



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
Secretaria de Minas e Metalurgia  
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais



## RELATÓRIO DE VIAGEM AO CHILE (Consultoria Técnica e Apresentação de Palestras )

Cássio Roberto da Silva  
DHT/DEGET



Outubro de 1997

FOTO DA CAPA: Mina Sur, uma das três frentes de lavra da mina Chuquicamata (Chile), constituída pelo minério de cobre denominado “exótico”. Ao fundo, o lago onde é tratado o rejeito do minério.

## SUMÁRIO

	Página
1 Introdução .....	01
2 Objetivo .....	01
3 Programa de Viagem .....	02
4 Comentários Gerais .....	03
5 Contatos Pessoais .....	04
6 Descrição dos Assuntos Tratados.....	05
7 Considerações Finais e Recomendações.....	09
8 Agradecimentos.....	12
Anexos	

## **1 INTRODUÇÃO**

As atividades do “Protocolo Complementar entre o Governo da República do Chile e o Governo da República Federativa do Brasil do Acordo Básico de Cooperação Técnica e Científica, que Estabelece as Bases de Cooperação Técnica entre o Servicio Nacional de Geología y Minería – SERNAGEOMIN, do Chile, e a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, do Brasil”, firmado em janeiro de 1994, foram iniciadas efetivamente em julho de 1997, com a vinda ao Brasil de técnicos ligados ao planejamento (geógrafa María Cecilia Valderas Chamorro), à administração (Sr. Jose Buena) e à geologia (geólogos Constantino Mpodozis Marín e Patricio Villarroel) do Servicio Nacional de Geología y Minería – SERNAGEOMIN para conhecerem as atividades da CPRM. Esses dois últimos geólogos vieram, especificamente, inteirarem-se a respeito do Programa Informações para Gestão Territorial – GATE (Projeto Curitiba).

Os integrantes da equipe do SERNAGEOMIN mostraram-se interessados na aplicação dos conhecimentos geológicos para fins sociais e de planejamento para ocupação dos espaços físicos. Assim, solicitaram à CPRM a viagem ao Chile do geólogo Cássio Roberto da Silva, responsável pelo Departamento de Gestão Territorial - DEGET, o qual coordena os projetos do GATE em todo o território nacional.

A viagem ocorreu no período de 9 a 18 de outubro de 1997, conforme autorização expedida pelo Exmo. Sr. Raimundo Brito, ministro de Estado de Minas e Energia, através do DOU de 26.09.1997, seção 2, página 7385.

## **2 OBJETIVO**

A presente viagem teve como objetivo principal a transferência de conhecimento da experiência do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, nas atividades da utilização da geologia para o planejamento territorial e urbano, através de apoio técnico ao SERNAGEOMIN.

Tal objetivo concretizou-se através da conferência *Geología Urbana y Planeamiento Territorial: La experiencia brasileña*, proferida durante a realização do VIII Congresso Geológico Chileno, na cidade de Antofagasta, e da participação em diversas palestras, reuniões e saídas a campo sobre assuntos referentes à geologia social.

### 3 PROGRAMA DE VIAGEM

A seguir, apresentamos o programa diário das atividades executadas no Chile.

09.10.1997

Viagem do geólogo Cássio Roberto da Silva. Chegada a Santiago, pela manhã, vindo do Rio de Janeiro. Recepcionado pelo Sr. Patricio Villarroel. Hospedagem no Hotel Parlamento.

À tarde, reunião com o diretor nacional do SERNAGEOMIN, engenheiro civil de minas Ricardo Troncoso San Martín, o subdiretor nacional de geologia, geólogo Constantino Mpodozis Marín, e o chefe do Departamento de Geologia Aplicada, geólogo Arturo Hauser Yung.

10.10.1997

Apresentação, na sede do SERNAGEOMIN, pelo geólogo Cássio Roberto da Silva, das palestras *Programa Informações para Gestão Territorial do Brasil e Metodologia dos Mapas Geoambientais no Brasil*.

Apresentação do *Proyecto Ordenamiento Territorial en Zona Norte de la Region Metropolitana*, pelos geólogos Arturo Hauser e Patricio Villarroel.

11.10.1997

Saída a campo, juntamente com o geólogo Patricio Villarroel, para conhecer as porções norte (província Chacabuco) e sudeste (San Jose de Maipo) da região metropolitana de Santiago.

12.10.1997

Viagem a Antofagasta. Hospedagem no Hotel Ancla In.

13 e 14.10.1997

Participação nas conferências, palestras e reuniões ocorridas durante a realização do VIII Congresso Geológico Chileno.

15.10.1997

Visita à mina de cobre Chuquicamata.

16.10.1997

Saída a campo com o geólogo Arturo Hauser, para conhecer a cidade e os vales de Antofagasta.

17.10.1997

Apresentação da conferência *Geología Urbana y Planeamiento Territorial: La experiencia brasileña*.

18.10.1997

Viagem Antofagasta x Santiago x Rio de Janeiro.

#### **4 COMENTÁRIOS GERAIS**

O Chile é um país de contrastes de paisagens, não muito comuns para os brasileiros, como neve, deserto, terremotos e vulcões. Entretanto, senti-me muito à vontade com o povo chileno, amável e hospitaleiro.

As instalações de hotéis, bem como a alimentação servida, são de boa qualidade, sem qualquer problema de adaptação. A comunicação em língua espanhola se processou normalmente.

O câmbio do peso para o dólar americano é de 1 US\$ = 410 pesos.

## 5 CONTATOS PESSOAIS

Os contatos efetuados encontram-se relacionados a seguir.

Maria Pia Rosseto – OTAS – Região Metropolitana

Ricardo Thiele – Escuela de Geologia – Universidade do Chile

Sofia Rebolledo – Escuela de Geologia – Universidade do Chile

Rita Arqueros – Escuela de Geologia – Universidade do Chile

Pedro Vargas – Escuela de Geologia – Universidade do Chile

Patricio Villarroel – SERNAGEOMIN



Ricardo Troncoso San Martín  
INGENIERO CIVIL DE MINAS  
DIRECTOR NACIONAL

AVDA. SANTA MARIA 0104 PROVIDENCIA  
FONO: (56-2) 737 5050 - FAX: (56-2) 735 5031  
CASILLA: 10465 y 1347 - CORREO 21  
SANTIAGO - CHILE



Dr. Constantino Mpodozis Marín  
SUBDIRECTOR NACIONAL  
DE GEOLOGIA

AVENIDA SANTA MARIA 0104  
PROVIDENCIA - SANTIAGO - CHILE  
FONO: (56-2) 737 50 50 FAX: (56-2) 777 19 06  
CASILLA: 10465  
E-Mail SERNAGEO @ Huelén CL



ARTURO HAUSER YUNG.  
GEOLOGO  
JEFE DEPTO. GEOLOGIA APLICADA

AVDA. SANTA MARIA 0104 PROVIDENCIA  
CASILLA 10465  
FONO: (56-2) 737 5050  
FAX: (56-2) 777 1906  
e-mail: ahauser@sernageomin.cl.  
SANTIAGO - CHILE



María Cecilia Valderas Chamorro  
Geógrafo  
JEFE DEPTO. PLANIFICACION Y  
ESTUDIOS

AVENIDA SANTA MARIA 0104  
PROVIDENCIA - SANTIAGO - CHILE  
FONO: 737 50 50 FAX: 737 20 26  
CASILLA: 10465

UNIVERSIDAD CATOLICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS GEOLOGICAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS GEOLOGICAS

MARIO PEREIRA A.

AV. ANGAMOS 0610 - CASILLA 1280 - F. 255090 - F.-FAX: 056-55248198  
e-mail: mpereira@socompa.cecun.ucn.cl  
ANTOFAGASTA - CHILE



Richard A. Leveille  
Geólogo Jefe

Chief Geologist  
South American Exploration

CARLOS ANTUNEZ 1934  
PROVIDENCIA - SANTIAGO - CHILE

FONO (56-2) 274 6504  
FAX (56-2) 274 6558

## 6 DESCRIÇÃO DOS ASSUNTOS TRATADOS

A apresentação das palestras para os representantes do SERNAGEOMIN, da OTAS (instituição responsável pelo planejamento da região metropolitana de Santiago) e da Escola de Geologia da Universidade do Chile, constou basicamente de:

Exposição do cenário brasileiro em relação ao meio ambiente, da carência de informações do meio físico e também da cultura por parte dos administradores federal, estadual e municipal em não fazerem uso dessas informações.

Filosofia, política, objetivos e metas do GATE.

Metodologias aplicadas no PROTEGER, Curitiba, SINFOR e ZEE Brasil-Venezuela.

Exemplos dos resultados alcançados pelos projetos supracitados, incluindo a APA de Lagoa Santa e o SINGRE.

Discussões sobre a aplicabilidade das informações do meio físico pelas autoridades responsáveis pelo planejamento territorial e urbano.

O SERNAGEOMIN pretende, no próximo ano (1998), iniciar um trabalho-piloto de "GATE" na província Chacabuco, localizada na porção norte da região metropolitana de Santiago. A área, de aproximadamente 2.450km<sup>2</sup>, é parcialmente urbanizada e ocupada por condomínios de alto luxo. Grandes extensões da área são destinadas a agricultura e pastagem. É realizada uma intensa extração de rochas vulcânicas (ignimbritos, andesitos), as quais são beneficiadas de forma semimecanizada (quando se destinam a revestimento) ou esculpidas manualmente (utilizadas como ornamento - banco, colunas, fontes de águas e vasos).

A intenção do SERNAGEOMIN é iniciar por Chacabuco e estender os trabalhos ao restante da região metropolitana de Santiago, assim como às demais cidades do Chile.

O geólogo Arturo Hauser Yung, chefe do Departamento de Geologia Aplicada, onde se encontra o setor de geologia ambiental do SERNAGEOMIN, apresentou no VIII Congresso Geológico Chileno o trabalho *Mapas Temáticos para Planificación U Ordenamiento Territorial: Materias a Considera*. O objetivo do trabalho (Anexo 2) é a elaboração de cartas temáticas contendo informações geológicas básicas necessárias para subsidiar programas de



planejamento e ordenamento territorial do Chile. As cartas temáticas são:

Geológica

Sedimentos em solos explotáveis (material para construção civil)

Rochas industriais (ornamentais)

Abastecimento de água

Áreas para disposição de resíduos urbanos e industriais

Riscos geológicos

Caracterização geotécnica

Erodibilidade

Contaminação de solos

Identificação e caracterização de minas ou empreendimentos mineiros abandonados

Patrimônio cultural geológico

Em 11.10.1997, juntamente com o geólogo Patricio Villarroel, fez-se reconhecimento de campo da província Chacabuco, onde se observaram o beneficiamento dos materiais de cantaria, assim como as frentes de lavas constituídas por rochas vulcânicas terciárias (ignimbritos, andesitos) na região do morro Pão de Açúcar.

Na região de Peldehue, observou-se um perfil de solo com 4m de altura, constituído por sedimentos inconsolidados, com fragmentos e seixos subarredondados, mal selecionados, de granodiorito e rochas vulcânicas, de tamanhos variados a até 30cm, imersos em matriz arenosa de coloração cinza, formando camadas lenticulares subhorizontais, tendo em seu topo camada decimétrica de cinza vulcânica (Fotos 1 e 2). Segundo o geólogo Villarroel, esses materiais são representativos de depósito de fluxo torrencial, capeados pelas cinzas vulcânicas.

Na região do condomínio Manguco, mais afastado das encostas, o solo, com espessura de 0,70m, apresenta-se constituído por areia de coloração escura e granulometria milimétrica. Segundo o geólogo Villarroel, representativo de ambiente lagunar.

A cidade de Santiago tem uma área urbana de 1.400km<sup>2</sup>, ocupada por 5.200.000 habitantes. Encontra-se localizada a 543m de altitude acima do nível do mar, com temperaturas anuais médias que variam de 4,9° a 16,3 ° C.

A região metropolitana abrange uma área aproximada de 13.000km<sup>2</sup>, sobre uma planície formada por sedimentos inconsolidados colúvio-aluvionares, de idade quaternária. Segundo informações do geólogo Villarroel, a bacia sedimentar de Santiago originou-se por processos do tipo *graben*, com o abatimento de blocos através de falhas extensionais N-S. É uma região rodeada por morros e serras constituídos por granodioritos de idade mesozóica, além de vulcânicas, representadas por andesitos e ignimbritos de idade terciária.

No final da tarde, deslocamo-nos para San Jose de Maipo, a sudeste da cidade de Santiago, onde havia ocorrido, na semana anterior, um deslizamento de encosta (Foto 3) que atingiu cinco casas, causando apenas danos materiais.

A região apresenta morros com declividades acentuadas (50-60°) (Foto 4), constituídos na superfície por grande quantidade de fragmentos de rochas, com tamanho variando de 20-30cm, reflexos do intenso fraturamento a que o maciço rochoso foi submetido.

A estrada e os moradores situados no sopé e/ou na meia-encosta desses morros encontram-se sob iminente perigo, pois, além da alta declividade e do intenso fraturamento (falhas) das rochas, a área é muito instável tectonicamente, devido aos constantes terremotos que ocorrem na região.

No VIII Congresso Geológico Chileno foram apresentadas várias palestras interessantes sobre geologia regional, econômica e geofísica, todas de altíssimo nível técnico. Uma, especificamente, despertou nossa atenção. Era sobre sísmica de refração, na região de subducção da placa de Nasca. O perfil marcava claramente que a placa descendente iniciava o mergulho para leste a aproximadamente 70km da costa. Em profundidade, marcava uma série de cavalgamentos com vergências distintas, com mergulhos tanto para oeste quanto para leste.

Outro assunto interessante e muito comentado durante o evento foi a intensa utilização com sucesso da “Técnica Crosta” por parte das empresas de mineração que atuam no Chile e Argentina. Essa “técnica” foi desenvolvida no início da década de 1990 pelo geólogo brasileiro Alvaro Crosta, atualmente professor da UNICAMP, a qual consiste em detectar alvos mineralizados através da utilização de sensores remotos. Essa metodologia é conhecida por

técnicos da CPRM, principalmente os geólogos Ricardo Vasconcelos, chefe do DEINF, e José Carlos Garcia Ferreira, Superintendente Regional de São Paulo.

Em 15.10.1997, visitou-se a mina de Chuquicamata, a maior mina de cobre explorada a céu aberto (Foto 5), com dimensões de 4km x 2km x 0,70km de profundidade, localizada no município de Calama, deserto do Atacama, a 2.800m de altitude. Conta atualmente com 8.000 empregados.

As jazidas de cobre das frentes de lavra denominadas Chuqui e Norte são constituídas, em ordem de importância, por calcocita, covelita, calcopirita e bornita (Foto 6). São originadas por processos hidrotermais primários e secundários, de idades em torno de 30 m.a., encontrando-se hospedadas em rochas graníticas paleozóicas. Apresentam um teor médio de uma tonelada de minério para 30kg de cobre. Tem-se um concentrado de 30% de cobre e 1% de molibdênio. No final do processo, obtêm-se chapas de cobre com 99,65% de pureza.

A mina Sur (foto da capa) é constituída por minério denominado “exótico”, representado por crisocola (Foto 7), de coloração azulada, originada por processos supérgenos. O minério encontra-se encaixado em rochas graníticas e associado a zonas de cisalhamento rúptil. A mina apresenta uma reserva de 86 milhões de toneladas, com 1,3% de cobre, com o minério disposto ao longo de 1km de extensão, com 40-60m de espessura, até 170m de profundidade.

Segundo os expositores técnicos da mina, Chuquicamata tem uma reserva medida para ser explorada nos próximos 25 anos, com programação preestabelecida ano a ano dos locais físicos, teor e produção estimada a ser lavrada.

Em 16.10.1997, juntamente com o geólogo Arturo Hauser, procedeu-se a um reconhecimento dos arredores da cidade de Antofagasta, sede do congresso, distante cerca de 1.300km a norte de Santiago, situada às margens do oceano Pacífico.

A cidade de Antofagasta, também denominada a “Capital do Minério”, está posicionada no sopé da cordilheira da costa (Foto 8). Ela tem sofrido diversos desastres naturais causados por fluxo de aluviões, em época de chuvas torrenciais. A última chuva ocorreu em junho de 1991,

conforme descrito por Arturo Hauser Yung (*Los aluviones del 19 de Junio 1991 en Antofagasta: un analisis critico, a 5 anos del desastre*. Subdireccion Nacional de Geologia, SERNAGEOMIN, Bol. nº 49, Santiago, Chile, 1997), acarretando a morte de 91 pessoas e deixando 19 desaparecidos, perdas totais de 700 residências e 4.000 com severos danos. Estima-se em torno de 20.000 o número de pessoas feridas.

Durante o reconhecimento, observou-se que as sugestões apresentadas pelos técnicos do SERNAGEOMIN ao governo local, para obras de prevenção ou mitigação de futuros fluxos aluvionários, não foram acatadas. Muito pouco foi feito, provavelmente devido aos estudos de Hauser (op. cit.) para a região, praticamente desértica, de baixa pluviosidade, apontarem precipitações similares à que ocorreu em 1991 em apenas duas vezes a cada 100 anos.

Finalmente, em 17.10.1997, o geólogo Cássio apresentou a conferência *Geología Urbana y Planeamiento Territorial: La experiencia brasileña* (Anexos 3 e 4) a uma platéia de aproximadamente 80 pessoas, durante 40 minutos, seguidos de mais 30 minutos de perguntas e esclarecimentos. Os assuntos abordados foram as metodologias utilizadas nos projetos PROTEGER e Curitiba, assim como os resultados alcançados.

O interesse despertado nos presentes foi muito grande, principalmente nos geólogos do SERNAGEOMIN, professores e universitários. As perguntas se concentraram nos seguintes tópicos: tempo de treinamento para desenvolver essa atividade; a resistência cultural do geólogo frente a novos paradigmas e necessidades da sociedade; os temas a serem enfocados no Chile, tendo em vista as diversidades do meio físico em relação ao Brasil; a real utilização, das informações levantadas, pelas autoridades brasileiras responsáveis pelo planejamento territorial.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES**

Os objetivos propostos para a viagem ao Chile, a convite do SERNAGEOMIN, para apresentação de palestras e transferência de conhecimentos sobre o Programa Informações para Gestão Territorial - GATE, foram plenamente alcançados, tendo em vista a manifestação do público que assistiu às palestras e a intenção do SERNAGEOMIN de solicitar a participação de

especialistas da CPRM para acompanhar os trabalhos sobre o levantamento de informações geológicas para o planejamento urbano, que serão desenvolvidos no próximo ano.

Para tanto, recomenda-se que sejam designados especialistas das nossas unidades regionais, para prestarem sua colaboração aos assuntos que se fizerem necessários, no âmbito do Acordo de Cooperação Técnica CPRM – SERNAGEOMIN.

Os trabalhos de geologia aplicados ao planejamento urbano e territorial ainda são incipientes no Chile, realizados através de algumas iniciativas da Universidade de Concepcion. Entretanto, os trabalhos sobre riscos geológicos são excelentes, principalmente os elaborados pelo SERNAGEOMIN.

O Chile é um país que apresenta vários tipos de riscos naturais, vulcões, terremotos, fluxos de material, deslizamento, desprendimento, avalanches, enchentes e subsidência, em geral de trágicas conseqüências. Essas características assumem grande importância em relação ao bem-estar da população chilena, merecendo por parte do SERNAGEOMIN uma atenção especial. Isso posto, sugere-se a implantação, em nível nacional, de um Programa de Riscos Geológicos, contendo cadastramento, localização, caracterização e propostas de solução/mitigação dos problemas encontrados.

Em relação à proposta apresentada por Hauser no congresso, para a elaboração de mapas temáticos na região metropolitana de Santiago, concordamos com os temas. Entretanto, há necessidade da confecção de uma carta geoambiental, escala 1:100.000, que sintetize todos ou a maioria dos temas, e que contemple a delimitação de áreas que devem ser preservadas, recuperadas e as potenciais ao desenvolvimento. A escolha da região norte, província Chacabuco, como “área-piloto”, não parece adequada, pois a experiência tem mostrado que as variações físicas e ambientais são muito grandes de região para região. Certamente, a situação do setor norte será diferente da do setor sul. Em geral, perde-se muito tempo para desenvolver metodologia, que, provavelmente, terá de ser modificada em outra área.

As encostas da região de San Jose de Maipo apresentam alto risco a escorregamento e somente obras de contenção poderão solucionar o problema, principalmente aquelas do tipo de bancadas, similares às executadas pelas minas a céu aberto. Essas bancadas poderiam ser feitas

em associação com empresas privadas, pois o material retirado pode ser usado na construção de estradas, aterros e residências, minimizando assim o custo por parte do governo local.

Em Antofagasta, obras de contenção dos vales (quebradas) devem ser efetuadas, conforme as sugestões já apresentadas por Arturo Hauser, de larga experiência em geotecnia. Entretanto, necessita-se sensibilizar as autoridades locais para o grande perigo que a cidade corre, quando da precipitação de grandes chuvas. Talvez o envio de correspondência ao prefeito com divulgação na imprensa possa dar um maior impacto ao problema.

Para finalizar, salienta-se que as sugestões aqui apresentadas são de caráter preliminar, sujeitas a discussões e críticas, devendo ser entendidas como uma simples contribuição, com base nos dados e observações efetuadas durante a viagem.

## 8 AGRADECIMENTOS

Aos excelentíssimos senhores ministro de Minas e Energia, Dr. Raimundo Brito, e secretário de Minas e Metalurgia, Dr. Giovanni Toniatti, os nossos agradecimentos pela autorização concedida para realização desta viagem.

Nossos agradecimentos à Diretoria Executiva da CPRM, Drs. Idelmar da Cunha Barbosa, Gil Pereira de Souza Azevedo, Augusto Wagner Padilha Martins, Juarez Milmann Martins, pelo incentivo e apoio. E, em especial, ao diretor-presidente, Dr. Carlos Oití Berbert, sempre sensível na busca da integração e colaboração com os serviços geológicos vizinhos, no sentido de viabilizar o desenvolvimento sustentável das nações envolvidas.

À equipe do SERNAGEOMIN, eng. Ricardo Troncoso San Martín (diretor nacional), Dr. Constantino Mpodozis Marín (subdiretor nacional de Geologia), geógrafa María Cecilia Valderas Chamorro (chefe do Deptº Planificación y Estudios), Sr. Jose Bruna (responsável pela Contraloria Interna), geólogo Arturo Hauser Yung (chefe do Deptº de Geologia Aplicada) e geólogo Patricio Viallarroel, nossos sinceros agradecimentos pela amável acolhida e atenção dispensada.

Aos colaboradores das Superintendências Regionais de Porto Alegre, geólogo Luiz Fernando P. Zanini, São Paulo, geólogo Antônio Theodorovicz, Recife, geólogo Julio Nesi, Residência de Fortaleza, geólogos Jaime Quintas Colares e Ricardo Brandão, e Divisão de Gestão Territorial da Amazônia, geólogo Valter J. Marques, pelo empréstimo de transparências e contribuição de dados dos projetos GATE, sem os quais não teríamos tido êxito em nossa empreitada, registramos a nossa imensa gratidão.

Nossos agradecimentos ao Dr. Samir Nahass, pelo empenho, dedicação e entusiasmo no relacionamento com instituições internacionais, sempre buscando promover o intercâmbio técnico-científico das geociências.

À Dra. Regina Celia G. Armesto, nossos agradecimentos pela substituição da chefia do DEGET, assim como à Prof<sup>a</sup>. Sueli Cardoso de Araújo, pelas sugestões e correções deste texto.

Finalmente, não poderíamos deixar de registrar o agradecimento ao sempre solícito Sr. Sylvio S. Ferreira.



**ANEXO I**



**Foto 1** – Perfil de solo, representativo da porção norte da bacia sedimentar de Santiago, constituído por sedimentos inconsolidados de idade quaternária (região de Peldehue).

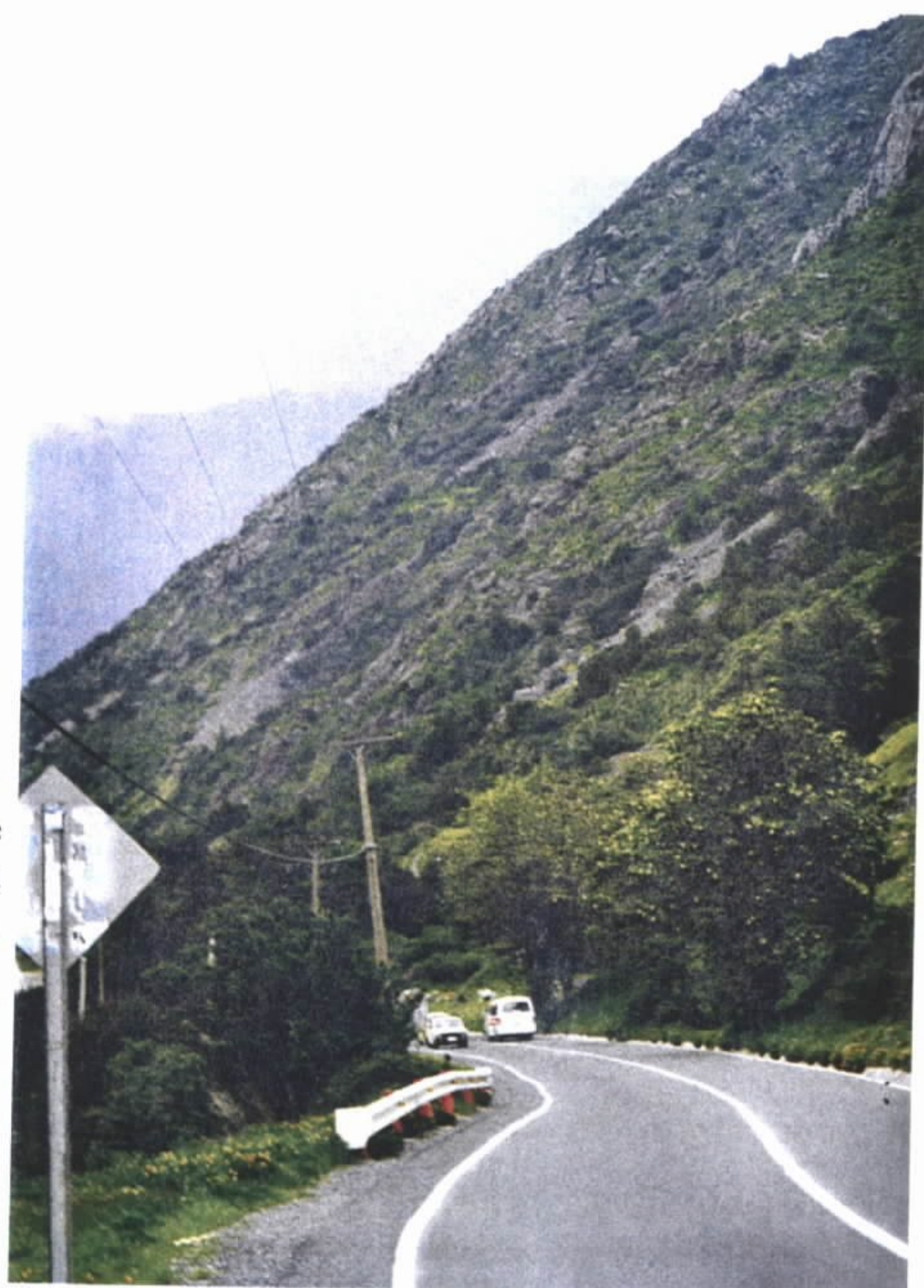


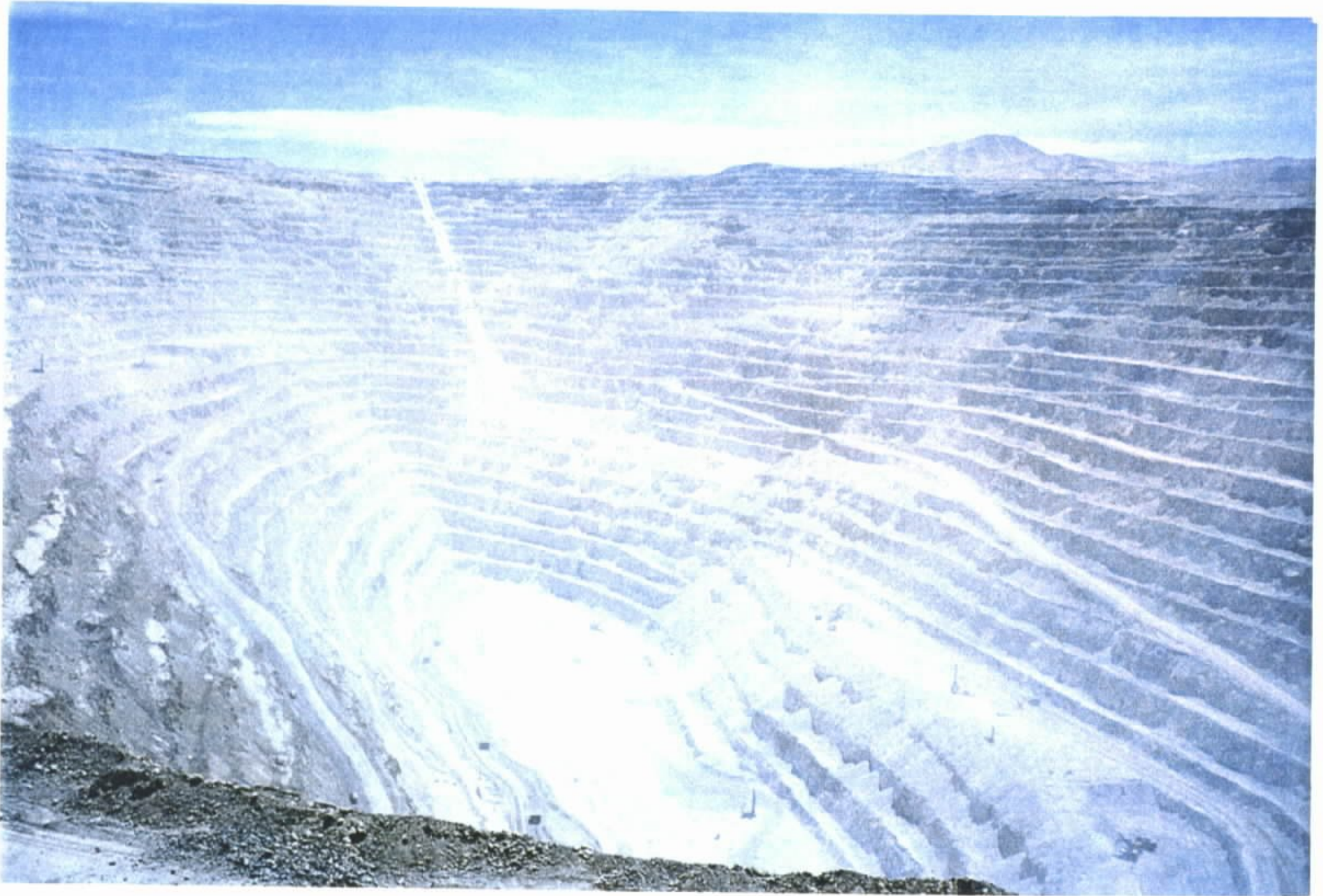
**Foto 2** – Detalhe da foto anterior, onde se têm fragmentos angulosos e seixos subarredondados, mal-seleccionados de rochas de idade mesozóica (granodiorito) e terciária (ignimbrito, andesito).



**Foto 3** – San Jose de Maipo, localizada a sudeste de Santiago, no sopé da cordilheira pré-andina. Ao fundo, a clareira deixada pelo deslizamento da encosta, atingindo cinco casas abaixo. Os danos foram somente materiais.

**Foto 4** – Estrada Santiago – San Jose de Maipo, onde as encostas apresentam declividade de 50-60°, justamente numa zona de falha altamente instável, sujeita a constantes deslizamentos.





**Foto 5** – Frente da lavra da mina de Chuquibambilla, com dimensões de 4km x 2km x 0,70km de profundidade.



**Foto 6** – Minério da mina de Chuquibambilla, constituído, em ordem de importância, por calcita, covelita, calcopirita e bornita, encaixados em rochas graníticas hidrotermalizadas.



**Foto 7** – Mina Sur, constituída por minério “exótico”, de coloração azulada, denominado crisocola, com minerais de gipsita de coloração clara.



**Foto 8** – Cidade de Antofagasta, distante 1.300km a norte de Santiago, situada no sopé da cordilheira da costa.

## ANEXO II

## MAPAS TEMÁTICOS PARA PLANIFICACIÓN U ORDENAMIENTO TERRITORIAL: MATERIAS A CONSIDERAR

ARTURO HAUSER YUNG<sup>1</sup>

### RESUMEN

Se entregan los antecedentes referidos a un proyecto precursor que el SERNAGEOMIN, está desarrollando en el área de Geología Ambiental. Se orienta a proporcionar información geológica básica necesaria para sustentar programas de Planificación u Ordenamiento Territorial en Chile, en relación con futuros proyectos de desarrollo urbano, industrial, minero, recreacional. El estudio, a ser realizado en la Región Metropolitana, intenta otorgarle al suelo un uso compatible con sus características geotécnicas y los riesgos geológicos a los cuales está sometido. Las materias objeto de estudio, corresponderán a: marco geológico; sedimentos o suelos explotables (gravas y arenas); arcillas; rocas industriales (rocas dimensionadas - áridos); suministro de agua (superficial y subterránea); sitios para la segura disposición de residuos urbanos o industriales; riesgos geológicos; caracterización geotécnica; erosionabilidad; contaminación de suelos; identificación y caracterización de yacimientos mineros en abandono; patrimonio cultural geológico.

### INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, hacia mediados de la década del 80 los Servicios Geológicos de los principales países desarrollados, dieron inicio a variadas investigaciones orientadas a la producción de mapas geológicos temáticos, consignando una serie de variables que en la geología, resultan determinantes para la eficiente gestión y manejo del recurso suelo, destinado a satisfacer diversas demandas de uso: vivienda, industria, agricultura, recreación, etc. Estas nuevas actividades se enmarcan en el ámbito de la GEOLOGÍA AMBIENTAL, entendida "como la aplicación del conocimiento geológico a los procesos que ponen en riesgo o comprometen la vida, seguridad, salud y bienes de las personas y/o comunidades, y al eficiente aprovechamiento de los recursos naturales: rocas, suelos, agua..." Los mapas resultantes, proporcionan el sustento técnico, referido a las propiedades del suelo, cuando se trata de optimizar su aprovechamiento para diverso destino. Con anterioridad a ello, los mapas geológicos convencionales poco servían a estos propósitos: su contenido, junto con satisfacer requerimientos eminentemente geológicos, estratigráficos y tectónicos, incorporaban leyendas y simbologías de difícil comprensión para las comunidades científicas y técnicas desvinculadas del quehacer geológico.

Como resultado de esta singularidad, se ha establecido que, hasta la fecha, a nivel nacional, es muy escasa la información geológica que ha sido utilizada tanto por las instituciones gubernamentales (municipalidades, ministerios), como empresas privadas (inversionistas, consultores, proyectistas, constructores), para materializar programas de desarrollo urbano. Este carácter, se manifiesta con particular notoriedad en relación con la ejecución de Planos Reguladores de numerosas ciudades chilenas, en los cuales la componente geológica está prácticamente ausente. Situación particularmente grave, cuando en el uso del suelo para diverso destino (urbano, industrial o recreacional), se suele desatiende la importancia de aspectos relacionados con determinados riesgos geológicos de común ocurrencia en Chile: remociones en masa, inundaciones, actividad volcánica y sísmica. Las crónicas históricas chilenas, registran cuantiosas pérdidas de vidas humanas y elevados costos económicos, asociados a la ocurrencia de variados fenómenos naturales, en los cuales la componente geológica ha intervenido decisivamente.

SERNAGEOMIN, no podía estar ajena a esta tendencia mundial. En el caso de

<sup>1</sup> Servicio Nacional de Geología y Minería, Av. Santa María 0104, Santiago

Chile, la decisión de incorporar la temática ambiental a sus Proyectos, lejos de asumirla como una "moda" a la que no es conveniente ni oportuno desatender, será asumida como una actividad vital e indispensable, en cuanto la información básica generada, permitirá respaldar los programas de Planificación u Ordenamiento Territorial.

La enorme, creciente y sostenida presión de desarrollo urbanístico respecto de numerosas ciudades chilenas producto de migraciones rurales, junto con demandar fuertes inversiones en el sector vivienda, industria y agricultura, ha condicionado la necesidad de incrementar el conocimiento de las propiedades del suelo, en todos sus aspectos. En los nuevos planes de Ordenamiento Territorial, se hizo evidente la necesidad de disponer del mayor conocimiento geológico de la respectiva componente suelo de fundación y su entorno, como una forma de proporcionar respaldo tanto a los programas de desarrollo urbano como sus cuantiosas inversiones.

Por tratarse de una actividad nueva se optó por seleccionar una Zona Piloto. Consideraciones prácticas y económicas, sustentaron la elección en torno a un extenso sector territorial ubicado inmediatamente al norte de la ciudad de Santiago, específicamente, en la zona de Chicureo-Colina-Chacabuco. Por su proximidad a la capital; buenos accesos; buena infraestructura de energía; agua potable; alcantarillado; telecomunicaciones, presencia de terrenos llanos y adecuados suelos de fundación, durante los últimos cinco años, el suelo en la zona ha estado sometido a severas demandas, para destino habitacional.

El objetivo del Proyecto, se orienta a la producción de mapas geológicos temáticos, incorporando información simple y lúcida, de fácil acceso, para los profesionales, encargados de la Planificación Territorial o gestión del Recurso Suelo. Esta actividad, debe ser entendida, como la necesidad de otorgarle al recurso suelo un uso compatible con sus características o propiedades geológicas, morfológicas, geotécnicas, hidrogeológicas, potenciales riesgos geológicos, disponibilidad y características de recursos naturales.

#### **CONTENIDO O ASPECTOS A SER CONSIDERADOS EN EL ESTUDIO**

La revisión de documentos técnicos comprometiendo la ejecución de estudios de Planificación u Ordenamiento Territorial, por parte de numerosos Servicios Geológicos, permitió conformar aspectos a ser incluidos en los futuros estudios a realizar por SERNAGEOMIN. Consideraciones prácticas, hicieron aconsejable adecuar algunas materias a la realidad y necesidades del país; significó, tanto suprimir u otorgarle participación secundaria a algunos aspectos técnicos, como incorporar materias fundamentales en la problemática geoambiental chilena; como resultado de este proceso, el siguiente listado da cuenta de las materias que SERNAGEOMIN ha considerado como básicos en la elaboración de sus futuras cartas destinadas a la Planificación u Ordenamiento Territorial.

**1. Marco Geológico.** Identificación, delimitación y caracterización geológica de todas las unidades de rocas y suelos identificadas. En cada caso, se debe acompañar una breve reseña de sus rasgos morfológicos y estructurales, carácter petrográfico o litológico, con indicación del origen de cada uno de los materiales. La información surge tanto de recopilaciones de estudios previos, como de nuevos aportes vinculados a actividades exploratorias de mayor detalle.

#### **2. Sedimentos o suelos explotables**

**2.1. Grava y arena.** Será necesario identificar y caracterizar la distribución de estos materiales, para destino o aplicaciones en la construcción de caminos: terraplenes, sub-bases, bases, carpetas de rodado, áridos (para la preparación de hormigones, pavimentos asfálticos, preparación de fundaciones etc.). A partir de pozos de empréstito en actual explotación o abandonados, es posible identificar adecuados perfiles o secciones en situación de facilitar el conocimiento litológico o granulométrico de las respectivas secuencias sedimentarias. Se deberá proporcionar indicación respecto de: condiciones o facilidades de explotación, (consignando información referida a la presencia de materiales de coberturas o escarpes, situación del nivel estático, estabilidad de las paredes de las excavaciones, vías de acceso) y estimaciones de "reservas" explotables.

**2.2. Arcillas.** La adecuada localización y caracterización de los depósitos de



éstas, tiene importancia ya que constituyen la base para la elaboración de ladrillos destinados a la construcción: arcillas; colateralmente, se emplean en la dosificación de materiales granulares: gravas y gravas arenosas, en la construcción de fundaciones de viviendas y recintos industriales, así como en obras viales: sub-bases, bases, carpetas de rodado, y en la impermeabilización de los muros perimetrales de diversos tranques para agua potable o riego o sitios para la segura disposición de residuos contaminantes. Arcillas con características específicas de granulometría-plasticidad, capacidad de contracción, color y composición química, pueden ser empleadas en la industria de cerámica.

### **2.3. Rocas industriales (admite dos rubros)**

2.3.1. Rocas dimensionadas. Materiales rocosos que pueden ser objeto de explotación, para satisfacer demandas en la construcción de viviendas e industrias, tanto para la producción de elementos de ornamentación (revestimiento de exteriores), como estructuras de fundación. En el primer caso, las propiedades de resistencia, color y homogeneidad, resultan determinantes, sin desconocer la presencia de atractivos rasgos estructurales y texturales; convenientemente tratadas, mediante prolijas técnicas artesanales, permiten la elaboración de finas placas o láminas destinadas al "enchapado" exterior de viviendas. En los últimos años, la fuerte expansión alcanzada por la construcción de viviendas, en la Región Metropolitana, ha condicionado una importante demanda de estos materiales. Ha sido satisfecha por numerosas explotaciones artesanales, ubicadas en torno a la zona de Chicureo. Las canteras tienden a localizarse en macizos rocosos correspondientes a rocas volcánicas y volcanoclásticas: andesitas, pórfidos andesíticos, tobas, brechas. Una parte mayoritaria de estas actividades, se realizan con total desapego a consideraciones ambientales, criterios selectivos de laboreo, condiciones de seguridad. Se trata de una actividad particularmente polucionante: a la degradación paisajística, se unen la producción de fuertes ruidos, vibraciones y material particulado, (operaciones de perforación, tronadura, carguio, transporte). En la zona de Chicureo se ubican numerosas canteras en situación de abandono, cuyos desmontes experimentan permanentes remociones, (desprendimientos de bloques) en situación de comprometer la vida y seguridad de las personas instaladas a sus pies.

2.3.2. Rocas para la producción de áridos o agregados. Tanto por agotamiento de las reservas de ripios, gravas, arenas, como por restricciones ambientales o el notable mejoramiento registrado en la tecnología de trituración o "chancado" de rocas, la producción de agregados o áridos a partir de rocas, ha experimentado un notable incremento. Las demandas del producto, se orientan a la elaboración de hormigones para la construcción de viviendas, industrias, infraestructura habitacional (calles, veredas) y vial (carreteras). Los criterios de calidad, dicen relación con requerimientos de resistencia, carácter petrográfico y composición química, entre otros parámetros. Proyectos de defensas fluviales, suelen ejercer fuerte demanda respecto de la producción de bloques. Sus requerimientos de calidad se vinculan a rocas no alteradas, resistentes, con aspecto fresco, cuya explotación permita la producción económica de bloques angulosos (a objeto garantizar una efectiva traba mecánica), de muy variado peso y volumen. En estos casos, junto con proporcionar información respecto del carácter petrográfico y aspectos físico y químicos de las rocas, resulta determinante efectuar un análisis de aquellos rasgos estructurales (fallas, diaclasas, fracturas) que controlan tanto los procedimientos de explotación (manual, mecanizada o tronadura), como el dimensionamiento final de los bloques, (tamaño-peso, angulosidad).

**3. Suministro de agua.** Interesa conocer su localización, disponibilidad y carácter físico-químico, referidos a suministros tanto superficiales como subterráneos. El catastro de pozos profundos o norias, constituye un atractivo aporte al conocimiento del recurso en sus aspectos cuantitativos (situación del nivel estático y oscilaciones, caudales) y cualitativos (aspectos hidroquímicos, trayectoria de flujos, etc.).

El exacto conocimiento de su respectiva localización y carácter litológico, proporciona una efectiva pauta preliminar de prospección.

La adecuada representación gráfica de la información físico-química de las aguas subterráneas, constituye un valioso antecedente para respaldar procedimientos de uso o gestión del recurso.

La disponibilidad de información respecto del carácter sedimentario de los acuíferos almacenadores, del carácter físico-químico de las aguas extraídas; profundidad a la cual se ubica el nivel estático, junto a la permeabilidad de los depósitos superficiales, determina el eventual riesgo a la contaminación por diversos agentes: residuos domiciliarios, industriales, mineros, agrícolas (fertilizantes, plaguicidas, insecticidas).

La información sobre esta materia admite ser entregada bajo el concepto de "vulnerabilidad a la contaminación": susceptibilidad de que la calidad del agua subterránea pueda ser alterada negativamente como consecuencia de actividades humanas en superficie..."

**4. Sitios para la segura disposición de residuos urbanos e industriales.** Los modernos programas de Planificación Territorial, no pueden desatender las variables vinculadas al conocimiento de la localización y caracterización de lugares para la segura y eficiente disposición de residuos urbanos e industriales.

La respuesta a esta problemática, está dada por mapas consignando la identificación, delimitación y caracterización de determinadas unidades morfológicas, integradas por suelos o rocas, en situación de albergar estructuras para la segura disposición de residuos. Idealmente, corresponden a zonas depresionarias, integradas por depósitos o materiales impermeables: suelos arcillosos o rocas intensamente meteorizadas.

**5. Riesgos Geológicos.** El concepto de riesgo geológico debe ser entendido como "todo proceso o suceso en el medio geológico natural, que en ausencia de predicción, prevención o control puede comprometer la vida, seguridad, salud o bienes de las personas o comunidades...". Destacan aquellos referidos a remociones en masa: deslizamientos, desprendimientos, flujos de barro o detritus, soliflucción, avalanchas, actividad sísmica y/o volcánica, inundaciones.

En la Zona Piloto, convendrá poner particular énfasis en procesos asociados a desprendimientos, flujos de barro y detritus, e inundaciones. Los primeros, tienen relación con la movilización de desmontes de canteras, derramados sobre laderas rocosas con fuerte pendiente, por tanto muy inestables. Los segundos, en cambio, concentrados en cauces abandonados o con escurrimiento efímero, producto de lluvias de gran intensidad.

Zonas de morfología depresionaria o sectores cuyos primitivos cauces de escurrimiento han sido eliminados por el desarrollo urbano, son muy proclives a experimentar procesos de inundación.

Simple procedimientos de representación cartográfica, permiten identificar y cuantificar diversos niveles de riesgo asociados a los procesos anteriormente individualizados. Las sectorizaciones resultantes, determinan la oportuna adopción de normativas o procedimientos de restricción para el uso del suelo, diseño y construcción de elementos de mitigación o control, etc.

**6. Caracterización Geotécnica.** Los costos de diseño y construcción de cualquier tipo de obras civiles, incluyendo aquellas de urbanización, están fuertemente condicionados al carácter geotécnico de los suelos o materiales de fundación. Una serie de factores de fácil evaluación cualitativa, permiten identificar los terrenos deficitarios; tienen relación con la presencia de suelos finos, compresibles, con baja capacidad de soporte, arcillas expansivas, terrenos con niveles estáticos someros, etc.

La adecuada identificación, caracterización y representación cartográfica de estas propiedades, proporciona el necesario y efectivo respaldo, a los proyectos de planificación territorial, del momento que posibilita la sectorización y jerarquización geotécnica del terreno objeto de aprovechamiento; la incorporación de sectorizaciones del terreno, permite anticipar la oportuna adopción de procedimientos de restricción al uso, medidas de control o mejoramiento durante las fases constructivas o reasignación del uso del suelo. Todas estas variables tienen determinante incidencia en los costos finales de las obras civiles a proyectar.

**7. Erosionabilidad.** En la mayoría de los ambientes geológicos, los procesos erosivos participan decisivamente de la degradación ambiental o paisajística de suelos y/o rocas intensamente meteorizadas. Situaciones extremas pueden provocar o poner en riesgo obras civiles construidas, (caso de estructuras lineales como acueductos, gasoductos, canales, caminos, etc.). Atendido este carácter, el oportuno conocimiento y cuantificación de este tipo de procesos, es determinante en el desarrollo de proyectos de ordenamiento o planificación territorial; al posibilitar la oportuna sectorización de los terrenos, favorecen intervenciones administrativas conducentes a aplicar tanto restricciones de uso al suelo, como el diseño y construcción de obras de mitigación o control estructural.

**8. Contaminación de suelos.** En bajas concentraciones, algunos metales son esenciales para la supervivencia de los organismos tanto humanos, animales y plantas; en elevadas concentraciones resultan peligrosos y aún tóxicos (caso del cadmio, mercurio, plomo y arsénico en rocas y/o suelos). Los metales sólo ponen en riesgo la salud, cuando participan en el ciclo natural transformándose en elementos bio-disponibles.

De particular interés es la determinación de líneas base o concentraciones naturales de metales pesados en los suelos (cadmio, mercurio, plomo, arsénico, cobre, níquel, zinc), a objeto establecer posteriores y oportunos procedimientos de control, como resultado de eventuales intervenciones humanas: descarga de efluentes; vertido de residuos urbanos; aplicación de fertilizantes, insecticidas, plaguicidas, derrames tóxicos accidentales, etc.

**9. Identificación y caracterización de yacimientos o establecimientos mineros abandonados.** La intensa actividad minera que se desarrolla en Chile, vinculada a la extracción de recursos tanto metálicos como no metálicos, en muchos casos, comprometen terrenos aledaños o dispuestos en torno a centros poblacionales. Las faenas, pueden involucrar la creación de extensas cavidades ya sea subterráneas o a tajo abierto, junto al desarrollo de voluminosos acopios para la disposición de materiales estériles o productos residuales propios de los respectivos procesos de tratamiento (relaves), sin descartar la generación de importantes residuos líquidos. Se transforman en determinantes elementos ambientalmente degradadores.

Sea como fuere, se detecta una evidente carencia de procedimientos en lo concerniente al manejo y comportamiento post operacional de tales estructuras, esto es, en situación de abandono. En el caso que interesa, se incluyen canteras para la extracción de agregados: ripios, gravas y arenas; arcillas; rocas industriales y eventualmente, calizas. Se refieren, muy particularmente, a las condiciones de estabilidad de taludes en minas a tajo abierto y/o cavernas subterráneas, desarrollo de procesos de hundimiento o subsidencia a partir de éstas, generación de desprendimientos desde los taludes de acopios de estériles, colapso de tranques de relaves, riesgo de contaminación a partir de residuos mineros (líquidos o sólidos), generación de material particulado por actividad eólica desde la cubeta o muros perimetrales de tranques de relaves, etc.

La totalidad de estas variables, pueden ser identificadas, cuantificadas y divulgadas en un estudio como el que se describe. Su conocimiento, constituye el necesario punto de partida para el establecimiento de oportunos y efectivos procedimientos de control o mitigación.

**10. Patrimonio Cultural Geológico.** En los últimos años, atendido el creciente interés por las ciencias de Tierra, se ha registrado una fuerte demanda por información geológica. En numerosos países, la promoción de este conocimiento, se sustenta en la localización de rasgos, (formas de relieve), estructuras (fallas, discordancias, plegamientos), restos fósiles de flora o fauna y presencia de especies exóticas de determinados minerales o rocas (granito orbicular).

Al constituir parte fundamental del patrimonio cultural geológico del país, su adecuada localización, caracterización y divulgación pasa a constituirse en un valioso instrumento para promocionar el conocimiento geológico; por tanto, deben ser convenientemente preservados, mediante oportunas restricciones al uso del terreno, a objeto impedir su destrucción por la construcción de determinadas obras civiles.

### **ANEXO III**



**UNIVERSIDAD  
CATOLICA  
DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y  
CIENCIAS GEOLOGICAS  
DEPTO. DE  
CIENCIAS GEOLOGICAS**



**GEOLÓGICOS  
CHILENO**

**13 AL 17 DE OCTUBRE DE 1997  
ANTOFAGASTA - CHILE**

**PROGRAMA**

Viernes 17 de octubre. *Salón Antofagasta. SESIÓN TEMÁTICA 6*

15.50 - 16.10

**Parada M.A., Moreno H. y López-Escobar L.**

EL BASAMENTO DE LOS VOLCANES ANDINOS ENTRE LOS 39.5°S Y LOS 41.5°S:  
EVIDENCIAS ISOTÓPICAS DE LA NATURALEZA REFRACTARIA DE LA CORTEZA SUPERIOR  
DURANTE EL VOLCANISMO RECIENTE

16.10 - 16.30

**Sanhueza A., Lattus J. y Vidaurre R.**

GEOMETRÍA Y POSIBLE MECANISMO DE EMPLAZAMIENTO DE LOS DIQUES MÁFICOS DEL  
INTRA-ARCO CENOZOICO EN AYSÉN

---

*Salón Cerro Moreno*

15.00 **CONFERENCIA (Sesión Temática 4): *Geología urbana y planeamiento territorial: La experiencia brasileña.*** Cássio Roberto Da Silva, Servicio Geológico de Brasil.

---

*Gran Salón*

17.50 **ACTO DE CLAUSURA**

**ANEXO IV**



# VIII CONGRESO GEOLOGICO CHILENO

13 AL 17 DE OCTUBRE DE 1997

## CERTIFICADO

Certifico que el Sr. CASSIO ROBERTO DA SILVA, asistió al VIII Congreso Geológico Chileno que se llevó a cabo en la ciudad de Antofagasta, entre los días 13 al 17 de octubre del año en curso.

Durante este evento presentó su conferencia "Geología urbana y planeamiento territorial: la experiencia brasileña".

Extiendo el presente certificado a petición del interesado.

ANTOFAGASTA, 16 de octubre, 1997

  
Mario Pereira A.  
Presidente  
VIII Congreso Geológico Chileno



UNIVERSIDAD CATOLICA DEL NORTE  
DEPARTAMENTO  
CIENCIAS  
GEOLOGICAS  
ANTOFAGASTA