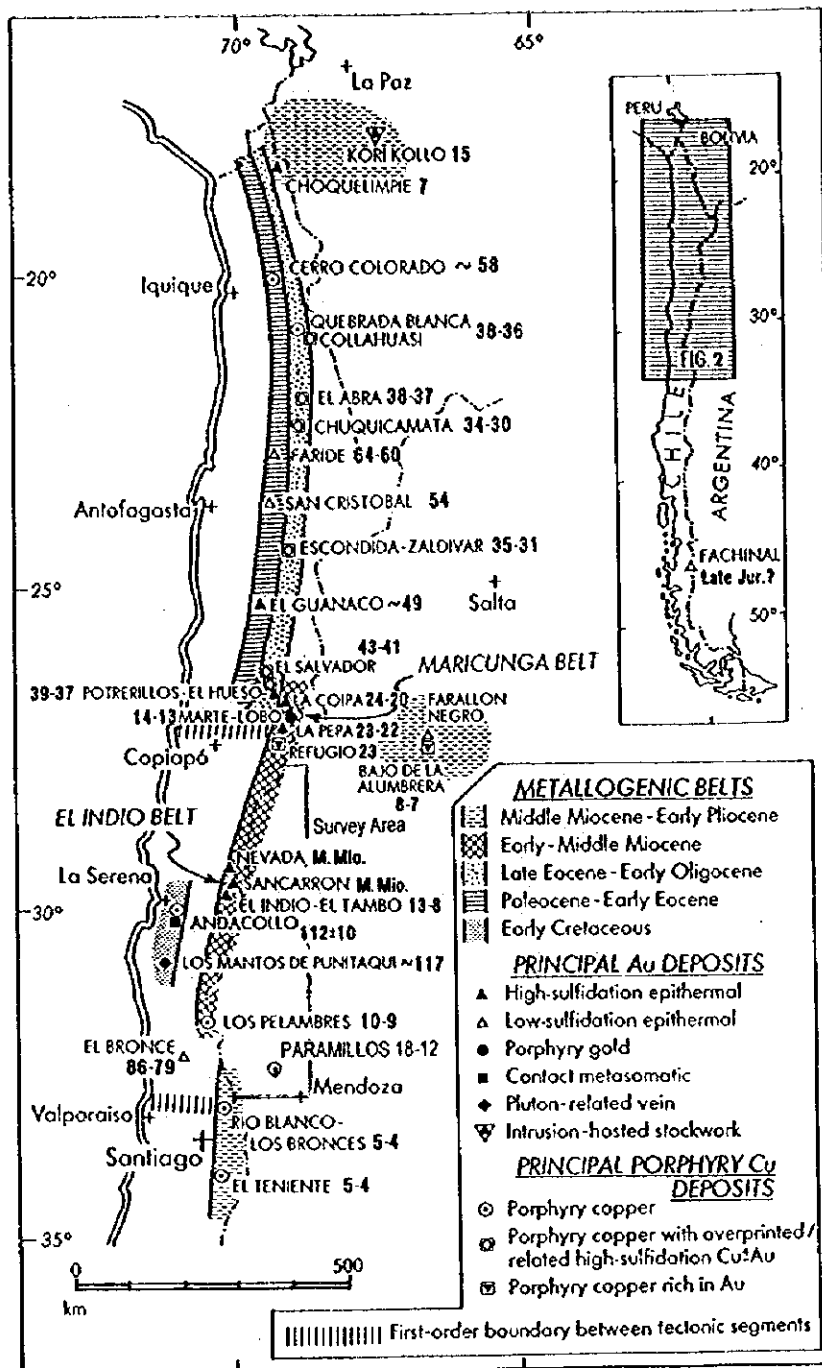
El pórfido cuprífero es el tipo de yacimientos de mayor importancia tanto por su dimensión como por el valor económico dentro de la región andina oriental. La mayoría de los principales yacimientos tipo pórfido del Area están asociados a los cuerpos de rocas hipabisales ácidas intruidas en el Terciario. 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 los arcos volcánicos estrechos, en Argentina estos se distribuyen esporádicamente formando franjas amplias desde la Cordillera Principal 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 18 Ma. 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. La distribución peculiar de los grandes yacimientos tipo pórfido en la región andina oriental se asocia con la formación de losa plana después de 18 Ma. 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. En lo que concierne a esta distribución aparentemente dispersa de los yacimientos tipo pórfido en Argentina, algunos afirman la tendencia de la disposición de los yacimientos y las zonas de alteración a lo largo de las estructuras de rumbo NO-SE o S-N, indicando que el asentamiento del magma a poca profundidad se produjo selectivamente a lo largo de los lineamientos de fisura (información del Dr. Lavandaio de SEGEMAR).

Como el yacimiento tipo pórfido del Terciario se menciona el Proyecto El Pachón (Cu, Mo) que se ubica en la zona fronteriza con Chile. Este es el yacimiento tipo pórfido más importante de Argentina, cuyos resultados del Estudio de Pre-Factibilidad fueron hecho públicos en los años '96 y '97. La magnitud de dicho yacimiento, según las informaciones de la firma Cambior, es la siguiente:

Reservas: 880 millones de toneladas (probadas y probables)
Leyes: Cu: 0,62%, Mo: 0,015%, Au: 0,02g/t, Ag: 2,41g/t
Cutt-off: 0,40%

En la zona fronteriza con Chile existen otras áreas promisorias como Yunque, Cerro Mercedario, etc., además de El Pachón. El Paramillo Sur (186 millones de t, Cu: 0,58%,



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)

Au: 0,06-0,42g/t) también es un yacimiento tipo porfídico del Terciario.

La mayoría de los yacimientos tipo porfídico de la Cordillera Oriental Andina corresponde al Terciario, y algunos pocos están asociados a los cuerpos de rocas ácidas del Pérmico (San Jorge, Yalguaraz, Alcaparrosa). El yacimiento más importante es San Jorge que se ubica en el NO de Uspallata de la provincia de Mendoza (146 millones de toneladas, Cu: 0,5%, Au: 0,2g/t y Ag: 3,5g/t), donde actualmente el Grupo Minero Aconcagua está realizando el Estudio de Pre-factibilidad. Este conjunto de yacimientos del Paleozoico se distribuye formando una franja angosta con dirección S-N, y constituyen una provincia muy peculiar de Argentina, no pudiendo observar una distribución similar en Chile.

En la cercanía del batolito de Colanguil (San Juan) se forman los numerosos criaderos tipo porfídico de edad desconocida. Como yacimientos tipo pórfido de la Faja Castaño Nuevo se mencionan, entre otros, la Quebrada de Chita (Cu, Au, Mo) en el SO de Pismanta (San Juan), La Poposa (Cu, Au), San Francisco de Los Andes (conocido también como "Cerro Negro", Cu, Au), El Retamal (Au, Cu, Mo) y el Salado (Cu, Au). Los estudios recientes aclararon que la edad de mineralización de Poposa corresponde al Mioceno Superior (6 Ma). Pocas informaciones detalladas se disponen sobre estos proyectos de exploración, pero parece que la mayoría se halla suspendida y no se ha encontrado el valor económico de estos criaderos a la fecha.

(2) Yacimientos de oro

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

Se deduce que los yacimientos de oro tipo bisulfato se forman asociados a la alteración argílica avanzada de la parte superior del sistema pórfido (Sillitoe, 1973 y otros). En el caso de la Cordillera Oriental Andina 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 Area 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 (Valle del Cura) 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, 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 Veladero (Au, Ag), Río Frío (Au, Ag) de la firma Argentina Gold; Del Carmen (Au, Ag) y La Ortiga (Au, Ag) de Barrica Exploraciones de Argentina, y; Jagüelito (Au, Ag) de Mina Peñoles de Argentina. Pocas informaciones han sido puestas en público sobre estos proyectos de exploración, y por lo tanto se desconocen sus detalles. Sin embargo se puede afirmar la existencia de varios elementos geológicos como las extensas zonas de silicificación y de alteración ácida que sugieren la presencia de un entorno epitermal en todas las zonas de mineralización. Además del Valle del Cura, existe otro criadero de oro del mismo tipo que es Castaño Nuevo (Au, Ag; actualmente bajo exploración por SONOMA Resources) cerca de la Villa Nueva, provincia de San Juan. Es probable que el criadero La Poposa mencionado anteriormente también sea del mismo tipo.

Los yacimientos vetiformes de oro se clasifican en: (1) vetas formadas cerca de los yacimientos de pórfido cuprífero y (2) vetas emplazadas en los cuerpos de rocas graníticas. En ambos casos las vetas son de menos de 1 m de espesor, constituidas por cuarzo

acompañado de un elevado porcentaje de pirita. Las vetas asociadas a los yacimientos tipo pórfido se concentran alrededor del sistema pórfido del Mioceno Medio a Superior en el noroeste de Uspallata (Mendoza), y normalmente está a varios kilómetros desde las zonas de mineralización tipo diseminación. Tales son los casos de La Negrita (Au, Ag), Grupo Oro del Sur (Au, Ag) y Pampa Fría (Au, Cu) en la provincia de Mendoza. Corresponden al conjunto de labores explotadas a principios de este Siglo en pequeña escala, donde solamente se trabajaban los sectores oxidados (limonita) a poca profundidad de la superficie. Se dice que se extraía manualmente el oro asociado a limonita de la zona de oxidación que se puede distinguir macroscópicamente. Las vetas se caracterizan también por asociarse con pirita de concentración variada. Por otro lado, como vetas de oro asociadas a las rocas graníticas se conoce el Yacimiento de Las Opeñas en el norte de Calingasta. Este es un yacimiento vetiforme emplazado en las rocas graníticas de finales del Pérmico fuertemente sericitizadas. Aquí fueron ejecutados pequeños proyectos de explotación de las zonas limonitizadas que presentaban una ley alta (capa de enriquecimiento secundario). Las Opeñas es yacimiento aislado, puesto que no se identifica ningún criadero en la cercanía.

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). Posteriormente, la firma la Anglo American realizó la exploración de los yacimientos de diseminación de la Formación San Juan, pero hasta ahora no ha sido informado el descubrimiento de una zona de mineralización con altos valores económicos. Como el criadero de oro que tiene como roca encajante a calizas se conoce el yacimiento Hualilán (Au, Ag) emplazado en la Formación San Juan en el SE de Iglesia, donde se ha formado el cuerpo mineralizado laminar paralelo al contacto de litofacies de calizas de colgajo con los intrusivos andesíticos porfidicos del Terciario, sugiriendo la existencia de la mineralización de oro tipo diseminación. La firma Plata Mining continúa realizando la exploración en este sitio. En la Formación San Juan en el SO de Guandacol (La Rioja) se encuentran los yacimientos de hierro-cobre tipo skarn como Salamanca-Abundancia (Cu, Au) en las calizas que yacen sobre los granitos terciarios. La Mina Argentina continúa realizando el estudio de los yacimientos de oro tipo diseminación en este sitio. Además, ha sido informada una ley de oro de varios g/t en las zonas de brechas silicificadas en el estrato correspondiente a la Formación San Juan de los criaderos La Criollita y La Ramada en el NO de Jagüe de la provincia de La Rioja (información del Ing. Cravero de SEGEMAR).

(3) Depósitos de plomo y zinc

Los yacimientos de plomo-zinc de la Cordillera Oriental Andina se clasifican en dos tipos en el área estudiada: los yacimientos vetiformes epitermales y los yacimientos tipo Mississippi Valley. Entre los yacimientos vetiformes de plomo-zinc caracterizados por la alta ley de plata están, desde norte a sur: Las Carachas (Pb, Zn, Ag) a lo largo del Río Blanco; El Fierro Alto y Bajo y El Salado (Pb, Zn, Ag, Cu, Ba) al norte de Iglesia (San Juan); 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 30 cm a 2 m 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 pirita-calcopirita (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 se deduce que muchos de estos yacimientos vetiformes de plomo-zinc se formaron en un medio casi epitermal alrededor del sistema porfidico. Anteriormente se ejecutaron pequeños proyectos de explotación en estos yacimientos, pero a la fecha ninguna empresa está realizando la exploración. 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 porfidico. 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 a yacimiento. Por lo tanto, muy probablemente han contribuido las aguas interformacionales de origen marino o determinados tipos de bacteria en su formación.

Capítulo 4 Análisis Integral

4-1 Comparación del análisis de los minerales de alteración con los datos de JERS-1 OPS y los resultados del reconocimiento de terreno

La descripción de los minerales de alteración utilizando los datos de satélite se realizó utilizando los datos de JERS-1 OPS correspondientes al sector oeste de la Cordillera Oriental Andina, en las Cordilleras Principal y Frontal. Estos datos no han cubierto todo el Área del Estudio, y sólo fue posible obtener nueve escenas. El análisis de las imágenes incluyó la corrección de brillo entre las escenas (para las Imágenes U y L, respectivamente), el registro entre las bandas y corrección de brillo entre bandas aplicando la técnica de líneas de suelos, cuyos resultados sirvieron de base para la generación de las imágenes mosaico. De éstas fueron generadas las imágenes de falso color (AVR358). Subsiguientemente se realizó la conversión de pseudo reflectancia de las imágenes mosaico aplicando el método de residuales logarítmicos (MMAJ, 1995, 1996a, 1996b) y se obtuvieron las imágenes de "ratio" de AVR 6/5, 7/5 y 8/5. Se analizó el comportamiento de la reflectancia de estas imágenes para clasificar los minerales de alteración. Por otro lado, se realizó la identificación y descripción de cuatro minerales de alteración (alunita, caolinita, sericita y goetita) utilizando los datos de las imágenes mosaico. Para los efectos, se re-configuraron los valores de reflectancia de cada muestra de minerales de acuerdo con la disposición de las bandas de JERS-1 OPS, y se comparó los patrones de la reflectancia de los minerales según el ensayo y los patrones de cada píxel. Los resultados del análisis fueron representados en las imágenes de escala 1:150.000.

Al hacer una comparación de los resultados del análisis de los minerales de alteración según los datos JERS-1 OPS y las informaciones obtenidas en el reconocimiento de terreno, se llegó a la siguiente conclusión:

- En el mapa de análisis de JERS-1 OPS frecuentemente se confunden alunita con caolinita, aunque cuando éstas son englobadas como minerales de alteración ácida, los resultados del análisis son lo suficientemente precisos;
- Las zonas de alteración hidrotermal identificadas relacionadas con sericitización según las imágenes de LANDSAT TM (generadas en el primer año del estudio) coinciden en la mayoría de los casos con la geología superficial real,
- Los resultados del análisis pueden ser falsos en otras áreas que no sean zonas de alteración hidrotermal, especialmente en los cuerpos de agua, lo que plantea la necesidad de verificar su validez comparando con las imágenes de "ratio" o de falso color.

Dado que el análisis de los datos de JERS-1 OPS todavía presenta varios problemas que se deben resolver, estos datos no habían sido utilizados en un estudio práctico hasta la fecha; aún hoy en día se utilizan los datos de LANDSAT TM para la exploración en diferentes países. Sin embargo, en lo que concierne a la capacidad de identificación de minerales, el volumen de informaciones que ofrece JERS-1 OPS es mucho más grande que LANDSAT TM, y es posible aplicar esta tecnología al análisis como el que se efectuó en el presente estudio. Por lo tanto, sería muy práctico utilizar los datos de LANDSAT TM y complementar las informaciones con JERS-1 OPS para obtener informaciones geológicas más específicas y precisas.

4-2 Características de las zonas de mineralización y el potencial de yacimientos de la Cordillera Oriental Andina

A través del reconocimiento de terreno se identificó que la mayoría de los yacimientos ubicados en la zona fronteriza con Chile donde predominan las rocas ígneas terciarias (Macho Muerto y Valle del Cura) corresponden a las zonas de alteración de alta sulfidación y epitermales, asociados a los criaderos de oro, según el reconocimiento de campo. En estas zonas de alteración, las venillas de cuarzo de las zonas de alteración neutra formada en el borde de la alteración ácida merecen ser exploradas por presentar una ley de oro relativamente alta. Estas áreas corresponden al Mioceno inferior a medio (Los Mogotes y Filo Amarillo) al igual que la Faja de Maricunga, o al Cretácico Superior (El Potro), según el análisis de edad metalogénica (K-Ar).

En el borde este del área de distribución de las rocas ígneas del Pérmico a Triásico se forman múltiples yacimientos y criaderos como Castaño, Tocota-Colanguil y Cordón de la Brea. Estos incluyen los yacimientos tipo pórfido, yacimientos vetiformes polimetálicos, yacimientos vetiformes de oro, yacimientos de oro o cobre asociados a la roca de caja turmalinizada y cuarcificada. De estos, los yacimientos tipo pórfido con intrusivos relativamente jóvenes, llaman especial atención desde el punto de vista de la exploración. Particularmente, los intrusivos que están dentro del batolito de Colanguil merecen ser explorados, con la expectativa de encontrar nuevos criaderos. Por otro lado, del grupo de las zonas de alteración del distrito de Castaño, calificado como el área promisoría según el análisis de las imágenes de satélite del primer año, llama la atención la zona de alteración Manrique, como posible yacimiento epitermal de oro.

El reconocimiento fue realizado también en el Ordovícico de la Pre-Cordillera (La Criollita) aunque no se llegó a descubrir nuevos criaderos promisorios. Del análisis de las imágenes de satélite no se identifican las zonas de alteración salvo Guachi, y por consiguiente el potencial de este distrito debe ser menor que otras zonas geológicas.

Al integrar los resultados del primer y segundo año, se identificaron las siguientes nueve áreas como promisorias de la Cordillera Oriental Andina donde existen elevado potencial de exploración y se identifican los posibles criaderos de cobre u oro:

La Rioja Zonas de alteración El Potro y La Ollita-Vicuñita

San Juan Río Frío, Cordón de la Inca, Filo Amarillo-Bordo Atravesado, Manrique y Guachi

Mendoza Zona de alteración circular Paramillos Norte, Crestón Amarillo, San Benicio-Cortadorous

Además de los anteriores, las zonas de distribución de las rocas ígneas terciarias que incluyen el batolito de Colanguil (San Juan) y la zona de alteración Las Burras en el oeste del distrito de Castaño también encubren el potencial de descubrimiento de nuevos criaderos.

Capítulo 5 Conclusiones y recomendaciones

5-1 Conclusiones

El segundo año del estudio de la Cordillera Oriental Andina incluyó la identificación de los minerales de alteración utilizando los datos de JERS-1 OPS y el reconocimiento de campo.

Al comparar las informaciones recogidas en el reconocimiento de campo con los resultados del análisis, se detectaron los siguientes hechos: (1) en el mapa de análisis de JERS-1 OPS frecuentemente se confunden alunita con caolinita, aunque cuando éstas son englobadas como minerales de alteración ácida, los resultados del análisis son lo suficientemente precisos; (2) las zonas de alteración hidrotermal identificadas relacionadas con sericitización según las imágenes de LANDSAT TM (primer año del estudio) coinciden en la mayoría de los casos con la geología superficial real, y; (3) los resultados del análisis pueden ser falsos en otras áreas que no sean zonas de alteración hidrotermal, especialmente en los cuerpos de agua, lo que plantea la necesidad de verificar su validez comparando con las imágenes de "ratio" o de falso color. Es posible elaborar los mapas detallados de las zonas de alteración si se toman en cuenta los factores mencionados.

Para el reconocimiento en terreno del segundo año se escogió un total de 40 sitios de las siguientes seis áreas: (1) Área de Castaño, (2) Tocota - Colanguil, (3) Criadero La Criollita, (Pre-Cordillera, La Rioja), (4) Cordón de la Brea, (5) Macho Muerto, y (6) Valle del Cura. La mayoría de los yacimientos ubicados en la zona fronteriza con Chile donde predominan las rocas ígneas terciarias (Macho Muerto y Valle del Cura) corresponden a las zonas de alteración de alta sulfidación y epitermales, asociados a los criaderos de oro, según el reconocimiento de campo. En estas zonas de alteración, las venillas de cuarzo de las zonas de alteración neutra formada en el borde de la alteración ácida merecen ser exploradas por presentar una ley de oro relativamente alta. Estas áreas corresponden al Mioceno inferior a medio (Los Mogotes y Filo Amarillo) al igual que la Faja de Maricunga, o al Cretácico Superior (El Potro).

En el borde este del área de distribución de las rocas ígneas del Pérmico a Triásico se forman múltiples yacimientos y criaderos como Castaño, Tocota-Colanguil y Cordón de la Brea. Estos incluyen los yacimientos tipo pórfido, yacimientos vetiformes polimetálicos, yacimientos vetiformes de oro, yacimientos de oro o cobre asociados a la roca de caja turmalinizada y cuarcificada. De estos, los yacimientos tipo pórfido con intrusivos relativamente jóvenes, llaman especial atención desde el punto de vista de la exploración. Particularmente, los intrusivos que están dentro del batolito de Colanguil merecen ser explorados, con expectativa de encontrar nuevos criaderos. Con estas bases, se realizó el estudio de dos zonas de sericitización identificada como áreas promisorias según el análisis de JERS-1 OPS, aunque no se llegó a descubrir criaderos. Asimismo, del grupo de las zonas de alteración del distrito de Castaño, calificado como el área promisorio según el análisis de las imágenes de satélite del primer año, llama la atención la zona de alteración Manrique, como posible yacimiento epitermal de oro.

El reconocimiento fue realizado también en el Ordovícico de la Pre-Cordillera (La Criollita) aunque no se llegó a descubrir nuevos criaderos promisorios. Del análisis de las imágenes de satélite no se identifican las zonas de alteración salvo Guachi, y por consiguiente el potencial de este distrito debe ser menor que otras zonas geológicas.

Al integrar los resultados del primer y segundo año, se identificaron las siguientes nueve áreas como promisorias de la Cordillera Oriental Andina donde existen elevado potencial de exploración y se identifican los posibles criaderos de cobre u oro:

La Rioja	Zonas de alteración El Potro y La Ollita-Vicuñita
San Juan	Río Frio, Cordón de la Inca, Filo Amarillo-Bordo Atravesado, Manrique y Guachi

5-2 Recomendaciones para los futuros estudios

Para todas las áreas promisorias es importante realizar la exploración superficial. El trabajo consistiría en realizar muestreo completo de fragmentos de rocas e identificar todos los criaderos sobre la base de un mapa de escala 1:5.000. De ser necesario, se debe efectuar el muestreo en cuadrícula, trincheras y perforación de prueba. Además de este estudio básico, para las zonas de alteración relativamente grandes como Río Frio, Cordón de la Inca, Filo Amarillo-Bordo Atravesado, etc. convendría racionalizar los trabajos utilizando los datos de satélite. La alteración neutra en los bordes de la alteración ácida en estas zonas está frecuentemente asociada a criadero de oro, por lo que la localización de esta parte constituiría la clave de la exploración. La interpretación de los minerales sobre la base de los datos de JERS-1 OPS presenta todavía varios problemas que se debe resolver, pero en lo que concierne a la interpretación de la alteración ácida y neutra específicamente, sus resultados ofrecen cierto grado de precisión. Por lo tanto, antes de realizar el estudio de la superficie, se propone preparar un mapa de escala 1:10.000 (o similar) que permita interpretar cada pixel y determinar previamente las áreas que deberían ser estudiadas con mayor prioridad.

Además de las áreas promisorias mencionadas, se propone realizar más reconocimiento en terreno con miras a descubrir nuevos criaderos, particularmente en las áreas de Tocota-Colanguil y en el batolito de Colanguil. Este último es una gran zona de distribución de granitos, de más de 200 Km de largo (con rumbo S-N), por lo que es mucho más eficiente realizar el estudio utilizando las imágenes de satélite. Sin embargo, es importante tomar nota que el batolito está asociada ampliamente a sericita (muscovita), y podría confundir las anomalías de la Banda 7 de LANDSAT TM correspondiente al batolito y las anomalías de alteración hidrotermal correspondiente a las rocas intrusivas jóvenes. Como una solución, se recomienda utilizar las imágenes de ratioing para resaltar las zonas de alteración y tener como supervisor al área de Vicuña (El Salado), para buscar el espectro y características similares a este criadero conocido. En efecto, el único criadero tipo pórfido conocido dentro del batolito de Colanguil es un criadero descubierto recién en la década de los 90, y es probable que sean descubiertas las zonas de similares características geológicas.

Por otro lado, la zona de alteración del oeste de Castaño, incluyendo Las Burras puede estar sobre la prolongación sur del Valle del Cura, aunque estos sitios son difíciles de acceder. Es importante conocer de antemano las características generales de alteración a través de un estudio preliminar.

